

CONGRESOS Y CURSOS

DIRECTOR:

JOSÉ LUIS CUESTA GÓMEZ

COORDINADORA:

SILVIA UBILLOS LANDA

XI JORNADAS DE DOCTORANDOS DE LA UNIVERSIDAD DE BURGOS



**UNIVERSIDAD
DE BURGOS**

**XI JORNADAS DE DOCTORANDOS DE
LA UNIVERSIDAD DE BURGOS**

Director:

JOSÉ LUIS CUESTA GÓMEZ

Coordinadora:

SILVIA UBILLOS LANDA

XI JORNADAS DE DOCTORANDOS DE LA UNIVERSIDAD DE BURGOS



**UNIVERSIDAD
DE BURGOS**

2026

(CONGRESOS Y CURSOS, 94)

**XI JORNADAS DE DOCTORANDOS DE
LA UNIVERSIDAD DE BURGOS**

UNIVERSIDAD DE BURGOS

13, 14 y 15 de mayo de 2026

© LOS AUTORES

© UNIVERSIDAD DE BURGOS

Edita: Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional

UNIVERSIDAD DE BURGOS

Edificio de Administración y Servicios

C/ Don Juan de Austria, 1

09001 BURGOS - ESPAÑA

ISBN: 979-13-87585-44-0 (ebook)

DOI: <https://doi.org/10.36443/9791387585440>

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.
[Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



ÍNDICE

PRÓLOGO.....	11
COMUNICACIONES	15
ILUMINACIÓN SOLAR AUTÓNOMA: SISTEMAS SOSTENIBLES MÁS SIMPLES, BARATOS Y EFICIENTES.....	17
IGNACIO M. ÁLVAREZ DÍAZ	
RELACIÓN ENTRE EL VÍNCULO PRENATAL MATERNO, EL APOYO SOCIAL MATERNO, LA SINTOMATOLOGÍA DEPRESIVA PRENATAL Y LA ANSIEDAD ESPECÍFICA DEL EMBARAZO: ESTUDIO MIXTO MULTICÉNTRICO EN GESTANTES DE TERCER TRIMESTRE DE LA PROVINCIA DE BURGOS.....	33
INÉS ARAUZO IGLESIAS, LAURA ALONSO MARTÍNEZ, RAÚL SOTO CÁMARA	
PAPEL, HIERRO Y PLATA ¿HERRAMIENTAS PARA UNA EXCURSIÓN?..	47
ELSA BUJANDA HORTIGÜELA	
LA IDENTIDAD A TRAVÉS DEL ESPACIO FÍLMICO EN LA FILMOGRAFÍA DE ISABEL COIXET.....	63
JUAN CACHARRÓN PALHARES	
EVALUACIÓN A LARGO PLAZO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL EN GRANDES INFRAESTRUCTURAS: EL CASO DEL PROYECTO MARMARAY (ESTAMBUL).....	77
VERÓNICA CASANOVAS	
MÁS ALLÁ DEL CURRÍCULO: QUIÉN EDUCA CUANDO LA ESCUELA HABLA DE AFECTIVIDAD Y SEXUALIDAD.....	93
RAQUEL CIBRIÁN CUEZVA	
CAMBIOS RESIDUALES EN ESPÍRITU DE LUCHA Y DISTRÉS EMOCIONAL EN CÁNCER: PAPEL MEDIADOR DE LA ACEPTACIÓN Y LA REFORMULACIÓN POSITIVA.....	97
ELENA GARCÍA-ALONSO, SILVIA UBILLOS-LANDA, GUILLERMO CRESPO HERRERO	

TRITURADO DE PALA DE AEROGENERADOR COMO
ALTERNATIVA A LAS FIBRAS SINTÉTICAS CONVENCIONALES
EN HORMIGÓN: ANÁLISIS BAJO COMPRESIÓN Y FLEXIÓN 117

CHRISTIAN A. GUALOTUÑA, VÍCTOR REVILLA-CUESTA,
VANESA ORTEGA-LÓPEZ

MODELADO DEL COEFICIENTE DE POTENCIA DE TURBINAS
EÓLICAS A PARTIR DE DATOS DEL FABRICANTE Y DATOS REALES 129

CARLOS GUTIÉRREZ, DANIEL SARABIA, ALEJANDRO MERINO

ANÁLISIS DE LA DEFORMABILIDAD TÉRMICA Y POR ATAQUE
ALCALINO DEL HORMIGÓN ELABORADO CON RESIDUO DEL
TRITURADO DE PALA DE AEROGENERADOR 145

MANUEL HERNANDO-REVENGA, VÍCTOR REVILLA-CUESTA,
VANESA ORTEGA-LÓPEZ

IMPACTO DE LA REALIDAD VIRTUAL EN EL CONTEXTO
UNIVERSITARIO: EXPERIENCIA INMERSIVA EN LAS AULAS DEL
FUTURO 157

DAVID LLANOS RUIZ, VÍCTOR ABELLA GARCÍA Y VANESA AUSÍN VILLAVARDE

ACTIVIDAD FÍSICA, BDNF Y SINTOMATOLOGÍA DEPRESIVA
EN ADULTOS: MECANISMOS NEUROBIOLÓGICOS E
IMPLICACIONES PARA SALUD MENTAL 165

MARTÍNEZ BERRAQUERO, JOSÉ MANUEL

NEUROPSICOLOGÍA DE LA ESQUIZOFRENIA: EVALUACIÓN
DEL DETERIORO COGNITIVO ASOCIADO Y AVANCES EN
REHABILITACIÓN COGNITIVA 177

JOSÉ MANUEL MARTÍNEZ BERRAQUERO

REDEFINIENDO LA LAMINECTOMÍA CERVICAL EN LA ERA
DEL BALANCE SAGITAL: EFECTIVIDAD, BIOMECÁNICA Y
RELEVANCIA CLÍNICA CENTRADA EN EL PACIENTE 189

ANTONIO MONTALVO AFONSO, PEDRO DAVID DELGADO LÓPEZ,
JERÓNIMO GONZÁLEZ BERNAL

¿QUIÉN ADQUIERE, QUIÉN ES ADQUIRIDO Y QUIÉN SE
FUSIONA? UN ENFOQUE PREDICTIVO DE LA CONSOLIDACIÓN
BANCARIA ESPAÑOLA BASADO EN MODELOS MULTINOMIALES
REGULARIZADOS 195

ADRIÁN MORENO MOLINA, JULIO CÉSAR PUCHE REGALIZA

APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA TÉCNICO-UNIVERSITARIA: ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS	207
GRACIELA MUÑOZ ÁLVAREZ, ILEANA M. GRECA, IRENE ARRIASSECQ	
LA CASA DE BORBÓN, LA CONSTRUCCIÓN DE UNA DINASTÍA A TRAVÉS DE LA IMAGEN Y EL VESTIR EN LA EDAD MODERNA.....	217
HÉCTOR RIAÑO COBOS	
CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN UN ACERO X60 Y MODELADO PHASE FIELD DEL CRECIMIENTO APARENTE DE GRIETA MEDIDO MEDIANTE DCPD ..	235
R. RODRÍGUEZ-APARICIO, I.I. CUESTA, J. M. ALEGRE, A. DÍAZ	
ALTERNATIVA PARA EL DESARROLLO ECOTURÍSTICO DE LAS COMUNIDADES DE LA YUNGA, VALLES CALCHAQUÍES Y PUNA DEL NORTE ARGENTINO	249
SANDRA CAROLINA ROMANO BURYAILE Y MARTHA LUCÍA OROZCO GÓMEZ	
ESTUDIO LONGITUDINAL DE LA BÚSQUEDA DE BENEFICIOS DE LA ESCLEROSIS MÚLTIPLE Y LA CALIDAD DE VIDA. EFECTO DE LA ANSIEDAD Y LAS ESTRATEGIAS DE AFRONTAMIENTO EMOCIONALES	261
VERÓNICA SARABIA MONTAÑO, SILVIA UBILLOS LANDA Y JOSÉ LUIS GONZÁLEZ CASTRO	
STATE OF GENDER AND SEXUALITY EDUCATION IN THE WORLD AND A WAY FORWARD	277
MUNIR SEWANI	
OPTIMIZACIÓN DE LA FITORREMEDIACIÓN DE METALES PESADOS CON <i>PHRAGMITES AUSTRALIS</i> MEDIANTE LA INOCULACIÓN DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL (PGPRS).....	285
SOTO-CAÑAS, ALBERTO	
EFFECTOS DEL APRENDIZAJE COOPERATIVO Y LA EVALUACIÓN FORMATIVA Y COMPARTIDA EN LAS NECESIDADES PSICOLÓGICAS BÁSICAS DEL ALUMNADO: RECONFIGURACIÓN DE LA EDUCACIÓN FÍSICA EN EL PASO A SECUNDARIA.	293
ZÚÑIGA ÁLVAREZ, NICOLÁS	

PÓSTERES.....313

IMPACTO Y DESAFÍOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA
GESTIÓN ESCOLAR DESDE LA PERSPECTIVA DOCENTE EN EL
SISTEMA EDUCATIVO CHILENO315

MARCELA ALEJANDRA GONZÁLEZ LLANCAPÁN

POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE TRONCO CEREBRAL
Y POTENCIALES DE ESTADO ESTABLE EN EL SERVICIO DE
OTORRINOLARINGOLOGÍA DEL HUBU: BASES TEÓRICAS,
PROCEDIMIENTO E INTERPRETACIÓN319

CRISTINA MARTÍNEZ-AUSÍN, ELVIRA ISABEL MERCADO-VAL,
MARÍA CRISTINA MARTÍN-VILLARES

IMPACTO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN LA CALIDAD DE VIDA
DE ESTUDIANTES CON DISCAPACIDAD INTELECTUAL Y DEL
DESARROLLO:UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.....325

LAURA OLMOS RUANO

PRÓLOGO

Esta publicación recoge los trabajos presentados en las XI Jornadas de Doctorandos de la Universidad de Burgos, un encuentro que a lo largo de sus distintas ediciones se ha consolidado como una de las citas más importantes en la Escuela de Doctorado, un espacio de referencia para la divulgación científica, el intercambio de conocimiento y la proyección investigadora de las doctorandas y doctorandos de nuestra institución.

Este libro refleja la importancia de generar espacios para compartir avances, debatir ideas, generar conexiones y fortalecer una comunidad investigadora que es esencial para el desarrollo científico.

Actualmente, la Escuela de Doctorado agrupa 15 programas en los que convergen disciplinas diferentes, metodologías distintas y miradas complementarias. Esta diversidad en el ámbito de la investigación constituye una de las mayores fortalezas de la Universidad de Burgos.

Los trabajos que recoge esta publicación reflejan el rigor y el compromiso de las investigadoras e investigadores durante la etapa de formación doctoral, por aportar respuestas a los retos actuales en el ámbito del conocimiento.

Como cada año, las Jornadas de Doctorandos son una oportunidad para evaluar la trayectoria recorrida y los desafíos presentes en el ámbito del doctorado. En un entorno científico en constante evolución, debemos abordar prioridades clave: la internacionalización, la conexión entre ciencia y sociedad, la actualización de competencias transversales y el futuro de las carreras investigadoras.

Desde la Escuela de Doctorado agradecemos cada una de las contribuciones, entendiendo que detrás de cada una de ellas hay muchas horas de estudio, análisis, incertidumbre y esfuerzo.

Gracias igualmente las personas que ejercen la labor de tutorización y dirección de las tesis doctorales, a las que coordinan los diferentes programas, al Comité Científico y al Personal Técnico de Gestión y de Administración y Servicios de la Escuela de Doctorado, que han hecho posible la organización de las Jornadas de Doctorandos y la publicación de este libro. La investigación nunca es un camino individual, siempre es el resultado de una red de apoyo y colaboración.

Confiamos en que la lectura de este libro sirva de inspiración para nuevos proyectos, genere nuevas preguntas y motive hacia caminos de investigación que aún quedan por recorrer.

José Luis Cuesta Gómez
Director de la Escuela de Doctorado

COMUNICACIONES

ILUMINACIÓN SOLAR AUTÓNOMA: SISTEMAS SOSTENIBLES MÁS SIMPLES, BARATOS Y EFICIENTES

IGNACIO M. ÁLVAREZ DÍAZ

Depto. Ing. Electromecánica, Universidad de Burgos

imalvarez@ubu.es

Resumen

Este trabajo presenta un análisis exhaustivo en estado estacionario y la optimización de un convertidor CC-CC de doble semipunto activo sin transformador (T-LDAHB), diseñado para sistemas de alumbrado público solar fuera de la red de alta eficiencia. La arquitectura propuesta integra una batería, un panel fotovoltaico y una carga LED, lo que permite que el sistema funcione de forma totalmente autónoma sin necesidad de conexión a la red eléctrica. La ausencia de un transformador de alta frecuencia reduce el tamaño, disminuye el coste y mejora la densidad de potencia, pero también plantea retos relacionados con la conmutación suave o la minimización de la corriente circulante. Para abordar estos retos, este estudio desarrolla un modelo detallado en estado estacionario del T-LDAHB e introduce estrategias óptimas de modulación por desplazamiento de fase (PSM) que garantizan la conmutación de tensión cero (ZVS), minimizan las pérdidas por conducción y mantienen una regulación estable de la carga LED en condiciones variables de energía solar y batería. La simulación y la validación experimental en un prototipo de laboratorio confirman la fiabilidad de los modelos y demuestran eficiencias máximas de aproximadamente el 96 % en un rango de 120 W.

Palabras clave

Driver LED, Convertidor DC-DC, Transformer-Less Dual Active Half Bridge

1. INTRODUCCIÓN

El cambio global hacia las energías renovables se ha acelerado en los últimos años. Fuentes como la solar, eólica, hidráulica y geotérmica se utilizan actualmente de forma generalizada tanto en aplicaciones domésticas como industriales, desde la generación de energía a gran escala hasta la de pequeña escala [1]. Un ámbito en el que esta transición resulta especialmente evidente es la iluminación urbana. El alumbrado público es esencial para la seguridad y la calidad de vida, y la tecnología LED ha surgido como una solución altamente eficiente debido a su elevada eficacia luminosa, ahorro energético y larga vida útil [2]. La combinación de LEDs con tecnologías renovables, como

los paneles solares en farolas, reduce el consumo energético urbano y mejora la sostenibilidad de las infraestructuras [3]. Las farolas solares ejemplifican cómo las energías renovables pueden modernizar las ciudades. Este artículo se centra en el diseño y análisis de una farola aislada de la red, un sistema completamente independiente de la red eléctrica. Esta autosuficiencia y el uso de energía solar proporcionan opciones de iluminación versátiles y sostenibles para zonas remotas, rurales o áreas urbanas con conciencia medioambiental. La integración de fuentes de energía renovable con iluminación LED es una estrategia eficaz para satisfacer las necesidades energéticas modernas. Se observan dos enfoques principales en los sistemas de alumbrado público dentro de arquitecturas de microrred: un bus común de corriente continua (DC) y topologías autónomas [4]. Una microrred con bus DC representa una configuración centralizada en la que todos los componentes comparten una conexión común. Este tipo de conexión suele integrar un acoplamiento a la red que actúa como fuente auxiliar de energía [5]. Sin embargo, las microrredes también pueden diseñarse para operar sin conexión a la red, creando lo que se conoce como minirredes [6]. A pesar de las ventajas de la conexión a red, los sistemas con bus DC presentan ciertas desventajas. Son muy complejos y requieren múltiples dispositivos de electrónica de potencia y una sincronización perfecta entre ellos. Los sistemas de almacenamiento de energía (ESS), la generación distribuida y las cargas en corriente continua [7] se encuentran entre las capacidades que puede gestionar una microrred. Esta configuración implica un coste total elevado, ya que requiere una inversión inicial considerable [8]. Para abordar este problema, el presente trabajo propone un sistema de bajo coste independiente del suministro eléctrico principal. Como se muestra en la Fig. 1, los sistemas autónomos funcionan completamente a partir de generación renovable y ESS [9], [10]. Esta arquitectura es más sencilla y económica que una configuración con bus DC, ya que utiliza un único convertidor para integrar un ESS, un panel fotovoltaico (PV) y una carga LED, en lugar de un convertidor dedicado para cada componente [11].

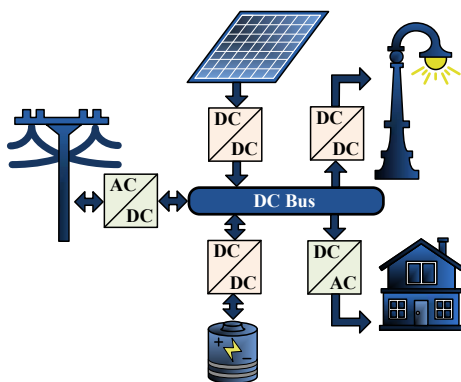


Figura 1. Esquema de una microrred conectada a un bus DC

La reducción del hardware disminuye los costes y simplifica la instalación y el mantenimiento. Sin embargo, los sistemas aislados de red presentan inconvenientes, ya que su rendimiento depende de la disponibilidad y estabilidad de la fuente de energía renovable o del ESS. Las fluctuaciones en la generación o una capacidad de almacenamiento limitada pueden afectar al funcionamiento final. Por esta razón, la topología propuesta en este trabajo emplea una arquitectura autónoma de alta eficiencia con un único convertidor bidireccional. El uso de un solo convertidor implica que el sistema operará en dos escenarios. Como se muestra en la Fig. 2, se integran tres elementos, dando lugar a dos modos de funcionamiento: día y noche. Este trabajo propone una configuración aislada basada en una topología no aplicada previamente a este tipo de sistemas, con el objetivo de mejorar la eficiencia global y reducir costes. Como se muestra en la Fig. 2, durante el funcionamiento diurno, la fuente fotovoltaica carga la batería, y durante el funcionamiento nocturno, la batería alimenta la carga LED. Se requiere operación bidireccional en el convertidor DC-DC. Una solución ampliamente estudiada es el Dual Active Bridge (DAB), que se utiliza habitualmente en microrredes modernas debido a su alta densidad de potencia, aislamiento galvánico y capacidad de conmutación a tensión nula (ZVS) [12]. Su control flexible mediante modulación por desplazamiento de fase (PSM), Single Phase Shift (SPS) o Dual Phase Shift (DPS) [13] permite el flujo bidireccional de potencia, una regulación precisa de tensión y corriente, y adaptabilidad a condiciones variables de carga y generación. Estas características hacen que los convertidores DAB sean adecuados para sistemas avanzados de iluminación LED que integran ESS o fuentes fotovoltaicas. Se han reportado varias aplicaciones de iluminación que emplean topologías DAB [14]–[16]. Para simplificar el DAB convencional, se ha propuesto previamente el Dual Active Half Bridge (DAHAB) [17]–[19], reduciendo el número de interruptores activos, las pérdidas por conducción y permitiendo diseños más compactos.

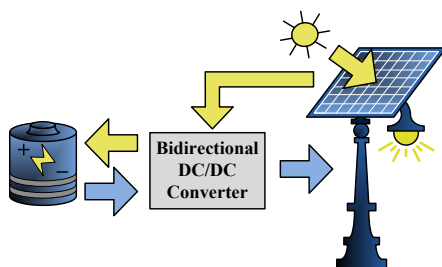


Figura 2. Esquema de un sistema autónomo “off-grid”

También se han estudiado opciones más económicas, como el DAB sin transformador (T-LDAB) [20]. Por ello, este trabajo propone una topología Transformer-Less Dual Active Half Bridge (T-LDAHAB). La mayoría de los

estudios sobre T-LDAHb encontrados en la literatura consideran la topología como una configuración resonante [21]–[23], aunque el DAB convencional es una arquitectura no resonante. Las topologías resonantes del T-LDAHb emplean PSM para regular el flujo bidireccional de potencia con conmutación suave parcial. Estos sistemas presentan mayores corrientes circulantes, aumento de pérdidas por conducción, mayor estrés en los semiconductores, menor eficiencia a carga ligera y un control más complejo. Finalmente, existen otras topologías como la propuesta en este artículo, por ejemplo, los convertidores buck–boost no inversores [24], [25]. A diferencia de las topologías derivadas del DAB, estos convertidores carecen de un condensador en serie, lo que hace que la corriente media del inductor dependa completamente del ciclo de trabajo y del control PWM. Los convertidores buck–boost requieren una sincronización precisa de conmutación y dificultan la operación en ZVS, reduciendo la eficiencia. En [26], el convertidor T-LDAHb se analiza en el contexto de aplicaciones de punto de carga, sin embargo, su aplicabilidad a sistemas de iluminación o aislados de red aún no ha sido investigada. Además, todavía falta un análisis matemático completo y detallado del convertidor T-LDAHb. Este trabajo se basa en proyectos previos [27], [28], que analizan el comportamiento del sistema durante el funcionamiento diurno y nocturno, respectivamente. La contribución clave de este trabajo es la optimización de un convertidor T-LDAHb para aplicaciones de alumbrado público solar autónomo. El sistema propuesto permite la operación simultánea e integración de una fuente fotovoltaica, un ESS y una carga de iluminación LED a través de una única etapa de conversión T-LDAHb.

2. TOPOLOGÍA PROPUESTA

Para permitir que un único convertidor integre tres elementos diferentes, como se muestra en la Fig. 3, y funcione con flujo de potencia bidireccional, el panel fotovoltaico (PV) debe conectarse en paralelo con la carga LED. La configuración propuesta se ilustra en la Fig. 4. Un requisito clave de diseño es la correcta selección de la tensión máxima del panel fotovoltaico y de la carga LED.

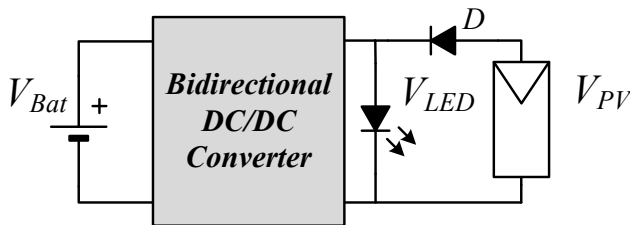


Figura 3. Montaje del convertidor propuesto

La tensión máxima del PV debe permanecer por debajo de la tensión umbral del LED, de modo que, durante el funcionamiento en fase diurna, la lámpara LED permanezca apagada, minimizando las pérdidas del sistema. La Fig. 4 muestra el convertidor bidireccional propuesto en configuración autónoma.

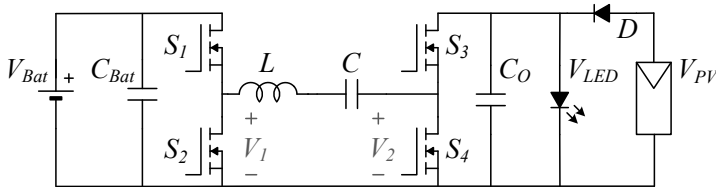


Figura 4. Topología propuesta

2.1. Arquitectura del Circuito y Principio de Operación

Como se ha descrito en la sección anterior, este estudio introduce un convertidor T-LDAHB, mostrado en la Fig. 4. El convertidor T-LDAHB, como topología bidireccional, puede operar en dos etapas diferentes: día y noche. Cada una de estas etapas puede representarse mediante seis intervalos de funcionamiento. En la Fig. 5 se muestran los intervalos de operación durante el funcionamiento nocturno, donde V_{Bat} es la tensión de la batería, y R_o representa la tensión del LED, V_{LED} . En el caso del funcionamiento diurno, R_o reflejaría la tensión del PV, V_{PV} . A diferencia de topologías como el convertidor buck–boost síncrono de cuatro interruptores, donde se emplea PWM, en la topología T-LDAHB los transistores S_1 y S_4 conmutan de forma síncrona, mientras que los transistores S_2 y S_3 conmutan de forma síncrona en fase opuesta. Esta conmutación coordinada reduce el estrés en los componentes. Los convertidores convencionales emplean comúnmente técnicas de modulación PWM, en las que se ajusta el ciclo de trabajo de los pulsos de conmutación. Aunque el PWM es fácil de implementar, puede reducir la eficiencia. El funcionamiento a alta frecuencia introduce pérdidas de conmutación, que incrementan la temperatura de operación y también pueden aumentar el contenido armónico en la salida del convertidor. Estos armónicos pueden degradar la calidad de la corriente de salida y afectar directamente al rendimiento de la carga LED durante el funcionamiento nocturno. Por estas razones, en este trabajo se utiliza PSM, ya que reduce el contenido armónico, mejora la calidad de la potencia y aumenta la eficiencia. El siguiente paso es estudiar los dos modos de funcionamiento: día y noche.

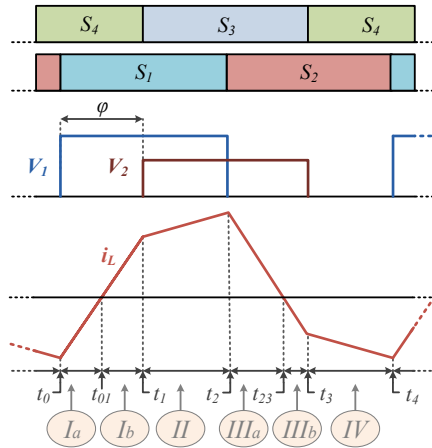


Figura 5. Formas de onda durante la fase nocturna

2.2. Operación en Fase Diurna

Durante el día, el panel solar opera y carga la batería. La Fig. 6 ilustra este modo de funcionamiento. Para ensamblar y diseñar esta arquitectura, es muy importante tener en cuenta ciertas características del sistema. Como puede observarse, el panel solar y la carga LED están conectados en paralelo. Durante la fase diurna, el panel solar no solo cargaría la batería, sino que también podría alimentar la carga LED, manteniéndola constantemente encendida y reduciendo el rendimiento del sistema.

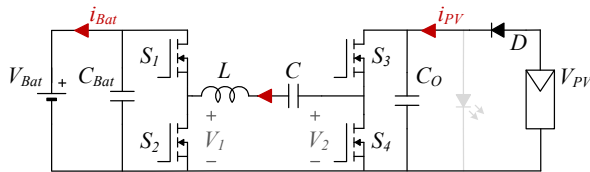


Figura 6. Funcionamiento durante fase diurna

Para evitar que el panel solar alimente el LED, es importante diseñar el sistema de modo que la tensión umbral del LED sea siempre mayor que la tensión máxima del PV. Esto garantiza que el panel solar cargue la batería sin comprometer la eficiencia debido a la conexión en paralelo del LED.

2.3. Operación en Fase Nocturna

Durante la fase nocturna, una vez que la batería ha sido cargada por el panel solar, el LED se enciende. La Fig. 7 muestra el diagrama del circuito durante esta fase de funcionamiento. Si el panel solar estuviera energizado en ese momento, podría dañarse; por lo tanto, se conecta un diodo en serie en la entrada del panel para evitar que la corriente circule a través del PV.

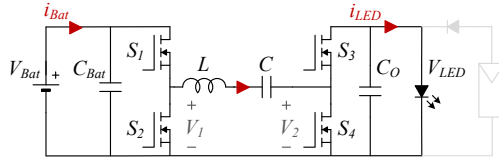


Figura 7. Funcionamiento durante fase nocturna

3. ESTADO ESTACIONARIO

El T-LDAH representa una topología que reduce la densidad de potencia, el coste y la complejidad estructural, y elimina el aislamiento galvánico. Al eliminar el transformador de alta frecuencia, cambian las características dinámicas de funcionamiento del convertidor, haciendo que su comportamiento dependa en gran medida de la inductancia de enlace y de la estrategia de modulación empleada. Entre los distintos métodos de modulación disponibles, la técnica SPS sigue siendo la más utilizada debido a su simplicidad. En el T-LDAH, la SPS desempeña un papel especialmente importante, ya que modela directamente la corriente a través de la inductancia de enlace y, por tanto, influye en las pérdidas por conducción, la energía circulante y las condiciones de ZVS alcanzables.

3.1. Modulación Por Desfase

El PSM es una estrategia de control comúnmente empleada en convertidores de alta frecuencia, cuyo propósito principal es regular la tensión de salida mediante la variación del desfase entre los puentes del convertidor [19]. Existen distintas variantes de este método, pero la más simple, y la utilizada en este proyecto, es la modulación Single Phase Shift (SPS). Esta técnica fija el ciclo de trabajo en el 50% para todos los semiconductores, manteniendo constante la frecuencia de conmutación y permitiendo controlar el sistema a través del desfase entre los puentes. Para estudiar el comportamiento del sistema tanto en modo diurno como nocturno, es necesario definir previamente la expresión de la potencia, recogida en (1).

$$P = \frac{V_1 V_2 \varphi (\pi - |\varphi|)}{8\pi^2 L f_{sw}} \quad (1)$$

En esta expresión, V_1 y V_2 representan las tensiones de entrada y salida del convertidor, respectivamente. La tensión V_1 corresponde siempre a la batería, mientras que V_2 puede asociarse bien al panel fotovoltaico o a la carga LED. Por su parte, φ indica el desfase entre los puentes, L es la inductancia del sistema y f_{sw} la frecuencia de conmutación. A partir de (1), se deduce que el flujo de potencia depende directamente del valor del desfase, lo que permite establecer la siguiente relación:

Si $\varphi > 0 \rightarrow$ el sistema opera en modo nocturno.

Si $\varphi < 0 \rightarrow$ el sistema opera en modo diurno.

Finalmente, es posible representar las tensiones V_1 y V_2 para visualizar el desfase entre puentes según el modo de operación, como se muestra en la Fig. 8. En el caso (a), la batería suministra energía a la carga LED, por lo que el convertidor funciona en modo nocturno. En cambio, en el caso (b), el panel solar es el encargado de cargar la batería, invirtiendo el sentido del flujo de potencia. En este caso, el sistema opera en modo diurno

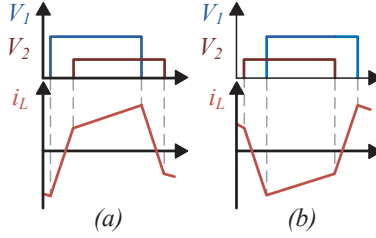


Figura 8. Corriente del inductor variable con el desfase

3.2. Conmutación a Tensión Cero

Es posible lograr conmutación a tensión nula (ZVS) en cada uno de los interruptores. La relación entre V_1 y V_2 puede expresarse mediante (2) y (3), dependiendo de si el sistema opera en modo nocturno o diurno:

$$M_{\text{noche}} = \frac{V_2}{V_1} \quad (2)$$

$$M_{\text{día}} = \frac{V_1}{V_2} \quad (3)$$

Para analizar con mayor detalle el desfase necesario y garantizar operación en ZVS en todo momento, en las Fig. 9 y Fig. 10 se representan distintos escenarios de potencia junto con los límites a partir de los cuales se pierde esta condición. En dichas figuras se muestra la relación entre el desfase y el parámetro M , destacando claramente las regiones donde deja de cumplirse ZVS.

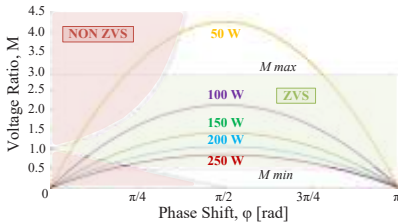


Figura 9. Límites ZVS durante la fase nocturna

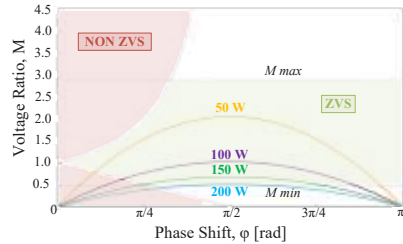


Figura 10. Límites de ZVS durante la fase diurna

En la Fig. 10 se observa que, durante la fase diurna, el convertidor opera en ZVS a bajas potencias. A medida que la potencia aumenta, el sistema permanece en esta región hasta aproximarse a los 200 W, punto en el que comienza a perderse la condición de ZVS. Por otro lado, en la Fig. 9 se aprecia que, en fase nocturna, el sistema pierde ZVS con facilidad a potencias bajas, como por ejemplo 50 W. Sin embargo, al incrementarse la potencia, el convertidor entra en régimen ZVS, permitiendo un funcionamiento estable aproximadamente en el rango de 100 W a 250 W.

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

En la Tabla I se recogen los parámetros eléctricos del convertidor empleados tanto en la simulación como en la validación experimental del T-LDAHb.

TABLA I. *Parámetros Eléctricos del Convertidor*

Parámetros	Símbolo	Valor
Frecuencia Conmutación	f_{sw}	100 kHz
Potencia Máxima	P_{max}	120 W
Ciclo de Trabajo	D	0.5
Fase Diurna	V_{Bat}	[90 ~ 110] V
	V_{PV}	[36 ~ 45] V
Fase Nocturna	V_{Bat}	[90 ~ 110] V
	V_{LED}	[54 ~ 58] V
Desfase	φ_{Dia}	[0.5 π ~ π] rad
	φ_{Noche}	[0.3 π ~ π] rad

A partir de los valores presentados, se ha podido desarrollar un primer prototipo que permite llevar a cabo la verificación práctica del sistema. En la Fig. 11 se muestra una imagen del montaje realizado. Con este prototipo, se procede al análisis del comportamiento del sistema en las dos condiciones de funcionamiento planteadas: fase diurna y fase nocturna.

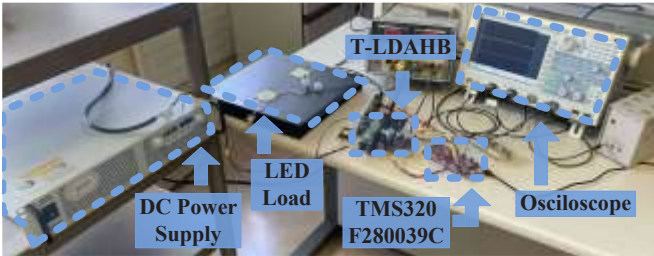


Figura 11. Set-Up del prototipo

El primer estudio se centra en el modo de operación durante la fase diurna, es decir, cuando el panel solar, conectado en paralelo a la lámpara LED, se encarga de cargar la batería. En la Fig. 12 se presentan los resultados obtenidos mediante simulación en LTSpice. Al analizar la Fig. 13 y compararla con los resultados de simulación mostrados en la Fig. 12, se comprueba que el sistema presenta un funcionamiento correcto en condiciones diurnas.

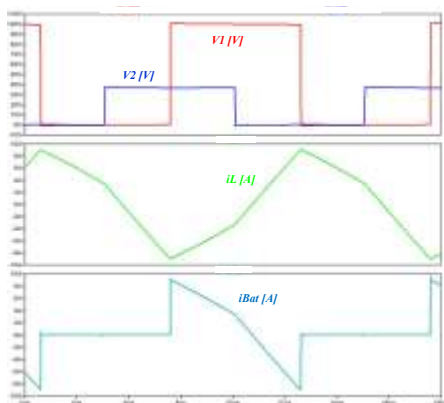


Figura 12. Simulación durante fase diurna

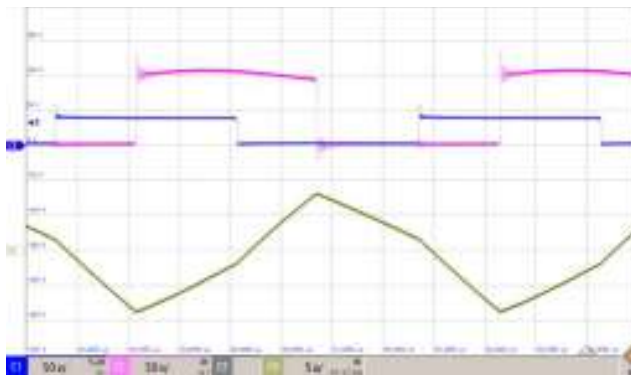


Figura 13. Resultados durante fase diurna

A continuación, se evalúa la eficiencia del sistema durante esta fase, tal y como se refleja en la Fig. 14.

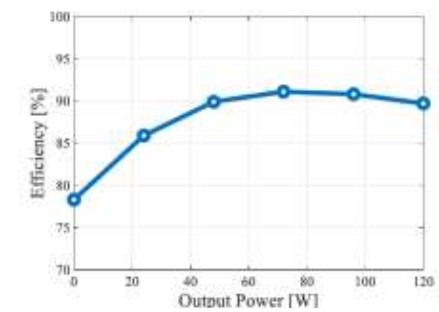


Figura 14. Eficiencia durante fase diurna

A partir de este análisis se observa que el sistema alcanza una eficiencia máxima del 91,1%, lograda aproximadamente al 50% de la potencia, punto en el que el comportamiento del sistema comienza a estabilizarse. Posteriormente, se repite el mismo procedimiento para el modo de operación en fase nocturna, en el que la batería previamente cargada suministra energía a la lámpara LED. En la Fig. 15 se muestran algunos de los parámetros del sistema en este régimen de funcionamiento.

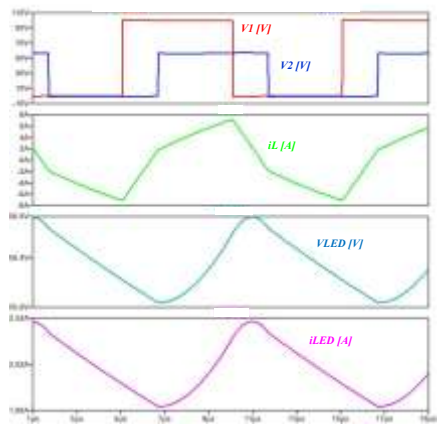


Figura 15. Simulación durante fase nocturna

En este caso, la tensión V_1 (correspondiente a la batería) adelanta en fase a la tensión V_2 (asociada a la carga LED). La corriente en la inductancia coincide con el comportamiento esperado, mientras que la tensión y la corriente en el LED se mantienen estables, garantizando un funcionamiento adecuado de la lámpara. Los resultados experimentales obtenidos se presentan en la Fig. 16. La comparación de estos resultados con los obtenidos analíticamente y por simulación confirma la validez del modelo y demuestra la capacidad bidireccional del convertidor. Finalmente, en la Fig. 17 se analiza la eficiencia del sistema en esta fase.

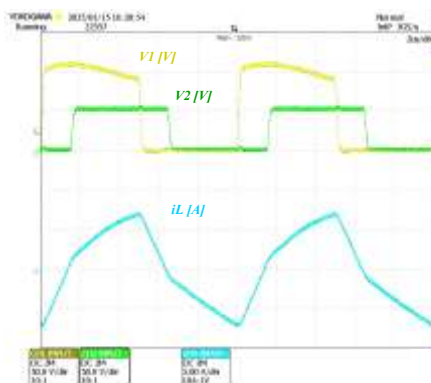


Figura 16. Resultados durante fase nocturna

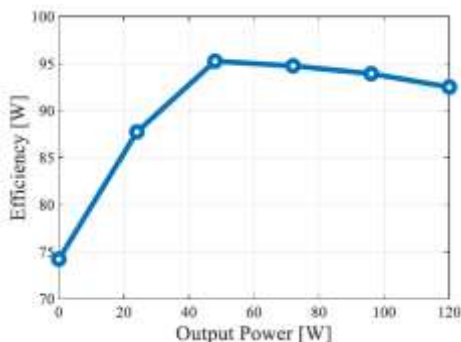


Figura 17. Eficiencia durante fase nocturna

En este modo de operación se alcanza una eficiencia máxima del 95,25%. De forma similar a lo observado en la fase diurna, el sistema se estabiliza alrededor del 50% de la potencia, obteniéndose una eficiencia media del 92,92%.

5. CONCLUSIONES

En conclusión, se ha diseñado, construido y validado experimentalmente un convertidor T-LDAHB, empleado en un sistema autónomo aislado de la red que integra una batería, un panel solar y una carga de iluminación LED. El convertidor, controlado mediante PSM con estrategia SPS, ha sido evaluado en condiciones bidireccionales, permitiendo su funcionamiento en dos escenarios claramente diferenciados: durante el día, el panel solar carga la batería, mientras que por la noche la batería alimenta la lámpara LED.

Los resultados experimentales confirman el correcto funcionamiento del sistema, alcanzando eficiencias máximas del 95,25% en fase nocturna y

del 91,1% en fase diurna. Como línea futura de trabajo, se plantea optimizar tanto el diseño como la selección de componentes con el objetivo de mejorar aún más la eficiencia, con la expectativa de aproximarse a valores cercanos al 98%.

6. REFERENCIAS

- [1] Li, Li, et al. "Review and outlook on the international renewable energy development." *Energy and Built Environment* 3.2 (2022): 139-157.
- [2] Sadiq, Muhammad, et al. "Future greener seaports: A review of new infrastructure, challenges, and energy efficiency measures." *IEEE access* 9 (2021): 75568-75587.
- [3] Belloni, Elisa, et al. "Applications of hybrid solar streetlamps: electrical performance measurements and development of algorithms for their optimal management." *IEEE Access* (2024).
- [4] Álvarez, Ignacio, et al. "A Review of Converter Topologies for Sustainable Lighting Systems." *Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación (SAAEI)* (2024).
- [5] Yoomak, Suntiti, and Atthapol Ngaopitakkul. "Investigation and feasibility evaluation of using nanogrid technology integrated into road lighting system." *IEEE Access* 8 (2020): 56739-56754.
- [6] Zhang, Yi, and Dongsheng Ma. "A single-stage solar-powered LED display driver using power channel time multiplexing technique." *IEEE Transactions on Power Electronics* 30.7 (2014): 3772-3780.
- [7] Nasir, Mashood, et al. "Solar PV-based scalable DC microgrid for rural electrification in developing regions." *IEEE Transactions on sustainable energy* 9.1 (2017): 390-399.
- [8] Loomba, Paras, Sonal Asgotraa, and Robin Podmore. "DC solar microgrids—A successful technology for rural sustainable development." 2016 IEEE PES PowerAfrica. IEEE, 2016.
- [9] Vieira, José António Barros, and Alexandre Manuel Mota. "Implementation of a stand-alone photovoltaic lighting system with MPPT battery charging and LED current control." 2010 IEEE International Conference on Control Applications. IEEE, 2010.
- [10] Duarte, Renan R., et al. "Energy-aware design of a GaN-based dual-purpose converter for standalone lighting systems." *IEEE Transactions on Industry Applications* 60.2 (2023): 3029-3038.
- [11] Liao, Hsuan, et al. "LED driving circuit with stand-alone photovoltaic power." 2017 IEEE 3rd International Future Energy Electronics Conference and ECCE Asia (IFEEC 2017-ECCE Asia). IEEE, 2017.
- [12] Zhao, Biao, et al. "Overview of dual-active-bridge isolated bidirectional DC–DC converter for high-frequency-link power-conversion system." *IEEE Transactions on power electronics* 29.8 (2013): 4091-4106.

- [13] Tong, Anping, et al. "Modeling and analysis of a dual-active-bridge-isolated bidirectional DC/DC converter to minimize RMS current with whole operating range." *IEEE Transactions on Power Electronics* 33.6 (2017): 5302-5316.
- [14] Rico-Secades, Manuel, et al. "Cosine Phase Droop Control (CPDC) for the Dual-Active Bridge in lighting smart grids applications." 2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT). IEEE, 2016.
- [15] Yamanaka, Hisahiro, et al. "LED current control method of dimmable LED driver with dual active bridge DC-DC converter for 1kW-class LED floodlight." 2017 IEEE 3rd International Future Energy Electronics Conference and ECCE Asia (IFEEC 2017-ECCE Asia). IEEE, 2017.
- [16] Yamanaka, Hisahiro, and Hiroaki Yamada. "Dual active bridge DC-DC converter based wide dimming range LED driver with high-speed turn-off for high-brightness LED floodlight." *IEEJ Journal of Industry Applications* 8.3 (2019): 556-557.
- [17] Chakraborty, Shiladri, and Souvik Chattopadhyay. "Minimum-RMS-current operation of asymmetric dual active half-bridge converters with and without ZVS." *IEEE Transactions on Power Electronics* 32.7 (2016): 5132-5145.
- [18] Kim, Kisu, and Honnyong Cha. "Dual-active-half-bridge converter with output voltage balancing scheme for bipolar DC distribution system." *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 69.7 (2021): 6850-6858.
- [19] Wang, Weizhong, Youssef A. Fahmy, and Matthias Preindl. "A low-cost battery-balancing auxiliary power module with dual-active half bridge links and coreless transformers." *IEEE Transactions on Transportation Electrification* 9.3 (2023): 3801-3809.
- [20] Suthar, Chandan, et al. "A composite converter based automotive LED driver." 2023 IEEE 24th Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL). IEEE, 2023.
- [21] Bez, Francesco, Weijian Han, and Luca Corradini. "A low-complexity trajectory controller for reduced conduction losses in series-resonant dual half-bridge converters." *IEEE Transactions on Power Electronics* 33.11 (2018): 9963-9974.
- [22] Han, Weijian, and Luca Corradini. "General closed-form ZVS analysis of dual-bridge series resonant DC-DC converters." *IEEE Transactions on Power Electronics* 34.9 (2018): 9289-9302.
- [23] Han, Weijian, and Luca Corradini. "Wide-range ZVS control technique for bidirectional dual-bridge series-resonant DC-DC converters." *IEEE Transactions on Power Electronics* 34.10 (2019): 10256-10269.
- [24] Yu, Zhe, Holger Kapels, and Klaus F. Hoffmann. "A novel control concept for high-efficiency power conversion with the bidirectional

- non-inverting buck-boost converter.” 2016 18th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE’16 ECCE Europe). IEEE, 2016.
- [25] Aharon, Ilan, Alon Kuperman, and Doron Shmilovitz. “Analysis of dual-carrier modulator for bidirectional noninverting buck–boost converter.” *IEEE Transactions on Power Electronics* 30.2 (2014): 840-848.
- [26] Amin, Amr, et al. “A transformerless dual active half-bridge DC-DC converter for point-of-load power supplies.” 2015 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE). IEEE, 2015.
- [27] I. M. A. Diaz, G. Z. Abdelmessih, J. M. Alonso, M. A. Dalla Costa and J. M. Cámara, “Modeling of an Off-Grid PV to Battery Systems for Street Lighting Applications,” *IECON 2025 – 51st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Madrid, Spain, 2025, pp. 1-6
- [28] Álvarez, Ignacio M., et al. “A High Efficiency Standalone Street Led Lighting System.” 2024 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (IAS). IEEE, 2024.

RELACIÓN ENTRE EL VÍNCULO PRENATAL MATERNO, EL APOYO SOCIAL MATERNO, LA SINTOMATOLOGÍA DEPRESIVA PRENATAL Y LA ANSIEDAD ESPECÍFICA DEL EMBARAZO: ESTUDIO MIXTO MULTICÉNTRICO EN GESTANTES DE TERCER TRIMESTRE DE LA PROVINCIA DE BURGOS.

INÉS ARAUZO IGLESIAS, LAURA ALONSO MARTÍNEZ, RAÚL SOTO CÁMARA

Resumen

Introducción: La sintomatología depresiva prenatal y la ansiedad específica del embarazo son frecuentes y se asocian a consecuencias adversas para la madre y el desarrollo del bebé. La evidencia sugiere que ambas pueden relacionarse con un menor vínculo prenatal materno, así como con un menor apoyo social percibido, lo que podría dificultar la detección precoz del malestar emocional durante la gestación.

Objetivo: Analizar la asociación entre el vínculo prenatal materno, el apoyo social materno y los niveles de sintomatología depresiva prenatal y ansiedad específica del embarazo en gestantes en el tercer trimestre de la provincia de Burgos.

Métodos: Estudio mixto multicéntrico con recogida concurrente de datos. La fase cuantitativa será observacional, descriptiva y transversal, con una muestra prevista de 468 gestantes mayores de 18 años en el tercer trimestre de embarazo. Las participantes cumplimentarán de forma anónima un cuestionario ad hoc junto con cuatro instrumentos: Maternal Antenatal Attachment Scale (MAAS-12), Edinburgh Postnatal Depression Scale (EPDS), Pregnancy-Related Anxiety Questionnaire (PRAQ-20) y Maternity Social Support Scale (MSSS). La fase cualitativa consistirá en entrevistas en profundidad basadas en la sección preparto de la Entrevista de Stafford, complementadas con datos sociodemográficos y obstétricos básicos y la puntuación en la EPDS, con una muestra estimada de 20–25 gestantes. Se realizará análisis descriptivo e inferencial mediante SPSS 31 y análisis temático del material cualitativo.

Resultados: Se espera identificar asociaciones entre el vínculo prenatal materno, el apoyo social y el estado emocional de las gestantes, así como perfiles de mayor vulnerabilidad psicológica en el tercer trimestre del embarazo.

Conclusiones: Los resultados podrían contribuir a mejorar la detección precoz del malestar emocional durante la gestación, orientar la práctica clínica en salud mental perinatal y establecer nuevas líneas de investigación en el ámbito del vínculo prenatal materno.

Palabras clave

Embarazo, vínculo prenatal materno, apoyo social, depresión prenatal, ansiedad del embarazo, estudio mixto.

1. ANTECEDENTES, ESTADO ACTUAL Y JUSTIFICACIÓN

El embarazo es una etapa caracterizada por profundas transformaciones fisiológicas, hormonales y cerebrales, orientadas al desarrollo fetal y a la transición hacia la maternidad. Estas modificaciones se han relacionado con una mayor sensibilidad materna y capacidad de vinculación, pero también con un incremento de la vulnerabilidad al malestar emocional[1].

En este contexto, la salud mental perinatal (SMP) se ha consolidado como un marco conceptual relevante en la literatura científica, al englobar el bienestar emocional, psicológico y social de la mujer durante el embarazo y, al menos, el primer año tras el parto[2]. Organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) señalan que los problemas de SMP son frecuentes y destacan la importancia de su detección precoz [3]. En el ámbito hispanohablante, iniciativas como la Alianza Hispanohablante por la Salud Mental Perinatal han impulsado la incorporación de la dimensión psíquica en la atención perinatal[4]. En España, la Guía de Práctica Clínica de atención en el embarazo y puerperio del Sistema Nacional de Salud presenta aún limitaciones en el abordaje de la salud mental durante la gestación, centrandose en mayor medida sus recomendaciones en el periodo posparto[5]. En respuesta a esta necesidad, en los últimos años han surgido iniciativas específicas, como las unidades de SMP del Hospital Clínic y del Hospital Vall d'Hebron de Barcelona, así como protocolos en centros como el Hospital Virgen de las Nieves de Granada, orientados a la detección precoz y atención de la psicopatología emocional perinatal, especialmente ansiedad y depresión[6–8]. En la Cartera de Servicios de Atención Primaria de Castilla y León, y en los protocolos del Área de Burgos, el abordaje emocional durante el embarazo se integra en el seguimiento general de la gestación, sin incorporar herramientas específicas ni un procedimiento estandarizado de valoración. Esta aproximación podría limitar la detección precoz y el seguimiento del malestar emocional durante la gestación. En contraste, el abordaje emocional del puerperio se encuentra más explicitado y estructurado[9–11].

Dentro del marco perinatal, está la etapa prenatal, que abarca desde la concepción hasta el parto. La etapa prenatal presenta particularidades propias ya que se inician procesos relacionales fundamentales. Entre estos procesos, la relación de la madre con el bebé antes del nacimiento ha adquirido un interés creciente, dando lugar a múltiples definiciones, conceptos similares y diversas herramientas de medida, sin que exista en la actualidad un consenso claro entre los autores. Desde la teoría clásica del apego formulada por Bowlby, el inicio del sistema de apego de la madre con su bebé comienza tras el nacimiento, al entenderlo como un proceso iniciado por el neonato[12]. Sin embargo, desarrollos posteriores han ampliado esta perspectiva, señalando que la relación entre la madre y el bebé comienza durante la gestación[13]. En coherencia con este marco teórico, en este estudio se adopta el término vínculo y no apego, al considerarse más preciso para designar el conjunto de procesos

afectivos, cognitivos y conductuales mediante los cuales la mujer embarazada establece un vínculo con su bebé antes del nacimiento[14,15]. Para encuadrar el momento temporal de dicho vínculo, se utiliza la palabra prenatal. Y finalmente, al ser este vínculo prenatal unidireccional de la madre hacia su bebé, se culmina con la palabra materno, empleando el concepto vínculo prenatal materno uniforme a lo largo de la tesis, e integrando los conceptos similares de otros autores. Cranley [1981] fue la enfermera pionera en proponer un instrumento para medir la relación de la madre con el bebé durante el embarazo, la Maternal-Fetal Attachment Scale (MFAS)[16]. Posteriormente, Condon (1993) desarrolló la Maternal Antenatal Attachment Scale (MAAS), planteando dos dimensiones del vínculo: calidad e intensidad[17]. Esta propuesta ha tenido una amplia proyección empírica y ha dado lugar a adaptaciones de la MAAS en diferentes contextos culturales como el holandés, húngaro, turco, italiano, mexicano y alemán[18–23]. En España, Navarro-Aresti et al. (2015) propusieron la versión breve de 12 ítems (MAAS-12), herramienta escogida para este proyecto[24].

Para el bienestar de la mujer embarazada, es importante tener en cuenta los factores psicosociales, el más relevante es el apoyo social[25–27]. El apoyo social es un concepto multidimensional que hace referencia al conjunto de recursos que una persona percibe o recibe de su red social[28]. Un mayor apoyo social durante la gestación, especialmente el procedente de la pareja, es un factor protector frente al malestar emocional gestacional[29–33]. En este marco, Webster et al. (2000) desarrollaron la Maternity Social Support Scale (MSSS) como una medida breve y específica para evaluar el apoyo social durante el embarazo[34]. La literatura muestra, al menos, una versión china con datos de fiabilidad y validez[35], así como una versión italiana[36]. En población hispanohablante, la escala ha sido adaptada sin aportar una validación psicométrica formal al español[37]. Dada la escasez de evidencia en español castellano, se plantea como objetivo específico examinar la aplicabilidad y el comportamiento psicométrico de la MSSS en gestantes de nuestro contexto.

Ente las variables psicológicas más influyentes durante el embarazo, la depresión se considera un problema de salud pública por su prevalencia, impacto clínico y su asociación con un vínculo prenatal materno más débil[38]. La depresión es un trastorno mental no psicótico caracterizado por un estado de ánimo deprimido, pérdida de interés en las actividades diarias, cambios de apetito y sueño, durante más de dos semanas, e incluso ideación o conductas suicidas[39]. Los problemas de estado de ánimo durante el periodo prenatal son el llanto, la fatiga, anhedonia, ansiedad, irritabilidad, dificultades en la relación con el feto y sentimientos de rechazo hacia el embarazo[40]. Se estima que, durante el embarazo, la sintomatología depresiva aparece de forma global en el 18-20% de las mujeres y, parece incrementarse en el tercer trimestre, estas tasas pueden variar de unas culturas a otras. Se han identificado factores de riesgo que parecen asociarse de manera más frecuente: factores sociodemográficos como la edad, estado civil y nivel de estudios y factores

médico-obstétricos como las pérdidas gestacionales, complicaciones en el embarazo y episodios depresivos previos de la madre[38]. Los datos en España señalan unas tasas de un 15,2%, aumentando hasta un 25,8%, cuando se trata de población inmigrante[41]. Para la detección de sintomatología depresiva durante el embarazo, se plantea utilizar la Edinburgh Postnatal Depression Scale (EPDS), herramienta de cribado ampliamente reconocida a nivel internacional y nacional[38,42].

Otra variable psicológica influyente durante el embarazo es la sintomatología ansiosa. Puede oscilar entre 8,5-15,2% y suele presentarse de forma comórbida con la sintomatología depresiva[43]. En España, la tasa de ansiedad del tercer trimestre llega al 17,2%[44], y hasta un 24,6% según otras fuentes[45]. La ansiedad es una respuesta emocional compleja, adaptativa y de naturaleza anticipatoria. Las principales preocupaciones que desencadenan esta ansiedad durante la gestación son la posible pérdida del feto, el parto y posibles malformaciones en el bebé[46]. El estudio de la ansiedad en el embarazo es heterogéneo, debido a la falta de diferenciación entre ansiedad general y ansiedad específica del embarazo, así como del uso de distintos instrumentos y momentos de evaluación. Esto genera una gran variabilidad en los resultados y dificulta su interpretación[47]. Por este motivo, se plantea realizar una revisión sistemática con metaanálisis centrada en la ansiedad específica del embarazo, que permita ordenar la evidencia disponible y analizar las diferencias según el instrumento y el momento de evaluación. Este contexto, justifica el uso de instrumentos específicos como el Pregnancy-Related Anxiety Questionnaire en su versión breve de 20 ítems (PRAQ-20), frente a escalas de ansiedad general, al centrarse en preocupaciones propias de la gestación[48].

Las principales consecuencias de estas dos afecciones emocionales en las gestantes es la asociación a peores cuidados prenatales, más conductas de riesgo, peor alimentación, mayor consumo de tabaco y otros tóxicos e incremento de complicaciones obstétricas, especialmente hemorragias, preeclampsia. Para el desarrollo del bebé, se asocia a mayores tasas de prematuridad, bajo peso al nacer y peor desarrollo cognitivo[49]. A ello se añade una carga económica relevante cuando estas alteraciones no se detectan ni se tratan de forma adecuada. La evidencia económica disponible, centrada sobre todo en la SMP, muestra que la depresión y la ansiedad perinatales no tratadas incrementan los costes sanitarios y sociales, la pérdida de productividad materna y los costes derivados de resultados adversos en el desarrollo infantil. En el Reino Unido, se ha estimado un coste total de 8,1 mil millones de libras para los problemas de SMP[50].

A pesar de sus consecuencias graves y duraderas, la detección del malestar emocional durante la gestación sigue siendo baja. En el sistema sanitario español, la matrona es la profesional con un contacto más continuado con la gestante, al asumir el seguimiento de la mayoría de las visitas prenatales en embarazos de bajo riesgo y liderar la educación maternal, por lo que ocupa

una posición clave para la promoción de la salud mental y el apoyo emocional a lo largo del embarazo[51–53]. Sin embargo, no siempre dispone de guías asistenciales que integren recursos sistemáticos para identificar a las mujeres con mayor vulnerabilidad emocional. Además, la utilización de cuestionarios extensos en la consulta prenatal rutinaria de atención primaria resulta poco viable por limitaciones de tiempo. En este contexto, la identificación de factores de riesgo y de protección, junto con el uso de herramientas breves y factibles, podría facilitar un cribado más ágil y favorecer la detección e intervención tempranas en las gestantes más vulnerables[54].

Gran parte de los estudios sobre vínculo prenatal materno y malestar emocional gestacional se han desarrollado desde enfoques cuantitativos, lo que dificulta comprender cómo viven las mujeres su relación con el bebé en desarrollo y cómo se entrelaza dicha relación con sus afecciones en salud mental. Por ello, incorporar una fase cualitativa para comprender la realidad subjetiva de las gestantes en cuanto a su vínculo prenatal y su estado emocional durante la gestación, resulta pertinente. En este proyecto, la fase cualitativa se plantea abordar mediante entrevistas en profundidad elaboradas a partir de la sección parto de la *Entrevista de Stafford*. Esta entrevista permite recoger información sobre factores sociales, obstétricos, psicológicos y vinculares. Ha sido traducida a múltiples idiomas y empleada en diferentes contextos como Reino Unido, India, Italia, España, Egipto y Hong Kong[55–57].

En definitiva, se presenta una base teórica suficiente para considerar el vínculo prenatal materno y el apoyo social materno como dimensiones relevantes para el bienestar de las gestantes. Existen instrumentos validados para su evaluación y para el cribado de sintomatología depresiva prenatal y ansiedad específica del embarazo. Persiste la necesidad de generar evidencia en gestantes españolas con diseños que integren la medición cuantitativa y comprensión cualitativa. Por ello, analizar la asociación entre estas variables en gestantes de tercer trimestre de la provincia de Burgos no solo responde a una pregunta de investigación, sino que también puede aportar conocimiento aplicable a la práctica clínica y al desarrollo futuro de intervenciones preventivas y de acompañamiento en el ámbito prenatal.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo general:

Analizar la asociación entre el vínculo prenatal materno, el apoyo social materno y los niveles de sintomatología depresiva prenatal y de ansiedad específica del embarazo en mujeres en el tercer trimestre de gestación de la provincia de Burgos.

Objetivos específicos:

1. Analizar la asociación entre las variables sociodemográficas y médico-obstétricas con el vínculo prenatal materno en mujeres en el tercer trimestre de gestación.

2. Validar la escala Maternity Social Support Scale (MSSS) al español y analizar sus propiedades psicométricas en mujeres en el tercer trimestre de gestación de la provincia de Burgos.
3. Analizar el efecto modulador del apoyo social materno sobre la sintomatología depresiva prenatal y la ansiedad específica del embarazo.
4. Analizar la relación entre el vínculo prenatal materno y los niveles de sintomatología depresiva prenatal y ansiedad específica del embarazo.
5. Realizar una revisión sistemática con metaanálisis de los estudios sobre ansiedad específica del embarazo, con el fin de sintetizar las prevalencias publicadas y analizar la variabilidad de los resultados según el instrumento de medida y el momento gestacional.
6. Comprender la vivencia de las gestantes en la fase final del embarazo mediante entrevistas en profundidad y analizar su relación con la sintomatología depresiva prenatal.

Hipótesis

“Un menor vínculo prenatal materno se asociará con menor apoyo social materno y con mayores niveles de sintomatología depresiva prenatal y de ansiedad específica del embarazo en mujeres en el tercer trimestre de gestación de la provincia de Burgos.”

3. METODOLOGÍA

3.1. Diseño del estudio

se plantea un estudio mixto multicéntrico con recogida concurrente de datos en la provincia de Burgos. Incluye una fase cuantitativa, observacional, descriptiva y transversal, y una fase cualitativa mediante entrevistas en profundidad. Este enfoque permite analizar asociaciones entre variables y, al mismo tiempo, comprender la experiencia subjetiva de las gestantes.

3.2. Muestra y participantes

en la fase cuantitativa participarán gestantes mayores de 18 años en el tercer trimestre de embarazo, atendidas en los hospitales de referencia de la provincia de Burgos. Se incluirán aquellas con capacidad para comprender y expresarse en español, excluyéndose gestaciones múltiples y situaciones de seguimiento hospitalario continuado.

Se empleará un muestreo no probabilístico consecutivo. El tamaño muestral total previsto es de 468 gestantes, distribuidas de la siguiente manera:

- Hospital Universitario de Burgos (HUBU): 210 participantes.
- Hospital Santos Reyes (Aranda de Duero): 139 participantes.
- Hospital Santiago Apóstol (Miranda de Ebro): 119 participantes.

En la fase cualitativa se incluirán gestantes en tercer trimestre en seguimiento en Atención Primaria, mediante muestreo intencional y, de forma complementaria, bola de nieve. Se prevé una muestra de 20 a 25 participantes, ajustada según saturación teórica.

3.3. Variables e instrumentos

se recogerán variables sociodemográficas y médico-obstétricas mediante un cuestionario ad hoc. Además, se emplearán instrumentos validados:

- MAAS-12: evalúa el vínculo prenatal materno en términos de calidad e intensidad.
- EPDS: mide sintomatología depresiva prenatal.
- PRAQ-20: evalúa la ansiedad específica del embarazo en distintas dimensiones.
- MSSS: valora el apoyo social percibido durante la gestación.

El tiempo estimado de cumplimentación será de 25–30 minutos.

En la fase cualitativa se utilizará una guía de entrevista basada en la Entrevista de Stafford, estructurada en torno a experiencia gestacional, apoyo social, vínculo prenatal y cambios vitales.

3.4. Procedimiento

La captación cuantitativa se realizará en consultas hospitalarias de seguimiento del embarazo. Tras recibir información y firmar el consentimiento, las participantes cumplimentarán el cuestionario en formato papel o digital. La fase cualitativa se desarrollará en centros de salud, mediante coordinación con matronas. Las entrevistas se realizarán en condiciones de confidencialidad, de forma presencial o telefónica. El estudio contará con aprobación ética y garantizará la participación voluntaria y el tratamiento anónimo de los datos.

3.5. Análisis de datos

El análisis cuantitativo se realizará con SPSS ($p < 0,05$), incluyendo estadística descriptiva, análisis bivalente (correlaciones y comparaciones de grupos) y modelos de regresión lineal múltiple. El análisis cualitativo se llevará a cabo mediante análisis temático de las entrevistas, permitiendo identificar categorías y relacionarlas con los resultados cuantitativos.

4. RESULTADOS DEL PROYECTO

Impacto clínico y asistencial de los resultados del proyecto:

- Permite identificar perfiles de mayor vulnerabilidad emocional en gestantes próximas al parto.
- Mejora la detección precoz de malestar psicológico perinatal, complementando los protocolos actuales que suelen centrarse exclusivamente en depresión posparto.

- Proporciona evidencia para facilitar la incorporación de herramientas breves de evaluación emocional y del vínculo prenatal materno en la práctica clínica habitual, así como para orientar criterios de derivación y seguimiento.
- Mejora la coordinación entre servicios sociosanitarios y entre profesionales de obstetricia y de salud mental.
- Aporta información sobre la vivencia emocional, física y social del embarazo, útil para identificar necesidades percibidas y mejorar la comunicación clínica y acompañamiento.

En el **ámbito científico**, el estudio contribuye a:

- Generar datos en población española sobre la relación entre vínculo prenatal materno y psicopatología gestacional, un área escasamente investigada en la literatura nacional.
- Integrar en un diseño mixto la evaluación de ansiedad específica del embarazo, sintomatología depresiva y vínculo prenatal materno.
- Publicar los resultados en revistas de salud mental perinatal, psicología clínica, obstetricia o salud pública.
- Servir como base para futuras investigaciones longitudinales e intervenciones orientadas a prevención, apoyo emocional y fortalecimiento del vínculo prenatal materno durante el embarazo.

5. REFERENCIAS

- [1] Barba-Müller E, Craddock S, Carmona S, Hoekzema E. Brain plasticity in pregnancy and the postpartum period: links to maternal caregiving and mental health. *Arch Womens Ment Health*. 2019;22(2):289-99. <https://doi.org/10.1007/s00737-018-0889-z>
- [2] Santaella G, Cobo J. ¿Qué es la salud mental perinatal? *Psicosomática y Psiquiatría*. 2024;31. <https://doi.org/10.60940/PsicosomPsiquiatrnum310502>
- [3] World Health Organization. Guide for integration of perinatal mental health in maternal and child health services [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2022 [citado 17 de abril de 2026]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240057142>
- [4] Palau Subiela P. Consideraciones y propuestas de la Alianza Hispanohablante por la Salud Mental Perinatal y de la Familia para el cuidado de la salud mental perinatal y de la familia en España. NACIENDO. 2021.
- [5] Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad. Guía de práctica clínica de atención en el embarazo y puerperio. 2014.

- [6] Clínic Barcelona. Unidad de Salud Mental Perinatal [Internet]. 2026 [citado 17 de abril de 2026]. Disponible en: <https://www.clinicbarcelona.org/unidad/salud-mental-perinatal>
- [7] Vall d'Hebron Hospital Universitari. Salud Mental Perinatal [Internet]. 2026 [citado 17 de abril de 2026]. Disponible en: <https://hospital.vallhebron.com/es/asistencia/especialidades/salud-mental-perinatal>
- [8] Hernández MÁ, López Castillo JJ, Puertas A, Carrillo MP, Manzanares S, Muñoz M, et al. Protocolos asistencias: Salud mental perinatal [Internet]. Hospital Universitario Virgen de las Nieves: UGC de Salud mental, Ginecología y Obstetricia y Pediatría; 2024. Disponible en: https://www.huvn.es/asistencia_sanitaria/ginecologia_y_obstetricia
- [9] Junta de Castilla y León, Gerencia Regional de Salud. Cartera de servicios de Atención Primaria de Castilla y León. Valladolid: Sacyl; 2019.
- [10] Servicio de Obstetricia y Ginecología del Hospital Universitario de Burgos. Protocolo de seguimiento del embarazo de bajo riesgo. Burgos: Sacyl; 2022.
- [11] Gerencia de Atención Primaria de Burgos. Protocolo de seguimiento postparto en Atención Primaria. Burgos: Sacyl; 2022.
- [12] Bowlby J, Ainsworth M, Bretherton I. The Origins of Attachment Theory. *Dev Psychol*. 1992;28(5):759-75.
- [13] Brandon AR, Pitts S, Denton WH, Stringer A, Evans HM. A history of the theory of prenatal attachment. *J Prenat Perinat Psychol Health*. 2009;23(4):201-22.
- [14] Santaguida E, Bergamasco M. A perspective-based analysis of attachment from prenatal period to second year postnatal life. *Frontiers in Psychology*. Frontiers Media SA; 2024. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1296242>
- [15] Henry J, Castaño O, Carrascal GC, De Los Ángeles Gázquez Rodríguez M. Maternal-fetal bonding: a concept analysis. *Revista Habanera de Ciencias Médicas* [Internet]. 2019;18(6):969-82. Disponible en: <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/2629>
- [16] Cranley MS. Development of a tool for the measurement of maternal attachment during pregnancy. *Nurs Res* [Internet]. 1981 [citado 8 de febrero de 2026];30(5):281-4. Disponible en: https://journals.lww.com/nursingresearchonline/abstract/1981/09000/Development_of_a_Tool_for_the_Measurement_of.8.aspx
- [17] Condon JT. The assessment of antenatal emotional attachment: Development of a questionnaire instrument. *British Journal of Medical Psychology*. 1993;66:167-83. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8341.1993.tb01739.x> PubMed PMID: 8353110.

- [18] Van Bussel JCH, Spitz B, Demyttenaere K. Reliability and validity of the Dutch version of the maternal antenatal attachment scale. *Arch Womens Ment Health*. 2010;13(3):267-77. <https://doi.org/10.1007/s00737-009-0127-9> PubMed PMID: 19859787.
- [19] Sz.Mako H, Deak A. P-1000 - The hungarian version of maternal antenatal attachment scale in measuring prenatal attachment. *European Psychiatry*. enero de 2012;27:1. [https://doi.org/10.1016/s0924-9338\(12\)75167-2](https://doi.org/10.1016/s0924-9338(12)75167-2)
- [20] Golbasi Z, Ucar T, Tugut N. Validity and reliability of the Turkish version of the Maternal Antenatal Attachment Scale. *Japan Journal of Nursing Science*. 2015;12:154-61. <https://doi.org/10.1111/jjns.12052> PubMed PMID: 24962076.
- [21] Busonera A, Cataudella S, Lampis J, Tommasi M, Zavattini GC. Investigating validity and reliability evidence for the maternal antenatal attachment scale in a sample of Italian women. *Arch Womens Ment Health*. 2016;19:329-36. <https://doi.org/10.1007/s00737-015-0559-3> PubMed PMID: 26189447.
- [22] Ferrara-Torres A, Álvarez-Carrillo JR, Lara MA, Ibarra-Patrón D, Manjarrez-García M, Gutiérrez-Hernández OD, et al. Validity of the Maternal Antenatal Attachment Scale-Spanish Version for Mexican Pregnant Women. *Clin Salud*. 2023;34(2):43-9. <https://doi.org/10.5093/clysa2023a7>
- [23] Lehnig F, Linde K, Schmidt V, Nagl M, Martini J, Stepan H, et al. Reliability and validity of the original and brief German version of the Maternal Antenatal Attachment Scale (MAAS): Longitudinal study findings. *PLoS One*. 31 de diciembre de 2024;19(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316374> PubMed PMID: 39739751.
- [24] Navarro-Aresti L, Iraurgi I, Iriarte L, Martínez-Pampliega A. Maternal Antenatal Attachment Scale (MAAS): adaptation to Spanish and proposal for a brief version of 12 items. *Arch Womens Ment Health*. 2015;19:95-103. <https://doi.org/10.1007/s00737-015-0513-4> PubMed PMID: 25704802.
- [25] Yarcheski A, Mahon NE, Yarcheski TJ, Hanks MM, Cannella BL. A meta-analytic study of predictors of maternal-fetal attachment. *International Journal of Nursing Studies*. 2009. p. 708-15. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2008.10.013> PubMed PMID: 19081091.
- [26] Ocampo Rivero MM, Maza Padilla LE, Orozco Gómez CJ. Relationship between social support, family functioning, sociodemographic and gynecological-obstetric characteristics in pregnant women who attend prenatal care. *Enfermería Global*. 2025;75. <https://doi.org/10.6018/eglobal.628671>
- [27] Al-Mutawtah M, Campbell E, Kubis HP, Erjavec M. Women's experiences of social support during pregnancy: a qualitative systematic

- review. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2023;23(782):1-9. <https://doi.org/10.1186/s12884-023-06089-0> PubMed PMID: 37950165.
- [28] Hinson Langford CP, Bowsher J, Maloney JP, Lillis PP. Social support: a conceptual analysis. *J Adv Nurs*. 1997;25(1):95-100.
- [29] Dibaba Y, Fantahun M, Hindin MJ. The association of unwanted pregnancy and social support with depressive symptoms in pregnancy: Evidence from rural Southwestern Ethiopia. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2013;13(135):1-8. <https://doi.org/10.1186/1471-2393-13-135> PubMed PMID: 23800160.
- [30] Mohammad KI, Gamble J, Creedy DK. Prevalence and factors associated with the development of antenatal and postnatal depression among Jordanian women. *Midwifery*. diciembre de 2011;27(6):238-45. <https://doi.org/10.1016/j.midw.2010.10.008> PubMed PMID: 21130548.
- [31] Umuziga MP, Gishoma D, Hynie M, Nyirazinyoye L. Antenatal depressive symptoms in rwanda: rates, risk factors, and social support. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2022;22(193):1-9. <https://doi.org/10.1186/s12884-022-04522-4> PubMed PMID: 35260093.
- [32] Bedaso A, Adams J, Peng W, Sibbritt D. The relationship between social support and mental health problems during pregnancy: a systematic review and meta-analysis. *Reprod Health*. 2021;18(162). <https://doi.org/10.1186/s12978-021-01209-5> PubMed PMID: 34321040.
- [33] Alizadeh-Dibazari Z, Maghalian M, Mirghafourvand M. The relationship between perceived social support and fear of childbirth in pregnant women: a systematic review and meta-analysis. *BMC Psychol*. 2025;13:1-14. <https://doi.org/10.1186/s40359-025-03047-7> PubMed PMID: 40597256.
- [34] Webster J, Linnane JW, Dibley LM, Hinson JK, Starrenburg SE, Roberts JA. Measuring Social Support in Pregnancy: Can It Be Simple and Meaningful? *BIRTH*. 2000;27(2):97-101.
- [35] Guannan L, Wei H, Kai D, Tao Z. Reliability and validity of the Chinese version of Maternity Social Support Scale. *Sichuan Mental Health*. 2020;33(3):268-71. <https://doi.org/10.11886/scjsws20190826001>
- [36] Dabrassi F, Imbasciati A, Della Vedova AM. Maternity Social Support. *J Prenat Perinat Psychol Health*. 2010;24(3):158-73.
- [37] Contreras-Pulache H, Mori-Quispe E, Lam-Figueroa N, Luna-Praetorius M. Evaluación de la salud mental de madres puérperas con recién nacidos de bajo peso al nacer. *Revista Peruana de Epidemiología*. 2011;15(1):43-9.
- [38] Míguez MC, Vázquez MB. Prevalence of depression during pregnancy in spanish women: Trajectory and risk factors in each trimester. *Int J*

- Environ Res Public Health. 2021;18:6789. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136789> PubMed PMID: 34202666.
- [39] American Psychiatric Association Publishing. 5th ed, text rev. 2022. Depressive disorders. In: Diagnostic and statistical manual of mental disorders.
- [40] Rodríguez Muñoz M de la F, Caparros-Gonzalez RA, Castelo Legazpi PC, Kovacheva K. Psicología perinatal en entornos de salud. En: Psicología perinatal en entornos de salud. Ediciones Pirámide; 2022. p. 21-37.
- [41] Marcos-Nájera R, Rodríguez-Muñoz M de la F, Soto Balbuena C, Olivares Crespo ME, Izquierdo Méndez N, Le HN, et al. The Prevalence and Risk Factors for Antenatal Depression Among Pregnant Immigrant and Native Women in Spain. *Journal of Transcultural Nursing*. 2020;31(6):564-75. <https://doi.org/10.1177/1043659619891234> PubMed PMID: 31779531.
- [42] Vázquez MB, Míguez MC. Validation of the Edinburgh postnatal depression scale as a screening tool for depression in Spanish pregnant women. *J Affect Disord*. 2019;246:515-21. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2018.12.075> PubMed PMID: 30599376.
- [43] Goodman JH, Chenausky KL, Freeman MP. Anxiety Disorders During Pregnancy. *J Clin Psychiatry*. octubre de 2014;75(10):e1153-84. <https://doi.org/10.4088/JCP.14r09035>
- [44] Sierra-García P, Carrasco Ortiz MÁ. Psicología perinatal: vínculo materno-fetal y apego. En: Temas en Perinatalidad. 1.a ed. Madrid: Síntesis; 2019. p. 58-9.
- [45] K, Akyirem S, Sartori L, Abdul-Latif AM, Akaateba D, Bayrampour H, et al. Measurement of pregnancy-related anxiety worldwide: a systematic review. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2022;22(331). <https://doi.org/10.1186/s12884-022-04661-8> PubMed PMID: 35428199.
- [46] Huizink AC, Delforterie MJ, Scheinin NM, Tolvanen M, Karlsson L, Karlsson H. Adaption of pregnancy anxiety questionnaire-revised for all pregnant women regardless of parity: PRAQ-R2. *Arch Womens Ment Health*. 2016;19(1):125-32. <https://doi.org/10.1007/s00737-015-0531-2> PubMed PMID: 25971851.
- [47] Fernández Lorenzo P, Olza I. Psicología del embarazo. En: Temas en Perinatalidad. 1.a ed. Madrid: Síntesis ; 2020.
- [48] Pisavadia K, Doungsong K, Ezeofor V, Spencer LH, Tursley L, Best C, et al. Healthcare use and costs of perinatal anxiety: a UK NHS perspective. *BMC Health Serv Res*. 1 de diciembre de 2025;25(1). <https://doi.org/10.1186/s12913-025-13318-z> PubMed PMID: 40903747.
- [49] Luca DL, Margiotto C, Staatz C, Garlow E, Christensen A, Zivin K. Financial Toll of Untreated Perinatal Mood and Anxiety Disorders Among

- 2017 Births in the United States. *Am J Public Health*. 2020;110(6):888-96. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2020.305619> PubMed PMID: 32298167.
- [50] Fletcher A, Murphy M, Leahy-Warren P. Midwives' experiences of caring for women's emotional and mental well-being during pregnancy. *J Clin Nurs*. 2021;30(9-10):1403-16. <https://doi.org/10.1111/jocn.15690> PubMed PMID: 33527534.
- [51] Cibralic S, Pickup W, Diaz AM, Kohlhoff J, Karlov L, Stylianakis A, et al. The impact of midwifery continuity of care on maternal mental health: A narrative systematic review. *Midwifery*. Churchill Livingstone; 2023. <https://doi.org/10.1016/j.midw.2022.103546> PubMed PMID: 36375410.
- [52] Coates D, Foureur M. The role and competence of midwives in supporting women with mental health concerns during the perinatal period: A scoping review. *Health and Social Care in the Community*. Blackwell Publishing Ltd; 2019. p. e389-405. <https://doi.org/10.1111/hsc.12740> PubMed PMID: 30900371.
- [53] Paz-Pascual C, Artieta-Pinedo I, Bully P, García-Álvarez A, Group ema Q, Espinosa M. Ansiedad y depresión en el embarazo. Variables asociadas durante el periodo de pandemia COVID-19. *Enferm Clin*. 2024;34(1):23-33. <https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2023.11.005>
- [54] Brockington I, Chandra P, Bramante A, Dubow H, Fakher W, Garcia-Esteve LIL, et al. The Stafford Interview: A comprehensive interview for mother-infant psychiatry. *Arch Womens Ment Health*. 2017;20:107-12. <https://doi.org/10.1007/s00737-016-0683-8> PubMed PMID: 27778149.
- [55] Ian Brockington. *Motherhood and Mental Health* (Oxford Medical Publications). Oxford University Press; 1996.

PAPEL, HIERRO Y PLATA ¿HERRAMIENTAS PARA UNA EXCURSIÓN?

ELSA BUJANDA HORTIGÜELA

*Programa de Doctorado en Humanidades y Comunicación,
Universidad de Burgos*

Resumen

En el marco de la restauración borbónica, un periodo de grandes cambios motivados por la industrialización y modernización del país, se asentó y generalizó un nuevo fenómeno asociativo: el excursionismo científico. Este estudio analiza el papel de estas agrupaciones en la construcción del imaginario cultural del actual territorio castellanoleonés. A través del análisis de las expediciones que la Sociedad Española de Excursiones y la Sociedad Castellana de Excursiones realizaron entre 1893-1931, se explora cómo factores estéticos, materiales y logísticos condicionaron la preferencia otorgada a los distintos elementos del patrimonio regional. Bajo la metáfora de “papel, hierro y plata”, se analiza el discurso de las crónicas de viaje (papel), el peso de las infraestructuras ferroviarias en la selección de monumentos visitables (hierro) y el uso de la fotografía como herramienta de fijación de un canon visual (plata).

Palabras clave

Excursionismo Científico, Castilla y León, Patrimonio Cultural, Fotografía, Infraestructuras ferroviarias, Imaginario regional.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enmarca en una investigación doctoral más amplia titulada: *Explorar, catalogar, difundir: la mirada pionera de las sociedades de excursiones sobre el patrimonio castellanoleonés (1893-1931)*, actualmente en su segundo año de desarrollo. La motivación tras esta elección es la constatación de que la historiografía sobre el excursionismo científico, más allá del caso catalán¹, es prácticamente inexistente. Dicha investigación tiene como objeto de estudio central la actividad desplegada por la Sociedad Española de Excursiones (SEE) y la Sociedad Castellana de Excursiones

¹ Vid., por ejemplo, la *Enciclopèdia de l'excursionisme* de Josep Iglésies (1964); Jordi Martí Henneberg, *L'excursionisme científic* (1994); y, más recientemente, el TFG de Alexandre Aumatell Perdalt (2025) *Anar a la terra, parlar la llengua, estudiar la pàtria: l'excursionisme català (1872-1936)*.

(SCE) en el marco geográfico de la actual Comunidad Autónoma de Castilla y León. Ambas asociaciones fueron pioneras en la exploración, catalogación y difusión del patrimonio regional, contribuyendo activamente a la construcción de una determinada mirada sobre el territorio en un momento clave para la configuración del imaginario cultural contemporáneo. Para esta comunicación, el análisis se basa en un corpus de 51 crónicas (35 de la SEE y 16 de la SCE) correspondientes al periodo comprendido entre 1893-1924.

En el contexto europeo de la segunda mitad del siglo XIX, el excursionismo científico se consolidó como una práctica asociativa que, bajo el influjo del positivismo y de las nuevas corrientes pedagógicas, defendía la observación directa y la experiencia *in situ* como herramientas insustituibles de conocimiento frente al estudio de gabinete [1]. Lejos de constituir meros entretenimientos burgueses [2], las expediciones organizadas por estos grupos heterogéneos de eruditos y aficionados supusieron una avanzadilla en la documentación sistemática del patrimonio presente en el territorio. A través de publicaciones periódicas, el Boletín de la Sociedad Española de Excursiones (BSEE) y el Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones (BSCE), estas asociaciones no solo redescubrieron y registraron el estado de conservación de inmuebles y objetos artísticos, sino que construyeron activamente un relato, una mirada específica que influyó en el modelado del imaginario cultural de la región.

Dada la amplitud cronológica y temática que abarca la tesis doctoral – que incluye el vaciado sistemático de más de tres décadas de expediciones, el análisis crítico del discurso, así como el prosopográfico de sus socios y el uso de herramientas de cartografía digital (como el software QGIS) para reconstruir los itinerarios y analizar su relación con la red ferroviaria de la época–, la presente comunicación no pretende ofrecer resultados definitivos ni un relato exhaustivo de lo visitado. Por el contrario, y en consonancia con la fase en la que se encuentra la investigación, el objetivo de estas páginas es presentar el marco teórico-metodológico que vertebra el proyecto y exponer las hipótesis que articulan el análisis de los condicionantes que modularon dicha mirada.

Se parte de la premisa de que la prelación otorgada a determinados monumentos y comarcas castellanoleonesas sobre otras no fue únicamente fruto de una valoración objetiva del mérito histórico-artístico, sino que estuvo hondamente mediada por tres vectores que operaron, metafórica y literalmente, como herramientas de la práctica excursionista. Bajo la rúbrica de papel, hierro y plata, se explorará la influencia del discurso de los cronistas en la construcción de un canon de lo visitable; el peso de la infraestructura ferroviaria como condicionante de la geografía excursionista; y el uso de la fotografía no solo como documento gráfico, sino también como un instrumento preferente de captación visual y fijación en el imaginario colectivo.

2. OCIO Y CONOCIMIENTO: LA EXCURSIÓN COMO PRÁCTICA CULTURAL

La excursión científica de finales del siglo XIX y comienzos del XX no puede entenderse únicamente como una actividad de recreo ni como una tarea rutinaria destinada a la mera acumulación de datos. Antes bien, se trató de una actividad cultural compleja, dotada de reglas, ritmos, herramientas concretas y criterios de valoración compartidos, que condicionaron de forma decisiva la manera de observar, describir y valorar el patrimonio visitado. La excursión operó como un prisma interpretativo capaz de transformar el espacio recorrido en objeto de conocimiento y simultáneamente de ordenarlo jerárquicamente dentro de un relato cultural más amplio.

Las sociedades excursionistas articularon estas prácticas bajo una lógica que combinaba la experiencia directa con la elaboración posterior del discurso. La observación *in situ* no se agotaba en el acto de la visita, sino que encontraba su culminación en la redacción de crónicas, informes o monografías, la publicación de imágenes en relación con los anteriores y finalmente la difusión de los resultados a través de los boletines oficiales. De este modo la excursión se configuró como un proceso en varias fases –planificación, desplazamiento, observación, registro y publicación– en el que cada una de ellas introducía filtros y mediaciones que modelaban la percepción del territorio.

Lejos de constituir un recorrido aleatorio, las excursiones respondieron a una selección previa de destinos, guiada por intereses científicos, estéticos y logísticos. Dicha selección dependía de los directores de excursiones: Joaquín de Ciria para la SEE [3] y Juan Agapito y Revilla para la SCE [4]. La elección de una comarca, un municipio o un edificio concreto implicaba ya una forma de valoración, que otorgaba visibilidad a determinados elementos del patrimonio frente a otros que quedaban relegados o excluidos del itinerario. Este carácter selectivo se vio reforzado por la naturaleza colectiva de la experiencia excursionista: la mirada individual del viajero se integraba en un marco interpretativo compartido, avalado por la autoridad intelectual de la sociedad organizadora y de los cronistas encargados de fijar la experiencia por escrito.

En este contexto, la excursión funcionó como un espacio de legitimación del saber experto. Arquitectos, historiadores y eruditos no solo describían los monumentos, sino que los interpretaban y los situaban dentro de jerarquías estilísticas, cronológicas y territoriales precisas. El lenguaje empleado en las crónicas –cargado de adjetivación valorativa y referencias comparativas– contribuyó a consolidar un canon en el que ciertos estilos, periodos y tipologías arquitectónicas adquirirían un protagonismo recurrente. La excursión, por tanto, no se limitó a revelar el patrimonio existente, sino que participó activamente en la construcción de su significado cultural.

Esta función modeladora se fijó a través de la repetición. Los itinerarios recurrentes, la insistencia en determinados monumentos y la reiteración de juicios estéticos similares generaron una imagen estabilizada del patrimonio castellanoleonés digno de ser visitado, estudiado y difundido. A la inversa, los espacios alejados de estas rutas tendieron a quedar fuera del relato excursionista, consolidando una desigual geografía del patrimonio.

Desde esta perspectiva, la excursión puede entenderse como una práctica situada en la intersección entre ciencia, experiencia y ocio. No solo produjo conocimiento, sino que contribuyó a estructurarlo, jerarquizarlo y dotarlo de sentido dentro de un marco territorial concreto. En consecuencia, la mirada excursionista, fue una mirada construida, mediada y condicionada por factores que exceden el mero juicio histórico-artístico y que remiten a cuestiones materiales, logísticas y discursivas.

Es en este punto donde cobra sentido el análisis de las herramientas que posibilitaron dicha práctica. El discurso escrito, la infraestructura ferroviaria y la fotografía, no actuaron como elementos neutrales o secundarios, sino como agentes activos en la configuración de la experiencia excursionista y en la fijación de un determinado imaginario patrimonial. En los apartados siguientes se analizará como estos tres factores –metafóricamente reunidos bajo la rúbrica de *papel, hierro y plata*– condicionaron la selección de lugares visitables, la jerarquización de los bienes patrimoniales y la difusión de una imagen específica del territorio castellanoleonés. El orden de exposición, no obstante, comenzará por el ferrocarril, al ser el factor logístico que hacía posible el desplazamiento y, por tanto, la propia práctica excursionista.

2.1. Hierro: Infraestructura ferroviaria y geografía de lo visitable

La red ferroviaria de finales del siglo XIX no era un simple medio de desplazamiento, sino un filtro material que determinaba una geografía desigual del patrimonio visitable. Frente a los nudos bien comunicados, la periferia era relegada a excursiones “épicas” que exigían tiempo, esfuerzo y, a menudo, una dosis considerable de estoicismo.

2.1.1. Nudos y periferia: las vías del patrimonio

El paradigma del monumento “a pie de vía” fue San Juan de Baños (Palencia). Su cercanía a la estación de Venta de Baños lo convertía en una visita casi obligada, aunque ello implicará llegar a las 3:00 h de la madrugada, despertar a los vecinos para que mostraran la ermita y, tras la visita, desayunar en la fonda de la estación “café con leche (y moscas) [...], y al tren otra vez. Eran las siete y media de la mañana” [5]. La accesibilidad primaba sobre cualquier otra consideración.

En el extremo opuesto, enclaves como Clunia, Silos, o Termes exigían desplazamientos que bordeaban la aventura. Para llegar a Clunia, Eloy García de Quevedo, relataba cómo había que recurrir a “unos cachazudos

asnos” desde Peñaranda de Duero, tras haber soportado un “fementido carruaje que más que diligencia es quebrantahuesos” [6]. La excursión a Silos en 1905 incluía un tramo de 5 km de carretera sin construir, con riesgo de volcar “varias veces” y “estando a punto de perderse” [7]. Pero el caso más extremo fue el viaje a Termes narrado por Narciso Sentenach: 12 horas de Segovia a Sepúlveda en coche-correo, luego una tartana “sin muelles” que hacía dudar de “cómo haya pulmones y entrañas que lo resistan”, y finalmente un tramo a caballo de noche por caminos de montaña [8]. El autor confesaba haber intentado llegar a Termes cuatro veces, cada una “de mal en peor”. Estas experiencias contrastaban con la comodidad de los nudos ferroviarios y evidenciaban que la periferia quedaba sistemáticamente marginada del relato excursionista. Como se observa en la cartografía “Fig. 1”, la coincidencia entre las rutas oficiales y el trazado ferroviario no es casual; existe una relación manifiesta que deja el resto del territorio a los excursionistas más avezados.

2.1.2. La tiranía del reloj

El ferrocarril no solo decidía qué era visitable, sino también durante cuánto tiempo. Los horarios imponían un ritmo implacable. En la excursión a Medina de Rioseco de 1904, la SCE contrató un tren especial con horarios milimétricos: salida a las 7:30 h, llegada a las 9:15 h, comida a las 15:00 h, regreso a las 16:00 h., el tren incluso esperó media hora a tres rezagados que nunca aparecieron, y el cronista señaló que fueron “víctimas inocentes de la oficiosa y repetida equivocación y extraña conducta de un importante agente ferroviario” [9]. En otra ocasión, el tren llevaba hora y media de retraso y los excursionistas esperaron en la estación junto a la chimenea, en una “mañana fría” de noviembre [10].

Las carreras para no perder el tren se convirtieron en un género menor de la crónica. En la excursión a Quintanilla de Abajo, dos rezagados, nada menos que Agapito Revilla y Antonio de Nicolás, tuvieron que correr para alcanzar el tren en la estación de Ariza, llegando “jadeantes y cubiertos de sudor” y siendo recibidos con “un hurra prolongado” [11].

2.1.3. Más allá del tren: fondas, posadas y hospitalidades

Pero las incomodidades no terminaban al bajar del tren. Más allá del andén, esperaban fondas dudosas y posadas insalubres, y en ocasiones, hospitalidades inesperadas. No todo fueron malas experiencias. Hubo también fondas que merecieron elogios, como la de Ariza, donde los excursionistas disfrutaron de un “excelente almuerzo” [12], o la de Peñafiel, con su merluza “tan fresca como puede comerse en Santander” [13]. Pero no fueron la norma, más a menudo, las crónicas registran incomodidades que bordeaban la aventura.

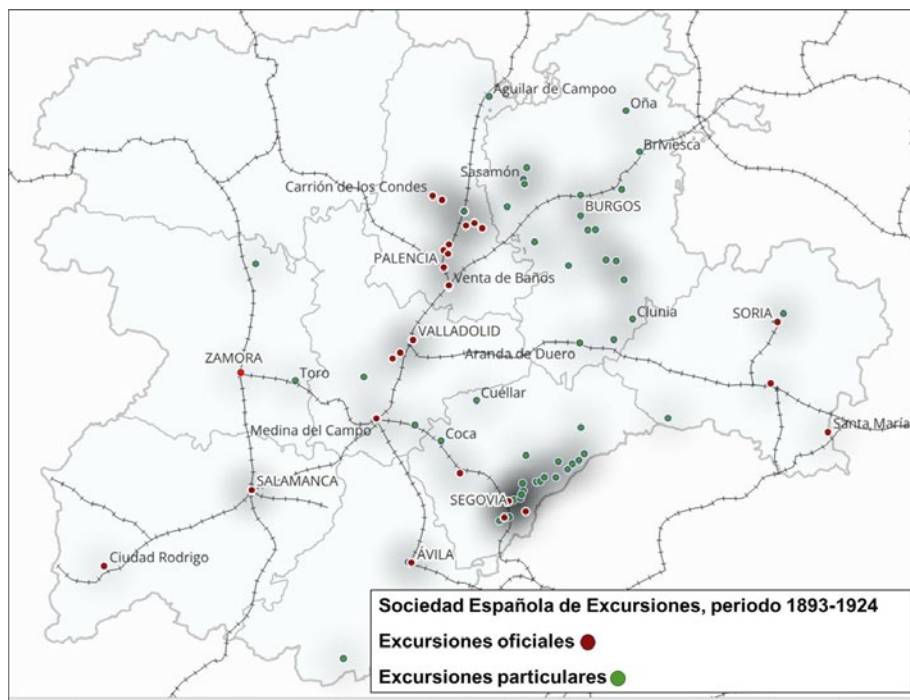


Figura 1. Distribución de las excursiones oficiales de la SEE y su correlación con la red ferroviaria

En Tordesillas el propio director de excursiones de la SEE pasó lo que llamó una “noche toledana”: sentado en una silla porque la posada no ofrecía mejores condiciones; solo la hospitalidad del administrador del monasterio de Santa Clara le permitió, al día siguiente, comer y descansar [14]. En Venta de Baños, la fonda fue tachada de “caro y malo, ¡hasta sin servilletas!” [15]. Frente a estos inconvenientes, los excursionistas que lograban pernoctar en monasterios (como en Silos, donde los recibió el Abad con paternal cariño [7]) se destacaban como experiencias excepcionales.

El hierro, pues, no fue un mero soporte técnico. Actuó como un filtro que produjo una geografía patrimonial de dos velocidades. Las excursiones oficiales –las organizadas sistemáticamente según un programa previo– se movieron casi siempre por los nudos ferroviarios, generando visitas recurrentes y bien documentadas. Las particulares, en cambio, emprendidas por pequeños grupos o socios a título individual, se adentraron en la periferia, dejando testimonios de travesías épicas pero marginales, cuando no directamente ausentes del relato oficial. Con la aparición de los primeros automóviles y autocares en la década de 1920, las crónicas dejaron de quejarse de los caminos y empezaron a elogiar las cómodas y excelentes carreteras [16]. El hierro, en definitiva,

dibujó el mapa de lo que merecía la pena ser visto y de lo que, por inaccesible, quedó fuera de la mirada.

2.2. Papel: El discurso excursionista y la construcción de un canon patrimonial

2.2.1. La retórica del canon: adjetivos y jerarquías

El discurso escrito constituyó una de las herramientas fundamentales del excursionismo científico, no solo como medio de transmisión de información, sino como instrumento activo de construcción del patrimonio. Las crónicas publicadas en los boletines de la SEE y de la SCE no se limitaron a registrar y describir los lugares visitados, sino que articularon una mirada específica sobre el territorio castellanoleonés, contribuyendo a fijar un canon patrimonial y estilístico, mediado por criterios estéticos, historiográficos e ideológicos compartidos por sus autores.

Lejos de la pretendida neutralidad científica que se presupone a estas prácticas, el análisis del lenguaje empleado en las crónicas revela una carga valorativa constante, perceptible tanto en la adjetivación como en la propia estructura del relato. Los monumentos no solo eran descritos, sino calificados, comparados e insertados en jerarquías explícitas o implícitas. La recurrencia de términos como bello, hermoso, precioso o digno de estudio, frente a otros como feo, degenerado, alterado o falto de carácter, contribuyó a establecer una clara jerarquización entre aquello considerado merecedor de atención prioritaria y lo secundario.

2.2.2. El barroco como anti-canon

Dentro de este sistema de valoración, las manifestaciones artísticas de los siglos XVII y XVIII, en especial el barroco, concentraron buena parte de los juicios negativos. Este rechazo, sin embargo, no era una ocurrencia aislada de los cronistas finiseculares, hundía sus raíces en una tradición crítica que arrancaba en el siglo XVIII. En su célebre *Viage de España* (1772-1794), Antonio Ponz arremetía contra este estilo, sentando las bases para que el término se convirtiera sinónimo de extravagancia y mal gusto. Así, los excursionistas reforzaban una forma de ver el arte que llevaba más de un siglo vigente. El carácter peyorativo del término estaba tan interiorizado que se empleaba como epíteto para denostar la precariedad estética. Un ejemplo claro se observa en un mordaz intercambio ante una humilde vivienda palentina construida con adobe. Con ironía escribe Darío Velao, cuando un supuesto acompañante le pregunta por el estilo de la construcción: “está bien claro –le contesto– al arte barroco²” [15]. Con este juego de palabras, (barro/barroco), el autor no solo alude a la naturaleza material de la casa, sino que utiliza el vocablo como un insulto para enfatizar su fealdad y su pobreza constructiva.

² En este ejemplo, Darío Velao, está recurriendo a un recurso literario denominado paronimia, que utiliza por la semejanza fonética entre barro y barroco.

Este uso burlesco del concepto no fue un caso aislado. En el mismo tono, Diego Moreno se refirió a un grupo de viviendas de Baños de Cerrato como “barrocas casucas” [17], reforzando la identificación del barroco con lo pobre, lo deforme o lo carente de valor artístico.

Más allá de la ironía puntual, las crónicas recogen numerosas descalificaciones explícitas de este estilo cuyo nombre ya era originalmente despectivo³ [18]. El vizconde de Palazuelos afirmaba que ciertos retablos de La Losa “ahuyentan la vista por su exceso de barroquismo” [19], mientras que López de Ayala calificaba el retablo churrigueresco de Torrecaballeros como “sin mérito alguno” y al altar de una de las capillas a “algún seide desatento de Churriguera” [20]. En una línea similar, Eloy García de Quevedo criticaba duramente las intervenciones barrocas en el monasterio de San Salvador de Oña, reprobando la fachada del siglo XVII por su “gusto indefinible” y asegurando que las reformas jesuíticas habían “desfigurado del todo” el conjunto. Expresó asimismo su disgusto hacia el retablo mayor churrigueresco, al que consideraba culpable de convertir iglesia en un espacio “confuso [...] y sin unidad alguna” [6].

Académicos como Elías Tormo⁴, imbuidos de los prejuicios estilísticos de la época, no dudaban en descalificar aquellos estilos que consideraban inapropiados, utilizando, ya avanzado el siglo XX, la expresión “barroco horrible” [21] para referirse al retablo mayor de San Segundo en Ávila. Pero si el barroco fue uno de los principales blancos de estas críticas, no fue el único, el neoclasicismo y el modernismo también suscitaron recelos y juicios desfavorables en base a los mismos criterios.

Este proceso de jerarquización discursiva estuvo estrechamente vinculado a los grandes marcos interpretativos de la historia del arte en el cambio de siglo. La admiración casi sistemática por el románico, el gótico o el renacimiento español, frente a los estilos posteriores, impregnó buena parte de las crónicas excursionistas. De este modo, el discurso no se limitó a describir el patrimonio existente, sino que contribuyó activamente a reforzar un canon estilístico que condicionó qué monumentos merecían un análisis detenido y cuáles quedaban relegados a menciones marginales o a valoraciones sumarias.

2.2.3. Los estilos canonizados y la prueba del canon

La existencia de este canon compartido se hace especialmente visible cuando algún cronista se aparta de él. Así, al alabar una sillería barroca⁵,

³ Hasta bien entrado el siglo XX el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua definía barroco/barroca como sinónimo de irregular, extravagante o de mal gusto [18].

⁴ En la misma línea, Vicente Lampérez se refirió al monasterio nuevo de San Juan de la Peña como “marracho arquitectónico”, aunque este monumento queda fuera del territorio analizado [5].

⁵ Se refiere a la sillería de la parroquia de Santa María, procedente del convento de San Francisco, ambos en Medina de Rioseco (Valladolid)

Antonio de Nicolás se siente obligado a justificarse: son “muy bellos ejemplares del barroco, labrados con tal gusto y delicadeza, dicho sea, en desagravio de tan vituperado estilo” [9]. El hecho de que sintiera esta necesidad demuestra que el barroco era, efectivamente, un estilo impopular para el canon dominante [22].

Frente a estas valoraciones negativas, los cronistas, desplegaron un repertorio igualmente estable de juicios elogiosos asociados a determinados estilos considerados canónicos. Las calificaciones positivas se concentraron de forma recurrente en el arte medieval y adoptaron un léxico enfático que combinaba apreciaciones formales, destreza técnica y admiración estética. Así, el trascoro de la Catedral de Palencia es descrito como una “magnífica puntilla labrada en piedra” [9], y la puerta de San Miguel (también en la capital palentina) calificada de “bellísimo estilo” [9]. En la misma línea, la capilla del Infante Don Juan Manuel en el convento de San Pablo de Peñafiel es presentada como “espléndida y rica” y con “elegantes combinaciones que nunca fatigan” [13]. Este elogio del buen gusto y de la corrección estilística se expresa asimismo en la atención minuciosa al detalle escultórico. Eloy García de Quevedo califica de “esmeradísima labor” un capitel historiado de San Juan de Ortega (Burgos), y describe la capilla del santo y su sepulcro como una “primorosa obra” inserta en una “esbeltísima arquitectura” [6], subrayando la armonía entre forma, función y ejecución.

En ocasiones, la fascinación por el arte iba más allá de la simple descripción convirtiéndose en algo marcadamente subjetivo. El Conde de Polentinos, al contemplar el claustro de Santo Domingo de Silos, confesó haberse quedado absorto ante “tan soberbia obra de arte” [7]. Se detuvo para admirar con deleite los capiteles historiados, incapaz de decidir cuáles le agradaban más y llegando a perder la noción del tiempo. Este tipo de pasajes, cercanos a una vivencia casi extática de la obra, ponen de manifiesto no solo la admiración individual del cronista, sino también la interiorización de un ideal estético que legitima emocional y culturalmente el valor excepcional de determinados monumentos.

Esta capacidad para emitir juicios categóricos y establecer jerarquías estilísticas se apoyaba en una percepción claramente afirmada de autoridad científica y estética por parte de los propios cronistas. En la mayoría de los casos no se trataba de especialistas en historia del arte en sentido académico, pero sí de sujetos que se presentaban como observadores cualificados poseedores de un criterio formado a través del estudio, la comparación y la experiencia directa del monumento. El tono sentencioso de muchas valoraciones, la ausencia de matices dubitativos y la naturalidad con la que se sancionan estilos enteros como dignos o indignos de aprecio evidencian una posición discursiva que se asume legitimada para juzgar el patrimonio.

Esta autoridad no era homogénea ni incuestionable. Figuras como Elías Tormo, Vicente Lampérez o Gómez Moreno aportaban un respaldo académico efectivo a este tipo de juicios, pero incluso en el caso de cronistas sin esa formación especializada, el discurso excursionista construyó una autoridad basada

en la observación directa, el conocimiento histórico general y la adhesión a los marcos interpretativos dominantes. Así, la legitimidad del juicio no solía proceder tanto del currículum del autor, como de su integración en una comunidad intelectual que compartía criterios, valores y referentes historiográficos⁶.

A pesar de la carga valorativa que subyace en las crónicas, estas se presentan bajo una apariencia de neutralidad científica. La descripción detallada, el recurso al dato histórico, la enumeración de elementos formales o la inclusión de referencias eruditas contribuyen a crear la impresión de un relato objetivo y desinteresado. Sin embargo, esta naturalidad es en gran medida una construcción retórica que enmascara un sistema de valores previo y ampliamente compartido. El carácter aparentemente descriptivo del discurso no excluye la interpretación, sino que la naturaliza. Las elecciones, los silencios, la desigual extensión dedicada a unos monumentos frente a otros y el léxico empleado convierten la crónica en un instrumento eficaz de legitimación patrimonial. Al presentarse como observadores imparciales, los cronistas refuerzan la autoridad de sus juicios y dotan de apariencia científica a un canon estilístico que, lejos de ser neutral, responde a opciones historiográficas, estéticas e ideológicas concretas.

Así, el papel se revela como un instrumento decisivo en la producción excursionista, no solo por lo que dice, sino por la autoridad desde la cual se dice. No obstante, la construcción de ese imaginario patrimonial no puede entenderse al margen de las condiciones materiales y prácticas en las que se desarrollaba la excursión.

2.3. Plata: Fotografía como fijación de un canon visual

Si el hierro dibujó una geografía de lo accesible y papel construyó un canon estilístico a través del discurso, la plata –la fotografía– actuó como el instrumento que fijó esa mirada en un formato reproducible y duradero. No se trataba solo de ilustrar las crónicas: la cámara se convirtió en una herramienta de legitimación patrimonial. Aquello que merecía ser fotografiado y publicado en los boletines pasaba a formar parte del imaginario culto del territorio visitable. Y al hacerlo, revelaba una agenda visual en consonancia con el discurso escrito.

2.3.1. La fotografía como prueba y documento

Las sociedades excursionistas fueron plenamente conscientes del valor probatorio de la imagen. En la excursión a Castilla la Vieja de 1898, dos de los expedicionarios volvieron con “gran número de vistas fotográficas, principalmente de objetos y detalles inéditos” [23]. El adjetivo “inéditos” resulta significativo: fotografiar algo y divulgarlo a través de los boletines equivalía, en la práctica, a descubrirlo y consagrarlo. La cámara no solo registraba, otorgaba estatuto patrimonial.

⁶ El grupo era, sin embargo, heterogéneo, y esta afirmación, válida como tendencia general, requerirá un análisis prosopográfico más detallado que se abordará en la tesis doctoral.

Este uso consciente de la fotografía alcanza uno de sus puntos más explícitos en la conferencia de Eloy García de Quevedo sobre las *Excursiones por la provincia de Burgos*, ilustrada con proyecciones fotográficas que él mismo calificó como “todo lo que ha tenido de bueno” la sesión, [6]. En Sotosalbos (Segovia), el presidente de la SEE, Enrique Serrano Fatigati, encargó a dos “maestros en el arte fotográfico” que tomaran imágenes de “todas las partes del edificio dignas de estudio delicado” con el fin de analizarlas después con calma [24]. La cámara actuaba así como una extensión diferida de la mirada: permitía volver una y otra vez sobre el detalle sin necesidad de desplazarse.

Esta práctica se reforzó mediante la estrecha relación, en el caso de la SEE, con la firma Hauser y Menet [25], casa que no solo imprimió el boletín hasta su desaparición, sino que nutrieron sus páginas con imágenes de archivo de la obra *España Ilustrada*. Al recurrir a esta colección, referente del imaginario arquitectónico nacional, la sociedad obtuvo calidad técnica, y alineó su mirada con la ortodoxia estética e historiográfica de la época.

El análisis de qué y cómo se fotografiaba revela, además, un canon visual coherente con el establecido por el discurso escrito. Así, la fotografía privilegió sistemáticamente la arquitectura románica, gótica y renacentista frente al barroco, casi ausente en las imágenes de los boletines. Dentro de estos estilos, la atención se concentró especialmente en pórticos e imafrontes, relieves de claustros y capiteles historiados. El encuadre [26] no era neutral: el detalle del capitel románico no corresponde a la mirada de un viajero curioso, sino a la de un experto que busca en la piedra los signos de un estilo auténtico. La fotografía cerraba así el círculo: el discurso jerarquizaba, el ferrocarril hacía accesible, y la cámara fijaba para siempre aquello que merecía ser recordado.

2.3.2. El fotógrafo aficionado: entre el entusiasmo y la precariedad

Sin embargo, obtener esas imágenes no era tarea sencilla ni barata. Manuel Gómez Moreno, al comenzar su trabajo del *Catálogo Monumental de Ávila*, recordaba el enorme esfuerzo que le supuso hacerse con una Cámara fotográfica: era un “grave asunto, pues era cara” [27]. Aquella inversión fue el preludio de las dificultades cotidianas en sus viajes por la provincia abulense.

Los cronistas que empuñaban la Cámara se enfrentaban a los habituales problemas [28] de luz, espacio, estabilidad y paciencia, propia y ajena. En la excursión a Aguilar de Campoo de 1893, tuvieron que improvisar un andamio con escaleras y cordeles prestados por los vecinos para fotografiar la lápida hebrea de la Puerta de Reinosa, sin embargo, “La escasa luz” y la “inestabilidad del improvisado andamio” provocaron que, al revelar la placa, la imagen no saliera bien [29]. La crónica no oculta el fracaso técnico, lo presenta como parte de la experiencia excursionista.

En otros casos, las dificultades rozaban lo pintoresco. En la basílica de San Juan de Baños, un cronista de la SCE se metió “debajo de la cama” [6] de una casa cercana para lograr la oscuridad necesaria y poder hacer varias foto-

grafías. En la misma excursión, Agapito y Revilla fotografió la cruz parroquial sostenida por el cronista, un esfuerzo que casi le deja “paralítico” debido al peso de la pieza. La anécdota revela que la fotografía no era una operación sencilla: requería posar, sujetar, esperar. En otras ocasiones eran la ausencia de luz o la poca distancia “que hay para los aparatos de que disponemos” [15] lo que impedía sacar la foto.

Los propios cronistas eran conscientes de la incertidumbre del revelado. En Villasirga, uno de ellos confesó: “se publicarán (si salen bien, cosa ¡hay! de que todo aficionado debe desconfiar)”. La fotografía de campo era, en suma, una aventura llena de contratiempos, pero el esfuerzo merecía la pena porque permitía fijar visualmente lo observado [28].

2.3.3. *La fotografía como rito social: el grupo y el monumento*

Pero la Cámara no solo miraba al pasado sino también al presente. Los viajeros ocasionalmente se fotografiaban a sí mismos “fig. 2”, convirtiendo la toma colectiva en un rito de pertenencia. En la excursión a Palencia de 1903, el joven periodista Diego Moreno Peral hizo “una fotografía del grupo excursionista”, y el cronista bromea: “¡Dios quiera que me haya sacado el artista más guapo de lo que soy!” [5]. En Medina de Rioseco, el fotógrafo aficionado Terencio Rodríguez “nos reprodujo en grupo a la puerta del parador” y luego, por la tarde, “los no desertores fueron nuevamente reproducidos en grupo a la puerta de Santa María” [15].

En ocasiones el fotógrafo era un espontáneo. En el Alcázar de Segovia, “el cabo que sirve de cicerone nos hizo a todos los presentes una fotografía” [32]. En otros casos, la fotografía trascendió al propio grupo para retratar a los habitantes del lugar. En Quintanilla de Abajo, algunos excursionistas hicieron “instantáneas de grupos de jóvenes [...] subiéndose a los carros que había en la plaza” y retrataron a un anciano octogenario “que nunca se había puesto ante la máquina fotográfica” [19]. La cámara no solo canonizaba monumentos, sino que registraba, también, a las gentes del territorio que esos mismos excursionistas contribuían a visibilizar.



Figura 2. Izda.: Fotografía de grupo de la SEE [30]. Dcha.: Fotografía de grupo de la SCE en Cabezón de Pisuerba [31]

Con la plata, el círculo se cierra. El discurso escrito estableció una jerarquía de estilos y monumentos; el ferrocarril hizo accesibles ciertos nudos patrimoniales; la fotografía fijó para siempre esa mirada en un formato reproducible. El canon dejó de ser solo un conjunto de adjetivos o itinerarios para convertirse en imagen: visible, repetible y duradera [28] [33]. Y detrás de esa imagen, siempre hubo un aficionado con su cámara de placas, andamios improvisados, cintas de magnesio y alguna que otra caída. La fotografía mostraba el resultado, pero ocultaba el proceso.

3. CONCLUSIONES

El análisis del excursionismo científico a través de la tríada papel, hierro y plata, permite comprender esta práctica como un fenómeno complejo en el que discurso, infraestructura e imagen actuaron de manera conjunta en la construcción del imaginario patrimonial. Lejos de ser instrumentos neutrales operaron como herramientas activas que condicionaron qué se visitaba, cómo se describía y de que modo se fijaba aquello considerado digno de ser recordado y estudiado.

El papel, en forma de crónicas, informes de actividad y textos de carácter científico-divulgativo, cimentó un imaginario donde la Edad Media prevalecía como el referente identitario. Mediante un lenguaje de aparente objetividad, los excursionistas jerarquizaron y legitimaron estilos específicos invisibilizando otras opciones. El discurso escrito, por lo tanto, construyó el andamio intelectual sobre el que se levantó el resto de la mirada excursionista.

Este proceso discursivo no puede entenderse al margen de las condiciones materiales en las que se desarrolló la práctica excursionista. El ferrocarril estructuró una geografía desigual de lo visitable: la proximidad a las estaciones y la rigidez de los horarios condicionaron la frecuencia y la relevancia de los destinos. El hierro introdujo una jerarquía espacial que favoreció ciertos enclaves, relegando otros a la periferia.

Finalmente, la fotografía otorgó a este proceso una dimensión visual reproducible. Al fijar lo que el discurso había jerarquizado y la infraestructura había hecho accesible, la cámara contribuyó a consolidar el canon. La selección de motivos y encuadres reforzó una mirada experta que privilegió determinados monumentos. La fotografía, además de prolongar la experiencia del viaje, se convirtió en una herramienta clave para el estudio, la enseñanza y la transmisión del conocimiento patrimonial.

Este canon forjado entre finales del siglo XIX y principios del XX, ha dejado huellas profundas en el imaginario de Castilla y León, algunas de las cuales perduran hasta hoy en las rutas turísticas y en la valoración social de ciertos monumentos frente a otros.

4. REFERENCIAS

- [1] Martí-Henneberg, J. (1996). El excursionismo: entre la ciencia y la estética. *Mundo Científico*, 173, pp. 962-969. <https://www.ub.edu/geocrit/sv-23.htm>
- [2] Esther, S. G. R. (2023). Los templos del saber. Civilidad y relaciones sociales en los espacios culturales de la España del siglo XIX. <https://docta.ucm.es/entities/publication/f51153f3-6f9b-4742-9aa5-02450051d0fe>
- [3] Sociedad Española de Excursiones. (1893). Reglamento de la Sociedad Española de Excursiones. *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 1, pp. 1-4.
- [4] Sociedad Castellana de Excursiones. (1903). Reglamento de la Sociedad Castellana de Excursiones. *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones*, 1, pp. 1-4.
- [5] Lampérez y Romea, V. (1899). Notas de una excursión. San Juan de Baños, Burgos, Pamplona, Tarazona, Veruela, Tudela, Tarragona, Poblet, Lérida, Huesca, Jaca, Santa Cruz de la Serós y San Juan de la Peña. *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 7, pp. 178-193
- [6] García de Quevedo, E. (1899). Excursiones por la provincia de Burgos. *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 7, pp. 73-79, 97-99, 121-128, 201-210
- [7] Conde de Polentinos (1905). Excursión a Covarrubias, Silos y Arlanza. *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 13, pp. 214-222
- [8] Sentenach, N. (1911). Excursiones a Termes. *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 19, pp. 176-190, 225-232
- [9] De Nicolás, A. (1904). Crónica de la excursión a Medina de Rioseco. *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones*, 2, pp. 257-269
- [10] Agapito y Revilla, J. (1904). La Sociedad castellana de excursiones en Medina del Campo en el IV centenario de la muerte de Isabel la Católica. *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones*, 2, pp. 511-513
- [11] Infante, C. (1904). Excursión a Quintanilla de Abajo, Olivares del Duero y convento de San Bernardo. *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones*, 2, pp. 309-314
- [12] La sociedad de Excursiones en acción, (1900). Viaje a Soria, Almazán y Huerta. *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 2, pp. 119-120
- [13] Huerta, R. (1903). La segunda excursión. A Peñafiel. *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones*, 1, pp. 37-39
- [14] De Ciria, J. (1902). De Benavente a Tordesillas. *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 10, pp. 222-228
- [15] Velao, D. (1903). La primera excursión, crónica. *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones*, 1, pp. 7-11

- [16] Lampérez y Romea, V. (1920). Santa María del Campo, Castrojeriz, Olmillos, Villamorón. *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 28, pp. 65-71
- [17] Moreno Peral, D. (1903). Excursión a Dueñas y Baños de Cerrato. *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones*, 1, pp. 153-156
- [18] Querol Gavaldá, M. (2002). Origen y significado de la palabra barroco. *Musiker: cuadernos de música*, n. 13, pp. 67-81
- [19] Vizconde Palazuelos, (1895). Por Tierra de Segovia. Excursión a la Losa, Navas de Riofrío y Revenga. *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 3, pp. 45-53
- [20] López de Ayala, J. (1916), Faldeando la sierra. Una excursión por tierras de Segovia. *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 24, pp. 65-73, 145-151, 194-201
- [21] Tormo y Monzó, E. (1917). Cartillas excursionistas “Tormo”. *Boletín de la sociedad Española de Excursiones*, 25, pp. 201-224
- [22] García Melero J. E., 1988, La visión del Románico en la historiografía española del neoclasicismo romántico. *Espacio, tiempo y forma, Serie VII, historia del arte*, 1, pp. 139-186
- [23] La sociedad de excursiones en acción, (1898). Excursión a Castilla la Vieja. *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 6, pp. 54-56
- [24] Escolar, V., (1900). Excursión a Sotosalbos. *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 8, pp. 170-172
- [25] Morán García, M. P. (2021). España ilustrada: Hauser y Menet y la imagen arquitectónica de España (1890-1900). *IV Jornadas sobre investigación en Historia de la Fotografía*, pp. 201-209
- [26] Freund, G. (1974). La fotografía, medio de reproducción de la obra de arte. *La fotografía como documento social*, pp. 87-94
- [27] Gómez-Moreno, M. (1983). Catálogo Monumental de la provincia de Ávila, pp. 16-38
- [28] González Reyero, S. (2003). Fijar un estereotipo: la fotografía y la nueva visión de la cultura ibérica (1898-1936). *Segundas jornadas Imagen, Cultura y Tecnología*, pp. 265-288
- [29] Rodríguez Calvo, E. (1893). Apuntes tomados en una excursión a Aguilar de Campoo. *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 1, pp. 109-114
- [30] Recuerdo del almuerzo campestre de 1.º de marzo, 1897. (1897). *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*, 5.
- [31] Álvarez de la Braña, R. (1903). Crónica de la excursión a Cabezón, Palazuelos y Aguilarejo. *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones*, 1, pp. 285-297

- [32] Garnelo, J. (1903). Excursión a Segovia y Santa María de Nieva. *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones*, 1, pp. 250-256
- [33] Sanchidrián Gallego, J. M. J. (2003). Los cuatro postes de Ávila: 100 años de fotografía e imagen (1860-1960). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=716839>

LA IDENTIDAD A TRAVÉS DEL ESPACIO FÍLMICO EN LA FILMOGRAFÍA DE ISABEL COIXET

JUAN CACHARRÓN PALHARES
Universidad de Burgos

Resumen

Esta investigación se enmarca en el estudio de la identidad representada en el espacio fílmico, concretamente en la filmografía de Isabel Coixet. Este enfoque se ejemplifica aquí mediante la película seleccionada como muestra: *La Librería* (2017). El objetivo es determinar cómo la identidad se expresa mediante los elementos de la puesta en escena, aplicando una metodología que construye una sintaxis jerárquica entre los objetos que pueblan el espacio diegético. Un análisis preliminar confirma una relación entre los elementos del decorado y la identidad del personaje que lo habita, pero se pretende especificar qué arquetipos de identidad surgen al aplicar el método a la filmografía de la autora y cómo estos interactúan entre sí. Se intersecciona aquí el análisis semiótico partiendo de Julia Kristeva y Umberto Eco con el estudio del espacio de Gaston Bachelard y aproximaciones al concepto de identidad propuestos por Richard Jenkins.

Palabras clave

espacio fílmico, identidad, Isabel Coixet, *La Librería*

1. INTRODUCCIÓN

Esta comunicación tiene como primer objetivo proponer una metodología de estudio del espacio filmado con el fin de extraer la identidad de los personajes que habitan dicho espacio. Para esto, se parte de un planteamiento estructuralista metodológico con el que comprender los elementos del espacio enmarcado como unidades que se relacionan entre sí en una estructura más amplia. En el ejercicio de esta tesis se comprende el espacio diegético desde una perspectiva topográfica, y va más allá de la información enmarcada en el plano que llega al espectador (Gaudreault y Jost, 1995). Pero también se debe considerar que la percepción espacial no llega al espectador exclusivamente mediante la imagen. Por tanto, el estudio del *soundscape* (paisaje sonoro) definido por Michael Southworth (1969) en *The Sonic Environment of Cities* complementa el análisis de la identidad presente en un espacio al poner el foco de atención sobre el sonido que acompaña el espacio diegético. Mediante el concepto *chorema* (Eco, 2011) el espacio arquitectónico se comprende como

un lenguaje de doble articulación con el que formular conjugaciones de significados complejos y extraer significados implícitos (p. 358). Esto se aplica a la investigación en tanto que el significado implícito en el que se enfoca la tesis es la identidad adherida a los elementos del espacio. El otro objetivo que se presenta es el de, a través de la metodología propuesta, determinar los arquetipos de identidad que están presentes en la filmografía de Isabel Coixet.

A efectos de esta comunicación, se presenta como muestra apenas una de las obras de Isabel Coixet que componen la muestra total de la tesis doctoral, con el fin de ejemplificar el método de análisis aplicado a la filmografía de la cineasta. La película escogida es *La Librería* (2017) y se analiza en profundidad la identidad de cada personaje a través de los espacios que habitan. Se trata de un largometraje que adapta la obra homónima de Penelope Fitzgerald publicada en 1978. Dentro de la filmografía de Isabel Coixet, *La Librería* es especialmente susceptible a un análisis en profundidad de sus espacios ya que estos catalizan la identidad de los personajes con gran nitidez, al ser los propios espacios vitales para la trama. Si bien hay un abanico de personajes con sus respectivas casas, la trinidad esencial toma la forma de una cuerda en tensión entre Holt House, la casa de Edmund Brundish (Bill Nighy), y la casa de Violet Gamart (Patricia Clarkson) en el otro extremo de esta cuerda. Entre estos dos espacios, un tercero en discordia genera la tensión que da lugar al conflicto: Old House, adquirida y reconvertida en una librería por Florence Green (Emily Mortimer), la protagonista. Orbitan alrededor de esta tríada dos espacios secundarios: la cabaña de Milo North (James Lance), un personaje “libero” cuya afiliación oscila durante la película y la casa de la Sra. Gipping (Lucy Tillett), la madre de Christine (Honor Kneafsey), que interpreta a la ayudante de Florence en la librería. Sin embargo, a efectos de esta comunicación, el enfoque se mantiene sobre los tres espacios principales.

En la base de este planteamiento del espacio significado, *La poética del espacio* (2000) de Bachelard expone como la tendencia humana al «comportamiento proyectivo» (p. 34) se corresponde con una necesidad de manifestar lo íntimo. Ergo, la premisa de la identidad proyectada en el espacio habitado puede encontrarse con mayor o menor efectividad, dependiendo de la muestra analizada. En un marco conceptual, esta investigación toma como nomenclatura la tríada propuesta por el crítico y cineasta Eric Rohmer (1977) que distingue *picture space* (espacio de imagen), el espacio encuadrado y compuesto, de *architectural space* (espacio arquitectónico), es decir, el espacio que ha sido localizado o construido para ser filmado y el *filmic space* (espacio fílmico), o el espacio que el espectador debe reconstruir a partir de las escenas.

Siendo la obra de John Berger uno de los pilares de Isabel Coixet, y habiendo sido el propio Berger el que le sugirió a la directora adaptar el libro de Fitzgerald (Preide, 2018), es especialmente importante detenerse en la frase que abre la película. «Cuando leemos una historia, la habitamos. Las cubiertas del libro son como un techo y cuatro paredes. Una casa». Coixet da comienzo

a la película con esta frase extraída de la obra de John Berger *Keeping a rendezvous* (p. 23, 1992). La asociación libro-casa que propuso Berger se evidencia en la aproximación que Coixet tomó a la obra de Fitzgerald.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Por separado, la bibliografía de estudios de identidad en el cine y la de análisis semiótico cinematográfico son prolíficas. Sin embargo, la intersección de ambas líneas de investigación es un terreno menos explorado. Concretamente, en la tesis *The Anthropomorphization of Houses in Film* (2013) de Kelli M. Johnson se aproxima un análisis del potencial simbólico de la decoración y de la asociación entre los elementos del espacio y la personalidad de quien habita el lugar. Utiliza el concepto de *costuming* (“vestir el espacio”) para referirse a esos elementos decorativos que portan un significado (p. 40).

En lo referente al análisis sistematizado de espacios en cine desde una perspectiva semiótica, cabe mencionar la reciente propuesta de Tseng, van Leeuwen y Djonov para la creación de un sistema con el que describir espacios representados en el cine mediante una red que vincule los espacios más allá de los cortes de montaje (2025, pp. 429-432), pero que no se detiene a explorar más allá del propio lenguaje espacial que se construye con la consecución de planos.

Si se atiende al análisis del espacio en el contexto de la película *La Librería* (2017) en *A ambos lados del Atlántico: películas españolas y brasileñas premiadas* (2020) Carmen Sáez Conzález expone en su capítulo *La Librería de Isabel Coixet: el uso de los objetos de lectura como elementos identificadores del relato cinematográfico* la relevancia de los libros como elementos que hablan de los que habitan los espacios tanto por su ausencia como por su presencia o su abundancia (p. 99). También dentro del análisis del cine de Isabel Coixet destaca en esta investigación el trabajo de Katarzyna Paszkiewicz en su capítulo *Touch as Proximate Distance: Post-Phenomenological Ethics in the Cinema of Isabel Coixet* (2020) donde hace especial énfasis sobre la importancia de las texturas en la filmografía de la cineasta. Se apoya en el eje ética-estética que McMahon plantea para replantear la forma de comprender la textura como elemento cinematográfico sinestésico mediante el tacto (2012, p. 15).

En el caso del cine de Isabel Coixet, con mujeres protagonizando las tramas en su filmografía, el concepto de identidad, poliédrico por definición, se encuentra integrado en la pregunta primordial de toda la teoría feminista: ¿qué es una mujer? Se puede partir desgranando la pregunta, partiendo de las tres sobredeterminaciones (Martínez, 1992): (1) ¿quién define al sujeto-mujer? Históricamente, definida en oposición al hombre o como un complemento de este. Este planteamiento ya ha sido abordado por Coixet en otros proyectos como su documental *La mujer, cosa de hombres* (2009); (2) como sujeto ¿sur-

ge la mujer como una ficción cultural o representa experiencias concretas? Si se trata de una mujer nominada en un contexto de ficción se intersecciona en ella una serie de contextos socioculturales que componen su identidad, mientras que si se trata de una mujer real su identidad se encuadra en el contexto histórico de la persona; y (3) ¿cuál es el motivo por el cual se pretende definir a la mujer? (pp. 69-70).

Respecto a la presencia hipotetizada de una identidad en un espacio diegético, se debe abordar el concepto de identidad dentro de un marco operativo y, por tanto, tiene que ir necesariamente en consonancia con la muestra. Esto se debe a que el propio concepto de identidad es isomórfico y la frontera de una concepción identitaria está intrínsecamente vinculada a otra. El concepto es demasiado ambiguo y se dilata entre connotaciones esencialistas y calificativos constructivistas (Brubaker y Cooper, p. 2). Debido a la amplitud de lo que se considera una característica identitaria, dependiendo del contexto narrativo de la muestra, se deben tener en cuenta unos aspectos identitarios y subordinar o desestimar completamente otros.

3. METODOLOGÍA

Julia Kristeva advierte que generar un signo redimensiona lo oculto y lo transmite mediante la intención propuesta, y así, adquiere un sentido (2001, p. 100). Partiendo de la necesidad de estructurar la investigación mediante un sistema de análisis, con el que extraer la identidad representada en el espacio, los signos están necesariamente en los elementos del espacio. Con la intención de procurar una coherencia en la categorización de las variables, en Carmona [1991 (2006)] se recoge la base metodológica en sus etapas del comentario textual: segmentación, estratificación y recomposición (pp. 72-79). Este es el punto de partida con el que (1) identificar todos los elementos del decorado que están representando un aspecto identitario (segmentación); (2) jerarquizar los elementos en sus correspondientes espacios atendiendo al tipo de identidad que representan (estratificación); y (3) analizar el mapa generado en la muestra para alcanzar conclusiones respecto a los objetivos (recomposición). Además de prestar atención a la imagen connotada, este modelo de análisis presta especial atención al proceso comunicativo de denotación tal y como lo plantea Kristeva. La autora concibe una semiótica de denotación en el cine estudiando factores técnicos (1988, p. 287) como es, en este caso, la puesta en escena.

El semiólogo y teórico Tadeusz Kowzan, que ejerció una mayor labor en el análisis semiótico del teatro que del cinematográfico, propuso una base de trece signos delimitados que, en su tradición estructuralista, pretende determinar un punto de partida. De los trece signos, aquí se enfoca la investigación en los cinco últimos, que toman como objeto de análisis semiótico el espacio y la interacción con el mismo. A saber: el punto 10, que se corresponde con la *Decoración* (lo que aquí se asocia al chorema de Eco) y que a efectos prácticos se refiere a la puesta en escena de un espacio; el punto 9 (*Accesorio* o el

stoichea a efectos de este análisis) que se refiere al atrezzo y elementos del encuadre con los que un personaje interactúa de forma activa o pasiva; el punto 11 que atañe a la *Iluminación* e impregna el espacio; el punto 12 (*Música*) y el 13 (*Sonido*) que serán analizados mediante el *soundscape*.

Tabla 1. elaboración propia a partir de la tabla del capítulo “Introducción a la semiología del arte del espectáculo” de Kowzan, T. en T. W. Adorno (Ed.). *El Teatro y su Crisis Actual* [1969 (1989)]

1	Palabra	Texto pronunciado	Actor	Signos auditivos	Tiempo	Signos auditivos (actor)			
2	Tono			Signos visuales	Tiempo y espacio	Signos visuales (actor)			
3	Mímica	Expresión corporal							
4	Gesto	Espacio							
5	Movimiento								
6	Maquillaje	Apariencia exterior del actor			Tiempo y espacio	Signos visuales (fuera del actor)			
7	Peinado								
8	Traje				Tiempo y espacio	Signos visuales (fuera del actor)			
9	Accesorio	Aspecto del espacio escénico	Signos auditivos						
10	Decoración								
11	Iluminación								
12	Música	Efectos sonoros no articulados			Tiempo	Signos auditivos (fuera del actor)			
13	Sonido								

En el desarrollo de esta metodología el punto 10 *Decoración* es el nexo alrededor del cual orbitan los demás y, por consiguiente, será el centro de la formulación metodológica.

3.1. Propuesta metodológica para analizar la identidad en el espacio fílmico

3.1.1. El espacio fílmico como un lenguaje

La separación entre lo que queda enmarcado en la imagen y lo que queda fuera define en primera instancia la atención del espectador y construye ese “mundo significante” (Stoichita, 2000, p. 41) del que se extrae la identidad enmarcada en el espacio. Los elementos decorativos presentes son relacionados en esta investigación con el concepto *stoichea* (elemento de geometría básica) de Euclides que Umberto Eco aplica en el análisis de las formas más simples presentes en un chorema en *La estructura ausente* (2011). De esta forma, el reconocimiento y segmentación de stoicheas en el espacio diegético se relaciona con los choremas (unidad espacial) en un contexto semántico jerárquico

(Eco, p. 358). En el espacio, la puesta en escena queda por tanto abarcada en la metodología. Sin embargo, el cine se ve traspasado por una dimensión más que no afecta a la fotografía: el tiempo. Es necesario considerar también la puesta en serie o, lo que es lo mismo, la distribución de los elementos del espacio durante la duración del metraje. La propuesta metodológica de Paula Grueso Pascual (2020) recomienda el uso de tablas para el ejercicio de análisis de signos relacionados con la puesta en escena y la puesta en serie. Aplicando esto a los conceptos presentados, la siguiente tabla explica el método con el que se analiza la muestra:

Lugar (L). [espacio habitado en la película]: Chorema 1 (C). [espacio diegético dentro de un L]. - Stoichea 1 (S). [elemento del decorado (x) en el chorema durante t (metraje)]. Componentes del soundscape (s) [si procede]. La estructura general del espacio fílmico es: $L = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ $C_i = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ A esto se añade el desglose de cada stoichea: $S = (x, t, s)$ Donde: x = objeto t = minutaje s = soundscape asociado Por tanto, la fórmula que expresa el espacio fílmico de forma jerárquica es: $L \supset C \supset S$

Desglosando la jerarquía propuesta, en la totalidad de una obra cinematográfica podemos encontrar una serie de lugares (L) de los que se puede determinar una intención de transmitir la identidad de un personaje a través de ese espacio. Estos lugares contienen uno o más espacios (C) y estos, a su vez, están decorados con una cantidad mayor o menor de elementos decorativos (S) que operan como algo más que una decisión estética. Su finalidad es proponerle al espectador una perspectiva a través de la cual este construye un perfil del personaje. El stoichea (o elemento significativo espacial mínimo) se presenta cuando a nivel “subatómico” se determina que hay un objeto (x) colocado en el decorado para transmitir una característica identitaria y está presente durante una porción del metraje (t) y que se transmite al espectador acompañado por un elemento sonoro (s).

Cabe remarcar que el *soundscape* está presente incluso cuando hay silencio en la escena. Del mismo modo que la ausencia de elementos decorativos en un decorado es también un indicador identitario del personaje. Michel Chion (1994) enfatiza la importancia del silencio y es por esto por lo que incluso si durante el análisis (s) no aporta un sonido evidente que refleje una identidad, el silencio es igualmente susceptible de recibir el mismo análisis. No toda expresión de identidad mediante el sonido es una carta de presenta-

ción como el leitmotiv del tiburón en *Jaws* (1975) o el de Jason Voorhees en *Friday the 13th* (1980).

3.1.2. *La identidad adscrita al espacio*

Si bien el objetivo de la explicación semiótica tendría que ser la aproximación a un ejercicio de repetición y sistematización (Kristeva, 2001, p. 75), se debe considerar la naturaleza fractal de la identidad como concepto. Esto, convierte el estudio de la identidad representada en un ejercicio exponencialmente más complejo con cada intento o pretensión de englobar todas las posibles características intrínsecas de un personaje. Por lo tanto, siguiendo la premisa de Jenkins (2008), se recomienda atender a los intereses del personaje como una característica inseparable de su propia identidad (p. 8). Esto, a su vez, dialoga con la separación propuesta por Henri Tajfel (1970) entre *ingroup* (endogrupo) y *outgroup* (exogrupo). La separación de los personajes por sus intereses suele asociarse directamente con los personajes protagonistas y secundarios con los personajes antagonistas y afiliados a estos, de manera que los primeros pretenden lograr un objetivo mientras que los segundos están interesados en obstaculizar el camino de los protagonistas. Entonces, también cabe considerar otro concepto clave en la identidad de un personaje que recibe la atención de la cámara y el tiempo en el metraje: el poder. La definición de Max Weber [1919 (1946)], como punto de partida, se centra en que un hombre (o varios) realizan una acción por propia voluntad, incluso en contra de la resistencia de otros que participan en la acción. El problema con la definición de Weber es que, de entrada, excluye la posibilidad de una mujer (o grupo de mujeres) como sujeto en posición de poder. Sutton y Giddens (2017) apuntan que tal definición es unidimensional y carece de una consideración clave sobre el poder: la fluidez. El hecho de que el poder fluya es un producto de las constantes relaciones sociales (p. 222).

4. RESULTADOS

A efectos de esta comunicación, la muestra seleccionada como ejemplo sobre el que aplicar este método y extraer características identitarias es la película *La Librería* (2017) de Isabel Coixet. Atendiendo a los tres espacios principales previamente introducidos, se procede a aplicar el método. Siendo una obra especialmente atravesada por el arte literario (o el arte en general directamente), el interés por el arte es una de las características identitarias que se busca localizar en los espacios.

4.1. L_1 : Holt House (casa de Edmund Brundish)

L_1 = Holt House [en *La Librería* (2017)]

C_1 = Fachada delantera

S_1 = Hiedras secas [$t = 00:05:29$]

C_2 = Salón de lectura

S_1 = Chimenea decorada [$t = 00:05:46$]

S_2 = Libros apilados [$t = 00:05:56$]

S_3 = Biombo japonés envejecido [$t = 00:05:56$]

Soundscape (s): acompañamiento musical extradiegético.

C_3 = Comedor

S_1 = Escudo heráldico [$t = 00:28:45$]

S_2 = Libros apilados [$t = 00:28:45$]

S_3 = Cuadros [$t = 00:28:45$]

Soundscape (s): silencio.

C_4 = Escaleras

S_1 = Marco sin espejo [$t = 00:48:37$]

S_2 = Libros apilados [$t = 00:48:37$]

S_3 = Escudo heráldico [$t = 00:48:37$]

Soundscape (s): silencio.

En este caso, la identidad del personaje se transmite por su interés en la literatura. Los libros (C_2S_2 ; C_3S_2) son una constante en los distintos choremas sin un detenimiento explícito en uno por encima de otro, por lo que la atención permanece en la cantidad por encima de la individualidad. La fachada abandonada de la mansión no solo está recubierta por vegetación sino que además tiene el añadido de tratarse de hiedras desatendidas (C_1S_1). Esto, coincide con la presentación del personaje realizada a nivel textual cuando se expone que se ha recluso en su casa y vive en soledad sin mayor interés por el mundo exterior. El estado de la fachada, especialmente en un contexto social de la Inglaterra de posguerra, refleja al personaje en luto que se ve durante la película. La presencia de un biombo japonés (C_2S_3) visiblemente envejecido construye una asociación entre el personaje y el Japón derrotado de la Segunda Guerra Mundial. Pero uno de los detalles más recurrentes a parte de la constante presencia de libros es el escudo heráldico (o motivos señoriales) que se ven en la decoración de la chimenea o en los marcos de las puertas (C_2S_1 ; C_3S_1), justamente enmarcando a Edmund Brundish. Se trata entonces de un personaje cuyo apellido porta un contexto de nobleza aunque no la ejerza socialmente.

Destaca la ausencia de espejos incluso donde cabría encontrar uno. Durante la visita de Florence a Holt House, Edmund Brundish espera al final de las escaleras y la librera queda delante del único espejo de la casa pero en

lugar del espejo apenas está el marco (C_4S_1). Esto contrasta con la casa de los Gamart.

4.2. L_2 : Old House (librería-casa de Florence Green)

L_2 = Old House [en *La Librería* (2017)]

C_1 = Fachada

S_1 = Hiedras [$t = 00:06:38$] / [$t = 00:26:16$]

S_2 = Pintura verde [$t = 00:36:29$]

Soundscape (s): acompañamiento musical extradiegético.

C_2 = Librería

S_1 = Humedades [$t = 00:06:41$]

Soundscape (s): silencio.

C_3 = Sala de estar

S_1 = Papel de pared de motivos florales [$t = 00:40:14$]

S_2 = Bandeja china [$t = 00:41:25$]

Soundscape (s): silencio.

C_4 = Habitación

S_1 = Papel de pared de motivos florales [$t = 00:43:21$]

Soundscape (s): acompañamiento musical extradiegético.

Este es el espacio en tensión entre los otros dos. Sin embargo, esta tensión no se refleja en el espacio tanto como la casa de los Gamart y Holt House reflejan claras oposiciones. En cambio, este espacio no es automáticamente un espacio de identidad sino un proceso de identificación. Florence llega a Old House y en sus humedades (C_2S_1) se evidencia la identidad de Hardborough como pueblo. Un lugar que, a pesar de estar ubicado en el centro del pueblo, quedó a merced de los elementos y la naturaleza lo reclamó. Tal y como advierte Florence al banquero, llegó a encontrar pájaros viviendo dentro y las humedades son lo más preocupante de la restauración. En esta fachada, comparada con la de Holt House, las hiedras de la escalera sí están visiblemente más cuidadas (C_1S_1).

Destaca la mano de pintura (C_1S_2) sobre la librería restaurada que adquiere un color verde más vivo, en cuanto la protagonista, Florence “Green” (Verde) toma posesión del lugar. A esto se suma el papel de pared (C_3S_1 ; C_4S_1) presente en la sala de estar y en la habitación (los espacios no dedicados al negocio). Este es el segundo elemento que identifica a la protagonista por su nombre, Florence, nombre de origen latín que significa “floreciente”.

Un elemento que de primeras puede parecer discordante es la bandeja china (C_3S_2) que cobra relevancia durante la película al formar parte de los diálogos entre Christine y Florence. Si bien esta bandeja no tiene más elementos similares en Old House con los que formar una sintaxis, sí que se vincula

con el biombo japonés ($L_1C_2S_3$) de Holt House, estableciendo un hilo que une ambos personajes y, sobre todo, aísla al tercero: Violet Gamart. Esta sería la única de la trinidad de personajes en cuya casa no hay un elemento de la cultura oriental. Por tanto, la mujer que se expresa adalid de la cultura y el arte es, en efecto, representada por su espacio como la menos vinculada a estos conceptos.

4.3. L_3 : La casa de los Gamart

L_3 = Casa de Violet Gamart y su marido el General [en *La Librería* (2017)]

C_1 = Fachada

S_1 = Coches [$t = 00:09:13$]

Soundscape (s): acompañamiento musical diegético.

C_2 = Sala de estar

S_1 = Espejos [$t = 00:09:32$] / [$t = 01:25:54$]

S_2 = Chihuahua de porcelana [$t = 01:02:11$]

Soundscape (s): acompañamiento musical extradiegético.

La casa de los Gamart (principalmente de Violet Gamart), destaca por su vacuidad. La ausencia de detalles compone el mosaico de una identidad que se proyecta en lo superficial pero carece de contenido. En contrapunto a la fachada de Old House o de Holt House, la fachada de los Gamart carece de detalles significativos, siendo los coches de los invitados (C_1S_1) el único punto de interés. Junto con el hecho de que el interior está igualmente desprovisto, la identidad verbalizada mediante el guion que proyecta Violet Gamart se rompe. Su interés por la Old House radica en una vacía pretensión de mecenazgo para convertir el lugar en un centro de cultura y artes, sin embargo los terrenos y habitaciones de su casa no presentan ninguna obra pictórica, ninguna escultura ni un solo libro. De esta forma, la identidad que proyecta en sus diálogos entra en conflicto con la realidad tangible del espacio que la define. Es, por tanto, una identidad basada en las apariencias. Los coches que están delante de la casa al inicio de la película demuestran el interés de los Gamart por la vida social (opuesto diametral de Edmund Brundish) y también un stoichea particularmente demostrativo de la identidad de Violet Gamart es el uso de los espejos en la casa (C_2S_1). Siendo el espejo el elemento narcisista por antonomasia, su presencia en el entorno suma a la tesis de que se está representando mediante el espacio una identidad egocéntrica y desprovista de sensibilidad artística. El único elemento decorativo que habría ido en contra de este análisis es una pequeña figura de un chihuahua de porcelana (C_2S_2) que decora la sala de estar, pero solo momentáneamente, ya que es la propia Violet Gamart la que destruye la figura en un brote de ira. De nuevo, esto resalta su interés real y pinta un retrato de indiferencia por la cultura y el arte.

5. CONCLUSIONES

La necesidad de limitar el tipo de identidad representada en el espacio permite determinar de forma quirúrgica si ese tipo está presente y en qué medida. Por otra parte, la presencia de distintos tipos de identidad favorece un posterior análisis sobre cómo estas características identitarias interactúan entre ellas y con el espacio en el que están representadas. Por ejemplo, la diferencia entre un espacio con identidad definida como Holt House en relación a un espacio cuya identidad es una transición expresada como Hardborough-Florence. Del grupo al individuo y más concretamente de un endogrupo ya definido a una mujer externa al grupo. También se expresa la identidad en el espacio mediante la diferenciación. El eje que se forma entre Holt House y la casa de los Gamart (lados opuestos del río) determina una oposición que define a ambos. Aplicando esta metodología a la muestra, se revela que la identidad expresada en el espacio diegético bien puede darse en un L que se define por sí mismo, como puede darse en espacios que se definen en su oposición en una especie de oración coordinada disyuntiva. Siguiendo el ejemplo del espejo: " $L_1C_4S_1$ o $L_3C_2S_1$ " donde $L_1C_4S_1$ expresa una identidad no narcisista y $L_3C_2S_1$ expresa una que sí lo es, sin posibilidad de acercamiento entre ambas.

Al tomar el interés personal como clave a través de la cual limitar una interpretación de la identidad, siguiendo el planteamiento de Jenkins (2008), se puede, en efecto, analizar aspectos que representan a los personajes a través de sus espacios. Sin embargo, el prisma a través del cual se analiza el espacio de un personaje debe variar por fuerza dependiendo de la propia muestra. Esto se debe a que no todos los personajes presentan las mismas facetas de su identidad y no todos de la misma manera. Esta metodología se aplica al resto de la filmografía de Isabel Coixet y, obviando la perspectiva global de identidades representadas en espacios, los arquetipos de identidad se vuelven visibles.

6. REFERENCIAS

- [1] Bachelard, G. [1957 (2000)]. *La poética del espacio*. Fondo de Cultura Económica de Argentina, S. A.
- [2] Berger, J. (1992). *Keeping a rendezvous*. Vintage.
- [3] Brubaker, R. y Cooper, F. (2000). Beyond "Identity", *Theory and Society*, vol. 29. (pp. 1-47).
- [4] Carmona, R. [1991 (2006)]. *Cómo se comenta un texto fílmico*. Catedra Ediciones.
- [5] Chion, M. (1994). *Audio-vision: Sound on Screen*. Columbia University Press.
- [6] Eco, U. (2011). *La estructura ausente*. DEBOLSILLO.
- [7] Gaudreault, A. & Jost, F. (1995). *El relato cinematográfico*. Paidós.
- [8] Grueso Pascual, P. (2020). Hacia una nueva perspectiva de la semiótica y su aplicación al análisis fílmico: propuesta metodológica a partir de un

- caso práctico. *Comunicación y Métodos - Communication & Methods*, 2(2), 80-90. <https://doi.org/10.35951/v2i2.85>
- [9] Jenkins, R. [1996 (2008)]. *Social Identity*. Routledge Group.
- [10] Johnson, K. M. (2013). *The Anthropomorphization of Houses in Film*. University of Colorado at Boulder.
- [11] Kristeva, J. [1978 (2001)]. *Semiótica I*. Editorial Fundamentos.
- [12] Kristeva, J. (1988). *El lenguaje, ese desconocido: introducción a la lingüística*. Fundamentos.
- [13] Kowzan, T. (1989). Introducción a la semiología del arte del espectáculo en T. W. Adorno (Ed.). *El Teatro y su Crisis Actual* [1969 (1989)].
- [14] Martínez, A. I. (1992). La identidad femenina: crisis y construcción en *La voluntad de ser: mujeres en los noventa* (pp. 65-84). <https://doi.org/10.2307/j.ctv5139r7.8>
- [15] McMahon, L. (2012). *Cinema and Contact: The Withdrawal of Touch in Nancy, Bresson, Duras and Denis*. London: Legenda.
- [17] Paszkiewicz, K. (2020). Touch as proximate distance: Post-Phenomenological Ethics in the Cinema of Isabel Coixet. *Film-Philosophy*, 24(1), (pp. 22–45). <https://doi.org/10.3366/film.2020.0127>
- [18] Priede, J. (2018). La librería de Isabel Coixet. *El Cuaderno*. <https://elcuadernodigital.com/2018/02/07/la-libreria-de-isabel-coixet/>
- [19] Rohmer, E. (1977). *L'Organisation de l'Espace dans le Faust de Murnau*. Ramsay.
- [20] RTVE (2009): “50 años de...”. Capítulo: La mujer, cosa de hombres, [en línea] Disponible en: <https://www.rtve.es/play/videos/50-anos-de/50-anos-mujer-cosa-hombres-isabel-coixet/5128059/> [21/04/2026]
- [21] Sáez González, C. (2020). La Librería de Isabel Coixet: el uso de los objetos de lectura como elementos identificadores del relato cinematográfico en M. M. Ramos (Ed.), *A ambos lados del Atlántico : películas españolas y brasileñas premiadas* (1 ed., pp. 93-107). Ediciones Universidad de Salamanca.
- [22] Southworth, Michael (1969). The Sonic Environment of Cities. *Environment and Behavior*. 1 (1), (pp. 49-70). <https://tinyurl.com/3z583j48>
- [23] Stoichita, V. (2000). *La invención del cuadro: arte, artífices y artificios en los orígenes de la pintura moderna*, Barcelona, Ediciones del Serbal (L'instauration du tableau, Méridiens Klincksieck, Paris, 1993).
- [24] Sutton, P. W., & Giddens, A. (2017). *Essential Concepts in Sociology*. Editorial Polity. <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BB23657945>

-
- [25] Tajfel, H. (1970). *Experiments in Intergroup Discrimination*. Oxford University Press. Nueva York. Recuperado de <https://tinyurl.com/2am5aw4r>
- [26] Tseng, C., Van Leeuwen, T., & Djonov, E. (2025). The fragmentation and plasticity of space in film. *Multimodality & Society*, 5(4), (pp. 427–446). <https://doi.org/10.1177/26349795251335017>
- [27] Weber, M. [1919 (1946)]. *Politics as a Vocation*. En Gerth, H. H. y Wright Mills, C. (Eds.), *MAX WEBER: ESSAYS IN SOCIOLOGY*. New York Oxford University Press.

EVALUACIÓN A LARGO PLAZO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL EN GRANDES INFRAESTRUCTURAS: EL CASO DEL PROYECTO MARMARAY (ESTAMBUL)

VERÓNICA CASANOVAS

WHA Consultancy - Patrimonio Cultural y Natural

Resumen

La interacción entre grandes proyectos de infraestructuras y patrimonio cultural plantea un desafío relevante en la actualidad en materia de gestión territorial, conservación patrimonial y gobernanza urbana. En este contexto, mi investigación doctoral analiza el Proyecto Marmaray, desarrollado en Estambul, como caso de estudio para evaluar los sistemas de protección aplicados durante la ejecución de grandes infraestructuras y su evolución a largo plazo una vez finalizadas las obras. La infraestructura ferroviaria analizada tiene una longitud de 77 kilómetros y conecta Europa y Asia mediante un túnel sumergido apoyado en el lecho marino del estrecho del Bósforo. Su desarrollo tuvo lugar en una ciudad caracterizada por una alta densidad histórica y la superposición de múltiples periodos culturales, y por la interacción con 56 construcciones históricas a lo largo del trazado. Durante las excavaciones aparecieron importantes hallazgos arqueológicos, entre ellos antiguos puertos bizantinos, embarcaciones bien conservadas y asentamientos prehistóricos de alrededor de 8.000 años de antigüedad.

El trabajo aborda el reto que plantea la ejecución de obras de gran escala en relación con la protección y gestión del patrimonio, en un contexto en el que las exigencias económicas, contractuales y temporales deben compatibilizarse con las necesidades de conservación y documentación. En este marco, se estudia el sistema de gestión patrimonial desarrollado durante la ejecución del proyecto, estructurado en torno a tres pilares fundamentales: control, coordinación y comunicación entre los distintos actores implicados. El enfoque metodológico combina el análisis de caso de estudio con revisión documental, estudio normativo, evaluación de intervenciones patrimoniales y observación basada en experiencia profesional directa, incorporando además una perspec-

Nota: Miembro de PROCULTHER-NET (Network of European Civil Protection Experts on Cultural Heritage, EU Civil Protection Mechanism); Miembro del equipo técnico del Plan Nacional de Gestión del Riesgo y Emergencias en el Patrimonio Cultural (IPCE, Ministerio de Cultura, España); Miembro experto de ICOMOS ICORP (International Scientific Committee on Risk Preparedness, ICOMOS).

tiva longitudinal orientada a examinar qué ocurre tras la finalización de las obras, atendiendo a la continuidad de las medidas de protección, la consolidación de nuevos usos y la evolución de espacios históricos y arqueológicos.

Como línea de desarrollo orientada a la mejora del sistema, se incorpora el uso de metodologías participativas y procesos de co-creación mediante entrevistas y trabajo de campo con la ciudadanía de Estambul. El objetivo es profundizar en la percepción social de las intervenciones, el grado de conocimiento sobre las actuaciones patrimoniales y el papel que puede desempeñar la ciudadanía en su protección y valorización. La investigación contribuye al desarrollo de modelos integrados aplicables a grandes infraestructuras, incorporando dimensiones técnicas y económicas, junto con aspectos relacionados con la gobernanza, la comunicación pública y la sostenibilidad a largo plazo.

Palabras clave

Patrimonio cultural, grandes infraestructuras, Marmaray, Estambul, arqueología urbana, co-creación, participación ciudadana, gobernanza patrimonial.

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la creciente intensificación de los procesos de urbanización y el desarrollo de grandes infraestructuras han planteado desafíos significativos para la conservación de los bienes patrimoniales, especialmente en contextos urbanos históricos complejos. La expansión de redes de transporte, sistemas ferroviarios y otras infraestructuras estratégicas implica intervenciones de gran escala que, en muchos casos, se superponen con territorios de alta densidad patrimonial, generando tensiones entre desarrollo urbano y protección del patrimonio [1].

En este contexto, se ha consolidado el reconocimiento, tanto a nivel académico como institucional, de la necesidad de integrar la gestión patrimonial en los procesos de planificación y ejecución de infraestructuras. Organismos internacionales como UNESCO e ICOMOS han subrayado la importancia de adoptar enfoques preventivos y multidisciplinares, en los que la evaluación de impacto patrimonial (*Heritage Impact Assessment*, HIA) permite anticipar, mitigar y gestionar los efectos derivados de este tipo de intervenciones [2][3].

En este marco, el presente estudio se centra en el Proyecto Marmaray en Estambul como caso de referencia. Se trata de una infraestructura ferroviaria de aproximadamente 77 kilómetros que conecta Europa y Asia a través del estrecho del Bósforo, ejecutada mediante metodología *fast-track* y bajo esquema contractual *FIDIC Silver Book*. Las obras comenzaron en 2004 y la línea completa Halkalı-Gebze entró en servicio en 2019, tras diversos retrasos asociados, entre otros factores, a la magnitud de las intervenciones arqueológicas desarrolladas durante la ejecución. Actualmente continúan las excavaciones en Haydarpaşa, histórica terminal ferroviaria del *Orient Express* en Asia.

El proyecto se desarrolló en un entorno urbano caracterizado por una extraordinaria superposición histórica de más de ocho mil años de ocupación y por la interacción con 56 construcciones históricas, yacimientos arqueológicos, bienes culturales y espacios urbanos de elevada sensibilidad patrimonial. A esta complejidad técnica se sumaba la necesidad de coordinar actuaciones en distintos municipios y bajo competencias de múltiples organismos e instituciones. Las intervenciones arqueológicas desarrolladas en el subsuelo se realizaron bajo supervisión de los *Istanbul Archaeological Museum*, mientras que las actuaciones sobre patrimonio en superficie requerían autorización y validación de los *Preservation Committee*, de acuerdo con la legislación turca de protección patrimonial, especialmente la *Law No. 2863 on the Conservation of Cultural and Natural Property* y sus posteriores modificaciones [4][5][6].

Durante las excavaciones aparecieron antiguos puertos bizantinos, asentamientos prehistóricos y numerosos pecios en un excepcional estado de conservación, situando las excavaciones de Yenikapı entre las intervenciones de arqueología urbana y subacuática más relevantes desarrolladas en las últimas décadas [7][8]. La magnitud y calidad de los restos documentados obligaron a modificar procesos constructivos y cronogramas de obra, al tiempo que aportaron nueva información científica sobre las actividades portuarias, las dinámicas comerciales y las formas de vida en la antigua Constantinopla.

Marmaray constituye un caso especialmente significativo para analizar las tensiones y oportunidades que surgen en la interacción entre grandes infraestructuras y patrimonio cultural, así como los retos asociados a la gestión patrimonial durante la ejecución de obras en entornos urbanos históricos. El proyecto permite además examinar metodologías de protección aplicables a intervenciones de gran escala desarrolladas en contextos de elevada sensibilidad arqueológica e institucional.

El objetivo de la investigación es analizar el sistema empleado, identificando las estrategias adoptadas, sus limitaciones y sus efectos a largo plazo. Asimismo, se examina el entorno urbano e histórico en el que se inserta la intervención, junto con los impactos generados sobre construcciones históricas y hallazgos arqueológicos, así como las medidas de protección, gestión y puesta en valor implementadas durante y después de la ejecución. A partir de ello, se pretende contribuir al desarrollo de enfoques metodológicos que permitan mejorar la integración patrimonial en proyectos de infraestructuras complejas, reforzando la necesidad de una planificación más sensible, anticipatoria y adaptativa en entornos de alta densidad patrimonial.

2. EL PROYECTO MARMARAY EN SU CONTEXTO URBANO E HISTÓRICO

2.1. Estambul como territorio estratificado

Estambul presenta una continuidad de ocupación que se remonta a más de ocho mil años. La superposición de periodos prehistóricos, bizantinos, oto-

manos y contemporáneos ha configurado un tejido urbano en el que conviven construcciones históricas, infraestructuras heredadas y estratos arqueológicos enterrados bajo la ciudad actual. Esta acumulación histórica, visible tanto en superficie como en el subsuelo y el entorno subacuático, condiciona cualquier intervención de gran escala desarrollada en la ciudad [1][2].

En la actualidad, Estambul cuenta con más de 15 millones de habitantes [9]. Su posición geoestratégica entre Europa y Asia, junto con la expansión del transporte metropolitano y los procesos de transformación urbana, incrementa la presión sobre un territorio caracterizado por la coexistencia de múltiples capas históricas y arqueológicas. En este contexto, la implantación de nuevas infraestructuras requiere intervenir simultáneamente sobre patrimonio histórico, redes urbanas activas y espacios consolidados, introduciendo condicionantes técnicos, administrativos y patrimoniales que afectan directamente a la planificación y ejecución de las obras.

En la Fig. 1 se representa en rojo el *Simplon Orient Express*, que recorre la zona europea, siendo la línea continua el tramo principal y la discontinua sus ramales. En azul aparece el *Taurus Express*, que circula por el territorio asiático, donde los círculos rojos indican los servicios automóviles. En negro se muestran las líneas adyacentes de ambos recorridos.



Figura 1. Mapa de sistemas ferroviarios con destino Estambul (1932) [10]

2.2. Características de la infraestructura

Hubo que esperar más de 100 años para que los avances tecnológicos permitieran materializar el sueño del sultán Abdülmecid (Fig. 2). Marmaray es un sistema ferroviario metropolitano desarrollado para conectar las redes ferroviarias europeas y asiáticas de Estambul mediante un túnel sumergido apoyado en el lecho marino del estrecho del Bósforo. El proyecto incorporó tanto la modernización de líneas ferroviarias suburbanas preexistentes entre

Halkalı y Gebze como la construcción de nuevas infraestructuras ferroviarias y equipamientos técnicos.

La infraestructura integró actuaciones de distinta naturaleza: ensanchamiento de la traza ferroviaria preexistente, originalmente compuesta por dos vías y ampliada a tres, obras en zona sumergida, estaciones a gran profundidad, tramos subterráneos y sectores en superficie desarrollados sobre corredores ferroviarios históricos. La incorporación de una nueva línea ferroviaria de alta velocidad requirió igualmente la construcción de nuevas estaciones, talleres, cocheras e instalaciones técnicas, ya que las estructuras históricas existentes no disponían de capacidad suficiente para albergar las nuevas necesidades funcionales ni las dimensiones de los andenes de nueva construcción. En determinados casos se adoptaron soluciones híbridas mediante la ampliación e integración de estaciones históricas con nuevos espacios e infraestructuras. Las soluciones constructivas variaron en función de las características urbanas, geográficas y patrimoniales de cada tramo [7].

Las obras comenzaron en 2004 y su apertura inicial estaba prevista para 2009. Sin embargo, las intervenciones arqueológicas y la aparición de restos históricos obligaron a modificar la planificación, provocando retrasos en distintos sectores de la obra. La primera fase entró en funcionamiento el 29 de octubre de 2013, mientras que la línea completa Halkalı-Gebze fue puesta en servicio el 13 de marzo de 2019 [11]. Actualmente continúan desarrollándose excavaciones arqueológicas en Haydarpaşa, histórica terminal ferroviaria del *Orient Express* en Asia, conocida como la “Puerta de Asia” y uno de los espacios patrimoniales más relevantes vinculados al proyecto.

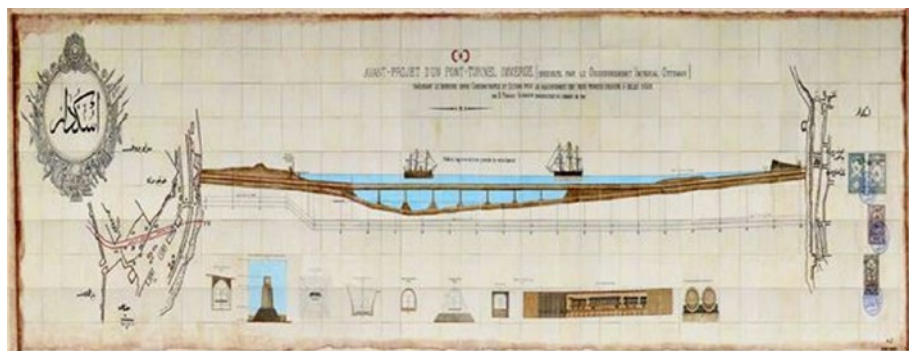


Figura 2. Planos del anteproyecto de la época otomana de *Pont-tunnel immergé*. Un túnel apoyado sobre pilotes por el que el tren cruzaría el Bósforo en la zona de Estambul, 1902. Arriba, la sección del terreno por el Bósforo y, abajo, las secciones transversales y longitudinales del túnel [11]

Además de las infraestructuras y estaciones históricas vinculadas al sistema ferroviario, el proyecto se inserta en un contexto marcado por un importante patrimonio gráfico y documental asociado a las conexiones internacionales de

Estambul. La cartelería histórica del *Orient Express* y de las redes ferroviarias relacionadas constituye también un testimonio de la evolución de los lenguajes visuales, las corrientes artísticas y la representación cultural del viaje entre Europa y Asia durante finales del siglo XIX y buena parte del siglo XX. Estas imágenes reflejan la relevancia simbólica y estratégica de Estambul como nodo ferroviario internacional y permiten contextualizar históricamente espacios como Haydarpaşa y Yenikapı dentro de las grandes rutas ferroviarias europeas (Fig. 3).



Figura 3. Carteles promocionales del *Orient Express* y redes ferroviarias asociadas [10]

3. CONSTRUCCIÓN Y PATRIMONIO: UN RETO OPERATIVO

3.1. Patrimonio histórico, arqueología urbana y gestión de obra

Las obras generaron intervenciones sobre patrimonio histórico y arqueológico asociadas al conjunto de actuaciones necesarias para el desarrollo de la infraestructura. Estas incluyeron procesos de documentación, protección, desmontaje, traslado, consolidación e integración de elementos patrimoniales, definidos a partir de inventarios y estudios de interacción elaborados para los distintos tramos de la obra [12][13][14][15].

Las excavaciones revelaron un patrimonio arqueológico enterrado y subacuático de gran relevancia (Fig.4). Entre los principales descubrimientos destacan antiguos puertos bizantinos, asentamientos prehistóricos y numerosos pecios en un excepcional estado de conservación, situando Yenikapı entre las intervenciones de arqueología urbana y subacuática más relevantes desarrolladas en las últimas décadas (Fig.5) [7][8]. La escala de los trabajos convirtió el proyecto en un caso de referencia internacional en arqueología urbana vinculada a grandes infraestructuras, aportando nueva información sobre las actividades portuarias, las dinámicas comerciales y las formas de vida en la antigua Constantinopla.

Las actuaciones arqueológicas implicaron la paralización parcial o total de determinados frentes de obra y la redefinición de soluciones constructivas para garantizar la conservación de los restos documentados. La excavación arqueológica

pasó a integrarse en la propia secuencia de ejecución, incorporándose como parte del método constructivo. La información obtenida durante las intervenciones permitió registrar, conservar y, en determinados casos, reintegrar bienes patrimoniales afectados dentro del sistema urbano [12][13][14][15].



Figura 4. Localización de yacimientos arqueológicos e intervenciones a lo largo de la traza ferroviaria. Elaboración de Verónica Casanovas a partir de fotografías extraídas de [14]

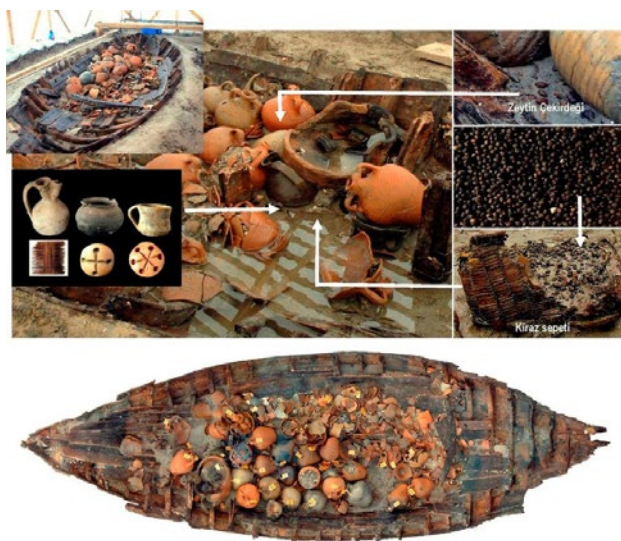


Figura 5. Buque YK35 con cargamento conservado (huesos de aceituna, cesta de cerezas, botones y recipientes) [8]

3.2. Marco institucional y gestión de las intervenciones

La gestión patrimonial del proyecto se desarrolló en un contexto administrativo complejo, condicionado por la intervención de distintos municipios y organismos competentes. Las actuaciones arqueológicas desarrolladas en el subsuelo se realizaron bajo supervisión del *Istanbul Archaeological Museum*, mientras que las intervenciones sobre construcciones históricas y patrimonio en superficie requerían autorización y validación de los *Preservation Committees*, de acuerdo con la legislación turca de protección patrimonial, especialmente la *Law No. 2863 on the Conservation of Cultural and Natural Property* y sus posteriores modificaciones [4][5][6].

La documentación de estructuras portuarias, niveles de ocupación y restos materiales introdujo nuevas exigencias en la gestión de la obra, requiriendo coordinación entre equipos de arqueología, ingeniería y administración, así como la adopción de medidas específicas de protección y registro. La aparición de hallazgos imprevistos obligó además a establecer mecanismos de evaluación y protocolos orientados a compatibilizar la continuidad constructiva con la conservación del patrimonio documentado.

3.3. Condicionantes técnicos, temporales y económicos

La presencia de construcciones históricas y restos arqueológicos obligó a adaptar soluciones constructivas, secuencias de ejecución y metodologías de obra a las condiciones reales detectadas durante el desarrollo del proyecto. Las intervenciones arqueológicas implicaron, en determinados sectores, la paralización parcial o total de frentes de obra y la redefinición de soluciones inicialmente previstas para garantizar la conservación de los restos documentados.

En términos temporales, la excavación, documentación y conservación de restos arqueológicos generó retrasos difíciles de prever durante la fase de proyecto. Asimismo, la magnitud de los hallazgos conllevó una modificación del trazado en la sección del Bósforo y adaptar soluciones de diseño, incrementando el impacto sobre los plazos de ejecución, especialmente en Yenikapı, considerada la “Puerta de Europa” por su relevancia histórica en las conexiones ferroviarias internacionales asociadas al *Orient Express* [10].

Desde el punto de vista económico, estas circunstancias generaron incrementos de coste asociados tanto a las intervenciones patrimoniales como a las modificaciones derivadas de hallazgos imprevistos. En proyectos desarrollados bajo esquemas contractuales complejos, como los contratos tipo *FIDIC*, estas situaciones pueden generar tensiones relacionadas con la asignación de responsabilidades, costes y plazos de ejecución entre los distintos agentes implicados.

4. SISTEMA DE GESTIÓN PATRIMONIAL

4.1. Estructura general del sistema de gestión

La ejecución de Marmaray requirió la implantación de un sistema de gestión patrimonial capaz de integrarse en la dinámica operativa de una infraestructura ferroviaria de gran escala desarrollada en un entorno urbano históricamente estratificado. Se estructuró mediante mecanismos de control, coordinación y comunicación aplicados de forma paralela a la ejecución de las obras, con el objetivo de compatibilizar las necesidades constructivas con los requisitos de protección, documentación y conservación del patrimonio cultural.

La gestión del proyecto implicaba también procesos continuos de evaluación asociados a la aparición de hallazgos inesperados durante las excavaciones y a la necesidad de adaptar determinadas actuaciones a las condiciones detectadas durante la obra. Esto exigía respuestas rápidas y una capacidad constante de adaptación técnica y administrativa, especialmente en sectores donde las decisiones patrimoniales afectaban directamente a la continuidad de los trabajos.

El análisis desarrollado en esta investigación incorpora además experiencia profesional directa vinculada al proyecto entre 2011 y 2017, especialmente en la gestión de zonas protegidas, construcciones históricas, zonas arqueológicas y hallazgos inesperados. Esta perspectiva permite examinar el funcionamiento operativo de los procedimientos aplicados y las dinámicas de interacción entre patrimonio y obra desde una dimensión práctica y longitudinal.

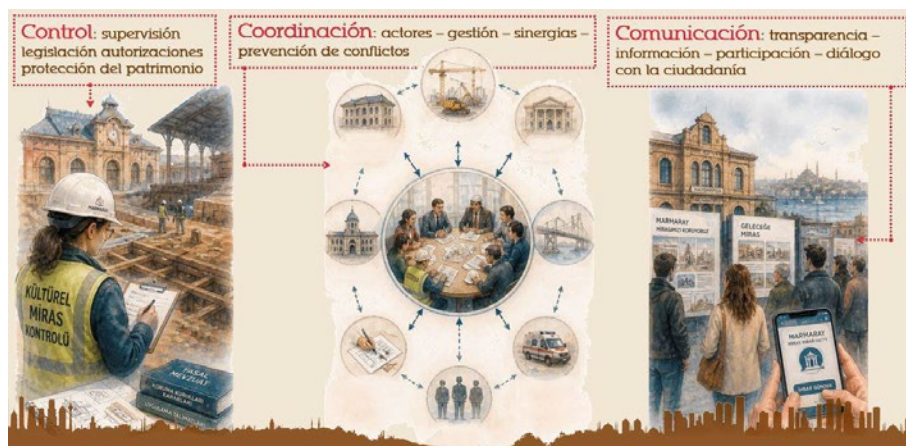


Figura 6. Esquema del sistema de gestión patrimonial y agentes implicados.

Elaboración Verónica Casanovas

4.2. Control: supervisión y cumplimiento normativo

El sistema de control se desarrolló a partir de procedimientos de supervisión orientados a garantizar el cumplimiento de la normativa patrimonial y la correcta aplicación de las medidas de protección previstas para cada intervención. Estos procesos afectaban tanto a las actuaciones sobre construcciones históricas como a las excavaciones arqueológicas desarrolladas durante las obras.

Las intervenciones requerían autorización previa de los organismos competentes y estaban sujetas a mecanismos continuos de revisión técnica y validación administrativa. La aparición de nuevos hallazgos requería reevaluar determinadas actuaciones y adaptar las medidas de protección inicialmente previstas.

La documentación gráfica y técnica generada durante las intervenciones constituyó una herramienta fundamental para el seguimiento de los trabajos, el registro de los elementos afectados y la definición de criterios de conservación aplicados durante la obra [12][13][14][15].

4.3. Coordinación: actores y gestión de procesos

La ejecución simultánea de obra civil, excavaciones arqueológicas e intervenciones sobre patrimonio histórico requirió una coordinación continua entre administraciones, arqueólogos, especialistas en patrimonio, ingenierías y equipos de obra. La diversidad de actores implicados introdujo dinámicas de trabajo complejas, especialmente en sectores donde coexistían distintos tipos de intervención y múltiples competencias administrativas.

La gestión de los procesos exigió la definición de protocolos específicos para la toma de decisiones, la evaluación de hallazgos y la adaptación de soluciones constructivas durante la ejecución de la obra. Estos mecanismos permitieron integrar las necesidades operativas de la infraestructura con los requisitos de conservación patrimonial.

En proyectos desarrollados bajo esquemas contractuales complejos y metodologías de ejecución acelerada, la coordinación entre disciplinas y organismos adquiere un papel fundamental para reducir conflictos, gestionar imprevistos y garantizar la continuidad de las obras [14][15].

4.4. Comunicación: información y relación con la ciudadanía

La dimensión urbana y patrimonial del proyecto generó un importante interés público tanto a nivel nacional como internacional. La aparición de hallazgos arqueológicos de gran relevancia científica incrementó la atención mediática y reforzó la necesidad de desarrollar mecanismos de comunicación orientados a informar sobre el avance de las obras y la gestión del patrimonio documentado.

La difusión de los descubrimientos arqueológicos permitió trasladar a la ciudadanía la dimensión histórica del subsuelo de Estambul y el alcance cien-

tífico de las excavaciones desarrolladas durante el proyecto. Paralelamente, las actuaciones de comunicación contribuyeron a visibilizar los modos de conservación, documentación e integración patrimonial asociados a la ejecución de la infraestructura.

La relación entre grandes infraestructuras, arqueología y ciudadanía pone de manifiesto la importancia de incorporar estrategias de comunicación dentro de los sistemas de gestión patrimonial, especialmente en proyectos desarrollados en entornos urbanos históricos de elevada sensibilidad cultural.

5. EVALUACIÓN A LARGO PLAZO E INTEGRACIÓN SOCIAL

5.1. Continuidad de las medidas de protección

Una vez finalizada la ejecución de la infraestructura, uno de los aspectos clave es analizar si las medidas de protección implementadas durante la obra han tenido continuidad en el tiempo. Durante la fase constructiva se establecieron protocolos de seguimiento, documentación y control sobre las construcciones históricas y los hallazgos arqueológicos, integrados en la dinámica de la obra.

A largo plazo, parte de estos mecanismos se han mantenido a través de sistemas de gestión y supervisión vinculados a la operación de la infraestructura. La permanencia de estos dispositivos permite mantener la protección de los elementos documentados, aunque su intensidad y grado de aplicación varían en función del tipo de espacio, su accesibilidad y su integración en el funcionamiento de la red.

5.2. Consolidación de nuevos usos patrimoniales

La finalización de la infraestructura dio lugar a la aparición de nuevos usos asociados a los espacios intervenidos. En algunos casos, estaciones y entornos rehabilitados o de nueva construcción incorporan funciones vinculadas tanto a la movilidad como a la puesta en valor patrimonial, integrando elementos históricos en el uso cotidiano de la infraestructura.

La incorporación de restos arqueológicos y referencias históricas dentro de espacios ferroviarios activos ha contribuido a generar nuevas formas de relación entre movilidad, patrimonio y experiencia urbana. Estas transformaciones varían en función de las características de cada ámbito, del grado de conservación de los elementos documentados y de las decisiones adoptadas tras la finalización de las obras.

En determinados sectores, la presencia de elementos patrimoniales refuerza la identidad histórica del lugar y favorece su visibilidad dentro del entorno urbano contemporáneo. En otros casos, las exigencias funcionales y operativas de la infraestructura limitan las posibilidades de integración y puesta en valor, reduciendo la percepción pública de los elementos conservados.

5.3. Evolución de espacios arqueológicos e históricos

Los espacios donde se produjeron hallazgos arqueológicos presentan situaciones diferenciadas tras la finalización de la obra. En algunos casos, los restos han sido conservados e integrados en espacios accesibles, permitiendo su interpretación y puesta en valor. En otros, la documentación realizada durante la excavación constituye el principal registro disponible, sin una materialización visible en el espacio actual.

Esta diversidad responde tanto a condicionantes técnicos como a decisiones de gestión adoptadas durante y después de la ejecución. La relación entre conservación, accesibilidad y uso condiciona la forma en que estos espacios se incorporan al entorno urbano, así como su capacidad para transmitir información sobre las formas de vida y las dinámicas históricas documentadas durante las excavaciones [4][13].

5.4. Co-creación y participación ciudadana

La dimensión social adquiere relevancia en la fase posterior a la ejecución, especialmente en relación con la forma en que la ciudadanía percibe, interpreta y se apropia de las transformaciones producidas. La integración de elementos patrimoniales dentro de la infraestructura genera oportunidades para reforzar la relación entre espacio urbano, memoria histórica y uso cotidiano de la ciudad.

En este contexto, la investigación incorpora metodologías participativas orientadas a analizar la percepción social de las intervenciones y el grado de conocimiento existente sobre los hallazgos arqueológicos y las actuaciones patrimoniales desarrolladas durante el proyecto. El trabajo de campo y las entrevistas con ciudadanía de Estambul permiten explorar cómo estos espacios son identificados, utilizados e interpretados tras la finalización de las obras.

Esta línea de análisis introduce una dimensión complementaria a los enfoques técnicos y administrativos tradicionalmente asociados a la gestión patrimonial, incorporando aspectos vinculados a la experiencia social, la apropiación colectiva y la visibilidad pública del patrimonio integrado en la infraestructura. La Fig. 7 sintetiza algunos de los principales procesos de transformación y evaluación longitudinal asociados al proyecto.



Figura 7. Evaluación longitudinal del proyecto: continuidad de medidas, nuevos usos y transformación de espacios. Elaboración Verónica Casanovas

6. CONCLUSIONES

El análisis desarrollado permite identificar cómo la construcción de grandes infraestructuras en entornos urbanos históricos introduce condicionantes que afectan de forma directa a la planificación y desarrollo de la obra. El caso estudiado pone de relieve que la interacción con construcciones históricas, patrimonio arqueológico enterrado y hallazgos subacuáticos actúa como un factor estructural que incide en los procesos técnicos, los plazos de ejecución y los costes del proyecto. La adaptación de soluciones constructivas, la redefinición de determinados sectores del trazado y la gestión de hallazgos imprevistos configuran un escenario operativo complejo que exige respuestas específicas durante las obras.

En esta fase inicial de la investigación doctoral, uno de los principales aspectos identificados es la necesidad de integrar criterios técnicos, arqueológicos y patrimoniales desde etapas tempranas del proyecto. La experiencia analizada permite observar que los mecanismos de control, coordinación y comunicación desempeñan un papel determinante en este tipo de intervenciones, facilitando la articulación entre los distintos actores implicados y la respuesta a las incidencias surgidas durante la obra.

Las excavaciones desarrolladas durante el proyecto situaron Yenikapı entre las intervenciones de arqueología urbana y subacuática más relevantes realizadas en las últimas décadas. La magnitud de los hallazgos y el excepcional estado de conservación de numerosos pecios bizantinos convirtieron el proyecto en un caso de referencia internacional [7][8]. Entre los materiales recuperados aparecieron embarcaciones asociadas a antiguas rutas comerciales

mediterráneas, junto con cargamentos y elementos orgánicos conservados en el lodo, como huesos de cereza, semillas, cuerdas, cestas y restos alimentarios procedentes, en algunos casos, de intercambios comerciales con Egipto. Estas evidencias permitieron ampliar el conocimiento científico sobre las dinámicas comerciales, las actividades portuarias y las formas de vida en la antigua Constantinopla.

A estos descubrimientos se suman las excavaciones desarrolladas en Haydarpaşa, vinculadas al antiguo puerto de Calcedonia, así como diversos yacimientos prehistóricos localizados tanto en el lado europeo como asiático de Estambul. Los hallazgos documentados a lo largo de la traza permitieron retroceder más de ocho mil años en la cronología conocida de ocupación de la ciudad, aportando nueva información sobre las primeras sociedades establecidas en ambas orillas del Bósforo [7][8].

Desde una perspectiva longitudinal, la investigación plantea nuevas líneas de análisis relacionadas con la evolución posterior de los espacios intervenidos y con la forma en que las medidas de protección implementadas durante la fase constructiva continúan operando tras la puesta en servicio de la infraestructura. La consolidación de nuevos usos patrimoniales, la integración de restos arqueológicos en espacios ferroviarios activos y la transformación de sectores históricamente vinculados al sistema ferroviario abren nuevas preguntas sobre la visibilidad, accesibilidad y apropiación social del patrimonio en contextos urbanos contemporáneos.

La investigación incorpora además una dimensión participativa orientada a examinar la percepción social de las intervenciones y el papel que puede desempeñar la ciudadanía en la valorización y comprensión del patrimonio integrado en la infraestructura. Los procesos de co-creación planteados en esta línea de trabajo abren posibilidades de análisis todavía en desarrollo, especialmente en relación con la forma en que la población interpreta, utiliza y resignifica los espacios transformados tras la finalización de las obras.

En un contexto internacional marcado por el desarrollo de nuevas infraestructuras ferroviarias de gran escala en países como India, Indonesia o Filipinas, el caso Marmaray permite reflexionar sobre la necesidad de avanzar hacia sistemas de gestión patrimonial más integrados, adaptativos y capaces de incorporarse desde las primeras fases de planificación de la infraestructura. La experiencia analizada pone de manifiesto que estas intervenciones no afectan únicamente al patrimonio existente, sino que también generan nuevos conocimientos históricos, arqueológicos y sociales cuya relevancia puede transformar la comprensión del territorio y de su memoria urbana a largo plazo.

7. REFERENCIAS

- [1] Ashworth, G. J., Graham, B., & Tunbridge, J. E. (2007). *Pluralising Pasts: Heritage, Identity and Place in Multicultural Societies*. London: Pluto Press.

- [2] UNESCO. (2011). *Recommendation on the Historic Urban Landscape*. Paris: UNESCO.
- [3] ICOMOS. (2011). *Guidance on Heritage Impact Assessments for Cultural World Heritage Properties*. Paris: ICOMOS.
- [4] La Presidencia de La Gran Asamblea Nacional Turca (1983). *Law No. 2863 on the Conservation of Cultural and Natural Property*. Official Gazette, Ankara, 18113 (23/07/1983). Disponible en: <http://www.lawsturkey.com/law/2863-law-on-the-conservation-of-cultural-and-natural-property>
- [5] La Presidencia de La Gran Asamblea Nacional Turca (1987). *Law No. 3386 Amending the Law No. 2863 on the Protection of Cultural and Natural Assets*. Official Gazette, Ankara, 19497 (24/06/1987). Disponible en: <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC150440/>
- [6] La Presidencia de La Gran Asamblea Nacional Turca (2004). *Law No. 5226 for the Conservation of Cultural and Natural Property, CCNP, Amending Several Different Laws, including the Law No. 2863 on the Protection of Cultural and Natural Assets*. Official Gazette, Ankara, 25535 (27/07/2004). Disponible en: <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC150441/>
- [7] Kızıltan, Z. (2013). “The Yenikapı Shipwrecks and the Marmaray Project.” *Istanbul Archaeological Museums Annual*, pp. 1–15.
- [8] Kocabaş, U. (2015): “The Yenikapı Byzantine-Era Shipwrecks, Istanbul, Turkey: a preliminary report and inventory of the 27 wrecks studied by Istanbul University”, *The International of Nautical Archaeology*, volumen 44, pp.:5-38.
- [9] TurkStat – Turkish Statistical Institute (2024). *Address Based Population Registration System Results, 2023*. Ankara: Turkish Statistical Institute. Disponible en: <https://data.tuik.gov.tr/>
- [10] L’Institut du Monde Arabe. (2014). *Il était une fois l’Orient Express. Une exposition événement*, Paris.
- [11] Rail Turkey (2019). “Marmaray trains started service”. Disponible en: <https://railturkey.org/2019/03/13/marmaray-trains-started-service/>
- [12] Güzelaydin, G.; İnal, C.; Saçar, I. y Ünal, M. (2004). *Etkileşim Raporu Envanter, Km. 0+025 Fatih – Km. 8+460 Zeytinburnu*. Estambul: MVG Mimarlık.
- [13] Güzelaydin, G.; İnal, C.; Saçar, I. y Ünal, M. (2013). *Etkileşim Raporu Envanter, Km. 0+650 – Km. 9+145 Kadıköy*. Estambul: MVG Mimarlık.
- [14] Cürebal, I.; Efe, R. (2011). “Impacts of the Marmaray Project (Bosphorus Tube Crossing, Tunnels and Stations) on Transportation and Urban Environment in Istanbul”. En: *Engineering Earth: The Impacts of Megaengineering Projects*, Stanley D. Brunn (ed.), pp. 715–733.

- [15] Ünal, Z. G. (2010). “Cultural Heritage Protection in Large Scale Infrastructure Projects: The Case of Marmaray, Istanbul”. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 1(1), pp. 5–18.

MÁS ALLÁ DEL CURRÍCULO: QUIÉN EDUCA CUANDO LA ESCUELA HABLA DE AFECTIVIDAD Y SEXUALIDAD.

EVALUACIÓN DE LAS ACTITUDES, PREJUICIOS, CONOCIMIENTOS E IMPLICACIÓN DE LOS VALORES CON RELACIÓN A LA EDUCACIÓN AFECTIVO SEXUAL DE LOS DOCENTES

RAQUEL CIBRIÁN CUEZVA

Universidad de Burgos

Resumen

Esta comunicación presenta una propuesta doctoral centrada en uno de los déficits más persistentes del sistema educativo contemporáneo: la distancia entre el reconocimiento normativo de la educación afectivo-sexual y su aplicación real en las aulas. Pese al consenso internacional sobre su valor preventivo y formativo, persisten indicadores preocupantes vinculados a desinformación, violencia relacional, desigualdad de género y prácticas de riesgo. El estudio parte de una hipótesis central: una parte del problema no reside solo en la ausencia de programas, sino en la preparación, actitudes, prejuicios, valores y conocimientos del profesorado encargado de desarrollarlos. Las instituciones educativas suelen debatir qué contenidos deben enseñarse. Con menor frecuencia se preguntan algo previo y decisivo: quién está en condiciones reales de enseñarlos. Esa es la cuestión que articula esta investigación doctoral. La educación afectivo sexual ha sido respaldada por organismos internacionales por su impacto en salud, convivencia e igualdad. Sin embargo, su aplicación práctica continúa siendo irregular, intermitente y, en numerosos contextos, dependiente de voluntades individuales. Se propone un diseño de investigación con docentes en formación y en ejercicio, mediante instrumentos validados que permitan identificar barreras estructurales y personales. Se sostiene aquí que una parte sustancial del problema no reside en la ausencia de programas, sino en la insuficiente preparación de quienes deben implementarlos. El estudio examina actitudes, prejuicios, valores y conocimientos del profesorado en formación y en ejercicio, con el fin de identificar factores que fortalecen o erosionan la calidad educativa. El propósito final no es solo describir una carencia, sino ofrecer evidencia capaz de orientar decisiones institucionales de alto impacto. El objetivo final es aportar evidencia útil para rediseñar políticas formativas y construir modelos de intervención eficaces.

Palabras clave

Calidad educativa. Educación afectivo sexual. Formación. Salud.

1. UNA CONTRADICCIÓN ESTRUCTURAL

La educación afectivo-sexual continúa ocupando un espacio ambiguo en el espacio educativo actual. Por un lado, se reconoce su importancia, pero su implementación sigue siendo irregular, fragmentaria y en ocasiones dependiente de iniciativas aisladas.

Esta contradicción revela una brecha entre el discurso institucional y la práctica educativa.

Nunca había existido tanto consenso normativo sobre la importancia de la educación afectivo sexual y, al mismo tiempo, tanta desigualdad en su aplicación real. La realidad de las aulas es que, el acceso del alumnado depende todavía del centro, del contexto y, con frecuencia, del docente.

2. PROBLEMA Y BRECHA DE CONOCIMIENTO

La literatura internacional relaciona programas rigurosos con mejoras en prevención de riesgos, competencias relacionales, reducción de violencia y promoción de igualdad. El éxito y beneficio del implemento de este tipo de programas queda justificado y avalado.

No obstante, persiste una laguna relevante: se ha estudiado extensamente qué enseñar y cuándo hacerlo, pero menos quién enseña y con qué competencias lo hace. Entendiendo así la figura del profesorado como variable crítica de éxito o fracaso y apareciendo cuestiones esenciales: ¿dispone el docente de formación suficiente?, ¿intervienen prejuicios personales?, ¿se trasladan valores no explicitados al aula? ¿Cómo afecta la interpretación, situación o percepción subjetiva de los docentes frente a la afectividad y sexualidad?

3. TESIS CENTRAL

Desde un enfoque biopsicosocial, la sexualidad integra identidad, afectividad, convivencia, salud y ciudadanía.

Organismos internacionales como OMS y UNESCO recomiendan abordajes integrales, continuados y adaptados al desarrollo evolutivo. La escuela aparece como espacio estratégico para garantizar igualdad de oportunidades formativas.

La problemática aparece cuando el profesorado carece de formación sólida o intervienen elementos de carácter personal y la intervención educativa se vuelve fragmentaria. Donde faltan conocimientos aparecen dudas; donde faltan marcos pedagógicos, emergen improvisaciones; donde no se revisan prejuicios, estos terminan entrando en el aula.

4. OBJETIVO CIENTÍFICO

Analizar en qué medida la calidad de la educación afectivo-sexual puede explicarse a partir del perfil profesional docente, atendiendo a variables actitudinales, axiológicas y competencias.

5. METODOLOGÍA

Se propone un diseño cuantitativo con apoyo comparativo entre docentes en diferentes etapas y realidades educativas.

Se utilizan instrumentos validados para medir actitudes, valores y conocimientos, junto con variables sociodemográficas que permitan comparaciones entre perfiles profesionales y contextos. incorporando análisis diferenciales atendiendo a las características individuales.

6. RELEVANCIA ESTRATÉGICA

Los resultados permitirán rediseñar planes de formación inicial y permanente, revisar currículums universitarios, fortalecer la formación, diseñar políticas más eficaces y orientar políticas públicas basadas en evidencia.

Cuando falla la educación afectivo-sexual, no falla un contenido accesorio: falla una dimensión esencial del desarrollo humano. Por ello, invertir en profesorado competente no es un gasto accesorio: es la condición previa para que cualquier programa tenga eficacia real.

7. CIERRE

El debate ya no consiste en decidir si esta educación afectivo sexual es necesaria. La evidencia acumulada ha superado esa fase. La cuestión decisiva es otra: quién la imparte, con qué preparación y bajo qué marco pedagógico.

Las sociedades avanzan cuando convierten ciertos debates en preguntas mejores. La pregunta verdaderamente exigente es otra: si estamos preparando con suficiente rigor a quienes tienen la responsabilidad de impartirla.

CAMBIOS RESIDUALES EN ESPÍRITU DE LUCHA Y DISTRÉS EMOCIONAL EN CÁNCER: PAPEL MEDIADOR DE LA ACEPTACIÓN Y LA REFORMULACIÓN POSITIVA

ELENA GARCÍA-ALONSO¹, SILVIA UBILLOS-LANDA¹, GUILLERMO CRESPO HERRERO²

¹*Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Burgos, España*

²*Departamento de Oncología Médica, Hospital Universitario de Burgos, España*

Resumen

En pacientes con cáncer, el distrés emocional es frecuente y clínicamente relevante, y su evolución puede depender de procesos psicológicos específicos más que de cambios promedio. Este estudio examina si el co-cambio intraindividual entre espíritu de lucha y distrés a tres meses se articula a través de estrategias activas, utilizando un enfoque de cambio residualizado (T_2 ajustado por T_1).

Se realizó un estudio longitudinal con dos mediciones separadas por tres meses en 122 pacientes (submuestra con casos completos T_1 – T_2). Se evaluaron espíritu de lucha (Mini-MAC), las estrategias activas de afrontamiento (Brief-COPE) y el distrés emocional (HADS). Para describir la evolución media se aplicó la prueba de Wilcoxon; para analizar los mecanismos se calcularon puntuaciones de cambio residualizado (Δ) y se estimaron correlaciones de Spearman y modelos de mediación paralela con PROCESS (modelo 4; 10.000 remuestreos bootstrap), ajustando por edad, línea de tratamiento y administración del ciclo de tratamiento fraccionado en varios días.

En el plano descriptivo, se observaron incrementos en afrontamiento activo, apoyo informativo y emocional, aceptación y humor, así como un descenso en planificación, sin cambios medios significativos en espíritu de lucha, reformulación positiva ni distrés. En el *screening* exploratorio, únicamente la aceptación y la reformulación positiva mostraron efectos indirectos específicos. En el modelo parsimonioso, el co-cambio entre espíritu de lucha y distrés se explicó principalmente a través de la aceptación ($B = -0.553$; IC95% $[-0.963, -0.168]$) y la reformulación positiva ($B = -0.833$; IC95% $[-1.256, -0.386]$), explicando el 55.9% de la varianza del cambio residual en distrés ($R^2 = 0.559$).

En conjunto, los hallazgos sugieren que, en periodos breves, la evolución del distrés puede comprenderse mejor como un proceso de co-cambio intraindividual que como una mejoría promedio, destacando la aceptación y la

reformulación positiva como dianas intrapersonales relevantes para la evaluación y la intervención psicooncológica temprana.

Palabras clave

Cáncer, distrés emocional, espíritu de lucha, aceptación, reformulación positiva.

1. INTRODUCCIÓN

El cáncer se asocia con frecuencia a distrés emocional clínicamente relevante, entendido como una experiencia multifactorial de naturaleza psicológica, social, espiritual y/o física que puede interferir en la forma en que la persona piensa, siente o afronta la enfermedad, y cuyo cribado sistemático se recomienda a lo largo del proceso oncológico [1–3]. Su prevalencia se sitúa habitualmente entre el 20% y el 52% [4], pudiendo alcanzar el 60% [5].

El distrés emocional constituye una preocupación significativa en pacientes con cáncer, condicionada por determinantes individuales (p. ej., edad temprana al diagnóstico, sexo femenino, antecedentes de trastornos mentales y recursos de afrontamiento), sociales (p. ej., dificultades económicas, barreras comunicativas o red de apoyo limitada), clínicos (p. ej., intervenciones, psicofármacos o derivación a cuidados paliativos) y tumorales (p. ej., tipo tumoral, estadio, carga sintomática, tratamientos y metástasis) [1]. Esta heterogeneidad clínica es especialmente relevante en fases avanzadas de la enfermedad.

La evidencia muestra que niveles elevados de distrés se asocian con peor calidad de vida, menor adherencia terapéutica y mayor morbilidad [6]. Por ello, resulta fundamental profundizar en la comprensión del malestar emocional mediante un abordaje integral que contemple no solo los aspectos médicos, sino también las dimensiones psicológicas y sociales de la persona [7,8]. En este sentido, adquiere especial relevancia identificar procesos psicológicos —tanto relativamente estables (p. ej., orientaciones de ajuste) como dinámicos (p. ej., estrategias de afrontamiento)— asociados a su evolución en contextos clínicos heterogéneos y periodos temporales breves.

Entre estos procesos, los modelos de ajuste mental al cáncer sitúan el espíritu de lucha como una disposición de ajuste proactiva, asociada a perfiles emocionales más favorables. Greer y colaboradores [9] identifican cinco estilos de ajuste mental derivados de la evaluación cognitiva y la respuesta emocional asociada: espíritu de lucha, evitación-negación, fatalismo-aceptación estoica, impotencia-deseesperanza y preocupación ansiosa [10,11], los cuales influyen en la respuesta emocional [12] y, por ende, en la calidad de vida [13–15].

De forma particular, el espíritu de lucha se ha asociado con mejor funcionamiento físico, emocional, cognitivo y social, así como con mayor calidad de vida global [16], pudiendo actuar como factor protector frente al distrés [17]. Este estilo implica percibir la enfermedad como un desafío, con expectativas relativamente optimistas y cierto sentido de control sobre su curso [18].

Conceptualmente, puede facilitar estrategias de afrontamiento activo y contribuir a la regulación del distrés [19].

De forma complementaria, los pacientes movilizan recursos para manejar el distrés asociado al diagnóstico y al tratamiento. Las estrategias de afrontamiento, definidas por Lazarus y Folkman [20] como “*esfuerzos cognitivos y conductuales dirigidos a manejar demandas percibidas como desbordantes*”, desempeñan un papel central en la regulación emocional. Aunque coexisten diferentes clasificaciones, de forma general, se distingue entre afrontamiento activo y pasivo. El afrontamiento activo implica respuestas orientadas a la resolución directa del problema o a una regulación emocional adaptativa, mientras que el afrontamiento pasivo se caracteriza por la evitación del estresor. El afrontamiento activo se asocia con un mejor ajuste psicológico, mayor calidad de vida y menores niveles de ansiedad y depresión [21–24].

Dentro del afrontamiento activo, conviene diferenciar entre estrategias intrapersonales (p. ej., planificación, afrontamiento activo, aceptación, reformulación positiva o humor), basadas en procesos autorregulatorios, y estrategias interpersonales (p. ej., búsqueda de apoyo emocional, informativo o instrumental), dependientes de la movilización de recursos externos [25–27]. Aunque la búsqueda de apoyo puede considerarse una estrategia activa, su carácter relacional ha llevado a que en algunos marcos se integre dentro del ámbito del apoyo social debido a su dependencia de la disponibilidad y la respuesta de otras personas [28–30].

Aunque las dimensiones del Mini-MAC se han incluido en ocasiones bajo el paraguas del “afrontamiento”, su alcance conceptual es más amplio y relativamente más estable que el de estas estrategias. En este trabajo, el espíritu de lucha se conceptualiza como una orientación de ajuste específica del contexto oncológico, relacionada con el afrontamiento activo pero conceptualmente distinta de las estrategias concretas desplegadas ante estresores específicos [19].

Existe debate sobre el orden temporal entre afrontamiento y distrés, siendo plausibles relaciones bidireccionales [31]. No obstante, modelos como el *Common-Sense Model of Self-Regulation* sostienen que las representaciones de enfermedad guían el afrontamiento y, a través de este, los resultados emocionales [32–34]. Desde este marco, el espíritu de lucha puede situarse como un antecedente disposicional, anclado en valoraciones de amenaza, control y pronóstico [9,35], con capacidad para organizar estrategias de afrontamiento posteriores.

A pesar de que una parte de la literatura ha enfatizado el papel de los factores sociales y estrategias interpersonales (p. ej., apoyo emocional o instrumental) en el bienestar psicológico [36], la evidencia es más limitada respecto a qué estrategias activas intrapersonales explican la evolución del distrés a corto plazo. En este contexto, un enfoque longitudinal centrado en el co-cambio intraindividual resulta pertinente. El uso de puntuaciones de cam-

bio residualizado (T_2 ajustado por T_1) permite aproximar la covariación del cambio entre variables, superando las limitaciones de los análisis transversales y facilitando la identificación de rutas potencialmente explicativas.

Por ello, este estudio adopta un enfoque analítico en dos etapas: primero, un *screening* exploratorio de posibles estrategias activas mediadoras en la relación entre el cambio de espíritu de lucha y el cambio en distrés y, posteriormente, la reestimación de un modelo parsimonioso centrado en las vías de mediación más consistentes, con el fin de maximizar la interpretabilidad, robustez y relevancia clínica de los hallazgos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Examinar si los cambios en espíritu de lucha se asocian con cambios en el distrés emocional a través de cambios en estrategias activas específicas de afrontamiento en pacientes con cáncer.

2.2. Objetivos específicos

- Describir la evolución entre T_1 y T_2 (3 meses) del espíritu de lucha, las estrategias activas de afrontamiento y el distrés emocional.
- Estimar las asociaciones bivariadas entre los cambios de las variables de estudio.
- Explorar qué estrategias activas muestran evidencia de mediación en la asociación entre el cambio en el espíritu de lucha y el cambio en distrés emocional, mediante un modelo de mediación paralela (*screening* exploratorio).
- Evaluar la robustez del mecanismo identificado mediante la re-estimación de un modelo parsimonioso centrado en las estrategias con evidencia más consistente de mediación.

3. METODOLOGÍA

Se realizó un estudio longitudinal con dos mediciones separadas por tres meses. De la muestra basal ($N = 360$), 122 participantes completaron el seguimiento y constituyeron la submuestra longitudinal analizada (casos completos T_1 – T_2).

3.1. Población de estudio

La población estuvo constituida por pacientes oncológicos atendidos en consulta del Servicio de Oncología Médica del Hospital de Burgos (HUBU). Los criterios de inclusión fueron: a) edad ≥ 18 años; b) diagnóstico confirmado de cáncer; c) encontrarse en tratamiento activo o en seguimiento por el Servicio de Oncología Médica del HUBU; d) capacidad cognitiva suficiente para comprender y completar el cuestionario. Fueron excluidos: a) pacientes con trastornos psiquiátricos diagnosticados o deterioro cognitivo severo, b)

aquellos con enfermedades hematológicas no tratadas en el Hospital de Día Oncológico (p.ej., leucemias) o con enfermedad localizada sin seguimiento activo en el HUBU, y c) quienes rechazaron participar por negativa explícita, fatiga extrema o malestar ante la temática ($\approx 5\%$ de los pacientes informados).

3.2. Procedimiento de recogida de datos

La recogida de datos se llevó a cabo en el Hospital de Día de Oncología del HUBU entre julio de 2022 y enero de 2023. Previamente se realizaron reuniones con el equipo de oncología para estandarizar el procedimiento de reclutamiento y evaluación. Los participantes recibieron información individualizada, firmaron el consentimiento informado y completaron los cuestionarios de forma autoadministrada (con apoyo de la entrevistadora) o heteroadministrada mediante entrevista estructurada. La duración media de cumplimentación fue de 30–45 minutos, con un ritmo de inclusión de 3–5 pacientes por día. Las variables clínicas se extrajeron de la historia médica, garantizando la confidencialidad y la protección de datos.

3.3. Consideraciones éticas

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación con Medicamentos del Área de Salud de Burgos y Soria (Ref. CEIm 2715, 26 de abril de 2022) y contó con autorización de la Dirección-Gerencia del HUBU. Se desarrolló conforme al RGPD 2016/679 y la LO 3/2018. Los datos fueron seudonimizados mediante códigos únicos, almacenándose los identificadores de forma separada y segura. La participación fue voluntaria y los pacientes pudieron retirarse en cualquier momento sin repercusiones.

3.4. Medidas

3.4.1. Datos demográficos y clínicos

Se recogió información sobre aspectos sociodemográficos (edad, sexo, nivel educativo, situación laboral, estado civil e hijos) y clínicos (antecedentes oncológicos familiares y personales, tiempo desde el diagnóstico, tipo de diagnóstico, estadio, metástasis, localización metastásica, tratamientos, línea de tratamiento, administración del ciclo de tratamiento fraccionado y toma de antidepresivos y ansiolíticos).

3.4.2. Espíritu de lucha

El ajuste psicológico al cáncer se midió mediante el Mini-MAC (*Mental Adjustment to Cancer*) [11], validado al español [37]. El instrumento consta de 29 ítems que evalúa diferentes estilos de ajuste. En este estudio se utilizó exclusivamente la subescala de espíritu de lucha (4 ítems; rango 4–16), cuya puntuación se calculó mediante la suma de los ítems, donde valores más altos reflejan mayor presencia de esta orientación de ajuste. La consistencia interna no alcanzó el punto de corte óptimo en T_1 ($\alpha = 0.651$) y fue aceptable en T_2 ($\alpha = 0.714$).

3.4.3. Estrategias de afrontamiento

Se empleó el Brief-COPE de Carver et al. [38], validado al español [39], que evalúa estrategias de afrontamiento ante situaciones estresantes, como el diagnóstico y tratamiento del cáncer. Está formado por 28 ítems agrupados en 14 subescalas (2 ítems cada una). En este estudio se analizaron estrategias activas: afrontamiento activo, apoyo informativo, apoyo emocional, planificación, aceptación, reformulación positiva y humor. Las respuestas se registraron en escala Likert de 4 puntos (0 = nunca; 3 = siempre), con puntuaciones por subescala entre 0 y 6, indicando valores más altos mayor uso de la estrategia correspondiente. Dada la brevedad de cada subescala, la consistencia interna se documentó mediante correlación inter-ítem (ρ de Spearman) y alfa de Cronbach (α). Los valores observados fueron variables (T_1 : $\alpha = 0.428$ – 0.886 ; $\rho = 0.224$ – 0.795 ; T_2 : $\alpha = 0.550$ – 0.863 ; $\rho = 0.392$ – 0.747) en línea con estudios previos.

3.4.4. Distrés emocional

Se evaluó mediante la *Hospital Anxiety and Depression Scale* (HADS) [40] validada al español [41]. Consta de 14 ítems, divididos en dos subescalas: ansiedad (7 ítems) y depresión (7 ítems). Cada ítem se puntúa en una escala Likert de 4 puntos (0 a 3), donde valores más altos indican una mayor sintomatología. En este estudio se utilizó la puntuación total (suma de ansiedad y depresión) como indicador global de malestar emocional. La consistencia interna fue alta (T_1 : $\alpha = 0.869$; T_2 : $\alpha = 0.902$).

3.5. Análisis estadísticos

Los análisis se realizaron con IBM SPSS Statistics (versión 25), estableciendo $p < 0.05$. Las variables categóricas se resumieron mediante frecuencias y porcentajes y las continuas mediante medias (M) y desviaciones estándar (DE). Para analizar el cambio entre T_1 y T_2 se examinaron las diferencias ($T_2 - T_1$). Dado el incumplimiento del supuesto de normalidad (pruebas de Kolmogorov–Smirnov y Shapiro–Wilk $p < 0.05$), se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon.

Para el análisis de mecanismos, se utilizaron puntuaciones de cambio residualizado. Para cada variable se estimó una regresión lineal de T_2 sobre T_1 , guardando el residuo no estandarizado como indicador del cambio ($\Delta = T_2$ ajustado por T_1). Este enfoque permite estimar el cambio, controlando las diferencias interindividuales basales (residuos positivos = incremento relativo; negativos = descenso relativo; valores cercanos a cero = estabilidad relativa). Este procedimiento se aplicó a espíritu de lucha, distrés emocional y estrategias de afrontamiento.

Las covariables se seleccionaron en función de su asociación con el desenlace principal (Δ HADS) y su plausibilidad clínica. Se incluyeron: edad ($p = 0.211$, $p = 0.020$), línea de tratamiento inicial ($p = 0.191$, $p = 0.035$) y administración del ciclo de tratamiento fraccionado en distintos días ($\chi^2_{(3)} = 10.388$, $p = 0.016$).

Para evaluar mecanismos de mediación se adoptó un enfoque en dos etapas mediante mediación paralela con PROCESS (modelo 4), ajustado por covariables. En la primera etapa se estimó un modelo exploratorio con seis estrategias

mediadoras activas en paralelo (screening exploratorio). En la segunda etapa se re-estimó un modelo reducido con los mediadores más consistentes (Δ aceptación y Δ reformulación positiva), manteniendo el mismo ajuste por covariables. Se verificó la ausencia de multicolinealidad en una regresión equivalente de Δ HADS sobre predictor, mediadores y covariables ($VIF = 1.07\text{--}2.85$; tolerancia = $0.35\text{--}0.93$). En ambos modelos, los efectos indirectos se evaluaron mediante bootstrap (10.000 remuestreos, corrección por sesgo), reportándose IC95% para el efecto indirecto total y los específicos.

De forma complementaria, se estimó la potencia post hoc con *G*Power* (*F tests; regresión lineal múltiple, modelo fijo; R² deviation from zero*), con $\alpha = 0.05$, $f^2 = 0.15$, $N = 122$ y 6 predictores en el modelo reducido (Δ Espíritu de lucha, Δ Aceptación, Δ Reformulación positiva y covariables), obteniéndose $1-\beta = 0.90$. Dado que *G*Power* no estima la potencia para efectos indirectos, la inferencia sobre mediación se basó en los intervalos de confianza 95% bootstrap estimados con PROCESS [42].

4. RESULTADOS

4.1. Características de la muestra

La submuestra longitudinal estuvo compuesta por 122 pacientes con cáncer, con una ligera mayoría de mujeres (54.9%) y una edad media de 63.3 años ($DE = 10.1$). La distribución del nivel educativo fue equilibrada entre nivel bajo (29.5%), medio (35.2%) y alto (35.2%). La mayoría se encontraba jubilada (56.6%), seguida de pacientes empleados (13.9%), en baja laboral (12.3%), desempleados (9.8%) o en situación de incapacidad (7.4%). El 60.7% estaba casado o convivía en pareja, el 19.7% era soltero, el 10.7% separado o divorciado y el 9.0% viudo. El 74.6% tenía hijos.

Desde el punto de vista clínico, el 81.1% informó antecedentes familiares de enfermedad tumoral y el 88.5% no presentaba antecedentes personales de cáncer previo. El tiempo medio desde el diagnóstico fue de 2.2 años ($DE = 4.2$). Los diagnósticos más frecuentes fueron cáncer de mama (25.4%), colorrectal (23.0%) y tumores pulmonares/pleurales/ORL (18.9%), seguidos de tumores digestivos no colorrectales (13.1%), genitourinarios (9.8%), ginecológicos (6.6%) y otros (3.3%). Predominó el estadio IV (59.8%), seguido de estadio II (15.6%), III (14.8%) e I (9.8%). El 34.4% presentaba enfermedad metastásica *de novo*, el 21.3% recidiva metastásica, el 23.8% enfermedad localizada y el 20.5% se encontraba sin evidencia de enfermedad; en conjunto, el 59% de la muestra presentaba metástasis. Las localizaciones metastásicas más frecuentes fueron pulmón (23%), hígado (22.1%) y hueso (17.2%). En el momento de la entrevista, la modalidad terapéutica más frecuente era la quimioterapia (72.1%), administrada sola o en combinación con otras terapias. Asimismo, se registraron terapias dirigidas (33.6%), inmunoterapia (21.3%), hormonoterapia (9.8%) y, con mucha menor frecuencia, radioterapia (1.6%). Respecto a la línea de tratamiento oncológico activa en el momento de la entrevista, el 66.4% de los pacientes se encontraba en primera lí-

nea, el 22.1% en segunda línea y el 10.7% en tercera línea o posteriores; mientras que solo un paciente (0.8%) no se encontraba en tratamiento activo; entre quienes sí lo estaban, el 12.4% recibía el ciclo fraccionado en varios días, el 4.1% seguía un régimen semanal y el 83.5% restante recibía ciclos más espaciados, cada 14, 21 o 28 días. El 16.4% tomaba ansiolíticos y el 5.7% antidepressivos.

4.1.1. Análisis de pérdidas de seguimiento

La comparación entre participantes con seguimiento ($n = 122$) y aquellos que abandonaron el estudio ($n = 238$) no mostró diferencias significativas en variables psicológicas basales ni en la mayoría de variables sociodemográficas y clínicas. No obstante, se observaron diferencias en apoyo emocional ($p = 0.023$) y en variables clínicas relacionadas con la evolución de la enfermedad (desarrollo clínico y frecuencia de los ciclos con $p < 0.001$ y administración de los ciclos de tratamiento fraccionados con $p = 0.019$), lo que sugiere un patrón de *attrition* clínicamente selectivo, sin evidencia de sesgo basal relevante en las variables psicológicas principales.

4.2. Evolución temporal

Los análisis de cambio intra-grupo mediante Wilcoxon mostraron cambios significativos en varias estrategias de afrontamiento (Tabla 1). Se observó un incremento significativo en afrontamiento activo, apoyo informativo, apoyo emocional, aceptación y humor, junto con un descenso significativo en planificación. En cambio, el espíritu de lucha, la reformulación positiva y el distrés emocional no mostraron cambios medios significativos en el intervalo de tres meses.

4.3. Relaciones entre las variables de estudio

Las correlaciones de Spearman entre las puntuaciones de cambio residualizado (Δ ; T_2 ajustado por T_1) mostraron un patrón coherente con el modelo teórico (Tabla 2). El cambio en espíritu de lucha se asoció de forma positiva y significativa con incrementos en afrontamiento activo, apoyo informativo y emocional, aceptación, reformulación positiva y humor, y negativamente con cambios en planificación. Por su parte, el cambio en distrés emocional mostró asociaciones negativas y significativas con incrementos en espíritu de lucha y en la mayoría de las estrategias —en particular, afrontamiento activo, apoyo emocional, aceptación, reformulación positiva y humor—, y una relación positiva con incrementos en planificación. No se observaron asociaciones significativas entre el cambio en distrés emocional y en apoyo informativo.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos en T₁ y T₂ (3 meses) y contraste de cambios intra-grupo mediante Wilcoxon (N = 122)

Constructo / Variable	T1: M (SD)	T2 (3m): M (SD)	WILCOXON		
Espíritu de lucha	14.02 (1.87)	14.30 (1.88)	Z = 1.295	p = 0.195	=
Afrontamiento activo	4.99 (1.51)	5.41 (1.10)	Z = 3.261	p = 0.001	↑
Apoyo informativo	1.98 (1.59)	2.40 (1.53)	Z = 3.380	p = 0.001	↑
Apoyo emocional	3.72 (1.59)	4.23 (1.49)	Z = 4.579	p < 0.001	↑
Planificación	1.02 (1.42)	0.57 (1.23)	Z = -3.733	p < 0.001	↓
Aceptación	5.14 (1.33)	5.44 (1.00)	Z = 2.505	p = 0.012	↑
Reformulación positiva	4.04 (1.66)	4.31 (1.63)	Z = 1.955	p = 0.051	=
Humor	2.57 (1.50)	2.84 (1.36)	Z = 2.375	p = 0.018	↑
Distrés emocional	8.41 (6.27)	7.78 (6.48)	Z = -1.374	p = 0.169	=

Nota: T₁: evaluación basal; T₂: seguimiento a los 3 meses. ↑ incremento significativo; ↓ descenso significativo; = cambio no significativo según la prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Tabla 2. Correlaciones de Spearman entre puntuaciones de cambio residualizado (N=122)

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Δ Espíritu de lucha								
2. Δ Afrontamiento activo	.519***							
3. Δ Apoyo informativo	.350***	.222*						
4. Δ Apoyo emocional	.417***	.323***	.396***					
5. Δ Planificación	-.197*	-.002	-.056	-.144				
6. Δ Aceptación	.482***	.384***	.057	.302***	-.222*			
7. Δ Reformulación positiva	.622***	.369***	.276**	.308***	-.228*	.372***		
8. Δ Humor	.416***	.278**	.161	.317***	-.191*	.536***	.346***	
9. Δ Distrés emocional	-.501***	-.233**	.003	-.245***	.253**	-.569***	-.465***	-.451***

Nota. Δ = puntuación de cambio residualizado (T2 ajustado por T1). *p < 0.05, **p < 0.01, ***p ≤ 0.001

4.4. Modelos de mediación paralela

4.4.1. *Análisis exploratorio (screening)*

Se estimó un modelo de mediación paralela para evaluar si la asociación entre el cambio residual en espíritu de lucha (X) y en distrés emocional (Y) se explicaba a través de cambios en estrategias activas, ajustando por edad, línea de tratamiento inicial y administración de los ciclos de tratamiento fraccionados en varios días (PROCESS modelo 4; 10.000 remuestreos bootstrap).

El efecto indirecto total fue significativo ($B = -1.153$; IC95% $[-1.851, -0.469]$). De las cinco estrategias analizadas, únicamente la aceptación ($B = -0.518$; IC95% $[-0.953, -0.104]$) y reformulación positiva ($B = -0.722$; IC95% $[-1.163, -0.222]$) presentaron efectos indirectos significativos. En cambio, los efectos indirectos a través de afrontamiento activo ($B = 0.197$; IC95% $[-0.190, 0.538]$), apoyo emocional ($B = 0.006$; IC95% $[-0.240, 0.261]$), planificación ($B = -0.031$; IC95% $[-0.147, 0.031]$) y humor ($B = -0.084$; IC95% $[-0.304, 0.137]$) no fueron significativos.

En conjunto, estos resultados indican que, dentro del conjunto de estrategias intrapersonales evaluadas, la evidencia de mediación en el periodo de tres meses se concentra en aceptación y reformulación positiva, justificando la reestimación posterior de un modelo reducido centrado en estas vías. Por claridad y parsimonia, se presentan aquí los efectos indirectos que constituyen la evidencia relevante para la selección del modelo reducido.

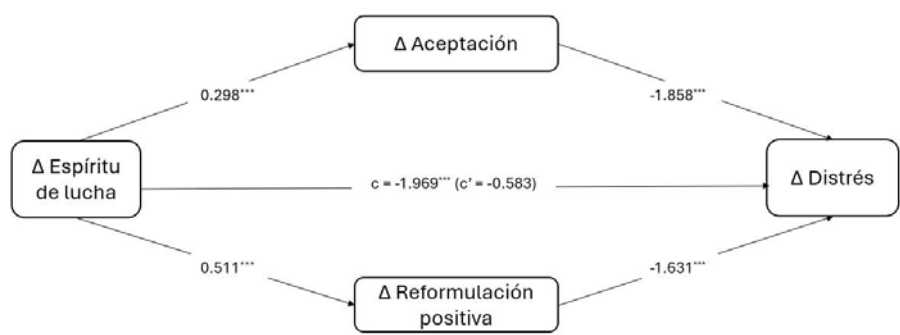
4.4.2. *Modelo reducido (parsimonioso)*

En el modelo final (Fig. 1; Tabla 3), el cambio en espíritu de lucha se asoció positivamente con cambios en aceptación ($B = 0.298$; $p < 0.001$) y reformulación positiva ($B = 0.511$; $p < 0.001$). A su vez, incrementos en estas estrategias (aceptación: $B = -1.858$; $p < 0.001$ y reformulación positiva: $B = -1.631$; $p < 0.001$) se asociaron con descensos en distrés. El modelo explicó el 55.9% de la varianza del cambio en distrés ($R^2 = 0.559$; $F_{(6,115)} = 24.278$; $p < 0.001$).

El efecto indirecto total fue significativo ($B = -1.386$; IC95% $[-1.993, -0.765]$), con contribuciones indirectas específicas a través de aceptación ($B = -0.553$; IC95% $[-0.963, -0.168]$) y reformulación positiva ($B = -0.833$; IC95% $[-1.256, -0.386]$).

El efecto directo residual no alcanzó significación estadística ($c' = -0.583$; IC95% $[-1.176, 0.010]$, $p = 0.054$) lo que sugiere que la asociación entre el espíritu de lucha y distrés se explica principalmente a través de estos mecanismos.

MODELO 4. Δ DISTRÉS. N = 122



Covariables: Edad, línea de tratamiento y administración del ciclo de tratamiento fraccionado en varios días
 $R = 0.748$; $R^2 = 0.559$, $F_{(6,115)} = 24.278$, $p \leq 0.001$

Fig 1. Modelo de mediación paralela sobre cambios residualizados (PROCESS, modelo 4): efecto del cambio en espíritu de lucha sobre el cambio en distrés emocional a través de cambios en aceptación y reformulación positiva, ajustado por edad, línea de tratamiento inicial y administración del ciclo de tratamiento fraccionado en varios días (N = 122)

Nota. Δ = puntuación de cambio residualizado (T2 ajustado por T1). Coeficientes no estandarizados (B); *p < 0.05, **p < 0.01, ***p ≤ 0.001.

Tabla 3. Resultados del análisis del modelo reducido de mediación paralela entre cambios residualizados: efectos de la aceptación y reformulación positiva en la relación entre el espíritu de lucha y el malestar emocional (PROCESS modelo 4, $N=122$)

Modelo de variable mediadora 1 (Δ Aceptación)						
Variables Predictoras	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	IC95%	
					<i>LI</i>	<i>LS</i>
Δ Espíritu de Lucha	0.298	0.037	7.987	<0.001	0.224	0.372
Edad	-0.005	0.007	-0.808	0.421	-0.018	0.008
Línea de tratamiento	-0.023	0.068	-0.346	0.730	-0.157	0.110
Ciclos de tratamiento fraccionados	-0.074	0.118	-0.625	0.533	-0.307	0.160
$R = 0.616$; $R^2 = 0.379$; $F_{(4,117)} = 17.873$, $p \leq 0.001$						
Modelo de variable mediadora 2 (Δ Reformulación Positiva)						
Variables Predictoras	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	IC95%	
					<i>LI</i>	<i>LS</i>
Δ Espíritu de Lucha	0.511	0.050	10.136	<0.001	0.411	0.610
Edad	-0.001	0.009	-0.065	0.948	-0.018	0.017
Línea de tratamiento	0.104	0.091	1.139	0.257	-0.077	0.285
Ciclos de tratamiento fraccionados	-0.288	0.159	-1.811	0.073	-0.603	0.027
$R = 0.694$; $R^2 = 0.482$; $F_{(4,117)} = 27.205$, $p \leq 0.001$						
Modelo de variable dependiente (Δ Distrés emocional)						
Variables Predictoras	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	IC95%	
					<i>LI</i>	<i>LS</i>
Δ Espíritu de Lucha	-0.583	0.299	-1.949	0.054	-1.176	0.010
Δ Aceptación	-1.858	0.499	-3.725	<0.001	-2.846	-0.870
Δ Reformulación Positiva	-1.631	0.369	-4.417	<0.001	-2.363	-0.900
Edad	0.003	0.035	0.075	0.940	-0.068	0.073
Línea de tratamiento	0.320	0.364	0.880	0.380	-0.400	1.040
Ciclos de tratamiento fraccionados	0.057	0.639	0.089	0.929	-1.208	1.322
$R = 0.748$; $R^2 = 0.559$; $F_{(6,115)} = 24.278$, $p \leq 0.001$						
				IC95%		
Efectos Directos				<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>LI</i> <i>LS</i>
Δ EL $\rightarrow$ Δ HADS (c')				-0.583	0.299	-1.176 0.010
Efectos Indirectos						
Δ EL $\rightarrow$ Δ Aceptación $\rightarrow$ Δ HADS				-0.553	0.205	-0.963 -0.168
Δ EL $\rightarrow$ Δ Reformulación Positiva $\rightarrow$ Δ HADS				-0.833	0.222	-1.256 -0.386
Efecto Indirecto Total				-1.386	0.314	-1.993 -0.765

Nota. Δ = puntuación de cambio residualizado (T_2 ajustado por T_1). B = coeficiente no estandarizado; SE = error estándar; IC95% = intervalo de confianza al 95%. Los efectos indirectos se estimaron mediante bootstrap con 10.000 remuestreos y corrección por sesgo (IC95% bootstrap). Se ajustó por edad, línea de tratamiento inicial y administración de los ciclos de tratamiento fraccionados en varios días.

5. DISCUSIÓN

El presente estudio aporta evidencia longitudinal, basada en cambio residualizado (T_2 ajustado por T_1), de que la covariación del cambio en espíritu de lucha se asocia con la covariación del cambio en distrés emocional a través de procesos autorregulatorios específicos, particularmente la aceptación y la reformulación positiva. En conjunto, los resultados sugieren que, más allá de categorías amplias como el afrontamiento activo, solo determinados recursos intrapersonales explican de forma diferencial la evolución del distrés en un horizonte temporal breve.

Para identificar estos recursos sin sobredimensionar el modelo, se adoptó un enfoque en dos etapas: un screening exploratorio seguido de una reestimación parsimoniosa. Este procedimiento permitió distinguir entre estrategias con contribución indirecta específica y otras estrategias que, aunque clínicamente relevantes, no mostraron una aportación única al desenlace, cuando se consideraron simultáneamente.

Estos hallazgos son coherentes con el *Common-Sense Model of Self-Regulation* (CSM), según el cual las representaciones cognitivas y emocionales de la enfermedad guían el afrontamiento y, a través de este, influyen en los resultados psicológicos [33]. Desde este marco, el espíritu de lucha podría desempeñar un papel organizador en la regulación emocional, canalizando su influencia a través de estrategias activas específicas. Así, el modelo propuesto (espíritu de lucha $\rightarrow$ estrategias activas $\rightarrow$ distrés) resulta teóricamente plausible, aunque no excluye relaciones bidireccionales entre afrontamiento y distrés en un diseño observacional [31].

Un aspecto relevante es que ni el espíritu de lucha ni el distrés mostraron cambios medios significativos en tres meses, mientras que el enfoque residualizado permitió identificar vías mediacionales robustas. Este patrón refleja la diferencia entre cambio medio grupal y co-cambio intraindividual. Mientras la prueba de Wilcoxon evalúa desplazamientos promedio, el cambio residualizado permite identificar qué pacientes cambian más o menos de lo esperable según su nivel basal y cómo esos cambios se relacionan entre variables. Así, el valor explicativo reside más en las trayectorias diferenciales que en mejoras uniformes en toda la muestra.

Este planteamiento es coherente con estudios que muestran una notable variabilidad individual en el afrontamiento, incluso cuando los promedios grupales permanecen relativamente estables [43]. Asimismo, en un estudio longitudinal, Silva et al. observaron que el afrontamiento evaluado en fases tempranas se asociaba con el ajuste psicológico posterior, aunque este patrón difería según el tipo de estrategia. En concreto, las estrategias cognitivas intrapersonales —como aceptación, reformulación positiva, planificación y humor— mostraron una mayor vinculación con la evolución de la sintomatología ansioso-depresiva y la calidad de vida durante la trayectoria oncológica. En cambio, las estrategias de búsqueda de apoyo no mostraron una asociación

directa consistente con el ajuste psicológico posterior, lo que sugiere que estas estrategias interpersonales podrían operar a través de vías más indirectas o mediadas [44]. En consonancia con este patrón, en el presente estudio la aceptación y la reformulación positiva —dos estrategias cognitivas intrapersonales— emergieron como las principales vías que explican la relación entre el cambio en el espíritu de lucha y el cambio en distrés emocional.

En relación con la aceptación, su papel como mediador es consistente con evidencia que la vincula con menor distrés general [45], menor sintomatología ansioso-depresiva [46] y mejor ajuste psicológico en cáncer [3]. Su incremento medio significativo refuerza su carácter relativamente plástico y sugiere que puede constituir una vía clínicamente relevante para reducir el malestar emocional a corto plazo.

La reformulación positiva se ha asociado de forma consistente con menor sintomatología ansiosa y depresiva en pacientes con cáncer [47,48]. En el presente estudio, aunque no se observaron cambios medios significativos a tres meses, la reformulación positiva emergió como una de las vías indirectas más consistentes. Esto ilustra la lógica del co-cambio intraindividual: la reformulación positiva no aumenta necesariamente en toda la muestra, pero sí diferencia a los pacientes que logran reinterpretar el significado de la experiencia y, con ello, reducir el distrés. Estudios prospectivos han mostrado que niveles iniciales y mantenidos de aceptación y reformulación positiva se asocian con mejor calidad de vida y bienestar emocional al año [49]. De forma complementaria, se ha sugerido que este tipo de reencuadre puede requerir más tiempo para traducirse en reducciones claras de distrés en ventanas muy breves, lo que refuerza la plausibilidad de efectos detectables como co-cambios sin incremento medio uniforme [50].

El comportamiento de la planificación introduce un matiz clínicamente relevante. Aunque disminuyó en promedio, su asociación positiva con el cambio en distrés sugiere que, en algunos pacientes, podría reflejar intentos de control reactivo ante la incertidumbre o la amenaza, más que un afrontamiento eficaz. No obstante, esta interpretación debe considerarse con cautela, ya que la planificación también podría reflejar demandas objetivas del tratamiento, la organización del cuidado o la evolución clínica.

En conjunto, los hallazgos apoyan la conveniencia de considerar tanto orientaciones disposicionales [51] como procesos autorregulatorios específicos asociados a la evolución del distrés. Esta diferenciación puede mejorar la identificación de necesidades psicosociales y orientar intervenciones dirigidas a promover cogniciones más funcionales y favorecer recursos de afrontamiento ajustados a la situación clínica [52].

Desde una perspectiva aplicada, los resultados sugieren que la práctica psicooncológica y enfermera podría beneficiarse de evaluar no solo el distrés, sino también procesos asociados a su evolución, como la aceptación y la reformulación positiva. Esto es coherente con intervenciones basadas en manejo

del estrés, afrontamiento y reencuadre cognitivo, asociadas con mejoras en distrés y calidad de vida [53], así como con enfoques de intervención personalizada basados en el cribado sistemático del distrés en momentos clínicos de alta carga (p. ej., pre- y postoperatorio) [50].

5.1. Limitaciones y líneas futuras

Este estudio presenta varias limitaciones. En primer lugar, el diseño de dos olas impide establecer relaciones causales y descartar relaciones recíprocas entre afrontamiento y distrés. Por tanto, los hallazgos deben interpretarse como compatibles con un proceso de co-cambio más que como evidencia causal. En segundo lugar, el seguimiento pudo estar afectado por *attrition* clínicamente selectivo. En tercer lugar, el uso de subescalas breves de dos ítems puede reducir la precisión de algunas estimaciones, especialmente en el caso del humor. Finalmente, la heterogeneidad clínica, si bien aumenta la aplicabilidad de los hallazgos, introduce variabilidad no controlada.

Futuros estudios deberían incorporar más puntos de medición para evaluar modelos recíprocos, trayectorias no lineales y secuencias temporales más precisas, analizar moderadores clínicos (p. ej., carga de tratamiento, estadio o presencia de metástasis), y añadir medidas de representaciones de enfermedad vinculadas al CSM para modelar procesos más proximales en la cadena explicativa (“aguas arriba”) del ajuste psicológico.

Pese a estas limitaciones, los resultados sugieren que la evolución del distrés se articula a través de procesos cognitivo-emocionales específicos, lo que apoya su consideración como dianas para la evaluación e intervención psicooncológica temprana.

6. CONCLUSIÓN

No todas las estrategias activas explican del mismo modo la evolución del distrés. En un seguimiento a tres meses, el aumento residualizado del espíritu de lucha se asoció con descensos del distrés emocional principalmente a través de dos rutas intrapersonales autorregulatorias: la aceptación y la reformulación positiva. Otras estrategias activas no aportaron una contribución indirecta única cuando se consideraron simultáneamente en modelos paralelos.

Estos hallazgos sugieren que, en oncología, la comprensión del cambio psicológico no depende únicamente de los desplazamientos promedio, sino de la estructura del co-cambio intraindividual. En conjunto, los resultados respaldan un enfoque psicooncológico orientado a procesos específicos y apoyan la conveniencia de pasar de categorías amplias de afrontamiento a recursos intrapersonales concretos, cuya evaluación breve y promoción pueden constituir dianas plausibles para una atención más personalizada y clínicamente relevante.

7. REFERENCIAS

- [1] Riba MB, Donovan KA, Andersen B, Braun Ii, Breitbart WS, Brewer BW, et al. Distress Management, Version 3.2019, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. *J Natl Compr Cancer Netw*. 2019;17:1229–49. <https://doi.org/10.6004/jnccn.2019.0048>
- [2] Hernández M, Cruzado JA. La atención psicológica a pacientes con cáncer: de la evaluación al tratamiento. *Clínica y Salud*. 2013;24:1–9. <https://doi.org/10.5093/cl2013a1>
- [3] Secinti E, Tometich DB, Johns SA, Mosher CE. The relationship between acceptance of cancer and distress: A meta-analytic review. *Clin Psychol Rev*. 2019;71:27–38. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2019.05.001>
- [4] Mehnert A, Hartung TJ, Friedrich M, Vehling S, Brähler E, Härter M, et al. One in two cancer patients is significantly distressed: Prevalence and indicators of distress. *Psychooncology*. 2018;27:75–82. <https://doi.org/10.1002/pon.4464>
- [5] Erdoğan Yüce G, Döner A, Muz G. Psychological Distress and Its Association with Unmet Needs and Symptom Burden in Outpatient Cancer Patients: A Cross-Sectional Study. *Semin Oncol Nurs*. 2021;37:151214. <https://doi.org/10.1016/j.soncn.2021.151214>
- [6] Obispo Portero B, Jiménez-Fonseca P, García-García T, Rogado J, Pacheco-Barcia V, Calderon C. Influencia de la dignidad percibida y estrategias de afrontamiento en la incertidumbre y malestar emocional de pacientes con cáncer avanzado. *Psicooncología*. 2024;21:251–64. <https://doi.org/10.5209/psic.98170>
- [7] Lauriola M, Tomai M. Biopsychosocial Correlates of Adjustment to Cancer during Chemotherapy: The Key Role of Health-Related Quality of Life. *Sci World J*. 2019;2019:1–12. <https://doi.org/10.1155/2019/9750940>
- [8] Bergerot C, Jacobsen PB, Rosa WE, Lam WWT, Dunn J, Fernández-González L, et al. Global unmet psychosocial needs in cancer care: health policy. *eClinicalMedicine*. 2024;78:102942. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2024.102942>
- [9] Greer S, Moorey S, Watson M. Patients' adjustment to cancer: The Mental Adjustment to Cancer (MAC) scale vs clinical ratings. *J Psychosom Res*. 1989;33:373–7. [https://doi.org/10.1016/0022-3999\(89\)90027-5](https://doi.org/10.1016/0022-3999(89)90027-5)
- [10] Czerw A, Religioni U, Szymański F, Nieradko-Heluszkó A, Mękal D, Hering D, et al. Normalization of the Mini-MAC (Mental Adjustment to Cancer) Questionnaire among Cancer Patients. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18:12603. <https://doi.org/10.3390/ijerph182312603>
- [11] Watson M, Law MG, dos Santos M, Greer S, Baruch J, Bliss J. The Mini-MAC: Further Development of the Mental Adjustment to Cancer

- Scale. *J Psychosoc Oncol.* 1994;12:33–46. https://doi.org/10.1300/J077V12N03_03
- [12] Romeo A, Di Tella M, Ghiggia A, Tesio V, Gasparetto E, Stanizzo MR, et al. The Traumatic Experience of Breast Cancer: Which Factors Can Relate to the Post-traumatic Outcomes? *Front Psychol.* 2019;10:891. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00891>
- [13] Antoniadis D, Giakoustidis A, Papadopoulos V, Fountoulakis KN, Watson M. Quality of life, distress and psychological adjustment in patients with colon cancer. *Eur J Oncol Nurs.* 2024;68:102467. <https://doi.org/10.1016/j.ejon.2023.102467>
- [14] Pato M, Allahyari AA, Moradi AR, Payandeh M, Hassani L. Studying the Relation between Mental Adjustment to Cancer and Health-Related Quality of Life in Breast Cancer Patients. *Int J Cancer Manag.* 2017;11:1–6. <https://doi.org/10.5812/ijcm.8407>
- [15] Cho YU, Lee BG, Kim SH. Coping style at diagnosis and its association with subsequent health-related quality of life in women with breast cancer: A 3-year follow-up study. *Eur J Oncol Nurs.* 2020;45:101726. <https://doi.org/10.1016/j.ejon.2020.101726>
- [16] Kulpa M, Owczarek K. Przystosowanie psychiczne do choroby nowotworowej a oczekiwania i potrzeby pacjentów onkologicznych. *Onkol Pol.* 2013;16:104–9.
- [17] Costa G, Ballester R. Influencia De Las Características Sociodemográficas Y Clínicas En La Calidad De Vida Y Malestar Emocional Del Paciente Oncológico. *Psicooncología.* 2010;7:453–62.
- [18] Ferrero J, Barreto MP, Toledo M. Mental adjustment to cancer and quality of life in breast cancer patients: An exploratory study. *Psychooncology.* 1994;3:223–32. <https://doi.org/10.1002/pon.2960030309>
- [19] Langford DJ, Morgan S, Cooper B, Paul S, Kober K, Wright F, et al. Association of personality profiles with coping and adjustment to cancer among patients undergoing chemotherapy. *Psychooncology.* 2020;29:1060–7. <https://doi.org/10.1002/pon.5377>
- [20] Lazarus RS, Folkman S. Stress, appraisal, and coping. New York: Springer; 1984.
- [21] Dev R, Agosta M, Fellman B, Reddy A, Baldwin S, Arthur J, et al. Coping Strategies and Associated Symptom Burden Among Patients With Advanced Cancer. *Oncologist.* 2024;29:166–75. <https://doi.org/10.1093/oncolo/oyad253>
- [22] Huda N, Yun-Yen, Deli H, Shaw MK, Huang T-W, Chang H-J. Mediation of Coping Strategies among Patients with Advanced Cancer. *Clin Nurs Res.* 2021;30:1153–63. <https://doi.org/10.1177/10547738211003276>

- [23] Nipp RD, El-Jawahri A, Fishbein JN, Eusebio J, Stagl JM, Gallagher ER, et al. The relationship between coping strategies, quality of life, and mood in patients with incurable cancer. *Cancer*. 2016;122:2110–6. <https://doi.org/10.1002/cncr.30025>
- [24] Velasco-Durantez V, Cruz-Castellanos P, Hernandez R, Rodriguez-Gonzalez A, Fernandez Montes A, Gallego A, et al. Prospective study of predictors for anxiety, depression, and somatization in a sample of 1807 cancer patients. *Sci Rep*. 2024;14:3188. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53212-y>
- [25] Cai T, Huang Q, Yuan C. Emotional, informational and instrumental support needs in patients with breast cancer who have undergone surgery: a cross-sectional study. *BMJ Open*. 2021;11:e048515. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-048515>
- [26] Moura R, Camilo C, Luís S. As Strong as We Are United: Effects of Intrapersonal and Interpersonal Emotion Regulation on Quality of Life in Women With Breast Cancer. *Front Psychol*. 2021;12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.661496>
- [27] Marroquín B, Tennen H, Stanton AL. Coping, Emotion Regulation, and Well-Being: Intrapersonal and Interpersonal Processes. *The Happy Mind: Cognitive Contributions to Well-Being*. Cham: Springer International Publishing; 2017. p. 253–74. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58763-9_14
- [28] Pourfallahi M, Gholami M, Tarrahi MJ, Toulabi T, Kordestani Moghadam P. The effect of informational-emotional support program on illness perceptions and emotional coping of cancer patients undergoing chemotherapy. *Support Care Cancer*. 2020;28:485–95. <https://doi.org/10.1007/s00520-019-04842-w>
- [29] Merluzzi T V., Serpentine S, Philip EJ, Yang M, Salamanca-Balen N, Heitzmann Ruhf CA, et al. Social relationship coping efficacy: A new construct in understanding social support and close personal relationships in persons with cancer. *Psychooncology*. 2019;28:85–91. <https://doi.org/10.1002/pon.4913>
- [30] García-Alonso E, Ubillos-Landa S, Crespo Herrero G. Seeking vs Receiving Emotional Support in Cancer: Implications for Psychological Adjustment and Quality of Life. *Semin Oncol Nurs*. 2026;152241. <https://doi.org/10.1016/j.soncn.2026.152241>
- [31] Baziliansky S, Cohen M. Emotion regulation and psychological distress in cancer survivors: A systematic review and meta-analysis. *Stress Heal*. 2021;37:3–18. <https://doi.org/10.1002/smi.2972>
- [32] Leventhal H, Meyer D, Nerenz D. The common sense representation of illness danger. *Contrib to Med Psychol*. Oxford: Pergamon Press; 1980;2:7–30.

- [33] Leventhal H, Phillips LA, Burns E. The Common-Sense Model of Self-Regulation (CSM): a dynamic framework for understanding illness self-management. *J Behav Med.* 2016;39:935–46. <https://doi.org/10.1007/s10865-016-9782-2>
- [34] Hagger MS, Koch S, Chatzisarantis NLD, Orbell S. The common sense model of self-regulation: Meta-analysis and test of a process model. *Psychol Bull.* 2017;143:1117–54. <https://doi.org/10.1037/bul0000118>
- [35] Watson M, Greer S, Young J, Inayat Q, Burgess C, Robertson B. Development of a questionnaire measure of adjustment to cancer: the MAC scale. *Psychol Med.* 1988;18:203–9. <https://doi.org/10.1017/S0033291700002026>
- [36] Courtens AM, Stevens FCJ, Crebolder HFJM, Philipsen H. Longitudinal study on quality of life and social support in cancer patients. *Cancer Nurs.* 1996;19:162–9. <https://doi.org/10.1097/00002820-199606000-00002>
- [37] Román Calderón JP, Krikorian A, Palacio González C. Afrontamiento del cáncer: adaptación al español y validación del Mini-MAC en población colombiana. *Av en Psicol Latinoam.* 2015;33 (3):531-544. <https://doi.org/10.12804/apl33.03.2015.11>
- [38] Carver CS. You want to measure coping but your protocol's too long: Consider the brief cope. *Int J Behav Med.* 1997;4:92–100. <https://doi.org/10.1207/s15327558ijbm0401>
- [39] Perczek R, Carver CS, Price AA, Pozo-Kaderman C. Coping, mood, and aspects of personality in Spanish translation and evidence of convergence with English versions. *J Pers Assess.* 2000;74:63–87. <https://doi.org/10.1207/S15327752JPA740105>
- [40] Zigmond AS, Snaith RP. The Hospital Anxiety and Depression Scale. *Acta Psychiatr Scand.* 1983;67:361–70. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0447.1983.tb09716.x>
- [41] Tejero A, Guimerá EM, Farré JM, Peri JM. Uso clínico del HADS (Hospital Anxiety and Depression Scale) en población psiquiátrica: estudio de su sensibilidad, fiabilidad y validez. *Rev del Dep Psiquiatr la Fac Med Barcelona.* 1986;13:223–38.
- [42] Pan H, Liu S, Miao D, Yuan Y. Sample size determination for mediation analysis of longitudinal data. *BMC Med Res Methodol.* 2018;18:32. <https://doi.org/10.1186/s12874-018-0473-2>
- [43] Schou-Bredal I, Ekeberg Ø, Kåresen R. Variability and stability of coping styles among breast cancer survivors: A prospective study. *Psychooncology.* 2021;30:369–77. <https://doi.org/10.1002/pon.5587>
- [44] Silva SM, Crespo C, Canavarró MC. Pathways for psychological adjustment in breast cancer: A longitudinal study on coping strategies and posttraumatic growth. *Psychol Heal.* 2012;27:1323–41. <https://doi.org/10.1080/08870446.2012.676644>

- [45] Yeh Y-C, Kuo S-F, Lu C-H, Yueh-Chen Y, Shu-Fen K, Chien-Hsing L. The relationships between stress, coping strategies, and quality of life among gynecologic cancer survivors. *Nurs Health Sci.* 2023;25:636–45. <https://doi.org/10.1111/nhs.13056>
- [46] Dąbrowska-Ilnicka JW, Milska-Musa KA. Social support and quality of life among oncology patients. *Oncol Clin Pract.* 2025. <https://doi.org/10.5603/ocp.105932>
- [47] Zamanian H, Amini-Tehrani M, Jalali Z, Daryaafzoon M, Ala S, Tabrizian S, et al. Perceived social support, coping strategies, anxiety and depression among women with breast cancer: Evaluation of a mediation model. *Eur J Oncol Nurs.* 2021;50:101892. <https://doi.org/10.1016/j.ejon.2020.101892>
- [48] van de Wiel M, Derijcke S, Galdermans D, Daenen M, Surmont V, De Droogh E, et al. Coping Strategy Influences Quality of Life in Patients With Advanced Lung Cancer by Mediating Mood. *Clin Lung Cancer.* 2021;22:e146–52. <https://doi.org/10.1016/j.clcc.2020.09.010>
- [49] Lutgendorf SK, Anderson B, Ullrich P, Johnsen EL, Buller RE, Sood AK, et al. Quality of life and mood in women with gynecologic cancer. *Cancer.* 2002;94:131–40. <https://doi.org/10.1002/cncr.10155>
- [50] Taurisano P, Abbatantuono C, Verri V, Pepe I, Stucci LS, Taurino A, et al. Pre-surgery supportive and goal-oriented strategies are associated with lower post-surgery perceived distress in women diagnosed with breast cancer. *BMC Psychol.* 2022;10:2. <https://doi.org/10.1186/s40359-021-00714-3>
- [51] Kim JHJJ, Bright EE, Williamson TJ, Krull JL, Weihs KL, Stanton AL. Transitions in coping profiles after breast cancer diagnosis: implications for depressive and physical symptoms. *J Behav Med.* 2021;44:1–17. <https://doi.org/10.1007/s10865-020-00159-w>
- [52] Toscano A, Blanchin M, Bourdon M, Bonnaud Antignac A, Sébille V. Longitudinal associations between coping strategies, locus of control and health-related quality of life in patients with breast cancer or melanoma. *Qual Life Res.* 2020;29:1271–9. <https://doi.org/10.1007/s11136-019-02401-8>
- [53] Ellawindi MI, Shoman TH, Taher E, Gohar S, Shehata S. Effectiveness of Psychosocial Supportive Care Trial on Quality of Life among Breast Cancer Patients: An Interventional Study at the National Cancer Institute, Egypt. *Open Access Maced J Med Sci.* 2021;9:779–88. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2021.6089>

TRITURADO DE PALA DE AEROGENERADOR COMO ALTERNATIVA A LAS FIBRAS SINTÉTICAS CONVENCIONALES EN HORMIGÓN: ANÁLISIS BAJO COMPRESIÓN Y FLEXIÓN

CHRISTIAN A. GUALOTUÑA, VÍCTOR REVILLA-CUESTA, VANESA ORTEGA-LÓPEZ

*Departamento de Ingeniería Civil, Escuela Politécnica Superior,
Universidad de Burgos, c/ Villadiego s/n, 09001 Burgos, España.*

Resumen

El crecimiento continuado de la energía eólica en las últimas décadas ha generado un nuevo desafío ambiental relacionado con la gestión de las palas de aerogeneradores al final de su vida útil. Estos elementos están compuestos principalmente por Polímeros Reforzados con Fibra de Vidrio (PRFV), materiales que presentan una elevada resistencia mecánica pero cuya compleja estructura dificulta su reciclaje mediante métodos convencionales. Ante este escenario, el sector de la construcción ha comenzado a explorar estrategias alternativas de valorización de estos residuos mediante su incorporación en materiales de construcción.

El Hormigón Reforzado con Fibras (HRF) constituye una de las soluciones más prometedoras para mejorar el comportamiento mecánico del hormigón convencional, particularmente frente a esfuerzos de tracción y flexión. La incorporación de fibras permite limitar la propagación de fisuras, incrementar la ductilidad del material y mejorar su capacidad de absorción de energía. Tradicionalmente, este tipo de refuerzo se ha realizado mediante fibras comerciales de acero o poliméricas. Sin embargo, el creciente interés por el desarrollo de materiales sostenibles ha impulsado la investigación sobre el uso de fibras recicladas como alternativa de refuerzo.

En este marco, el presente estudio analiza el comportamiento bajo cargas de compresión y flexión del hormigón que incorpora residuo procedente del triturado de palas de aerogeneradores. Este material se obtiene mediante trituración mecánica de las palas sin separación previa de sus componentes, siendo denominado Triturado de Pala de Aerogenerador (TPA). El TPA está compuesto por una mezcla de fibras y microfibras de PRFV, fragmentos de polímeros y partículas de madera de balsa. La presencia de estas fibras permite generar un efecto de refuerzo en la matriz cementicia, favoreciendo el control de fisuras y mejorando el comportamiento del material.

Esta investigación compara el desempeño del hormigón que incorpora TPA con el de hormigones reforzados con fibras comerciales de polipropileno. Para ello se estudian tres contenidos volumétricos de fibra (0,3%, 0,65% y 1,0%), evaluando su influencia en el comportamiento en estado fresco, así como en la resistencia a compresión y a flexión. El objetivo principal es determinar si las fibras de PRFV presentes en este residuo pueden constituir una alternativa viable a las fibras sintéticas convencionales, contribuyendo simultáneamente a la valorización de residuos procedentes de la industria eólica y al desarrollo de soluciones más sostenibles en el ámbito de los materiales de construcción.

Palabras clave

fibras de polipropileno, triturado de pala de aerogenerador, hormigón, comportamiento fresco, resistencia a compresión, resistencia a flexión.

1. INTRODUCCIÓN

El Hormigón Reforzado con Fibras (HRF) se ha consolidado como una alternativa relevante dentro de la ingeniería civil moderna debido a su capacidad para mejorar el comportamiento mecánico, la durabilidad y la vida útil de las estructuras [1]. A diferencia del hormigón convencional, la incorporación de fibras permite reducir su fragilidad frente a esfuerzos de tracción y flexión, al actuar como elementos de puenteo que limitan la propagación de fisuras y aportar resistencia residual tras la aparición de grietas. Asimismo, el control de la apertura de fisuras contribuye a disminuir la penetración de agentes agresivos, mejorando el desempeño a largo plazo del material [1].

En la práctica, las fibras más utilizadas son de acero, polímeros o vidrio [2]. El uso de fibras de acero ha demostrado incrementos significativos en propiedades mecánicas, especialmente en resistencia a flexión, tracción y capacidad de absorción de energía. Por su parte, las fibras poliméricas y de vidrio representan alternativas eficientes debido a su menor densidad, resistencia a la corrosión y capacidad para controlar la fisuración temprana, aunque su desempeño depende de factores como la geometría de la fibra, su módulo elástico y la calidad de la adherencia con la matriz cementicia.

En paralelo, la investigación reciente ha puesto énfasis en el uso de fibras naturales y recicladas como una estrategia para avanzar hacia el empleo de materiales más sostenibles [3, 4]. Las fibras de origen vegetal contribuyen a reducir el impacto ambiental del hormigón, aunque presentan desafíos asociados a su variabilidad y durabilidad [5]. De forma complementaria, el uso de fibras recicladas permite valorizar residuos industriales, logrando en algunos casos desempeños comparables a las fibras convencionales, lo que ha impulsado su adopción en el sector de la construcción [2].

El crecimiento de la energía eólica ha generado un nuevo desafío ambiental relacionado con la gestión de residuos provenientes de palas de aerogeneradores al final de su vida útil [6]. Estas estructuras están compuestas

principalmente por Polímeros Reforzados con Fibra de Vidrio (PRFV), combinados con otros materiales como madera de balsa y resinas termoestables, lo que dificulta su reciclaje mediante métodos tradicionales [7].

Diversas estrategias han sido exploradas para su valorización, incluyendo la reutilización estructural directa y procesos termoquímicos para la recuperación de fibras [8, 9]. Sin embargo, estas alternativas presentan limitaciones, ya sea por la degradación de las propiedades mecánicas de las fibras recuperadas o por la complejidad del procesamiento [9]. En este sentido, la incorporación de estos residuos en matrices cementicias surge como una alternativa prometedora dentro del enfoque de economía circular [10].

Investigaciones recientes han demostrado que el reprocesamiento mecánico de materiales provenientes de palas permite obtener elementos con forma de fibra con capacidad de mejorar la resistencia a flexión y la tenacidad del hormigón [11]. No obstante, la necesidad de separar los distintos componentes del material compuesto sigue siendo un desafío técnico relevante.

Como alternativa, se ha propuesto el uso del residuo procedente del triturado de las palas de aerogenerador sin separación previa de sus componentes, denominado Triturado de Pala de Aerogenerador (TPA) [10]. Este residuo contiene una mezcla de fibras de PRFV, polímeros y madera de balsa. Este enfoque simplifica el proceso de valorización y ha mostrado resultados prometedores, ya que su incorporación en proporciones moderadas no afecta significativamente a la trabajabilidad ni la resistencia a compresión del hormigón, al tiempo que contribuye a mantener o mejorar su comportamiento a flexión. Sin embargo, la presencia de componentes no estructurales puede generar efectos negativos, como puntos de debilidad en los que se produce el inicio del fallo o la fisuración.

En este marco, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el comportamiento del hormigón con adición de TPA en comparación con el hormigón reforzado con fibras sintéticas de polipropileno. Se analizan diferentes contenidos de adición y su influencia en las propiedades en estado fresco, la resistencia a compresión y la resistencia a flexión. El propósito es determinar si este material reciclado puede constituir una alternativa técnica viable frente a soluciones convencionales, contribuyendo simultáneamente a la sostenibilidad en la ingeniería de la construcción.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Componentes del hormigón

Los hormigones desarrollados en este estudio se elaboraron utilizando cemento CEM II/A-L 42,5 R (con un contenido de 6–20% de caliza y una densidad de 3,0 kg/dm³), conforme a la norma EN 197-1, junto con agua potable, un superplastificante y un aditivo reductor de agua de alto rendimiento. Se emplearon áridos silíceos con tamaños de 0/4 mm, 4/12 mm y 12/22 mm, así como áridos calizos de 0/2 mm. Las propiedades de absorción y densidad de

los áridos se presentan en la Tabla 1, mientras que sus curvas granulométricas se muestran en la Fig. 1.

Tabla 1. Propiedades de los áridos

Tamaño del árido (mm)	0/2	0/4	4/12	12/22
Densidad (kg/dm3)	2,66	2,62	2,63	2,60
Absorción de agua en 24 horas (% en masa)	0,10	0,13	0,32	0,55
Módulo granulométrico	2,73	3,73	7,23	8,15

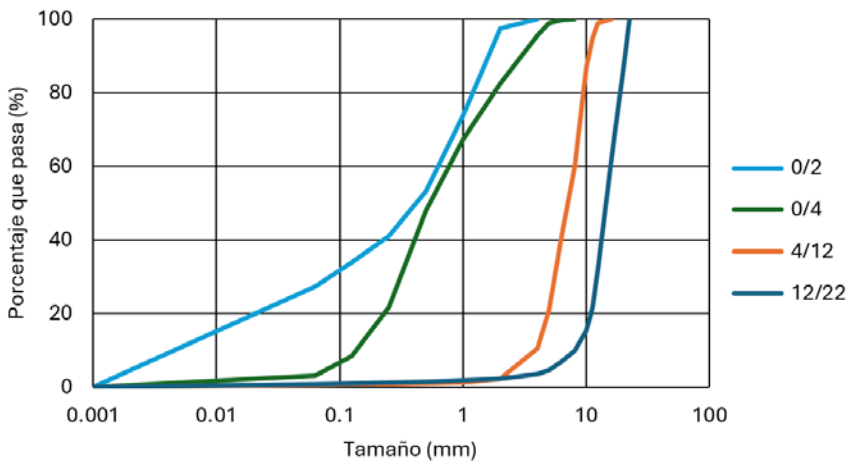


Figura 1. Curvas granulométricas de los áridos

Las fibras comerciales empleadas en este estudio fueron de PoliPropileno (PP) (Fig. 2 izquierda), con una densidad de 0,91 kg/dm³, longitud promedio de 12 mm, resistencia a tracción entre 300 y 400 MPa y módulo elástico de 6-10 GPa, según el fabricante. Estas fibras fueron seleccionadas debido a su similitud en tamaño y propiedades mecánicas con las fibras de PRFV presentes en el TPA.



Figura 2. Tipos de fibras: fibras de polipropileno (izquierda) y TPA (derecha)

El TPA (Fig. 2 derecha), obtenido a partir de palas de aerogeneradores fuera de servicio mediante trituración no selectiva y tamizado a 10 mm,

presentó una composición heterogénea. Este material estuvo constituido principalmente por fibras de PRFV (66,8% en peso), junto con microfibras de PRFV (13,8%), partículas poliméricas (8,3%), fragmentos de madera de balsa (6,3%) y pequeñas fracciones mixtas (4,8%). Su densidad global fue de 1,63 kg/dm³. Considerando únicamente las fibras de PRFV dentro del TPA, estas presentaron una densidad de 2,04 kg/dm³, una longitud media de 13,07 mm, resistencia a tracción cercana a 270 MPa y un módulo elástico de aproximadamente 25 GPa.

2.2. Composición del hormigón

La dosificación de la mezcla de referencia, sin incorporación de fibras, se definió inicialmente conforme a las indicaciones del Eurocódigo 2 y posteriormente se ajustó de manera empírica para garantizar una adecuada trabajabilidad y resistencia en aplicaciones generales. La mezcla final incluyó 320 kg/m³ de cemento, una dosificación de aditivos equivalente al 1,0% del peso del cemento, con una relación 1:2 entre reductor de agua de alta gama y superplastificante, y una relación agua/cemento de 0,40. Las proporciones de los áridos se determinaron mediante el ajuste a la curva de Fuller, como se muestra en la Fig. 3.

Las mezclas de hormigón reforzado con fibras se elaboraron incorporando dichas fibras en contenidos de 0,3%, 0,65% y 1,0% en volumen, ya fuesen de PP o TPA. La incorporación de fibras no implicó modificaciones en la dosificación base, manteniéndose constantes el contenido de agua y aditivos para evitar la introducción de variables adicionales que afectaran el comportamiento del hormigón.

Las composiciones concretas se detallan en Tabla 2, que ilustra todos los aspectos del diseño de la mezcla que se han discutido.

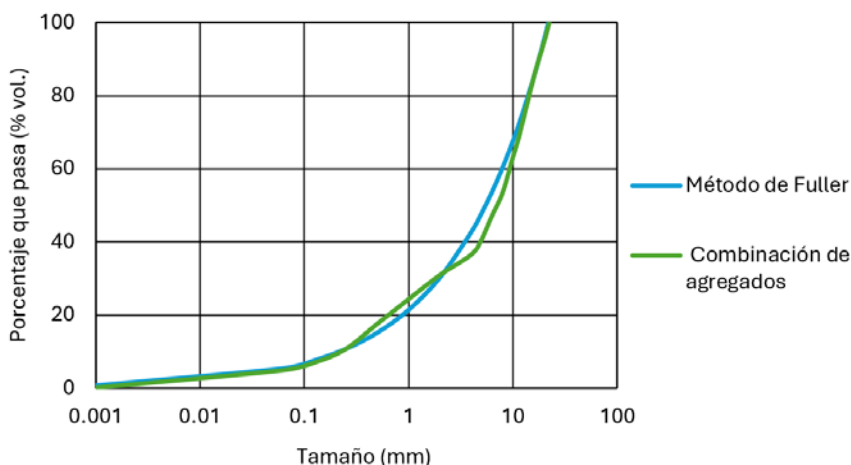


Figura 3. Curva granulométrica global.

Tabla 2. Composición del hormigón (kg)

Proporción de fibras de PP (% vol.)	0	0,3	0,65	1,0	0	0	0
Proporción de fibras de PRFV de TPA (% vol.)	0	0	0	0	0,3	0,65	1,0
Agua	128	128	128	128	128	128	128
Cemento	320	320	320	320	320	320	320
Superplastificante	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Reductor de agua de alto rendimiento	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Áridos	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Fibras de PP	0	2,7	5,9	9,1	0	0	0
RCWTB	0	0	0	0	9,2	19,9	30,6

2.3. Campaña experimental

Tras la elaboración del hormigón, se realizaron los ensayos en estado fresco y, de forma paralela, se prepararon tres probetas por cada ensayo en estado endurecido: 3 probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura para la resistencia a compresión y 3 probetas prismáticas de ancho y canto de 7,5 cm y longitud de 27,5 cm para la resistencia a flexión. Las probetas fueron desmoldadas y curadas en condiciones controladas (humedad relativa de $90 \pm 5\%$ y temperatura de $20 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$), siguiendo la norma EN 12390-2, hasta los 28 días, cuando se realizaron los ensayos en estado endurecido. La Tabla 3 presenta un resumen de los ensayos realizados.

Tabla 3. Campaña experimental

Estado	Norma	Ensayo
Fresco	EN 12350-7	Contenido de aire
	EN 12350-2	Asentamiento
	EN 12350-6	Densidad fresca
Endurecido	EN 12390-5	Resistencia a la flexión
	EN 12390-3	Resistencia a la compresión

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Ensayos en estado fresco

Los resultados de las propiedades en estado fresco evaluadas se presentan en la Fig. 4. En general, los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos esperados según los criterios de diseño del hormigón.

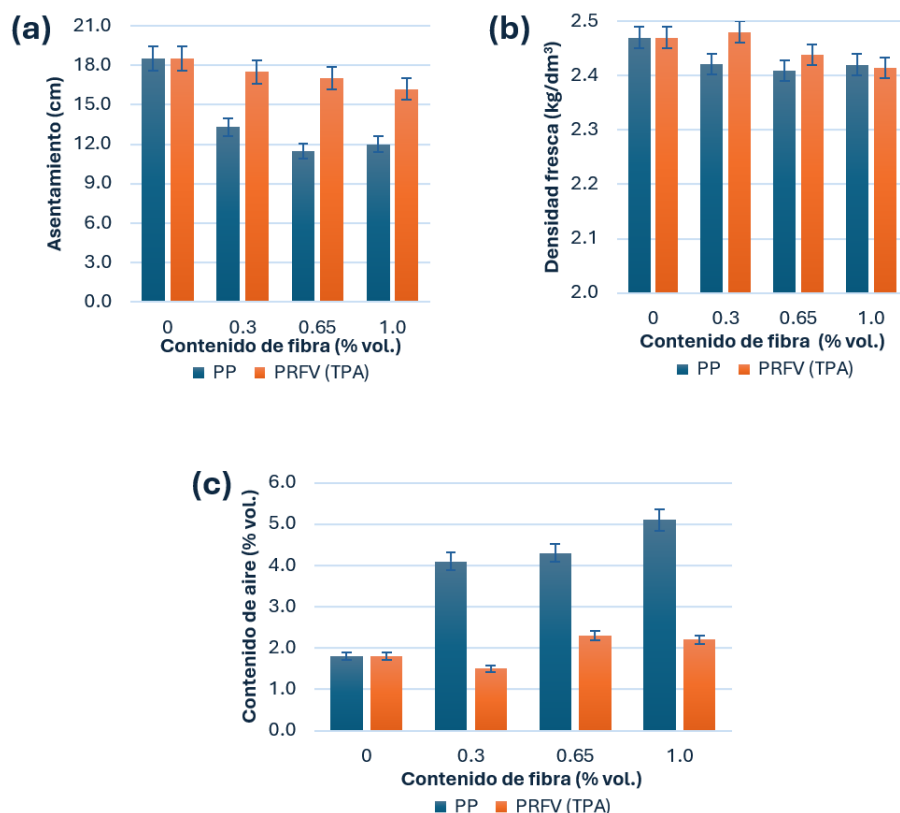


Figura 4. Propiedades en estado fresco: (a) asentamiento; (b) densidad fresca; (c) contenido de aire

Los resultados de trabajabilidad (Fig. 4a) muestran que la incorporación de fibras redujo la fluidez del hormigón respecto a la mezcla de referencia. Este efecto se debió principalmente a la interferencia de las fibras en el flujo y al aumento de la superficie específica, que disminuyó el agua libre disponible. Sin embargo, el impacto dependió del tipo de fibra: las fibras de PP generaron una reducción más significativa, alcanzando valores de asentamiento entre 12 y 13 cm, mientras que las fibras de PRFV provenientes del TPA provocaron disminuciones más moderadas, con valores cercanos a 16 cm para el mayor contenido. Este comportamiento se atribuyó a la formación de una red tridimensional más densa en el caso de las fibras de PP, que dificultó el movimiento de la mezcla.

En cuanto a la densidad en estado fresco (Fig. 4b), no se observaron variaciones relevantes, manteniéndose dentro de rangos típicos. No obstante, se evidenció una ligera disminución asociada a la incorporación de fibras, debido a su menor densidad en comparación con los áridos. Las mezclas con

fibras de PRFV presentaron valores ligeramente superiores a las que contenían fibras de PP, lo que sugiere una menor retención de aire en comparación con estas últimas.

El análisis del contenido de aire (Fig. 4c) confirmó este comportamiento. En general, el aire atrapado aumentó con el contenido de fibras, siendo este incremento más notable en las mezclas con fibras de PP. Incluso a bajas dosificaciones, estas fibras generaron un aumento significativo del contenido de aire, lo cual estuvo directamente relacionado con la reducción observada de la densidad. En contraste, las fibras de PRFV mostraron un efecto menos pronunciado, a pesar de la presencia de partículas de madera de balsa, las cuales no influyeron de manera significativa en el atrapamiento de aire.

3.2. Resistencia a compresión

Los resultados de resistencia a compresión a 28 días se muestran en la Fig. 5. En todos los casos, las mezclas alcanzaron valores superiores a 40 MPa, lo que confirmó su idoneidad para diversas aplicaciones en ingeniería civil.

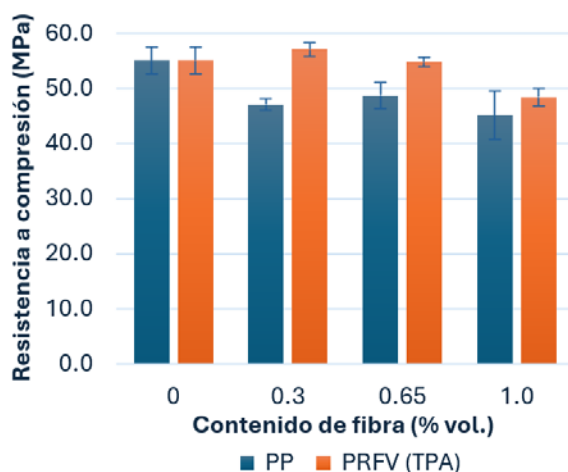


Figura 5. Resistencia a compresión a 28 días

Los efectos de las fibras fueron claramente evidentes en la resistencia a compresión a 28 días. La incorporación de un 0,3% de fibras de PRFV produjo una mejora en la resistencia, atribuida al efecto de confinamiento y a una mayor compacidad de la matriz. Sin embargo, a mayores contenidos, la presencia de componentes débiles en el TPA generó una disminución progresiva de la resistencia. Por el contrario, las mezclas con fibras de PP mostraron un comportamiento más uniforme, con valores similares independientemente de la dosificación, debido al efecto constante del aire atrapado.

En la comparación entre ambos tipos de fibra, las mezclas con TPA presentaron, en general, mayores resistencias a compresión a 28 días y en bajas dosificaciones. Esto sugiere que las fibras de PRFV recicladas pueden ofrecer un desempeño competitivo frente a las fibras sintéticas convencionales, particularmente cuando se emplean en proporciones moderadas.

3.3. Resistencia a flexión

Los resultados de resistencia a flexión a 28 días se muestran en la Fig. 6. En casi todos los casos, las mezclas superaron una resistencia a flexión de 5 MPa, un valor adecuado para una amplia variedad de aplicaciones de ingeniería civil.

Los resultados de resistencia a flexión muestran que al incorporarse fibras de PP, la resistencia disminuyó respecto a la mezcla de referencia, principalmente debido al incremento del aire atrapado. Sin embargo, la dosificación del 0,65% presentó el mejor desempeño dentro de este tipo de fibra.

Por otro lado, la incorporación de fibras de PRFV provenientes de TPA evidenció un comportamiento diferente. A una dosificación del 0,3%, se observó un incremento significativo en la resistencia a flexión, asociado a una mayor compacidad de la matriz y al efecto de refuerzo en la zona de tracción. No obstante, al aumentar el contenido de estas fibras, la resistencia disminuyó, debido a la presencia de componentes débiles como partículas poliméricas y madera de balsa.

En términos comparativos, las fibras de PRFV mostraron un mayor incremento de resistencia a flexión a bajas dosificaciones, mientras que las fibras de PP alcanzaron su mejor desempeño para un contenido intermedio dentro del rango analizado. Finalmente, ambos tipos de fibras presentaron comportamientos similares para la dosificación más alta de fibras.

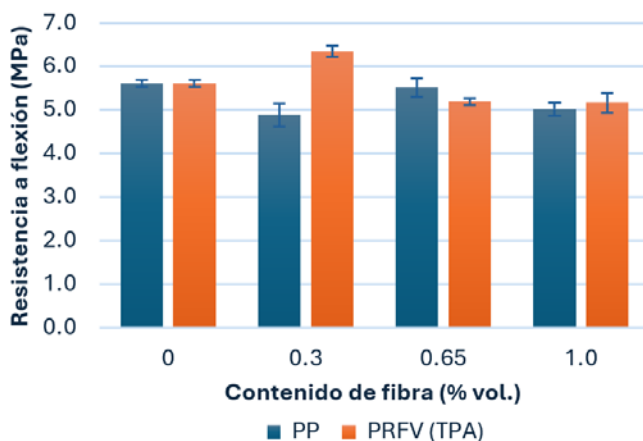


Figura 6. Resistencia a flexión a 28 días

4. CONCLUSIONES

En conjunto, los resultados de los ensayos efectuados indicaron que el uso de TPA puede considerarse una alternativa técnicamente viable, especialmente en bajas dosificaciones, contribuyendo además a la valorización de residuos y a la sostenibilidad en la construcción. De forma más detallada, de este análisis se puede concluir lo siguiente:

- La incorporación de fibras redujo la trabajabilidad y la densidad fresca del hormigón, mientras que aumentó el contenido de aire. Estos efectos fueron más significativos en las fibras de PP, debido a la formación de una red interna más densa que incrementó el contenido de aire atrapado. En contraste, las fibras de PRFV mostraron un impacto más moderado en las propiedades en estado fresco.
- En cuanto a la resistencia a compresión a 28 días, las fibras de PRFV mejoraron la resistencia en bajas dosificaciones, mientras que contenidos más altos generaron una disminución debido a la presencia de componentes débiles en el TPA. Por su parte, las fibras de PP presentaron un comportamiento uniforme, con ligeras reducciones para todos los contenidos asociadas al aumento del contenido de aire.
- La incorporación de fibras de PP tendió a reducir la resistencia a flexión, principalmente por el aumento del aire atrapado, aunque la dosificación del 0,65% mitigó parcialmente este efecto. En contraste, las fibras de PRFV provenientes de TPA mejoraron el comportamiento a flexión en bajas dosificaciones, mientras que en contenidos intermedios y altos se observaron reducciones, asociadas a la presencia de componentes débiles.

5. REFERENCIAS

- [1] Guo, R., Li, J., Huo, X., Wang, Z. (2025). Durability experimental study and service life evaluation of basalt-PVA fibre-reinforced concrete in chloride-rich environments. *Case Studies in Construction Materials* 23, pp. e05060.
- [2] Manso-Morato, J., Hurtado-Alonso, N., Revilla-Cuesta, V., Skaf, M., Ortega-López, V. (2024). Fiber-Reinforced concrete and its life cycle assessment: A systematic review. *Journal of Building Engineering* 94, pp. 110062.
- [3] Chen, L., Chen, Z., Xie, Z., Wei, L., Hua, J., Huang, L., Yap, P.S. (2023). Recent developments on natural fiber concrete: A review of properties, sustainability, applications, barriers, and opportunities. *Developments in the Built Environment* 16, pp. 100255.
- [4] Jamshaid, H., Ali, H., Mishra, R.K., Nazari, S., Chandan, V. (2023). Durability and accelerated ageing of natural fibers in concrete as a sustainable construction material. *Materials* 16(21), pp. 6905.

- [5] Adamu, M., Alanazi, F., Ibrahim, Y.E., Alanazi, H., Khed, V.C. (2022). A comprehensive review on sustainable natural fiber in cementitious composites: The date palm fiber case. *Sustainability* 14(11), pp. 6691.
- [6] Liu, P., Barlow, C.Y. (2017). Wind turbine blade waste in 2050. *Waste Management* 62, pp. 229-240.
- [7] Mishnaevsky, L., Branner, K., Petersen, H.N., Beauson, J., McGugan, M., Sørensen, B.F. (2017). Materials for wind turbine blades: An overview. *Materials* 10(11), pp. 1285.
- [8] Ibarra, D., Nieto Cerezo, O., Mendoza, J.M.F. (2026). Circular business models and value chains for wind turbine blade end-of-life management: A roadmap for turning waste into value. *Renewable Sustainable Energy Reviews* 226, pp. 116382.
- [9] Spini, F., Bettini, P. (2024). End-of-life wind turbine blades: Review on recycling strategies. *Composites Part B: Engineering* 275, pp. 111290.
- [10] Manso-Morato, J., Hurtado-Alonso, N., Revilla-Cuesta, V., Ortega-López, V. (2025). Management of wind-turbine blade waste as high-content concrete addition: Mechanical performance evaluation and life cycle assessment. *Journal of Environmental Management* 373, pp. 123995.
- [11] Zhu, J., Meng, X., Wang, B., Tong, Q. (2023). Experimental study on long-term mechanical properties and durability of waste glass added to OPC concrete. *Materials* 16(17), pp. 5921.

MODELADO DEL COEFICIENTE DE POTENCIA DE TURBINAS EÓLICAS A PARTIR DE DATOS DEL FABRICANTE Y DATOS REALES

CARLOS GUTIÉRREZ¹, DANIEL SARABIA¹, ALEJANDRO MERINO¹

¹Departamento de Digitalización, Área de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Burgos, Escuela Politécnica Superior, Avda. Cantabria, s/n, 09006 (Burgos)

Resumen

Uno de los principales parámetros para modelar la producción de potencia en turbinas eólicas es el coeficiente de potencia (C_p), que representa la eficiencia en la extracción de potencia del viento, y depende principalmente de la velocidad del viento, la velocidad de giro del rotor y el ángulo de paso de las palas. Dicho coeficiente es diferente entre turbinas y es desconocido a priori. Su modelado en términos de las variables mencionadas es esencial para simulaciones enfocadas en representar efectos transitorios mecánicos o eléctricos, como un gemelo digital, así como para diseñar estrategias de control avanzado para dichas turbinas.

Nuestra propuesta es estimar el C_p para turbinas con generador de inducción doblemente alimentado (DFIG) usando inicialmente datos proporcionados por el fabricante y posteriormente usando datos medidos en turbinas o parques eólicos reales. El C_p se ha modelado usando una función exponencial de 9 parámetros, cuyos valores han sido obtenidos resolviendo un problema de optimización por mínimos cuadrados.

Palabras clave

Modelado, Coeficiente de potencia, Optimización, Estimación de parámetros, Control de turbinas eólicas, Simulación de turbinas eólicas, Generación de potencia en turbinas eólicas.

1. INTRODUCCIÓN

La creciente penetración de la energía eólica en los sistemas eléctricos ha puesto de manifiesto la necesidad de operar los parques eólicos de forma más estable y coordinada. La alta variabilidad del viento provoca fluctuaciones en la potencia generada, dificultando el equilibrio de la red y reduciendo la calidad del suministro. En este contexto, resulta clave avanzar desde el control individual de aerogeneradores hacia una gestión conjunta del parque

eólico, capaz de seguir consignas de potencia y ofrecer un comportamiento más predecible.

Este trabajo está enmarcado dentro del proyecto “Control y planificación de procesos bajo alta incertidumbre y variabilidad (CyPVar)”, que busca precisamente reducir la variabilidad de la producción mediante la mejora del control de parques eólicos con estrategias avanzadas, sin renunciar a una elevada eficiencia energética. Para ello, se consideran fenómenos propios de la operación a gran escala, como el efecto estela entre aerogeneradores [1], y se exploran mecanismos de coordinación que priorizan el rendimiento global del parque frente al óptimo individual. Asimismo, se proponen sistemas de control que anticipan la incertidumbre asociada al viento mediante el uso de múltiples escenarios a corto plazo, actualizados con información en tiempo real. El enfoque se apoya en el desarrollo de modelos inteligentes y computacionalmente eficientes, que combinan conocimiento físico del proceso con técnicas de aprendizaje automático [2]. De este modo, se posibilita la aplicación de control predictivo en tiempo real, contribuyendo a una integración más segura, flexible y fiable de la energía eólica en el sistema eléctrico.

En este estudio se desarrolla una metodología para la obtención de modelos del coeficiente de potencia de turbinas eólicas, como paso previo la realización de simulaciones dinámicas en las que poder probar distintas estrategias de control a nivel de turbina y a nivel de parque.

Este trabajo está organizado de la siguiente manera: en la Sección 2 se hace una breve introducción a la generación de potencia en turbinas eólicas, mientras que en la Sección 3 se detalla la metodología que se ha empleado para la obtención del modelo del coeficiente de potencia. En la Sección 4 se muestran los resultados de los distintos ajustes realizados y por último, en la Sección 5 se detallan las conclusiones.

2. GENERACIÓN DE POTENCIA EN TURBINAS EÓLICAS

La potencia mecánica producida en el rotor de una turbina eólica se obtiene mediante la siguiente expresión, que se deriva de la ecuación de la energía cinética, Ecuación (1).

$$P_m = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 v^3 C_p \quad (1)$$

donde ρ es la densidad del aire en kg/m^3 , R es el radio del rotor en m, v es la velocidad del viento en m/s y C_p es el coeficiente de potencia. La potencia generada por una turbina depende del tamaño del rotor (R^2), por lo que la turbina captura más potencia del viento cuanto mayor sea el rotor y viceversa. También depende de la velocidad del viento (v^3), que tiende a ser mayor conforme aumenta la altitud, y del C_p , que actúa a modo de eficiencia en la extracción de potencia del viento y depende muchas variables, como pueden

ser el número de palas que conforman el rotor o el diseño de las mismas. Este tema se abordará en la Subsección 3.1

Desde el punto de vista del funcionamiento y control de una turbina eólica, en la Fig. 1 se recoge toda la información necesaria para una turbina de tipo DFIG (generador de inducción doblemente alimentado). La turbina consta de un rotor que gira a una velocidad angular de ω_r provocada por la velocidad del viento incidiendo en las palas y, por tanto, generando un par aerodinámico T_a . Para obtener potencia en el generador eléctrico que hay conectado al rotor, es necesario incrementar la velocidad con una multiplicadora con relación de velocidades $1:N$. La potencia eléctrica generada P_g , depende de la velocidad de giro del rotor en el generador ω_g y del par electromagnético T_{em} , que actúa como freno, oponiéndose al par aerodinámico. Las variables controladas son ω_r y P_g , mientras que las variables manipuladas son β (ángulo de pitch, que forman las palas con su plano de rotación) y τ_{em} . Concretamente, el sistema de control global de la turbina fija unas consignas para estas variables, que se utilizan posteriormente en controladores locales como el de pitch o el del par electromagnético.

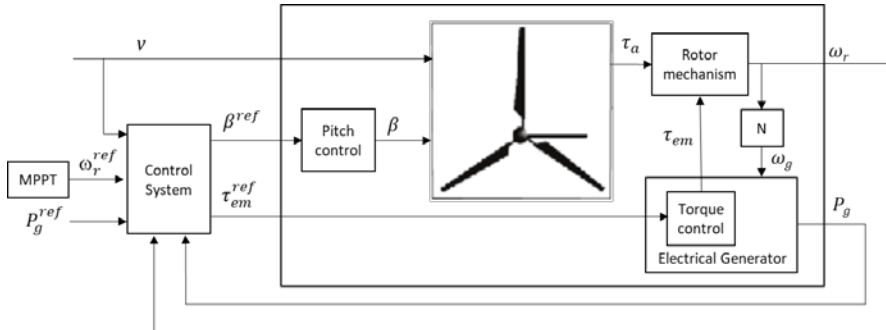


Figura 1. Sistema de control de una turbina DFIG

3. METODOLOGÍA

3.1. Estimación del C_p con datos del fabricante

En la mayor parte de los casos, la información proporcionada por los fabricantes turbinas es limitada. Normalmente solo se dispone de la curva de potencia y de algunos parámetros de diseño, como el tamaño del rotor, el rango de operación o el sistema de control utilizado para limitar la potencia. La curva de potencia en la Fig. 2 relaciona la potencia eléctrica generada por la turbina con la velocidad de viento que incide en el rotor.

Aun así, con esta información limitada, se puede obtener una familia de curvas de C_p para implementar en nuestros modelos y así poder llevar a cabo simulaciones dinámicas de turbinas.

Las variables que afectan al C_p pueden reducirse a dos: el coeficiente de velocidad específica (tip-speed ratio) λ , que es el cociente entre la velocidad lineal en la punta de las palas y la velocidad del viento incidente en el rotor, Ecuación (2), y el ángulo de pitch β (en caso de que la turbina a estudiar tenga control de pitch para limitar la potencia). Este ángulo puede modificarse para incrementar o reducir la resistencia que las palas ofrecen al viento y, por lo tanto, reducir o aumentar la potencia generada.

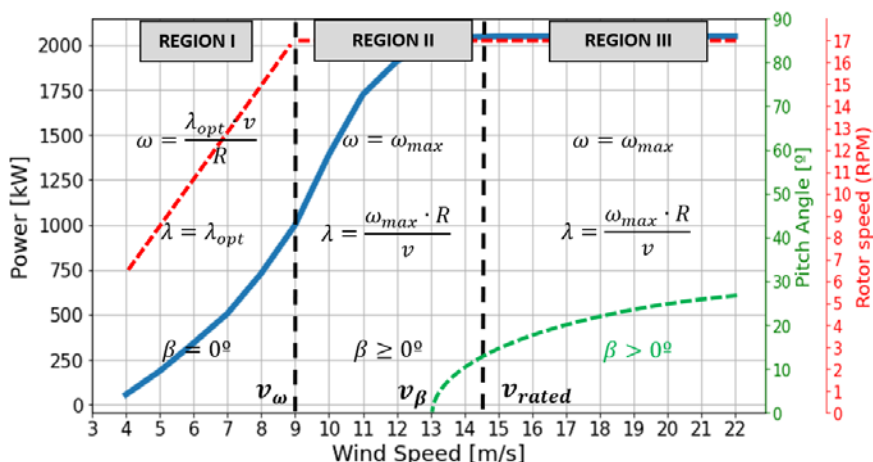


Figura 2. Curva de potencia (en azul) de una turbina Servion MM82/2050 [3]

$$\lambda = \frac{\omega_r \cdot R}{v} \quad (2)$$

donde ω_r es la velocidad angular del rotor en rad/s.

Existe un límite teórico para el valor del C_p , conocido como límite de Betz, de 0,59 [4]. Esto significa que, para una turbina ideal, la fracción de potencia contenida en el viento que incide en el rotor que la turbina podría convertir en potencia mecánica es como máximo del 59%. En las turbinas reales, lógicamente, esta fracción es menor, como se verá más adelante en los resultados.

El C_p puede modelarse a través de diversos métodos, aunque casi todos pueden englobarse, dependiendo del tipo de función a ajustar, en tres [5]: funciones polinómicas, funciones sinusoidales y funciones exponenciales. Las funciones exponenciales son las más utilizadas en turbinas con control de pitch y velocidad variable [6], [7], dado que las otras no siempre tienen en cuenta el ángulo de pitch. Como la turbina que estamos estudiando es de este tipo, se ha utilizado una exponencial de 9 parámetros, Ecuación (3) para ajustar el C_p .

$$\hat{C}_p(\lambda, \beta) = c_1 \left(\frac{c_2}{\lambda_i} - c_3\beta - c_4\beta^{c_5} - c_6 \right) \exp \left(\frac{-c_7}{\lambda_i} \right) \quad (3)$$

$$\frac{1}{\lambda_i} = \left(\frac{1}{\lambda + c_8\beta} \right) - \left(\frac{c_9}{\beta^3 + 1} \right)$$

La idea es estimar los parámetros c_k de esta expresión para que al sustituir C_p en la Ecuación (1), la potencia estimada replique la curva de potencia proporcionada por el fabricante (mismos valores de potencia para cada velocidad de viento). La estimación de parámetros se ha formulado como un problema de optimización no-lineal, como se describe a continuación. Este problema de optimización ha sido resuelto utilizando Pyomo 6.4.2 [8] en un entorno de Python usando el solver IPOPT.

El objetivo del problema de optimización es minimizar, para cada velocidad de viento v_i , el error entre la potencia estimada $\hat{P}_i$, sustituyendo C_p en la Ecuación (1) por la Ecuación (3), y la potencia teórica de la curva del fabricante P_i .

$$\min_{\{C_k, \beta_j\}} \sum_{i=v_{cut-in}}^{v_{cut-off}} \left(P_i - \hat{P}_i(\lambda_i, \beta_i) \right)^2 \quad (4)$$

siendo v_{cut-in} la velocidad de corte en la que arranca la turbina, $v_{cut-off}$ la velocidad de corte en la que se para la turbina, c_k (1,..., 9) los parámetros de la exponencial y β_j los ángulos de pitch estimados para las velocidades de viento comprendidas entre la velocidad nominal (en la que la turbina alcanza su potencia nominal) y la velocidad de cut-off.

Para establecer las restricciones del problema, Ecuaciones (5)-(7), debemos entender cómo se comporta la curva de potencia en cada rango de velocidades. Como se muestra en la Fig. 2, la curva de potencia puede dividirse en tres regiones, debido a que las condiciones de operación de la turbina cambian en función del rango de velocidades en el que trabaja.

- La Región I, que va desde la velocidad de cut-in hasta la velocidad de viento en la que se alcanza la velocidad de giro máxima (v_ω), se caracteriza por tener ángulos de pitch iguales o muy próximos a cero, ya que la potencia generada para estas velocidades es baja y no se requiere de un sistema de control que la limite. Por otro lado, la velocidad de giro del rotor es creciente en toda esta región, y es controlada por el bloque de seguimiento máxima potencia (MPPT) [9], que asigna a cada valor de velocidad del viento un valor de velocidad de giro del rotor que hace que el coeficiente de velocidad específica alcance su valor óptimo en toda esta región de operación.
- La Región II va desde que se alcanza la velocidad de giro máxima hasta que la potencia alcanza su valor nominal. En esta región, la

velocidad de giro del rotor se mantiene constante en su valor máximo, por lo que el coeficiente de velocidad específica es decreciente a medida que aumenta la velocidad del viento. El sistema de control del ángulo de pitch empezará a limitar la potencia en la zona final de esta región.

- La Región III empieza cuando la potencia alcanza su valor nominal y termina cuando la velocidad del viento alcanza la velocidad de cut-off y la turbina se para. La velocidad de giro del rotor se mantiene constante durante toda esta región, mientras que el sistema de control de pitch actúa en todo momento para limitar la potencia en su valor nominal.

El valor óptimo del coeficiente de velocidad específica para un ángulo de pitch $\beta = 0$ (esto es, para valores de velocidad del viento inferiores a la velocidad nominal) se puede obtener derivando la Ecuación (3) e igualándola a cero. El resultado es la relación entre parámetros c_k que se muestra en la Ecuación (5). Además, este valor debería ser igual al obtenido cuando se calcula el coeficiente de velocidad específica en la Ecuación (2) con la velocidad de giro máxima y la velocidad de viento para la que se obtiene un C_p máximo. Este C_p máximo puede determinarse despejando C_p de la Ecuación (1) y sustituyendo el valor de P por el obtenido en la curva teórica del fabricante (suponiendo una densidad estándar de $1,225 \text{ kg/m}^3$).

$$\lambda_{opt} = \frac{c_2 \cdot c_7}{c_2 + c_6 \cdot c_7 + c_2 \cdot c_7 \cdot c_9} = \frac{\omega_{max} \cdot R}{v_{C_{p,l},max}} \quad (5)$$

Se considera que el ángulo de pitch β vale cero para velocidades de viento inferiores a la velocidad nominal, pero su valor es positivo y creciente para velocidades de viento por encima de esta, Ecuación (6).

$$\beta_j = 0 \quad \forall v_i \leq v_{rated}; \quad 0 < \beta_j < \beta_{j+1} \quad \forall v_i > v_{rated} \quad (6)$$

Además, ciertos parámetros c_k deben tener valores positivos, Ecuación (7) para que se pueda cumplir la igualdad de la Ecuación (5), así como para mantener la estructura del término β^{c_5} de la Ecuación (3).

$$[c_2, c_5, c_6, c_7, c_9] > 0 \quad (7)$$

No se dispone a priori de información de cómo aumenta el ángulo de pitch β con la velocidad del viento. A este respecto, los únicos parámetros que se fijan son la velocidad del viento a la que empieza a crecer el ángulo de pitch (v_β) y el valor del ángulo de pitch correspondiente a la velocidad de cut-off, asumiendo valores típicos de turbinas eólicas. En la Tabla 1 se muestran los datos del fabricante para la turbina Senvion MM82 de 2050 kW, que es la que se ha utilizado en este trabajo.

3.2. Estimación del C_p con datos reales

Los datos utilizados para este estudio pertenecen al proyecto SMARTEOLE [10], que analizaba un parque eólico con 7 turbinas idénticas en Francia, y cuya disposición se muestra en la Fig.3. El objetivo de ese proyecto era estudiar las interacciones entre las diferentes turbinas que conforman el parque para desarrollar un sistema de control de “redirección” de estelas o *wake-steering* [11], consistente en desalinear el rotor de las turbinas en las que incide primero el viento, de manera que las estelas que se producen aguas abajo del rotor sean desviadas y afecten lo mínimo posible a las turbinas que se encuentran aguas abajo, resultando en un aumento global de la potencia disponible en el parque eólico. Los datos de los que disponemos fueron recogidos entre febrero y mayo de 2020, con una frecuencia de 1 minuto.

Tabla 1. Parámetros de la Senvion MM82/2050

Parámetros	Valor	Unidades
Potencia nominal	2.050	kW
Diámetro del rotor	82	m
Sistema control potencia	Pitch	
Velocidad rotor mín.	8,5	rpm
Velocidad rotor máx.	17,1	rpm
Velocidad viento cut-in	4	m/s
Velocidad viento nominal	14,5	m/s
Velocidad viento cut-off	22	m/s
Relación velocidades	1:106	
Tipo de generador	DFIG	
Velocidad máx. generador	1800	rpm



Figura 3. Disposición del parque eólico [11]

Nos hemos centrado en la turbina *SMVI*, dado que está suficientemente cerca del sistema de medición de viento del parque *Windcube VI*. Las variables que se recogen en el dataset y que se han utilizado para el ajuste son la potencia activa, el ángulo de pitch, la velocidad del viento, la dirección del viento, la posición de la góndola y la velocidad de rotación del generador. Por otro lado, la velocidad de giro del rotor, que es una de las variables de interés para obtener el coeficiente de velocidad específica no se mide, aunque puede obtenerse dividiendo la velocidad de giro del generador entre la relación de velocidades de la multiplicadora N si se supone una transmisión ideal (sin pérdidas) entre el rotor y el generador.

$$\omega_r = \frac{\omega_g}{N} \quad (8)$$

El siguiente paso es filtrar los datos brutos para asegurar que trabajamos con información válida, usando los siguientes criterios: i) El desalineamiento entre la dirección del viento y la posición de la góndola debe ser inferior a 0.1° , para considerar únicamente situaciones en las que la turbina está alineada con el viento; ii) la velocidad del generador debe ser positiva ($\omega_{g,i} > 0$); iii) la velocidad del viento medida debe estar dentro del rango de operación de la turbina ($v_{\text{cut-in}} < v_i < v_{\text{cut-out}}$); iv) la potencia activa generada debe ser positiva ($P_i > 0$).

Tras aplicar estos filtros a los datos, el número de puntos de operación resultante es de 1.131 puntos, de un total inicial de 134.661.

Además de aplicar este filtro, los datos que tienen ángulos de pitch negativos muy cercanos a cero se han sustituido por cero, considerando estos negativos como errores de medida.

Como hipótesis inicial, se plantea que la velocidad del viento que aparece en los datos se mide aguas abajo del rotor de cada turbina, lo que conllevaría tener que corregir estas medidas de alguna forma para obtener la velocidad del viento que realmente incide en el rotor, ya que esta es la que se utiliza tanto para construir la curva de potencia-viento del fabricante como para todas las ecuaciones del modelo. Para descartar esta hipótesis, se han seleccionado puntos de operación correspondientes a vientos de dirección Oeste ($270 \pm 20^\circ$), de manera que ni la medida del *Windcube VI*, ni la de la turbina *SMVI* se vean afectadas por el efecto estela que provocan otras turbinas. Tal y como se muestra en la Fig. 4, las medidas son muy similares en ambos casos, con unas diferencias máximas de 1 m/s en algunos puntos, por lo que se asume que la velocidad de viento que aparece en el dataset se ha medido aguas arriba del rotor o bien se ha aplicado algún tipo de corrección para estimar esta velocidad. Se utilizará en todos los cálculos esta velocidad medida en la turbina.

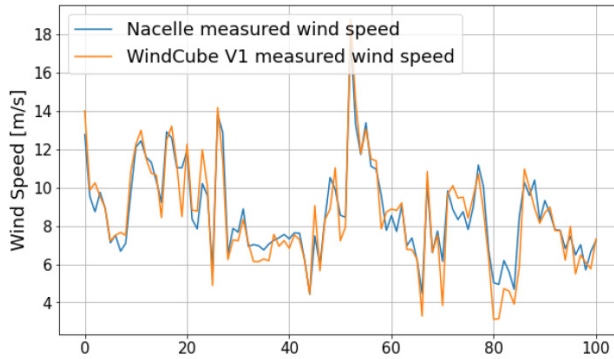


Figura 4. Velocidades de viento medidas dirección Oeste

Una diferencia clave entre este ajuste con datos reales y el anterior con datos del fabricante es la disponibilidad de datos medidos de ángulo de pitch β^m y velocidad de giro del generador ω_g^m para cada velocidad del viento, por lo que no será necesario hacer suposiciones o estimaciones previas acerca del comportamiento de estas variables. Es por ello que la mayoría de las restricciones utilizadas en el anterior ajuste no es necesario aplicarlas en este caso. En este caso el problema de optimización se ha formulado en la Ecuación (9) y está sujeto a las condiciones mostradas en Ecuación (10), donde las variables de decisión son únicamente los parámetros c_k de la Ecuación (3). P_i^m y v_i^m representan la potencia activa y la velocidad del viento respectivamente, medidas para cada punto i del total I de 1.131 puntos filtrados.

$$\min_{\{c_k\}} \sum_{i=1}^I \left(P_i^m - \hat{P}_i(\lambda_i, \beta_i^m) \right)^2 \quad (9)$$

sueto a:

Curva C_p (3)

$$\hat{P}_i = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 (v_i^m)^3 C_p(\lambda_i, \beta_i^m) \quad (10)$$

$$\omega_{r,i} = \frac{\omega_{g,i}^m}{N}; \lambda_i = \frac{\omega_{r,i} R}{v_i^m}$$

$$[c_2, c_5, c_6, c_7, c_9] > 0$$

Tal como se ha mencionado en este apartado, la velocidad de giro del rotor se puede obtener mediante la Ecuación (8), por lo que el coeficiente de velocidad específica se calcula de forma directa con la Ecuación (2).

4. RESULTADOS

Se han realizado 3 estimaciones de parámetros distintas, cuyos resultados se comentan en las siguientes subsecciones: utilizando solo datos del fabricante (Ajuste 1), utilizando datos del fabricante con ciertas correcciones basadas en observaciones del funcionamiento real de la turbina (Ajuste 2) y utilizando únicamente datos reales medidos (Ajuste 3).

4.1. Estimación de parámetros con datos del fabricante (Ajuste 1)

Usando los datos teóricos de la curva del fabricante y los incluidos en la Tabla 1, se ha resuelto el problema de optimización planteado en la Ecuación (4). Los parámetros de la curva de C_p se muestran en la Tabla 2, y la familia de curvas de C_p en función de λ y β se puede ver en la Fig. 5. El valor máximo de C_p es de 0,578 y se alcanza para $\lambda_{\text{opt}} = 13$ y $\beta = 0$. A partir de este punto máximo, a medida que varían λ y β , el C_p disminuye. En la práctica, si se divide la familia de curvas de C_p en dos mitades a izquierda y derecha del punto de λ_{opt} (o $C_{p,\text{máx}}$), siempre nos desplazaremos hacia la izquierda, disminuyendo λ a medida que aumenta la velocidad del viento y posteriormente aumentando β para limitar la potencia.

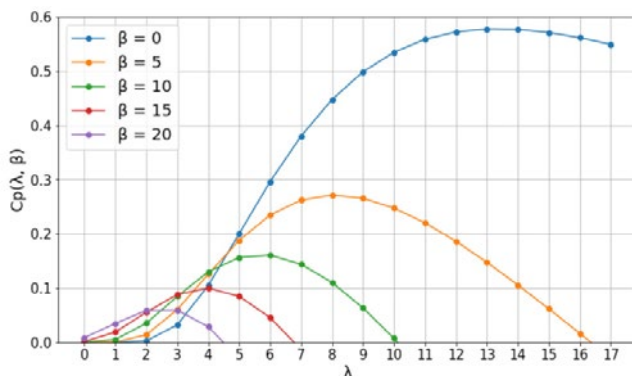


Figura 5. Familia de curvas de C_p para el Ajuste 1

Si nos fijamos en los datos reales representados en la Fig. 6, se puede ver claramente que alguna de las suposiciones que se hicieron inicialmente no se corresponden con el comportamiento real de la turbina. Por ejemplo, el sistema de control de ángulo de pitch comienza a actuar desde velocidades de viento entre 11 y 12 m/s, mientras que la suposición inicial fue que esto ocurría a partir de la velocidad de viento nominal, 14,5 m/s en este caso. Por otro lado, la velocidad del rotor se estabiliza en su valor máximo de 17 rpm para velocidades de viento de 8 m/s, mientras que la suposición inicial fue de 5.5 m/s. Además, el valor de C_p es excepcionalmente alto y no se considera muy realista.

4.2. Estimación de parámetros con datos del fabricante corregidos (Ajuste 2)

Debido a las discrepancias comentadas en el punto anterior entre las suposiciones iniciales y el verdadero comportamiento de la turbina, se realiza un segundo ajuste cambiando el valor de la velocidad de viento en la que se alcanza la velocidad de giro máxima (v_{ω}) a 8 m/s y la velocidad en la que comienza a crecer el ángulo de pitch (v_{β}) a 12 m/s. La nueva familia de curvas de C_p en función de λ y β se muestra en la Fig. 7, y los parámetros de la curva de C_p se muestran también en la Tabla 2.

Las soluciones del primer ajuste y de este nuevo se comparan en la Fig. 8. En ambos casos, el ángulo de pitch correspondiente a la velocidad de viento de cut-off se ha forzado a 20° (viendo los datos reales medidos, parece un valor razonable). Se puede observar visualmente que el segundo ajuste mejora mucho (se parece más a la curva del fabricante) con respecto al primero.

4.3. Estimación de parámetros con datos reales medidos (Ajuste 3)

Usando los datos reales medidos y las características de la turbina recogidas en la Tabla 1, se resuelve el problema de optimización de la Ecuación (9). En la Tabla 2 se muestran los parámetros c_k de la curva C_p obtenidos con este ajuste. En la Fig. 9 se muestra la familia de curvas de C_p , donde se puede observar cómo el valor máximo de C_p es menor que en el Ajuste 1 (no llega a 0,5), debido a que todas las ineficiencias que ocurren durante la operación de la turbina real y que recogen los datos medidos, se trasladan a estas curvas.

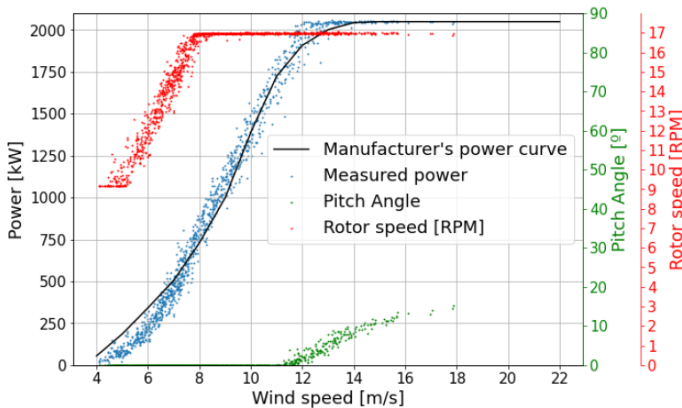


Figura 6. Medidas reales de potencia, ángulo de pitch y velocidad del rotor

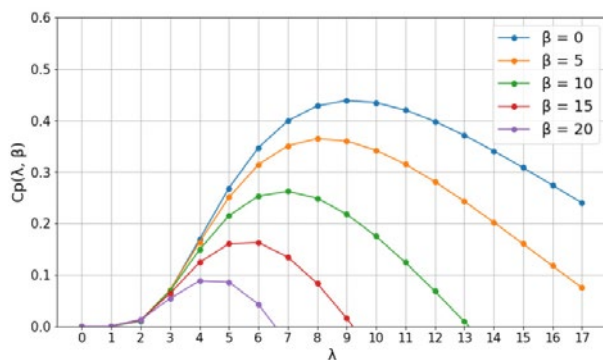


Figura 7. Familia de curvas de C_p para el Ajuste 2

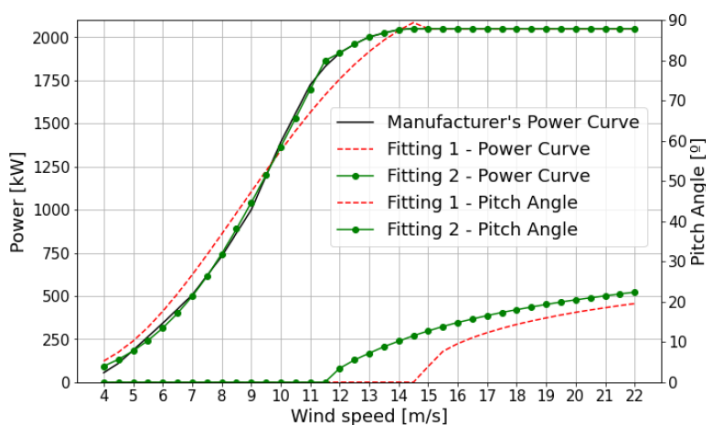


Figura 8. Comparativa entre los ajustes 1 y 2

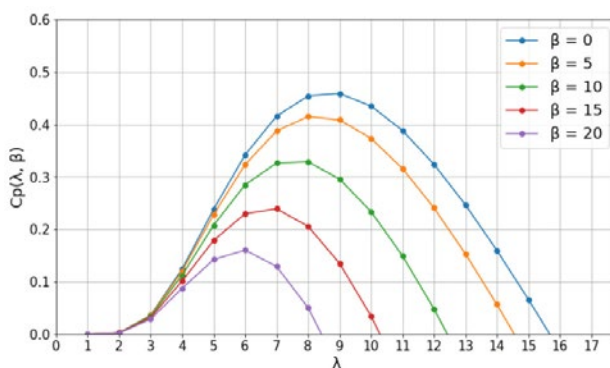


Figura 9. Familia de curvas de C_p para el Ajuste 3

En la Fig. 10 se muestra una comparativa entre la potencia medida con la curva de potencia del fabricante y la estimada con el modelo obtenido, así como los ángulos de pitch medidos. El ajuste es bastante bueno en general, siendo peor en la zona inicial (entre 4 y 7 m/s), lo cual puede deberse a múltiples causas, entre ellas que no se han tenido en cuenta los cambios en la densidad del aire a lo largo del tiempo (todos los cálculos se han hecho con el valor estándar de 1,225 kg/m³) o a la influencia de períodos transitorios durante los arranques y paradas de la turbina cuando la velocidad del viento es baja.

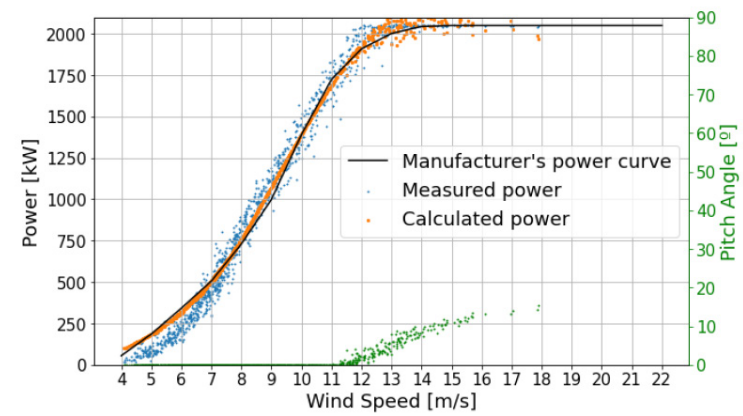


Figura 10. Comparativa potencia teórica, medida y estimada (ajuste 3).

Tabla 2. Parámetros de Cp para distintos ajustes

Variable decisión	Valores iniciales	Valores Ajuste 1	Valores Ajuste 2	Valores Ajuste 3
c ₁	1,0148	0,109	0,077	0,00029
c ₂	417,108	345,896	410,740	281.927,469
c ₃	0,918	1,497	0,436	7,547e-08
c ₄	0,0021	3,540	0,071	97,864
c ₅	2,569	0,436	2,103	1,689
c ₆	37,058	5,702	16,491	17.884,972
c ₇	28,642	17,868	14,739	19,278
c ₈	0,048	0,127	0,0032	0,0
c ₉	0,0	0,0024	0,00097	0,00033

5. CONCLUSIONES

En este estudio, se ha desarrollado una metodología para obtener el coeficiente de potencia de una turbina eólica para su posterior uso en un gemelo digital. La metodología se ha probado con diferentes niveles de información

disponible. Tras realizar los tres ajustes con diferente información, se pueden extraer algunas conclusiones.

El primer ajuste, realizado únicamente con datos del fabricante, puede ser útil para su implementación en un modelo de turbina para simulación dinámica dado que, con mayor o menor precisión, representa el comportamiento de una turbina. En cuanto al ángulo de pitch, dado que se obtiene aplicando ciertas restricciones sobre otras variables, pueden utilizarse en ausencia de datos medidos, aunque no sean exactamente iguales a los reales.

A partir de las discrepancias entre las suposiciones iniciales y las medidas de los datos reales, se propone un segundo ajuste corrigiendo ciertas suposiciones como son el valor de v_ω y el de v_β . Se puede observar cómo el ajuste a la curva del fabricante mejora mucho, dado que la información incorporada se parece más a la operación real de la turbina. También se puede observar cómo la familia de curvas de C_p obtenidas con este segundo ajuste, se parecen más a las del tercer ajuste (con datos reales de operación) que a las del primero.

Por último, el ajuste con datos reales resulta en un modelo más preciso del C_p de una turbina real, que puede ser utilizado, por ejemplo, en una simulación dinámica de un parque eólico.

Una línea de trabajo futuro es implementar estas curvas de C_p en modelos de turbinas y parques eólicos para simulación dinámica, con la intención de alimentarlos con datos reales de operación y así ajustar los modelos con la información más reciente. Así como la mejora enorme entre los ajustes 1 y 2 al añadir cierta información, la idea es que conforme se incorporen más datos de operación, el modelo será más preciso representando el comportamiento de una turbina. También es necesario comprobar esta metodología en situaciones en las que la velocidad del viento de la que disponemos es la correspondiente a la medida después de pasar por el rotor, cuando no conocemos la velocidad incidente y cuando las turbinas están desalineadas con la dirección del viento.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del Proyecto “Control y planificación de procesos bajo alta incertidumbre y variabilidad (CyPVar)”, PID2024-157718OB-C33, financiado por el MCIN/AEI y por la Unión Europea “FEDER”.

7. REFERENCIAS

- [1] A. Sterle, C. A. Hans, and J. Raisch, “Model predictive control of wakes for wind farm power tracking,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2767, no. 3, p. 032005, Jun. 2024, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2767/3/032005>.
- [2] M. Raissi, P. Perdikaris, and G. E. Karniadakis, “Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations,” *J. Comput. Phys.*, vol. 378, pp. 686–707, Feb. 2019, <https://doi.org/10.1016/J.JCP.2018.10.045>.

- [3] “The Wind Power.” Accessed: Mar. 18, 2025. [Online]. Available: <https://www.thewindpower.net/>
- [4] J. L. Rodríguez Amenedo, J. C. Burgos Díaz, and S. Arnalte Gómez, *Sistemas eólicos de producción de energía eólica*. Rueda S.L., 2003.
- [5] O. C. Castillo, V. R. Andrade, J. J. R. Rivas, and R. O. González, “Comparison of Power Coefficients in Wind Turbines Considering the Tip Speed Ratio and Blade Pitch Angle,” *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 6, p. 2774, Mar. 2023, <https://doi.org/10.3390/en16062774>.
- [6] T. Ackermann, “Wind Power in Power Systems,” 2005. [Online]. Available: <http://www.ets.kth.se/ees>
- [7] A. W. Manyonge, R. M. Ochieng, F. N. Onyango, and J. M. Shichikha, “Mathematical Modelling of Wind Turbine in a Wind Energy Conversion System: Power Coefficient Analysis,” *Applied Mathematical Sciences*, vol. 6, no. 91, pp. 4527–4536, 2012.
- [8] “Pyomo Documentation.” Accessed: Mar. 18, 2025. [Online]. Available: <https://pyomo.readthedocs.io/en/6.4.2/>
- [9] J. Pande, P. Nasikkar, K. Kotecha, and V. Varadarajan, “A Review of Maximum Power Point Tracking Algorithms for Wind Energy Conversion Systems,” *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 9, no. 11, p. 1187, Oct. 2021, <https://doi.org/10.3390/jmse9111187>.
- [10] T. Duc and E. Simley, “SMARTEOLE Wind Farm Control open dataset,” Zenodo. Accessed: Mar. 18, 2025. [Online]. Available: <https://zenodo.org/records/7342466>
- [11] E. Simley, P. Fleming, N. Girard, L. Alloin, E. Godefroy, and T. Duc, “Results from a wake-steering experiment at a commercial wind plant: investigating the wind speed dependence of wake-steering performance,” *Wind Energy Science*, vol. 6, no. 6, pp. 1427–1453, Nov. 2021, <https://doi.org/10.5194/wes-6-1427-2021>.

ANÁLISIS DE LA DEFORMABILIDAD TÉRMICA Y POR ATAQUE ALCALINO DEL HORMIGÓN ELABORADO CON RESIDUO DEL TRITURADO DE PALA DE AEROGENERADOR

MANUEL HERNANDO-REVENGA*, VÍCTOR REVILLA-CUESTA, VANESA ORTEGA-LÓPEZ

*Departamento de Ingeniería Civil, Escuela Politécnica Superior,
Universidad de Burgos, c/ Villadiego s/n, 09001 Burgos, España.*

mhrevenga@ubu.es

Resumen

La industria eólica enfrenta actualmente un importante reto como es la gestión de los residuos procedentes de las palas de aerogeneradores, cuya compleja composición dificulta su reciclaje convencional. El estudio expuesto en esta comunicación se centra en analizar cómo el empleo de este residuo afecta a la durabilidad y estabilidad dimensional del hormigón ante entornos agresivos. Este trabajo se enmarca dentro de una amplia línea de investigación que aborda la revalorización de dicho residuo, integrándolo como sustituto del árido en el hormigón.

El Triturado de Pala de Aerogenerador (TPA) obtenido mediante trituración mecánica presentó una naturaleza heterogénea, estando compuesto principalmente por fibras de Polímero Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV), madera de balsa y partículas poliméricas. Se realizó el estudio del residuo tanto en su conjunto como separado en fracciones por los tamices de 1 y 2 mm. Se obtuvieron densidades comprendidas entre 1,36 y 1,86 kg/dm³, donde un mayor contenido de PRFV aumentó la densidad del material.

La incorporación de TPA redujo la trabajabilidad del hormigón de forma generalizada. Este fenómeno se inculcó al papel de las fibras como elementos rígidos que incrementaron la fricción interna y dificultaron el flujo de la pasta. La reducción del asentamiento resultó más crítica en la mezcla elaborada con TPA de tamaño inferior a 1 mm, denominada *CTPA<1*, la cual alcanzó un asiento en el cono de Abrams de 9,00 cm frente a los 18,00 cm de la mezcla de referencia.

La adición de TPA resultó beneficiosa para la estabilidad térmica del hormigón en términos deformacionales, ya que redujo el coeficiente de deformación térmica lineal en todas las mezclas. La mezcla *CTPA<1* mostró el mejor resultado con un valor de $1,05 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, debido a la distribución homo-

génea de las microfibras de PRFV, que ejercieron un efecto de cosido en la matriz cementicia restringiendo dicha deformación.

En cuanto a la estabilidad química, las mezclas con TPA experimentaron expansión desde el inicio del ensayo de resistencia a los álcalis. Dicho comportamiento se debió al ataque de los iones hidroxilo a la fibra de vidrio, provocando cambios dimensionales y microfisuras. La mayor expansión final también se registró en la mezcla $CTPA < 1$, se cree que debido a su mayor proporción de PRFV. No obstante, todos los valores permanecieron por debajo del límite reglamentario del 0,10%.

Globalmente, se determinó que la revalorización de los residuos de palas eólicas como adición al hormigón resultó beneficiosa teniendo en cuenta la estabilidad térmica de las mezclas resultantes y viable desde el enfoque de la expansión alcalina al cumplir el hormigón elaborado con todas las fracciones de TPA los límites normativos.

Palabras clave

polímero reforzado con fibra de vidrio; pala de aerogenerador; hormigón; resistencia a los álcalis; expansión; choque térmico.

1. INTRODUCCIÓN

La industria eólica ha evolucionado mediante el diseño de palas de aerogeneradores de alta eficiencia, concebidas como estructuras de ingeniería avanzada. Estas palas emplean materiales compuestos, específicamente Polímeros Reforzados con Fibra de Vidrio (PRFV) de tipo *E*, integrados con resinas termoestables y madera de balsa [1]. Esta composición garantiza una cohesión estructural óptima, proporcionando resistencia a fatiga en condiciones ambientales extremas, y una alta resistencia al ataque químico, superando las capacidades de los materiales convencionales [2]. La mayor concentración de fibra de vidrio se sitúa en las zonas de mayor sollicitación mecánica, aportando una rigidez inalcanzable para otros materiales [1].

Sin embargo, la alta durabilidad química y la complejidad estructural de estos componentes representan un desafío ambiental al finalizar su vida útil [1], al ser la degradación natural de los polímeros imposible. Aunque existen métodos de gestión y reciclaje como la solvólisis, la pirólisis o la incineración, estos procesos suelen incurrir en un elevado gasto energético o en el uso de compuestos químicos de difícil recuperación [3]. Ante este escenario, el triturado mecánico emerge como una vía de valorización eficiente, generando un residuo heterogéneo denominado Triturado de Pala de Aerogenerador (TPA), cuya potencial aplicación se orienta como refuerzo en materiales de base cemento [4].

El hormigón, como material predominante en la construcción contemporánea, ha experimentado avances significativos en la optimización de su diseño [5]. Históricamente, ha integrado fibras para mitigar la retracción, una práctica que se remonta al uso de materiales naturales como paja o pelo de

caballo [6]. Más recientemente, la incorporación de fibras como refuerzo ha mostrado que permite mejorar significativamente la tenacidad, incrementar la resistencia a tracción y controlar la propagación de fisuras, optimizando la capacidad de absorción de energía tras el fallo del elemento de hormigón [7].

La fibra de vidrio de tipo *E*, caracterizada por su elevada resistividad eléctrica, es el refuerzo predominante en el PRFV de las palas [1]. No obstante, su sustitución por fibras convencionales en el hormigón introduce variables químicas complejas. A diferencia de las fibras resistentes a los álcalis (tipo *AR*), las fibras tipo *E* son vulnerables al entorno altamente alcalino de la matriz de cemento [8]. Los iones hidroxilo (OH^-) atacan los enlaces de la sílice de la fibra, lo que puede derivar en una degradación progresiva de sus propiedades mecánicas a largo plazo [9]. Por ello, mientras que la bibliografía recomienda el uso de fibras tipo *AR* [8], el empleo de fibras de tipo *E* procedentes del TPA requiere una investigación específica sobre su durabilidad, especialmente considerando que en el TPA estas fibras están recubiertas por resinas epoxi que podrían actuar como barrera parcialmente protectora [10].

La introducción de fragmentos porosos de madera de balsa y partículas poliméricas, también presentes en el TPA, en el hormigón altera el empaquetamiento granular de forma distinta a las fibras aisladas [11]. Dado que la madera de balsa actúa como un agente absorbente, su presencia modifica la viscosidad plástica y la capacidad de flujo de la mezcla [12]. Además, su naturaleza hace que también puedan verse afectadas por el ataque alcalino al incorporarse al hormigón. Sin embargo, debido a la rugosidad superficial de los fragmentos de los componentes del TPA, el anclaje mecánico en las zonas de transición interfacial y sus mecanismos de adherencia son superiores en comparación con la superficie lisa de las materias primas convencionales, compensando potencialmente la citada degradación química [13].

En la práctica industrial, el residuo de PRFV no se presenta de manera aislada, sino en forma de TPA, es decir, como un compuesto heterogéneo que incluye fibras de vidrio, resinas epoxi, madera de balsa, pinturas y masillas [4]. La separación perfecta de estos componentes mediante trituration mecánica no es factible, generando un subproducto donde la interacción de las fibras de PRFV y de la madera de balsa con la alcalinidad de la matriz cementicia del hormigón constituye un campo escasamente explorado. Por consiguiente, el objetivo de la presente investigación es explorar el comportamiento del hormigón reforzado con fibras de PRFV recicladas de tipo *E* procedentes de la trituration no selectiva de palas de aerogenerador al final de su vida útil ante este tipo de sollicitaciones químicas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materias primas convencionales

Las materias primas convencionales empleadas en el diseño experimental de esta investigación fueron cemento CEM II/A-L 42,5 R con un contenido

de caliza del 6-20% según EN 197-1 [14]; agua de la red de abastecimiento de las instalaciones de la Universidad de Burgos; y dos tipos de aditivos, un superplastificante (SIKA® 5970) y un reductor de agua (SIKA® 20HE).

Los áridos utilizados fueron de naturaleza silíceo y caliza, en las siguientes fracciones granulométricas: 12/20 mm, 4/12 mm y 0/4 mm para el árido silíceo, y 0/2 mm para el árido calizo. Todos los áridos presentaron densidades comprendidas entre 2,60 y 2,66 kg/dm³ según EN 1097-6 [14], con absorciones de agua en 24 horas entre el 0,10% y el 0,74% en masa.

2.2. Residuo de palas de aerogeneradores

El TPA se obtuvo a partir de secciones de paredes de palas de aerogeneradores con forma prismática y longitud máxima de lado de 30 cm, que fueron inicialmente cortadas mediante sierra mecánica. Posteriormente, dichos elementos se trituraron con una machacadora de cuchillas. El material resultante fue tamizado, sometiéndose a una nueva etapa de trituración y tamizado cuando su tamaño superaba los 10 mm. El TPA estuvo compuesto por fibras de PRFV, madera de balsa, polímeros, microfibras de PRFV y partículas de todos estos componentes no separables entre sí, en las proporciones recogidas en la Tabla 1. Las fibras de PRFV contenidas en este residuo presentaron una resistencia a tracción de 270 MPa, una longitud media de 13 mm y un diámetro equivalente de 0,73 mm [4].

El TPA posteriormente se cribó mediante tamices de 1 mm y 2 mm para generar las siguientes fracciones: TPA>2 (tamaño superior a 2 mm), TPA1-2 (entre 1 y 2 mm) y TPA<1 (inferior a 1 mm). Cada fracción presentó una composición y densidad diferente, siendo mayor la densidad cuanto mayor fue el contenido en PRFV, tal y como se muestra en Tabla 1.

Tabla 1. Densidad y composición de los distintos tipos de TPA

Residuo	Densidad (kg/dm ³)	Fibras de PRFV (% en masa)	Polímeros (% en masa)	Madera de balsa (% en masa)	Microfibras y partículas no separables (% en masa)
TPA	1,55	43,9	1,0	18,6	36,5
TPA>2	1,36	63,5	2,2	34,3	0,0
TPA1-2	1,86	77,1	0,8	22,2	0,0
TPA<1	1,47	0,0	0,0	0,0	100,0

La caracterización microestructural de las fibras de PRFV en el TPA se realizó mediante Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) con análisis de Energía Dispersiva de rayos X (EDX). El análisis MEB reveló que las fibras de vidrio se orientan de forma filiforme dentro de la resina epoxi, con un diámetro decreciente al reducirse el tamaño de la fracción [15]. Los resultados del EDX confirmaron el óxido de silíceo (SiO₂) y el óxido de calcio (CaO)

fueron los componentes mayoritarios de las fibras, tal y como se observa en la Fig. 1. El carbono y el oxígeno aparecieron como componentes fundamentales de la resina epoxi dada su naturaleza polimérica.

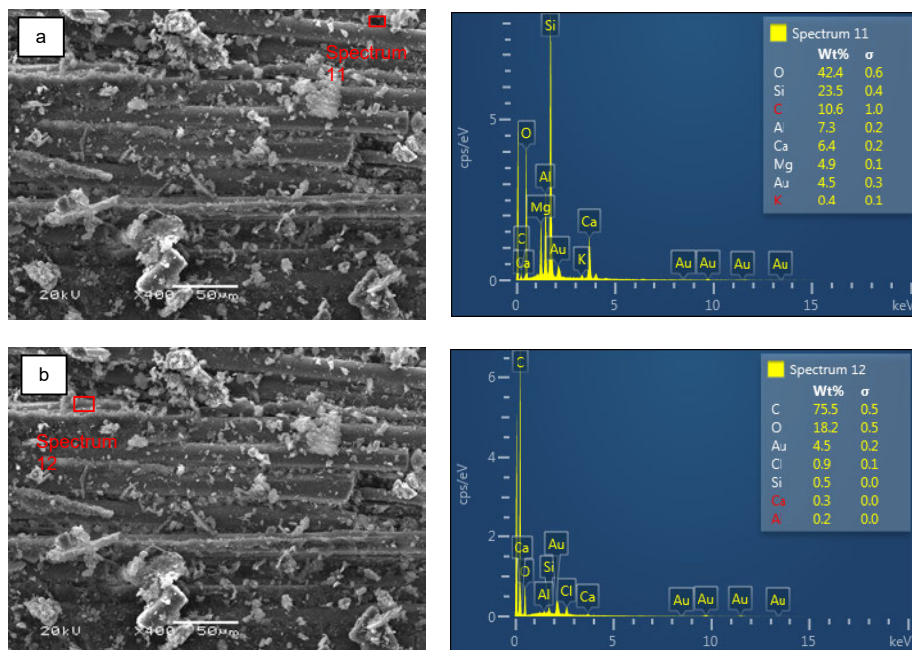


Figura 1. Imágenes MEB y espectros EDX de TPA: a) fibra de vidrio;
b) resina epoxi

3. CAMPAÑA EXPERIMENTAL

Se diseñaron cinco mezclas de hormigón, una mezcla de referencia (0% de residuo) y cuatro mezclas con sustitución volumétrica del 10% de los áridos por cada tipo de residuo de estudio (TPA, TPA>2, TPA1-2 y TPA<1). Este porcentaje de sustitución correspondió al contenido máximo de residuo de pala de aerogenerador incorporable al hormigón con garantías de comportamiento adecuado en estado fresco y mecánico, según estudios previos del grupo de investigación [16]. La dosificación de la mezcla de referencia (mezcla C) se estableció con un contenido de cemento de 320 kg/m³, una relación agua/cemento de 0,44 y un 1% de aditivos respecto a la masa total de cemento, con una proporción de superplastificante del doble de la del reductor de agua. La curva granulométrica se ajustó a la curva de Fuller. Las mezclas con TPA se obtuvieron sustituyendo el 10% del volumen de áridos por el residuo correspondiente, manteniendo invariables la relación agua/cemento y el contenido en aditivos. La composición de las mezclas se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición de las mezclas (kg/m³).

Componente	C	CTPA<1	CTPA1-2	CTPA>2	CTPA
Cemento (kg/m ³)	320	320	320	320	320
Agua (kg/m ³)	140	140	140	140	140
Superplastificante (kg/m ³)	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14
Aditivo reductor de agua (kg/m ³)	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Árido 0/2 mm (kg/m ³)	280	250	250	250	250
Árido 0/4 mm (kg/m ³)	385	345	345	345	345
Árido 4/12 mm (kg/m ³)	555	500	500	500	500
Árido 12/20 mm (kg/m ³)	780	700	700	700	700
Residuo TPA (kg/m ³)	-	-	-	-	118
Residuo TPA>2 (kg/m ³)	-	-	-	104	-
Residuo TPA1-2 (kg/m ³)	-	-	142	-	-
Residuo TPA<1 (kg/m ³)	-	112	-	-	-

El proceso de amasado consistió en cuatro fases. En la primera etapa se diluyeron los aditivos en 0,5 litros de agua de amasado. A continuación, se introdujeron los áridos y el 30% del agua restante en una amasadora de eje vertical, mezclándose durante 5 minutos. Luego se incorporaron el cemento, el TPA y el 70% del agua, mezclándose durante 3 minutos adicionales. Y por último se incorporaron los aditivos diluidos y se amasó todo el conjunto durante 5 minutos.

3.1. Ensayos en estado fresco

Tras el amasado se realizaron los ensayos de cono de Abrams según la norma EN 12350-2 [14] y de contenido de aire ocluido según EN 12350-7 [14]. A continuación, se procedió al llenado de moldes para obtener probetas para los estudios del hormigón en estado endurecido. Por cada mezcla se elaboraron 3 probetas prismáticas de 75×75×275 mm por mezcla, que se desmoldaron tras 24 horas de curado en cámara húmeda en condiciones de temperatura de 20±2 °C y de humedad relativa de 90±5%.

3.2. Ensayos en estado endurecido

En este estudio, se analizó el comportamiento del TPA al ser incorporado al hormigón, debido a la susceptibilidad de la degradación de PRFV de tipo *E* en ambientes de pH elevados. Para ello, se determinaron en las mezclas de hormigón el coeficiente de expansión térmica lineal y la expansividad por reactividad alcalina, siguiendo los protocolos de la norma UNE 146508 [17].

3.2.1. Determinación del Coeficiente de Expansión Térmica Lineal (α)

Para aislar el comportamiento termo-físico del hormigón antes del comportamiento inducido por la reacción química, se cuantificó la variación dimensional debida exclusivamente al gradiente térmico. Tras un periodo de fraguado de 24 horas a $20 \pm 2^\circ\text{C}$, se registró la longitud inicial (L_e) de las tres probetas prismáticas con una precisión de $\pm 0,001$ mm. Posteriormente, las muestras fueron sometidas a un choque térmico controlado mediante inmersión en agua desionizada a $80 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 24 horas. La longitud resultante (L_0) permitió calcular el coeficiente de expansión térmica lineal α mediante la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{L_0 - L_e}{L_e \times \Delta T}$$

Donde:

α : Coeficiente de expansión térmica lineal ($^\circ\text{C}^{-1}$).

L_e : Longitud inicial a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ (mm).

L_0 : Longitud tras inmersión en agua desionizada a $80 \pm 2^\circ\text{C}$ (mm).

ΔT : Incremento de temperatura aplicado ($^\circ\text{C}$).

3.2.2. Ensayo de Resistencia a los Álcalis y Expansión Química (ϵ_i)

Tras la estabilización térmica, se procedió a evaluar la reactividad química de las fibras de PRFV, que contenía fibras de vidrio tipo *E*, dentro de la matriz del hormigón. Las tres probetas prismáticas se sumergieron en una solución de NaOH 1 N a $80 \pm 2^\circ\text{C}$ durante un periodo de 26 días, alcanzando las probetas una edad de curado de 28 días.

El seguimiento de la expansión alcalina se realizó mediante mediciones de la longitud de las probetas cada 3 días, utilizando la longitud tras la inmersión en agua caliente (L_0) como valor de referencia para excluir las deformaciones de origen térmico previo. La expansión relativa en cada intervalo se determinó mediante la ecuación:

$$\epsilon_i = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100$$

Donde:

ϵ_i : Expansión alcalina porcentual en el día “i”.

L_i : Longitud de la probeta debido al ataque de álcalis en el día “i” (mm).

L_0 : Longitud de referencia tras estabilización térmica en agua desionizada (mm).

Una vez concluido el periodo de exposición de 26 días en la solución de NaOH, se realizó la última medición.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estado fresco

Los resultados de los ensayos en estado fresco se recogen en la Fig. 2. La incorporación de TPA redujo la trabajabilidad del hormigón de forma sistemática [12]. La mezcla $CTPA < 1$, con microfibras de tamaño inferior a 1 mm, registró el menor asiento (9,0 cm frente a los 18,0 cm de la mezcla de referencia C). Este comportamiento se atribuyó al efecto de las microfibras como elementos rígidos que incrementaron la fricción interna y limitaron el flujo de la pasta, interfiriendo además en la compactación por peso propio [12]. El aumento del tamaño de fibra, de la fracción 1-2 mm a la fracción > 2 mm, produjo un descenso adicional del asiento de 17,0 a 15,0 cm, al aumentar la interferencia de las fibras con el flujo del resto de componentes del hormigón.

El contenido de aire ocluido no resultó significativamente afectado por la presencia de fibras de PRFV. Sin embargo, la mezcla $CTPA > 2$ mostró un incremento apreciable (3,1%), que se atribuyó al elevado contenido de madera de balsa en esta fracción. La estructura laminar tridimensional y la porosidad superior al 90% de este material favoreció el encapsulamiento de burbujas de aire durante el amasado [18].

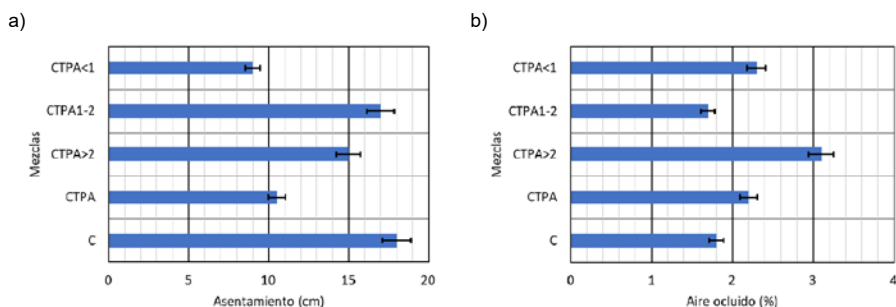


Figura 2. Resultados en estado fresco: a) Asentamiento; b) Aire ocluido

4.2. Ensayos en estado endurecido

4.2.1. Coeficiente de expansión térmica lineal (α)

La incorporación de TPA redujo el coeficiente de expansión térmica lineal en todas las mezclas, lo que constituyó un indicador favorable en términos de durabilidad ante variaciones térmicas [19]. El PRFV presenta un coeficiente de expansión de aproximadamente $0,84 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, inferior al de la pasta de cemento y de los áridos, lo que justifica esta reducción [20]. En la Fig. 3 se observa que la mezcla $CTPA < 1$, con el mayor contenido de microfibras de PRFV y su distribución más homogénea, obtuvo el valor más bajo ($1,05 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), mientras que la mezcla de referencia alcanzó un valor de $1,47 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Las mezclas con mayor proporción de madera de balsa y polímeros presentaron coeficientes más elevados, al tener menor proporción de PRFV.

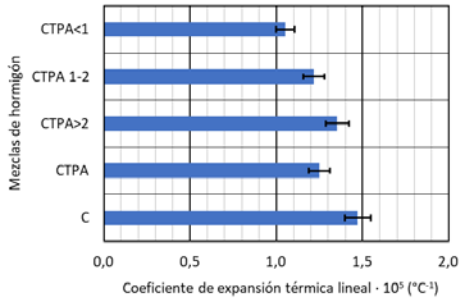


Figura 3. Coeficiente de expansión térmica lineal

4.2.2. Resistencia a los álcalis y expansión química (ϵ_i)

En la Fig. 4 se puede observar que la mezcla de referencia experimentó una ligera contracción inicial seguida de una expansión parcial. Sin embargo, todas las mezclas con TPA mostraron expansión desde el primer instante del ensayo alcalino. Este comportamiento fue consecuencia del ataque de los iones OH^- sobre los enlaces Si-O-Si de la fibra de vidrio tipo *E* presente en las fibras de PRFV del TPA, que provocó cambios dimensionales y pérdida de resistencia de las fibras [21]. La mezcla *CTPA<1* registró la mayor expansión final (0,033%), seguida de las mezclas *CTPA* (0,017%) y *CTPA1-2* (0,011%), siendo la menor la de la mezcla *CTPA>2* (0,007%). No obstante, ninguna mezcla superó el umbral normativo del 0,10%, lo que indica una estabilidad aceptable frente al ataque alcalino.

A la vista de los resultados, es claro que el tamaño de las partículas de PRFV condicionó la expansión de las mezclas de hormigón. Las fracciones más finas generaron una mayor superficie de contacto con la solución de NaOH, lo que aceleró la reacción alcalina [22]. La mezcla *CTPA>2*, con fibras de mayor tamaño, mostró una expansión lenta y progresiva, con el 91% de la expansión total producida a partir del sexto día de ensayo. Por el contrario, las mezclas *CTPA1-2* y *CTPA<1* desarrollaron el 83% y el 61% de su expansión total durante los primeros 6 días, respectivamente.

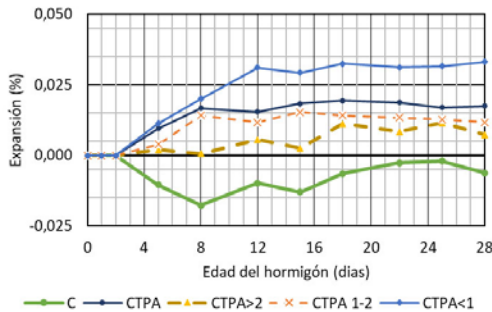


Figura 4. Expansión durante el ensayo de resistencia a los álcalis.

5. CONCLUSIONES

Esta investigación ha evaluado la viabilidad técnica de la incorporación de Triturado de Pala de Aerogenerador (TPA) como refuerzo en matrices cementicias de hormigón, analizando la susceptibilidad de las fibras de vidrio tipo *E* que contenía a entornos de alta alcalinidad. Los resultados obtenidos permiten extraer las siguientes conclusiones:

- La incorporación de TPA redujo la trabajabilidad del hormigón. Este efecto fue especialmente crítico en fracciones finas ($TPA < 1$), donde la elevada superficie específica de las microfibras incrementó la fricción interna. Por otro lado, la presencia de madera de balsa en fracciones gruesas ($TPA > 2$) incrementó el aire ocluido debido a su estructura porosa y laminar, lo que debe considerarse en el diseño de mezclas por su impacto en la densidad.
- La adición de TPA mejoró la estabilidad dimensional del hormigón ante gradientes térmicos. Todas las mezclas con residuo mostraron un coeficiente de expansión térmica lineal inferior al de la mezcla de referencia. La fracción $TPA < 1$ fue la más eficiente en este aspecto, logrando la mayor reducción del coeficiente gracias a una distribución más homogénea de las fibras de vidrio, que poseen una expansión térmica menor que la pasta de cemento.
- Aunque las fibras de vidrio tipo *E* son intrínsecamente vulnerables a los entornos de alto pH, los resultados de expansión química demuestran que el hormigón con 10% de TPA es estable ante este tipo de entornos. Ninguna de las mezclas superó el límite normativo del 0,10% a los 28 días. Se observó que a menor tamaño de partícula ($TPA < 1$), mayor fue la expansión debido al incremento de la superficie de contacto expuesta al ataque de los iones OH^- .
- La trituración mecánica no selectiva para producir TPA y su adición al hormigón es una vía eficaz para la valorización del residuo de palas de aerogenerador. El uso del residuo integral (sin separación de componentes) en un 10% de sustitución volumétrica de árido permitió obtener un material con propiedades térmicas mejoradas y una durabilidad química aceptable, cumpliendo con los estándares de estabilidad dimensional para aplicaciones de ingeniería civil.

En definitiva, la reutilización de palas de aerogenerador en forma de TPA no solo mitiga el impacto ambiental de estos residuos complejos, sino que aporta beneficios específicos al hormigón, especialmente en el control de la expansión térmica y el refuerzo mediante microfibras.

6. REFERENCIAS

- [1] L. Mishnaevsky, K. Branner, H.N. Petersen, J. Beauson, M. McGugan, B.F. Sørensen, Materials for Wind Turbine Blades: An Overview, Materials 10 (2017) 1285. <https://doi.org/10.3390/ma10111285>.

- [2] P. Brøndsted, H. Lilholt, A. Lystrup, Composite materials for wind power turbine blades, *Annu. Rev. Mater. Res.* 35 (2005) 505–538. <https://doi.org/10.1146/annurev.matsci.35.100303.110641>.
- [3] J. Qureshi, A Review of Recycling Methods for Fibre Reinforced Polymer Composites, *Sustainability* 14 (2022) 16855. <https://doi.org/10.3390/su142416855>.
- [4] V. Revilla-Cuesta, M. Skaf, V. Ortega-López, J.M. Manso, Raw-crushed wind-turbine blade: Waste characterization and suitability for use in concrete production, *Resour. Conserv. Recycl.* 198 (2023) 107160. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107160>.
- [5] M.A. DeRousseau, J.R. Kasprzyk, W. V Srubar, Computational design optimization of concrete mixtures: A review, *Cem. Concr. Res.* 109 (2018) 42–53. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.04.007>.
- [6] A.B. Folorunsho, S. Kim, C. Park, A Review on the Performance of Fibers on Restrained Plastic Shrinkage Cracks, *Buildings* 14 (2024) 2477. <https://doi.org/10.3390/buildings14082477>.
- [7] Z.F. Akbulut, T.A. Tawfik, P. Smarzewski, S. Guler, Advancing Hybrid Fiber-Reinforced Concrete: Performance, Crack Resistance Mechanism, and Future Innovations, *Buildings* 15 (2025) 1247. <https://doi.org/10.3390/buildings15081247>.
- [8] M. Ryvolova, L. Svobodova, T. Bakalova, L. Volesky, Influence of basic environment of geopolymer composites on degradation rates of E and AR type glass fibers, *Manufact. Tech. J.* 21 (2021) 247–254. <https://doi.org/10.21062/mft.2021.030>.
- [9] Y. Sun, Z. Jin, X. Zhang, B. Pang, Degradation of GFRP bars in alkaline environments: An experimental and molecular dynamics study, *J. Build. Eng.* 77 (2023) 107449. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107449>.
- [10] D. Liao, T. Gu, J. Liu, S. Chen, F. Zhao, S. Len, J. Dou, X. Qian, J. Wang, Degradation behavior and ageing mechanism of E-glass fiber reinforced epoxy resin composite pipes under accelerated thermal ageing conditions, *Compos. B Eng.* 270 (2024) 111131. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2023.111131>.
- [11] J. Herz, V. Schusser, D. Muscat, N. Strübbe, Cold-Drawn Wood-Filled Polybutylene Succinate Macro-Fibers as a Reinforcing Material for Concrete, *Polymers* 17 (2025) 403. <https://doi.org/10.3390/polym17030403>.
- [12] M. Hernando-Revenga, V. Revilla-Cuesta, J.A. Chica, V. Ortega-López, J.M. Manso, Initial Approach to Self-Compacting Concrete with Raw-Crushed Wind-Turbine Blade: Fresh, CFD and Mechanical Analysis, *Appl. Sci.* 14 (2024) 9946. <https://doi.org/10.3390/app14219946>.
- [13] H.J.B. de Assis, A.C. da Silva Bezerra, J.N. de Paula, W.G. Moravia, Utilization of recycled synthetic fibers in concrete with a focus on

- structural properties enhancement: a critical literature review, *Discov. Mater.* 4 (2024) 77. <https://doi.org/10.1007/s43939-024-00150-1>.
- [14] EN-Euronorm, European Committee for Standardization, Rue de Stassart, 36. Belgium-1050 Brussels.
- [15] R. Shrivastava, K.K. Singh, Mechanical property characterization of glass/epoxy composite with varying fiber percentage and mid-plane ply orientation, *J. Braz. Soc. Mech. Sci. Eng.* 44 (2022) 122. <https://doi.org/10.1007/s40430-022-03402-4>.
- [16] J. Manso-Morato, N. Hurtado-Alonso, V. Revilla-Cuesta, V. Ortega-López, Management of wind-turbine blade waste as high-content concrete addition: Mechanical performance evaluation and life cycle assessment, *J. Environ. Manage.* 373 (2025) 123995. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123995>.
- [17] UNE 146508, Ensayo de áridos. Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice y álcali-silicato de los áridos. Método acelerado en probetas de mortero (2023).
- [18] M. Borrega, P. Ahvenainen, R. Serimaa, L. Gibson, Composition and structure of balsa (*Ochroma pyramidale*) wood, *Wood Sci. Technol.* 49 (2015) 403–420. <https://doi.org/10.1007/s00226-015-0700-5>.
- [19] M. Hasegawa, Y. Takeuchi, T. Saito, Poly(ester imide)s with Low Linear Coefficients of Thermal Expansion and Low Water Uptake (VIII): Structure–Flame Retardancy Relationship, *Polymers* 16 (2024) 1967. <https://doi.org/10.3390/polym16141967>.
- [20] J. Pan, J. Liu, L. Zhang, X. Liu, B. Li, Prediction of thermal expansion coefficient of fiber-reinforced cement concrete based on micromechanics method, *Appl. Phys. A* 129 (2023) 531. <https://doi.org/10.1007/s00339-023-06800-0>.
- [21] D. Xing, L. Chen, Q. Ma, B. Hao, S.I. Gutnikov, B.I. Lazoryak, E. Mäder, P.-C. Ma, What happens to glass fiber under extreme chemical conditions?, *J. Non. Cryst. Solids* 548 (2020) 120331. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrsol.2020.120331>.
- [22] H. Du, K.H. Tan, Effect of particle size on alkali–silica reaction in recycled glass mortars, *Constr. Build. Mater.* 66 (2014) 275–285. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.05.092>.

IMPACTO DE LA REALIDAD VIRTUAL EN EL CONTEXTO UNIVERSITARIO: EXPERIENCIA INMERSIVA EN LAS AULAS DEL FUTURO

DAVID LLANOS RUIZ, VÍCTOR ABELLA GARCÍA Y VANESA AUSÍN VILLAVERDE
Facultad de Educación de la Universidad de Burgos

Resumen

La Realidad Virtual inmersiva constituye una tecnología educativa con potencial para enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje universitarios mediante experiencias interactivas, multisensoriales y contextualizadas. En este estudio, la integración de la Realidad Virtual (RV) se sitúa en el marco pedagógico de las “Aulas del Futuro”, entendidas como espacios orientados al aprendizaje activo, inclusivo y centrado en el estudiante. El objetivo de la investigación es analizar el impacto de la RV inmersiva en la adquisición de conocimientos y en la carga cognitiva percibida por el alumnado universitario, comparando su eficacia con la de entornos digitales convencionales. Se desarrolló un estudio piloto con diseño cuasi-experimental pretest-postest y grupo control no equivalente, con una muestra de 42 estudiantes del Grado en Pedagogía de la Universidad de Burgos. El grupo control realizó la actividad mediante ordenador, tableta o móvil, mientras que el grupo experimental utilizó visores de RV inmersiva Meta Quest, manteniendo en ambas condiciones los mismos contenidos, tiempos, objetivos e instrucciones. Ambos grupos mejoraron sus conocimientos tras la intervención, aunque solo el grupo control obtuvo una mejora estadísticamente significativa (+1,19; $p = 0,009$), frente al grupo de RV (+0,76; $p = 0,248$). La comparación entre grupos no mostró diferencias significativas en la ganancia de conocimiento. El grupo de RV presentó menores niveles medios de carga extrínseca y carga intrínseca sin significación estadística entre modalidades ($p = 0,160$ y $p = 0,344$ respectivamente), así como descriptivamente un menor esfuerzo mental en el grupo de RV ($M = 3,11$; $DT = 1,29$) que en el grupo control ($M = 4,22$; $DT = 1,98$). La carga germana o pertinente se mantuvo elevada en ambas modalidades, sin diferencias significativas entre grupos ($p = 0,546$). En conclusión, la RV inmersiva no evidenció una superioridad significativa en la adquisición inmediata de conocimientos frente a los entornos digitales convencionales. Por su parte, si bien los resultados no fueron estadísticamente significativos bajo las condiciones de este estudio piloto, los resultados descriptivos sugieren que la RV puede favorecer un perfil cognitivo potencialmente más eficiente, cuan-

do se integra mediante un diseño instruccional adecuado, una fase previa de familiarización tecnológica y actividades pedagógicamente contextualizadas.

Palabras clave

Realidad Virtual; Educación superior; Aulas del Futuro; Carga cognitiva; Aprendizaje inmersivo.

1. INTRODUCCIÓN

Este estudio se enmarca en el ámbito de la innovación educativa y analiza el impacto de la Realidad Virtual (RV) en los procesos de enseñanza-aprendizaje universitarios. Este trabajo parte de la consideración de la RV como una de las tecnologías más relevantes dentro del ecosistema de la Realidad Extendida (RE), por su capacidad para generar experiencias multisensoriales, interactivas y envolventes [1,2] con potencial para favorecer la comprensión de contenidos complejos, el desarrollo de competencias prácticas [3,4] y la implicación cognitiva y emocional del alumnado [5,6].

En este marco, el objetivo del estudio es analizar el impacto de la RV inmersiva en la adquisición de conocimientos y en la carga cognitiva percibida por el alumnado universitario, comparando su eficacia con la de entornos digitales convencionales. Esta investigación se vincula al proyecto MEREVIA (PID2022-136430OB-I00) y atiende no solo al valor tecnológico de los entornos inmersivos, sino también a su sentido pedagógico, su diseño instruccional y sus posibilidades reales de implementación en contextos formativos universitarios. Con dicho fin se diseñan e integran actividades vinculadas con el concepto de “Aulas del Futuro”, ámbitos educativos en los que se impulsan metodologías activas, inclusivas y centradas en el estudiante [7,8].

2. METODOLOGÍA

2.1. Diseño metodológico

La presente investigación se desarrolló mediante un diseño cuasi-experimental con medidas pretest-posttest y grupo control no equivalente, con el objetivo de analizar el impacto de la RV inmersiva en la adquisición de conocimientos y en la carga cognitiva percibida por parte del alumnado universitario. Este diseño permitió comparar la eficacia de una experiencia educativa desarrollada mediante dispositivos de RV (visores Meta Quest) con una experiencia equivalente implementada a través de entornos digitales convencionales (ordenadores, tabletas y/o móviles).

2.2. Contexto y participantes

El estudio piloto de esta investigación se llevó a cabo en la Facultad de Educación de la Universidad de Burgos, en el marco de la asignatura “Formación y actualización de la función pedagógica” del segundo curso del Grado en Pedagogía. La intervención se vinculó al modelo de las Aulas

del Futuro, entendido como una propuesta pedagógica que integra espacio, tecnología y metodologías activas orientadas al aprendizaje significativo. La finalidad de la actividad fue que el alumnado adquiriese conocimientos tecnológico-educativos relacionados con los recursos didácticos, la organización de los espacios de aprendizaje y el uso de metodologías innovadoras aplicadas a la enseñanza.

La muestra estuvo compuesta por 42 estudiantes universitarios, distribuidos en dos grupos de trabajo. El grupo control estuvo formado por 21 estudiantes que realizaron la actividad mediante dispositivos digitales convencionales. Por su parte, el grupo experimental estuvo integrado por 21 estudiantes que desarrollaron la misma actividad mediante RV inmersiva. Ambas condiciones mantuvieron los mismos contenidos, tiempos de trabajo, objetivos formativos e instrucciones.

2.3. Procedimiento de la intervención

La intervención se estructuró en dos fases complementarias entre sí. En primer lugar, el grupo experimental realizó una fase de familiarización con la tecnología inmersiva de RV, orientada a reducir el posible efecto novedad de esta herramienta, facilitar la adaptación al entorno inmersivo y desarrollar habilidades básicas de interacción, coordinación y manejo del dispositivo. Esta fase permitió que el alumnado se habituara al uso de los visores antes de iniciar la actividad educativa principal. En segundo lugar, se desarrolló la actividad pedagógica contextualizada en las “Aulas del Futuro”, centrada en la exploración de recursos educativos, metodologías activas y posibilidades de organización de los espacios didácticos en ambas modalidades, con RV y con dispositivos digitales convencionales.

2.4. Instrumentos

Para evaluar la adquisición de conocimientos, se aplicó un cuestionario de Cabero-Almenara et al. (2025) [9], administrado antes y después de la intervención. El pretest permitió identificar el nivel inicial del alumnado, mientras que el posttest permitió valorar los aprendizajes adquiridos tras la experiencia. Asimismo, tras la intervención, se evaluó la carga cognitiva percibida, mediante un cuestionario validado por Leppink et al. (2013) [10] y adaptado a contextos de RV, atendiendo a diferentes dimensiones: carga intrínseca, carga extrínseca, esfuerzo mental y carga germana o pertinente.

2.5. Análisis de los datos

Para el tratamiento de los datos se recurrió a estadísticos descriptivos y a pruebas no paramétricas, dado que no se cumplían los supuestos de normalidad y considerando, además, la naturaleza ordinal de las variables analizadas. En concreto, se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para analizar las diferencias intragrupo entre pretest y posttest, y la prueba U de Mann-Whitney para comparar las diferencias entre el grupo control y el

grupo experimental. El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa IBM SPSS Statistics v.25.

3. RESULTADOS

Los resultados preliminares del estudio piloto muestran que ambos grupos incrementaron su nivel de conocimientos tras la intervención, lo que permite considerar que el diseño pedagógico de la actividad fue adecuado para promover aprendizajes en las dos modalidades analizadas. En concreto, tanto el alumnado que trabajó mediante dispositivos digitales convencionales como el alumnado que participó en la experiencia de RV inmersiva obtuvo una mejora de medias en las puntuaciones posttest respecto al pretest.

En términos cuantitativos, el grupo control, que realizó la actividad mediante ordenador, tableta o móvil, alcanzó una mejora media de +1,19 puntos, con diferencias estadísticamente significativas entre el pretest y el posttest ($p = 0,009$). Por su parte, el grupo experimental, que desarrolló la actividad mediante visores de RV inmersiva, obtuvo una mejora media de +0,76 puntos, aunque en este caso la diferencia no alcanzó significación estadística ($p = 0,248$). Estos datos indican que ambas condiciones favorecieron una evolución positiva en la adquisición de conocimientos, si bien dicha mejora fue estadísticamente significativa únicamente en el grupo control.

Asimismo, la comparación entre grupos no mostró diferencias estadísticamente significativas en la ganancia de conocimiento obtenida tras la intervención ($p = 0,576$). Por tanto, bajo las condiciones específicas de este estudio piloto, la RV inmersiva no evidenció una superioridad significativa en el rendimiento inmediato frente a los entornos digitales convencionales.

Los resultados relativos a la carga cognitiva percibida permiten observar tendencias descriptivas relevantes entre ambas modalidades. El grupo que trabajó con RV presentó valores más bajos en carga intrínseca y carga extrínseca en comparación con el grupo control. En concreto, la carga intrínseca fue menor en el grupo de RV ($M = 2,96$; $DT = 1,68$) que en el grupo control ($M = 3,84$; $DT = 2,22$). De igual modo, la carga extrínseca también fue inferior en la condición inmersiva con RV ($M = 2,16$; $DT = 1,25$) frente a la modalidad convencional ($M = 2,79$; $DT = 1,60$). Finalmente, el esfuerzo mental percibido también fue menor en el grupo de RV ($M = 3,11$; $DT = 1,29$) que en el grupo control ($M = 4,22$; $DT = 1,98$). La prueba U de Mann–Whitney indicó que estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ni para la carga intrínseca ($p = 0,344$) ni para la carga extrínseca ($p = 0,160$). No obstante, las medias obtenidas sugieren, a nivel descriptivo, un perfil cognitivo potencialmente más eficiente en el grupo de RV.

Por otro lado, la carga germana o pertinente se mantuvo elevada en ambas condiciones, con una media de 7,23 en el grupo de RV y de 7,71 en el grupo control. Este resultado sugiere que, independientemente del medio tecnológico empleado, el alumnado movilizó un esfuerzo cognitivo útil orienta-

do a la comprensión, construcción y consolidación del aprendizaje. La prueba U de Mann–Whitney mostró que estas diferencias no fueron estadísticamente significativas entre ambas modalidades ($p = 0,546$).

En conjunto, los resultados indican que la RV no produjo una mejora significativamente superior en la adquisición inmediata de conocimientos, pero sí mostró un perfil cognitivo potencialmente más eficiente. La menor carga intrínseca, extrínseca y de esfuerzo mental en el grupo de RV apunta a que el entorno inmersivo pudo facilitar el procesamiento de la información, reducir la complejidad percibida de la tarea y disminuir parte de las demandas cognitivas no directamente vinculadas con el aprendizaje, si bien no se mostraron diferencias estadísticas entre ambas modalidades.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados preliminares de este estudio piloto permiten realizar una lectura inicial sobre el impacto de la RV inmersiva en contextos universitarios.

En primer lugar, ambos grupos incrementaron su nivel de conocimientos tras la intervención, lo que sugiere que el diseño pedagógico de la actividad fue adecuado para promover aprendizajes en las dos modalidades analizadas. Este hallazgo resulta coherente con la literatura previa, que señala que la RV, cuando se integra en propuestas instruccionales bien diseñadas, puede favorecer la comprensión de contenidos complejos, la participación activa del alumnado y el desarrollo de aprendizajes significativos [1]. No obstante, en este estudio, la mejora en adquisición de conocimientos fue estadísticamente significativa únicamente en el grupo control, mientras que el grupo experimental de RV mostró una evolución positiva, aunque sin alcanzar significación estadística.

Aunque se ha destacado el potencial de la RV para enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante experiencias inmersivas, interactivas y multisensoriales [6], los datos obtenidos muestran que la incorporación de esta tecnología no garantiza, por sí misma, una mejora inmediata del rendimiento académico frente a entornos digitales convencionales. Este resultado invita a interpretar la RV desde una perspectiva pedagógica, entendiendo que su valor educativo depende de la calidad del diseño instruccional, de la adecuación entre la tecnología y los objetivos formativos, y del tipo de aprendizaje que se pretende promover. La implementación de la RV inmersiva, por sí sola, no garantiza necesariamente una mayor adquisición de conocimientos a corto plazo, especialmente cuando se evalúan aprendizajes conceptuales mediante una intervención de duración limitada.

Los resultados relativos a la carga cognitiva aportan una dimensión relevante para comprender el valor educativo de la experiencia inmersiva. El grupo de RV presentó, a nivel descriptivo, menores niveles de carga intrínseca, carga extrínseca y esfuerzo mental en comparación con el grupo control, aunque estas diferencias no alcanzaron significación estadística. Desde

la Teoría de la Carga Cognitiva, desarrollada por Sweller [11], este resultado resulta de interés, ya que el aprendizaje eficaz requiere optimizar los recursos limitados de la memoria de trabajo, reduciendo demandas innecesarias y favoreciendo el esfuerzo cognitivo orientado a la construcción de esquemas mentales. En esta línea, la menor carga extrínseca y el menor esfuerzo mental percibido en el grupo de RV sugieren que el entorno inmersivo pudo facilitar el procesamiento de la información y reducir parte de la complejidad percibida de la tarea.

La carga germana o pertinente se mantuvo elevada en ambas modalidades, sin diferencias estadísticamente significativas entre grupos. Este resultado indica que el alumnado, independientemente del dispositivo utilizado, mantuvo un esfuerzo cognitivo útil orientado a la comprensión y consolidación del aprendizaje. Por tanto, la propuesta pedagógica diseñada parece haber sido adecuada en ambas condiciones. No obstante, la tendencia observada hacia menores niveles de carga intrínseca, extrínseca y esfuerzo mental en el grupo de RV sugiere que el entorno inmersivo pudo favorecer una experiencia de aprendizaje más fluida y cognitivamente eficiente, si bien esta interpretación debe asumirse cuidadosamente debido a la ausencia de significación estadística.

Estos resultados también deben interpretarse dentro del marco de las “Aulas del Futuro”, entendidas como entornos de aprendizaje flexibles, interactivos y centrados en el estudiante, orientados a promover metodologías activas, inclusivas y significativas [7,8]. Desde esta perspectiva, la RV no actúa como un recurso aislado, sino como una herramienta integrada en un ecosistema pedagógico más amplio, donde el espacio, la tecnología, la interacción y la metodología se articulan para favorecer nuevas formas de aprendizaje.

Como conclusión principal, este estudio piloto muestra que la RV inmersiva no produjo una mejora significativamente superior en la adquisición inmediata de conocimientos frente a los entornos digitales convencionales. No obstante, los resultados descriptivos sugieren que puede contribuir a un perfil cognitivo potencialmente más eficiente, caracterizado por menores niveles de carga intrínseca, carga extrínseca y esfuerzo mental percibido. En consecuencia, la RV puede aportar valor educativo en la educación superior cuando se integra mediante un diseño instruccional adecuado, una fase previa de familiarización tecnológica y una selección de tareas en las que la inmersión tenga un sentido pedagógico y unos objetivos claros y adecuadamente estructurados.

Finalmente, al tratarse de un estudio piloto, los resultados deben interpretarse teniendo en cuenta este hecho y con cautela. Entre las principales limitaciones se encuentran el tamaño reducido de la muestra, el carácter no equivalente de los grupos y la evaluación del aprendizaje inmediato, sin incluir medidas de retención a medio o largo plazo. Futuras investigaciones deberían ampliar la muestra, prolongar el tiempo de exposición a la RV, incor-

porar medidas diferidas de aprendizaje y analizar tareas de carácter más procedimental o competencial, con el fin de identificar en qué condiciones la RV puede aportar un valor diferencial real en los procesos de enseñanza-aprendizaje universitarios.

5. REFERENCIAS

- [1] Cabero-Almenara, J., Guillén-Gámez, F. D., & Ruiz-Palmero, J. (2022). La Realidad Extendida en la educación: Estado de la cuestión y perspectivas futuras. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 25(1), 35–56. <https://doi.org/10.5944/ried.25.1.30501>
- [2] Riva, G. (2020). *Virtual reality*. In *The Palgrave encyclopedia of the possible* (pp. 1–10). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98390-5_34-1
- [3] Tene, T., Guevara, M., Moreano, G., Vera, J., & Gomez, C. V. (2024). The role of immersive virtual realities: Enhancing science learning in higher education. *Emerging Science Journal*, 8, 88–102. <https://doi.org/10.28991/ESJ-2024-SIED1-06>
- [4] Marks, B., & Thomas, J. (2022). Adoption of virtual reality technology in higher education: An evaluation of five teaching semesters in a purpose-designed laboratory. *Education and Information Technologies*, 27(1), 1287–1305. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10653-6>
- [5] Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: A systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1–32. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>
- [6] Lampropoulos, G., & Kinshuk. (2024). Virtual reality and gamification in education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 72(3), 1691–1785. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10351-3>
- [7] Drigas, A., Papanastasiou, G., & Skianis, C. (2023). The school of the future: The role of digital technologies, metacognition and emotional intelligence. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18(09). <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i09.38133>
- [8] García-Tudela, P., Prendes-Espinosa, P., & Solano-Fernández, I. (2023). Aulas del Futuro en España: un análisis desde la perspectiva docente. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 67, 59–86. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.98627>
- [9] Cabero-Almenara, J., Miravete-Gracia, M., & Palacios-Rodríguez, A. (2025). Aprendizaje en Realidad Virtual: Impacto en la carga cognitiva y el rendimiento del alumnado universitario. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 25(82). <https://doi.org/10.6018/red.644621>

- [10] Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C. P. M., Van Gog, T., & Van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior Research Methods*, 45(4), 1058–1072. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1>
- [11] Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. *Psychology of Learning and Motivation*, 55, 37–76. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>

ACTIVIDAD FÍSICA, BDNF Y SINTOMATOLOGÍA DEPRESIVA EN ADULTOS: MECANISMOS NEUROBIOLÓGICOS E IMPLICACIONES PARA SALUD MENTAL

MARTÍNEZ BERRAQUERO, JOSÉ MANUEL

Universidad de Burgos

Universidad Europea Miguel de Cervantes

Hospital de día de salud mental Mensalud/ARISTA

Resumen

La relación entre actividad física, BDNF y sintomatología depresiva se ha convertido en uno de los campos más fecundos de la investigación actual en salud mental. Su interés no deriva solo de la constatación clínica de que el ejercicio puede reducir síntomas afectivos, sino también de la necesidad de explicar dichos efectos a partir de mecanismos biológicos plausibles. Esta investigación examina esa relación en población adulta desde una perspectiva neurobiológica, psicofisiológica y aplicada. En primer lugar, delimita conceptualmente la diferencia entre actividad física y ejercicio, así como la distinción entre depresión como entidad diagnóstica y sintomatología depresiva como dimensión clínica y subclínica. En segundo lugar, revisa el papel del BDNF como neurotrofina decisiva para la plasticidad sináptica, la neurogénesis y la modulación del estado de ánimo, atendiendo a su estructura, a sus receptores principales y a los problemas metodológicos implicados en su medición periférica. A continuación, se analiza el impacto del ejercicio aeróbico y del entrenamiento de fuerza sobre el eje músculo-cerebro, con especial atención a las mioquinas, a la señalización inflamatoria y a biomarcadores de interés como la interleucina-6 y la homocisteína. Finalmente, se revisa la evidencia reciente sobre el efecto del ejercicio en la reducción de la sintomatología depresiva y se discuten sus implicaciones para la práctica clínica y para la promoción de la salud mental. El capítulo sostiene que el BDNF es una pieza relevante, pero no única, dentro de una red compleja en la que convergen adaptación neurobiológica, regulación inmune, condición física y contexto clínico.

Palabras clave

actividad física; ejercicio físico; BDNF; sintomatología depresiva; salud mental; mioquinas.

Abstract

The relationship between physical activity, BDNF, and depressive symptomatology has become one of the most productive areas of current mental health research. Its relevance lies not only in the clinical observation that exercise may reduce affective symptoms, but also in the need to explain such effects through plausible biological mechanisms. This chapter examines that relationship in adults from a neurobiological, psychophysiological, and applied perspective. First, it conceptually distinguishes physical activity from exercise, and depression as a diagnostic entity from depressive symptomatology as a clinical and subclinical dimension. Second, it reviews the role of BDNF as a neurotrophin involved in synaptic plasticity, neurogenesis, and mood modulation, focusing on its structure, receptors, and the methodological difficulties surrounding peripheral measurement. Next, it analyzes the effects of aerobic exercise and resistance training on the muscle-brain axis, with special attention to myokines, inflammatory signaling, and biomarkers such as interleukin-6 and homocysteine. Finally, it reviews recent evidence on the effect of exercise on depressive symptomatology and discusses the implications for clinical practice and mental health promotion. The chapter argues that BDNF is an important, but not exclusive, component within a broader network in which neurobiological adaptation, immune regulation, physical fitness, and clinical context converge.

Keywords

physical activity; exercise; BDNF; depressive symptomatology; mental health; myokines.

1. INTRODUCCIÓN

La actividad física ocupa hoy un lugar central en la investigación sobre salud mental. El debate ya no consiste en afirmar de manera genérica que moverse resulta beneficioso, sino en precisar qué tipo de actividad, con qué dosis, a través de qué mecanismos y con qué alcance clínico puede contribuir a reducir la carga afectiva depresiva en adultos. En esa discusión, el BDNF ha adquirido una posición especialmente relevante porque ofrece un puente entre la experiencia clínica, la fisiología del ejercicio y la neurociencia de la plasticidad cerebral.

Durante los últimos años se han acumulado revisiones y metaanálisis que respaldan el efecto beneficioso del ejercicio sobre los síntomas depresivos. La revisión de Noetel et al. (2024) mostró que diferentes modalidades de ejercicio mejoran la sintomatología depresiva, con efectos particularmente claros para caminar o trotar, yoga y entrenamiento de fuerza. Más recientemente, la actualización Cochrane de Clegg et al. (2026) concluyó que el ejercicio puede ser moderadamente más eficaz que las intervenciones control para reducir síntomas de depresión y que, en las comparaciones directas disponibles, no

parece ni más ni menos eficaz que los tratamientos psicológicos o farmacológicos, aunque la certeza de esta última comparación continúa siendo limitada.

Ahora bien, que el ejercicio mejore la sintomatología no significa que deba presentarse como una panacea. La respuesta clínica es heterogénea, depende del contexto, del nivel basal de actividad, de la adherencia, del tipo de muestra y de la precisión con la que se define el fenómeno depresivo que se pretende estudiar. A ello se añade una segunda dificultad: la tendencia a presentar el BDNF como si fuera un marcador único y lineal del beneficio del ejercicio. La realidad es más compleja. El BDNF es una pieza relevante, pero sus niveles dependen de variables preanalíticas, de la compartimentación entre suero, plasma y plaquetas, del estado inflamatorio, de los tratamientos farmacológicos y de factores individuales como edad, sexo o genotipo (Serra-Millàs, 2016; Zarza-Rebollo et al., 2024).

El propósito de este capítulo es ordenar críticamente ese campo. Para ello se delimita en primer lugar la diferencia entre actividad física y ejercicio, y entre depresión y sintomatología depresiva. A continuación se revisa el BDNF como neurotrofina y como modulador funcional de la plasticidad cerebral, se examinan los problemas de su medición periférica y se analiza el eje músculo-cerebro, con especial atención a fuerza, resistencia, mioquinas e inflamación. Sobre esa base se discute la evidencia reciente y sus implicaciones para la salud mental en adultos.

1.1. Delimitación conceptual: actividad física, ejercicio y sintomatología depresiva

No es metodológicamente correcto utilizar como sinónimos actividad física y ejercicio. La Organización Mundial de la Salud define actividad física como cualquier movimiento corporal producido por la musculatura esquelética que exige gasto energético; el ejercicio, en cambio, es una subcategoría de la actividad física, planificada, estructurada, repetitiva y orientada a mejorar o mantener componentes de la condición física (Bull et al., 2020). Esta distinción no es menor. Una parte de la literatura sobre depresión estudia patrones generales de movimiento, sedentarismo o pasos diarios, mientras que otra examina programas prescritos de entrenamiento aeróbico, intervenciones multicomponente o protocolos de fuerza. Mezclar ambos planos introduce ruido conceptual y dificulta la comparación entre estudios.

Algo parecido ocurre con el término depresión. La depresión mayor es una categoría diagnóstica que exige criterios clínicos, duración, intensidad y repercusión funcional. La sintomatología depresiva, por el contrario, puede aparecer en un continuo de gravedad y suele medirse mediante escalas de autorregistro o heteroevaluación. Esta segunda formulación resulta especialmente importante en estudios comunitarios, en investigaciones sobre prevención y en trabajos en los que el interés reside en la carga afectiva depresiva sin asumir necesariamente un diagnóstico psiquiátrico completo.

Este matiz tiene consecuencias clínicas y epistemológicas. Cuando se habla de sintomatología depresiva no se niega la relevancia de la depresión como trastorno; se delimita el objeto de estudio con mayor precisión. Muchos ensayos de ejercicio incluyen muestras con sintomatología elevada, con depresión subclínica o con diagnósticos ya establecidos, pero no todos trabajan con los mismos umbrales ni con las mismas herramientas de evaluación. De ahí que resulte más prudente distinguir entre la reducción de síntomas depresivos y el tratamiento de la depresión como entidad diagnóstica. La revisión Cochrane de Clegg et al. (2026) y la red metaanalítica de Noetel et al. (2024) convergen precisamente en esta idea: el ejercicio muestra efectos consistentes sobre los síntomas, aunque las conclusiones sobre equivalencia terapéutica deben interpretarse con cautela.

Desde el punto de vista de este capítulo, la elección del término sintomatología depresiva permite una discusión más fina. Hace posible incorporar muestras clínicas y no clínicas, considerar la relevancia de la prevención y evitar la simplificación de presentar el ejercicio como sustituto universal del tratamiento psiquiátrico o psicoterapéutico.

1.2. BDNF: estructura, función y problemas de medición

El BDNF, abreviatura de brain-derived neurotrophic factor, es una neurotrofina con un papel decisivo en la supervivencia neuronal, la diferenciación celular, la plasticidad sináptica y la neurogénesis. Barde (2025) recuerda que se trata de un factor de crecimiento sintetizado y secretado principalmente por neuronas excitatorias y estrechamente ligado a funciones de memoria, aprendizaje y adaptación cerebral. Desde el punto de vista molecular, el BDNF se expresa inicialmente como proBDNF y puede transformarse en BDNF maduro. Esta diferencia es funcionalmente importante: el BDNF maduro se asocia de forma preferente al receptor tirosina quinasa TrkB y favorece la supervivencia neuronal, la potenciación sináptica y la plasticidad; el proBDNF, en cambio, muestra una mayor afinidad por p75NTR, receptor que participa en poda sináptica, depresión a largo plazo y, en determinados contextos, vías proapoptóticas (Barde, 2025).

Por eso no basta con afirmar que el BDNF ‘aumenta’ o ‘disminuye’. Lo relevante es entender qué forma se está midiendo, en qué compartimento biológico y con qué método. Funcionalmente, el BDNF no solo puede considerarse una neurotrofina; también actúa como modulador de la eficacia sináptica, del aprendizaje dependiente de actividad y de la comunicación entre redes neuronales. En este sentido, hablar de BDNF como neuromodulador no es impropio si se entiende que modula la excitabilidad y la plasticidad sinápticas más que la neurotransmisión rápida en sentido clásico.

La literatura sobre depresión ha vinculado de forma consistente la disminución del BDNF con modelos de estrés y con trastornos del estado de ánimo. La hipótesis neurotrófica de la depresión propuesta por Duman y Monteggia (2006) defendió precisamente que el estrés crónico y los glucocor-

ticoides reducen la neuroplasticidad, mientras que tratamientos eficaces tienden a restaurarla. Desde entonces, esta formulación ha sido refinada, pero sigue siendo una referencia útil para interpretar por qué la regulación del BDNF puede guardar relación con la mejoría anímica.

Ahora bien, convertir el BDNF periférico en biomarcador sencillo de salud mental es problemático. Una parte sustancial del BDNF circulante se almacena en plaquetas y se libera durante la coagulación, lo que explica que las concentraciones séricas sean muy superiores a las plasmáticas. Bouhaddou et al. (2024) y Dell'Oste et al. (2024) subrayan que las plaquetas constituyen un reservorio fundamental y que los resultados cambian de manera importante según se use suero, plasma rico en plaquetas o plasma pobre en plaquetas. A ello se añaden variables como el tiempo de coagulación, la estrategia de centrifugado, la temperatura de conservación, el número de ciclos de congelación y la especificidad de los kits ELISA, que no siempre distinguen bien entre BDNF total, proBDNF y BDNF maduro.

Desde una perspectiva aplicada, esto obliga a dos cautelas. La primera es no interpretar el BDNF periférico como reflejo directo del BDNF cerebral. La segunda es no convertirlo en un índice aislado de respuesta al ejercicio o de gravedad depresiva. Puede ser útil como marcador complementario, pero solo si se describen con precisión el tipo de muestra, el método analítico y los factores de confusión clínicamente relevantes.

1.3. Actividad física, eje músculo-cerebro y mecanismos neurobiológicos

El beneficio del ejercicio sobre el estado de ánimo no puede explicarse por una única vía. En realidad, responde a la interacción entre sistemas neurotróficos, inmunitarios, endocrinos, metabólicos y conductuales. Dentro de ese entramado, el eje músculo-cerebro ha cobrado una importancia creciente porque el músculo activo no es solo un órgano efector del movimiento, sino también un tejido secretor capaz de liberar señales con repercusión central.

El ejercicio aeróbico muestra efectos bien documentados sobre perfusión cerebral, biogénesis mitocondrial, función endotelial y regulación del BDNF. Erickson et al. (2011) demostraron que un programa de entrenamiento aeróbico incrementaba el volumen hipocampal y mejoraba la memoria en adultos mayores, lo que ofreció una prueba especialmente persuasiva de la relación entre ejercicio, plasticidad cerebral y función cognitiva. En el plano afectivo, la relevancia del ejercicio aeróbico no reside solo en el aumento agudo del BDNF, sino en su capacidad para modular el estrés, favorecer la regulación autonómica, mejorar el sueño y reducir procesos inflamatorios asociados a estados depresivos persistentes.

El entrenamiento de fuerza merece una consideración específica. Durante años fue tratado como complemento del trabajo aeróbico en salud mental, pero la evidencia reciente obliga a corregir esa jerarquía. Noetel et al.

(2024) encontraron que el entrenamiento de fuerza figuraba entre las modalidades con mejores resultados sobre síntomas depresivos, y Herring y Meyer (2024) recuerdan que la fuerza no solo mejora composición corporal y autoestima percibida, sino que activa mecanismos psicobiológicos plausibles para explicar sus efectos ansiolíticos y antidepresivos. Desde el punto de vista funcional, además, la fuerza muscular representa una de las capacidades físicas básicas con mayor valor para la autonomía, la competencia percibida y la adherencia a la actividad física en la vida adulta.

Uno de los conceptos más interesantes en este ámbito es el de mioquina. Las mioquinas son moléculas liberadas por el músculo esquelético en respuesta a la contracción y capaces de actuar a nivel autocrino, paracrino o endocrino. Entre ellas destacan la interleucina-6, la irisina derivada de FNDC5, el IGF-1, la catepsina B y otras señales que intervienen en la comunicación entre músculo, hígado, tejido adiposo y cerebro. La interleucina-6 merece un comentario específico porque su interpretación cambia según el contexto. En estados inflamatorios crónicos suele leerse como citocina proinflamatoria; durante el ejercicio agudo, sin embargo, actúa como mioquina y participa en una secuencia antiinflamatoria que favorece la liberación de IL-10 y la modulación de TNF- α . Por eso, traducir automáticamente un ascenso transitorio de IL-6 como ‘mala inflamación’ sería un error fisiológico.

La irisina, por su parte, ha atraído mucho interés porque se relaciona con la activación de FNDC5 y con efectos sobre metabolismo, plasticidad y estado de ánimo. Liu et al. (2024) resumen bien esta línea al señalar que la irisina inducida por ejercicio puede promover diferenciación neural, plasticidad y mejora del humor. El interés de esta mioquina no consiste en desplazar al BDNF, sino en mostrar que la respuesta del ejercicio sobre el cerebro es policéntrica y que el BDNF forma parte de una red de exerquinas y mediadores biológicos.

En este punto conviene añadir un biomarcador que suele quedar fuera de las síntesis simplificadas: la homocisteína. Su relación con la depresión no es específica ni unívoca, pero niveles elevados se han asociado con peor perfil vascular, estrés oxidativo y mayor carga de síntomas afectivos en diferentes poblaciones. Georgescu et al. (2024) encontraron asociaciones longitudinales entre homocisteína y síntomas depresivos y ansiosos, mientras que Yu y Wang (2026) resumen que la actividad física moderada-vigorosa suele asociarse con niveles más bajos de homocisteína, aunque la respuesta depende de edad, estado de salud, dieta, genética y modalidad de ejercicio. Dicho de otro modo: la homocisteína puede incorporarse al análisis del medio metabólico e inflamatorio del paciente, pero no debe presentarse como marcador central ni específico del vínculo entre ejercicio y depresión.

En conjunto, la fisiología del ejercicio sugiere que resistencia cardiorespiratoria y fuerza muscular no compiten entre sí, sino que ofrecen entradas complementarias hacia la regulación del estado de ánimo. La primera suele

mostrar una asociación más consistente con el aumento agudo de BDNF periférico; la segunda, además de efectos neurobiológicos compartidos, añade ganancias de autoeficacia, funcionalidad y tolerancia al esfuerzo que pueden ser especialmente útiles en personas con sintomatología depresiva.

1.4. Evidencia reciente sobre actividad física, BDNF y sintomatología depresiva

La literatura reciente permite sostener con bastante claridad que el ejercicio físico reduce la sintomatología depresiva en adultos, pero también obliga a matizar el alcance de esa afirmación. No todos los estudios trabajan con diagnósticos clínicos, no todos miden el BDNF de la misma manera y no todas las intervenciones son comparables en intensidad, duración o supervisión. Esta heterogeneidad explica parte de las discrepancias del campo.

Desde el punto de vista clínico, la red metaanalítica de Noetel et al. (2024) representa uno de los hitos más relevantes de los últimos años. Su síntesis mostró que caminar o trotar, yoga y entrenamiento de fuerza se encontraban entre las modalidades con mayores efectos sobre depresión. La actualización Cochrane de Clegg et al. (2026) confirmó que el ejercicio puede reducir los síntomas de depresión en adultos y que su efecto frente a control es clínicamente relevante, si bien la evidencia a largo plazo y la comparación directa con otros tratamientos siguen siendo menos robustas. Aun así, ambos trabajos permiten afirmar que el ejercicio ha dejado de ser un simple complemento higienista para convertirse en una intervención con apoyo empírico real.

La cuestión del BDNF es más compleja. Zarza-Rebollo et al. (2024), en su revisión sistemática sobre BDNF, actividad física y depresión, concluyeron que existe evidencia acumulativa a favor de un papel potencial del BDNF en esta interacción, pero también destacaron la presencia de resultados discordantes en los estudios que analizan concentraciones proteicas periféricas. Entre los motivos se cuentan el tamaño muestral limitado, la escasa homogeneidad de los protocolos, el uso concomitante de antidepresivos, la edad, el sexo y el polimorfismo Val66Met. Esa conclusión es importante porque obliga a separar dos planos: una cosa es que el ejercicio mejore síntomas y otra que el BDNF periférico, medido de cualquier modo, explique por sí solo esa mejoría.

Los estudios agudos y crónicos tampoco aportan exactamente la misma información. Laske et al. (2010) mostraron que una sola sesión de ejercicio podía elevar de forma significativa los niveles séricos de BDNF en mujeres mayores con depresión remitida, normalizándolos transitoriamente hacia valores comparables a los del grupo control. Ese hallazgo ilustra que la respuesta aguda existe y que puede ser relevante incluso en sujetos con historia depresiva. Sin embargo, extrapolar ese efecto inmediato a programas crónicos o a poblaciones distintas sería metodológicamente impropio.

En paralelo, la evidencia sobre fuerza y salud mental ha ganado consistencia. Herring y Meyer (2024) resumen que el entrenamiento contra resis-

tencias presenta efectos ansiolíticos y antidepresivos significativos, aunque todavía se necesitan ensayos confirmatorios de mayor calidad y tamaño. Este punto interesa especialmente a un capítulo como el presente porque obliga a abandonar la vieja idea de que solo la resistencia aeróbica es la modalidad ‘verdaderamente neurobiológica’. La fuerza también moviliza mioquinas, modifica el medio inflamatorio, mejora la autoeficacia y puede convertirse en una puerta de entrada muy valiosa para personas con baja tolerancia al esfuerzo aeróbico.

En términos prácticos, la mejor lectura de la evidencia actual no es maximalista, sino jerarquizada. Puede afirmarse que el ejercicio mejora la sintomatología depresiva en adultos; puede sostenerse que el BDNF es uno de los mecanismos plausibles de esa mejoría; y puede añadirse que la modulación de dicho vínculo depende de factores biológicos, psicológicos y metodológicos que aún requieren mayor estandarización. Lo que todavía no puede sostenerse con el mismo grado de certeza es que exista una dosis universal de ejercicio o que una determinación periférica aislada de BDNF permita anticipar con precisión la respuesta clínica.

1.5. Implicaciones clínicas y para la salud mental

Las implicaciones clínicas de esta literatura son relevantes, pero exigen prudencia. La primera es que el ejercicio debe considerarse una intervención seria dentro del abordaje de la sintomatología depresiva en adultos y no una recomendación inespecífica de estilo de vida. La segunda es que la prescripción no puede basarse en consignas genéricas. Debe atender al estado clínico, al nivel basal de actividad, a la fatiga, a la comorbilidad médica, al tratamiento farmacológico, a la historia deportiva y a la adherencia esperable.

Las guías de la OMS recomiendan para la población adulta entre 150 y 300 minutos semanales de actividad aeróbica moderada, o entre 75 y 150 minutos de actividad vigorosa, además de trabajo de fortalecimiento muscular al menos dos veces por semana (Bull et al., 2020). Esta referencia es útil como umbral de salud pública, pero en salud mental conviene pensar más en trayectorias de adherencia que en umbrales abstractos. Para muchos pacientes con sintomatología depresiva, especialmente si presentan anergia, insomnio, dolor o marcada desmotivación, el problema no es solo alcanzar una dosis, sino sostenerla. En ese contexto, programas supervisados, progresivos y con metas realistas suelen tener más valor clínico que prescripciones ambiciosas pero inviables.

El segundo punto clínico importante es la evaluación. Si se pretende trabajar el vínculo entre actividad física, BDNF y estado de ánimo, la valoración no debería reducirse a una escala depresiva antes y después de la intervención. Resulta razonable incorporar variables de condición física, parámetros antropométricos, consumo farmacológico, sueño, adherencia y, cuando sea pertinente, marcadores biológicos. En el caso del BDNF, si se decide medirlo, es imprescindible explicitar si se trata de suero o plasma, el protocolo

preanalítico y las condiciones de conservación, porque sin esa información la interpretación pierde buena parte de su valor.

También merece atención la diferencia entre intervención para depresión establecida y estrategia de promoción de salud mental. En el primer caso, el ejercicio se integra en un plan terapéutico más amplio y no debe presentarse como sustituto automático de psicoterapia o farmacoterapia. En el segundo, puede desempeñar una función preventiva muy valiosa, especialmente en adultos con sintomatología leve o con factores de riesgo afectivo, metabólico e inflamatorio. Esta distinción es clínicamente decisiva y evita tanto el reduccionismo biologicista como el entusiasmo acrítico.

Por último, desde una perspectiva interdisciplinar, la lectura más útil es probablemente la que articula fisiología del ejercicio, psiquiatría, psicología clínica y neuropsicología. El ejercicio influye sobre el estado de ánimo, pero también sobre sueño, cognición, regulación del estrés, sensación de dominio, interacción social y funcionalidad diaria. El BDNF participa en ese proceso, pero lo hace junto a otros mediadores. Un enfoque clínico no necesita elegir entre explicación biológica y explicación psicológica; necesita integrarlas con fundamento.

2. DISCUSIÓN

El principal valor de la literatura reciente no consiste en haber descubierto que el ejercicio mejora el ánimo, sino en haber desplazado esa intuición hacia un terreno más preciso. Hoy se puede discutir qué modalidades muestran mejores resultados, qué papel desempeñan fuerza y resistencia, cómo interactúan las mioquinas con el sistema nervioso central y hasta qué punto el BDNF sirve como mediador plausible de los efectos del ejercicio. Ese avance es real y debe reconocerse.

Al mismo tiempo, conviene evitar tres simplificaciones. La primera es confundir sintomatología depresiva con depresión mayor. La segunda es identificar el BDNF periférico con el funcionamiento cerebral sin atender a los condicionantes analíticos. La tercera es atribuir a una sola molécula un fenómeno clínico que depende también de regulación inmune, metabolismo, sueño, vínculos sociales, expectativa terapéutica y experiencia subjetiva de autoeficacia.

Desde el punto de vista académico, el campo necesita mejorar la estandarización de los protocolos de ejercicio, la caracterización de las muestras y la calidad de la medición biológica. Desde el punto de vista clínico, necesita abandonar la falsa dicotomía entre intervención ‘psicológica’ e intervención ‘física’. En la sintomatología depresiva, el movimiento modifica el cerebro, el sistema inmune, el cuerpo y la experiencia de sí mismo. Precisamente por eso interesa tanto.

3. CONCLUSIONES

La actividad física constituye una herramienta relevante para la salud mental del adulto y muestra efectos consistentes sobre la sintomatología depresiva. Dentro de los mecanismos propuestos, el BDNF ocupa un lugar importante por su participación en plasticidad, neurogénesis y adaptación cerebral, aunque su valor interpretativo exige cautela metodológica y no debe aislarse del resto de mediadores biológicos.

La evidencia disponible permite afirmar que tanto el trabajo aeróbico como el entrenamiento de fuerza tienen interés clínico, cada uno con perfiles fisiológicos y conductuales parcialmente diferenciados. La resistencia cardiorespiratoria favorece con claridad la señalización neurotrófica y la regulación del estrés; la fuerza añade, además, un valor funcional y psicobiológico propio, con participación de mioquinas y efectos muy relevantes sobre adherencia, competencia percibida y funcionalidad.

En conjunto, la relación entre actividad física, BDNF y sintomatología depresiva debe entenderse como una convergencia entre plasticidad neural, señalización músculo-cerebro, regulación inflamatoria y experiencia clínica. Ese marco es suficientemente robusto como para justificar la inclusión del ejercicio dentro de estrategias serias de promoción y tratamiento en salud mental, pero también lo bastante complejo como para exigir rigor conceptual, precisión metodológica y un enfoque interdisciplinar.

4. REFERENCIAS

- Barde, Y.-A. (2025). The physiopathology of brain-derived neurotrophic factor. *Physiological Reviews*, 105(4), 2073–2140. <https://doi.org/10.1152/physrev.00038.2024>
- Boström, P., Wu, J., Jedrychowski, M. P., Korde, A., Ye, L., Lo, J. C., Rasbach, K. A., Boström, E. A., Choi, J. H., Long, J. Z., Kajimura, S., Zingaretti, M. C., Vind, B. F., Tu, H., Cinti, S., Højlund, K., Gygi, S. P., & Spiegelman, B. M. (2012). A PGC1- α -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*, 481(7382), 463–468. <https://doi.org/10.1038/nature10777>
- Bouhaddou, N., Mabrouk, M., Atifi, F., Bouyahya, A., & Zaid, Y. (2024). The link between BDNF and platelets in neurological disorders. *Heliyon*, 10(21), e39278. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39278>
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., Lambert, E., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451–1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>

- Clegg, A. J., Hill, J. E., Mullin, D. S., Harris, C., Smith, C. J., Lightbody, C. E., Dwan, K., Cooney, G. M., Mead, G. E., & Watkins, C. L. (2026). Exercise for depression. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 1, CD004366. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004366.pub7>
- Dell'Oste, V., Palego, L., Betti, L., Fantasia, S., Gravina, D., Bordacchini, A., Pedrinelli, V., Giannaccini, G., & Carmassi, C. (2024). Plasma and platelet brain-derived neurotrophic factor (BDNF) levels in bipolar disorder patients with post-traumatic stress disorder (PTSD) or in a major depressive episode compared to healthy controls. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(6), 3529. <https://doi.org/10.3390/ijms25063529>
- Duman, R. S., & Monteggia, L. M. (2006). A neurotrophic model for stress-related mood disorders. *Biological Psychiatry*, 59(12), 1116–1127. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2006.02.013>
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J. S., Heo, S., Alves, H., White, S. M., Wojcicki, T. R., Mailey, E., Vieira, V. J., Martin, S. A., Pence, B. D., Woods, J. A., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(7), 3017–3022. <https://doi.org/10.1073/pnas.1015950108>
- Georgescu, M. F., Beydoun, M. A., Maino Vieytes, C. A., Fanelli-Kuczmarski, M. T., Ashe, J., Beydoun, H. A., Hossain, S., Hooten, N. N., Evans, M. K., & Zonderman, A. B. (2024). Longitudinal association of homocysteine with depressive and anxiety symptoms among urban adults: Healthy aging in neighborhoods of diversity across the life span study. *Translational Psychiatry*, 14, Article 455. <https://doi.org/10.1038/s41398-024-03111-7>
- Herring, M. P., & Meyer, J. D. (2024). Resistance exercise for anxiety and depression: Efficacy and plausible mechanisms. *Trends in Molecular Medicine*, 30(3), 204–206. <https://doi.org/10.1016/j.molmed.2023.11.016>
- Laske, C., Banschbach, S., Stransky, E., Bosch, S., Straten, G., Machann, J., Fritsche, A., Hipp, A., Niess, A., & Eschweiler, G. W. (2010). Exercise-induced normalization of decreased BDNF serum concentration in elderly women with remitted major depression. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 13(5), 595–602. <https://doi.org/10.1017/S1461145709991234>
- Leal, G., Bramham, C. R., & Duarte, C. B. (2017). BDNF and hippocampal synaptic plasticity. *Vitamins and Hormones*, 104, 153–195. <https://doi.org/10.1016/bs.vh.2016.10.004>

- Liu, Y., Fu, X., Zhao, X., Cui, R., & Yang, W. (2024). The role of exercise-related FND5/irisin in depression. *Frontiers in Pharmacology*, 15, 1461995. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1461995>
- Murawska-Ciałowicz, E., Woźniewski, M., & Zuwała-Jagiello, J. (2021). BDNF impact on biological markers of depression—Role of physical exercise and training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14), 7553. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147553>
- Noetel, M., Sanders, T., Gallardo-Gómez, D., Taylor, P., Del Pozo Cruz, B., Van Itallie, A., Del Pozo Cruz, J., Cullen, H., Sanders, L. M. J., Yao, L., & Lonsdale, C. (2024). Effect of exercise for depression: Systematic review and network meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ*, 384, e075847. <https://doi.org/10.1136/bmj-2023-075847>
- Serra-Millàs, M. (2016). Are the changes in the peripheral brain-derived neurotrophic factor levels due to platelet activation? *World Journal of Psychiatry*, 6(1), 84–101. <https://doi.org/10.5498/wjp.v6.i1.84>
- Szuhany, K. L., Bugatti, M., & Otto, M. W. (2015). A meta-analytic review of the effects of exercise on brain-derived neurotrophic factor. *Journal of Psychiatric Research*, 60, 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2014.10.003>
- Yu, Y., & Wang, D. (2026). Research progress on the effect of exercise on homocysteine. *Current Medicinal Chemistry*, 33(11), 2150–2164. <https://doi.org/10.2174/0109298673354271250413015339>
- Zarza-Rebollo, J. A., López-Isac, E., Rivera, M., Gómez-Hernández, L., Pérez-Gutiérrez, A. M., & Molina, E. (2024). The relationship between BDNF and physical activity on depression. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 134, 111033. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2024.111033>

NEUROPSICOLOGÍA DE LA ESQUIZOFRENIA: EVALUACIÓN DEL DETERIORO COGNITIVO ASOCIADO Y AVANCES EN REHABILITACIÓN COGNITIVA

JOSÉ MANUEL MARTÍNEZ BERRAQUERO

Universidad de Burgos

Universidad Europea Miguel de Cervantes

Hospital de día de salud mental Mensalud/ARISTA

Resumen

La esquizofrenia es un trastorno mental grave del espectro psicótico cuya expresión clínica no se limita a la sintomatología positiva, negativa o a la desorganización, sino que incluye un deterioro cognitivo de especial relevancia para la evolución del cuadro, el pronóstico y la intervención especializada. El presente capítulo revisa la esquizofrenia desde una perspectiva histórica, clínica, neurobiológica y neuropsicológica, situando en el centro del análisis la evaluación del deterioro cognitivo asociado y los avances recientes en rehabilitación cognitiva. En primer lugar, se examina la evolución del concepto desde la *dementia praecox* de Kraepelin hasta la formulación de Bleuler y las clasificaciones diagnósticas contemporáneas, incorporando una breve consideración de la experiencia psicótica y de su representación cultural. A continuación, se delimitan los criterios actuales desde el DSM-5-TR y la CIE-11, subrayando la transición desde los antiguos subtipos hacia una comprensión dimensional del trastorno. El capítulo revisa después los principales modelos neurobiológicos implicados, con especial atención a la hipótesis dopaminérgica, glutamatérgica, neuroinflamatoria y del neurodesarrollo. Sobre esa base, se desarrolla el núcleo neuropsicológico del trabajo, centrado en el perfil cognitivo de la esquizofrenia, en el valor clínico de la evaluación neuropsicológica y en las posibilidades actuales de la rehabilitación cognitiva. Se concluye que la neuropsicología ocupa hoy un lugar central en el abordaje de la esquizofrenia, tanto para delimitar con mayor precisión el deterioro cognitivo como para orientar intervenciones mejor fundamentadas e integradas en equipos multidisciplinares.

Palabras clave

esquizofrenia; neuropsicología; deterioro cognitivo; evaluación neuropsicológica; rehabilitación cognitiva.

Abstract

Schizophrenia is a severe mental disorder within the psychosis spectrum whose clinical expression extends beyond positive, negative, and disorganization symptoms to include cognitive impairment with clear implications for illness course, prognosis, and specialized intervention. This chapter reviews schizophrenia from historical, clinical, neurobiological, and neuropsychological perspectives, placing at the center the assessment of associated cognitive impairment and recent advances in cognitive rehabilitation. It first examines the evolution of the concept from Kraepelin's dementia praecox to Bleuler's formulation and contemporary diagnostic classifications, while briefly considering psychotic experience and its cultural representation. It then outlines current criteria in DSM-5-TR and ICD-11, emphasizing the shift from classical subtypes to a dimensional understanding of the disorder. The chapter reviews major neurobiological models, with special attention to dopaminergic, glutamatergic, neurodevelopmental, and neuroinflammatory hypotheses. On this basis, the core neuropsychological section focuses on the cognitive profile of schizophrenia, the clinical value of neuropsychological assessment, and current possibilities for cognitive rehabilitation. The chapter concludes that neuropsychology now holds a central place in schizophrenia care, both for defining cognitive impairment more precisely and for guiding better grounded interventions within multidisciplinary teams.

Keywords

schizophrenia; neuropsychology; cognitive impairment; neuropsychological assessment; cognitive rehabilitation.

1. INTRODUCCIÓN

La esquizofrenia sigue siendo uno de los trastornos de mayor complejidad dentro de la salud mental contemporánea. Su relevancia clínica no deriva únicamente de la presencia de ideas delirantes, alucinaciones o trastornos formales del pensamiento, sino de la forma en que estas manifestaciones se entrelazan con síntomas negativos, alteraciones del comportamiento, afectación social y deterioro cognitivo. En la práctica clínica, reducir la esquizofrenia a su dimensión psicótica constituye un error conceptual y terapéutico. Del mismo modo, abordar la dimensión cognitiva como un epifenómeno inespecífico empobrece la comprensión del trastorno e impide diseñar estrategias de intervención acordes con su complejidad.

Desde una perspectiva actual, la neuropsicología de la esquizofrenia no puede entenderse como un apéndice tardío de la psiquiatría, sino como una vía de acceso privilegiada a la organización clínica del cuadro. El deterioro cognitivo asociado a la esquizofrenia afecta al aprendizaje, la atención, la memoria, la velocidad de procesamiento, la regulación ejecutiva y la cognición social, y lo hace con una intensidad que guarda relación con la evolución, la discapacidad y la respuesta al tratamiento (Heinrichs & Zakzanis, 1998;

Nuechterlein et al., 2025). Este dato obliga a reconsiderar el lugar de la evaluación neuropsicológica dentro del proceso diagnóstico y dentro de la planificación terapéutica.

El interés por esta cuestión no es nuevo, pero sí ha cambiado de estatus. Durante décadas, la atención clínica y la investigación se centraron en los síntomas floridos, en la contención farmacológica de la psicosis y en la delimitación nosográfica del trastorno. En los últimos años, sin embargo, la literatura ha consolidado la idea de que la cognición no solo acompaña al cuadro, sino que constituye una de sus dimensiones más consistentes y clínicamente informativas (Vita et al., 2024a; Øie et al., 2025). A ello se suma el desarrollo de programas de rehabilitación cognitiva con una base empírica cada vez más robusta, lo que ha desplazado el interés desde la mera descripción del déficit hacia su evaluación sistemática y su posible tratamiento (Vita et al., 2024b).

Este capítulo tiene como objetivo examinar la esquizofrenia desde una perspectiva que articula historia, clínica, neurobiología y neuropsicología, pero situando el foco principal en dos ejes: la evaluación del deterioro cognitivo asociado y los avances en rehabilitación cognitiva. Para ello, se revisa primero la evolución histórica del concepto y su reformulación diagnóstica actual; en segundo lugar, se sintetizan los principales modelos neurobiológicos; y, por último, se analiza la aportación específica de la neuropsicología clínica al estudio y tratamiento de la esquizofrenia.

1.1. Evolución histórica del concepto de esquizofrenia

La historia de la esquizofrenia es, en buena medida, la historia de la psiquiatría moderna. A finales del siglo XIX, Emil Kraepelin agrupó diferentes formas de psicosis temprana bajo el rótulo de *dementia praecox*, insistiendo en un curso deteriorante y en un pronóstico generalmente desfavorable (Kraepelin, 1919). Esta formulación supuso un cambio decisivo: el interés dejó de recaer exclusivamente en el contenido llamativo de los síntomas para situarse en la trayectoria evolutiva del trastorno. La importancia de Kraepelin reside, por tanto, no solo en la delimitación sindrómica, sino en la idea de que existía una forma clínica específica distinta de los trastornos afectivos.

Pocos años después, Eugen Bleuler introdujo el término *esquizofrenia*, formado a partir de los vocablos griegos *schízein*, “escindir”, y *phrēn*, “mente” o “vida mental” (Bleuler, 1950). La nueva denominación no hacía referencia a una supuesta “doble personalidad”, interpretación vulgar que todavía hoy persiste en ámbitos no especializados, sino a la fragmentación de los procesos psíquicos. Bleuler amplió la perspectiva kraepeliniana al considerar que el trastorno no debía definirse solo por el deterioro, sino por una alteración de la asociación, la afectividad, la ambivalencia y el autismo. De ese modo, la esquizofrenia dejó de ser exclusivamente una enfermedad de curso desfavorable para convertirse en una alteración compleja de la vida psíquica.

A lo largo del siglo XX, la evolución del concepto osciló entre formulaciones más fenomenológicas, más psicodinámicas y biológicas. En los contextos manicomial e institucional, el paciente con esquizofrenia quedó a menudo fijado a una identidad diagnóstica rígida, con escaso margen para una lectura funcional o rehabilitadora. Los antiguos hospitales psiquiátricos, herederos de la lógica asilar, reforzaron con frecuencia una visión custodial del trastorno, centrada más en la contención que en la comprensión clínica. Esa tradición dejó una huella cultural profunda, visible en la persistencia de imaginarios sociales que identifican esquizofrenia con cronicidad, extrañeza y pérdida irreversible de la razón.

No obstante, la historia del concepto no puede reducirse a la nosografía psiquiátrica. La psicología clínica y la literatura también contribuyeron a modelar la comprensión del trastorno. Las narrativas sobre voces, extrañamiento, fractura del yo y desorganización de la experiencia subjetiva ofrecieron una vía de acceso diferente a la vivencia psicótica. Este plano no sustituye a la clínica, pero sí recuerda que la esquizofrenia no se agota en la taxonomía diagnóstica y que su estudio exige atender tanto a la fenomenología del síntoma como a sus correlatos neurobiológicos y cognitivos.

En las clasificaciones contemporáneas se ha producido un desplazamiento importante. El DSM-5 eliminó los subtipos clásicos de esquizofrenia —paranoide, desorganizada, catatónica, indiferenciada y residual— por su escasa estabilidad, su baja validez y su limitada utilidad clínica (American Psychiatric Association, 2013). Esa decisión fue mantenida en el DSM-5-TR, que reafirma una aproximación dimensional y basada en dominios sintomáticos. En paralelo, la CIE-11 adoptó una organización similar, priorizando descripciones clínicas más operativas y flexibles (World Health Organization, 2024). Este desplazamiento tiene consecuencias directas para la neuropsicología: obliga a abandonar la idea de “tipos” cerrados de esquizofrenia y a pensar en perfiles de funcionamiento, trayectorias clínicas y necesidades de intervención.

1.2. Experiencia psicótica, representación cultural y delimitación fenomenológica

La esquizofrenia ha ocupado un lugar singular en la cultura precisamente porque desafía la intuición cotidiana sobre la unidad de la conciencia y la continuidad del yo. La literatura, el cine y el ensayo han recurrido con frecuencia a imágenes de voces, presencias, persecución, desdoblamiento o quiebre del sentido compartido para aproximarse a la experiencia psicótica. En ese registro simbólico, expresiones como “las voces del ático” o “la casa tomada por la mirada del otro” condensan con fuerza metafórica algo que la clínica conoce bien: la intrusión de una alteridad no gobernable en la vida mental del sujeto.

Ahora bien, desde un punto de vista académico conviene evitar dos errores simétricos. El primero consiste en romantizar la psicosis y convertirla

en una figura estética del genio o de la lucidez extrema. El segundo, más frecuente en la práctica asistencial, es reducirla a un simple inventario de síntomas positivos. Una aproximación fenomenológica más ajustada reconoce que la experiencia psicótica implica modificaciones profundas en la atribución de significado, en la vivencia del cuerpo, en la certeza perceptiva, en la relación con el lenguaje y en la posibilidad misma de participar de un mundo compartido. Esta dimensión subjetiva no sustituye la delimitación diagnóstica, pero la complementa y la hace clínicamente más inteligible.

Desde la neuropsicología, esta consideración es relevante por una razón concreta: los síntomas no aparecen en un vacío cognitivo. El modo en que una persona interpreta una percepción organiza sus inferencias, inhibe asociaciones irrelevantes o atribuye intenciones a los demás está atravesado por procesos cognitivos y metacognitivos. Por ello, una fenomenología clínicamente útil de la esquizofrenia debe dialogar tanto con la psicopatología como con la neuropsicología. No se trata de oponer la vivencia subjetiva al dato objetivo, sino de reconocer que ambas dimensiones se iluminan mutuamente.

1.3. Delimitación clínica actual de la esquizofrenia

En la actualidad, la esquizofrenia se define como un trastorno mental grave del espectro psicótico caracterizado por una combinación variable de síntomas positivos, síntomas negativos, desorganización, alteraciones psicomotoras y deterioro cognitivo. El DSM-5-TR mantiene la exigencia de al menos dos síntomas nucleares, uno de los cuales debe pertenecer al grupo formado por delirios, alucinaciones o discurso desorganizado, junto con una duración mínima de seis meses y un deterioro significativo del funcionamiento (American Psychiatric Association, 2022). Por su parte, la CIE-11 sitúa la esquizofrenia dentro de los trastornos psicóticos primarios y enfatiza la relevancia de los síntomas persistentes, del juicio de realidad alterado y de la interferencia funcional, también desde una perspectiva dimensional (World Health Organization, 2024).

Esta reformulación diagnóstica tiene dos consecuencias principales. En primer lugar, deja atrás la antigua lógica de subtipos, poco estable y escasamente útil para el tratamiento. En segundo lugar, obliga a reconocer que la esquizofrenia no puede delimitarse exclusivamente por la presencia de psicosis. Los síntomas positivos son clínicamente llamativos y a menudo motivan la consulta o el ingreso, pero no resumen por sí solos el cuadro completo. Los síntomas negativos, la desorganización y el deterioro cognitivo condicionan de forma profunda el curso del trastorno, la calidad de vida y la recuperación (American Psychiatric Association, 2021; Nuechterlein et al., 2025).

La dimensión cognitiva merece una atención específica. El National Institute of Mental Health lleva años incluyendo los síntomas cognitivos dentro de la propia clínica de la esquizofrenia, al lado de las manifestaciones psicóticas y negativas. Este enfoque resulta congruente con la evidencia acumulada: las dificultades atencionales, mnésicas, ejecutivas y de cognición

social pueden preceder a los episodios psicóticos manifiestos, persistir fuera de ellos y explicar una parte relevante de la discapacidad asociada al trastorno. En otras palabras, la esquizofrenia no debe pensarse como psicosis más déficit, sino como un cuadro en el que la alteración cognitiva participa de su estructura clínica.

Esta delimitación clínica también obliga a matizar la relación entre esquizofrenia y calidad de vida. Los síntomas positivos pueden remitir parcialmente con tratamiento, pero la recuperación clínica no siempre va acompañada de recuperación cognitiva ni de una mejora proporcional del funcionamiento. Ahí radica una de las razones por las que la neuropsicología se ha vuelto imprescindible: permite explorar con mayor precisión qué parte del sufrimiento y de la discapacidad del paciente depende del componente cognitivo y qué estrategias podrían mitigarla.

1.4. Neurobiología de la esquizofrenia: entre el neurodesarrollo, la conectividad y la inflamación

La neurobiología de la esquizofrenia ha dejado de entenderse como una explicación unilineal fundada exclusivamente en la dopamina. La hipótesis dopaminérgica conserva valor heurístico, sobre todo en lo relativo a la relación entre hiperactividad dopaminérgica mesolímbica y síntomas positivos, así como entre hipoactividad prefrontal y ciertas alteraciones cognitivas y negativas. Sin embargo, el modelo actual es necesariamente más complejo. La investigación contemporánea integra alteraciones del neurodesarrollo, disfunción glutamatérgica, anomalías de conectividad cerebral, neuroinflamación y estrés oxidativo como piezas de un mismo problema clínico.

La hipótesis glutamatérgica, especialmente a partir de la disfunción del receptor NMDA, ha contribuido a explicar mejor la coexistencia de síntomas psicóticos, alteraciones cognitivas y desorganización. El interés de esta perspectiva radica en que conecta los mecanismos de neurotransmisión con la plasticidad sináptica y con la organización funcional de las redes frontotemporales. Por esa vía, la neurobiología de la esquizofrenia se aproxima a cuestiones nucleares para la neuropsicología: la eficiencia de la memoria de trabajo, el control inhibitorio, el aprendizaje y la integración social de la información.

A ello se añade el modelo del neurodesarrollo. La evidencia actual sugiere que la esquizofrenia no surge de forma súbita en la vida adulta, sino que en muchos casos expresa una trayectoria de vulnerabilidad previa, modulada por factores genéticos, obstétricos, ambientales y madurativos. Los cambios sutiles en cognición, adaptación social o regulación emocional que pueden preceder a la psicosis apoyan esta idea. En términos clínicos, este modelo permite comprender por qué el deterioro cognitivo no debe interpretarse como una secuela tardía del trastorno, sino como una dimensión que puede estar presente antes del primer episodio y que evoluciona de manera heterogénea (Penadés et al., 2024).

Otro eje de gran interés es la neuroinflamación. Aunque todavía no existe un biomarcador inmunológico específico ni un consenso cerrado sobre su papel causal, las revisiones recientes respaldan la existencia de alteraciones inflamatorias y oxidativas relevantes en subgrupos de pacientes con esquizofrenia (Chaves et al., 2024). Esta línea resulta prometedora por dos motivos: primero, porque conecta la psicopatología con procesos sistémicos medibles; segundo, porque abre la posibilidad de intervenciones biológicas más finas, combinadas con estrategias psicológicas y neurorehabilitadoras.

Finalmente, los estudios de neuroimagen y conectividad han mostrado alteraciones consistentes en circuitos frontotemporales, frontoestriatales y frontoparietales, lo que ayuda a comprender la coexistencia de psicosis, desorganización y deterioro cognitivo. No se dispone todavía de una prueba biológica con valor diagnóstico suficiente para sustituir la evaluación clínica, pero el conjunto de hallazgos ha reforzado la idea de que la esquizofrenia es un trastorno cerebral complejo, heterogéneo y multidimensional. La relevancia de esta conclusión para la neuropsicología es evidente: si la alteración del funcionamiento cerebral es distribuida y no focal, la evaluación cognitiva debe ser igualmente amplia, jerarquizada y clínicamente interpretada.

1.5. Neuropsicología de la esquizofrenia: perfil cognitivo, evaluación y valor clínico

La neuropsicología de la esquizofrenia se ha consolidado como un campo de trabajo con identidad propia. A diferencia de lo que ocurre en otros trastornos donde la evaluación cognitiva tiene un papel complementario, aquí aporta información estructural sobre el cuadro. El deterioro cognitivo asociado a la esquizofrenia es amplio, clínicamente significativo y relativamente estable, aunque no uniforme. La heterogeneidad entre pacientes es considerable, pero los estudios meta-analíticos muestran afectación consistente en atención, memoria verbal, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento y funciones ejecutivas (Heinrichs & Zakzanis, 1998). A ello se suma la cognición social, especialmente relevante para comprender las dificultades en el ajuste interpersonal y en la interpretación de claves sociales (Fett et al., 2011).

Desde un punto de vista clínico, esta constatación obliga a distinguir entre descripción del déficit y formulación neuropsicológica. Enumerar dominios alterados no basta. La evaluación neuropsicológica debe precisar el perfil cognitivo del paciente, su gravedad relativa, su impacto funcional, su evolución temporal y su posible interferencia con la adherencia terapéutica o con el aprovechamiento de otras intervenciones. En este sentido, la literatura reciente insiste en que la medición clínica del deterioro cognitivo asociado a la esquizofrenia sigue siendo una asignatura pendiente, no por falta de conocimiento teórico, sino por dificultades de implementación, tiempo, formación y recursos (Nuechterlein et al., 2025; Øie et al., 2025).

En investigación, la MATRICS Consensus Cognitive Battery continúa siendo la herramienta de referencia, al proporcionar una evaluación estructu-

rada de los principales dominios neurocognitivos y un componente de cognición social (Nuechterlein et al., 2008). Sin embargo, su uso en la práctica cotidiana es limitado por la duración de la administración, la necesidad de entrenamiento y el coste. Por ello, las recomendaciones recientes conceden valor creciente a instrumentos más breves y clínicamente viables, como la Brief Assessment of Cognition in Schizophrenia o la Screen for Cognitive Impairment in Psychiatry, así como a medidas basadas en entrevista y en quejas cognitivas estructuradas cuando se utilizan de forma complementaria (Vita et al., 2024a; Nuechterlein et al., 2025).

Esta cuestión no es meramente instrumental. Si el clínico no dispone de una evaluación cognitiva razonablemente operativa, la dimensión cognitiva de la esquizofrenia queda invisibilizada. El resultado es una clínica sesgada hacia lo que más se ve: psicosis, conducta, adherencia, riesgo. La aportación de la neuropsicología consiste precisamente en corregir ese sesgo. La evaluación cognitiva permite afinar la comprensión de la desorganización, diferenciar parte de la apatía negativa de problemas de iniciación o planificación, valorar la capacidad de aprendizaje del paciente y ajustar tanto la psicoeducación como la intervención psicoterapéutica y rehabilitadora.

Conviene insistir, además, en que la alteración cognitiva en esquizofrenia no puede equipararse a la de otros trastornos sin más. Aunque muchos de los dominios evaluados son comunes a la neuropsicología clínica en general, su patrón de combinación, su inicio temprano, su relativa persistencia y su relación con la sintomatología psicótica y negativa le confieren una especificidad clínica propia. De ahí que el interés no deba recaer solo en si hay o no déficit, sino en cómo ese déficit se organiza dentro de la estructura clínica del trastorno.

En paralelo, la cognición social ha adquirido un lugar creciente en el campo. La habilidad para reconocer emociones, inferir estados mentales, interpretar intenciones ajenas o ajustar la propia conducta en contextos interpersonales resulta crucial para el funcionamiento clínico y comunitario. Diversos trabajos han mostrado que la cognición social media parcialmente la relación entre neurocognición y funcionamiento, lo que refuerza su relevancia para la evaluación y la intervención (Fett et al., 2011). Desde una perspectiva aplicada, esto significa que una evaluación neuropsicológica competente en esquizofrenia no debería limitarse a procesos “fríos”, sino incorporar tareas y escalas que permitan explorar también la dimensión social de la cognición.

En suma, la neuropsicología de la esquizofrenia aporta cuatro ganancias clínicas claras: mejora la delimitación del perfil cognitivo; ayuda a interpretar con más precisión la presentación clínica; informa el pronóstico; y permite seleccionar o adaptar intervenciones. Estas cuatro funciones justifican que la evaluación neuropsicológica deje de ocupar un lugar periférico y pase a formar parte del abordaje ordinario del trastorno.

1.6. Avances en rehabilitación cognitiva y abordaje multidisciplinar

La rehabilitación cognitiva representa hoy una de las líneas de intervención con mayor desarrollo dentro del tratamiento no farmacológico de la esquizofrenia. Su objetivo no es únicamente mejorar el rendimiento en pruebas neuropsicológicas, sino favorecer la generalización de ganancias cognitivas a contextos clínicos, sociales y ocupacionales. En este punto conviene ser precisos: la rehabilitación cognitiva no sustituye al tratamiento antipsicótico ni a la intervención psicológica y social, pero tampoco puede concebirse como un complemento decorativo. La evidencia acumulada muestra que produce mejoras pequeñas o moderadas, pero consistentes, en cognición y funcionamiento, especialmente cuando se integra con programas de rehabilitación psiquiátrica más amplios (Wykes et al., 2011; Vita et al., 2024b).

Las revisiones más recientes han reforzado esta conclusión. La actualización de Vita et al. (2024b), basada en ensayos clínicos aleatorizados con seguimiento, mostró que los efectos de la rehabilitación cognitiva sobre la cognición global y el funcionamiento pueden mantenerse más allá del final de la intervención, sobre todo cuando el tratamiento es más prolongado, se orienta a la transferencia a situaciones reales y se articula con otros recursos de rehabilitación. Del mismo modo, las revisiones narrativas centradas en el tratamiento del deterioro cognitivo asociado a la esquizofrenia sitúan la rehabilitación cognitiva y los programas basados en ejercicio físico entre las estrategias no farmacológicas con mejor respaldo disponible (Calzavara-Pinton et al., 2024).

No todas las intervenciones, sin embargo, son equivalentes. Bajo el rótulo de rehabilitación cognitiva conviven enfoques muy diversos: entrenamiento computarizado, estrategias compensatorias, programas centrados en metacognición, abordajes de cognición social, entrenamiento combinado con actividad física, e intervenciones integradas en programas de recuperación funcional. La literatura actual coincide en que el éxito terapéutico depende menos del formato aislado y más de ciertos principios de intervención: intensidad suficiente, objetivos explícitos, supervisión clínica, conexión con las demandas de la vida diaria y articulación con otros tratamientos (Penadés et al., 2024; Øie et al., 2025).

En este contexto, la contribución de la neuropsicología es doble. Por un lado, participa en la selección del candidato, en la identificación de objetivos realistas y en la monitorización de cambios. Por otro, aporta un lenguaje clínico que permite traducir las necesidades del paciente a un plan de intervención coherente. Dicho de otro modo: sin evaluación neuropsicológica rigurosa, la rehabilitación corre el riesgo de aplicarse de manera estandarizada; sin rehabilitación cognitiva, la evaluación corre el riesgo de quedar reducida a una descripción estática del déficit.

Otro aspecto relevante es la integración multidisciplinar. El tratamiento de la esquizofrenia exige coordinación entre psiquiatría, psicología clínica,

neuropsicología, terapia ocupacional, enfermería especializada y trabajo social. La rehabilitación cognitiva alcanza su mayor potencial cuando se inserta en ese ecosistema terapéutico, no cuando se ofrece como un módulo aislado. En un hospital de día o en una red comunitaria, por ejemplo, los hallazgos neuropsicológicos pueden modular la psicoeducación, la intervención familiar, la organización de actividades terapéuticas, el entrenamiento en habilidades sociales y la planificación de objetivos funcionales.

Todavía persisten retos importantes. Entre ellos, la desigual implantación de estos programas, la falta de tiempo clínico para evaluar, la ausencia de protocolos breves universalmente aceptados y la necesidad de mejorar la transferencia ecológica. También sigue abierto el debate sobre la combinación óptima entre rehabilitación cognitiva, ejercicio físico, intervención metacognitiva y nuevas tecnologías. Con todo, el balance actual es claro: la rehabilitación cognitiva ya no puede considerarse una opción marginal dentro de la esquizofrenia, sino una línea de intervención con fundamento empírico, relevancia clínica y proyección de futuro.

2. DISCUSIÓN

La revisión presentada permite sostener una idea central: la esquizofrenia no puede abordarse de manera adecuada si la dimensión cognitiva queda subordinada a la urgencia de la sintomatología psicótica. La psicosis sigue siendo un componente definitorio del cuadro y a menudo el más visible, pero la clínica cotidiana demuestra que la afectación cognitiva condiciona en gran medida la trayectoria terapéutica, la participación del paciente en el tratamiento y la posibilidad de recuperación. Esta constatación no implica reducir la esquizofrenia a un trastorno cognitivo, sino reconocer que su estudio exige una articulación real entre psiquiatría, psicología clínica, neurobiología y neuropsicología.

En ese marco, la evaluación neuropsicológica adquiere un valor que va más allá del diagnóstico. Permite traducir el cuadro clínico a perfiles de funcionamiento, anticipar dificultades de aprendizaje y adherencia, y fundamentar decisiones de intervención mejor ajustadas. A su vez, la rehabilitación cognitiva aporta una vía concreta para convertir la información evaluativa en acción terapéutica. La dirección actual del campo apunta precisamente a consolidar ese puente entre medición clínica e intervención.

3. CONCLUSIONES

La evolución histórica del concepto de esquizofrenia muestra que el trastorno ha pasado de ser entendido como una psicosis deteriorante relativamente homogénea a concebirse como una condición compleja, heterogénea y dimensional. En esa transformación, la neuropsicología ha dejado de ocupar un lugar periférico para convertirse en uno de los ejes más útiles para la comprensión clínica del cuadro.

La evidencia contemporánea permite afirmar que el deterioro cognitivo asociado a la esquizofrenia no es una manifestación secundaria ni un residuo inespecífico del trastorno. Se trata de una dimensión clínica relevante, presente en distinto grado a lo largo de la enfermedad, con efectos claros sobre el pronóstico, el funcionamiento y la respuesta al tratamiento. De ahí que su evaluación deba formar parte del abordaje especializado y no reservarse a contextos excepcionales.

Los avances recientes en rehabilitación cognitiva refuerzan esta conclusión. Aunque persisten limitaciones metodológicas y desigualdades en la implementación, hoy existe una base empírica suficiente para considerar estas intervenciones como un componente valioso del tratamiento multidisciplinar. En consecuencia, la neuropsicología de la esquizofrenia debe pensarse no solo como un campo de descripción del déficit, sino como un espacio de evaluación aplicada, formulación clínica y orientación terapéutica. Ese es, probablemente, uno de los cambios más relevantes del campo en la actualidad.

4. REFERENCIAS

- American Psychiatric Association. (2013). Schizophrenia. https://www.psychiatry.org/File%20Library/Psychiatrists/Practice/DSM/APA_DSM-5-Schizophrenia.pdf
- American Psychiatric Association. (2021). The American Psychiatric Association practice guideline for the treatment of patients with schizophrenia (3rd ed.). American Psychiatric Association Publishing.
- American Psychiatric Association. (2022). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed., text rev.). American Psychiatric Association Publishing.
- Bleuler, E. (1950). Dementia praecox or the group of schizophrenias (J. Zinkin, Trans.). International Universities Press. (Original work published 1911)
- Calzavara-Pinton, I., Nibbio, G., Barlati, S., Bertoni, L., Necchini, N., Zardini, D., Baglioni, A., Paolini, S., Poddighe, L., Bulgari, V., Facchi, M., & Vita, A. (2024). Treatment of cognitive impairment associated with schizophrenia spectrum disorders: New evidence, challenges, and future perspectives. *Brain Sciences*, 14(8), 791. <https://doi.org/10.3390/brainsci14080791>
- Chaves, C., Dursun, S. M., Tusconi, M., & Hallak, J. E. C. (2024). Neuroinflammation and schizophrenia - is there a link? *Frontiers in Psychiatry*, 15, 1356975. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2024.1356975>
- Fett, A.-K. J., Viechtbauer, W., Dominguez, M.-G., Penn, D. L., van Os, J., & Krabbendam, L. (2011). The relationship between neurocognition and social cognition with functional outcomes in schizophrenia: A meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(3), 573-588. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.07.001>

- Heinrichs, R. W., & Zakzanis, K. K. (1998). Neurocognitive deficit in schizophrenia: A quantitative review of the evidence. *Neuropsychology*, 12(3), 426-445. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.12.3.426>
- Kraepelin, E. (1919). *Dementia praecox and paraphrenia*. E. & S. Livingstone.
- Nuechterlein, K. H., Green, M. F., Kern, R. S., Baade, L. E., Barch, D. M., Cohen, J. D., Essock, S., Fenton, W. S., Frese, F. J., III, Gold, J. M., Goldberg, T., Heaton, R. K., Keefe, R. S. E., Kraemer, H., Mesholam-Gately, R., Seidman, L. J., Stover, E., Weinberger, D. R., Young, A. S., ... Marder, S. R. (2008). The MATRICS Consensus Cognitive Battery, part 1: Test selection, reliability, and validity. *The American Journal of Psychiatry*, 165(2), 203-213. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2007.07010042>
- Nuechterlein, K. H., Nasrallah, H., & Velligan, D. (2025). Measuring cognitive impairments associated with schizophrenia in clinical practice: Overview of current challenges and future opportunities. *Schizophrenia Bulletin*, 51(2), 401-421. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbae051>
- Øie, M. G., Barbosa, F., Lettner, S., Baker, G., Duarte, C., Hessen, E., & Ueland, T. (2025). Why clinical neuropsychology matters in schizophrenia care. *Frontiers in Psychology*, 16, 1713751. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1713751>
- Penadés, R., Forte, M. F., Mezquida, G., Andrés, C., Pujol, N., Bernardo, M., & Segura, B. (2024). Treating cognition in schizophrenia: A whole lifespan perspective. *Healthcare*, 12(21), 2196. <https://doi.org/10.3390/healthcare12212196>
- Vita, A., Barlati, S., Cavallaro, R., Mucci, A., Riva, M. A., Rocca, P., Rossi, A., & Galderisi, S. (2024a). Definition, assessment and treatment of cognitive impairment associated with schizophrenia: Expert opinion and practical recommendations. *Frontiers in Psychiatry*, 15, 1451832. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1451832>
- Vita, A., Barlati, S., Ceraso, A., Nibbio, G., Durante, F., Facchi, M., Deste, G., & Wykes, T. (2024b). Durability of effects of cognitive remediation on cognition and psychosocial functioning in schizophrenia: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *The American Journal of Psychiatry*, 181(6), 520-531. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.20230396>
- World Health Organization. (2024). Clinical descriptions and diagnostic requirements for ICD-11 mental, behavioural and neurodevelopmental disorders. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240077263>
- Wykes, T., Huddy, V., Cellard, C., McGurk, S. R., & Czobor, P. (2011). A meta-analysis of cognitive remediation for schizophrenia: Methodology and effect sizes. *The American Journal of Psychiatry*, 168(5), 472-485. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2010.10060855>

REDEFINIENDO LA LAMINECTOMÍA CERVICAL EN LA ERA DEL BALANCE SAGITAL: EFECTIVIDAD, BIOMECÁNICA Y RELEVANCIA CLÍNICA CENTRADA EN EL PACIENTE

ANTONIO MONTALVO AFONSO^{1,2}, PEDRO DAVID DELGADO LÓPEZ²,
JERÓNIMO GONZÁLEZ BERNAL³

¹*Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud, Universidad de Burgos*

²*Servicio de Neurocirugía, Hospital Universitario de Burgos*

³*Departamento de Ciencias de la Salud, Universidad de Burgos*

Resumen

Introducción: La laminectomía cervical simple sin instrumentación ha sido progresivamente abandonada en el tratamiento de la mielopatía cervical degenerativa (DCM) por el temor histórico a la cifosis postoperatoria, en favor de técnicas instrumentadas más complejas y costosas. Esta tesis doctoral reevalúa el papel de la laminectomía moderna con preservación de los elementos estabilizadores posteriores, integrando análisis anatómico, biomecánico y de percepción del paciente. **Métodos:** La investigación se estructuró en dos fases: (1) un estudio retrospectivo con resonancia magnética cuantitativa en 40 pacientes con evolución clínica subóptima, analizando los determinantes anatómicos de la descompresión medular; y (2) un estudio prospectivo de cohorte única que incluyó a 47 pacientes consecutivos intervenidos con laminectomía preservadora estandarizada y seguimiento a 1 año, evaluando resultados clínicos (mJOA, NDI, EQ-5D), parámetros de balance sagital contemporáneo (cSVA, T1S-CL mismatch, ROM) y predictores de malalineación. Adicionalmente, se establecieron los umbrales de diferencia mínima clínicamente importante (MCID) anclados en la percepción del paciente mediante tres métodos basados en el ancla. **Resultados:** El análisis anatómico reveló una disociación crítica: la expansión del canal depende del abordaje quirúrgico, mientras que la reexpansión medular está limitada por la severidad preoperatoria. El estudio prospectivo demostró mejoría neurológica significativa (Δ mJOA 1.61 puntos; $p < 0.001$) con baja incidencia de cifosis (2.2%) y sin aumento de inestabilidad segmentaria. El cSVA preoperatorio ≥ 34 mm predijo malalineación sagital con AUC 0.860. La escala mJOA mostró la correlación más fuerte con la percepción del paciente ($\eta^2 = 0.25$). Los umbrales de MCID específicos fueron mJOA ≥ 1.5 puntos y NDI ≥ 5 puntos. **Conclusiones:** La laminectomía cervical con preservación de partes blandas es una técnica efectiva y segura para la DCM multinivel,

especialmente en pacientes con rigidez degenerativa avanzada y cSVA <34 mm. Esta tesis proporciona un algoritmo de selección personalizada basado en criterios biomecánicos preoperatorios.

Palabras clave

mielopatía cervical degenerativa, laminectomía cervical, balance sagital, diferencia mínima clínicamente importante, predictores biomecánicos.

1. INTRODUCCIÓN

La mielopatía cervical degenerativa (DCM) constituye la causa más frecuente de disfunción medular no traumática en el adulto, y su incidencia aumenta en paralelo al envejecimiento poblacional [1]. El tratamiento quirúrgico mediante descompresión medular es el pilar fundamental para detener la progresión neurológica. Sin embargo, persiste una paradoja clínica: mientras la evidencia no demuestra superioridad sistemática de las técnicas instrumentadas sobre las no instrumentadas [2], la práctica clínica se ha decantado hacia la fusión instrumental, que representa más del 90% de los procedimientos [3].

La laminectomía cervical simple sin instrumentación ha sido progresivamente relegada debido a un estigma histórico bien documentado: los estudios seminales de finales del siglo XX la asociaron con un riesgo de cifosis postoperatoria de hasta el 21% [4,5]. Sin embargo, aquellos trabajos evaluaban una técnica que implicaba la resección extensa de las cápsulas facetarias y las inserciones musculares posteriores, elementos que la biomecánica moderna ha identificado como críticos para el mantenimiento de la estabilidad cervical [6].

En las últimas décadas, se ha desarrollado una laminectomía moderna con preservación meticulosa de los elementos estabilizadores posteriores (cápsulas facetarias, inserciones musculares en C2 y C7, complejo ligamentoso posterior), diseñada para mantener la integridad de la banda de tensión posterior [7]. Sin embargo, la evidencia prospectiva que evalúe esta técnica con parámetros de balance sagital contemporáneos y medidas de resultado centradas en el paciente es escasa.

El objetivo de esta tesis doctoral fue reevaluar de manera integral la laminectomía cervical simple moderna, integrando análisis anatómico, biomecánico y de percepción del paciente, para definir su papel actual en el tratamiento de la DCM.

2. METODOLOGÍA

La investigación se estructuró en dos fases secuenciales, cuyos resultados se presentan en tres artículos científicos.

2.1. Fase 1: Estudio anatómico retrospectivo

Se realizó un análisis retrospectivo con resonancia magnética cuantitativa (qMRI) en 40 pacientes (78 segmentos comprimidos) intervenidos de

DCM que presentaron evolución clínica subóptima. Se midieron cinco parámetros anatómicos: compromiso máximo del canal (MCC), área transversa del canal cervical (TACC), compresión máxima de la médula (MSCC), área transversa de la médula espinal (TASC) y ratio de compresión (CR). Los determinantes independientes de la descompresión se identificaron mediante Ecuaciones de Estimación Generalizada (GEE) [8].

2.2. Fase 2: Estudio prospectivo de cohorte

Se incluyeron 47 pacientes consecutivos con DCM intervenidos mediante laminectomía cervical con preservación estandarizada de partes blandas (cápsulas facetarias, inserciones musculares en C2 y C7) y seguimiento a 1 año. Se evaluaron:

- Resultados clínicos: mJOA, NDI, escala de Nurick, EVA cervical/braquial, EQ-5D/EQ-VAS.
- Resultados radiológicos: cSVA, T1S-CL mismatch, lordosis C2-C7, ROM cervical, inestabilidad segmentaria (traslacional ≥ 3.5 mm, angular $\geq 11^\circ$).
- Predictores de malalineación: análisis de regresión logística y curvas ROC.
- Percepción del paciente: umbrales de MCID calculados mediante tres métodos basados en el ancla (diferencia media, diferencia del cambio, índice de Youden) [9].

3. RESULTADOS

3.1. Determinantes anatómicos de la descompresión

El análisis con qMRI reveló una disociación crítica: la expansión del canal espinal está determinada por el abordaje quirúrgico, con una expansión significativamente mayor tras laminectomía posterior (Δ TACC: $B = -34.86$; $p < 0.001$). Sin embargo, la reexpansión de la médula espinal no dependió del abordaje, sino que estuvo limitada fundamentalmente por la severidad de la compresión preoperatoria (Δ MSCC: $B = -0.73$; $p < 0.001$), configurando un “techo biológico” para la recuperación anatómica [8].

3.2. Efectividad clínica y seguridad radiológica

El estudio prospectivo demostró una mejoría neurológica significativa al año de seguimiento (Δ mJOA 1.61 puntos; $p < 0.001$; MCID alcanzada en el 60.9% de los pacientes), comparable a la reportada para técnicas más complejas. La incidencia de cifosis postoperatoria fue del 2.2% (frente al 8.7% preoperatorio), sin aumento de la inestabilidad segmentaria. La tasa de complicaciones mayores fue nula (0% de parálisis C5, 0% de disfagia) [9].

3.3. Predictores de malalineación sagital

El cSVA preoperatorio emergió como el predictor más potente de desequilibrio sagital postoperatorio. El punto de corte óptimo de 34 mm predi-

jo malalineación (cSVA >40 mm) con un AUC de 0.860 (sensibilidad 78%, especificidad 80%). Los pacientes con movilidad cervical preservada (ROM elevado) e inestabilidad angular preexistente presentaron mayor riesgo de desarrollar inestabilidad traslacional de novo [9].

3.4. Relevancia clínica desde la perspectiva del paciente

La escala mJOA mostró la correlación más fuerte con la percepción subjetiva de cambio del paciente ($\eta^2=0.25$; $p=0.002$). Se identificó una asimetría perceptiva consistente: los pacientes requirieron un cambio de mayor magnitud para percibir mejoría (mJOA ≥ 1.5 puntos; NDI ≥ 5 puntos) que para percibir empeoramiento (mJOA ≤ 0.23 puntos; NDI ≥ 1.26 puntos). El 53.2% de los pacientes percibió una mejoría clínica global tras la cirugía [10].

4. DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta tesis permiten superar el dogma histórico que ha relegado la laminectomía simple. La técnica moderna con preservación de partes blandas proporciona resultados neurológicos comparables a las técnicas instrumentadas, con un perfil de seguridad favorable y sin aumentar el riesgo de deformidad postoperatoria.

Un hallazgo transversal relevante es que la columna cervical espondilótica del paciente adulto con DCM es biomecánicamente distinta de la columna sana: los cambios degenerativos (osteofitos, hipertrofia facetaria, calcificación ligamentosa) actúan como un mecanismo estabilizador intrínseco, lo que explica por qué la incidencia de cifosis post-laminectomía es muy inferior en esta población que en niños intervenidos por tumores intramedulares.

La integración de los resultados permite proponer un algoritmo de selección personalizada (Fig.1): el candidato óptimo para laminectomía simple es el paciente con DCM, cSVA <34 mm, rigidez degenerativa avanzada (ROM reducido) y ausencia de dolor radicular intenso. En presencia de cSVA ≥ 34 mm o movilidad cervical preservada, debe valorarse la adición de instrumentación.

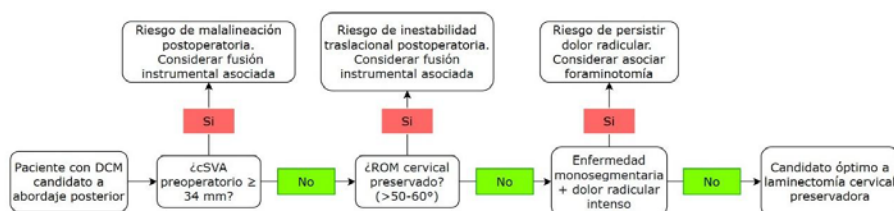


Figura 1. Algoritmo de selección de pacientes candidatos a laminectomía cervical preservadora basado en los hallazgos del estudio. cSVA: eje sagital vertical cervical; ROM: rango de movilidad cervical; DCM: mielopatía cervical degenerativa

5. CONCLUSIONES

1. La laminectomía cervical con preservación de partes blandas es una técnica efectiva y segura para la DCM multinivel.
2. El cSVA preoperatorio ≥ 34 mm es el predictor más potente de mala alineación postoperatoria.
3. Los pacientes con rigidez degenerativa avanzada toleran bien la descompresión aislada, mientras que aquellos con movilidad preservada tienen mayor riesgo de inestabilidad.
4. Los umbrales de MCID específicos para esta técnica (mJOA ≥ 1.5 puntos, NDI ≥ 5 puntos) permiten evaluar la relevancia clínica de los cambios medidos.
5. Esta tesis proporciona un marco basado en evidencia para la selección personalizada de pacientes, optimizando el balance riesgo-beneficio.

6. REFERENCIAS

- [1] Badhiwala JH, Ahuja CS, Akbar MA, et al. Degenerative cervical myelopathy - update and future directions. *Nat Rev Neurol*. 2020;16(2):108-24.
- [2] Ghogawala Z, Terrin N, Dunbar MR, et al. Effect of Ventral vs Dorsal Spinal Surgery on Patient-Reported Physical Functioning in Patients With Cervical Spondylotic Myelopathy: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2021;325(10):942-51.
- [3] McDonald CL, Hershman SH, Hogan W, et al. Cervical Laminoplasty Versus Posterior Laminectomy and Fusion: Trends in Utilization and Evaluation of Complication and Revision Surgery Rates. *J Am Acad Orthop Surg*. 2022;30(17):858-66.
- [4] Kaptain GJ, Simmons NE, Replogle RE, Pobereskin L. Incidence and outcome of kyphotic deformity following laminectomy for cervical spondylotic myelopathy. *J Neurosurg*. 2000;93(2 Suppl):199-204.
- [5] Albert TJ, Vacarro A. Postlaminectomy kyphosis. *Spine*. 1998;23(24):2738-45.
- [6] Pal GP, Routal RV. The role of the vertebral laminae in the stability of the cervical spine. *J Anat*. 1996;188(Pt 2):485-9.
- [7] Nori S, Shiraishi T, Aoyama R, et al. Muscle-Preserving Selective Laminectomy Maintained the Compensatory Mechanism of Cervical Lordosis After Surgery. *Spine*. 2018;43(8):542-9.
- [8] Montalvo-Afonso A, Martín-Velasco V, Martín-Alonso J, et al. Determinants of anatomical decompression in symptomatic degenerative cervical myelopathy: A quantitative MRI analysis of unsatisfactory surgical outcomes. *J Clin Neurosci*. 2026;147:111908.

- [9] Montalvo-Afonso A, Martín-Velasco V, Martín-Alonso J, et al. Who Benefits from Motion-Preserving Laminectomy for Cervical Myelopathy? A Prospective Study on Biomechanical Prognostic Factors. En revisión.
- [10] Montalvo-Afonso A, Martín-Velasco V, Martín-Alonso J, et al. Percepción del paciente y cambio clínicamente significativo tras laminectomía cervical simple en la mielopatía cervical degenerativa: estudio de cohorte prospectivo. Neurocirugía. 2025;500735.

¿QUIÉN ADQUIERE, QUIÉN ES ADQUIRIDO Y QUIÉN SE FUSIONA? UN ENFOQUE PREDICTIVO DE LA CONSOLIDACIÓN BANCARIA ESPAÑOLA BASADO EN MODELOS MULTINOMIALES REGULARIZADOS

ADRIÁN MORENO MOLINA^{1,2}, JULIO CÉSAR PUCHE REGALIZA¹

*¹Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales,
Universidad de Burgos (España)*

*²Facultad de Ciencias Jurídicas y Económicas,
Universidad Internacional Isabel I (España)*

Resumen

Este trabajo desarrolla un marco analítico *ex ante* para identificar los factores que distinguen a las entidades adquirentes, objetivo y participantes en fusiones del resto de bancos no participantes dentro del sector bancario español durante el periodo 2008–2023, una de las fases más intensas de consolidación financiera de Europa. Sobre un panel entidad-año que integra 87 indicadores CAMELS, estructurales de la entidad, de mercado, macroeconómicos e institucionales, se estiman tres especificaciones multinomiales regularizadas: Ridge, LASSO y Elastic Net. Los resultados revelan tres mecanismos diferenciados de consolidación: las adquisiciones se vinculan al tamaño, la rentabilidad y la experiencia previa; las entidades objetivo presentan menor rentabilidad, menor escala y solvencia, lo que sugiere una función disciplinaria del mercado de control corporativo; y las fusiones responden a una lógica institucional, donde la condición de caja de ahorros constituye el principal determinante. La especificación Elastic Net ofrece el mejor equilibrio entre regularización y estabilidad. El marco propuesto contribuye a la literatura de identificación temprana de operaciones de fusión y adquisición bancarias y al diseño de políticas macroprudenciales en sistemas concentrados.

Palabras clave

consolidación bancaria, fusiones y adquisiciones, regresión multinomial regularizada, Elastic Net, sistema bancario español.

1. INTRODUCCIÓN

El sistema bancario europeo ha experimentado una profunda reestructuración durante las últimas dos décadas, con las fusiones y adquisiciones (FyA) consolidándose como el principal mecanismo de reconfiguración del mapa financiero [1]. La crisis financiera global de 2008, las exigencias pru-

denciales de Basilea III, la disrupción digital y un prolongado entorno de tipos de interés reducidos han impulsado una concentración creciente: el número de entidades de crédito en la zona del euro se ha reducido en casi la mitad desde 2008, mientras los cinco mayores grupos han aumentado de forma sostenida su cuota de mercado [2].

El sistema bancario español constituye un laboratorio natural especialmente revelador. Antes de la crisis presentaba una elevada fragmentación, con un peso particularmente significativo de las cajas de ahorros, instituciones con un modelo de gobernanza heterodoxo y arraigo territorial. La intervención del Fondo de Reestructuración Ordenada Bancaria (FROB) y la promoción de los Sistemas Institucionales de Protección (SIP) precipitaron la práctica desaparición de las cajas y la transformación del sector en un oligopolio compuesto por una decena de grupos bancarios [3]. Pese a la magnitud del fenómeno, son escasos los estudios recientes que analicen, desde una perspectiva *ex ante*, qué factores determinan la participación de las entidades españolas en operaciones de FyA y, en particular, qué papel desempeñan dentro del proceso (adquirente, objetivo o fusionado).

La literatura empírica sobre determinantes de FyA bancarias ha utilizado tradicionalmente modelos logit y probit binarios o multinomiales estimados por máxima verosimilitud [4][5][6] (Figura 1). Aunque útiles, estas especificaciones presentan tres limitaciones cuando se aplican al sector bancario contemporáneo: (i) la elevada dimensionalidad de los marcos de información prudencial, donde el número de candidatos puede rivalizar con el número de operaciones observadas; (ii) la fuerte multicolinealidad entre indicadores financieros que comparten denominador o derivan de las mismas magnitudes contables; y (iii) la inestabilidad muestral cuando el evento dependiente es escaso. Los estimadores penalizados, Ridge, LASSO y Elastic Net, están especialmente concebidos para abordar estas tres limitaciones simultáneamente [7][8].

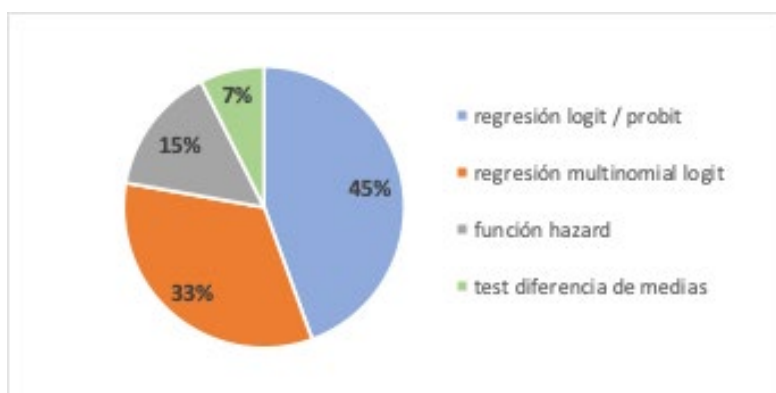


Figura 1. Metodologías más frecuentes usadas en trabajos de FyA bancarias

Esta comunicación presenta los resultados correspondientes a la dimensión de regresión multinomial regularizada. Su objetivo es identificar y comparar, mediante Ridge, LASSO y Elastic Net, los determinantes ex ante asociados a cada uno de los tres roles de consolidación en el sector bancario español durante el periodo 2008–2023. La contribución es triple: (1) ofrece evidencia empírica reciente y desagregada por rol para el caso español, (2) aplica una familia de estimadores penalizados poco aplicada en la literatura sobre FyA bancarias, y (3) propone un marco analítico replicable que puede integrarse en sistemas de alerta temprana supervisora.

2. MARCO TEÓRICO

la racionalidad económica de las FyA bancarias ha sido objeto de debate desde las contribuciones fundacionales de la década de 1980. La hipótesis de eficiencia, anclada en la noción de mercado por el control corporativo, sostiene que las adquisiciones operan como un mecanismo disciplinario sobre instituciones financieramente débiles, en las que adquirentes mejor gestionados despliegan capacidades superiores y trasladan ganancias de eficiencia al conjunto del sistema [4][9]. La hipótesis de poder de mercado interpreta la consolidación como un instrumento estratégico de expansión y de fijación de precios [10]. La hipótesis de sinergias enfatiza la complementariedad de recursos y la eliminación de infraestructuras duplicadas [11]. La hipótesis de presión regulatoria y *too-big-to-fail* subraya que la consolidación no siempre responde a incentivos voluntarios, sino que puede ser inducida por las autoridades para reabsorber entidades inviables [3][12]. Por último, los enfoques basados en asimetría informativa explican la anticipación que el mercado realiza sobre las operaciones futuras a partir de indicadores observables [13].

Estas teorías no son mutuamente excluyentes y el peso relativo de cada una depende del contexto institucional. La evidencia empírica acumulada apunta a una asimetría sistemática entre roles: los modelos de identificación de objetivos enfatizan la fragilidad financiera; los modelos de adquirentes premian la escala y el posicionamiento estratégico; y los modelos de fusiones se ven dominados por desencadenantes institucionales y regulatorios más que por características financieras concretas [5][14].

Para articular empíricamente este sustrato teórico, se ha llevado a cabo una exhaustiva revisión de la literatura previa con el propósito de extraer y sistematizar las variables empleadas como potenciales determinantes. Esta revisión cubre un amplio horizonte temporal, desde la década de 1980 hasta la actualidad, e integra investigaciones aplicadas a diversos países (con especial énfasis en mercados financieros anglosajones) y diferentes tipologías institucionales (bancos comerciales, cooperativas de crédito y cajas de ahorros). Desde una perspectiva metodológica, gran parte de esta literatura se apoya en modelos de elección discreta, siendo la regresión logística la especificación econométrica predominante.

Los principales los determinantes de la FyA bancarias se clasifican en los siguientes bloques:

- *Indicadores específicos del banco/caja*: Que capturan la idiosincrasia financiera y organizativa de la firma, subdivididos metodológicamente en:
 - *Ratios del sistema CAMELS*: métricas de solvencia (por ejemplo, el ratio de capital sobre activos), calidad del activo (ratio de préstamos dudosos sobre préstamos totales), calidad de la gestión (ratios de eficiencia), rentabilidad y liquidez (ratio de depósitos sobre activos totales).
 - *Métricas de gobierno corporativo*: tales como la propiedad de la dirección, la composición del consejo de administración o el porcentaje de participación del principal accionista.
 - *Indicadores misceláneos*: variables de control fundamentales como el tamaño de la entidad, la edad de la institución, o variables categóricas que definan su modelo de negocio (por ejemplo, si se trata de una caja de ahorros).
- *Características del sector bancario*: Orientadas a capturar el grado de competencia, concentración y estructura del mercado en el que operan. Ejemplos comunes en la literatura incluyen el Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) para medir la concentración del mercado, la cuota de mercado de la entidad en depósitos o préstamos, y el volumen previo de operaciones de fusión en dicho mercado (*merger momentum*).
- *Regulación y normativa*: Que reflejan la intensidad supervisora y los marcos legales vigentes que pueden incentivar o restringir los procesos de consolidación. Estas variables macroinstitucionales abarcan desde índices de calidad regulatoria y eficacia gubernamental, hasta medidas de libertad financiera y económica, o variables dicotómicas que capturan cambios legislativos estructurales.
- *Características macroeconómicas*: Que enmarcan las operaciones dentro del ciclo económico general y las condiciones macrofinancieras estructurales. Se suelen emplear la tasa de crecimiento del Producto Interior Bruto (PIB) real, la inflación, la evolución del índice de precios bursátiles, o variables de profundización financiera como la ratio de crédito privado sobre el PIB.

3. METODOLOGÍA

3.1. Datos y muestra

El análisis se basa en un panel entidad-año de 648 observaciones banco-año correspondientes a 114 entidades del sector bancario español, durante el periodo 2008–2023. En función de las dimensiones identificadas en la

revisión de la literatura y en la disponibilidad de los datos, se obtuvieron un total de 87 variables explicativas incluyendo indicadores CAMELS (capital, calidad del activo, eficiencia, rentabilidad, liquidez y sensibilidad al riesgo de mercado) y otras variables misceláneas de la entidad (como si es cajas de ahorros, si cotiza en el IBEX, o el nivel de internacionalización), variables del sector bancario, macroeconómicas e institucionales.

Las fuentes principales son el Banco de España (BdE), la Asociación Española de Banca (AEB) y la Confederación Española de Cajas de Ahorros (CECA), complementadas con información de mercado y macroeconómica. Las operaciones de FyA se identificaron a partir de comunicaciones oficiales del BdE, de la AEB y de la CECA, junto con notas de prensa y consulta del Registro Mercantil. La variable dependiente, denominada “Rol de Consolidación”, es categórica y toma cuatro valores mutuamente excluyentes: No FyA (categoría de referencia), Adquirente (ADQ), Objetivo (TARG) y Fusionado (FUS).

3.2. Tratamiento de datos

Para mitigar la causalidad inversa y garantizar el carácter *ex ante* del análisis, todas las covariables continuas se introducen retardadas un periodo ($t-1$), práctica habitual en la literatura [4][6]. Las *dummies* estructurales y las variables FUS2 y ADQ2 (recuento de operaciones acaecidas dos años antes) se mantienen sin retardo adicional. Todas las variables continuas se estandarizaron a media cero y desviación típica unitaria, lo que asegura comparabilidad entre indicadores medidos en escalas heterogéneas, evita que variables de alta varianza dominen la estimación y constituye además un requisito estadístico para los métodos penalizados, cuya solución no es invariante a la escala. Las observaciones correspondientes al primer año de cada entidad y aquellas con valores ausentes derivadas del retardo fueron eliminadas.

3.3. Modelos multinomiales regularizados

Sea Y_{it} la variable categórica que recoge el rol de consolidación de la entidad i en el año t , con categorías {No FyA, ADQ, TARG, FUS} y categoría de referencia No FyA. Bajo el modelo logit multinomial, la probabilidad condicional de cada rol k se especifica mediante el cociente exponencial habitual respecto a la categoría base. La estimación clásica por máxima verosimilitud resulta inestable cuando el número de predictores es elevado y existen elevados grados de multicolinealidad, como sucede con los indicadores bancarios. Los estimadores penalizados resuelven esta limitación incorporando un término de penalización al log-verosimilitud. La función objetivo es la siguiente (eq. 1):

$$\hat{\beta} = \arg \min_{\beta} \left\{ -\ell(\beta) + \lambda \left[\alpha \|\beta\|_1 + \frac{1-\alpha}{2} \|\beta\|_2^2 \right] \right\} \quad (1)$$

donde $\ell(\beta)$ es la log-verosimilitud multinomial, λ controla la intensidad global de la penalización y α regula el equilibrio entre la penalización L1 (LASSO) y la penalización L2 (Ridge). La especificación Ridge corres-

ponde a $\alpha = 0$; en ella todos los coeficientes se contraen sin anularse, lo que permite controlar la multicolinealidad sin descartar información. La especificación LASSO ($\alpha = 1$) introduce selección automática de variables al fijar exactamente en cero un subconjunto de coeficientes [8]. Elastic Net ($0 < \alpha < 1$) combina ambas técnicas: hereda de LASSO la propiedad de selección y de Ridge la estabilidad ante grupos de predictores correlacionados, lo que la hace especialmente adecuada para datos bancarios [7].

El parámetro óptimo λ se selecciona por validación cruzada estratificada de 10 hold-outs minimizando la desviación multinomial. Para Elastic Net, además, se calibra α en una rejilla sobre el intervalo (0, 1). La estimación se realizó en R (versión 4.4.2) mediante el paquete glmnet. El criterio de retención adoptado es $\lambda_{\min}$, complementado con λ_{1se} como prueba de robustez para el modelo Elastic Net.

4. RESULTADOS

4.1. Comportamiento de la regularización

La distribución de la variable dependiente refleja un fuerte desequilibrio entre clases característico de este tipo de fenómenos: 563 observaciones No FyA frente a 24 ADQ, 24 TARG y 37 FUS (Figura 2). Las operaciones se concentran en la primera mitad del periodo, especialmente entre 2009 y 2014, en plena fase de reestructuración impulsada por el FROB. Esta asimetría temporal y entre clases motiva la adopción de modelos parsimoniosos.

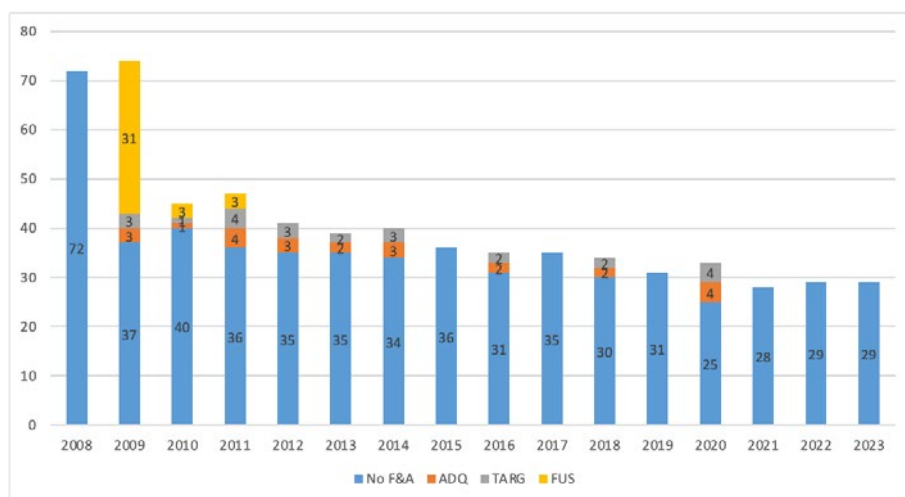


Figura 2. Evolución en el número de entidades bancarias y cajas de ahorro en España (2008-2023)

La Tabla I sintetiza el grado de parsimonia alcanzado por cada especificación. Ridge conserva los 348 coeficientes activos en los cuatro bloques de la

ecuación multinomial; LASSO selecciona 27 coeficientes no nulos; y Elastic Net retiene 29, con un valor óptimo $\alpha = 0,9$ y $\lambda_{\min} = 0,00929$.

Tabla I. Parsimonia alcanzada por cada modelo regularizado

Modelo	$\lambda_{\min}$	Coeeficientes no nulos
Ridge	0,04569	348
LASSO	0,00836	27
Elastic Net ($\alpha = 0,9$)	0,00929	29

La elección de Elastic Net como modelo principal se justifica por su superior gestión de la multicolinealidad frente a LASSO. Reteniendo un número similar de predictores, su penalización híbrida evita la exclusión arbitraria de variables correlacionadas, aportando una mayor estabilidad estructural que se evidencia claramente en la trayectoria de validación cruzada (Figura 3).

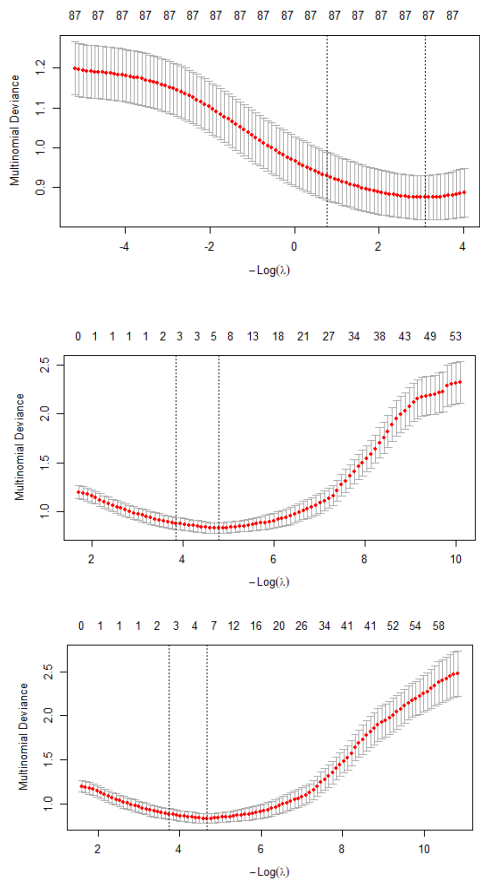


Figura 3. Trayectorias de Validación Cruzada (Ridge, Lasso, Elastic Net)

4.2. Modelos multinomiales regularizados

La Tabla II reporta los coeficientes no nulos seleccionados por la especificación Elastic Net para cada uno de los tres roles activos (categoría de referencia: No FyA). Los signos y magnitudes de Ridge y LASSO son consistentes en dirección con los de Elastic Net, aunque Ridge proporciona menor relevancia económica al distribuir la información entre todos los predictores y LASSO ofrece una solución algo más restrictiva.

Tabla II. Coeficientes no nulos seleccionados por el modelo Elastic Net

Rol	Variable	Coefficiente β
ADQ	TAMLNA (log activo total, t-1)	+0,670
ADQ	DIVPAY (<i>payout</i> de dividendos, t-1)	+0,206
ADQ	MAREXP (margen de explotación, t-1)	+0,042
ADQ	ADQ2 (adquisiciones previas, t-2)	+0,019
TARG	ROA (rentabilidad sobre activos, t-1)	-0,244
TARG	TAMRTO (tamaño relativo, t-1)	-0,128
TARG	DSC (cobertura de solvencia, t-1)	-0,079
TARG	RELROE (ROE relativo al sector, t-1)	-0,005
TARG	PREACT (provisiones/activo, t-1)	+0,002
FUS	CDA (caja de ahorros)	+1,111
FUS	CONDEP (concentración de depósitos, t-1)	-0,678
FUS	ADQ2 (adquisiciones previas, t-2)	-0,425
FUS	ISUP (intensidad supervisora, t-1)	-0,138
FUS	ISUPRIV (monitorización privada, t-1)	-0,107
FUS	FUS2 (fusiones previas, t-2)	+0,050

Para el rol de adquirente, las cuatro variables retenidas dibujan un perfil coherente: el coeficiente claramente dominante es el logaritmo del activo total ($\beta = +0,670$), seguido del *payout* de dividendos (+0,206), del margen de explotación (+0,042) y de la actividad adquisitiva pasada (+0,019). Estos resultados confirman la robustez del efecto tamaño en la literatura internacional sobre adquirentes bancarios [4][5] y añaden un elemento idiosincrático del ciclo español: la persistencia adquisitiva (ADQ2) refleja que un grupo reducido de grandes bancos absorbió de forma serial a las entidades intervenidas a lo largo del proceso de reestructuración.

Para el rol de objetivo, las variables seleccionadas reproducen con nitidez la hipótesis de fragilidad financiera: menor rentabilidad (ROA, $\beta = -0,244$), menor tamaño relativo (TAMRTO, $\beta = -0,128$), menor cobertura de solvencia (DSC, $\beta = -0,079$) y menor rentabilidad relativa al sector (RELROE, $\beta = -0,005$). Este patrón es consistente con la interpretación disciplinaria del mercado por el control corporativo [4][9] y con la evidencia internacional reciente sobre objetivos bancarios [5][6].

El rol de fusionado presenta una estructura cualitativamente distinta. La variable dominante es la condición de caja de ahorros (CDA, $\beta = +1,111$), seguida con signo negativo de la concentración del mercado de depósitos (CONDEP, $\beta = -0,678$), de las adquisiciones previas (ADQ2, $\beta = -0,425$), de

la intensidad supervisora (ISUP, $\beta = -0,138$) y de la monitorización privada (ISUPRIV, $\beta = -0,107$). Las fusiones previas a dos años (FUS2, $\beta = +0,050$) refuerzan la naturaleza secuencial del proceso. Esta configuración indica que las fusiones del periodo no respondieron principalmente a determinantes financieros individuales, sino a un mecanismo institucional y regulatorio específico, en línea con la creación de los SIP promovidos durante la crisis [3][12].

5. DISCUSIÓN

Los tres modelos regularizados convergen en un mensaje común: la consolidación bancaria española responde a tres mecanismos diferenciados según el rol asumido por la entidad. La adopción de Elastic Net como especificación principal está respaldada por el equilibrio que ofrece entre selección de variables y estabilidad ante predictores correlacionados, propiedad relevante en el caso español dada la fuerte interdependencia entre indicadores CAMELS [7].

El protagonismo del tamaño en el rol adquirente, junto con la persistencia serial (ADQ2), sugiere que la capacidad de actuar como consolidador se concentra en un grupo reducido de entidades sistémicas, en consonancia con [5] y [14]. El signo positivo del *payout* de dividendos en la ecuación de adquirentes merece comentario específico: en una fase de reestructuración orquestada, una política de dividendos sostenida señala fortaleza financiera y holgura de capital para asumir adquisiciones, más que una vulnerabilidad de gobernanza como podría observarse en el rol de objetivo.

Los objetivos exhiben el solapamiento más claro con la evidencia internacional: menor ROA, menor escala relativa y menor solvencia delimitan un perfil coherente con la hipótesis de fragilidad financiera. La contribución del marco regularizado consiste en aislar este patrón depurándolo de la multicolinealidad entre indicadores de rentabilidad, eficiencia y capital, lo que la metodología logit clásica no consigue de manera estable [8].

Las fusiones constituyen el caso de mayor singularidad respecto a la evidencia internacional. La abrumadora importancia de la *dummy* CDA, junto con los signos negativos sobre concentración de depósitos, intensidad supervisora y actividad adquisitiva previa, perfila un mecanismo de consolidación de naturaleza institucional. Las cajas de ahorros se fusionaron entre sí a través de los SIP en mercados regionales menos concentrados y bajo dispositivos supervisores ad hoc, antes que a través del canal de adquisición. Este resultado es compatible con [12] sobre cooperativas de crédito portuguesas y con [3] sobre la dinámica europea posterior a 2008.

La jerarquía de las tres especificaciones lleva además una implicación metodológica directa para la investigación en FyA bancarias. Ridge identifica con utilidad el entorno macro-financiero e institucional donde se produce la consolidación, pero suaviza los efectos asimétricos específicos. LASSO produce una selección parsimoniosa, pero puede excluir variables correlaciona-

das relevantes. Elastic Net captura ambos elementos, ofreciendo un equilibrio interpretativo y empírico apropiado para datos bancarios.

6. CONCLUSIONES

Este trabajo presenta un marco multinomial regularizado para identificar ex ante los determinantes de la participación de las entidades bancarias españolas en operaciones de fusión y adquisición durante el ciclo de reestructuración 2008–2023. La evidencia empírica obtenida con Ridge, LASSO y Elastic Net es internamente consistente y dibuja tres arquetipos diferenciados: un arquetipo adquirente caracterizado por escala, rentabilidad y experiencia previa; un arquetipo objetivo definido por fragilidad financiera multidimensional; y un arquetipo fusionado dominado por la condición de caja de ahorros y por una lógica institucional y supervisora.

Las implicaciones prácticas son relevantes para el diseño de sistemas de alerta temprana y para la definición de políticas macroprudenciales. La asimetría detectada entre roles desaconseja calibrar modelos de probabilidad de FyA bancaria sin distinguir entre adquirente, objetivo y fusionado, ya que las variables que predicen cada rol responden a mecanismos económicos e institucionales distintos. La propuesta metodológica es replicable y trasladable a otros sistemas bancarios sometidos a procesos intensos de consolidación.

Las limitaciones del estudio sugieren extensiones futuras. La estrategia de identificación es asociativa, no causal; la ecuación de fusiones refleja un episodio histórico activamente conformado por el supervisor, lo que limita su extrapolación a escenarios distintos; y el desbalance de clases, aun atenuado mediante la regularización, recomienda explorar especificaciones de riesgos competitivos en tiempo discreto que modelen conjuntamente la ocurrencia y la sincronía de los tres tipos de evento.

7. REFERENCIAS

- [1] Berger, A. N., Demsetz, R. S., & Strahan, P. E. (1999). The consolidation of the financial services industry: Causes, consequences, and implications for the future. *Journal of Banking & Finance*, 23(2-4), 135-194.
- [2] European Central Bank (ECB). (2023). *Financial Stability Review*, May 2023. Frankfurt: European Central Bank.
- [3] Boos, M. (2023). Predicting corporate restructuring and financial distress in banks: The case of the European banking sector. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 86, 101784.
- [4] Wheelock, D. C., & Wilson, P. W. (2000). Why do banks disappear? The determinants of U.S. bank failures and acquisitions. *The Review of Economics and Statistics*, 82(1), 127-138.
- [5] Pasiouras, F., Tanna, S., & Gaganis, C. (2011). What drives acquisitions in the EU banking industry? The role of bank regulation and supervision

- framework, bank specific and market specific factors. *Financial Markets, Institutions & Instruments*, 20(2), 29-77.
- [6] Meghouar, H., & Ibrahimi, M. (2024). Takeover in Europe: Target characteristics and acquisition likelihood. *International Review of Financial Analysis*, 91, 103030.
- [7] Zou, H., & Hastie, T. (2005). Regularization and variable selection via the elastic net. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, 67(2), 301-320.
- [8] Tibshirani, R. (1996). Regression shrinkage and selection via the Lasso. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, 58(1), 267-288.
- [9] Hannan, T. H., & Pilloff, S. J. (2009). Acquisition targets and motives in the banking industry. *Journal of Money, Credit and Banking*, 41(6), 1167-1187.
- [10] Berger, A. N., Saunders, A., Scalise, J. M., & Udell, G. F. (1998). The effects of bank mergers and acquisitions on small business lending. *Journal of Financial Economics*, 50(2), 187-229.
- [11] DeYoung, R., Evanoff, D. D., & Molyneux, P. (2009). Mergers and acquisitions of financial institutions: A review of the post-2000 literature. *Journal of Financial Services Research*, 36(2), 87-110.
- [12] Huhtilainen, M., Saastamoinen, J., & Suhonen, N. (2022). Determinants of mergers and acquisitions among Finnish cooperative and savings banks. *Journal of Banking Regulation*, 23(3), 339-349.
- [13] Akhigbe, A., Madura, J., & Whyte, A. M. (2004). Partial anticipation and the gains to bank merger targets. *Journal of Financial Services Research*, 26(1), 55-71.
- [14] Lanine, G., & Vander Vennet, R. (2007). Microeconomic determinants of acquisitions of Eastern European banks by Western European banks. *Economics of Transition*, 15(2), 285-308.
- [15] Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction* (2nd ed.). New York: Springer.
- [16] Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2010). Regularization paths for generalized linear models via coordinate descent. *Journal of Statistical Software*, 33(1), 1-22.

APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA TÉCNICO-UNIVERSITARIA: ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS

GRACIELA MUÑOZ ÁLVAREZ^{1,2}, ILEANA M. GRECA², IRENE ARRIASSECQ³

¹Universidad Técnica Federico Santa María, Viña del Mar, Chile

²Universidad de Burgos, España

³ Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, CONICET, Argentina

Resumen

La enseñanza de la física en la educación técnico-universitaria enfrenta el desafío de articular el aprendizaje conceptual con el desarrollo de competencias científicas, técnicas y transversales pertinentes para contextos formativos y profesionales. En este marco, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABProy) se presenta como una estrategia metodológica que favorece la integración entre teoría y práctica mediante situaciones auténticas, trabajo colaborativo y evaluación contextualizada. Esta comunicación presenta avances de una investigación doctoral orientada a analizar el aporte de metodologías activas para promover el aprendizaje significativo en la enseñanza de la física en educación técnico-universitaria, centrando la atención en la línea de trabajo asociada al ABProy. El estudio se desarrolló con 122 estudiantes de primer año de programas técnicos de una universidad chilena, a partir de la implementación de dos proyectos contextualizados evaluados mediante rúbricas analíticas, autoevaluación y coevaluación. Los resultados muestran asociaciones positivas entre la comprensión del problema, el reconocimiento del método, el uso de instrumentos, la formulación de soluciones y el trabajo colaborativo. Asimismo, se observaron diferencias entre autoevaluación y coevaluación, lo que evidencia la relevancia de la reflexión metacognitiva y de la evaluación participativa en este tipo de experiencias. En conjunto, los hallazgos permiten sostener que el ABProy constituye una alternativa pertinente para fortalecer una enseñanza de la física más integrada, contextualizada y orientada al desarrollo de competencias en educación técnico-universitaria.

Palabras clave

Aprendizaje Basado en Proyectos, enseñanza de la física, educación técnico-universitaria, competencias, aprendizaje significativo.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de una cultura científica constituye un desafío central para los sistemas educativos contemporáneos, particularmente en contextos de formación técnica y universitaria, donde se espera que el estudiantado desarrolle competencias que le permitan comprender, utilizar y aplicar conocimientos científicos y tecnológicos en entornos productivos y profesionales en constante transformación. En este escenario, la enseñanza de la física ocupa un lugar relevante, no solo por su valor disciplinar, sino también por su potencial para contribuir al desarrollo del razonamiento científico, la comprensión conceptual y la resolución de problemas en contextos aplicados.

No obstante, en la formación técnico-profesional y universitaria persisten dificultades asociadas a la desconexión entre teoría y práctica, al predominio de metodologías expositivas y a la limitada contextualización de los contenidos. Estas condiciones afectan el rendimiento académico, la comprensión conceptual y la percepción de relevancia de la asignatura por parte del estudiantado, especialmente cuando la física se presenta como un requisito instrumental más que como una herramienta para comprender y actuar sobre situaciones técnicas reales. Asimismo, se ha señalado que, en el nivel universitario, la enseñanza de la física suele centrarse en la repetición de contenidos y en la resolución de ejercicios estandarizados [1]. Esto restringe las oportunidades para el desarrollo de razonamiento científico profundo y para la transferencia del aprendizaje a contextos aplicados.

En el caso de la Educación Superior Técnico-Profesional (ESTP), esta problemática adquiere particular relevancia. La presencia de cursos de física en programas técnico-universitarios del área de mecánica, electricidad, minería y otros campos de base científica exige propuestas didácticas pertinentes para un estudiantado que debe no solo comprender principios físicos, sino también aplicarlos en contextos cercanos a su futura práctica profesional. Sin embargo, la investigación sobre la enseñanza de la física en este nivel continúa siendo escasa, especialmente en Chile, donde predominan estudios centrados en enseñanza media, formación inicial docente o cursos de ingeniería, mientras existen menos antecedentes específicos sobre propuestas didácticas para la física en contextos técnico-universitarios.

Frente a este escenario, el ABProy se presenta como una alternativa metodológica especialmente pertinente, cuyo potencial radica en organizar el aprendizaje en torno a tareas auténticas, promover el trabajo colaborativo y favorecer la integración de saberes conceptuales, procedimentales y actitudinales en situaciones contextualizadas [2], [3]. En la tesis doctoral de la que surge esta comunicación, esta metodología forma parte de una propuesta más amplia orientada a promover el aprendizaje significativo en la enseñanza de la física en la formación técnico-universitaria.

La presente comunicación presenta avances de esa investigación doctoral, focalizados específicamente en la línea asociada al ABProy. En particular,

se expone una experiencia implementada con estudiantes de primer año de programas técnicos en una universidad chilena, con el propósito de examinar el potencial del ABProy para articular el aprendizaje conceptual con el desarrollo de competencias científicas, técnicas y transversales en un contexto de enseñanza de la física contextualizado y coherente con las demandas de la formación técnica actual.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aprendizaje significativo y enseñanza de la física

La enseñanza de la física, particularmente en contenidos de mecánica, enfrenta dificultades persistentes asociadas a las ideas previas del estudiantado sobre fuerza, movimiento y energía. Entre ellas se encuentran la asociación directa entre fuerza y movimiento, la confusión entre velocidad y aceleración, las dificultades para comprender el principio de acción y reacción y los problemas en la interpretación de principios de conservación. Estas dificultades resultan especialmente relevantes en la educación técnico-universitaria, ya que inciden en la capacidad de transferir el aprendizaje a situaciones técnicas donde se requiere modelar fuerzas, justificar decisiones y estimar magnitudes.

Desde la perspectiva de Ausubel, la promoción del aprendizaje significativo exige considerar la estructura cognitiva previa del estudiantado, de modo que la nueva información pueda relacionarse de manera no arbitraria y sustantiva con conocimientos ya existentes [4]. En este marco, la enseñanza debe favorecer materiales potencialmente significativos, una adecuada organización de los contenidos y una disposición favorable para aprender. En el caso de la física, ello implica diseñar actividades que permitan vincular conceptos abstractos con situaciones relevantes y comprensibles para el estudiantado.

En esta misma línea, los aportes de Piaget permiten comprender el aprendizaje como un proceso de reestructuración cognitiva. En mecánica, el paso desde interpretaciones intuitivas hacia explicaciones fundamentadas requiere situaciones de desequilibrio, contraste de predicciones y reorganización conceptual. Por ello, las propuestas didácticas orientadas al aprendizaje significativo deben promover tareas que exijan analizar, justificar relaciones causales y anticipar resultados.

2.2. Dimensión social y colaborativa del aprendizaje

Desde el enfoque sociocultural de Vygotsky, el aprendizaje no puede entenderse al margen de la interacción social. Los procesos psicológicos superiores tienen un origen histórico y social, y se desarrollan mediante la mediación de herramientas culturales y del lenguaje [5]. En el ámbito educativo, esta perspectiva subraya la importancia de las interacciones entre pares y con el profesorado como condiciones para el desarrollo de aprendizajes más complejos.

En este sentido, la zona de desarrollo próximo constituye un referente relevante para el diseño de experiencias de aprendizaje colaborativo, en la medida en que permite comprender cómo el estudiantado puede avanzar desde niveles de desempeño actuales hacia niveles potenciales con apoyo, orientación y trabajo conjunto. En la enseñanza de la física, ello respalda la incorporación de metodologías activas que promuevan intercambio, argumentación y construcción compartida de significados.

2.3. Pertinencia del ABP_{ROY} en física técnico-universitaria

El ABProy se caracteriza por situar al estudiantado en el desarrollo de proyectos contextualizados, significativos y orientados a responder a problemas o desafíos auténticos. Este enfoque favorece un rol más activo del estudiante, promueve el trabajo colaborativo y permite articular conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales en torno a productos o soluciones concretas.

La literatura revisada indica que el ABProy estimula la motivación y la participación activa, mejora las actitudes hacia el aprendizaje y favorece el desarrollo de habilidades transversales como autonomía, colaboración y trabajo en equipo. Asimismo, en enseñanza de la física, su carácter aplicado y contextualizado permite conectar los contenidos disciplinares con situaciones cercanas al ámbito técnico y profesional, reforzando la pertinencia del aprendizaje.

En el contexto de la educación técnico-universitaria, esta metodología adquiere especial relevancia, ya que facilita la integración entre teoría y práctica y contribuye al desarrollo de competencias científicas, técnicas y transversales coherentes con los perfiles de egreso y con las demandas del mundo laboral [6]. Desde esta perspectiva, el ABProy constituye una alternativa didáctica pertinente para promover una enseñanza de la física más significativa, contextualizada e integrada.

3. METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en el contexto de la formación técnico-profesional en una Universidad chilena, en el curso de Introducción a la Física impartido durante el primer semestre de 2022. La muestra estuvo conformada por 122 estudiantes de primer año: 38 de Técnico Universitario en Mecánica Industrial y 84 de Técnico Universitario en Minería y Metalúrgica. La asignatura se ubicó en el primer semestre de ambas carreras y abordó contenidos de medición, sistemas de unidades, vectores, cinemática y leyes de Newton.

La propuesta didáctica se implementó en coherencia con el enfoque constructivista declarado por la institución y con los fundamentos teóricos de la investigación doctoral. La planificación del curso consideró el reconocimiento de aprendizajes previos, la contextualización de las actividades en ámbitos cercanos a la especialidad, la explicitación de los objetivos de aprendizaje y la incorporación de instancias sistemáticas de retroalimentación. Desde esta perspectiva, el diseño de la intervención buscó favorecer aprendizajes

significativos mediante tareas que exigieran aplicar conceptos físicos en situaciones auténticas y colaborativas.

Se implementaron dos proyectos contextualizados al ámbito técnico-profesional. El primero consistió en determinar la intercambiabilidad de bridas para el ensamblaje de una bomba centrífuga en un circuito hidráulico industrial, considerando ajustes, tolerancias, mediciones y selección de instrumentos. El segundo se orientó a la elaboración de un material explicativo sobre el funcionamiento de una grúa pluma, incorporando análisis de fuerzas, condiciones de equilibrio, diagramas de cuerpo libre, uso de magnitudes físicas y fundamentos de álgebra vectorial.

La evaluación de los proyectos se realizó mediante una rúbrica de proceso común para el seguimiento del trabajo grupal y dos rúbricas finales específicas para cada proyecto. La rúbrica de proceso consideró dimensiones como comprensión del problema o proyecto, identificación y selección de información y herramientas, reconocimiento del método o estrategia, proposición de soluciones pertinentes y trabajo colaborativo. La rúbrica final del proyecto de bomba centrífuga evaluó transformación de unidades, uso de cantidades físicas, uso de instrumentos de medición, determinación de intercambiabilidad de elementos mecánicos y trabajo colaborativo. La rúbrica final del proyecto sobre grúa pluma consideró realización de diagramas de fuerza, aplicación de fundamentos del álgebra vectorial, uso de instrumentos de medición, relación de leyes o principios físicos, determinación de las acciones de las fuerzas y trabajo colaborativo.

De manera complementaria, se aplicaron instrumentos de autoevaluación y coevaluación con escala Likert, orientados a recoger información sobre participación individual, coordinación grupal, cumplimiento de tareas, aporte al trabajo colectivo, comunicación y adaptación al trabajo en equipo. Estos instrumentos permitieron caracterizar la dimensión colaborativa del ABProy y complementar el análisis del desempeño alcanzado en los productos finales.

La validez de contenido de los instrumentos fue establecida mediante juicio de expertos, quienes evaluaron claridad, pertinencia y cobertura de los indicadores en relación con los objetivos del estudio. Asimismo, su confiabilidad fue analizada mediante el coeficiente alfa de Cronbach. En el caso de la rúbrica de proceso se obtuvo $\alpha = 0,96$; en las rúbricas finales de ABProy, $\alpha = 0,90$ para el Proyecto 1 y $\alpha = 0,81$ para el Proyecto 2; en la autoevaluación, $\alpha = 0,94$; y en la coevaluación, $\alpha = 0,96$. Estos resultados evidencian niveles adecuados de consistencia interna para el análisis del desempeño y del trabajo colaborativo en el contexto de los proyectos implementados.

4. RESULTADOS

4.1. Proyecto 1: intercambiabilidad de bridas en una bomba centrífuga

El proyecto 1 orientado a la determinación de la intercambiabilidad de bridas en el ensamblaje de una bomba centrífuga, considerando ajustes, tolerancias, mediciones y selección de instrumentos, permitió valorar aprendizajes relacionados con la transformación de unidades, el uso de cantidades físicas, el empleo de instrumentos de medición y la toma de decisiones técnicas en un contexto aplicado.

En términos generales, los resultados mostraron un desempeño favorable en las dimensiones evaluadas, tanto durante el desarrollo del proyecto como en el producto final. En la evaluación de proceso, las medias se situaron en torno a niveles intermedios-altos, con valores entre 1.94 y 2.10 en una escala de 0 a 3. La dimensión mejor valorada fue el trabajo colaborativo ($M = 2.10$), mientras que el reconocimiento del método o estrategia presentó el promedio más bajo ($M = 1.94$), lo que sugiere que la principal dificultad no estuvo en la disposición para trabajar en grupo, sino en la consolidación de una estrategia plenamente estructurada para abordar la tarea.

En la evaluación final, los desempeños mejoraron y se observó nuevamente una fortaleza en el trabajo colaborativo, que alcanzó la media más alta ($M = 2.42$). También se registraron resultados favorables en uso de cantidades físicas ($M = 2.26$), determinación de intercambiabilidad de elementos mecánicos ($M = 2.23$), transformación de unidades ($M = 2.16$) y uso de instrumentos de medición ($M = 2.10$). Estos resultados sugieren que el proyecto favoreció la articulación entre saberes conceptuales y procedimentales, especialmente en tareas que exigían aplicar criterios técnicos en un problema cercano al ámbito profesional.

Asimismo, las asociaciones observadas entre las dimensiones evaluadas permiten inferir que el aprendizaje no se produjo de manera fragmentada. En particular, se identificaron relaciones positivas entre uso de instrumentos de medición y determinación de intercambiabilidad ($r = 0.75$), así como entre determinación de intercambiabilidad y trabajo colaborativo ($r = 0.73$). Esto sugiere que la resolución del proyecto dependió de la integración entre comprensión técnica, aplicación de conceptos físicos y coordinación grupal.

4.2. Proyecto 2: explicación del funcionamiento de una grúa pluma

En el proyecto 2 centrado en la elaboración de un material explicativo sobre el funcionamiento de una grúa pluma, exigió analizar fuerzas, condiciones de equilibrio, diagramas de cuerpo libre, uso de magnitudes físicas y fundamentos de álgebra vectorial, en un contexto vinculado al ámbito de la mecánica.

En la evaluación de proceso, los puntajes obtenidos mostraron nuevamente un desempeño favorable, con medias entre 1.90 y 2.16. La dimensión mejor evaluada fue el trabajo colaborativo ($M = 2.16$), mientras que la identi-

ficación y selección de información y herramientas presentó la media más baja ($M = 1.90$). Este resultado sugiere que, al igual que en el proyecto anterior, la colaboración constituyó una fortaleza del proceso, mientras que la selección inicial de información pertinente siguió siendo un aspecto susceptible de mejora.

En la evaluación final, las medias oscilaron entre 2.13 y 2.45. La dimensión con mejor resultado fue nuevamente el trabajo colaborativo ($M = 2.45$), seguida por la realización de diagramas de fuerza ($M = 2.29$) y la determinación de las acciones de las fuerzas ($M = 2.23$). También se observaron desempeños favorables en uso de instrumentos de medición ($M = 2.19$), aplicación de fundamentos del álgebra vectorial ($M = 2.16$) y relación de leyes o principios físicos ($M = 2.13$). En conjunto, estos resultados muestran que el proyecto favoreció una integración efectiva entre representación física, formalización matemática y justificación conceptual.

Las relaciones entre dimensiones también mostraron asociaciones positivas. Entre las más relevantes se encuentran la correlación entre uso de instrumentos de medición y relación de leyes o principios físicos ($r = 0.74$), entre aplicación de fundamentos del álgebra vectorial y relación de leyes o principios físicos ($r = 0.73$), y entre determinación de las acciones de fuerzas y trabajo colaborativo ($r = 0.72$). Estas asociaciones refuerzan la idea de que el desempeño logrado dependió de una articulación entre análisis técnico, argumentación física y cooperación entre pares.

4.3. Autoevaluación y coevaluación del trabajo en proyectos

La dimensión colaborativa del ABProy se examinó también mediante instrumentos de autoevaluación y coevaluación. Los resultados de la autoevaluación evidenciaron una percepción ampliamente positiva del propio desempeño. Las medias oscilaron entre 2.34 y 2.39 en una escala de 0 a 3, con una concentración de respuestas en la categoría “Siempre”, especialmente en aspectos como cumplimiento de tareas, coordinación grupal, adaptación a las actividades y claridad en la presentación de ideas.

La coevaluación, en cambio, mostró puntuaciones considerablemente más bajas. Las medias fluctuaron entre 1.43 y 1.60, lo que revela una valoración más crítica del desempeño de los pares. Las diferencias más marcadas entre autoevaluación y coevaluación se observaron en adaptación a las actividades y claridad de ideas, con una brecha de -0.96 en ambos casos. También se registraron discrepancias relevantes en trabajo individual, trabajo grupal y cumplimiento de actividades.

Este contraste sugiere que, en el contexto de los proyectos, la percepción del propio aporte tendió a ser más favorable que la valoración realizada por los compañeros. Desde una perspectiva formativa, este hallazgo resulta significativo, ya que pone de relieve la necesidad de fortalecer procesos de retroalimentación, explicitación de criterios y reflexión compartida en torno al trabajo colaborativo.

Para sintetizar estas diferencias, en la Tabla 1 se presentan los principales contrastes observados entre la autoevaluación y la coevaluación.

Tabla 1. Síntesis de discrepancias entre autoevaluación y coevaluación

Foco de análisis	Resultado destacado	Interpretación
Autoevaluación y coevaluación	Diferencia media = -0.82	La coevaluación fue más crítica que la autoevaluación.
Claridad de ideas y adaptación a tareas	Diferencia = -0.96	Fueron los aspectos con mayores discrepancias entre autoevaluación y coevaluación.

4.4. Síntesis interpretativa

En conjunto, los resultados muestran que el ABProy favoreció desempeños positivos en competencias científicas, técnicas y transversales. En ambos proyectos, el trabajo colaborativo emergió como una de las dimensiones más sólidas, tanto en el proceso como en el producto final. Al mismo tiempo, las asociaciones observadas entre dimensiones sugieren que el desarrollo de competencias no ocurrió de manera aislada, sino mediante una integración entre comprensión conceptual, uso de herramientas, aplicación técnica y construcción colectiva de soluciones.

En el Proyecto 1, esta integración se expresó especialmente en la relación entre uso de instrumentos, cantidades físicas e intercambiabilidad mecánica. En el Proyecto 2, se manifestó en la articulación entre diagramas de fuerza, álgebra vectorial, principios físicos y determinación de las acciones de las fuerzas. En ambos casos, los resultados respaldan la pertinencia del ABProy como estrategia para una enseñanza de la física más contextualizada y coherente con las demandas de la formación técnico-universitaria. Complementariamente, los resultados de autoevaluación y coevaluación evidencian diferencias en la percepción del desempeño entre estudiantes, reforzando la importancia de la evaluación participativa en experiencias de ABProy.

Una síntesis de los principales resultados de ambos proyectos se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Síntesis de resultados destacados de la implementación del ABProy

Foco de análisis	Resultado destacado	Interpretación
Proyecto 1: trabajo colaborativo	$M = 2.42$; $SD = 0.74$	Fue la dimensión con mejor desempeño en la evaluación final del proyecto de bomba centrífuga.
Proyecto 1: uso de instrumentos e intercambiabilidad	$r = 0.75$	Evidencia articulación entre medición, ejecución técnica y toma de decisiones.

Foco de análisis	Resultado destacado	Interpretación
Proyecto 2: trabajo colaborativo	$M = 2.45$; $SD = 0.70$	Fue la dimensión con mejor desempeño en la evaluación final del proyecto de grúa pluma.
Proyecto 2: uso de instrumentos y relación de leyes o principios físicos	$r = 0.74$	Sugiere integración entre medición, análisis técnico y comprensión conceptual.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten sostener que el ABProy constituye una estrategia pertinente para la enseñanza de la física en la educación técnico-universitaria, en la medida en que favorece la articulación entre teoría y práctica en contextos cercanos a la futura actividad profesional del estudiante [2], [3]. En ambos proyectos analizados se observaron desempeños favorables en dimensiones científicas, técnicas y transversales, lo que sugiere que el aprendizaje promovido no se limitó a la adquisición aislada de contenidos, sino que implicó una integración entre comprensión conceptual, aplicación técnica y trabajo colaborativo. Esta articulación resulta especialmente relevante en la ESTP, donde la enseñanza de la física enfrenta históricamente el desafío de vincular conocimientos disciplinares con situaciones auténticas del ámbito técnico.

Desde la perspectiva del aprendizaje significativo [4], estos hallazgos permiten interpretar que el trabajo con proyectos contextualizados favoreció la construcción de relaciones sustantivas entre los contenidos físicos y las tareas desarrolladas. En el Proyecto 1, esta integración se expresó en la relación entre transformación de unidades, uso de instrumentos de medición y determinación de intercambiabilidad de elementos mecánicos. En el Proyecto 2, se observó en la articulación entre diagramas de fuerza, álgebra vectorial, leyes físicas y determinación de acciones de fuerzas. En ambos casos, los resultados muestran que las competencias no se desarrollaron de manera fragmentada, sino mediante una lógica de aplicación articulada, coherente con las demandas formativas de la educación técnico-universitaria.

Otro aspecto relevante corresponde al trabajo colaborativo, que se mantuvo como una de las dimensiones mejor valoradas tanto en el proceso como en la evaluación final de los proyectos. Sin embargo, la comparación entre autoevaluación y coevaluación mostró diferencias sistemáticas, siendo la autoevaluación más favorable que la valoración de los pares. Este resultado sugiere que, junto con promover colaboración, el ABProy también pone en evidencia tensiones formativas asociadas a la autorregulación, la explicitación de criterios y la construcción de juicios compartidos sobre el desempeño grupal. Más que interpretarse como una debilidad del enfoque, este hallazgo refuerza la

necesidad de acompañar pedagógicamente los procesos de evaluación participativa en experiencias basadas en proyectos.

En conjunto, los avances presentados permiten concluir que el ABProy ofrece una vía didáctica valiosa para promover una enseñanza de la física más contextualizada, integrada y significativa en la educación técnico-universitaria. Asimismo, esta experiencia aporta evidencia desde un contexto aún escasamente representado en la literatura, como es la ESTP chilena, y abre proyecciones para seguir profundizando en el diseño de propuestas didácticas que articulen aprendizaje conceptual, desempeño técnico y desarrollo de competencias transversales en la formación científica de nivel técnico superior [6].

6. REFERENCIAS

- [1] Moreira, M. A. (2021). Desafíos actuales para la enseñanza de las ciencias [Current challenges for science teaching]. *Avances en la Enseñanza de la Física*, 3(1), eAEF.3.1.1. <https://doi.org/10.36411/AEF.3.1.1>
- [2] Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. The Autodesk Foundation.
- [3] Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, 19(3), 267–277. <https://doi.org/10.1177/1365480216659733>
 - Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.
- [4] Vygotsky, L. S. (2009). El desarrollo de los procesos psicológicos superiores [The development of higher psychological processes] (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.; S. Furió, Trans.). Crítica. (Original work published 1978).
- [5] Vargas, H., Heradio, R., Farias, G., Lei, Z., & Torre, L. D. L. (2024). A pragmatic framework for assessing learning outcomes in competency-based courses. *IEEE Transactions on Education*, 67(2), 224–233. <https://doi.org/10.1109/TE.2023.3347273>

LA CASA DE BORBÓN, LA CONSTRUCCIÓN DE UNA DINASTÍA A TRAVÉS DE LA IMAGEN Y EL VESTIR EN LA EDAD MODERNA

HÉCTOR RIAÑO COBOS

Facultad de educación, Didácticas Específicas, Universidad de Burgos.

Resumen

El siguiente estudio analiza el papel del retrato de corte y la indumentaria como herramientas fundamentales en la construcción de la identidad política y dinástica durante la Edad Moderna, centrándose en la transición del fin de la Casa de Austria al inicio de la dinastía Borbón en España. A través del análisis de obras y del contexto histórico, se evidencia cómo la moda actuó como un lenguaje visual que reflejaba poder, alianzas y cambios de hegemonía política, destacando especialmente la influencia de la corte francesa de Luis XIV en el mundo moderno. La investigación también pone de relieve el importante, aunque frecuentemente olvidado, papel de las mujeres de ambas dinastías como agentes políticos, mecenas y transmisoras de un linaje.

Desde el punto de vista didáctico, se propone el uso de las metodologías activas, concretamente el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), orientado al alumnado de 4º de ESO, integrando el uso de retratos, moda, TIC y redes sociales para fomentar un aprendizaje activo, visual y significativo. El proyecto incluye la elaboración de una exposición y un podcast como productos finales, con el objetivo de mejorar la comprensión histórica, la motivación y el desarrollo de las competencias clave.

En conjunto, el estudio defiende una enseñanza interdisciplinar que conecta arte e historia, superando modelos tradicionales y favoreciendo una comprensión más profunda de los procesos históricos.

Palabras clave

Casa de Austria, Casa de Borbón, retrato, moda, metodologías activas, ABP.

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La imagen es una gran herramienta de poder a la hora de construir una identidad y la indumentaria juega un papel fundamental en este proceso. Durante los siglos XVI, XVII y XVIII, la moda va a ser una de las armas principales que los monarcas empleen para la construcción de los estados modernos.

En el estudio de la historia, el retrato nos va a permitir conocer personajes, acontecimientos, lugares e incluso identificar genealogías. Va a ser en la historia de nuestra España, donde de forma visual se entienda perfectamente el fin de una dinastía y el inicio de una nueva, la pérdida de la hegemonía española en el mundo quedará patente al cambiarse el denominado “vestir a la española” por las nuevas tendencias marcadas por la Francia del Rey Sol.

Este estudio supone una ampliación al presentado en las X Jornadas de Doctorandos de la Universidad de Burgos, por lo que aporta objetivos y planteamientos comunes al anterior, ya que ambos forman parte de la misma tesis doctoral.

1.1. Objetivos

La elaboración de este estudio busca alcanzar una serie de objetivos que se pretenden conseguir a lo largo de su realización.

- Emplear el retrato de corte y la moda como herramientas que faciliten al alumnado de secundaria la vinculación entre personajes y acontecimientos históricos, concretamente con la llegada y afianzamiento de la Casa de Borbón en el territorio Hispano.
- Conocer la simbología representada en los retratos de corte de los diferentes miembros de la Casa de Borbón, para así facilitar el estudio de los monarcas y la identificación de periodos históricos.
- Utilizar la indumentaria como una herramienta de aprendizaje.
- Aplicar un estudio que cubra la continuidad de la formación de un grupo de alumnos durante su etapa de secundaria, tomando 2º de ESO como punto de inicio, curso en el que sentamos las bases del estudio del retrato y la moda en la Edad Moderna, si bien en este punto se da más importancia a la Casa de Austria, presentamos ya a personajes como Luis XIV o Felipe V, ambos miembros de la Casa Borbón. En 4º de ESO buscamos un aumento de nivel y de conocimientos, incorporando un uso más eficiente de las TIC y ya centrándonos en la Casa Borbón. Por último, tomaremos 2º de BACH como el punto máximo de su formación en esta etapa, aplicando el uso de las redes sociales como una herramienta útil para el aprendizaje.
- Demostrar la aún marcada brecha de género que hay en cuanto al conocimiento de las reinas e infantas de las Casas de Austria y Borbón, así como el importante papel que desempeñaron en la vida política y en la construcción y perpetuación del legado de sus dinastías, así como su importante legado artístico como mecenas.
- Aplicar la metodología activa del ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos) en la elaboración de una serie de situaciones de aprendizaje que nos permitan impartir y asentar los conocimientos relativos a este periodo de la historia.

Se busca facilitar al alumnado el reconocimiento de personajes y acontecimientos históricos de una forma dinámica, en la que los grandes clásicos del arte nos permitan estudiar la historia de una manera visual y vinculada a la actualidad, empleando herramientas como las TIC o las redes sociales.

1.2. Metodología

Para la realización de este estudio vamos a comenzar elaborando una revisión bibliográfica que nos permite crear el marco teórico. Tomamos como punto de partida dos obras que son fundamentales para esta nueva fase de la tesis: *Intercambio de princesas entre las cortes de España y Francia*, de Pablo Van Meulen pintado entre 1615 y 1620, y *La entrevista de Luis XIV y Felipe IV en la Isla de los Faisanes* de Jacques Laumosnier de 1660. Estas dos obras nos van a abrir paso para poder encajar aspectos tan importantes como son, la construcción de una fuerte identidad nacional francesa a manos del Rey Sol, la importancia de los enlaces matrimoniales como alianza política o el proceso de declive de la monarquía hispánica y el dominio europeo a manos de la Casa Borbón.

Para que la concreción de los objetivos planteados pueda llevarse a cabo necesitamos tener un conocimiento amplio sobre la indumentaria en la Edad Moderna, la genealogía de los personajes y una serie de retratos que nos permitan dar cara a los reyes y reinas de las Casas de Austria y Borbón, no es factible realizar el estudio sin destacar la importancia y el vínculo sanguíneo de ambas Casas. Se plantea el diseño de una situación de aprendizaje que gira en torno a la metodología proyectual, el uso de las TIC y la incorporación de las redes sociales en el proceso de enseñanza-aprendizaje, desvinculándonos del sistema tradicional de memorización, tratando de explicar la historia de una manera visual y con lógica, vinculando personajes y acontecimientos y no como una serie elementos y acontecimientos inconexos. Se va a tomar como base la actual ley de educación, LOMLOE.

Para elaborar la parte práctica, necesitamos primero saber cuál es el nivel de conocimientos del alumnado sobre el tema de estudio, partiendo de un pre-test que se aplicará al curso 4º de ESO.

Para la elaboración de la situación de aprendizaje, se va a diseñar un proyecto integral, que nos permite adaptarnos al sistema de la evolución continua, otorgando un 30% de la nota final de la asignatura al proyecto, un 30% a la defensa oral, un 10% vinculado al trabajo individual de cada alumno y por último se propone una prueba de evaluación con el 30% restante y como un instrumento que nos permite ver si el estudio es efectivo o no.

Las diferentes situaciones de aprendizaje van a buscar la motivación del alumnado y el desarrollo de las competencias. Para ello se tomarán como base del diseño de éstas los Principios de Merrill y la metodología activa del aprendizaje basado proyectos, trabajando diferentes fases como son: la investigación, la maquetación, la redacción, la elaboración de un producto final y la comunicación oral. Siendo el trabajo en grupo un eje fundamental de esta propuesta.

2. MARCO TEÓRICO

Como se ha mencionado anteriormente, para comenzar a construir el marco teórico, se toma como punto de partida las siguientes obras: *Intercambio de princesas entre las cortes de España y Francia*, de Pieter Van Meulen pintado entre 1615 y 1620, y *La entrevista de Luis XIV y Felipe IV en la Isla de los Faisanes* de Jacques Laumosnier de 1660. Posteriormente vamos a analizar una serie de obras concretas que nos van a permitir construir una narrativa histórica y visual. Esta selección de obras parte de tres lugares concretos: el Museo Nacional del Prado, La Galería de las Colecciones Reales y el Palacio de Versalles, a los que se sumarán otras obras de destacado interés para las tesis ubicadas en otras localizaciones como son la *Hispanic Society* de Nueva York o la Cartuja de Miraflores en Burgos.

2.1. La Casa de Borbón a través del retrato y la moda

2.1.1. La isla de los faisanes

El 9 de noviembre de 1615, se llevaba a cabo el intercambio de la Infanta Ana Mauricia de Austria y el de la princesa Isabel de Borbón, la ubicación, una pequeña isla ubicada en el río Bidasoa, llamada la Isla de los Faisanes, límite fronterizo entre ambos países. Los desposorios habían sido celebrados por poderes en Burdeos y Burgos el 8 de octubre de 1615, como parte de las negociaciones de paz entre España y el país Galo en 1612 [1]. Esta unión suponía la continuación de los enlaces matrimoniales entre los dos países enemigos para calmar las hostilidades, unión por la que ya se había apostado con el casamiento entre la princesa francesa Isabel de Valois con el rey Felipe II de España.

La Infanta Ana Mauricia, hija del Rey Felipe III y Margarita de Austria Estiria, su unía al rey de Francia Luis XIII y la hermana de éste, al entonces príncipe de Asturias y futuro rey Felipe IV, hermano de Ana Mauricia. Una doble unión que quedó representada en la obra de Pieter Van Meulen, *El intercambio de princesas*, pintada entorno a 1616, en la que se observan las dos gabarras que avanzan por el río Bidasoa y en el centro otra barcaza que sirve como punto de encuentro para ambas comitivas. En los laterales dos pabellones en los que se aprecian los enormes séquitos que acompañaban a las dos princesas. El Duque de Uceda entregó a la infanta española y el de Guisa a la princesa francesa, las cuales pudieron charlar durante un breve tiempo, antes de ser intercambiadas. A los pocos días de la llegada de la princesa de Asturias a España, ya consta que vistió a la española, esto demuestra una rápida adaptación a su nuevo hogar [2]. No debemos olvidar, que, en ese momento, la corte hispana sigue siendo un referente en el vestir en el resto de las cortes europeas. Esta obra no es un retrato en sí, pero nos permite incluso llegar a ver a las princesas sentadas dentro de las dos grandes gabarras.

Contamos con una obra encargada por la Reina María de Médicis a Pedro Pablo Rubens, que forma parte de un ciclo de veinticuatro obras sobre

su vida, hablamos en concreto de la número 20 [3], una alegoría que hace referencia al intercambio de las princesas en el río Bidasoa y que encontramos actualmente en el Museo del Louvre. En ella las dos princesas ocupan el centro de la composición, a la izquierda la princesa Isabel, vestida a la española con una gorguera de gran tamaño, de ella tira una alegoría que representa a España portando un casco con un león como emblema de la Casa de Austria. A la derecha, y tomando el papel protagonista de la obra, la infanta Ana Mauricia de Austria, la cual se gira para despedirse de su país natal, va vestida a la española, pero con un gran cuello Médicis, haciendo referencia a su ya nueva vida en Francia. De ella tira Francia que porta una vestimenta decorada con la flor de Lis, emblema de la casa Borbón. Ambas muestran vestidos con elementos característicos de la época, como son las mangas acuchilladas, las faldas cerradas con ricas puntas y joyas que siguen el patrón establecido en el joyel de los Austrias. Diferentes seres mitológicos acuáticos, colman de presentes a las dos princesas, empleando el río como símbolo de fertilidad y acompañas por *puttis* que enmarcan el momento

Del enlace de Luis XIII con Ana de Austria nacerá el Delfín Luis, futuro Luis XIV y de la unión de Felipe IV con Isabel de Borbón, la infanta María Teresa de Austria, futura esposa del Rey Sol. Va a ser en ese mismo enclave donde se celebre de nuevo la unión. En la obra de 1660 de Jacques Laumosnier, *Entrevista de Luis XIV y Felipe IV en la isla de los Faisanes*, se recoge el momento en el que el 7 de noviembre de 1659 se firma el Tratado de los Pirineos, que ponía fin a la Guerra de los 30 años entre España y Francia y el enlace entre Luis y María Teresa. Los encargados de construir el pabellón donde tendría lugar el encuentro fueron Charles LeBrun y Diego de Velázquez, éste último al mando de organizar los diferentes espacios de las dos comitivas, así como la sala de encuentro, decorada con imponentes tapices de temática religiosa y mitológica [4]. El cuadro se conserva en el museo de Tésse en Le Mans y en la embajada de Francia en Madrid, contamos con el tapiz elaborado en la fábrica de los Gobelinos supervisado por LeBrun.

Tanto el cuadro como el tapiz destacan por el realismo de los personajes retratados y por el detalle de la indumentaria. Contamos en el lado francés con la presencia de la reina viuda Ana de Austria, el Duque Felipe I de Orleans, el Cardenal Mazarino y en el centro ataviado de rojo y blanco, el joven Luis estrechando la mano del rey Felipe IV. Destaca del lado español la infanta María Teresa, que como describiría de la duquesa de Montpensier, llevaba un vestido a la española de raso blanco, con flores de lis de azabache bordadas y con un enorme guardainfante, aunque se sabe que estos adornos diplomáticos fueron eliminados del tapiz de LeBrun. En Francia esta indumentaria hispana llamaría altamente la atención, considerándola exagerada y pasada de moda. Los guardainfantes junto con los chapines creaban una particular forma de andar que fue vista con extrañeza en el resto de cortes.

Al día siguiente la infanta se despidió del Rey y en San Juan de luz fue despojada del guardainfante y la cotilla, siendo vestido con el *corp de jupe* francés, un corpiño externo con ballenas. El ajuar elaborado por el sastre Mateo Aguado, compuesto por más de veinte *looks*, jamás sería utilizado, pues la ya reina de Francia, nunca más volvería a vestir a la española [5].

La austeridad de la corte española contrasta en la obra con el despliegue de adornos de la francesa, ataviada con prendas profusamente decoradas con lazos, encajes, pelucas y tejidos coloridos. Este aspecto, el cual no pasa desapercibido, nos muestra las diferencias entre las dos identidades nacionales y nos facilita la identificación a simple vista de los países. Se ha de destacar, que en ese momento la vestimenta de las dos cortes sirvió como elemento de burla y fueron muchas las poblaciones que hicieron chanza de ello, no sólo en París, sino también en Madrid.[6].

2.1.2. Infantas de España, reinas de Francia

Tanto en el caso de la reina Ana de Austria, como en el de su sobrina-nuera María Teresa de Austria, se produce un cambio enorme a la hora de ser representadas en su época como infantas de España a la de reinas de Francia.

Son varios los retratos que se conservan de la infanta Ana Mauricia vestida a la española durante diferentes etapas de su vida. Del primero del que tenemos constancia la infanta no había cumplido aún el año. En este retrato de Juan Pantoja de la Cruz de 1602, aparece sentada en un cojín carmesí, vestida de blanco cargada de amuletos, corales y relicarios para protegerla de las enfermedades y el mal de ojo. Entre ellos destaca una cruz de gran tamaño que volveremos a ver en retratos futuros, como el que pinto el mismo autor cinco años más tarde, *Los infantes Felipe y Ana*, conservado en *Kunsthistorisches Museum* de Viena [7]. También volveremos a ver la cruz en los retratos pintados por Bartolomé González, destacando el que se encuentra ubicado en el Hospital de Talavera perteneciente a la fundación Casa Ducal de Medinaceli. En él la infanta viste traje de corte, elaborado en un rico tejido brocado, bordado con hilos de oro, plata y enriquecido con perlas, las mangas de la saya son redondeadas y destaca una gran gorguera encañonada blanca que acentúa la estructura cónica de la moda española del momento. Como joyas dos largas ristras de perlas y la cruz antes mencionada, con un pendiente adornado con una perla de gran tamaño, pudiendo hacer alusión a la peregrina. Estos retratos son similares a los pintados por González y por Pantoja de la Cruz de su madre, la reina Margarita de Austria. Este adorno tan simple, nos va a permitir identificar a la Infanta con facilidad.

Estas representaciones contrastan con las pintadas por Rubens, concretamente los tres retratos de la ya reina de Francia, de los cuales uno se conserva en el Museo del Prado, y que acompaña a uno de su suegra, la reina María de Médicis, vistiendo las dos de forma similar. La reina Ana aparece sentada en lo que se cree que es la sala de la Cariátides del palacio del Louvre, vis-

tiendo de negro como señal de luto por la muerte de su padre Felipe III, con un gran cuello de mariposa blanco y una pequeña estola de piel en la mano, de fondo un enorme cortinaje azul con la flor de lis [8]. Este retrato va a servir como base para otro de corte realizado en 1625 por el mismo artista y que actualmente forma parte de la colección del Palacio de Versalles, pero en este último, la Reina sujeta un ramillete de flores en su mano y no va vestida de luto, sino que porta un elegante vestido de corte con mangas acuchilladas y un gran cuello en fina gasa blanca junto con un joyel similar al portado por sus familiares españoles. Quizás, a través de este joyel, la Reina de Francia quiere hacer una mención a su linaje.

Para finalizar, hay un retrato en el que hace gala de toda la simbología borbónica, pero también de ciertos códigos que vemos presentes en el retrato de corte habsbúrgico. Se trata del que pintó Charles Beaubrun en 1650. En él, Ana ya es regente de Francia, su marido Luis XIII había fallecido en 1643, asumiendo ella el gobierno y teniendo como consejero al Cardenal Mazarino. La Reina porta un conjunto formado con un jubón encotillado, con escote cuadrado y decorado con un fino encaje flamenco, aderezado con perlas y piedras preciosas, las mangas abullonadas y la capa forrada de armiño blanco, se confecciona en un delicado brocado de seda azul borbónico con la flor de lis [10]. La cortina del fondo y los guantes sobre el bufete hacen referencia a su papel de reina regente, símbolos regios que veíamos en retratos del Emperador Carlos V o del Rey Felipe II y que siguen siendo empleado siglos después. Lleva el denominado peinado a la garceta, liso por arriba y con una cascada de pequeños tirabuzones que adornaba al sencillo moño bajo. Hemos de darnos cuenta, que esta moda dista mucho del que conocemos como estilo infantas que se estaba dando en la corte española, un estilo que el resto de las cortes europeas no llegaban a entender por la exageración de sus formas.

Del mismo modo, la imagen de la infanta María Teresa de Austria, va a cambiar por completo de su periodo como infanta de España al de Reina de Francia. Previo a desposarse con el Delfín, se enviaron varios retratos de la infanta a las cortes de París y Viena, en busca del pretendiente idóneo, entre ellos destaca el pintado por Diego de Velázquez en 1653 y que forma parte del *Kunsthistorisches Museum* de Viena. La Infanta viste una saya entera con mangas de casaca, elaborada en seda de color nácar con bordados en plata, la parte superior estaba reforzada por una cotilla, de la cintura cuelgan dos cintas con dos relojes, destaca el guardainfante de gran tamaño y la peluca, profusamente decorada con plumas, cintas, lazos y adornos varios, así como un marcado maquillaje [11]. El guardainfante era una moda que había sido introducida en la Península desde Francia, en 1636. Alonso de Carranza pronunció el *Discurso contra los malos trages y adornos lascivos* que venían de país galo, los cuales fueron prohibidos en 1639 junto con los jubones escotados, pero está claro que todos los esfuerzos de nada sirvieron y por el contrario, será en España donde más se desarrollen y alcancen sus mayores cotas. El guardainfante eliminó al verdugado y se vestía de la siguiente manera: sobre la cotilla

se colocaba el jubón, que completaba con unos amplios faldones denominados faldillas y bajo el enorme armazón se colocaban las enaguas y sobre él la pollera y la basquiña. El peinado también sufrió cambio, al sustituirse la silueta cónica, el peinado con copete se cambió por el pelo rizado y abultado hacia los lados y como se ve en el retrato de la infanta, era habitual el decorarlo con una gran diversidad de adornos [12].

En el Museo del Prado, se conserva un retrato de la Reina María Teresa de Francia junto con su hijo el Gran Delfín, pintado por Charles y Henri Beaubrun. En 1664, el artista, conocido como el pintor del rey y de las reinas (Luis XIV y Ana y María Teresa de Austria), recibió el encargo de pintar una serie de retratos, entre ellos dos que serían enviados a Felipe IV, continuando así con la tradición de las mujeres de la Casa de Austria de intercambiarlos para sus galerías de retratos familiares. En el retrato aquí mencionado, la Reina y el Delfín van vestidos para un baile de máscaras en Versalles, ella lleva un vestido a la polonesa, ricamente decorado con plumas y joyas, en la mano porta una máscara negra [13]. Desatacan los tocados de ambos, el de reina con plumas rojas y negras y unas importantes perlas de gran tamaño que acompañan a las del escote y centro de la cotilla. Se busca ensalzar el lujo de la corte versallesca, pero se hace a través de una fiesta, un acontecimiento de la vida cotidiana. Se trata de un retrato familiar que muestra a la Reina y al heredero en un acto lúdico, distando de los rígidos retratos de corte que buscan enfatizar el poder hegemónico de la Casa Borbón.

Vamos a poder disfrutar de diversos retratos y representaciones de ambas reinas juntas, pero cabe destacar un cuadro pintado también por Henri y Charles Beaubrun en 1664, en el que suegra y nuera (también tía y sobrina), posan junto al Gran Delfín, con el que se busca destacar la fortaleza de la monarquía francesa. La obra hace un paralelismo con la Virgen María, Santa Ana y el niño Jesús. La reina madre lleva una túnica azul con un largo velo blanco y la reina María Teresa un *corps de jupe* rosa a juego con la falda y un mantón azul, colores marianos en ambos casos, peinadas las dos a la garce-ta. El Delfín porta una sencilla túnica blanca [14]. En el retrato habsbúrgico ya habíamos visto como actos de la vida cotidiana se comparaban con acontecimientos bíblicos del Nuevo testamento, como por ejemplo, y en la obra de Juan Pantoja de la Cruz, *Nacimiento de la Virgen*, 1603, aparece la reina Margarita de Austria como la Virgen y en los laterales sus hermanas y al frente sujetando a la niña, la madre de ésta, María de Baviera.

2.2. El triunfo de la Dinastía Borbón

2.2.1. Luis XIV, la hegemonía del Rey Sol

Luis XIV, reconfiguró la imagen de toda Francia, aportando una identidad única, afectando a todos los sectores del arte: moda, arquitectura, escultura, pintura, diseño de interiores... Dotó al país de un monopolio relacionado con el lujo que perdura hasta nuestros días. Va a ser en este momento cundo

aparezca la palabra *mode*, el concepto de temporadas y las primeras revistas especializadas en el vestir (*Le Mercure Galant*, 1672), del mismo modo creó un nuevo gremio, el de los *couturière* [15].

Este nuevo orden va a desplazar por completo a España como referente moda y como potencia europea, quedando una imagen añeja de la corte de Carlos II. No cabe duda de que el reinado del último Austria se caracterizó por la pérdida total de la hegemonía hispana, y la moda fue el primer síntoma de ello. El enlace entre Carlos II y María Luisa de Orleans (sobrina de Luis XIV), aceleró este proceso de afrancesamiento en el vestir.

Si Carlos V vinculó a su persona y a su genealogía con Hércules y Venus, Luis XIV lo hará con la figura del dios Apolo, y de ahí que fuera llamado el Rey Sol. En la obra de Jean Nocret, *La familia Real en el Olimpo*, 1670, el artista recupera la temática renacentista del retrato mitológico, representando cada uno de los familiares del Rey ataviados como dioses o a héroes de la tradición greco-romana [16]. Los personajes que aparecen son: Luis XIV, destacando en la parte más elevada del grupo representado, sentado en su trono, con corona de laurel y cetro de oro, como el astro solar; María Teresa de Austria, vestida una vez más de rosa y azul borbónico (también colores marianos), está vinculada a la diosa Juno, por lo que le acompaña el pavo real y sus hijos el Gran Delfín y la *Petite Madame*, María Teresa. Ana de Austria (ya fallecida en el momento que se pinta la obra), representada como la diosa Cibeles, junto con un león, haciendo referencia a la casa de Austria y una bola del mundo en sus manos que le entrega a su hijo, pudiendo estar ligado con su derecho legítimo de heredero de los Habsburgo españoles. Aparece ataviada con el manto azul al igual que su sobrina y nuera. En la parte izquierda del conjunto se encuentra la familia del hermano del rey, Felipe I Duque de Orleans, *Monsieur* (como era llamado en la corte), está representado como Fósforo, la estrella de la mañana, le acompañan su esposa Ana Enrique de Inglaterra, como Flora y su hija María Luisa de Orleans, futura reina de España, como una divinidad de la primavera [17]. Esta obra presenta un gran contraste con las representaciones familiares que vemos en la Casa de Austria, rompiendo con la tradición del retrato familiar que se había llevado hasta ese momento. La composición está cargada de dinamismo y presenta a los protagonistas en un ambiente distendido, pero cargado de magnificencia.

Si hay un retrato que destaca es el pintado por Hyacinthe Rigaud en 1701, en él se muestra al Rey Sol en todo su esplendor. El cuadro fue un encargo para su nieto, Felipe de Anjou, futuro rey de España, pero quedó tan maravillado al verlo que decidió dejarlo en Versalles. En esta obra, el Rey aparece de pie, portando todos los atributos reales, como son el cetro, la rica capa elaborada en brocado de terciopelo azul con la flor de lis y forrada de armiño, unas finas medias de tafetán de seda en color blanco y zapatos de Nicolas Lestage (es tan importante la moda en ese momento, que podemos dar nombre al zapatero del rey). Le acompañan, la espada, la corona, la columna, el trono

tapizado con la flor de lis y un gran cortinaje, todos los elementos necesarios para un retrato de corte [18]. De este retrato se harán y distribuirán cientos de copias, contando con una versión en La Galería de las Colecciones Reales en Madrid. Va a servir como modelo para futuros retratos regios, como por ejemplo, el que pintaría también Rigaud a Luis XV en 1730, o el de Antoine-François Callet en 1779 a Luis XVI.

En cuanto a la indumentaria, la moda española de finales del siglo XVII seguía presentando rasgos característicos de la establecida por Felipe II. El color negro continuaba siendo el principal del traje de corte hispánico. Ciertamente, que durante el reinado de Felipe IV, la gorguera se sustituye por la valona y la golilla y ya en época de Carlos II, la corbata de estilo francés se va a imponer como adorno de cuello. Si en el vestir a la española se seguía llevando el jubón y el calzón como únicas prendas, Francia añade una sobre falda decorada con lazos, volantes y puntillas llamada, *rhingrave*, y se generaliza el uso de la casaca. Más adelante, será frecuente ver retratos del rey Sol vistiendo, casaca, chupa y calzón. Si algo caracteriza a la moda francesa masculina de este momento, es el uso de joyas, pelucas excesivas y adornos, que configurarán estilismos complejos [18][19].

2.2.2. *Felipe V, una nueva dinastía para España*

Felipe de Anjou, era hijo de Luís de Francia, el Gran Delfín y de María Ana de Baviera, nace en el palacio de Versalles el 19 de diciembre de 1683 y fue designado como heredero al trono español en el testamento de Carlos II, lo que suponía la unión de las dos mayores potencias europeas del momento. Una vez aceptado el testamento por Luis XIV, se encargaron dos retratos a Rigaud, el anteriormente citado del Rey Sol y otro del joven Felipe de Anjou, con la particularidad de que está vestido a la española, haciendo ya alarde de su papel de rey de España. En esta obra, Felipe V viste totalmente de raso negro y con golilla y medias blancas, una indumentaria que ya estaba en desuso en España. Al cuello porta el toisón de oro, lleva la banda de muaré azul con la cruz del *Saint-Espirit*. Con la mano sujeta la corona sobre un cojín, aparecen el trono, la columna y unos amplios cortinajes en terciopelo rojo a juego con las faldillas del bufete donde reposa la corona. El cuadro original permanece en Versalles, una copia de tres cuartos se encuentra en la Galería de las Colecciones Reales de Madrid y en la Cartuja de Miraflores de Burgos, podemos ver una versión de la escuela madrileña en la que lleva sombrero. Gracias a la revista de moda *Mercure Galant*, sabemos que Rigaud comenzó la obra el 1 de diciembre de 1700 [20].

Aunque se intentó fijar un estilo de retrato a la española, la llegada de Felipe V va a suponer que se asiente el gusto a la francesa por este género, tomando como modelo el establecido por Rigaud. Una vez finalizada la Guerra de Sucesión y afianzado en el trono español, jamás volverá a ser pintado vestido a la española, suponiendo el fin de este traje de corte establecido por los Habsburgo.

El retrato borbónico busca que el monarca brille en un entorno palaciego, haciendo alarde del lujo. La austera silla del retrato de los Austrias es sustituida por enormes tronos elevados por tarimas, la mesa de pórfido con leones del salón de los espejos del Alcázar que representó Carreño de Miranda, por suntuosas mesas doradas cubiertas con caros terciopelos de seda y por supuesto, la flor de lis está presente en enormes capas brocadas y forradas de armiño. En la obra, *La familia de Felipe V*, pintada por Van Loo, 1743, se ponen en práctica todos los atributos anteriormente comentados. La escena no tiene nada que ver con la improvisación que pintó Velázquez en las Meninas, sino que se presenta como una escena estudiada y como un medio de propaganda política. Si Velázquez pintó el interior del Alcázar, Lois-Michel Van Loo crea un interior palaciego de estética italiana [21].

Louis-Michel Van Loo fue nombrado pintor de corte en 1737 recomendado por Rigaud, con el encargo de pintar dos retratos de los monarcas. Para Felipe V se decidió un retrato ecuestre y para la reina Isabel de Farnesio uno de pie. El cuadro de la monarca se inspiraba en el realizado por Jean-Baptiste Van Loo de la reina María Leszczyńska en 1725, en él se ve a la esposa de Luis XV con vestido de corte, compuesto por una cotilla y una falda con miriñaque elaborados en un brocado de seda bordado en plata y oro. Le acompañan unas mangas de encaje abullonadas y un amplio escote adornado con encajes blancos. En el centro del peto destaca un impresionante broche de piedras preciosas y tres perlas de gran tamaño que completan a una pulsera también de perlas con camafeo. La Reina está rodeada por todos los atributos reales, el trono, la corona sobre un cojín, las columnas y un mantón azul borbónico con la flor de lis bordada y el forro de armiño blanco.

En el retrato de Isabel de Farnesio, pocas son las variaciones, la reina de España se encuentra representada también de pie, en traje de corte, compuesto por un tontillo bordado con flores de colores, un cartón de pecho elaborado en armiño y le acompaña un joyel con piedras preciosas y perlas, siguiendo el patrón del de María Leszczyńska. Igualmente lleva en su muñeca una pulsera con tres hileras de perlas y un camafeo con el retrato de su esposo, legitimando así su *potestas regia*. A diferencia de la monarca francesa, Isabel lleva un mantón rojo bordado con castillos, leones y la flor de lis y al fondo, una de las joyas de la colección Farnesio, la Flora Farnese, una colosal escultura de la diosa romana realizada en mármol, como homenaje a su familia y dos columnas salomónicas realizadas en lapislázuli y bronce dorado. La Reina también se representa con corona, del mismo modo que en el retrato familiar, es ella la que se apoya sobre el cojín donde ésta reposada, haciendo una clara referencia a su influencia y poder político [22].

Este esquema del retrato femenino borbónico lo veremos tanto en Francia como en España, por ejemplo, en el retrato de la Reina María Amalia de Sajonia (esposa de Carlos III), pintado por Louis Silvestre en 1738, o los famosos retratos de la Reina María Antonieta pintado por Jacques-Fabien

Gautier d'Agoty en 1775 y el otro de cuerpo entero con traje de corte pintado por Elisabeth Vigée-Lebrun en 1778.

Una vez más, el retrato y la indumentaria van a servir como elementos fundamentales a la hora de la construcción de la imagen de poder, la vinculación a una estirpe y como un medio de propaganda política y familiar.

La Casa de Borbón va a ser heredera de muchos de los códigos establecidos por sus antecesores Austrias, pues no debemos de olvidar, que en su linaje está presente en la sangre de sus antepasados Habsburgo.

3. PLANTEAMIENTO PARA EL DISEÑO DE LA SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Como se ha mencionado al inicio, se propone el diseño de un proyecto integral que cubra las diferentes fases del proceso de enseñanza-aprendizaje en 4º de ESO. Para poder llevarlo a cabo, hemos de tener en cuenta el nivel que encontramos en los diferentes grupos en los que se va a aplicar el estudio y adaptar el tema propuesto a las necesidades de cada uno. Para ello, vamos a comenzar tomando como base la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE) y en concreto el Real Decreto 217/2022 para la ESO. De ellas vamos a obtener cuáles son los objetivos de etapa, los saberes básicos y las competencias clave y específicas, junto con una serie de criterios de evaluación.

Para elaborar las SA, se van a tomar como base los Principios de Merrill, los cuales vamos a relacionar con las diferentes fases de elaboración del proyecto planteado [23]. El primer principio se denomina: Principio de centralidad de la tarea, el cual se vincula con la presentación del *brief* de trabajo y la propuesta de proyecto. El segundo principio, el de activación, busca que el alumno demuestre sus conocimientos previos. También lo vamos a vincular con la organización de los grupos de trabajo. El tercero, el de demostración, busca el trabajo autónomo del alumno. En este proyecto está ligado a la investigación (el profesor actúa como guía). El cuarto principio, el de demostración, se aplica a la puesta en práctica del desarrollo de los productos finales. Por último, el principio de integración está relacionado con la entrega de los productos finales y la defensa oral.

A través de la metodología proyectual, se busca un aprendizaje práctico y vinculado a propuestas de situaciones reales que fomenten la motivación del alumno. Se propone la creación de una exposición denominada “1700-2030, 330 años de la Dinastía Borbón en España”. Para ello se entregará un *brief* de trabajo, en el que se especifica cuáles son los acontecimientos históricos que queremos destacar y una selección de obras que permitan vincular personajes y acontecimientos históricos. El alumnado ha de elaborar en grupos una serie de carteles expositivos que nos permitan configurar la exposición en los diferentes centros, junto con un podcast en el que los alumnos irán narrando y

dialogando los episodios históricos trabajados. Los carteles y el podcast nos van a servir como productos finales, uno de los objetivos principales del ABP.

El proyecto se desarrolla a través de 5 fases:

1. Propuesta y planteamiento de la actividad: se entrega un *brief* de trabajo con todos los puntos que han de abordar a través del proyecto. En esta primera fase, los alumnos organizan sus equipos y se procede al reparto de temas a través de un sorteo. Realizan una primera lluvia de ideas, lo que nos permite saber cuáles son los conocimientos que los alumnos poseen sobre el tema.
2. Fase de investigación: cada alumno ha de realizar una búsqueda y síntesis de información sobre el tema que vaya a trabajar (este punto nos permite salir del aula de referencia y emplear la biblioteca del centro). Posteriormente entre todos, pondrán en conjunto toda la información recopilada y elaborarán un dossier, donde todo quede registrado.
3. Elaboración y diseño de los carteles: cada grupo diseñará una serie de carteles a través de Canva. Con ello hacemos uso de las TIC y empleamos el aula de informática. Se busca el manejo de un programa sencillo como éste y trabajar en espacios diferentes del centro. Como es evidente los retratos y la moda van a ser el eje central de estos carteles, que de forma visual nos van a narrar la historia.
4. Creación del *podcast*: se busca poder difundir el podcast a través de los diferentes cursos, dando una visión más actual y desenfadada del estudio de los acontecimientos. Conseguimos que los alumnos aporten su visión y transmitan los conocimientos de una forma más cercana a sus compañeros.
5. Montaje y diseño de la exposición: la ubicación de las exposiciones se llevará a cabo en los salones de actos de los centros, realizando una inauguración con presentaciones por parte de cada grupo sobre sus investigaciones. Como invitados habrá alumnos y familiares, haciendo a todos partícipes de la experiencia.

Por último, se realizará una prueba de carácter teórico, que nos va a permitir conocer cuál es el grado de aprendizaje y si la propuesta es efectiva o no.

En cuanto a los temas para elaborar la exposición se proponen los siguientes:

Tema 1: Luis XIV y la hegemonía de Francia.

Tema 2: La Guerra de Sucesión Española, el fin de la Casa de Austria.

Tema 3: Felipe V y la nueva configuración de España.

Tema 4: El papel de la mujer en la Casa Borbón.

Tema 5: El legado de Felipe V: 330 años de la dinastía Borbón en España.

Se ha de tener en cuenta el número de alumnos por aula. Aquí se trabaja con un supuesto de unos 25 alumnos por grupo. En caso de un mayor número de alumnos, se plantearán más temas que nos permitan desarrollar más apartados, como, por ejemplo, “Carlos III y la ilustración” o el “El fin del antiguo régimen”.

Para completar la actividad, se propone una salida con visita al Museo del Prado y la Galería de las Colecciones Real, así el alumnado podrá ver en persona muchas de las obras de referencia y por supuesto, ser conscientes de la distribución de las obras y de la museística.

3.1. Resultados esperados

Se busca que el alumnado sea capaz de trabajar un proyecto completo de forma autónoma, contando con la participación del docente como un guía y mediador en el proceso de realización. El objetivo es conseguir un producto final viable, accesible a su nivel y que facilite el proceso de enseñanza-aprendizaje, aplicando la recopilación de investigación a supuestos prácticos.

Que el retrato y la moda sirvan como herramientas y faciliten el proceso de aprendizaje, fomentando la capacidad de relación de contenidos y la vinculación entre Historia y Arte. Del mismo modo, se pretende emplear las TIC y las redes sociales para generar un trabajo más dinámico, en el que el alumno aprenda a realizar búsquedas en fuentes más fiables, a maquetar y diseñar dossieres y presentaciones más complejas y realizar un uso responsable de los dispositivos electrónicos.

Hay que destacar el papel de las reinas y princesas de las Casas de Austria y Borbón como regentes, gobernadoras, mecenas del arte y portadoras de sus linajes. En un momento en el que el estudio de la mujer en la historia está siendo más visible que nunca, es importante destacar el rol de estas mujeres que fueron agentes activos de la política del momento. Aún hoy, si analizamos diferentes libros de texto, muchas de las mujeres aquí mencionadas siguen sin ser nombradas, sufriendo un olvido injusto dentro de la historia.

4. CONCLUSIONES

A partir del estudio realizado, se pueden extraer varias conclusiones relevantes tanto desde el punto de vista histórico como didáctico. En primer lugar, queda demostrado que la indumentaria y el retrato de corte no son meros elementos estéticos, sino auténticos instrumentos de poder político, representación simbólica y construcción de identidad dinástica. A través de ellos, se visualiza con claridad el paso de la hegemonía de la Casa de Austria a la de los Borbones, evidenciado especialmente en el tránsito del vestir a la española hacia el modelo francés impulsado por Luis XIV.

En segundo lugar, el análisis iconográfico llevado a cabo, permite comprender cómo la moda actuó como un lenguaje visual codificado, capaz de transmitir mensajes sobre legitimidad, alianzas políticas y pertenencia dinástica. Este lenguaje facilita la identificación de personajes históricos y contextos,

convirtiéndose en una herramienta pedagógica eficaz para el aprendizaje de la Historia. Asimismo, se confirma que el cambio de dinastía implicó también un cambio cultural profundo, donde Francia no solo se impuso políticamente, sino también como referente estético y cultural en Europa. La adopción progresiva de la moda francesa en la corte española simboliza la pérdida de influencia de España y el ascenso del modelo borbónico.

Desde una perspectiva de género, se evidencia una importante invisibilización histórica de las figuras femeninas regias, a pesar de su papel clave como agentes políticos, mediadoras diplomáticas y mecenas artísticas. La investigación subraya la necesidad de integrar estas figuras en el relato histórico para ofrecer una visión más completa y justa del pasado.

En el ámbito educativo, se concluye que el uso del retrato y la moda como recursos didácticos, junto con metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), favorece un aprendizaje más significativo. Este enfoque permite al alumnado establecer conexiones entre arte e historia, desarrollar competencias digitales y mejorar su capacidad crítica, alejándose de modelos tradicionales basados en la memorización.

Finalmente, la propuesta didáctica planteada busca que la incorporación de herramientas como las TIC, el trabajo colaborativo y productos finales creativos (exposiciones, podcasts) contribuyen a una mayor motivación e implicación del alumnado, facilitando una comprensión más profunda y contextualizada de los procesos históricos. Cabe mencionar que este estudio se encuadra dentro de uno más amplio, donde se pretende cubrir un proceso de enseñanza-aprendizaje que abarque los cursos, 2º de ESO, 4º de ESO y 2ºBACH, empleando el retrato y la moda, junto con el ABP y las TIC, como herramientas que nos permitan dar una continuidad de formación a diferentes grupos de alumnos durante su etapa de secundaria.

5. REFERENCIAS

- [1] Pérez Suescun, F. (2012). A propósito de la Paz de los pirineos: topografía, logística y escenografía de las entregas de princesas en el río Bidosoa. En Jiménez Estrella, A. y Lozano Navarro, J., *Actas de la XI Reunión Científica de la Fundación Española de Historia Moderna (Vol. I)*. Universidad de Granada.
- [2] Franganillo Álvarez, A. (2015). La reina Isabel de Borbón: las redes de poder entorno a su casa (1621-1644). [Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid]. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/26469>
- [3] Bennasser, B. (2007). El arte y la exaltación del poder en las monarquías europeas del siglo XVII. En: *VII Jornadas de historia en Llerena [7ª, 27 y 28 de octubre de 2006], Arte, poder y Sociedad y otros estudios sobre Extremadura*. Coord. Lorenzana de la Puente, F. y Mateos Ascacibar, F.J. Llerena: Sociedad Extremeña de Historia.

- [4] Sainz, L.I (2006). *La isla de los faisanes: Diego de Velázquez y Felipe IV. Reflexiones sobre las representaciones políticas* 19(51), 147-167. Argumentos México.
- [5] Wunder, A. (2023). *La moda Española en la época de Velázquez: Un sastre en la corte de Felipe IV*. Ediciones el Viso.
- [6] Colomer, J.L. (2014). El negro y la imagen real. En J.L. Colmenar y A. Descalzo (dir.), *Vestir a la española en las cortes europeas (S. XVI y XVII) (vol. I)*, 101-102. Centro de Estudios Europa Hispánica: CEEH.
- [7] Martín Bourgón, M. T. (2004). *La monarquía Española en la pintura: Los Austrias*, (pp.131—134). Carroggio.
- [8] García Pérez, N. (2024). *El Prado en Femenino II: promotoras artísticas de las colecciones del museo (1602-1700)* (p.33). Museo Nacional del Prado.
- [9] Garzón Castro, C. (2018). *Reinas regentes y poder político en las monarquías hispánica y francesa de los siglos XVI y XVII*, (pp.38-40). [Trabajo fin de grado]. Repositorio Universidad de Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/76715>
- [10] Hennesy, K. y Fischel, A. (Eds.). (2015). *Moda: Historia y Estilos* (p.132). DK.
- [11] Wunder, A. (2023). *La moda Española en la época de Velázquez: Un sastre en la corte de Felipe IV* (pp.160-161). Ediciones el Viso.
- [12] Bernis, C.y Descalzo, A. (2014). El traje femenino español en la época de los Austrias. En J.L. Colmenar y A. Descalzo (dir.), *Vestir a la española en las cortes europeas (S. XVI y XVII) (vol. I)*, (pp.61-67). Centro de Estudios Europa Hispánica: CEEH.
- [13] Bacquart, J.V. (Ed.). (2025). *Le Grand Dauphin: Fils de roi, père de roi et jamais roi*, (p.60). Faton editions.
- [14] Bacquart, J.V. (Ed.). (2025). *Le Grand Dauphin: Fils de roi, père de roi et jamais roi*, (p.46). Faton editions.
- [15] DeJean, J. (2008). *La esencia del Estilo: Historia de la invención de la moda y el lujo contemporáneo*. Nerea.
- [16] Burke, P. (1995). *La fabricación de Luis XIV*. Nerea
- [17] Benito de la Fuente, L.J. (2007). Jupiter, Apolo, Sol... Luis XIV dios olímpico, o metáforas del Poder Absoluto en el cuadro de Jean Noret: La famille de Louis XIV représentée en travestis mythologiques. En *Littérature, langages et arts: rencontres et création*. Bonnet, D., Chaves García, M.J., Duchêne, N. (Coords.). Universidad de Huelva
- [18] Antúnez López, S. (2020). *El universo de Luis XIV a través de la pintura y la moda* [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad Complutense de Madrid.

- [19] Giorgi, A. (2013). De la vanidad y de la ostentación. Imagen y representación del vestido masculino y el cambio social en España, siglos XVII-XIX. [Tesis doctoral]. Universidad de Murcia. <http://hdl.handle.net/10201/37501>
- [20] Jordan de Urríes y de la Colina, J. (2014). Retratos de la Casa de Borbón en las colecciones reales de Patrimonio Nacional. En García-Frías, C. y Jordan de Urríes y de la Colina, J. (Coords.). *El retrato en las colecciones reales de Patrimonio Nacional: De Juan de Flandes a Antonio López*. Patrimonio Nacional.
- [21] Morán Turina, J.M. (1990). *La imagen del rey: Felipe V y el arte* (pp. 21-39). Nerea.
- [22] García Pérez, N. (2025). *El Prado en femenino III: La reina Isabel de Farnesio (1692-1766)*. Museo Nacional del Prado.
- [23] Cubillos Venegas, S. (2020). *Aprendizaje basado en la resolución de problemas: los cinco principios de la instrucción propuestos por Merrill*. Facultad de arquitectura la Gran Colombia. <http://hdl.handle.net/11396/6077>

CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN UN ACERO X60 Y MODELADO PHASE FIELD DEL CRECIMIENTO APARENTE DE GRIETA MEDIDO MEDIANTE DCPD

R. RODRÍGUEZ-APARICIO¹, I.I. CUESTA¹, J. M. ALEGRE¹, A. DÍAZ¹

¹*Universidad de Burgos. Área de Mecánica de Medios Continuos, Burgos*

Resumen

La medición del crecimiento de grieta en ensayos de tenacidad a fractura mediante el método del Direct Current Potential Drop (DCPD) es una técnica comúnmente empleada, especialmente cuando el uso de extensometría convencional está limitado o cuando se requiere monitorizar la grieta continuamente. No obstante, la señal eléctrica registrada mediante DCPD se ve influenciada por la deformación del material, introduciendo un incremento aparente que no está asociado a un avance real de la grieta.

Con el objetivo de cuantificar ese incremento, se ha caracterizado experimentalmente la influencia de la deformación (elástica y plástica) sobre la conductividad eléctrica de un acero X60. Estos resultados se han implementado en un novedoso modelo numérico que permite simular de forma acoplada plasticidad, crecimiento de grieta mediante phase field y la evolución del potencial eléctrico. Una nueva contribución es el uso de funciones de degradación para la conductividad en función del phase field. Las simulaciones realizadas permiten identificar exactamente el inicio del crecimiento real de grieta mediante un criterio cuantitativo, en contraste con los métodos gráficos propuestos en la norma ASTM E1820. Asimismo, se concluye que el incremento aparente del DCPD está dominado principalmente por el efecto de la deformación elástica sobre la conductividad eléctrica en el tipo de probetas compactas (CT) estudiadas.

Palabras clave

DCPD, conductividad eléctrica, deformación elástica, deformación plástica, phase field

1. INTRODUCCIÓN

Para comprobar la integridad estructural de los materiales, el método de caída de potencial de corriente continua (Direct Current Potential Drop, DCPD) es una opción ampliamente utilizada para medir el crecimiento de grietas [1]. Además, este método puede emplearse en entornos extremos como

hidrógeno a altas presiones, ambientes corrosivos y altas temperaturas donde el uso de un extensómetro convencional está restringido.

Este método consiste en una técnica no destructiva utilizada para detectar y monitorizar grietas en materiales conductores, midiendo los cambios en el potencial eléctrico causados por discontinuidades (grietas) en diferentes tipos de muestras. La revisión de Y. Si, et al [1] menciona numerosas ventajas sobre el uso de esta técnica, como alta precisión, capacidad de medición continua, facilidad de instalación y su uso en entornos extremos sin necesidad de acceso visual. También se analiza el uso de los tres métodos principales para obtener curvas de calibración; analítico como la fórmula de Johnson [2], numérico (desarrollado a partir de análisis por elementos finitos) [3] y experimental. Estas curvas se utilizan para traducir la diferencia de potencial en tamaño de grieta.

La norma ASTM E1820 [4], centrada en determinar la tenacidad a la fractura en materiales metálicos, utiliza el DCPD como técnica complementaria para detectar la iniciación y posterior propagación de grietas. Uno de los retos en la aplicación de esta norma es la determinación fiable del inicio del crecimiento de grietas. Según Tarnowski et al. [5], un problema crítico del DCPD es la generación de una aparente extensión de grietas debido a una deformación plástica antes de que ocurra una fractura real.

Solo un número limitado de estudios ha abordado cómo la deformación plástica reduce la conductividad eléctrica. W. Cai et al. [6] obtuvieron experimentalmente cómo la conductividad cambiaba en probetas con diferentes niveles de deformación plástica en un acero al carbono. Los resultados de las conductividades eléctricas no cambiaron significativamente con el aumento de la deformación plástica en ese determinado material.

Estas observaciones subrayan la necesidad de estudiar la influencia de la deformación plástica en la respuesta eléctrica. Las simulaciones multifísicas ofrecen una herramienta eficaz para afrontar este desafío. Quinteros et al. [7] propusieron una formulación que integra enfoques de fractura de campo de fase (phase-field) en modelos mecánicos-eléctricos acoplados. Se incluyó una función exponencial de dos parámetros para aumentar la resistividad local a medida que el material se fractura.

El objetivo de esta investigación es distinguir entre el crecimiento real de grietas y lo que el DCPD está efectivamente detectando. Se obtuvieron datos empíricos sobre cómo la deformación elástica y plástica afecta a la conductividad eléctrica. Posteriormente, se realizó un conjunto de simulaciones de elementos finitos basadas en phase-field en las que se acoplaron las físicas de mecánica, fractura y eléctrica. El modelo de fractura de phase-field se calibró utilizando la curva experimental de un ensayo de fractura de una probeta compacta (CT). Estos datos se incluyeron en las simulaciones para diferenciar entre la señal del crecimiento real de la grieta y la disminución de la conductividad eléctrica debido a la deformación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material

El material utilizado es un acero X60 de un tramo de tubería que ha estado en servicio facilitado por Enagás. Solo el material base se ha considerado en el estudio. Las probetas de tracción y de fractura (CT) se extrajeron de la orientación crítica de la tubería, es decir, de la circunferencial. Las probetas planas, sin embargo, se extrajeron de la orientación longitudinal de la tubería debido a que se necesitaban muestras más largas para las mediciones de conductividad (Fig. 1).

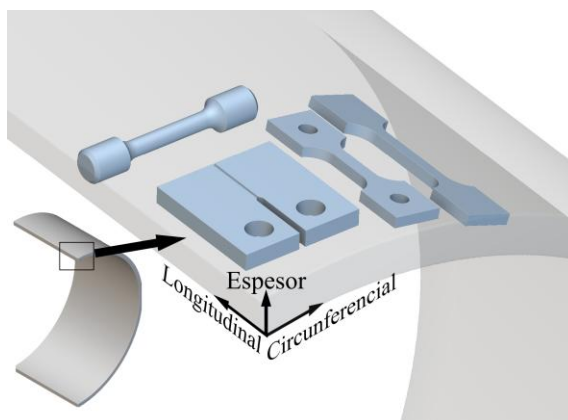


Figura 1. Orientación de las probetas en la tubería

2.2. Preparación de probetas

Se prepararon 4 tipos de probetas para los ensayos experimentales (todas las dimensiones en Fig. 2):

- En el ensayo de tracción se utilizó una probeta cilíndrica de 6 mm de diámetro.
- Para las medidas de conductividad con diferentes niveles de deformación plástica se mecanizaron 5 probetas planas con una sección inicial de 5 mm de ancho, 4 mm de espesor y una zona plana de 30 mm.
- Para las medidas de conductividad con diferentes niveles de deformación elástica se utilizó 1 probeta plana con una sección inicial de 5 mm de ancho y 4 mm de espesor, y una zona plana de 15 mm. Se mecanizaron 4 agujeros para introducir cables de plata. 2 de ellos de 0.8 mm de diámetro para introducir corriente y otros 2 agujeros de 0.5 mm para medir el voltaje. Esta probeta es más pequeña debido a que tiene que caber en un autoclave.

- d) Se realizó un ensayo de fractura con una probeta CT de $W = 25.4$ mm y $B = 6.35$ mm con entallas laterales de 60° y radio 0.2 mm. Se prefisuró a 12.7 mm según la norma ASTM E1820. Se mecanizaron 4 agujeros para introducir corriente y medir voltaje.

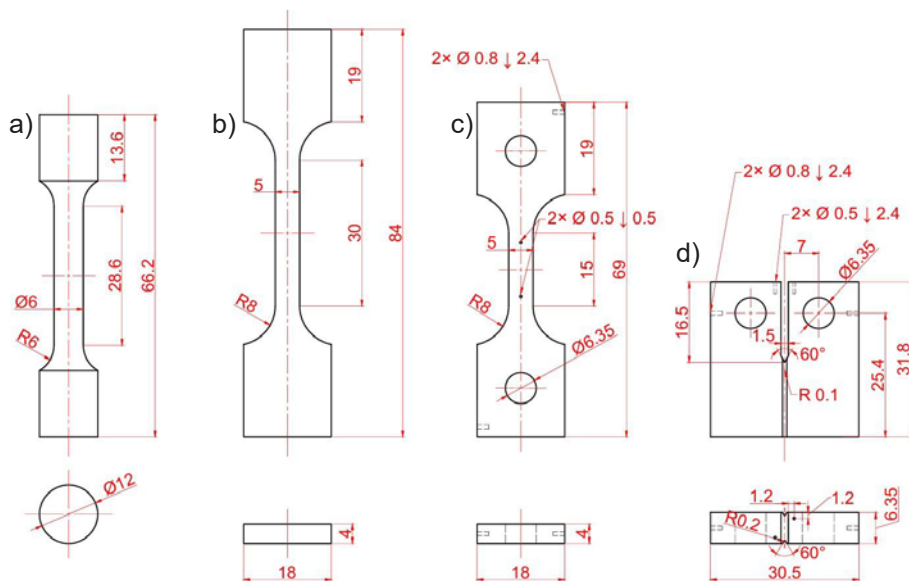


Figura 2. Dimensiones de las probetas utilizadas

2.3. Tracción y probetas deformadas plásticamente

Se ha utilizado un sistema de ensayos uniaxiales MTS 820 con una célula de carga de 250 kN y un extensómetro para obtener la curva tensión-deformación del material. La misma configuración se ha utilizado para deformar plásticamente las probetas hasta un 5%, 10%, 15% y 20%.

2.4. Método de medida de conductividad

La conductividad eléctrica de un metal cambia en función de su deformación. El objetivo de este artículo es cuantificar cuánto se modifica la conductividad frente a la deformación elástica $\kappa(\epsilon_{elas})$ y plástica $\kappa(\epsilon_{plas})$. La combinación de estos dos efectos proporciona la variación global de la conductividad en función de la deformación total, eq. (1).

$$\kappa(\epsilon) = \kappa(\epsilon_{elas}) + \kappa(\epsilon_{plas}) \quad (1)$$

Para las medidas de conductividad, se ha utilizado el método de las sondas en 4 puntos (4-point probe) con una fuente de corriente KEYSIGHT N5744A y un nanovoltímetro KEITHLEY 2182A. Este método, también conocido como el método de Kelvin (Fig. 3), consiste en introducir una corriente

continua conocida, I , en los dos extremos de una probeta y medir el voltaje, V , en la zona central con otras dos sondas midiendo la distancia, L , que las separa. El área central debe ser constante para que las líneas de corriente sean paralelas y no haya efectos geométricos sobre la medida.

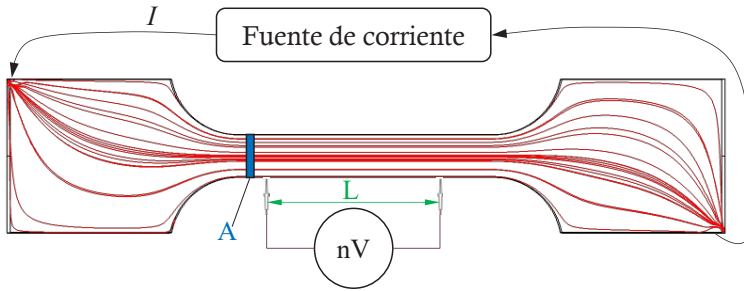


Figura 3. Diagrama para la medida de conductividad. Las líneas rojas representan la corriente eléctrica las cuales deben ser paralelas en la zona de medida

Para el cálculo de la conductividad, se parte de la ley de Ohm (2) para calcular la resistencia, medida en Ω , a partir de la corriente introducida I , en A, y del voltaje medido, V en V.

$$V = I \cdot R \quad (2)$$

Para calcular la resistividad eléctrica ρ del material según la eq. (3), se considera la sección A del área medida, la longitud L que separa las sondas de tensión y la resistencia previamente calculada R .

$$\rho = R \cdot \frac{A}{L} \quad (3)$$

La resistividad, ρ , se mide en $\Omega \cdot \text{m}$ y su inversa, es la conductividad eléctrica, κ , medida en S/m (4).

$$\kappa = \frac{1}{\rho} \quad (4)$$

2.4.1. Medidas de conductividad con diferentes niveles de deformación plástica

Para estas medidas solo se necesitó la fuente de corriente y el nanovoltímetro. Se utilizó una cámara climática para mantener la temperatura constante a 24°C durante las medidas. Con los valores de voltaje para una intensidad de 1A, la longitud entre sondas y el área de cada muestra, la conductividad eléctrica se obtuvo mediante las ecuaciones (2), (3) y (4).

2.4.2. Medidas de conductividad con diferentes niveles de deformación elástica

En este caso, a parte de la fuente de corriente y el nanovoltímetro, una máquina de tracción de Cortest se utilizó para aplicar una carga mientras se medía la conductividad. Esta máquina tiene una célula de carga de 44 kN y un autoclave para mantener la temperatura constante hasta 300°C. La probeta fue aislada del utillaje con casquillos cerámicos y los cables de plata se aseguraron en los agujeros mediante un punzón que deforma el agujero para anclar el cable sin necesidad de soldar.

El ensayo consistía en escalonar la fuerza, es decir, la fuerza se mantenía constante durante 3 min mientras el DCPD registraba datos, después se aplicaba una fuerza mayor. Todas las medidas se realizaron por debajo del límite elástico. En esta máquina solo se medía la fuerza, por lo tanto, la deformación se obtuvo relacionando el ensayo de tracción realizado (5) con extensómetro en la sección 2.3.

$$\sigma = \frac{F}{A} \rightarrow \sigma(\varepsilon) \rightarrow \varepsilon \quad (5)$$

Para el cálculo de conductividad eléctrica en función de la deformación elástica, se tuvo en cuenta el coeficiente de Poisson y la deformación axial. Para calcular la longitud real entre los cables de DCPD (L), se multiplicó la longitud inicial (L_0) por la deformación axial (ε) (la deducida de la curva tensión-deformación) según (6).

$$L = L_0 + L_0 \cdot \varepsilon \rightarrow L = L_0 \cdot (1 + \varepsilon) \quad (6)$$

Para calcular el área real (A) de la probeta a cualquier nivel de deformación, se calculó la deformación transversal usando el coeficiente de Poisson según (7). Para este acero, se asumió un coeficiente de Poisson de $\nu = 0.3$. El área se ve afectada de forma cuadrática por la deformación transversal al estar compuesta de dos longitudes (8).

$$\nu = - \frac{\varepsilon_{transversal}}{\varepsilon} \quad (7)$$

$$A = A_0 \cdot (1 + \varepsilon_{transversal})^2 \quad (8)$$

Luego, la resistividad eléctrica y la conductividad se calculan como las ecuaciones (3) y (4) con la longitud y área modificadas, L y A respectivamente.

2.5. Simulaciones

Las simulaciones se realizaron en el entorno de COMSOL Multiphysics versión 6.3. Se realizó un estudio dependiente del tiempo para un mejor control de la solución de salida. El modelo queda definido en [8]. Las propiedades de fractura que se obtuvieron calibrando el modelo con el ensayo de fractura experimental son: $G_c^0 = 30 \text{ kJ/m}^2$; $\beta_p = 0.1$ y $\ell_c = 0.13 \text{ mm}$.

2.5.1. Propiedades mecánicas y de fractura

Por simplicidad, se utilizó un modelo isotrópico de material. Para la parte mecánica, se incluyó un modelo de plasticidad introduciendo la curva tensión-deformación experimental obtenida del ensayo de tracción. Las propiedades de fractura se ajustaron para que la curva simulada del ensayo de fractura fuera igual que la experimental. El avance de grieta se midió considerando que un elemento está completamente dañado a partir de un valor de $\phi = 0.95$.

2.5.2. Propiedades eléctricas

La novedad de este artículo reside en combinar y degradar las propiedades eléctricas con el avance de grieta mediante phase field. Para ello, se adoptó una función sigmoideal como función de degradación (9). El objetivo de esta función es reducir la conductividad eléctrica una vez superado un umbral de daño, asegurando una transición suave y físicamente consistente entre los estados no dañados y completamente dañados.

$$g_{el} = \frac{1}{1 + e^{\alpha \cdot (\phi - \phi_0)}} \quad (9)$$

Los parámetros α y ϕ_0 controlan la forma de la función de degradación (Fig. 4). La variable α define la pendiente de la curva, cuanto mayor es el valor, mayor es la pendiente. El umbral donde la función se hace 0.5 es definido por ϕ_0 .

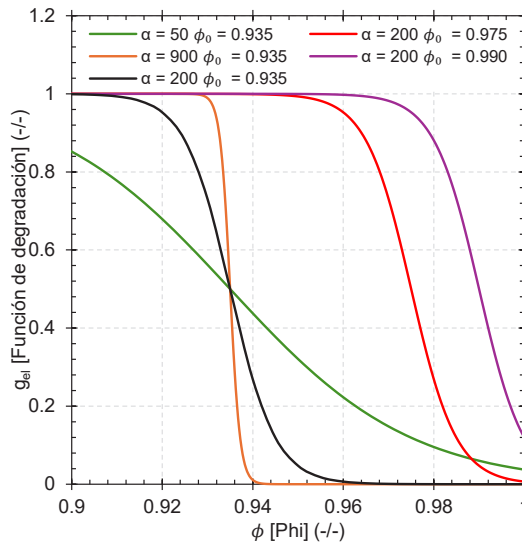


Figura 4. Función de degradación de la conductividad eléctrica con diferentes parámetros α and ϕ_0

Para calibrar estos parámetros, se realizaron 2 tipos de simulaciones en 2D. En la primera simulación se hacía crecer la grieta de forma paramétrica (en la geometría) y se media la señal del DCPD para diferentes tamaños. En la segunda simulación se implementó la fractura mediante phase-field con la aproximación de deformación plana y sin introducir ningún efecto de la deformación en la conductividad. Debido a que no hay deformaciones fuera del plano, todo el incremento de señal en el DCPD se debe al crecimiento de grieta. Se graficó la señal del DCPD frente al crecimiento de grieta como en la Fig. 5 y se obtuvo como mejor configuración que $\alpha = 200$ y $\phi_0 = 0.935$. La Fig. 6 muestra como las líneas de corriente bordean la zona de la grieta gracias a la función de degradación con los parámetros finalmente escogidos.

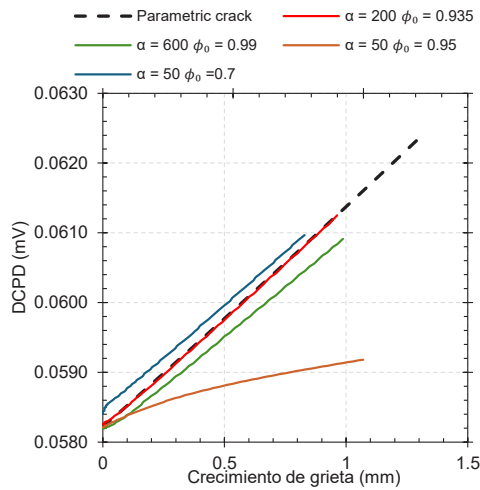


Figura 5. DCPD en función del crecimiento de grieta en una simulación 2D paramétrica y en phase-field

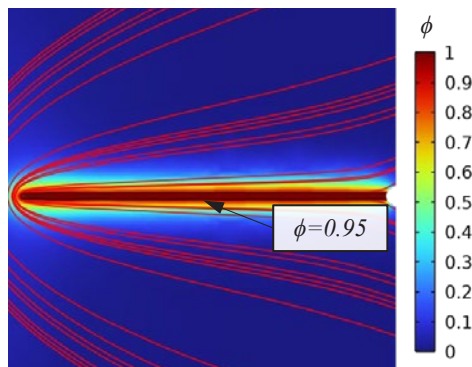


Figura 6. Líneas de corriente (líneas rojas) alrededor de la grieta (línea negra central donde $\phi = 0.95$)

Una vez calibrado el modelo, se llevaron a cabo 4 simulaciones diferentes en 3D variando el efecto de la deformación sobre la conductividad:

- Sim 1: La deformación no afecta la conductividad
- Sim 2: Deformación plástica afecta la conductividad
- Sim 3: Deformación elástica afecta la conductividad
- Sim 4: Deformación elástica y plástica afectan a la conductividad.

3. RESULTADOS

3.1. Ensayo de tracción

Del ensayo de tracción se obtuvo la curva tensión-deformación ingenieril. La curva real se determinó a partir de la curva ingenieril y se utilizó posteriormente en la simulación.

3.2. Resultados de conductividad eléctrica

3.2.1. Conductividad vs deformación plástica

La Fig. 7 ilustra los resultados de las mediciones de conductividad normalizadas con el efecto de la tensión plástica. La conductividad del acero X60 sin deformación a 24°C es de 4.861×10^6 S/m. Se observa una disminución lineal a medida que aumenta la deformación plástica. Se ha tomado la ecuación de la línea de tendencia para introducir en la simulación el efecto de la deformación sobre la conductividad.

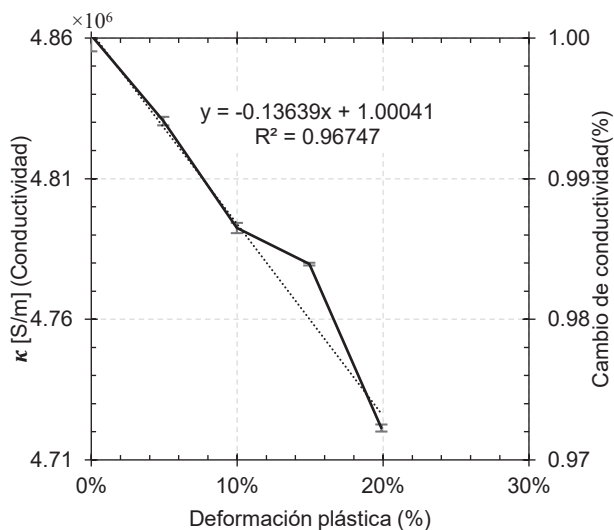


Figura 7. Conductividad vs deformación plástica

3.2.2. Conductividad vs deformación elástica

La Fig. 8 presenta los resultados de las mediciones de conductividad con el efecto de la deformación elástica. El efecto de la contracción geométrica ha sido tenido en cuenta ya que se ha considerado el cambio de sección y longitud en los cálculos de la conductividad, (6) y (8). Los valores representados se normalizan porque la muestra es más pequeña y el valor absoluto puede verse afectado por los agujeros usados para conectar los hilos de plata. Las mediciones se realizaron por debajo del límite elástico, asegurando que la probeta permaneciera dentro del régimen elástico. Se realizó la media de dos ensayos y se ajustó un polinomio de segundo orden para extrapolar los resultados a niveles de deformación elástica más altos en la simulación.

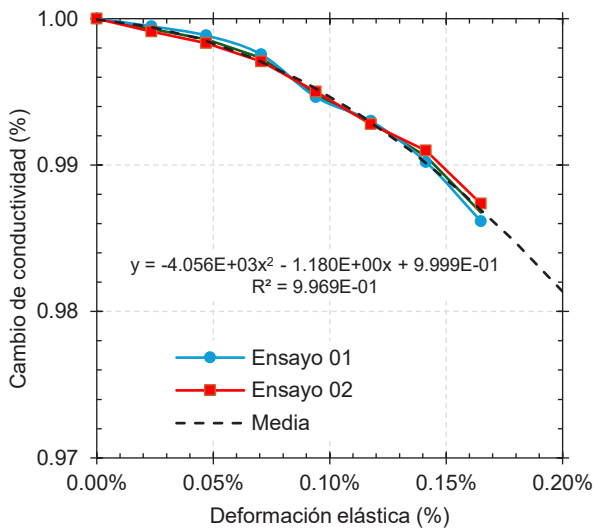


Figura 8. Conductividad vs deformación elástica

3.2.3. Conductividad vs deformación total

Tomando las ecuaciones de las líneas de tendencia de los resultados de la deformación plástica y elástica y sumándolas, se obtiene un nuevo conjunto de datos de conductividad frente a la deformación total. Esos datos se representan gráficamente en la Fig. 9.

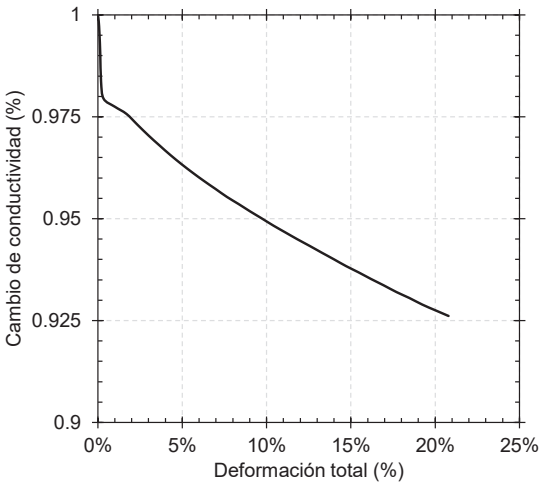


Figura 9. Cambio de conductividad vs deformación total

3.3. Ensayo experimental y simulación

3.3.1. Comparación entre ensayo y simulación

La Fig. 10 muestra la carga frente al desplazamiento de la línea de carga (load line displacement, LLD) de la prueba experimental y las simulaciones. Un valor de ℓ_c menor supone un comportamiento más dúctil. La comparación muestra que los parámetros de fractura se ajustaron para simular el comportamiento mecánico más próximo posible al ensayo experimental.

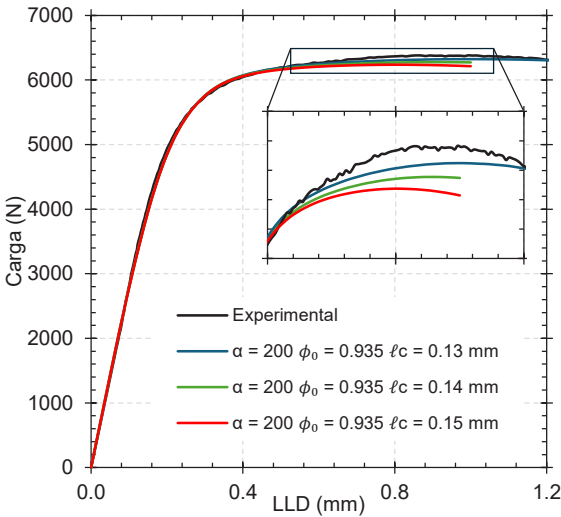


Figura 10. Carga vs LLD simulado frente a experimental

3.3.2. Simulaciones de la señal del DCPD

En la Fig. 11 se comparan las 4 curvas de las simulaciones que se han realizado y una más del ensayo experimental. Se presenta el crecimiento de la señal del DCPD frente al LLD y se observa cómo hay una gran influencia de la deformación en el DCPD.

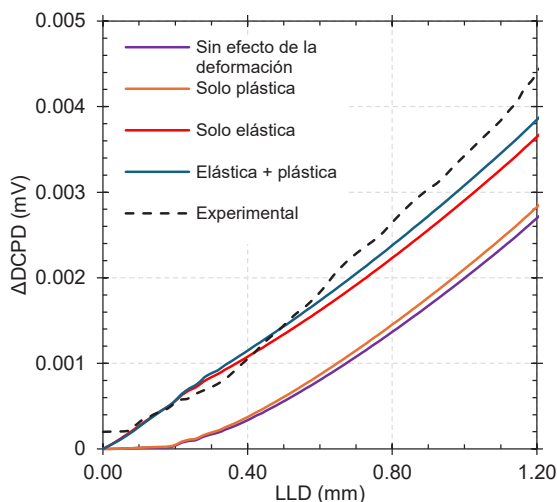


Figura 11. Simulaciones con diferentes efectos de la deformación sobre la conductividad

La curva negra es la simulación del ensayo de fractura sin que la deformación afecte al valor de la conductividad, por lo tanto, la mayor parte del incremento de la señal del DCPD es debido al crecimiento de grieta, el cual comienza en un LLD = 0.2 mm. Hay que tener en cuenta que una pequeña parte del incremento del DCPD también es debido a la contracción geométrica, por lo tanto, al reducirse la sección debido a la deformación, el DCPD también aumenta. La curva naranja se corresponde con la simulación en la que solo la deformación plástica modifica el valor de la conductividad, se observa un pequeño incremento del DCPD cuando la grieta ya ha comenzado a crecer comparándolo con la curva morada, sin embargo, no hay un incremento apreciable antes de que la grieta comience a crecer. La curva roja es la simulación en la que solo la deformación elástica modifica el valor de la conductividad. Como se puede apreciar, la señal del DCPD va aumentando desde el inicio, al igual que en el ensayo experimental. Por lo tanto, es evidente que hay una gran influencia de la deformación elástica sobre la señal del DCPD. Por último, la curva azul es la simulación en la que la conductividad se ve afectada por la deformación total (elástica y plástica). La señal del DCPD crece ligeramente más que la simulación con el efecto de la deformación solo elástica. Esta última curva es la más cercana al ensayo experimental.

4. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones son:

- El efecto de la deformación plástica y elástica en la conductividad eléctrica ha sido cuantificado experimentalmente.
- La conductividad se reduce de forma lineal a medida que la deformación plástica aumenta en el rango estudiado.
- La conductividad se reduce de forma cuadrática cuando la deformación elástica aumenta.
- Se ha desarrollado un modelo numérico que acopla mecánica, fractura mediante phase-field y corrientes eléctricas.
- La simulación concluye que el crecimiento inicial de la señal del DCPD es debido al efecto de la deformación elástica sobre la conductividad al contrario de lo que se creía.

5. AGRADECIMIENTOS

los autores agradecen la financiación de la Unión Europea (ERC-StG-2024, HELMet, 101165414). Este trabajo también ha sido financiado por la Junta de Castilla y León a través del proyecto Safe H2 (BU-040-P23) cofinanciados con fondos FEDER.

6. REFERENCIAS

- [1] Y. Si, J.P. Rouse, C.J. Hyde, Potential difference methods for measuring crack growth: A review, *Int. J. Fatigue* 136 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2020.105624>.
- [2] H.H. Johnson, Calibrating the Electric Potential Method for Studying Slow Crack Growth, *Materials Research and Standards* 5 (1965) 442–445. <https://doi.org/https://ci.nii.ac.jp/naid/10029758676>.
- [3] M.A. Hicks, A.C. Pickard, A comparison of theoretical and experimental methods of calibrating the electrical potential drop technique for crack length determination, 1982.
- [4] ASTM, ASTM E1820, Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness, 2020.
- [5] K.M. Tarnowski, D.W. Dean, K.M. Nikbin, C.M. Davies, Predicting the influence of strain on crack length measurements performed using the potential drop method, *Eng. Fract. Mech.* 182 (2017) 635–657. <https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2017.06.008>.
- [6] W. Cai, H.E. Chen, S. Xie, Y. Li, Z. Chen, T. Uchimoto, T. Takagi, Y. Kensuke, A study on influence of plastic deformation on the global conductivity and permeability of carbon steel, in: *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*, IOS Press, 2014: pp. 371–378. <https://doi.org/10.3233/JAE-141853>.

- [7] L. Quinteros, E. García-Macías, E. Martínez-Pañeda, Electromechanical phase-field fracture modelling of piezoresistive CNT-based composites, *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.* 407 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.cma.2023.115941>.
- [8] A. Díaz, J.M. Alegre, I.I. Cuesta, E. Martínez-Pañeda, A COMSOL framework for predicting hydrogen embrittlement, Part II: Phase field fracture, *Eng. Fract. Mech.* 319 (2025). <https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2025.111008>.

ALTERNATIVA PARA EL DESARROLLO ECOTURÍSTICO DE LAS COMUNIDADES DE LA YUNGA, VALLES CALCHAQUÍES Y PUNA DEL NORTE ARGENTINO

SANDRA CAROLINA ROMANO BURYAILE Y MARTHA LUCÍA OROZCO GÓMEZ

Universidad de Burgos.

Universidad Católica de Salta. Consejo Federal de Estudios Internacionales

Resumen

La presente investigación propone analizar el ecoturismo comunitario como una estrategia de desarrollo territorial sostenible en el norte argentino, con especial énfasis en la búsqueda de un modelo de desarrollo que incorpore la densidad histórica y cultural de sus poblaciones originarias.

Los resultados de la investigación muestran que el ecoturismo comunitario que priorice la visión de las comunidades puede constituir una herramienta potencial para promover procesos de desarrollo territorial sostenible, en la medida en que contribuye a la generación de ingresos, la valorización del patrimonio cultural y la conservación de los ecosistemas. Pero también, se evidencian importantes limitaciones y tensiones en la implementación de estas iniciativas. Los desafíos y dificultades están relacionados con la falta de infraestructura, la limitada capacidad de gestión de las comunidades y las asimetrías de poder entre actores locales y externos. Asimismo, se identifican tensiones entre los objetivos de conservación ambiental y las necesidades económicas de las comunidades.

Cabe destacar también el papel que desempeñan las dinámicas del sistema internacional en la configuración de estas iniciativas, debido a que la mayoría de estos proyectos de turismo sostenible, son impulsados y financiados por organismos internacionales, lo que implica la adopción de marcos institucionales y procedimientos administrativos que pueden no ajustarse a las realidades locales. Esto se complejiza aún más ya que también se generan procesos de burocratización y dependencia institucional, en los cuales los territorios receptores de cooperación deben adaptarse a las exigencias de los organismos financiadores. En la mayoría de los casos, esto limita la capacidad de las comunidades para definir sus propias estrategias de desarrollo.

Entre los hallazgos de la investigación, se propone una reflexión crítica sobre los modelos de desarrollo promovidos desde el sistema internacional, del ecoturismo comunitario y la implantación de proyectos, limitando su potencial como estrategia de desarrollo territorial dependiendo de la capacidad

para articular los principios del desarrollo sostenible con enfoques alternativos como el Buen Vivir, así como de fortalecer la participación comunitaria y la autonomía local.

Solo modelos alternativos, participativos y auténticos podrán romper el marco de exclusión no solo económica sino también cultural en las comunidades indígenas salteñas del norte argentino.

Palabras clave

Modelo alternativo, Desarrollo Humano Sostenible, Norte Argentino.

1. INTRODUCCIÓN

En las décadas anteriores a la pandemia, el turismo se fue incorporando en las agendas de desarrollo como una herramienta para la generación de ingresos, la diversificación productiva y la dinamización de economías regionales. Es así como el turismo sostenible y el ecoturismo han sido promovidos por organismos internacionales y agencias de cooperación como estrategias capaces de articular crecimiento económico, conservación ambiental y desarrollo social. En este sentido, estas propuestas se presentan en un corsé conformado por estructuras globales de poder, marcos institucionales y agendas internacionales que condicionan su implementación en los territorios locales.

La presente investigación propone analizar el ecoturismo comunitario como una estrategia de desarrollo territorial sostenible en el norte argentino, con especial énfasis en la búsqueda de un modelo de desarrollo que incorpore la densidad histórica y cultural de sus poblaciones originarias.

Se establece como marco teórico al enfoque de Desarrollo, que busca integrar dimensiones económicas, sociales y ambientales en las estrategias de desarrollo. Pero es importante destacar que la investigación adopta una postura crítica frente a este paradigma, incorporando aportes del enfoque de capacidades, el desarrollo territorial, la participación comunitaria y las perspectivas latinoamericanas del desarrollo, particularmente la teoría del Buen Vivir.

Desde el enfoque de capacidades, desarrollado por Amartya Sen y ampliado por Martha Nussbaum, el desarrollo se concibe en términos de libertad y agencia: implica garantizar las capacidades fundamentales que permiten a las personas vivir con dignidad (Nussbaum, 2012). Este enfoque es fundamental, dado que permite desplazar el centro del análisis desde los indicadores económicos hacia dimensiones más amplias del bienestar humano.

Esta investigación no busca ser un mero complemento ético, sino un paradigma de ruptura frente a la visión lineal del progreso. Mientras que el desarrollo sostenible tradicional busca reducir impactos para impulsar el crecimiento, el Buen Vivir propone una organización de la vida basada en la reproducción de la vida misma y la armonía con la “Pacha”, integrando conocimientos ancestrales que no se han tenido en cuenta ni siquiera por las instituciones regionales.

En los territorios bajo estudio de la provincia de Salta, el choque de visiones se manifiesta con claridad en la gestión del ecoturismo. Las comunidades, como el pueblo Diaguita, no comprenden el territorio simplemente como un “recurso escénico” o un “activo turístico”, sino como un espacio sagrado y de reproducción identitaria. Por ello, el desafío metodológico y político de esta investigación se basó en evidenciar que la participación comunitaria no es un paso administrativo en un proyecto de cooperación, sino un ejercicio de autodeterminación.

Organismos de cooperación internacional como la Organización Mundial del Turismo definen el turismo sostenible como aquel que considere plenamente sus impactos económicos, sociales y ambientales, presentes y futuros (OMT y PNUMA, 2006). El concepto de ecoturismo se caracteriza como una modalidad de turismo responsable que se desarrolla en áreas naturales y que promueve la conservación ambiental y el bienestar de las comunidades locales. Desde allí también, se desprende otro concepto, el ecoturismo comunitario que introduce un elemento adicional, al enfatizar la participación de las comunidades locales en la gestión de la actividad turística.

Para completar el marco teórico, el enfoque de desarrollo territorial constituye una perspectiva para comprender las dinámicas propias de cada territorio, incluyendo sus actores, instituciones y recursos. Es fundamental para establecer el puente entre la teoría del buen vivir y la importancia de la gobernanza local, fortaleciendo así la visión sobre la importancia de la participación comunitaria en la construcción de estrategias de desarrollo.

En este sentido, la participación comunitaria se presenta como un elemento clave para garantizar la sostenibilidad de los proyectos de desarrollo, todo proyecto que no la contemple, mantendrá la exclusión y asistencialismo. Los estudios sobre capital social, en especial desde la CEPAL (2003), han demostrado que las redes de confianza y cooperación entre actores locales, constituyen un papel fundamental en la implementación de iniciativas de desarrollo territorial.

El análisis empírico revela que la incorporación de la cosmovisión aborígen en la oferta turística permite una valorización del patrimonio que va más allá de lo folclórico. Sin embargo, surge aquí una tensión epistemológica: los organismos internacionales exigen indicadores de éxito cuantificables (ingresos per cápita, pernoctaciones, flujos de divisas), mientras que las poblaciones locales priorizan la cohesión comunitaria, el respeto a los tiempos de la tierra y la transmisión del saber a las nuevas generaciones.

Esta investigación sostiene que el verdadero desarrollo territorial del norte argentino solo es posible si se descolonizan las herramientas de gestión (Quijano, 2000). Esto implica que el sistema internacional debe ceder espacio a estructuras de gobernanza que reconozcan la personería jurídica y la autoridad ancestral de las comunidades. Solo mediante una arquitectura institucional que contemple estas particularidades —donde el conocimiento

técnico dialogue en pie de igualdad con el saber milenario— el ecoturismo podrá dejar de ser una imposición externa para convertirse en una herramienta de resistencia y florecimiento local.

La metodología se basa en un estudio de caso, desde un enfoque cualitativo con entrevistas semiestructuradas a actores territoriales, comunidades locales, especialistas en desarrollo humano y académicos. La información se analizó mediante codificación temática utilizando el software ATLAS.ti, lo que permitió identificar categorías analíticas vinculadas al desarrollo sostenible, el ecoturismo comunitario, el desarrollo territorial, la participación comunitaria, el Buen Vivir.

El análisis empírico se centra en territorios de alta diversidad ambiental y cultural, como la puna, las Yungas y los Valles Calchaquíes, donde habitan comunidades aborígenes. Estos territorios presentan particularidades relevantes para analizar las dinámicas del ecoturismo comunitario, debido a la presencia de recursos naturales y culturales que pueden ser valorizados a través de la actividad turística.

1.1. Problema de investigación, objetivos y aporte central

La tesis Modelo de desarrollo ecoturístico para comunidades de la Yunga, Valles Calchaquíes y Puna del norte argentino se sitúa en la Teoría del Desarrollo, cooperación internacional, desarrollo humano sostenible, territorio y ecoturismo comunitario. Su preocupación central no es describir el turismo como actividad económica aislada, sino analizarlo como posible herramienta de transformación territorial en regiones periféricas, históricamente atravesadas por desigualdades sociales, fragilidad institucional, riqueza biocultural y fuertes demandas de inclusión. El trabajo parte de una premisa clara: el ecoturismo sólo puede ser considerado estrategia de desarrollo si fortalece capacidades locales, protege el ambiente, reconoce saberes comunitarios y evita que el territorio sea reducido a recurso disponible para el mercado.

Desde la perspectiva de la investigación, el norte argentino no aparece como un escenario homogéneo, sino como una trama territorial compuesta por la Yunga, los Valles Calchaquíes y la Puna, cada una con condiciones ambientales, culturales, patrimoniales e institucionales diferenciadas. La tesis sostiene que cualquier modelo ecoturístico para estas regiones debe construirse desde la comprensión de esa heterogeneidad. Por ello, el problema de investigación se orienta a analizar las condiciones territoriales, culturales y sociales que influyen en el desarrollo del ecoturismo, con el fin de diseñar un modelo sostenible adaptado a las realidades locales y a las percepciones de los actores comunitarios.

El objetivo general consiste en analizar las condiciones territoriales, culturales y sociales que influyen en el desarrollo del ecoturismo en comunidades de la Yunga, Valles Calchaquíes y Puna del norte argentino, con el fin de diseñar un modelo de desarrollo ecoturístico sostenible adaptado a dichas

realidades. Los objetivos específicos examinan las características culturales, sociales y territoriales de las comunidades; consideran las percepciones y expectativas de los actores comunitarios; identifican recursos naturales, culturales y territoriales con potencial ecoturístico; e integran los resultados del análisis territorial y social en una propuesta de modelo comunitario. El aporte central radica en desplazar la mirada desde una planificación turística externa hacia una construcción territorial situada.

La pregunta de investigación se organiza alrededor de las características económicas, culturales y medioambientales que debería tener un modelo de desarrollo ecoturístico en concordancia con la visión y percepción de las comunidades. Esta formulación impide tratar a las poblaciones locales como simples beneficiarias de programas o como proveedoras de atractivos turísticos. Por el contrario, las ubica como sujetos de conocimiento, decisión y agencia territorial. El modelo buscado no pretende ser una receta transferible sin mediaciones, sino una herramienta analítica y práctica capaz de dialogar con los saberes locales, las condiciones ambientales y las posibilidades institucionales de cada región.

2. MARCO TEÓRICO: DESARROLLO HUMANO, TERRITORIO Y CAPACIDADES

El marco teórico articula tres ejes fundamentales. En primer lugar, el desarrollo humano, que permite comprender el desarrollo como ampliación de capacidades y libertades, superando las visiones economicistas tradicionales. En segundo lugar, el desarrollo territorial, entendido como un proceso endógeno que se sustenta en la articulación de actores, la movilización de recursos locales y la construcción de capital social. En tercer lugar, la cooperación internacional, analizada no solo como flujo de financiamiento, sino como una relación social y política que incide en la configuración de los procesos territoriales.

El marco teórico parte de una crítica a las concepciones lineales y economicistas del desarrollo. El desarrollo no se interpreta como sinónimo de crecimiento del producto, incremento de visitantes o aumento de ingresos turísticos, sino como ampliación de capacidades, libertades y oportunidades reales. En esta línea, Sen permite comprender que el crecimiento económico sólo adquiere sentido si contribuye a ampliar libertades sustantivas y a remover privaciones que limitan la vida digna (Sen, 2000, pp. 15-16, 36, 74-75). Esta lectura resulta especialmente pertinente para comunidades periféricas del norte argentino, donde la existencia de recursos naturales o patrimoniales no garantiza, por sí misma, procesos de desarrollo humano.

El enfoque de capacidades se articula con la idea de desarrollo territorial. La tesis asume que el territorio no es un soporte físico neutro, sino un espacio de relaciones sociales, memorias, prácticas culturales, instituciones, recursos y conflictos. Por ello, el desarrollo territorial exige articulación de actores, fortalecimiento de capacidades endógenas y construcción de gober-

nanza local. Esta perspectiva permite analizar el ecoturismo no sólo por su capacidad de generar empleo, sino por su potencial para ampliar agencia comunitaria, fortalecer identidades, mejorar condiciones de vida y consolidar mecanismos de decisión territorial.

2.1. Ecoturismo comunitario y crítica al turismo como solución automática

La tesis recupera la definición clásica del ecoturismo como viaje responsable a áreas naturales que promueve conservación y bienestar de las comunidades locales, incluyendo educación ambiental y beneficios para la población anfitriona (Ceballos-Lascuráin, 1996). Sin embargo, el trabajo no se limita a una conceptualización normativa. Su aporte consiste en advertir que el ecoturismo puede reproducir formas de desigualdad si se desarrolla sin participación real, sin distribución justa de beneficios y sin mecanismos de protección cultural y ambiental. En consecuencia, la tesis diferencia el ecoturismo comunitario de una simple valorización turística de la naturaleza. Esta distinción es coherente con el marco de empoderamiento comunitario propuesto por Scheyvens (1999), que analiza los impactos del ecoturismo en las dimensiones económica, psicológica, social y política de las comunidades.

El ecoturismo aparece como una práctica social inserta en relaciones de poder. Puede convertirse en una estrategia de desarrollo territorial si fortalece a las comunidades, protege el patrimonio natural y cultural y promueve gobernanza local. Pero también puede derivar en mercantilización cultural, presión ambiental o captura de rentas por actores externos. Por eso, la tesis subraya que la pregunta decisiva no es sólo si un territorio posee atractivos turísticos, sino quién decide sobre su uso, quién controla la narrativa patrimonial, quién recibe los beneficios y quién asume los costos sociales y ambientales.

2.2. Cooperación internacional, desarrollo y reconfiguración post-pandemia

Desde el campo de las Relaciones Internacionales, la tesis aborda la cooperación internacional como un fenómeno multidimensional. No se la entiende únicamente como financiamiento, sino como una relación social y política que incide en la construcción de capacidades, en la orientación de políticas públicas y en la definición de agendas de desarrollo. El trabajo recupera el carácter plural, descentralizado y no plenamente coordinado del sistema internacional de cooperación al desarrollo, así como sus transformaciones históricas desde la posguerra hasta la agenda contemporánea de sostenibilidad, derechos humanos, desarrollo territorial y bienes públicos globales.

La tesis destaca que, en el contexto post-pandemia, la cooperación internacional muestra una transición hacia modalidades más horizontales, territorializadas y con mayor participación de actores no estatales. Argentina aparece en una posición dual: continúa recibiendo cooperación, pero también actúa como oferente mediante cooperación Sur-Sur, triangular y técnica.

Esta transformación es clave para pensar el ecoturismo como campo de articulación entre cooperación, desarrollo local, sostenibilidad y capacidades comunitarias.

2.3. Buen Vivir: ruptura epistemológica y horizonte crítico

Uno de los ejes más relevantes de la tesis es la incorporación del Buen Vivir como alternativa al desarrollo convencional. El Buen Vivir no se presenta como una variante más del desarrollo, sino como una crítica profunda a la centralidad del crecimiento económico, al extractivismo y a la separación moderna entre sociedad y naturaleza (Svampa, 2019). Acosta sostiene que debe entenderse como alternativa al desarrollo y no simplemente como desarrollo alternativo (Acosta, 2013, pp. 43-49). Gudynas, por su parte, lo concibe como una plataforma plural de alternativas frente a los límites ecológicos, sociales y culturales del desarrollo dominante (Gudynas, 2011, pp. 441-447).

La incorporación del Buen Vivir permite reforzar el carácter situado del modelo ecoturístico. Desde este enfoque, el territorio no es un contenedor de recursos explotables, sino un entramado de relaciones entre comunidad, naturaleza, memoria, cultura y reproducción de la vida. La tesis subraya que esta perspectiva resulta especialmente pertinente para el norte argentino, donde la diversidad biocultural y la presencia de comunidades originarias exigen modelos de desarrollo que no se limiten a la rentabilidad turística. En clave de cooperación internacional, el Buen Vivir obliga a revisar las lógicas verticales de intervención y a promover diálogo de saberes, apropiación comunitaria y sostenibilidad fuerte.

3. METODOLOGÍA

Metodológicamente, la tesis adopta un enfoque cualitativo interpretativo porque el objeto de estudio involucra percepciones, significados, prácticas territoriales, memorias locales, cultura, ambiente y expectativas de desarrollo. No se busca medir el ecoturismo como variable aislada, sino comprender cómo los actores interpretan su relación con el territorio, la cultura, el ambiente y la cooperación. La investigación permite comprender los significados que los actores atribuyen al ecoturismo, al desarrollo y a la cooperación internacional.

El diseño de estudio de caso colectivo permite analizar múltiples contextos sin perder la singularidad de cada región. Stake sostiene que el estudio colectivo examina varios casos para comprender un fenómeno más amplio, preservando las particularidades de cada uno (Stake, 2005, p. 445).

Por esto, se adopta un diseño de estudio de caso colectivo, que posibilita analizar múltiples territorios manteniendo su singularidad y evitando generalizaciones abstractas. Esta estrategia metodológica permite construir un modelo analítico a partir de la comparación entre casos, identificando convergencias y divergencias.

Las técnicas de recolección de datos incluyen entrevistas en profundidad, talleres comunitarios, observación participante y análisis de fuentes se-

cundarias. Estas herramientas permiten captar la complejidad de los procesos territoriales, incorporando las voces de los actores locales y evitando enfoques extractivistas del conocimiento. El uso de herramientas de análisis cualitativo permite organizar y sistematizar la información, facilitando la construcción de categorías analíticas a partir de la evidencia empírica.

Las entrevistas fueron validadas por expertos de universidades españolas y bolivianas, lo que refuerza la rigurosidad metodológica del estudio. El análisis de los datos se realizó mediante el uso de ATLAS.ti, lo que permitió la codificación sistemática del corpus, la construcción de categorías analíticas y la elaboración de redes conceptuales que articulan evidencia empírica y marco teórico.

3.1. Rigor metodológico, ética y devolución comunitaria

El rigor metodológico se sostiene en los criterios de credibilidad, transferibilidad, dependencia y confirmabilidad. La credibilidad se fortalece mediante triangulación de fuentes y técnicas; la transferibilidad, mediante descripciones densas de los contextos; la dependencia, mediante la documentación sistemática del proceso; y la confirmabilidad, mediante la trazabilidad entre datos, códigos, categorías e interpretación. Este esquema permite mostrar que los resultados no surgen de impresiones aisladas, sino de un proceso analítico documentado y coherente.

La dimensión ética ocupa un lugar central. La investigación con comunidades exige consentimiento informado, protección de testimonios, confidencialidad y cuidado frente a posibles conflictos territoriales o institucionales. La tesis enfatiza además la importancia de la devolución de resultados, porque las comunidades no son tratadas como fuentes pasivas de datos, sino como interlocutoras del proceso. Esta decisión es coherente con la educación para el desarrollo, la cooperación horizontal y el Buen Vivir, ya que evita la apropiación académica de saberes locales y reduce la asimetría entre investigadora y participantes.

4. CONTEXTO TERRITORIAL: YUNGA, VALLES CALCHAQUÍES Y PUNA

El contexto del norte argentino analizado en la presente investigación se caracteriza por una configuración territorial, social y cultural compleja, que constituye un elemento central para comprender el desarrollo del ecoturismo en las regiones de la Yunga, los Valles Calchaquíes y la Puna. Tal como se desarrolla en la tesis, estos territorios presentan una alta diversidad biocultural, combinando riqueza ambiental con una fuerte presencia de comunidades locales que construyen el territorio desde prácticas históricas, culturales y simbólicas propias (Romano Buryaile, en preparación).

Desde el punto de vista territorial, se trata de espacios heterogéneos atravesados por desigualdades estructurales, limitaciones en infraestructura y dificultades de acceso a servicios básicos. No obstante, estas condiciones no deben ser interpretadas únicamente como restricciones, sino también como potencialidades

para el desarrollo ecoturístico, en tanto permiten la valorización de paisajes naturales, biodiversidad y patrimonio cultural local.

En términos sociales, la investigación destaca la centralidad de las comunidades locales, incluidas comunidades originarias, cuyas formas de organización, saberes y prácticas constituyen elementos fundamentales para el diseño de cualquier modelo de desarrollo. En este sentido, el territorio no es concebido como un espacio físico, sino como un entramado de relaciones sociales y culturales que condicionan las dinámicas del desarrollo.

Desde la dimensión económica, el norte argentino se inserta históricamente en dinámicas de desarrollo periférico, con limitada diversificación productiva y fuerte dependencia de actividades primarias. En este contexto, el ecoturismo emerge como una estrategia potencial de diversificación, aunque su implementación se encuentra atravesada por tensiones vinculadas a la distribución de beneficios, la participación comunitaria y la sostenibilidad de los recursos.

En el plano ambiental, la tesis subraya la importancia de los ecosistemas presentes en las regiones estudiadas, particularmente en las Yungas y la Puna, donde la biodiversidad constituye un activo clave. Sin embargo, esta riqueza convive con riesgos asociados a procesos de degradación ambiental y explotación de recursos, lo que refuerza la necesidad de enfoques de desarrollo sostenible.

Finalmente, el contexto del norte argentino se encuentra influenciado por dinámicas de cooperación internacional y políticas públicas que inciden en los procesos de desarrollo territorial. Estas intervenciones, en muchos casos, responden a agendas externas que no siempre se articulan con las realidades locales, generando tensiones entre modelos de desarrollo exógenos y las necesidades de las comunidades (Romano Buryaile, en preparación).

En síntesis, el norte argentino en estudio se configura como un espacio complejo, donde convergen dimensiones territoriales, sociales, económicas y ambientales. Esta complejidad justifica la adopción de un enfoque territorial y participativo para el desarrollo del ecoturismo, tal como se propone en la presente investigación.

5. EVIDENCIAS Y RESULTADOS

La tesis caracteriza el contexto nacional, provincial y regional. El norte argentino aparece como una región con altos niveles de vulnerabilidad social, desigualdad territorial y riqueza ambiental. En Salta, la coexistencia de áreas protegidas, paisajes diversos, patrimonio cultural, pueblos originarios y recursos turísticos genera un potencial significativo para el ecoturismo, pero también plantea desafíos de planificación, accesibilidad, gobernanza, conservación y distribución de beneficios. El valor de la Yunga, los Valles Calchaquies y la Puna no reside únicamente en su atractivo paisajístico, sino en su densidad territorial y cultural.

El análisis confirma que el ecoturismo comunitario, cuando prioriza la visión de las propias comunidades, puede operar como herramienta de desa-

rollo territorial sostenible —al generar ingresos, valorizar el patrimonio cultural y contribuir a la conservación de los ecosistemas—, pero su alcance está condicionado por limitaciones de infraestructura, por la capacidad de gestión local y por las asimetrías de poder entre actores internos y externos, así como por la tensión entre los objetivos de conservación y las necesidades económicas de la población. A ello se suma el peso del sistema internacional: dado que buena parte de estos proyectos es impulsada y financiada por organismos externos, su implementación impone marcos institucionales y procedimientos que no siempre se ajustan a las realidades locales y que derivan en burocratización y dependencia, restringiendo la capacidad de las comunidades para definir sus propias estrategias. De allí que solo los modelos alternativos, participativos y auténticos, articulados con el Buen Vivir y orientados a fortalecer la autonomía local, permitan romper la exclusión —económica y cultural— de las comunidades indígenas salteñas del norte argentino.

El modelo propuesto integra desarrollo humano, territorio, cooperación internacional, ecoturismo comunitario y Buen Vivir. Su aporte es mostrar que el ecoturismo puede ser una herramienta efectiva de desarrollo territorial sólo si se construye desde las comunidades y en función de sus propias lógicas. El desarrollo no debe entenderse como transferencia técnica, sino como proceso de construcción colectiva basado en capacidades locales, saberes territoriales, sostenibilidad ambiental y articulación institucional.

La síntesis de la tesis permite sostener que el desarrollo ecoturístico sostenible requiere cinco condiciones articuladas: participación comunitaria real, fortalecimiento de capacidades locales, gobernanza territorial, preservación ambiental y reconocimiento cultural. La participación no puede limitarse a consultas formales; debe traducirse en capacidad efectiva de decisión. El fortalecimiento de capacidades incluye formación, organización comunitaria, gestión territorial y apropiación de herramientas. La gobernanza exige coordinación entre comunidades, municipios, provincia, universidades, organizaciones sociales y cooperación internacional. La preservación ambiental es condición de viabilidad y no un adorno discursivo. El reconocimiento cultural impide reducir las prácticas comunitarias a mercancía turística.

Asimismo, el estudio pone en evidencia la existencia de tensiones estructurales en los procesos de desarrollo. Entre ellas, se destacan las tensiones entre conservación y explotación, entre participación e imposición, y entre identidad cultural y mercantilización. Estas tensiones no deben ser entendidas como anomalías, sino como componentes constitutivos de los procesos de desarrollo, cuya comprensión resulta fundamental para el diseño de políticas más adecuadas.

6. CONCLUSIONES

Como resultado de la integración entre teoría y evidencia empírica fue posible construir el Modelo de Desarrollo Ecoturístico Comunitario propuesto

por esta investigación. Su principal fortaleza radica en haber sido elaborado desde los territorios y no impuesto desde marcos externos. El modelo integra participación comunitaria, sostenibilidad ambiental, fortalecimiento cultural, Educación para el Desarrollo, cooperación horizontal, derechos humanos, reconocimiento de los pueblos originarios y gobernanza territorial como dimensiones interdependientes de una estrategia integral de desarrollo.

Complementariamente y en base al modelo también se propone un Manual de Desarrollo Ecoturístico Comunitario que constituye una de las contribuciones aplicadas más significativas de la tesis. Este instrumento permite traducir los hallazgos académicos en orientaciones operativas para comunidades, gobiernos locales, organismos provinciales, instituciones educativas, universidades y actores vinculados a la cooperación internacional. De esta manera, la investigación trasciende el plano analítico y ofrece herramientas concretas para la implementación de políticas y programas orientados al fortalecimiento del desarrollo territorial sostenible.

Finalmente, la principal contribución científica de esta tesis consiste en haber articulado campos de conocimiento que tradicionalmente han sido abordados de manera fragmentada. El modelo desarrollado integra ecoturismo comunitario, desarrollo humano, Educación para el Desarrollo, cooperación internacional, Buen Vivir, derechos humanos, pueblos originarios, gobernanza territorial y sostenibilidad ambiental dentro de una misma propuesta conceptual y operativa. Esta integración constituye un aporte original al estudio del desarrollo territorial en contextos periféricos y amplía las posibilidades de diálogo entre las ciencias de la educación, las Relaciones Internacionales, los estudios del desarrollo y las perspectivas territoriales latinoamericanas.

En consecuencia, la investigación permite concluir que el desarrollo sostenible de las comunidades de la Yunga, los Valles Calchaquíes y la Puna no depende exclusivamente de la disponibilidad de recursos naturales o atractivos turísticos. Depende fundamentalmente de la capacidad de fortalecer capacidades locales, garantizar derechos, reconocer identidades territoriales, promover la participación comunitaria, construir formas horizontales de cooperación y consolidar procesos educativos orientados a la transformación social. Desde esta perspectiva, el ecoturismo solo puede constituirse en una verdadera estrategia de desarrollo humano sostenible cuando se integra a procesos más amplios de justicia social, sostenibilidad ambiental, reconocimiento cultural y ampliación de capacidades colectivas. El modelo y el manual propuestos representan, por tanto, una contribución concreta para pensar y construir alternativas de desarrollo desde los territorios, con las comunidades y para las comunidades del norte argentino.

7. REFERENCIAS

- [1] Acosta, A. (2013). El Buen Vivir: Sumak Kawsay, una oportunidad para imaginar otros mundos. Icaria.

- [2] Arocena, J. (1995). El desarrollo local: un desafío contemporáneo. Nueva Sociedad.
- [3] Boisier, S. (2001). Desarrollo (local): ¿de qué estamos hablando? En O. Madoery & A. Vázquez Barquero (Eds.), Transformaciones globales, instituciones y políticas de desarrollo local. Homo Sapiens.
- [4] Ceballos-Lascuráin, H. (1996). Tourism, ecotourism and protected areas. IUCN.
- [5] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2003). Capital social y reducción de la pobreza en América Latina y el Caribe: en busca de un nuevo paradigma. CEPAL.
- [6] Creswell, J. W. (2014). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th ed.). SAGE.
- [7] Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2011). The SAGE handbook of qualitative research (4th ed.). SAGE.
- [8] Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research. Aldine.
- [9] Gudynas, E. (2011). Buen Vivir: Today's tomorrow. Development, 54(4), 441-447.
- [10] Nussbaum, M. C. (2012). Crear capacidades: propuesta para el desarrollo humano. Paidós.
- [11] Organización Mundial del Turismo (OMT) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2006). Por un turismo más sostenible: guía para responsables políticos. OMT/PNUMA.
- [12] Quijano, A. (2000). Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina. En E. Lander (Comp.), La colonialidad del saber: eurocentrismo y ciencias sociales. Perspectivas latinoamericanas (pp. 201-246). CLACSO.
- [13] Romano Buryaile, S. C. (en preparación). Modelo de desarrollo ecoturístico para comunidades de la Yunga, Valles Calchaquíes y Puna del Norte argentino [Tesis doctoral, Universidad de Burgos].
- [14] Scheyvens, R. (1999). Ecotourism and the empowerment of local communities. Tourism Management, 20(2), 245-249.
- [15] Sen, A. (2000). Desarrollo y libertad. Planeta.
- [16] Stake, R. E. (2005). Qualitative case studies. En N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), The SAGE handbook of qualitative research (3rd ed., pp. 443-466). SAGE.
- [17] Svampa, M. (2019). Las fronteras del neoextractivismo en América Latina: conflictos socioambientales, giro ecoterritorial y nuevas dependencias. CALAS.

ESTUDIO LONGITUDINAL DE LA BÚSQUEDA DE BENEFICIOS DE LA ESCLEROSIS MÚLTIPLE Y LA CALIDAD DE VIDA. EFECTO DE LA ANSIEDAD Y LAS ESTRATEGIAS DE AFRONTAMIENTO EMOCIONALES

VERÓNICA SARABIA MONTAÑO¹, SILVIA UBILLOS LANDA¹ Y
JOSÉ LUIS GONZÁLEZ CASTRO²

¹Universidad de Burgos, Departamento de Ciencias de la Salud

²Universidad de Burgos, Departamento de Ciencias de la Educación

Resumen

La esclerosis múltiple (EM) es una enfermedad neurológica que causa una discapacidad importante en adultos y tiene un impacto negativo en el desarrollo de su proyecto de vida. Mediante un diseño longitudinal con dos momentos de medición, el presente estudio analizó los procesos por los cuales la búsqueda de beneficios relacionados con la EM en el momento 1 se asoció con la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) en el momento 2. La muestra estuvo compuesta por 72 adultos españoles diagnosticados con EM. No se encontró una relación directa entre la búsqueda de beneficios y la CVRS; sin embargo, la búsqueda de beneficios se asoció indirectamente con una mayor CVRS a través de estrategias de afrontamiento centradas en las emociones, como la búsqueda de apoyo emocional y aceptación en el momento 1 y la ansiedad en el momento 2. Estos resultados sugieren la necesidad de programas diseñados para fomentar la búsqueda de beneficios relacionados con la enfermedad, así como el uso de ciertas estrategias de afrontamiento para mejorar la salud mental y la CVRS en personas diagnosticadas con EM.

Palabras clave

Esclerosis múltiple, búsqueda de beneficios relacionados con la esclerosis múltiple, ansiedad, calidad de vida relacionada con la salud, estrategias de afrontamiento.

1. INTRODUCCIÓN

La esclerosis múltiple (EM) es una enfermedad crónica, desmielinizante, degenerativa, autoinmune e inflamatoria del sistema nervioso central, sin origen ni cura conocidos [1]. Se estima que dos millones y medio de personas en todo el mundo padecen EM, con un total de aproximadamente 55.000 casos en España, cifra que va en aumento [2]. La EM es una enfermedad neurológica que provoca una discapacidad importante en adultos jóvenes y de

mediana edad [3]. El diagnóstico de EM tiene un impacto negativo en todas las áreas de la vida de una persona y afecta al desarrollo de su proyecto vital [4]. La enfermedad puede manifestarse de diversas maneras, aunque los síntomas más comunes son tanto físicos (dolor, debilidad muscular y/o pérdida de sensibilidad, fatiga, espasticidad) como psicológicos (deterioro cognitivo, depresión, ansiedad) [5]. Entre las personas con EM, el uso de estrategias de afrontamiento (EAs) se ha asociado con una reducción del malestar psicológico y sus consiguientes efectos nocivos en la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) [6]. Otro predictor de adaptación y mejora de la CVRS entre las personas que padecen enfermedades crónicas o potencialmente mortales como la EM es la búsqueda de beneficios [7,8]. En este estudio, la búsqueda de beneficios se considera un resultado del propio evento estresante [7]. Por consiguiente, la pregunta que se plantea es la siguiente: ¿la búsqueda de beneficios vinculada a la EM se asocia con una mejor CVRS mediante el uso de EAs centradas en la emoción dirigidas a minimizar la ansiedad generada por la enfermedad?

1.1. Búsqueda de beneficios en la esclerosis múltiple y calidad de vida relacionada con la salud

Aunque el diagnóstico de una enfermedad potencialmente mortal puede desencadenar ansiedad y angustia, las personas también reportan beneficios en sus relaciones personales, perspectiva de vida y autoevaluación [9]. En este sentido, la búsqueda de beneficios se define como el acto de encontrar significado en la vida y se ha asociado con la adaptación en personas con EM [10]. Según la teoría de las creencias básicas [11], eventos vitales negativos significativos, como la enfermedad, pueden destruir las creencias fundamentales que tenemos sobre el mundo y sobre nosotros mismos, lo que lleva a que la vida pierda sentido. Esta pérdida de sentido se asocia con angustia. De manera similar, existen dos procesos cognitivos clave que ayudan a las personas a reconstruir el significado frente a la nueva realidad que plantea la enfermedad: encontrar propósito y significado en la vida, lo cual se basa en desarrollar explicaciones para la adversidad; y la búsqueda de beneficios, que implica reevaluar positivamente las demandas adversas de la enfermedad para mitigar su impacto negativo y proteger la autoestima y la CVRS [8].

Actualmente, la CVRS se define como las formas más importantes o habituales en que la salud o la atención sanitaria influyen en el bienestar [12]. Según Herreros-Martínez et al. [13], el objetivo principal de medir y utilizar la CVRS es permitir una evaluación más integral, completa y válida del estado de salud de un individuo o grupo, así como una evaluación más precisa de los posibles riesgos y beneficios. Diversos estudios han analizado si diferentes variables sociodemográficas y clínicas pueden afectar la CVRS de las personas con esclerosis múltiple (EM). En cuanto al género y la CVRS, no se han encontrado diferencias significativas [14]. Sin embargo, Zengin et al. [15] observaron que, entre las personas con EM, aquellas con un mayor nivel educativo

también presentaban una mejor calidad de vida. De igual modo, quienes trabajan, independientemente de cualquier posible discapacidad física, tienden a tener una mejor CVRS que quienes no tienen empleo [4]. Diversos estudios [3,16] han encontrado que las personas con EM que presentan un mayor grado de discapacidad también tienen peor salud psicológica.

1.2. Búsqueda de beneficios en la esclerosis múltiple, estrategias de afrontamiento y calidad de vida relacionada con la salud

Algunos estudios [8,17] han demostrado que la búsqueda de beneficios se asocia con un uso más frecuente de EA, especialmente aquellas centradas en las emociones. A su vez, estas estrategias se asocian fuertemente con una mejor calidad de vida en personas con enfermedades crónicas [18]. En una enfermedad crónica como la EM, el afrontamiento puede mediar entre la enfermedad en sí y la adaptación psicológica del individuo a ella. El afrontamiento se concibe como el esfuerzo conductual y cognitivo realizado para controlar las demandas internas y/o externas generadas por el estrés. Según Lazarus y Folkman [19], existen dos tipos básicos de afrontamiento: el afrontamiento centrado en el problema, que busca resolver el problema o tomar medidas para cambiar la situación; y el afrontamiento centrado en la emoción, que busca reducir la ansiedad emocional generada por situaciones estresantes. Este estudio analiza las EAs centradas en la emoción (aceptación, apoyo emocional, replanteamiento positivo, negación y religión), dado que una revisión sistemática realizada por Keramat et al. [20] halló que las personas con EM tienden a utilizar este tipo de estrategia con mayor frecuencia que las centradas en el problema. Entre las personas con EM, la investigación ha demostrado que, con la excepción de la negación, un uso más frecuente de EAs centradas en las emociones conduce a una mejor CVRS [21,22].

1.3. Estrategias de afrontamiento, ansiedad y calidad de vida relacionada con la salud

Estudios previos han encontrado una asociación entre la ansiedad y las EAs y la CVRS [23]. La ansiedad se define como una respuesta subjetiva al estrés, una sensación de incertidumbre, aprensión o miedo ante una amenaza real o percibida cuyo verdadero origen se desconoce o no se reconoce. La ansiedad también afecta la capacidad de una persona para afrontar el estrés [24]. Fábregas et al. [25] sostienen que la ansiedad es una de las variables que más influyen en la CVRS entre las personas con EM, y varios estudios han demostrado que las personas con EM que utilizan EAs centradas en las emociones presentan niveles de ansiedad más bajos [26,27].

1.4. Objetivos e hipótesis

El objetivo principal del presente estudio es analizar los procesos mediante los cuales la percepción de beneficios en la EM en el momento 1 (T1) se asocia con la CVRS en el momento 2 (T2). Los objetivos específicos son: a) explorar las diferencias entre las variables del estudio (búsqueda de beneficios

en EM y EAs centradas en las emoción en T1, ansiedad y CVRS en T2) de acuerdo con diversas variables sociodemográficas y clínicas (nivel educativo, sexo, edad, situación laboral y reconocimiento oficial de discapacidad); b) analizar la relación entre la búsqueda de beneficios en EM, EAs centradas en las emociones, ansiedad y CVRS; y c) estudiar el posible efecto mediador de las EAs centradas en las emociones en T1 y la ansiedad en T2 sobre la asociación entre la búsqueda de beneficios en EM (T1) y la CVRS (T2). Es importante aclarar que la ansiedad y la CVRS solo se midieron en T2, ya que se consideraron variables de resultado, influenciadas por el efecto de la búsqueda de beneficios y el uso de ciertas EAs en T1.

El modelo propuesto de asociaciones entre variables postula que una mayor búsqueda de beneficios (T1) se asociará con un mayor uso de EAs centradas en la emoción excepto la negación (T1), menores niveles de ansiedad (T2) y una mejor CVRS (T2). De manera similar, un uso más frecuente de EAs centradas en la emoción, excepto la negación, se asociará con menores niveles de ansiedad (T2) y una mejor CVRS (T2). Finalmente, menores niveles de ansiedad se asociarán con una mejor CVRS [Hipótesis 1]. El modelo también postula la búsqueda de beneficios se asociará con una mejor CVRS a través de un uso más frecuente de diferentes EAs centradas en las emoción, excepto la negación, y menores niveles de ansiedad [Hipótesis 2].

2. METODO

2.1. Muestra

Las personas que forman parte de la muestra de fueron seleccionadas mediante un procedimiento de muestreo por conveniencia no aleatorio entre la población de adultos españoles (de 18 años o más) diagnosticados con EM. La muestra comprendió 72 personas (mujeres: $n = 51$; 70,8%; hombres: $n = 21$; 29,2%) con una edad media de 41,14 años ($dt = 9,89$; rango: 21 a 66 años). Según el tipo de esclerosis múltiple en la muestra, EMRR $n = 65$ (90,3%), EMPP $n = 4$ (5,6%) y EMPP $n = 4$ (4,2%). La mayoría de los participantes tenían estudios superiores ($n = 45$; 62,5%), más de una cuarta parte ($n = 19$; 26,4%) tenía formación profesional o cualificaciones equivalentes al bachillerato, mientras que el resto tenía cualificaciones básicas o no tenía estudios ($n = 8$; 11,1%). En T1, 50 participantes (69,4%) estaban empleados activamente, mientras que los 22 restantes (30,6%) no lo estaban. Con respecto a la incapacidad para el trabajo, $n = 61$ (84,7%) no están reconocidos, $n = 5$ (6,9%) tienen incapacidad total, $n = 5$ (6,9%) tienen incapacidad absoluta y $n = 1$ (1,4%) discapacidad total. En T2, 8 personas que antes estaban empleadas ya no trabajaban y 3 de las que habían estado desempleadas habían empezado a trabajar. La prueba de McNemar reveló que estos cambios no fueron significativos ($p = 0,227$). También es importante señalar que de los 22 participantes que no estaban empleados activamente en T1, solo 11 (15,3%) habían sido reconocidos oficialmente como incapacitados para trabajar. Poco menos de la

mitad del grupo de muestra ($n = 33$; 45,8%) no tenía un estatus de discapacidad reconocido oficialmente, mientras que el resto ($n = 39$; 54,2%) sí lo tenía. Finalmente, $n = 15$ (20,8%) personas de la muestra asisten a una asociación semanalmente, $n = 1$ (1,4%) asiste mensualmente, $n = 22$ (30,6%) asiste esporádicamente y $n = 34$ (47,2%) no asiste a ningún servicio de ninguna asociación u organización de apoyo para la esclerosis múltiple.

2.2. Instrumentos de medida

Se preguntó a los participantes sobre diversas variables sociodemográficas (edad, sexo, situación laboral y nivel educativo) y si tenían o no un grado de discapacidad reconocido oficialmente. También se les pidió que completaran cuatro escalas validadas para su uso con personas con EM: FAMS que mide la CVRS de las personas con EM, COPE-28 que evalúa distintas EAs, Psychosocial Impact of Multiple Sclerosis que mide el impacto psicosocial de la EM en las personas afectadas, específicamente la dimensión de beneficios derivados de la EM y la HADS que evalúa la depresión y la ansiedad de las personas con EM.

2.3. Procedimiento y diseño de la investigación

La primera batería de cuestionarios se administró entre enero y mayo de 2018 (T1) y la segunda entre diciembre de 2021 y febrero de 2022 (T2). El intervalo de tiempo se estableció de acuerdo con la tasa típica de progresión de la EM, teniendo en cuenta que los cambios no siempre ocurren a un ritmo constante [28]; por este motivo, fue importante dejar suficiente tiempo entre las evaluaciones para que se produjeran cambios relevantes en la CVRS. Además, el brote de la pandemia de COVID-19 en 2020 retrasó la segunda administración de los cuestionarios hasta que se consideró que el fenómeno ya no afectaba significativamente los resultados. En todo momento contamos con el pleno apoyo de la AFAEM (Asociación de Afectados y Familiares de Esclerosis Múltiple de Burgos). Los cuestionarios se administraron en línea mediante Microsoft Forms. En T1, el enlace a la batería de cuestionarios se envió a todas las asociaciones federadas españolas de EM, quienes, a su vez, lo compartieron con todos los miembros mayores de 18 años. El enlace también se difundió a través de la plataforma de redes sociales Twitter, mediante un mensaje privado a otras organizaciones, entidades, revistas especializadas y personas diagnosticadas con EM. En ambos casos, se explicó claramente toda la información relativa al estudio. El cuestionario también preguntaba a los participantes si estarían dispuestos a proporcionar su dirección de correo electrónico para continuar participando en el futuro. La segunda batería de cuestionarios se administró utilizando las direcciones de correo electrónico proporcionadas. El tiempo medio necesario para completar los cuestionarios en ambos momentos fue de 16 minutos. Antes de completar los cuestionarios, los participantes recibieron un documento de consentimiento informado para leer y firmar, en el que manifestaban su voluntad de participar en el estudio. El estudio cumplió con los criterios éticos para la investigación con seres hu-

manos y fue aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad de Burgos, con la siguiente referencia: UBU 028/2021.

2.4. Análisis estadísticos

En primer lugar, se calcularon estadísticas descriptivas (variables continuas: medias, desviaciones estándar; variables categóricas: frecuencias y porcentajes) para describir la muestra y las variables del estudio. Para el análisis de datos se aplicaron los siguientes análisis estadísticos: pruebas t-student para muestras independientes, análisis de la varianza y la prueba Bonferroni para el análisis de contraste entre grupos, correlaciones parciales de Pearson y una mediación secuencial múltiple.

Los datos se analizaron utilizando el programa estadístico IBM SPSS Statistics v25 y la macro MEDIANE PROCESS para SPSS 25. El nivel de significación establecido fue $p \leq 0,05$ en todos los casos.

3. RESULTADOS

La Tabla 1 muestra las estadísticas descriptivas (medias y desviaciones estándar) de las variables analizadas en el estudio: búsqueda de beneficios y EAs centradas en las emociones en T1 y ansiedad y CVRS en T2, junto con sus valores de consistencia interna. La puntuación media para la búsqueda de beneficios se situó en la media teórica ($M_{teórica} = 2$), lo que significa que los participantes percibieron algunos beneficios al tener EM. El CS centrado en las emociones más utilizado fue la aceptación, seguido del apoyo emocional y la reformulación positiva; y los menos utilizados fueron la religión y la negación. Las puntuaciones medias para la ansiedad ($M_{teórica} = 10,5$) y la CVRS ($M_{teórica} = 88$) estuvieron por debajo de la media teórica, lo que indica que el grupo de muestra tenía niveles de ansiedad bastante bajos y una CVRS aceptable. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables de acuerdo con el sexo o el estado laboral (véanse las Tablas 1a y 1b). En cuanto al nivel educativo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para una sola variable: la negación. Los participantes con un nivel educativo básico utilizaron la negación como estrategia de respuesta con mayor frecuencia que aquellos con estudios secundarios o superiores (véase la Tabla 1a).

En cuanto al estatus de discapacidad reconocida, nuevamente se encontraron diferencias estadísticamente significativas solo para una variable: la ansiedad. Los participantes con un grado de discapacidad oficialmente reconocido reportaron niveles de ansiedad más altos que aquellos sin dicho reconocimiento (véase la Tabla 1b).

Tabla 1a. Diferencias en las variables del estudio según el sexo y el nivel educativo

	Sexo				Nivel Educación											
	Total (n=72)		Hombres		Mujeres		Básico				Secundarios				Superiores	
	<i>a</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
P. Beneficios T1	0.899	2(0.45)	1.99	0.47	2.01	0.45	-0.150	0.881	1.95	0.26	2.09	0.37	1.97	0.51	0.473	0.625
Apoyo Emocional T1	0.691	4.83(1.20)	4.71	1.27	4.88	1.18	-0.538	0.592	4.13	0.99	4.94	1.18	4.91	1.22	1.605	0.208
Religión T1	0.679	3.61(1.59)	3.43	1.54	3.69	1.62	-0.623	0.535	3.63	1.30	3.26	1.73	3.76	1.58	0.636	0.533
Reevaluación																
Positiva T1	0.649	3.57(1.81)	3.43	1.66	3.63	1.88	-0.422	0.674	3.38	1.30	3.89	1.79	3.47	1.90	0.420	0.659
Aceptación T1	0.814	1.06(1.66)	0.81	1.72	1.16	1.64	-0.805	0.424	0.13	0.35	1.00	1.67	1.24	1.76	1.584	0.213
Negación T1	0.791	0.63(1.13)	0.81	1.54	0.55	0.92	0.887	0.378	1.88^{bc}	1.96	0.21^a	0.53	0.58^a	0.99	7.297	0.001
Ansiedad T2	0.834	8.49(2.95)	8.10	3.53	8.65	2.70	-0.719	0.475	7.75	1.39	7.74	2.60	8.93	3.23	1.394	0.255
CVRS T2	0.958	64.39(33.50)	60.33	26.95	66.06	35.97	-0.656	0.514	87.25	23.80	55.05	27.71	64.27	35.70	2.727	0.072

* La prueba de Lévene fue significativa ($p < .050$).

Tabla 1b. Differences in study variables in accordance with employment status and recognition of disability

	Estado laboral				Reconocimiento grado de discapacidad							
	Empleado		Desempleado		Sí				No			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Percepción Beneficios T1	2.00	0.44	2.00	0.49	0.000	1.000	1.94	0.48	2.07	0.40	-1.305	0.196
Apoyo Emocional T1	4.78	1.22	4.95	1.17	-0.566	0.573	4.67	1.28	5.03	1.07	-1.289	0.202
Religión T1	3.52	1.68	3.82	1.37	-0.731	0.467	3.41	1.68	3.85	1.46	-1.170	0.246
Reevaluación Positiva T1	3.60	1.87	3.50	1.68	0.215	0.830	3.31	1.84	3.88	1.75	-1.344	0.183
Aceptación T1	1.02	1.58	1.14	1.86	-0.272	0.786	1.21	1.81	0.88	1.47	0.829	0.410
Negación T1 *	0.48	0.81	0.95	1.62	-1.305	0.203	0.74	1.33	0.48	0.83	0.966	0.337
Ansiedad T2	8.40	2.97	8.68	2.97	-0.371	0.712	9.36	3.14	7.45	2.36	2.864	0.006
CVRS T2	64.10	35.49	65.05	29.24	-0.110	0.913	70.97	30.16	56.61	35.98	1.844	0.069

* La prueba de Lévene fue significativa ($p < .0500$).

Finalmente, se encontraron asociaciones significativas entre la edad y el apoyo emocional [$r_{(72)} = -0,268$, $p = 0,023$] y la CVRS [$r_{(72)} = 0,269$, $p = 0,022$], observándose que los participantes de mayor edad reportaban menor apoyo y una peor CVRS.

3.1. Correlaciones parciales entre la búsqueda de beneficios, las escalas de apoyo centradas en las emociones, la ansiedad y la CVRS, controlando la edad y el reconocimiento de la discapacidad.

Dado que el reconocimiento de la discapacidad y la edad se asociaron con la ansiedad y la CVRS, se incluyeron como covariables en los análisis de correlación (véase la Tabla 2). La CVRS (T1) se asoció de forma significativa y negativa con la aceptación (T1) y de forma significativa y positiva con la negación (T1) y la ansiedad (T2). La ansiedad (T2) se asoció de forma significativa y negativa con el apoyo emocional (T1). Por su parte, la búsqueda de beneficios (T1) se asoció de forma significativa y positiva con un uso más frecuente de todos los estímulos condicionados centrados en las emociones, excepto la negación (T1). Finalmente, las asociaciones observadas entre los estímulos condicionados centrados en las emociones fueron las esperadas. Se encontraron asociaciones positivas significativas entre la aceptación, el apoyo emocional y la reformulación positiva, y asociaciones negativas significativas entre la aceptación y la negación. Por su parte, no se encontró asociación entre la religión y ninguno de los otros cuatro estímulos condicionados analizados.

Tabla 2. Análisis de correlación parcial entre las variables del estudio, controlando la edad y el estado de discapacidad reconocida

	1 PB T1	2 AE T1	3 RE T1	4 RP T1	5 AC T1	6 NE T1	7 ANS T2
1 PB T1							
2 AE T1	0,381 ^{***}						
3 RE T1	0,283 [*]	0,164					
4 RP T1	0,470 ^{***}	0,455 ^{***}	0,137				
5 AC T1	0,291 [*]	0,447 ^{***}	0,044	0,389 ^{***}			
6 NE T1	0,005	0,019	-0,036	-0,003	-0,322 ^{**}		
7 ANS T2	-0,029	-0,302 [*]	0,053	-0,108	-0,222	0,109	
8 CVRS T2	-0,098	-0,120	0,099	-0,076	-0,416 ^{***}	0,250 [*]	0,454 ^{***}

*** $p \leq .001$; ** $p \leq .010$; * $p \leq .050$

* T1: Tiempo 1; T2: Tiempo 2; PB: Percepción de Beneficios de la Enfermedad; AE: Apoyo Emocional; RE: Religión; RP: Reevaluación Positiva; AC: Aceptación; NE: Negación; ANS: Ansiedad; CVRS: Calidad de Vida Relacionada con la Salud

* Variables control: Edad y reconocimiento de la discapacidad

* Las puntuaciones más altas de CVRS indican una peor CVRS

3.2. Efectos mediadores: EAs centradas en la emoción (T1) y ansiedad (T2) mediadores en la relación entre los beneficios percibidos de la EM (T1) y la CVRS (T2)

De todas las EAs centradas en la emoción estudiadas, solo la aceptación y el apoyo emocional se incluyeron como variables mediadoras en el análisis, ya que fueron las únicas asociadas tanto con la búsqueda de beneficios como con la ansiedad y/o la CVRS. Por lo tanto, analizamos el efecto mediador de estos dos EAs en T1 y la ansiedad en T2 en la relación entre la búsqueda de beneficios en T1 y la CVRS en T2. La edad y el reconocimiento de la discapacidad se incluyeron como covariables. Se utilizó un modelo de mediación secuencial múltiple.

Como se muestra en la Figura 1 y la Tabla 3, la búsqueda de beneficios en T1 se asoció de forma significativa y positiva con ambas EAs en el T1. El apoyo emocional en T1 se asoció de forma significativa y negativa con la ansiedad en T2 y la aceptación en T1 se asoció de forma significativa y negativa con la CVRS en T2. Finalmente, la ansiedad se asoció positivamente con la CVRS en T2.

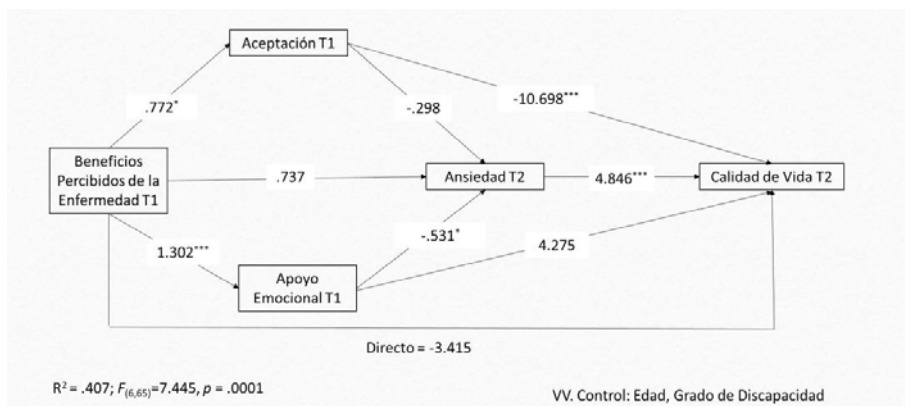


Figura 1. Modelo 80: Representación gráfica del modelo de mediación secuencial múltiple: EA centradas en la emoción en T1 y ansiedad en T2 como mediadores en la relación entre la búsqueda de beneficios en T1 y la CVRS en T2.

Tanto el efecto directo ($B = -3,415$, $SE = 7,907$, $p = 0,667$, IC del 95%: -19,206/12,376) como el efecto global ($B = -7,005$, $SE = 8,599$, $p = 0,418$, IC del 95%: -24,164/10,154) indican que la búsqueda de beneficios en T1 no se asoció significativamente con la CVRS en T2. Sin embargo, las pruebas de efecto indirecto revelaron que la aceptación medió la relación entre la búsqueda de beneficios en T1 y la CVRS en T2, al igual que el apoyo emocional y la ansiedad. Este modelo explica el 40,7% de la varianza observada en la CVRS.

Tabla 3. Análisis de mediación secuencial múltiple (modelo PROCESS 80) [29]

Modelo de variable mediadora 1 (Aceptación)						
						95% CI
Variables Predictoras	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>T</i>	<i>P</i>	<i>LL</i>	<i>UL</i>
Búsqueda de beneficios	0.772	0.308	2.505	0.015	0.157	1.388
Edad	0.006	0.014	0.415	0.680	-0.022	0.034
Reconocimiento grado discapacidad	0.274	0.280	0.979	0.331	-0.285	0.833
$R = 0.329$; $R^2 = 0.108$; $F_{(3,68)} = 2.746$, $p = 0.050$						
Modelo de variable mediadora 1b (Apoyo emocional)						
						95% CI
Variables Predictoras	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>T</i>	<i>p</i>	<i>LL</i>	<i>UL</i>
Búsqueda de beneficios	1.302	0.383	3.395	0.001	0.537	2.067
Edad	-0.041	0.017	-2.363	0.021	-0.076	-0.006
Reconocimiento grado discapacidad	0.134	0.348	0.386	0.701	-0.561	0.829
$R = 0.463$; $R^2 = 0.215$; $F_{(3,68)} = 6.199$, $p = 0.001$						
Modelo de variable mediadora 2 (Ansiedad)						
						95% CI
Variables Predictoras	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>T</i>	<i>p</i>	<i>LL</i>	<i>UL</i>
Búsqueda de beneficios	0.737	0.793	0.930	0.356	-0.846	2.320
Aceptación	-0.298	0.309	-0.966	0.338	-0.914	0.318
Apoyo emocional	-0.531	0.248	-2.140	0.036	-1.026	-0.035
Edad	-0.040	0.035	-1.138	0.259	-0.109	0.030
Reconocimiento grado discapacidad	-1.784	0.664	-2.688	0.009	-3.109	-0.459
$R = 0.457$; $R^2 = 0.209$; $F_{(5,66)} = 3.491$, $p = 0.007$						
Modelo de variable dependiente (CVRS)						
						95% CI
Variables Predictoras	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>LL</i>	<i>UL</i>
Búsqueda de beneficios	-3.415	7.907	-0.432	0.667	-19.206	12.376
Aceptación	-10.698	3.078	-3.476	0.001	-16.844	-4.551
Apoyo emocional	4.275	2.542	1.682	0.097	-0.802	9.351
Edad	4.846	1.219	3.974	0.0001	2.411	7.281
Reconocimiento grado discapacidad	1.156	0.348	3.319	0.001	0.461	1.852
Búsqueda de beneficios	0.816	6.925	0.118	0.907	-13.015	14.647
$R = 0.638$; $R^2 = 0.407$; $F_{(6,65)} = 7.445$, $p = 0.0001$						
Efectos Indirectos						
						95% CI
			<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>LL</i>	<i>UL</i>
BF T1 → AC T1 → CVRS T2			-8.263	4.046	-17.453	-1.594
BF T1 → ES T1 → CVRS T2			5.564	3.120	-0.111	12.281
BF T1 → ANX T2 → CVRS T2			3.572	4.278	-4.816	12.302
BF T1 → AC T1 → ANX T2 → CVRS T2			-1.115	1.392	-4.561	0.979
BF T1 → ES T1 → ANX T2 → CVRS T2			-3.349	1.962	-7.945	-0.334

* T1: Tiempo 1; T2: Tiempo 2; BF: Búsqueda de beneficios; AC: Aceptación; ES: Apoyo Emocional; ANX: Ansiedad; CVRS: calidad de vida relacionada con la salud.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES PRINCIPALES

El objetivo de la presente investigación era analizar los procesos a través de los cuales los beneficios percibidos de la EM en T1 están asociados con la CVRS en T2. Los resultados obtenidos en esta investigación nos ayudan a comprender los correlatos de la CVRS de las personas con EM como son los beneficios percibidos de la EM, las EAs centradas en la emoción, y la ansiedad, atendiendo a diversas variables sociodemográficas y clínica.

En el presente estudio como en otros precedentes [27,30], las EAs centradas en la emoción más usadas son la aceptación y el apoyo emocional. Por una parte, según Pakenham y Fleming [31], la aceptación como estrategia de afrontamiento es posible que sea un factor de vital importancia en el proceso de la adaptación a la EM, ya que, al no tener cura, desafía continuamente a la persona afectada a aceptar y a amoldarse a nuevas realidades cambiantes. Por otra parte, al pertenecer la mayoría de los participantes a asociaciones de EM, los hallazgos sobre el apoyo emocional ponen de manifiesto la importancia de contar con este tipo de redes sociales como recurso donde las personas con EM y sus familias puedan encontrar apoyo, comprensión y aceptación. Estas redes también constituyen una fuente de información fiable, que es vital para mejorar la CVRS de las personas con EM [32]

En este estudio se ha constatado que no existe una relación directa entre la percepción de beneficios de la EM y la CVRS; los beneficios percibidos sólo se asocian con una mejor salud mental y una mayor CVRS cuando se incluyen como mediadores las EAs centradas en la emoción como la búsqueda de apoyo emocional y la aceptación. Además, en consonancia con Pakenham y Cox [8], los resultados del presente estudio son consistentes con la idea de que la búsqueda de beneficios se basa en el significado y está vinculada al mantenimiento de estados psicológicos positivos, más que a la regulación del malestar. Estos hallazgos indican la importancia de implementar programas de intervención dirigidos a fomentar la búsqueda de beneficios, ya que esto puede tener un impacto positivo en el malestar psicológico y la CVRS a través de EAs de regulación emocional como la aceptación y el apoyo social.

5. FINANCIACIÓN

Financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España. Referencia: FPU-2019/04132.

6. DECLARACIÓN INFORMATIVA

Este estudio se encuentra publicado en la revista *Psychology and Health* (Taylor & Francis <https://doi.org/10.1080/08870446.2025.2527072>)

7. REFERENCIAS

- [1] Bassi M, Cilia S, Falautano M, Grobberio M, Niccolai G, Pattini M, et al. Illness perceptions and psychological adjustment among persons with multiple sclerosis: the mediating role of coping strategies and social support.

- Disabil Rehabil. 2020;42(26):3780–3792. <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1610511>
- [2] Esclerosis Múltiple España. ¿Qué es la esclerosis múltiple? [Internet]. Madrid: EME; 2022 [citado 14 Ene 2026]. Disponible en: <https://www.esclerosismultiple.com/esclerosis-multiple/que-es/>
- [3] Strober LB. Quality of life in early MS. Disabil Health J. 2018;11(4):555–561. <https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2018.05.003>
- [4] Wilski M, Gabryelski J, Broła W, Tomas T. Health-related quality of life in multiple sclerosis. Disabil Health J. 2019;12(4):608–614. <https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2019.06.003>
- [5] Prakash RS, Schirda B, Valentine TR, Crotty M, Nicholas JA. Emotion dysregulation in multiple sclerosis. Mult Scler Relat Disord. 2019;36:101399. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2019.101399>
- [6] Fahy A, Maguire R. Potentially modifiable associates of anxiety in people with multiple sclerosis: a systematic review. Disabil Rehabil. 2022;44(26):8201–8212. <https://doi.org/10.1080/09638288.2021.2022776>
- [7] Helgeson VS, Reynolds KA, Tomich PL. A meta-analytic review of benefit finding and growth. J Consult Clin Psychol. 2006;74(5):797–816. <https://doi.org/10.1037/0022-006X.74.5.797>
- [8] Pakenham KI, Cox S. The dimensional structure of benefit finding in multiple sclerosis. Psychol Health. 2009;24(4):373–393. <https://doi.org/10.1080/08870440701832592>
- [9] Rogan C, Fortune DG, Prentice G. Post-traumatic growth and coping. Neuropsychol Rehabil. 2013;23(4-6):639–657. <https://doi.org/10.1080/09602011.2013.799075>
- [10] Pakenham KI. The nature of benefit finding in multiple sclerosis. Psychol Health Med. 2007;12(2):190–196. <https://doi.org/10.1080/13548500500465878>
- [11] Janoff-Bulman R, Yopyk D. Random outcomes and valued commitments: existential dilemmas and the paradox of meaning. En: Greenberg J, Koole SL, Pyszczynski T, editores. Handbook of experimental existential psychology. New York: Guilford Press; 2004. p. 122–138.
- [12] Peasgood T, Brazier J, Mukuria C, Rowen D. A conceptual comparison of well-being measures used in the UK. Sheffield: University of Sheffield, EEPUR; 2014.
- [13] Herreros-Martínez B, Almela-Notari P, Amorós-García C. Medición de la calidad de vida relacionada con la salud en la dispepsia funcional. Rev Esp Enferm Dig. 2018;110(1):7–9. <https://doi.org/10.17235/reed.2017.5418/2017>

- [14] Rahimian Boogar I, Talepasand S, Jabari M. Determinants of quality of life in MS. *Arch Neuropsychiatry*. 2018;55(1):29–35. <https://doi.org/10.29399/npa.16983>
- [15] Zengin O, Erbay E, Yıldırım B, Altındağ Ö. Quality of life, coping and social support in multiple sclerosis. *Turk J Neurol*. 2017;23(4):211–218. <https://doi.org/10.4274/tnd.37074>
- [16] Phillips LH, Henry JD, Nouzova E, Cooper C, Radlak B, Summers F. Emotion regulation in multiple sclerosis. *J Clin Exp Neuropsychol*. 2014;36(8):831–842. <https://doi.org/10.1080/13803395.2014.946891>
- [17] Calandri E, Graziano F, Borghi M, Bonino S. Coping strategies and adjustment to multiple sclerosis among recently diagnosed patients: the mediating role of sense of coherence. *Clin Rehabil*. 2017;31(10):1386–1395. <https://doi.org/10.1177/0269215517695374>
- [18] Bianchi V, Pozzilli C. Coping and multiple sclerosis. En: Brochet B, editor. *Neuropsychiatric symptoms of inflammatory demyelinating diseases*. Cham: Springer; 2015. p. 121–138. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18464-7_10
- [19] Lazarus RS, Folkman S. *Stress, appraisal, and coping*. New York: Springer Publishing Company; 1984.
- [20] Keramat Kar M, Whitehead L, Smith CM. Characteristics and correlates of coping with multiple sclerosis: a systematic review. *Disabil Rehabil*. 2019;41(3):250–264. <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1387295>
- [21] Parkerson HA, Kehler MD, Sharpe D, Hadjistavropoulos HD. Coping with Multiple Sclerosis Scale: Factorial Structure. *Int J MS Care*. 2016;18(4):192–200. <https://doi.org/10.7224/1537-2073.2015-031>
- [22] Kołtuniuk A, Kazimierska-Zajac M, Cisek K, Chojdak-Lukasiewicz J. The role of stress perception and coping with stress and quality of life among multiple sclerosis patients. *Psychol Res Behav Manag*. 2021;14:805–815. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S310664>
- [23] Farran N, Ammar D, Darwish H. Quality of life and coping strategies in Lebanese multiple sclerosis patients: a pilot study. *Mult Scler Relat Disord*. 2016;6:21–27. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2015.12.003>
- [24] Zavala-Rodríguez M, Ríos-Guerra MC, García-Madrid G, Rodríguez-Hernández CP. Funcionalidad familiar y ansiedad en enfermedad crónica. *Aquichan [Internet]*. 2009 [citado 14 Ene 2026];9(3):257–270. Disponible en: <https://aquichan.unisabana.edu.co/index.php/aquichan/article/view/1524>
- [25] Fàbregas L, Planes M, Gras ME, Ramió-Torrentà L. Impacto del estrés y de las variables psicosociales en el curso clínico y en la calidad de vida de los afectados por la esclerosis múltiple. *Cuad Med Psicosom Psiquiatr Enlace*. 2016;(118):36–48.

- [26] Hernández-Ledesma AL, Rodríguez-Méndez AJ, Gallardo-Vidal LS, Trejo Cruz G, García-Solís P, Dávila Esquivel FJ. Coping strategies and quality of life in Mexican multiple sclerosis patients. *Mult Scler Relat Disord*. 2018;25:122–127. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2018.06.001>
- [27] Van Damme S, De Waegeneer A, Debruyne J. Goal adjustment and quality of life in MS. *Int J Behav Med*. 2016;23(3):333–339. <https://doi.org/10.1007/s12529-015-9519-6>
- [28] Lerner RM, Schwartz SJ, Phelps E. Problematics of time and timing in longitudinal study of human development. *Hum Dev*. 2009;52(1):44–68. <https://doi.org/10.1159/000189215>
- [29] Hayes AF. Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: a regression-based approach. 2nd ed. New York: Guilford Press; 2018.
- [30] Okanli A, Tanriverdi D, Ipek G, Karakaş SA. Psychosocial adjustment and coping in multiple sclerosis. *J Am Psychiatr Nurses Assoc*. 2017;23(2):113–118. <https://doi.org/10.1177/1078390316680027>
- [31] Pakenham KI, Fleming M. Acceptance of multiple sclerosis and adjustment. *Psychol Health*. 2011;26(10):1292–1309. <https://doi.org/10.1080/08870446.2010.517838>
- [32] Eizaguirre MB, Yastremiz C, Ciufia N, Sol Roman M, Alonso R, Silva BA, et al. Relevance and impact of social support on quality of life for persons with multiple sclerosis. *Int J MS Care*. 2023;25(3):99–103. <https://doi.org/10.7224/1537-2073.2022-012>

STATE OF GENDER AND SEXUALITY EDUCATION IN THE WORLD AND A WAY FORWARD

MUNIR SEWANI

University of Burgos

Abstract

The significance of Gender and Sexuality Education (GSE) is well-documented by global organizations, such as the United Nations, yet its implementation remains uneven worldwide. The study follows a desk review approach. Findings highlight that the scope, content, and quality of programs vary significantly, mainly shaped by cultural norms, governance priorities, and resource constraints. Gender and sexuality concepts are most commonly integrated into other subjects such as biology or the social sciences. There has been a growing shift towards a comprehensive approach to teaching CSE in some countries; however, significant gaps remain in teacher training, resource quality, policies, and practices. Implementation is hindered by strong public and political opposition in some regions. Other barriers include limited availability of experts, limited funding, and the sensitive nature of topics.

Keywords

gender, sex, sexuality education, challenges, comprehensive sexuality education, global education, human rights

1. INTRODUCTION

Globalization has transformed global education by supporting global citizenship values. Gender and sexuality education are key elements of this transition in advancing gender equality and embracing social diversity. UNESCO defines gender education as “the teaching and learning processes that promote understanding of gender identities, roles, and equality” [1]. Whereas, sexuality education “is a curriculum-based process of teaching and learning about the cognitive, emotional, physical, and social aspects of sexuality” [2].

The primary purpose of sexuality education is to spread awareness about sexual health and well-being [3], whereas gender education focuses on social constructs, identities, and eliminating gender discrimination. Both are closely related and are often integrated into comprehensive sexuality education (CSE).

Its significance is well-documented by global organizations (for example, [4], [5], [6], [7]). It further aligns with Sustainable Development Goals 3 (good health and well-being), 4 (quality education), and 5 (gender equality). Growing cases of sexual violence, early pregnancy, and risky sexual behaviors highlight a gap in sharing knowledge and skills that promote gender equality, build respectful relations, and help in making informed decisions.

Evidence confirms that CSE increases knowledge, improves learners' attitudes, and reduces risky behaviors [8] [9] [10]. However, many countries have not yet introduced CSE for a variety of reasons, while those that have face multiple challenges to its sustainability.

2. OBJECTIVE

To identify the barriers to introducing gender and sexuality education.

3. RESEARCH DESIGN

The study follows a desk review approach, semi-systematically analyzing existing literature, policy documents, and relevant reports to provide a comprehensive overview of the barriers to introducing gender and sexuality education.

4. LITERATURE REVIEW

4.1. State of Gender and Sexuality

The state of gender and sexuality education and its implementation remains uneven worldwide. For example, it is challenging to teach CSE, particularly in low- and middle-income countries, due to cultural barriers, systemic issues, parental resistance, weak policies, limited resources, lack of standardized curricula, lack of monitoring mechanisms, and a shortage of trained teachers.

One of the scoping reviews examined the perspectives of young people on sexuality education in low and middle-income countries. Findings reveal that learners were dissatisfied with the curricula and traditional teaching approaches. The review highlights significant research gaps concerning younger adolescents, rural youth, marginalized groups, and youth with disabilities [11]. Other studies identified teacher ideological clashes or fear of backlash, parental resistance, and content adaptation to align with local sensibilities as barriers to teaching sexuality education [12] [13] [14] [15] [16] [17].

One of the reports analyzes global progress in school-based CSE. Most of the 155 countries highlighted in the report have relevant policies, but implementation remains inconsistent due to limited curricular availability and insufficient teacher preparedness [18].

The SIGI 2023 Global Report identifies several structural and social barriers, such as inconsistent access to CSE across regions, differences in the

topics covered in sexuality education, where available, patriarchal culture, intersectionality, and discrimination restrict its implementation [19].

Globally, numerous research studies highlight barriers to CSE. For example, Nepal faces significant socio-cultural and structural hurdles to introducing CSE. Teachers and students report discomfort in learning about sexuality due to prejudices and social constructs. Teachers lack training and resources to introduce sensitive topics with a contextual approach. In some cases, parents' resistance prevents adolescents from receiving CSE [20]. In Malaysia, professionals participated in an interview and identified feasibility, acceptability, accountability, strategies, and community unawareness as barriers [21]. One of the studies explored students' needs and knowledge regarding CSE in Sierra Leone. Findings reveal a significant gap in foundational knowledge about sexuality. Students reported an unfriendly school environment where female students face harassment. There is no confidential mechanism for discussing sensitive topics due to the unavailability of non-judgmental learning spaces [22].

CSE faces implementation challenges in Western countries, though to a lesser extent than in low- and middle-income nations. For example, Harle pointed out that CSE in the UK often focuses on risk and biology rather than on sensitive topics. Significant barriers include a heteronormative curriculum that marginalizes experiences of individuals from diverse genders and sexualities, a lack of specialized teacher training, and restrictive institutional policies [23].

The European Union (EU) advances CSE through policies [24]. One of the policy documents highlights that the EU lacks direct policy-making competence in this area. Policies about sexuality education are primarily the responsibility of individual Member States. Nearly all States have a mandatory law requiring the teaching of CSE, with notable exceptions including Cyprus, Italy, Romania, and Bulgaria. The quality of content varies significantly, with Germany and France, among others, having the highest-quality content [25].

There are significant challenges, particularly cultural opposition in the Eastern and Southern states, that barricade broader dissemination of CSE [26], [27], [28], [29], [30], [31]. One report offers a comprehensive assessment of sexuality education across 25 countries in the WHO European Region. Most countries have a legal framework, but the quality and implementation vary widely. The report highlighted challenges such as insufficient teacher training opportunities, a lack of standardized monitoring mechanisms, and the absence of specialized curricula for marginalized groups [32]. Another report examined sexuality education in 25 countries across Europe and Central Asia. Sexual education is incorporated into subjects like life skills or biology rather than taught as a dedicated subject. Major barriers include a lack of teacher training, insufficient resource quality, and inadequate monitoring and evaluation of existing programs [33].

Michielsen and Brockschmidt conducted a scoping review and highlighted that children and young people with disabilities in the WHO European region face unique barriers to CSE due to a lack of trained teachers, the unavailability of contextual resources, restrictive attitudes from parents, and institutional barriers [34].

One of the studies analyzed the perceptions of teachers, parents, and adolescents regarding CSE across Spain. While most participants value CSE, they identify barriers, including gaps in teacher training, cultural taboos, and student embarrassment [35]. Another study explores the landscape of sex education in Italy from 2006 to 2021. Findings reveal that Italy has taken a project-based approach to teaching sexuality education. Many critical areas, like sexual behavior, were often neglected [36]. In a study of 3,494 Portuguese adolescents, Ramiro et al. evaluated how school-based sex education influences student perspectives and actions. The researchers found that participants who received formal instruction exhibited greater health-related knowledge and maintained more favorable attitudes regarding the adoption of protective sexual practices [37].

5. MAIN FINDINGS

The landscape of gender and sexual education is inconsistent. There is a wider gap between policies and practices. Many low and middle-income countries struggle with basic implementation of sexuality education, mainly due to cultural constraints. In contrast, in Western countries, where programs are more common, the quality of content, teacher training, and societal acceptance remain major concerns.

6. CONCLUSION

There is a need for a comprehensive, contextual, and inclusive course on gender and sexuality for learners and teachers at the higher-education level. It should be taught to policymakers, administrative staff, teachers, and higher-education learners. Topics such as well-being, gender diversity and inclusion, empathy, self-empowerment skills, ethics, intersectionality and global justice, disability and sexuality, family counseling, and gender-based violence should be included. There is also a need to include research on gender and sexuality as an important course unit. Innovative pedagogical approaches such as storytelling, art therapy, music, community work, and trauma-informed practices should be used.

7. REFERENCES

- [1] UNESCO. (2025). *Gender education*. <https://www.unesco.org/en/query-list/g/gender-education>
- [2] UNESCO. (2026). *Sexual education*. <https://www.unesco.org/en/query-list/s/sexual-education>

- [3] UNESCO, Joint United Nations Programme on HIV/AIDS (UNAIDS), United Nations Population Fund (UNFPA), United Nations Children's Fund (UNICEF), United Nations Entity for Gender Equality and the Empowerment of Women (UN Women), & World Health Organization (WHO). (2018). *International technical guidance on sexuality education: An evidence-informed approach*. <https://doi.org/10.54675/UQRM6395>
- [4] Michielsen, K., & Ivanova. (2022). *Comprehensive sexuality education: why is it important?* European Parliament's Committee on Women's Rights and Gender Equality
- [5] UNESCO. (2018). *International technical guidance on sexuality education- An evidence-informed approach*. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/reproductive-health/sexual-health/international-technical-guidance-on-sexuality-education.pdf?sfvrsn=10113efc_29&download=true
- [6] UNESCO, UNAIDS, UNFPA, UNICEF, UN Women, & World Health Organization. (2018). *International technical guidance on sexuality education: An evidence-informed approach* (Rev. ed.). UNESCO. <https://www.unesco.org/en/articles/international-technical-guidance-sexuality-education-evidence-informed-approach>
- [7] United Nations General Assembly. (2010). *Report of the United Nations Special Rapporteur on the right to education*. https://www.right-to-education.org/sites/right-to-education.org/files/resource-attachments/UNSR_Sexual_Education_2010.pdf
- [8] World Health Organization (2026). *Comprehensive sexuality education*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/comprehensive-sexuality-education>
- [9] SIDA. (2025). *Comprehensive Sexuality Education*. https://cdn.sida.se/app/uploads/2024/12/19131332/62750_Brief_Comprehensive_Sexuality_Education_webb.pdf
- [10] Lohan, M., & Lopez, A. (2023). *Comprehensive Sexuality Education An overview of the international systematic review evidence*. https://unesco.org.uk/site/assets/files/10492/comprehensive_sexuality_education_-_an_overview_of_the_international_systematic_review_evidence.pdf
- [11] Kabelka, H., Kok, M., Chau, K., Werner, L., Bos, H., & Le Mat, M. (2025). Adolescents' and young people's perspectives on school-based sexuality education in low- and middle-income countries: A scoping review. *Reproductive Health*, 22(1), 205. <https://doi.org/10.1186/s12978-025-02124-9>
- [12] Mukoro, J., Setty, E., & Bullock, K. (2025). Cultural conflicts in sexuality education and stakeholders' responses to them: A systematic review. *Teachers and Teaching*, 31(6), 1009–1023. <https://doi.org/10.1080/13540602.2025.2452197>
- [13] Ndasi, V. F. (2025). *A comprehensive literature review of the challenges and opportunities in implementing sex education in developing countries*

- [Bachelor's thesis, Tampere University of Applied Sciences]. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/882173/Ndasi_Vincent.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- [14] Keogh, S. C., Stillman, M., Awusabo-Asare, K., Sidze, E., Monzón, A. S., Motta, A., & Leong, E. (2018). Challenges to implementing national comprehensive sexuality education curricula in low- and middle-income countries: Case studies of Ghana, Kenya, Peru and Guatemala. *PLOS ONE*, 13(7), Article e0200513. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200513>
- [15] UNESCO. (2015). *Emerging evidence, lessons and practice in comprehensive sexuality education: A global review*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000243106>
- [16] UNESCO & Guttmacher Institute. (2019). *From ideas to action: Addressing barriers to comprehensive sexuality education in the classroom*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371091>
- [17] Chavula, M. P., Zulu, J. M., & Hurtig, A. K. (2022). Factors influencing the integration of comprehensive sexuality education into educational systems in low- and middle-income countries: A systematic review. *Reproductive Health*, 19(1), 196. <https://doi.org/10.1186/s12978-022-01504-9>
- [18] UNESCO. (2021). *The journey towards comprehensive sexuality education- Global status report*. <https://www.unwomen.org/sites/default/files/2021-11/Journey-towards-comprehensive-sexuality-education-Global-status-report-en.pdf>
- [19] OECD. (2023). *SIGI 2023 Global Report: Gender equality in times of crisis*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/4607b7c7-en>
- [20] Lafontan, S. R., Jones, F., & Lama, N. (2024). Exploring comprehensive sexuality education experiences and barriers among students, teachers and principals in Nepal: a qualitative study. *Reproductive Health*, 21(1), 131. <https://doi.org/10.1186/s12978-024-01876-0>
- [21] Khalaf, Z. F., Low, W. Y., Merghati-Khoei, E., & Ghorbani, B. (2014). Sexuality education in Malaysia: Perceived issues and barriers by professionals. *Asia Pacific Journal of Public Health*, 26(4), 358–366. <https://doi.org/10.1177/1010539513517258>
- [22] Yillah, R. M., Sah, R. K., Bash-Taqi, A., & Osborne, A. (2025). Bridging the gap: Exploring students' needs, knowledge, and preferences for delivering comprehensive sexuality education in Sierra Leone. *BMC Public Health*, 25(1), 852. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-21866-6>
- [23] Harle, E. (2021). *Young people's experiences of sexuality education in the UK: A sex-positive critique* [Master's thesis, University of Birmingham]. University of Birmingham Research Archive. <https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/12981/1/Harle2022MRes.pdf>

- [24] WHO Regional Office for Europe & BZgA. (2010). *Standards for sexuality education in Europe: A framework for policy makers, educational and health authorities and specialists*. <https://www.icmec.org/wp-content/uploads/2016/06/WHOStandards-for-Sexuality-Education-in-Europe.pdf>
- [25] Beaumont, K., & Maguire, M. (2013). *Policies for sexuality education in the European Union* (PE 462.515). European Parliament, Directorate-General for Internal Policies, Policy Department C: Citizens' Rights and Constitutional Affairs. <http://www.europarl.europa.eu/studies>.
- [26] Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung & International Planned Parenthood Federation European Network. (2018). *Sexuality education in Europe and Central Asia: State of the art and recent developments. An overview of 25 countries*. <https://healtheducationresources.unesco.org/library/documents/sexuality-education-europe-and-central-asia-state-art-and-recent-developments>
- [27] Countdown 2030 Europe. (2022). *Comprehensive sexuality education is an integral part of education*. <https://www.countdown2030europe.org/storage/app/media/uploaded-files/Comprehensive%20Sexuality%20Education%20in%20EU%20programming%20FINAL.pdf>
- [28] European Commission. (2020). *Sexuality education across the European Union: An overview*. Publications Office of the European Union. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/5724b7d8-764f-11eb-9ac9-01aa75ed71a1/language-en>
- [29] European Parliament. (2022). *Comprehensive sexuality education: Why is it important?* Policy Department for Citizens' Rights and Constitutional Affairs. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2022/719998/IPOL_STU\(2022\)719998_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2022/719998/IPOL_STU(2022)719998_EN.pdf)
- [30] UNESCO. (2019). *From ideas to action: Addressing barriers to comprehensive sexuality education in the classroom* (Technical brief). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371091>
- [31] UNESCO. (2021). *The journey towards comprehensive sexuality education: Global status report*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379607_eng
- [32] Ketting, E., & Ivanova, O. (2018). *Sexuality education in the WHO European Region: Regional overview of the status of sexuality education in 25 countries*. Federal Centre for Health Education (BZgA). <https://www.bzga-whocc.de/en/home/>
- [33] Brockschmidt, L., Ivanova, O., & Ketting, E. (2019). Sexuality education in Europe - An assessment of the current state, challenges and good practice. *European Journal of Public Health*, 29(Supplement_4), ckz185.354. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckz185.354>
- [34] Michielsen, K., & Brockschmidt, L. (2021). Barriers to sexuality education for children and young people with disabilities in the WHO

- European region: a scoping review. *Sex Education*, 21(6), 674–692. <https://doi.org/10.1080/14681811.2020.1851181>
- [35] Ruiz-de-Larrinaga, M., Gutiérrez-García, A., Potenza, M. N., Demetrovics, Z., Bóthe, B., McCurdy, L. Y., Villena-Moya, A., Chiclana-Actis, C., Ballester, L., Ballester-Arnal, R., Castro-Calvo, J., Giménez-García, C., & Mestre-Bach, G. (2026). Comprehensive sexuality education: A qualitative study on the perspectives of teachers, parents and adolescents. *Sexuality Research and Social Policy*. <https://doi.org/10.1007/s13178-026-01292-y>
- [36] Lo Moro, G., Bert, F., Cappelletti, T., Elhadidy, H. S. M. A., Scaioli, G., & Siliquini, R. (2023). Sex education in Italy: An overview of 15 years of projects in primary and secondary schools. *Archives of Sexual Behavior*, 52(4), 1653–1663. <https://doi.org/10.1007/s10508-023-02541-6>
- [37] Ramiro, L., Reis, M., Matos, M. G., & Diniz, J. A. (2011). Sex education among Portuguese adolescent students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 29, 493–502. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.11.268>

OPTIMIZACIÓN DE LA FITORREMEDIACIÓN DE METALES PESADOS CON *PHRAGMITES AUSTRALIS* MEDIANTE LA INOCULACIÓN DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL (PGPRS)

SOTO-CAÑAS, ALBERTO

1 International Research Center in Critical Raw Materials for Advanced Industrial Technologies (ICCRAM), Universidad de Burgos, Plaza Misael Bañuelos s/n, 09001 Burgos, Spain

Resumen

Phragmites australis es una planta que presenta capacidad para acumular metales en ambientes contaminados, destacando por su adaptabilidad a diversas condiciones y su extenso sistema radicular, lo que la hace ideal para la fitorremediación de aguas con metales pesados. El objetivo de este estudio fue aislar rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) a partir de *P. australis* expuesta a aguas subterráneas contaminadas con metales pesados y evaluar su interacción con la planta para mejorar su eliminación. Se analizaron en 30 aislados bacterianos la presencia de distintas características PGPR, como producción de sideróforos, solubilización de fosfato, síntesis de ácido indol-3-acético o producción amonio, identificándose 11 con efectos positivos en al menos una de estas pruebas. Estas bacterias serán inoculadas en *P. australis* para potenciar su capacidad fitorremediadora. Debido al conocimiento limitado sobre algunos aspectos de la planta, se llevaron a cabo experimentos para optimizar métodos de crecimiento de la misma in vitro, desinfección de semillas e inoculación bacteriana. Se probaron diferentes estrategias, desde la inoculación en semillas hasta en plántulas de 30 días, tanto en el sustrato como en las raíces. Los resultados sugieren que la inoculación en el sustrato es la más efectiva para establecer sistemas planta-microorganismo.

Palabras clave

Biorremediación, fitorremediación, contaminante, PGPRs, inoculación.

1. SECCIÓN. CONTAMINACIÓN EN AGUAS Y SUELOS: METALES PESADOS

En los últimos años, la rápida urbanización, la industrialización acelerada y el impacto creciente de las actividades antropogénicas han generado una preocupación considerable para el medio ambiente. Numerosas sustancias tóxicas son vertidas de forma indiscriminada, superando la capacidad de

absorción de los ecosistemas naturales y rebasando los efectos de dilución que anteriormente se consideraban suficientes para mitigar su presencia. La acumulación de estos contaminantes está afectando gravemente a la biosfera, poniendo en riesgo tanto la biodiversidad como la salud humana a través de procesos como la biomagnificación a lo largo de las cadenas tróficas. Entre los compuestos orgánicos e inorgánicos más problemáticos se encuentran los bifenilos policlorados (PCB), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), solventes clorados, pesticidas, antibióticos, metales pesados (MP) y radionucleidos. Estos contaminantes se liberan al ambiente mediante aguas residuales sin tratar, escorrentías y efluentes generados por actividades agrícolas e industriales intensivas, como la minería, la refinación de petróleo y la producción de sustancias químicas [1].

En el contexto europeo, las actividades contaminantes se distribuyen en amplias regiones, y se han identificado cientos de miles de sitios severamente contaminados. Se estima que esta cifra aumentará significativamente en los próximos años. Suelos, aguas (incluyendo aguas residuales, superficiales y subterráneas) y sedimentos muestran niveles de contaminación que requieren acciones urgentes de remediación. Por esto, uno de los principales desafíos actuales consiste en el desarrollo y aplicación de estrategias de descontaminación más eficaces y sostenibles para proteger la salud ambiental y humana [2].

1.1. Subsección: Metales Pesados

El término "metal pesado" ha sido objeto de debate durante décadas debido a la falta de una definición clara, coherente y universalmente aceptada. Según Hodson [3]), este concepto presenta múltiples contradicciones, ya que muchos de los elementos comúnmente clasificados como metales pesados no comparten propiedades físicas consistentes como la densidad o el peso atómico. Esta ambigüedad ha llevado incluso a incluir en la categoría a metaloides como el arsénico y el antimonio, elementos que no son metales en sentido estricto. En respuesta a esta confusión terminológica y conceptual, en los últimos años se ha propuesto sustituir el término por otros más precisos y descriptivos como "metales potencialmente tóxicos" o "elementos traza metálicos" [4]. A pesar de estos esfuerzos, el uso de "metal pesado" persiste en la literatura científica, con definiciones más refinadas que buscan delimitar con mayor exactitud a qué elementos se refiere. En este contexto, una definición moderna y funcional establece que un metal puede ser considerado pesado si cumple con tres criterios fundamentales: ser un metal, poseer un número atómico superior a 20 y presentar una densidad mayor a 5 g/cm³ [5].

La preocupación por los metales pesados no se limita a cuestiones terminológicas, sino que está profundamente vinculada a su impacto ambiental y en la salud humana. Muchos de estos elementos son altamente tóxicos incluso en concentraciones bajas, y tienen la capacidad de bioacumularse en los organismos vivos, lo que significa que sus niveles aumentan progresivamente a lo largo de la cadena trófica. Esta acumulación puede provocar efectos adversos

a largo plazo en los ecosistemas y representar un riesgo significativo para la salud pública. Por ello, la identificación, monitoreo y eliminación de los metales pesados en el ambiente se ha convertido en una prioridad dentro de la investigación científica y en las políticas de gestión ambiental.

1.1.1. Sub-subsección: Métodos de eliminación o reducción de metales pesados

La presencia creciente de metales pesados (MP) en aguas y suelos constituye uno de los principales desafíos ambientales actuales. Su acumulación está estrechamente ligada a actividades antropogénicas como la minería, la fundición, el galvanizado, la fabricación industrial y el uso intensivo de pesticidas [6]. La persistencia, toxicidad y capacidad de bioacumulación de estos elementos hacen que su mitigación sea compleja y urgente. Las estrategias disponibles pueden clasificarse en métodos físico-químicos, métodos biológicos y enfoques híbridos. Sin embargo, la mayoría de las técnicas *in situ* se centran en la inmovilización de los metales, sin eliminarlos realmente del ecosistema, mientras que las técnicas *ex situ* suelen implicar excavación, transporte y tratamiento, generando un impacto ambiental considerable [7]. Entre los métodos más utilizados se encuentran: Precipitación química, adsorción (carbón activado, zeolitas, biochar) o estabilización, etc. A pesar de su eficacia técnica, estos métodos presentan limitaciones como altos costos, generación de residuos secundarios y baja sostenibilidad. Los métodos físico-químicos tradicionales suelen ser rápidos pero poco sostenibles. En contraste, la biorremediación utiliza organismos vivos capaces de transformar, inmovilizar o acumular contaminantes, ofreciendo una alternativa más ecológica y económica.

2. SECCIÓN. BIORREMEDIACIÓN: FITORREMEDIACIÓN

La biorremediación se define como el uso de microorganismos, plantas u otros organismos para degradar, transformar o acumular contaminantes, reduciendo su toxicidad o eliminándolos del ambiente. Sus principales ventajas incluyen un bajo costo comparado con otras soluciones, sostenibilidad, mínimo impacto ambiental y la posibilidad de aplicación *in situ*.

La fitorremediación es una rama de la biorremediación que emplea plantas para extraer, inmovilizar, transformar o volatilizar contaminantes presentes en suelos y aguas. Las plantas, gracias a su metabolismo complejo y su capacidad para interactuar con microorganismos del suelo, representan una herramienta poderosa para la descontaminación [8]

2.1. Subsección: Conceptos y Mecanismos

El concepto de *fitorremediación* comenzó a tomar forma a principios de la década de 1980, cuando Chaney (1983) propuso por primera vez este término para describir el uso de plantas en la recuperación de suelos contaminados.

La fitorremediación comprende un conjunto de procesos biotecnológicos mediante los cuales las plantas, en interacción con la microbiota de la

rizosfera, contribuyen a la atenuación de contaminantes presentes en suelos, sedimentos o aguas. Entre los mecanismos más relevantes se encuentra la fitoextracción, basada en la captación radicular y posterior acumulación de metales en la biomasa aérea, lo que permite su retirada mediante cosecha [9]. La fitoestabilización actúa reduciendo la movilidad y biodisponibilidad de los contaminantes, principalmente metales pesados, mediante procesos de adsorción, precipitación o inmovilización en la rizosfera. La rizodegradación implica la estimulación de microorganismos degradadores a través de exudados radiculares, favoreciendo la transformación de compuestos orgánicos. En la fitodegradación, la planta participa directamente en la modificación o ruptura de contaminantes orgánicos mediante enzimas oxidativas y reductivas [10]. La fitovolatilización consiste en la absorción y transformación de ciertos elementos, como mercurio o selenio, en formas volátiles que son liberadas a la atmósfera. Finalmente, la rizofiltración se aplica en sistemas acuáticos, donde las raíces actúan como filtros biológicos capaces de retener o precipitar contaminantes disueltos. En conjunto, estos mecanismos representan estrategias sostenibles y de bajo impacto para la recuperación de ambientes contaminados, cuya eficacia depende de la especie vegetal, la naturaleza del contaminante y las condiciones edáficas y ambientales del sitio [8].

Las plantas empleadas en la fitorremediación de metales pesados pertenecen al grupo de las metalófitas, especies capaces de completar su ciclo vital en suelos con concentraciones metálicas que resultarían letales para la mayoría de las plantas no adaptadas [6]. Estas especies presentan adaptaciones fisiológicas avanzadas, como exclusión radicular, compartimentación vacuolar, quelación intracelular mediante fitoquelatinas y metalotioneínas, así como modificaciones en la rizosfera que alteran la biodisponibilidad de los metales. Dentro de las metalófitas, las hiperacumuladoras constituyen el grupo de mayor interés biotecnológico. Estas plantas no solo toleran concentraciones elevadas de metales, sino que los transportan y almacenan activamente en los tejidos aéreos sin manifestar síntomas de toxicidad. Sus umbrales de acumulación son excepcionalmente altos: alrededor de 0,1% de Cu, Cr, Pb o Ni, más del 1% de Zn y Mn, y más de 0,01% de Cd en peso seco. Esta capacidad se sustenta en un transporte xilemático eficiente, mecanismos de detoxificación altamente desarrollados y una arquitectura radicular que favorece la captación selectiva de metales, junto con la sobreexpresión de transportadores especializados [11].

2.2. Subsección: Limitaciones

Aunque la fitorremediación constituye una herramienta biotecnológica sostenible, presenta limitaciones que restringen su eficacia en entornos altamente contaminados. Incluso las especies hiperacumuladoras poseen umbrales relativamente bajos de tolerancia y captación de metales, muy inferiores a las concentraciones presentes en suelos industriales o mineros, lo que prolonga significativamente los tiempos necesarios para alcanzar niveles aceptables de

descontaminación. A ello se suma que muchas de estas especies muestran crecimiento lento y baja producción de biomasa, reduciendo la cantidad total de contaminante extraíble por ciclo[12]. La eficiencia del proceso depende además de condiciones edafoclimáticas específicas, que afectan tanto la biodisponibilidad de los metales como la fisiología vegetal. La escasa profundidad radicular limita la acción a horizontes superficiales del suelo, dejando sin tratar contaminantes en capas más profundas. Finalmente, la exposición prolongada a concentraciones elevadas puede inducir fitotoxicidad, manifestada en estrés oxidativo, inhibición del crecimiento y deterioro funcional, comprometiendo la estabilidad del sistema vegetal y reduciendo la eficiencia global del proceso.

3. SECCIÓN. MICROORGANISMOS PROMOTORES DEL CRECIMIENTO VEGETAL (PGPMs)

Los microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPMs) constituyen un conjunto diverso de bacterias y hongos capaces de mejorar la germinación, el desarrollo y la tolerancia al estrés de las plantas. Su aplicación conjunta con especies hiperacumuladoras ha demostrado incrementar la eficiencia de crecimiento y la capacidad de adaptación frente a contaminantes como Ni, Cd o condiciones de salinidad[13], [14]. Aunque los PGPMs se asocian principalmente a bacterias de ambién incluyen hongos micorrícicos arbusculares hifas incrementan significativamente la absorción de nutrientes y la exploración del sustrato[15].

Los efectos beneficiosos observados en plantas inoculadas con PGPMs incluyen mayor tasa de germinación, incremento de biomasa aérea y radicular y mejor desempeño [16]. Estos efectos se explican por una serie de mecanismos funcionales clave, entre los que destacan la producción de ácido indolacético (AIA), la solubilización de fosfatos, la síntesis de sideróforos, la actividad ACC deaminasa, la formación de biofilm y el aumento de raíces laterales, procesos que en conjunto optimizan la disponibilidad de nutrientes y reducen el impacto del estrés abiótico sobre la planta[17], [18].

4. SECCIÓN. PARTE EXPERIMENTAL

En esta sección se incluye el diseño metodológico empleado para desarrollar un sistema de fitorremediación asistida mediante consorcios bacterianos. El enfoque integra la selección de una especie vegetal adecuada, el aislamiento y caracterización de comunidades microbianas asociadas, la conformación de consorcios funcionales y su posterior inoculación, así como la evaluación de la eficacia del proceso en términos vegetales y microbiológicos.

4.1. Subsección: Selección de la planta para fitorremediación

La selección de la especie vegetal se realizó a partir de un cribado inicial de diez especies potencialmente aptas para fitorremediación, entre ellas *Lythrum salicaria* y *Mentha aquatica*. Aunque varias mostraron cierta capacidad de acumulación metálica, *Phragmites australis* destacó por presentar los mayores niveles

de retención de metales en la fracción radicular, junto con una respuesta fisiológica estable bajo condiciones de estrés [19]. Su elevada tolerancia a ambientes contaminados, la alta producción de biomasa y un sistema radicular robusto la convierten en una especie especialmente adecuada para procesos de fitoextracción y fitoestabilización. Además, *P. australis* alberga una microbiota rizosférica y endofítica diversa, lo que facilita su integración en estrategias de fitorremediación asistida mediante microorganismos promotores del crecimiento vegetal.

4.2. Subsección: Aislamiento de comunidades endofíticas y epifíticas y caracterización como Promotores de Crecimiento Vegetal

Con el objetivo de obtener microorganismos asociados a *P. australis*, se procedió al aislamiento de comunidades epifíticas y endofíticas a partir de raíces, tallos y hojas. Tras la desinfección superficial de los tejidos y su posterior maceración, se sembraron los extractos en medios selectivos. Se obtuvieron 16 aislamientos epifíticos y 14 endofíticos, los cuales fueron purificados mediante repiques sucesivos hasta obtener cultivos puros. Estas 30 cepas fueron sometidas a una batería de ensayos funcionales para determinar su potencial como PGPMs.

La caracterización incluyó la evaluación de producción de ácido indolacético (AIA), solubilización de fosfatos, síntesis de sideróforos, actividad ACC deaminasa y tolerancia a metales pesados[20], [21]. De los 30 aislamientos, al menos 13 mostraron resultados positivos en uno o más ensayos PGP, lo que confirmó su potencial para ser empleados en consorcios bacterianos destinados a mejorar el desempeño de *P. australis* en ambientes contaminados.

4.3. Subsección: Consorcios e inoculación

A partir de las cepas aisladas se diseñaron diversos consorcios microbianos considerando criterios de compatibilidad entre microorganismos, complementariedad funcional, tolerancia a metales pesados y capacidad de colonización de la rizosfera de *Phragmites australis*. Cada consorcio fue evaluado mediante dos aproximaciones experimentales complementarias: por un lado, ensayos fenotípicos en *P. australis* que permitieron analizar parámetros de desempeño vegetal como el crecimiento aéreo y radicular, el vigor general y la biomasa acumulada; y por otro, curvas de crecimiento bacteriano destinadas a identificar combinaciones microbianas estables, con buena dinámica poblacional y comportamiento reproducible en condiciones controladas. Tras este proceso de selección, el consorcio denominado J16 mostró el rendimiento más robusto, combinando estabilidad microbiana, elevada funcionalidad promotora del crecimiento vegetal (PGP) y efectos positivos consistentes sobre el desarrollo de *P. australis*. Por ello, J16 fue elegido como consorcio final para los ensayos de fitorremediación asistida. La inoculación se llevó a cabo mediante aplicación directa al sustrato, incorporando la suspensión bacteriana en la zona radicular con el fin de favorecer una colonización temprana, homogénea y eficaz, garantizando así la interacción óptima entre el consorcio microbiano y el sistema radicular de *P. australis* durante todo el proceso experimental[22].

5. REFERENCIAS

- [1] O. B. Akpor and M. Muchie, "Environmental and public health implications of wastewater quality," *Afr. J. Biotechnol.*, vol. 10, no. 13, pp. 2379–2387, 2011, <https://doi.org/10.5897/AJB10.1797>.
- [2] A. U. Khan, A. N. Khan, A. Waris, M. Ilyas, and D. Zamel, "Phytoremediation of pollutants from wastewater: A concise review," Jan. 01, 2022, *De Gruyter Open Ltd.* <https://doi.org/10.1515/biol-2022-0056>.
- [3] M. E. Hodson, "Heavy metals - Geochemical bogey men?," *Environmental Pollution*, vol. 129, no. 3, pp. 341–343, Jun. 2004, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2003.11.003>.
- [4] O. Pourret, J. C. Bollinger, and A. Hursthouse, "Heavy metal: a misused term?," *Acta Geochimica*, vol. 40, no. 3, pp. 466–471, Jun. 2021, <https://doi.org/10.1007/s11631-021-00468-0>.
- [5] H. Ali and E. Khan, "What are heavy metals? Long-standing controversy over the scientific use of the term 'heavy metals'—proposal of a comprehensive definition," Jan. 02, 2018, *Taylor and Francis Ltd.* <https://doi.org/10.1080/02772248.2017.1413652>.
- [6] M. I. Lone, Z. L. He, P. J. Stoffella, and X. E. Yang, "Phytoremediation of heavy metal polluted soils and water: Progresses and perspectives," Mar. 2008. <https://doi.org/10.1631/jzus.B0710633>.
- [7] M. Ghosh and S. P. Singh, "Asian Journal on Energy and Environment A Review on Phytoremediation of Heavy Metals and Utilization of It's by Products," *As. J. Energy Env*, vol. 6, no. 04, pp. 214–231, 2005, [Online]. Available: www.asian-energy-journal.info
- [8] S. Muthusaravanan et al., "Phytoremediation of heavy metals: mechanisms, methods and enhancements," Dec. 15, 2018, *Springer Verlag*. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0762-3>.
- [9] H. Ali, E. Khan, and M. A. Sajad, "Phytoremediation of heavy metals- Concepts and applications," 2013, *Elsevier Ltd.* <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.075>.
- [10] H. T. Rheay, E. C. Omondi, and C. E. Brewer, "Potential of hemp (*Cannabis sativa* L.) for paired phytoremediation and bioenergy production," Apr. 01, 2021, *Blackwell Publishing Ltd.* <https://doi.org/10.1111/gcbb.12782>.
- [11] V. Mudgal, M. Raninga, D. Patel, D. Ankoliya, and A. Mudgal, "A review on Phytoremediation: Sustainable method for removal of heavy metals," *Mater. Today Proc.*, Jan. 2022, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.261>.
- [12] K. E. Gerhardt, P. D. Gerwing, and B. M. Greenberg, "Opinion: Taking phytoremediation from proven technology to accepted practice," Mar. 01, 2017, *Elsevier Ireland Ltd.* <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.11.016>.
- [13] T. Ke et al., "Improvement of the Cu and Cd phytostabilization efficiency of perennial ryegrass through the inoculation of three metal-resistant

- PGPR strains,” *Environmental Pollution*, vol. 271, Feb. 2021, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116314>.
- [14] M. J. Ferreira *et al.*, “Biostimulation of *Salicornia europaea* L. crops with plant growth-promoting bacteria in laboratory and field conditions: effects on growth and metabolite profile,” *J. Appl. Microbiol.*, vol. 134, no. 3, Mar. 2023, <https://doi.org/10.1093/jambio/lxad036>.
- [15] S. Deng, H. M. L. Wipf, G. Pierroz, T. K. Raab, R. Khanna, and D. Coleman-Derr, “A Plant Growth-Promoting Microbial Soil Amendment Dynamically Alters the Strawberry Root Bacterial Microbiome,” *Sci. Rep.*, vol. 9, no. 1, Dec. 2019, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53623-2>.
- [16] L. A. Yarzabal, “Perspectives for using glacial and periglacial microorganisms for plant growth promotion at low temperatures,” Apr. 01, 2020, *Springer*. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10468-4>.
- [17] M. Pantoja-Guerra, M. Burkett-Cadena, J. Cadena, C. A. Dunlap, and C. A. Ramírez, “*Lysinibacillus* spp.: an IAA-producing endospore forming-bacteria that promotes plant growth,” *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*, vol. 116, no. 7, pp. 615–630, Jul. 2023, <https://doi.org/10.1007/s10482-023-01828-x>.
- [18] C. Patil, R. Suryawanshi, S. Koli, and S. Patil, “Improved method for effective screening of ACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylate) deaminase producing microorganisms,” *J. Microbiol. Methods*, vol. 131, pp. 102–104, Dec. 2016, <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2016.10.009>.
- [19] A. H. A. Khan *et al.*, “Macrophyte assisted phytoremediation and toxicological profiling of metal(loid)s polluted water is influenced by hydraulic retention time,” *Environmental Science and Pollution Research*, 2024, <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33934-2>.
- [20] S. Abdelwahed *et al.*, “A new pioneer colorimetric micro-plate method for the estimation of ammonia production by plant growth promoting rhizobacteria (PGPR),” *Main Group Chemistry*, vol. 21, no. 1, pp. 55–68, 2022, <https://doi.org/10.3233/MGC-210077>.
- [21] W. Elhaissofi *et al.*, “Phosphate Solubilizing Rhizobacteria Could Have a Stronger Influence on Wheat Root Traits and Aboveground Physiology Than Rhizosphere P Solubilization,” *Front. Plant Sci.*, vol. 11, Jul. 2020, <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00979>.
- [22] A. E. Devries, K. P. Kowalski, and W. A. Bickford, “Growth and behavior of north american microbes on *phragmites australis* leaves,” *Microorganisms*, vol. 8, no. 5, May 2020, <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050690>.

EFFECTOS DEL APRENDIZAJE COOPERATIVO Y LA EVALUACIÓN FORMATIVA Y COMPARTIDA EN LAS NECESIDADES PSICOLÓGICAS BÁSICAS DEL ALUMNADO: RECONFIGURACIÓN DE LA EDUCACIÓN FÍSICA EN EL PASO A SECUNDARIA.

ZÚÑIGA ÁLVAREZ, NICOLÁS
Universidad de Burgos

Resumen

Este estudio analiza la implementación de un programa de Educación Física (EF) basado en el Aprendizaje Cooperativo (AC) y la Evaluación Formativa y Compartida (EFyC) en un grupo de primer curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO).

Se parte de un contexto aparentemente funcional, caracterizado por una percepción lúdica de la asignatura y una baja sensación de aprendizaje. A raíz de esto, se diseña una intervención anual estructurada en torno a los citados Modelos Pedagógicos (MP). Este estudio tiene como objeto estudiar el efecto del cambio metodológico en la participación, la toma de decisiones y la comprensión de las tareas en la asignatura y su percepción al respecto.

Desde un enfoque cualitativo-interpretativo, el docente-investigador analiza las percepciones del alumnado y su evolución en el proceso. Se usan como instrumentos de toma de datos cuestionarios inicial y final, entrevistas grupales trimestrales y un cuaderno de bitácora docente semanal. Los resultados muestran un proceso no lineal con bastantes resistencias iniciales, que deriva progresivamente en una mejora de las NPB percibidas.

Objetivo: analizar el efecto de la intervención en la percepción por parte del alumnado de la vivencia en la materia y de sus Necesidades psicológicas Básicas (NPB): Autonomía, Competencia y Relación.

La introducción estructurada de esta metodología combinada transforma positivamente la manera en que el alumnado percibe su potencial autodeterminación y vive la Educación Física como educativamente más enriquecedora.

Palabras clave

Educación Física, Aprendizaje Cooperativo, Evaluación Formativa y Compartida, Necesidades Psicológicas Básicas.

1. INTRODUCCIÓN

El inicio de curso en primero de la ESO combina ilusión e incertidumbre. Cambian los grupos, el profesorado, las exigencias, etc. La EF no es una excepción. A pesar de su cercanía relacional y su carácter vivencial, también se enfrenta a las tensiones de los cambios mencionados.

En este contexto, surge un problema concreto: el alumnado no siempre reconoce la EF como un espacio de aprendizaje intencionado. No es por falta de capacidad, sino por cultura y bagaje previo. Cuando se introducen propuestas con mayor exigencia (implicación cognitiva, regulación del trabajo, organización grupal o una interacción estructurada), aparecen conflictos y resistencias. Desajustes organizativos, dependencia del docente, rechazo a ciertas dinámicas o contenidos, conflictos con sus pares, etc. El problema surge por la forma de entender la asignatura por varios factores [1].

Estas carencias no solo están en el alumnado. Se mantiene una separación entre las pretensiones pedagógicas actuales de la EF y la manera en que se materializan y se perciben en contextos reales del aula. La mayoría de agentes de la familia educativa intuye qué se puede trabajar, pero no siempre se comprende el alcance de sus implicaciones, incluido el propio profesorado [2] [3]. Esto se acentúa en escenarios de transición educativa (docente, etapa, centro, metodología, etc.). donde las inercias previas tienen un peso determinante.

Desde esta perspectiva, la Teoría de la Autodeterminación (TAD) ofrece un marco sólido en la comprensión de factores personales y contextuales de la conducta [4]. No todo el alumnado responde igual ante un mismo estímulo. Algunas personas mantienen una motivación intrínseca incluso en contextos adversos, mientras que otras dependen de estímulos externos o incluso permanecen desmotivados [5]. En EF esto se traduce en la necesidad de diseñar experiencias que favorezcan una implicación genuina, una sensación de ser capaz de afrontar los retos presentados, y una percepción de estar integrado en el grupo, evitando progresivamente una dependencia de recompensas externas [6].

Con esto, el presente estudio se justifica en la necesidad de analizar el efecto de una determinada metodología y su proceso de implantación en unas circunstancias de ruptura con la lógica habitual del alumnado. Se diseña un programa de intervención donde se conjuga el AC y la EFyC para incidir en las NPB de un alumnado sin necesidades curriculares o conductuales significativas para la materia. Este estudio pretende aunar la implementación de un diseño conjunto de ambas metodologías y analizar sus efectos en la percepción de Autonomía, Competencia y Relación [7] entre pares al cambiar el modelo de la asignatura. Se trata de observar qué ocurre cuando a un grupo normotípico se le cambia el patrón que tienen adquirido, en un momento sensible por el cambio de etapa y entrada en la adolescencia.

En este marco, el AC destaca por su capacidad para conjugar las dimensiones social, cognitivo y motriz [8][9]. Vinculado al AC aparece la EFyC,

que introduce una lógica evaluativa continua y participativa [10]. A través de la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación, el alumnado toma conciencia de su proceso de aprendizaje. En conjunto, AC y EFyC forman un escenario coherente con los principios de la TAD para la EF [11].

A pesar de todo, la implementación de esta metodología no está exenta de dificultades. El incremento de exigencia organizativa, cognitiva y evaluativa puede suscitar resistencias, tanto en el alumnado como en el docente, por su complejidad y esfuerzo. Superarlas implica aprovechar los conflictos como motor de cambio y oportunidades de transformar la diversión recreativa en disfrute pedagógico.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Evolución del enfoque de la Educación Física en el contexto educativo: concepto y propósito

La práctica de actividad física no siempre ha tenido el mismo sentido. Al principio el movimiento servía como modo de supervivencia: cazar, luchar, huir [12]. Más tarde, se fue desarrollando con una vinculación mayor hacia la mejora física en el ámbito militar. Con el tiempo, fue incluyendo aspectos sociales, emocionales y educativos. Esta evolución fue más pendular que lineal, alternando dos enfoques principales, aunque no exclusivos: uno más centrado en el cuerpo físico, y otro más holístico o preferente de la consideración de la mente, emociones, alma, etc.

2.1.1. Antecedentes históricos y origen de la Educación Física en Occidente: del rendimiento físico al desarrollo integral

En las primeras civilizaciones ya aparecen prácticas de ejercicio físico. Egipto y Mesopotamia lo usaban con fines religiosos y militares. Mas tarde, la antigua Grecia dio un paso clave al unir cuerpo y mente. Roma en cambio, volvió a priorizar una versión pragmática al volver a focalizar en lo militar, transformado también en lo artístico a través del espectáculo (Anfiteatro, Circo, Teatro, etc.) [13].

Durante la Edad Media, el cuerpo perdió peso en la educación formal debido al predominio religioso que priorizaba el alma. A pesar de ello, siguió teniendo su reducto en las prácticas nobles, caballerescas, y juegos populares entre otros [14]. Con el renacimiento el cuerpo recuperó su valor dentro de una concepción de educación más global. A partir de entonces, la EF empezó a organizarse como disciplina educativa, influida por el resurgimiento del desarrollo de la ciencia y la pedagogía [15]. Ya en el siglo XIX, aparecen distintos sistemas europeos (alemán, francés, sueco, inglés, etc.). Cada uno aportó una visión distinta de lo que debía constar en la materia: corte militar, moral, higiénica, deportiva... en España su implantación fue una combinación irregular e intermitente debido a la inestabilidad política de la época [16]. En resumen, la EF pasó de ser una práctica utilitaria a una disciplina educativa con identidad propia en proceso de configuración.

Este cambio se reflejó en el ámbito normativo e institucional [17]. Desde los primeros intentos ilustrados como la propuesta de Jovellanos, ya se defendía la inclusión del ejercicio físico dentro de una formación completa. Sin embargo, su incorporación real fue pobre y tardía. La Ley Moyano (1857) introdujo la preocupación por la higiene y el desarrollo corporal, aunque sin consolidar la materia.

Desde finales del siglo XIX la EF inicia su institucionalización con la gimnasia higiénica de Manuel Becerra (1879) y la creación de la Escuela Central de Profesores de Gimnastica (1883), aún bajo influencia militar. A comienzos del siglo XX, normas como el Real Decreto de 1901 o la Cartilla Gimnástica de 1924 consolidaron un enfoque técnico y disciplinario. La Segunda República introduce una visión más pedagógica y recreativa. Un ejemplo de ello se ve en instituciones como la Escuela de Educación Física (1933). Este avance se interrumpe durante la guerra civil y el franquismo, donde la EF vuelve a orientarse hacia la disciplina militar, el control corporal y el adoctrinamiento ideológico, bajo estructuras como el Frente de Juventudes. A partir de 1961, con la creación del Instituto Nacional de Educación Física (INEF) se inicia una diferenciación más clara entre formación militar y educativa. Este proceso culmina con la Ley General de Educación (1970) que redefine la EF desde un enfoque más pedagógico, incorporando el deporte y ampliando sus objetivos. Posteriormente, la Ley Orgánica General del Sistema Educativo (LOGSE)(1990) supone el giro definitivo: la EF deja de centrarse en el rendimiento para orientarse al desarrollo integral, incluyendo dimensiones cognitivas, sociales y emocionales [18].

Una transición clara: de la gimnasia como control físico a la EF como educación a través de lo físico. Esta evolución se muestra fuertemente condicionada en todo momento por el contexto sociopolítico de cada etapa. Hoy la EF tiende a verse como una herramienta para el desarrollo integral del alumnado a través de la práctica motriz.

2.1.2. Influencias pedagógicas en la evolución de la EF

La evolución de la EF está profundamente vinculada en las últimas etapas a los cambios pedagógicos [19]. En sus primeras formulaciones, predominaba una visión cercana al conductismo imperante. Esta perspectiva se centraba en la repetición, el control y la mejora del rendimiento. El alumnado asumía un papel pasivo. Este enfoque resultó eficaz para la adquisición técnica, pero bajo un manto de docilidad que limitaba la concepción educativa.

En contraposición, las corrientes naturalistas introdujeron una idea clave: el aprendizaje a través del movimiento libre y la interacción con el entorno. Rousseau o Pestalozzi defendieron que el desarrollo debía respetar la naturaleza del infante. Esto sitúa el juego y la exploración como elementos centrales. Esta perspectiva se amplía con el pragmatismo de Dewey, que traslada el principio de “aprender haciendo” al ámbito educativo. Así se refuerza el valor de la experiencia como base del aprendizaje general [20].

De forma paralela, las teorías psicomotrices profundizan en la relación entre cuerpo, pensamiento y emoción. De esta forma se muestra que el movimiento no solo es acción física, sino también desarrollo cognitivo y afectivo. Este prisma contribuye a entender la EF como un espacio de maduración global [21].

Mas adelante la psicología humanista introduce un cambio decisivo al situar el foco en la persona. La motivación intrínseca, el autodesarrollo y la salud plena pasan a ser objetivos prioritarios. En esta línea, el socio-constructivismo refuerza la idea de que el aprendizaje se construye en interacción con otros, lo que da sentido a metodologías más proactivas para el alumnado. Desde esta perspectiva, la EF pasa de ser ejecución motriz a un espacio donde el alumnado es protagonista de su proceso [22].

2.2. Fundamentos de la Teoría de la Autodeterminación en el ámbito educativo

Tras analizar la evolución de la EF y sus tensiones actuales, resulta necesario un marco que explique por qué el alumnado se implica (o no) en el aprendizaje. La TAD responde a esta necesidad al centrarse en los procesos motivacionales que sostienen la conducta humana.

Desarrollada por Ryan y Deci, la TAD plantea que la motivación no es un fenómeno unitario, sino un continuo que va desde la desmotivación hasta la motivación intrínseca [23].

Entre ambos extremos, se sitúan distintos niveles de regulación. Desde formas más controladas (por recompensas o castigos externos) hasta formas más autónomas por interés o valor personal (Fig.1) [24]. La clave está en que no basta con que el alumnado participe, importa su identificación con lo que hace.

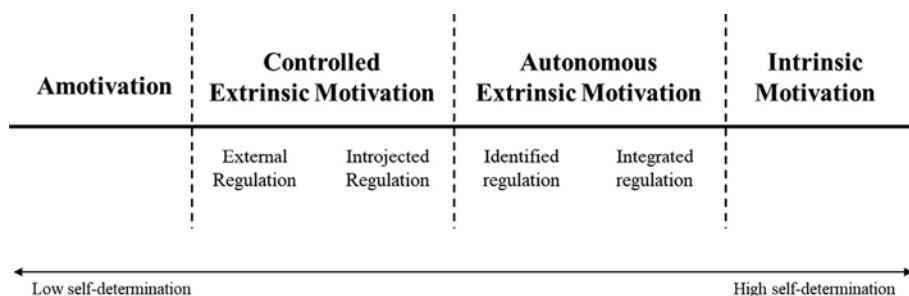


Figura 1. Continuo de motivación de la Teoría de la Autodeterminación (White et al., 2021)

En el contexto educativo, la TAD permite diferenciar entre prácticas que refuerzan esa dependencia del docente, y aquellas que favorecen la autorregulación. Un enfoque más controlador, centrado en instrucción directa o una evaluación sancionadora tiende a generar motivación dependiente de lo

externo. Sin embargo, si se ofrece margen de decisión, se difunde el sentido de las tareas y se facilita que el individuo sea consciente por cuenta propia de su progreso, se facilita una implicación más profunda y sostenida [25].

La TAD se articula en varias subteorías que explican cómo se desarrolla estos tipos de motivación. La influencia de los contextos sociales y la interiorización de las conductas [26]. Por un lado, la Teoría de la Evaluación Cognitiva explica que el feedback y las recompensas pueden apoyar o debilitar la motivación según aumenten o reduzcan la sensación de autonomía y competencia. La Teoría de la Integración Organísmica, por su parte, describe el continuo motivacional comentado, mostrando cómo las conductas pueden externalizarse o interiorizarse. La Teoría de Orientación de Causalidad analiza las diferencias individuales en la tendencia a actuar de forma autónoma o controlada. En esta línea, la Teoría del Contenido de Metas distingue entre metas intrínsecas o extrínsecas con sus diferentes efectos sobre el bienestar de la persona. La Teoría de la Motivación Relacional que subraya el papel del apoyo social en la regulación de la conducta y la adherencia. Por último, La Teoría de las Necesidades Psicológicas Básicas establece la autonomía, la competencia y la relación como condiciones fundamentales para el bienestar y la motivación de calidad.

En conjunto estas miniteorías permiten entender que la motivación no depende solo de la tarea, sino del modo en que el contexto y su desarrollo satisface o frustra dichas NPB.

2.2.1. Necesidades Psicológicas Básicas en la Teoría de la Autodeterminación y su aplicación en Educación Física

Tras delimitar el marco general de la motivación desde la TAD, se pone el foco en las NPB como determinantes de la calidad de dicha motivación. Autonomía, Competencia y Relación constituyen condiciones universales para el desarrollo óptimo de la persona, independientemente del contexto. Su grado de satisfacción o frustración explica en gran medida la implicación del alumnado en los procesos de enseñanza-aprendizaje [27].

La autonomía se refiere a la percepción de que la propia conducta es elegida y se identifica con el sentido de la tarea. Esto no implica que no haya estructura o pautas marcadas en una libertad absoluta. Significa que se reconoce la posibilidad de actuar con cierto margen de decisión dentro de un marco guiado, con cuyos valores se siente identificado. En EF, esta necesidad se concreta en prácticas que permiten al alumnado elegir, por ejemplo, el orden de los ejercicios, el rol a desempeñar, o personalizar el ritmo de trabajo. Cuando esta necesidad se satisface, aumenta la implicación y la responsabilidad asumida. Cuando se frustra, aparecen conductas de dependencia o rechazo [28].

La competencia, por otro lado, hace referencia al sentimiento de eficacia al afrontar situaciones percibidas como desafío. Más que la propia capacidad de realizarlo, lo importante es la percepción del sujeto a la hora de sentirse

capaz de intentarlo y percibir progreso en su desempeño. Si lo extrapolamos a la EF, esto exige ajustar las tareas al nivel real del alumnado. Sobre todo, la diversificación de las formas de lograr sensaciones exitosas y ofrecer retroalimentación que refuerce el avance. La ausencia de esta percepción, especialmente en contextos donde predomina la comparación o la exposición pública, suele derivar en evitación o desmotivación [29].

La relación, por su parte, hace referencia al sentimiento de pertenencia y conexión con el grupo. El aprendizaje no se produce de forma aislada sino con la interacción entre pares. Un clima de apoyo, respeto y cooperación favorece la participación y reduce la ansiedad asociada a sentirse juzgado continuamente. Traducido al ámbito de la EF, donde la interacción es constante y la competitividad una herencia histórica y social muy fuerte, esta dimensión adquiere especial relevancia [30].

Es importante destacar que estas tres NPB operan en estrecha interrelación [31]. La experiencia educativa se configura a partir de un equilibrio entre ellas. Potenciar la competencia de forma desmedida puede fomentar la comparación y exclusión consecuente, una autonomía solitaria puede generar inseguridad, y un foco excesivo en la relación puede producir dependencia. Por tanto, la calidad del aprendizaje depende de la integración coherente de las tres dimensiones. Para blindar la consideración de las NPB en el ámbito educativo, se vuelve a incidir en la necesidad de distinguir entre satisfacción y frustración, precisando un matiz conceptual clave para su aplicación educativa: las NPB se han de considerar por la percepción subjetiva del alumnado, no solo por las condiciones objetivas de la tarea. En otras palabras, no es lo mismo ser competente que sentirse así, o tener opciones de elección que reconocerlas y sentir las como propias. Del mismo modo, participar en grupo no asegura sentirse integrado. La vivencia individual determina el impacto motivacional de la experiencia [32].

Desde esta perspectiva la EF se presenta como una materia de especial sensibilidad. Su carácter práctico, social y expuesto la convierte en un espacio con mucho potencial de influencia y aprovechamiento. Consecuentemente, el análisis de las NPB permite comprender la motivación del alumnado y orientar así, el diseño metodológico.

2.3. El Aprendizaje Cooperativo en Educación Física

El análisis de las NPB conduce necesariamente a la cuestión del diseño pedagógico para su favorecimiento de forma intencionada. Para responder a ello y llegar al AC y la EFyC, es preciso situarlos en un marco metodológico más amplio de la EF. Antes de comenzar, conviene volver a recordar el importante giro de epicentro del proceso educativo del docente al discente. Lo importante en el aprendizaje no es lo que el profesorado hace sino lo que consigue que el alumnado haga.

Desde este punto de vista, la intervención docente se puede estructurar en tres niveles [33]. El más concreto y operativo son las estrategias en la práctica, que incluyen decisiones sobre organización, tareas, agrupamiento, espacios, etc. En un nivel intermedio están los estilos de enseñanza, definidos por cómo se reparten las decisiones entre docente y alumnado. Este espectro conformado va desde los modelos más directivos hasta otros más autónomos. Finalmente, los Métodos de Enseñanza integran estos elementos en propuestas más coherentes y organizadas. Esta evolución lleva a enfoques más globales, como la Práctica Basada en Modelos (PBM) y los Modelos Pedagógicos (MP) [34]. Éstos últimos estructuran la enseñanza de forma sistemática y conectan implícitamente con la satisfacción de las NPB. Con este concepto pretendían blindar la inseparable relación que une enseñanza, aprendizaje, contenido y contexto. A raíz de su conceptualización, Casey y Kirk [35] reunieron un conjunto de enfoques reformulados como MPs.

Entre ellos destaca el más extensamente consolidado AC, que organiza el proceso educativo en torno a la interacción estructurada entre iguales. Su rasgo distintivo es la interdependencia positiva, el éxito individual depende del éxito del grupo. Este principio se complementa de forma indispensable con el resto de elementos críticos de este MP: la responsabilidad individual, la interacción promotora, el desarrollo de habilidades sociales y el procesamiento grupal. Desde la perspectiva de la TAD, el AC se alinea de forma estrecha y directa con la satisfacción de las NPB [36]. Favorece la autonomía al implicar al alumnado en la toma de decisiones y en la organización, fomenta la competencia percibida al generar experiencias de éxito compartido, y refuerza la relación al estructurar la interacción alrededor de objetivos comunes. El AC como MP va más allá de la simple cooperación aislada presentando una estructura pedagógicamente coherente entre dichos elementos críticos, las aspiraciones de aprendizaje comentadas y la organización pedagógica coherente con currículo, enseñanza y evaluación [37]. Dicho esto, la implementación del AC como MP se configura como un proceso gradual donde diferentes tipos de estructuras cooperativas se conjugan para trasladar dicha praxis al alumnado. Autores como Dyson y Casey [37], Velázquez-Callado [38] y, especialmente, Fernández-Río [39] realizan las principales aportaciones para un programa de implantación del AC en el aula. Sintetizando todas estas aportaciones, se establecen, a partir de un prolegómeno de catarsis relacional para establecer las expectativas de sinergia grupal, 3 fases principales propuestas concretadas por Garvía Medrano et al. [40]. La primera fase requiere de una profundización en el conocimiento de los componentes del grupo para establecer una confianza de funcionamiento estable y estrecha. La segunda fase se centra en la adquisición de recursos, técnicas y estructuras cooperativas para la creación de dinámicas e inercias funcionales y organizativas. La tercera fase aborda el AC como recurso metodológico para la aplicación de otros contenidos curriculares.

Adicionalmente, es pertinente recalcar que trabajar en grupo no es necesariamente cooperar. Además de una estructura clara y un proceso planificado, es importante mantener un reparto equitativo de las tareas y una igualdad de oportunidades. Solo en estas condiciones hablamos de AC como MP. En este caso, el docente adquiere un rol facilitador de la interacción y regulador del proceso.

En este sentido, el AC se entiende de forma inseparable del proceso evaluador como recurso que permite valorar el desempeño individual y el funcionamiento grupal. Esto conecta directamente con la EFyC como complemento imprescindible para este modelo[41].

2.4. La Evaluación Formativa y Compartida en Educación Física

La evaluación en EF ha evolucionado desde los modelos tradicionales centrados en ese rendimiento físico aludido al inicio del marco teórico hacia enfoques más coherentes con las concepciones emergentes de desarrollo integral [42]. Este cambio conjuga el aprovechamiento del enfoque de la TAD con las NPB permitiendo comprender una diferenciación clara entre calificación y evaluación. Alineándose con el currículo y la pedagogía, la evaluación se ilustra como un proceso regulador de la práctica, y no como una asignación de valor final. A pesar de las complejidades de su puesta en marcha y las necesidades de su traducción al boletín informativo de notas, la EFyC se establece como una practica situada, participativa y orientada a la mejora del aprendizaje [43]. Las evidencias y producciones, las actividades de evaluación, las técnicas de recogida de información y los instrumentos que facilitan dicha recogida y guían el juicio valorativo son los elementos básicos que conforman esta metodología. Consideramos evidencias aquellas producciones (co-reografías, exposiciones, grabaciones, pruebas cooperativas, tareas motrices, etc.) que sirven de material para el análisis compartido del aprendizaje. Las técnicas de recogida de información (observación sistemática, análisis de documento, diarios, pruebas específicas, etc.) permiten tener una base de datos para el análisis. Por último, los instrumentos (rúbricas, guías de observación, registros, etc.) hacen visibles los criterios y facilitan la retroalimentación.[44]

La EFyC se apoya en una estructura triádica que conjuga los distintos agentes implicados en el proceso mediante la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación. Esta distribución redefine el papel que desempeña el docente como guía, mediador e intérprete del proceso. Lorente-Catalán y Kirk [45] destacan que esta participación democrática favorece la conciencia crítica, la autorregulación y el compromiso en el aprendizaje. No obstante, la falta de tiempo, la complejidad del diseño y aplicación, el riesgo de sobrecarga, o los criterios inadecuados pueden suponer un riesgo limitante incluso contraproducente en su desarrollo. Pese a todo, si se implementa de forma paulatina y coherente, mejora la comprensión del aprendizaje, fortalece la implicación del alumnado, y convierte la evaluación en una experiencia significativa.

3. METODOLOGÍA

3.1. Paradigma y enfoque metodológico

La investigación se orienta a comprender el impacto de una intervención en EF basada en AC y EFyC sobre las NPB y la percepción del alumnado. Se adopta un enfoque interpretativo-constructivista, adecuado para analizar significados, experiencias y transformaciones. Especialmente en contextos educativos complejos donde la realidad es subjetiva y construida socialmente.

Este paradigma se apoya en tres corrientes: la fenomenología como experiencia vivida, la hermenéutica como interpretación de significados y el constructivismo social como construcción relacional del conocimiento. Se asume que el aprendizaje en EF emerge de la interacción entre contenido, alumnado, docente y contexto. [46]

El estudio se articula, a su vez, en cuatro dimensiones: Ontológica, epistemológica, axiológica y metodológica [47]. En otras palabras, la realidad educativa se considera compleja y contextual, por lo que el conocimiento se construye como interpretación subjetiva, a través de un proceso inductivo cíclico y reflexivo. De forma coherente, se adopta una metodología cualitativa, naturalista y holística donde el docente-investigador actúa como principal agente. El objetivo de este estudio no es generalizar, sino comprender en profundidad el fenómeno para orientar en la mejora educativa.

3.2. Diseño de investigación

3.2.1. Estructura y progresión del programa de intervención

La intervención se organiza como una programación anual con ocho situaciones de aprendizaje, alineadas con el RD 217/2022 estatal, y el D 39/2022 de Castilla y León. El diseño pretende aunar una combinación de AC y EFyC en la que sus elementos y fases se combinen de forma progresiva. Se inspira en el modelo de implantación progresiva del AC estructurado en las tres fases comentadas: Cohesión grupal, AC como contenido a aprender, AC como recurso para aprender.

El diseño combina contenidos tradicionales de EF (condición física, deporte y expresión corporal) con enfoques y concreciones más innovadores (Superhero training, Pinfuvote, Montaje de Lengua de Signos). Esto busca una transición progresiva desde la visión lúdica heredada hacia un aprendizaje significativo. Cada SA introduce elementos cooperativos y evaluativos de forma gradual generando una evolución en las NPB.

La EFyC sigue una progresión paralela al AC combinando usos preferentes de autoevaluación y coevaluación en diferentes grados de complejidad. La lógica sigue un criterio de aprender a aplicar las pautas y criterios negociados en el individuo (uno mismo y el compañero) para luego poder reconocerlo en situaciones grupales. (Fig2).

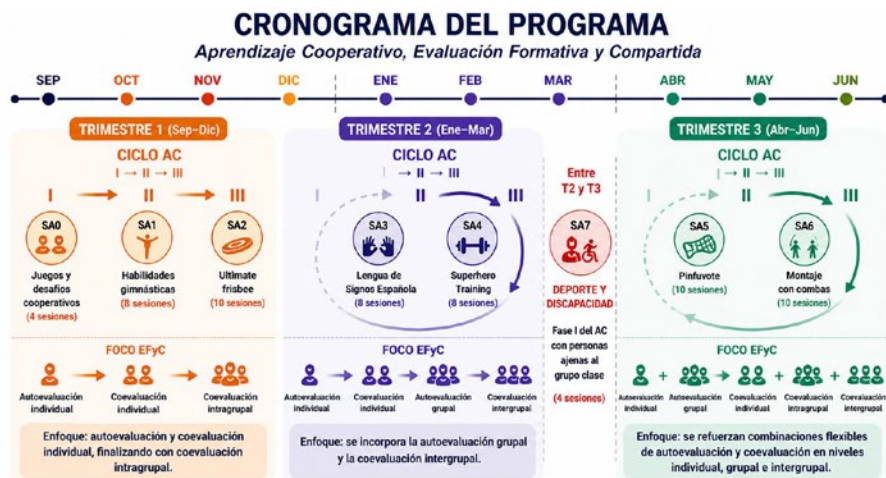


Figura 2. Cronograma de la propuesta de intervención de AC y EFyC

3.2.2. Instrumentos y procedimientos de recogida de datos.

Se emplean tres fuentes principales de toma de información coherentes con el enfoque cualitativo:

- Cuestionario abierto pre-post. Aplicado al inicio (CI) y final (CF) del curso mediante un Forms. Recoge percepciones del alumnado, basado en instrumentos adaptados de la investigación cuantitativa. Su formato abierto favorece la riqueza de respuestas, aunque limita la validación formal.
- Entrevistas grupales semiestructuradas (EG). Realizadas trimestralmente en pequeños grupos. Aportan contraste y profundidad, pero limitan la participación de la totalidad de los participantes. Las entrevistas fueron grabadas para su transcripción.
- Cuaderno de bitácora docente (CB). Evoluciono de una escala estructurada a un registro reflexivo por bloques (clima, NPB, cooperación, evaluación, evolución del grupo y del docente, etc.). Integra reflexiones semanales en distintos momentos temporales (en caliente, templado y en frío).

La triangulación entre estos instrumentos permite contrastar las perspectivas y enriquecer la interpretación, validando sus resultados.

3.2.3. Tratamiento y análisis de datos

El análisis sigue un enfoque temático con codificación mixta (deductiva-inductiva). El proceso sigue cinco fases: transcripción y familiarización; codificación inicial con categorías predefinidas; generación de subcategorías emergentes; reorganización mediante triangulación; identificación de patro-

nes e interpretación crítica. Este proceso se realizó con el software WeftQDA para la categorización y Excel para su organización y revisión de datos por fuentes y categorías.

Las categorías principales analizadas son: Percepción de la EF, Autonomía, Competencia y Relación.

Se aplican la credibilidad (triangulación), la transferibilidad (contextualización) y la confirmabilidad (reflexividad) como criterios de rigor cualitativo. Se asume la subjetividad como parte del proceso, manteniendo una actitud crítica durante todo el proceso.

3.2.4. Contexto del estudio:

El centro educativo en el que se contextualiza el estudio es concertado, urbano y con alta competencia por la matriculación (muchas demandas en la zona). Existe implicación docente, pero también fatiga profesional y tensiones organizativas. La relación con familias es irregular y mediada principalmente por la dirección pedagógica.

El grupo de alumnado es una clase de treinta estudiantes, heterogénea en capacidades cognitivas motrices y sociales. Presenta buena cohesión general, pero ciertas dificultades en el trabajo intencionado en cuanto a cooperación, gestión emocional y organizativa y trabajo mixto.

El perfil del docente parte con una formación sólida en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (CAFYD) y educación (Maestro en EPO y profesor de EF en ESO, Bachillerato y Ciclos Formativos). Combina experiencia en distintos ámbitos de actividad física y deportiva con 4 años de docencia universitaria y de EF en ESO en el centro del presente estudio. Profesionalmente combina una alta exigencia con reflexión y compromiso educativo.

3.2.5. Consideraciones pedagógicas, profesionales y éticas

La intervención se desarrolla en un contexto de inestabilidad institucional. No fue necesaria el consentimiento firmado al desarrollarse la investigación bajo la actuación estrictamente pedagógica del currículo. Las limitaciones se integran como parte del análisis, asumiendo la investigación como un proceso situado, real y no idealizado.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Cambio de percepción sobre la EF

La percepción inicial sitúa la EF como un espacio de juego. Aparece una visión poco estructurada con escaso reconocimiento de contenidos. Sin afirmar si realmente había o no, no se identificaba como tal por el alumnado.

“Es que en general no vimos ningún contenido, solo juegos...” (CI)

Este fragmento muestra una desconexión entre práctica y aprendizaje, donde la ausencia de estructura dificulta coger conciencia del contenido cu-

ricular. La literatura señala que cuando no hay explicitación ni estructura, el alumnado no identifica el aprendizaje como tal [48].

Con la intervención, el alumnado empieza a reconocer que hay contenidos específicos, que se desarrollan de forma organizada y con sentido.

“Sí, más deportes, y que también educación física no es solo juegos...” (EGd)

Este cambio no es automático ni homogéneo. Hay una simultaneidad de aceptación y tensiones dependiendo de la persona y/o el momento.

“Mi primera impresion fue un poco negativa , (...) Lo que mas me choco fue el tema de las fichas o la teoria. Si que es verdad que nunca antes habia dado EF de esta manera y reconozco que de esta manera se aprende muchisimo mas pero e tema de la fichas no termina de convencerme.” (CF)

Estas tensiones iniciales son coherentes con la literatura, que señala que la introducción de propuestas novedosas puede generar resistencia cuando rompe con expectativas previas del alumnado [48].

También se aprecia una transformación en la forma de vivir la asignatura. Al principio, la EF se valora por ser divertida. Cuando aparecen exigencias (atención, organización, reflexión), genera cierta fricción inicial. Sin embargo, con el tiempo, el alumnado empieza a valorar el hecho de aprender. Aquí hay un giro relevante: no desaparece la diversión, se convierte en disfrute. Este desplazamiento del foco en la práctica se asocia con procesos de motivación más autodeterminados [49].

La estructura de AC de las clases y el uso de la EFyC tienen un papel importante. Frente a una experiencia previa más caótica, ahora se percibe orden en las tareas, roles definidos, y continuidad en la práctica.

La evaluación deja de ser una nota y pasa a servir para saber qué hacer y cómo mejorar. Aunque esto vuelve a coincidir con ciertas quejas respecto a la inversión de tiempo y esfuerzo que supone, el cambio es claro. La EF empieza a entenderse con intención educativa [50].

4.2. Autonomía

Al inicio, la autonomía es prácticamente inexistente. Las decisiones recaen en el profesor y, cuando ese brinda alguna al alumnado, son superficiales (p.e.: hacer equipos).

A lo largo del proceso esto cambia. El alumnado empieza a percibir que puede decidir y participar más activamente. Pero este cambio no depende solo de ofrecer opciones. De hecho, a principio, aunque haya elección, el alumnado no es consciente, todavía centrado en lo que “le obligan” a hacer. Esto indica que la autonomía no se reduca a la mera oferta de elección sino a la percepción de alinearse con dichas acciones [51].

“Ha sido muy fácil poder tomar mis propias decisiones, como el lugar, la tarea en la que implicarte y muchas más siempre tienes o puedes hacer algo.” (CF)

La clave está en las dinámicas cooperativas sostenidas. Cuando el grupo va cogiendo inercia de funcionamiento, la autonomía aparece de forma más clara. Se proponen ideas, se negocia, se toman decisiones conjuntas, etc. Aun así, o, mejor dicho, por ello, siguen apareciendo conflictos, pero ahora surgen por la implicación en la propia tarea y las negociaciones organizativas. Esto demuestra que la autonomía también depende del clima del grupo. La literatura señala que el apoyo a la autonomía requiere de ambos aspectos: estructura y relaciones funcionales, no solo libertad de acción [51].

El papel docente en este sentido aparece como destacable. Las explicaciones y el feedback ayudan a que el alumnado entienda qué hacer y cómo mejorar. Sin embargo, también aparecen críticas cuando la comunicación no se ajusta a las expectativas del alumnado. Esto refleja que la autonomía no surge sola, sino que necesita un acompañamiento claro y paulatino.

“Me parece super útil porque creo que aquí aprendemos que es lo que he hecho mal y debo mejorar , y también aprendemos a evaluar a otros compañeros.” (CF)

La EFyC refuerza este proceso. La autoevaluación y la coevaluación ayudan a tomar conciencia del propio trabajo [50]. Aunque al principio cuesta prestar atención a las claves facilitadas, terminan percibiéndose como útiles para regular su propia práctica.

4.3. Competencia

La percepción de competencia es muy desigual al inicio. Parte del alumnado confiado, otros atrevidos pese a su inseguridad y otros cuya indecisión les provoca evitación o bloqueo. Esta percepción depende de experiencias previas más que de la realidad de las tareas.

Con el desarrollo del programa de AC y EFyC, se observa una mejora general. El alumnado se siente más capaz, sobre todo porque se pierde el miedo inicial. Este cambio no es solo técnico, sino especialmente actitudinal. Se aprende a tolerar el error y a percibirlo como oportunidad de mejora y no de un riesgo a un juicio duro.

“sí , porque me he dado cuenta que no importa fallar” (CF)

Además, la competencia deja de ser algo individual. Empieza a tener valor la capacidad de ayuda a sus iguales, de aportar al grupo. Esto cambia el foco: no solo importa hacerlo bien, sino cooperar en el funcionamiento colectivo.

“Antes en la asignatura de educación física, nadie nos enseñaba nada, ni en lo poco que hacíamos, si lo hacíamos bien. Este año ha cambiado respecto a eso, el impulso a poder hacerlo tú y ayudar a tus compañeros ha ayudado mucho ha tener ganas de mejorar. En resumen a querer y sentir que puedes mejorar.” (CF)

El propio alumnado explica su mejora en términos de práctica y continuidad, lo que indica que no solo perciben la mejora, sino que entienden por qué se produce. En este sentido la competencia percibida se consolida de forma más estable y menos dependiente de éxitos puntuales o recompensas externas. Desde la TAD, la percepción de competencia se asocia directamente con formas de motivación más autónomas y con mejores resultados de aprendizaje [51]

4.4. Relaciones sociales

Las relaciones pasan de ser algo secundario y superficial a tener un papel principal en el proceso de aprendizaje. Se ve un cambio del buen clima percibido al jugar juntos, a la construcción de relaciones funcionales en el trabajo cooperativo. Con el AC la interacción se profundiza y adquiere un sentido.

“si ya que todos teníamos una parte de trabajo en la que teníamos que cumplir todos para seguir con la actividad hacia delante” (CF)

El apoyo entre compañeros emerge como un factor clave antes puesto en duda. Ahora no solo facilita el aprendizaje, sino que cambia la forma de afrontar las tareas.

“si, nos teníamos que adaptar y trabajar con cualquier persona de la clase y organizarnos de forma en la que cada uno hiciera su parte del trabajo y que cumpliera” (EG)

También se desarrollan habilidades sociales básicas como ser paciente o empatizar con aquellos que tienen problemas. Aunque siguen existiendo variedad de conductas, conflictos y diferencias en la implicación de las tareas, la tendencia general es positiva.

En conjunto, las relaciones dejan de ser un efecto colateral del juego para convertirse en parte fundamental del aprendizaje. Esto refuerza la idea de que la necesidad de relación es estructural en la motivación [49]

5. CONCLUSIONES

La implementación combinada de AC y EFyC muestra gran potencial para reconfigurar la EF hacia una experiencia mas consciente y educativa. Sin embargo, el proceso está marcado por limitaciones y dificultades. Estos inconvenientes condicionan tanto la aplicación del programa, como los resultados y su interpretación.

En el plano metodológico del diseño del estudio, se presentan restricciones propias del enfoque cualitativo y el diseño situado: muestra única, ausencia de grupo control, instrumentos carentes de validación formal, etc.

Respecto a la propia intervención, objeto principal de este estudio, destaca la dificultad de distinguir los avances y las fricciones durante el propio desarrollo del programa. El incremento de exigencias, el carácter extensivo de aplicar una metodología compleja o la latencia entre la práctica de enseñan-

za-aprendizaje y la adquisición de competencias son algunos de esos escollos. Otros son más propios del carácter sociológico del entorno: el ecosistema del grupo es algo volátil y dependiente de las circunstancias personales de cada miembro.

En cualquier caso, la percepción del alumnado en la reconfiguración de su visión de la EF, y su propia experiencia respecto a las NPB, ha demostrado ser un proceso fructífero en el que coexisten aceptación, rechazo, comprensión y resistencia. Las mejoras de autonomía, competencia y relación percibidas por cada discente gracias al AC y la EFyC son contundentes, pero no unánimes, constantes o inmediatas. En conjunto, los resultados de la implementación de esta metodología dependen singularmente de su adecuada introducción progresiva, contextualizada y sostenida.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alvea, G. R., & Ries, F. (2023). La Educación Física de Calidad y sus consideraciones para una aplicación teórico-práctica en el aula: una revisión narrativa. *Revista Española De Educación Física y Deportes*, 437(1), pp. 44-59.
- [2] Flórez, J. M., Romero-Martín, M. R., & Izco, M. C. (2015). La educación física en el sistema educativo español. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, (411), pág-35.
- [3] Gil-Espinosa, F. J., & Aznar-Cebamanos, M. (2016). Educación física de calidad en el sistema educativo español. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, (414), 69-82.
- [4] Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2019). Brick by brick: The origins, development, and future of self-determination theory. In *Advances in motivation science* (Vol. 6, pp. 111-156). Elsevier.
- [5] Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1), 68.
- [6] Saiz-González, P., Iglesias, D., & Fernandez-Rio, J. (2024). Can pedagogical models promote students' basic psychological needs in physical education? A systematic review and meta-analysis. *Quest*, 76(2), 247-267.
- [7] Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2008). Self-determination theory and the role of basic psychological needs in personality and the organization of behavior.
- [8] Fernández-Rio, J., & Méndez-Giménez, A. (2016). El aprendizaje cooperativo: Modelo pedagógico para Educación Física. *Retos. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (29), 201-206.

- [9] Casey, A., & Goodyear, V. A. (2015). Can cooperative learning achieve the four learning outcomes of physical education? A review of literature. *Quest*, 67(1), 56-72.
- [10] Bores-García, D., Hortigüela-Alcalá, D., González-Calvo, G., & Barba-Martín, R. (2020). Peer assessment in physical education: A systematic review of the last five years. *Sustainability*, 12(21), 9233.
- [11] Arufe-Giráldez, V., Sanmiguel-Rodríguez, A., Ramos-Álvarez, O., & Navarro-Patón, R. (2023). News of the pedagogical models in physical education—A quick review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2586.
- [12] Villanou-Torrano, C. (2000). Contexto histórico y antecedentes de la educación física. *Tándem: Didáctica de la educación física*, (1), 39-52.
- [13] Vilanou-Torrano, C. (2006). Historia conceptual e historia de la educación. *Historia de la Educación*, 25, 35-70
- [14] Lara-Díaz, H. (2013). Visión Sinóptica de la Historia de la Educación Física. *Revista Motricidad y Persona: serie de estudios*, (12), 41-46.
- [15] Torrebaddella-Flix, X. (2014). La educación física comparada en España (1806-1936). *Social and Education History*, 3(1), 25-53.
- [16] Álvarez-Jurado, M., & Torrebaddella-Flix, X. (2022). La bibliografía gimnástica extranjera en el proceso de institucionalización de la educación física española del siglo XIX (1807-1883). Traducciones y adaptaciones. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (43), 143-153.
- [17] Torrebaddella-Flix, X. (2017). La historia de la educación física escolar en España. Una revisión bibliográfica transversal para incitar a una historia social y crítica de la educación física. *Espacio, Tiempo y Educación*, 4(1), 14.
- [18] Carrillo-López, P. J., Rosa-Guillamón, A., & García-Cantó, E. (2023). *Historical, Curricular and Conceptual Evolution of School Physical Education: A Spanish View*. *Acta Paedagogica Vilnensia*, 50, 70-87
- [19] Pastor-Pradillo, J. L. (2007). Fundamentación epistemológica e identidad de la educación física. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 11(2).
- [20] Bailey, R., Armour, K., Kirk, D., Jess, M., Pickup, I., Sandford, R., & Education, B. P. (2009). The educational benefits claimed for physical education and school sport: an academic review. *Research papers in education*, 24(1), 1-27.
- [21] Araujo, M., & Moraima-Campos, M. (2006). La praxis pedagógica en la educación física y los estilos de enseñanza predominantes en los docentes de Educación Básica. *Educare*, 10(3), 165-191.
- [22] Jeffers-Duarte, B., Ruiz-García, Y., & Smith- Batson, M. D. L. C. (2023). Contextualización pedagógica y didáctica de la educación física escolar.

- Una necesidad del contexto educativo actual. *Didasc@ lia: Didáctica y Educación*, 14(1), 189-217.
- [23] Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2002). Overview of self-determination theory: An organismic dialectical perspective. *Handbook of self-determination research*, 2(3-33), 36.
- [24] White, R. L., Bennie, A., Vasconcellos, D., Cinelli, R., Hilland, T., Owen, K. B., & Lonsdale, C. (2021). Self-determination theory in physical education: A systematic review of qualitative studies. *Teaching and Teacher Education*, 99, 103247.
- [25] Wang, J. C., Morin, A. J., Ryan, R. M., & Liu, W. C. (2016). Students' motivational profiles in the physical education context. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 38(6), 612-630.
- [26] Vansteenkiste, M., Niemiec, C. P., & Soenens, B. (2010). The development of the five mini-theories of self-determination theory: An historical overview, emerging trends, and future directions.
- [27] Vansteenkiste, M., Ryan, R. M., & Soenens, B. (2020). Basic psychological need theory: Advancements, critical themes, and future directions. *Motivation and emotion*, 44(1), 1-31.
- [28] Wang, G., Zhang, Q., Wang, L., & Liu, Y. (2025). The impact of teachers' autonomy support on students' academic performance from the perspective of hyperscanning: the mediating role of autonomy need satisfaction. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 20(1), nsaf115.
- [29] Patall, E. A., Yates, N., Lee, J., Chen, M., Bhat, B. H., Lee, K., ... & Hanson, D. J. (2024). A meta-analysis of teachers' provision of structure in the classroom and students' academic competence beliefs, engagement, and achievement. *Educational Psychologist*, 59(1), 42-70.
- [30] Slemp, G. R., Field, J. G., Ryan, R. M., Forner, V. W., Van den Broeck, A., & Lewis, K. J. (2024). Interpersonal supports for basic psychological needs and their relations with motivation, well-being, and performance: A meta-analysis. *Journal of Personality and Social Psychology*.
- [31] Howard, J. L., Slemp, G. R., & Wang, X. (2025). Need support and need thwarting: A meta-analysis of autonomy, competence, and relatedness supportive and thwarting behaviors in student populations. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 51(9), 1552-1573.
- [32] Bureau, J. S., Howard, J. L., Chong, J. X., & Guay, F. (2022). Pathways to student motivation: A meta-analysis of antecedents of autonomous and controlled motivations. *Review of educational research*, 92(1), 46-72.
- [33] Fernández-Río, J., Hortigüela-Alcalá, D., & Pérez-Pueyo, Á. L. (2021). ¿Qué es un modelo pedagógico? Aclaración conceptual. *Los modelos pedagógicos en educación física: qué, cómo, por qué y para qué*, 12-24.

- [34] Fernández-Río, J., & Iglesias, D. (2024). What do we know about pedagogical models in physical education so far? An umbrella review. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 29(2), 190-205.
- [35] Casey, A., & Kirk, D. (2021). *Models-based practice in physical education*. Routledge.
- [36] Fernandez-Rio, J., Cecchini, J. A., Méndez-Gimenez, A., Mendez-Alonso, D., & Prieto, J. A. (2017). Self-regulation, cooperative learning, and academic self-efficacy: Interactions to prevent school failure. *Frontiers in psychology*, 8, 22
- [37] Dyson, B., & Casey, A. (2016). Cooperative learning in physical education and physical activity: A practical introduction. Routledge.
- [38] Velázquez-Callado, C. (2018). El aprendizaje cooperativo en educación física: Planteamientos teóricos y puesta en práctica. *Acciónmotriz*, (20), 7-16.
- [39] Fernández-Río, J. (2017). El Ciclo del Aprendizaje Cooperativo: una guía para implementar de manera efectiva el aprendizaje cooperativo en educación física. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (32), 264-269.
- [40] Garví-Medrano, P. M., García-López, L. M., & Fernández-Río, J. (2022). *Aprendizaje cooperativo. Materiales curriculares para educación secundaria en educación física* (Vol. 35). Ediciones de la Universidad de Castilla La Mancha.
- [41] Pérez-Pueyo, Á., Alcalá, D. H., & Fernandez-Río, J. (2020). Evaluación formativa y modelos pedagógicos: Estilo actitudinal, aprendizaje cooperativo, modelo comprensivo y educación deportiva. *Revista española de educación física y deportes*, (428), ág-47.
- [42] Bailey, R., Armour, K., Kirk, D., Jess, M., Pickup, I., Sandford, R., & Education, B. P. (2009). The educational benefits claimed for physical education and school sport: an academic review. *Research papers in education*, 24(1), 1-27.
- [43] Barrientos-Hernán, E. J., López-Pastor, V. M., Lorente-Catalán, E., & Kirk, D. (2023). Challenges with using formative and authentic assessment in physical education teaching from experienced teachers' perspectives. *Curriculum studies in health and physical education*, 14(2), 109-126.
- [44] Pérez-Pueyo, Á., Hortigüela-Alcalá, D., Gutiérrez-García, C., & Barba-Martín, R. A. (2024). Evaluación formativa y compartida en Educación física: fundamentos y experiencias prácticas en todas las etapas educativas.

- [45] Lorente-Catalán, E., & Kirk, D. (2014). Making the case for democratic assessment practices within a critical pedagogy of physical education teacher education. *European Physical Education Review*, 20(1), 104–119.
- [46] Antunez, J. V. V., Cadena, K. Á., Quilligana, R. B., & Villón, M. C. (2024). Max van Manen, Martin Heidegger y la fenomenología hermenéutica. Investigación educativa y Ecología de la existencia pedagógica: un horizonte de interpretación. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-25.
- [47] Engelsrud, G., Rugseth, G., & Nordtug, B. (2023). Taking time for new ideas: learning qualitative research methods in higher sports education. *Sport, Education and Society*, 28(3), 239-252.
- [48] Saiz-Gonzalez, P., Iglesias, D., & Fernandez-Rio, J. (2024). Can pedagogical models promote students' basic psychological needs in physical education? A systematic review and meta-analysis. *Quest*, 76(2), 247-267.
- [49] Fernandez-Rio, J., Hordvik, M., & Casey, A. (2025). Can Pedagogical Models Positively Influence Students' Motivation? A Hierarchical Approach. In *Motivation in Physical Education* (pp. 305-321). Cham: Springer Nature Switzerland.
- [50] Slemp, G. R., Field, J. G., Ryan, R. M., Forner, V. W., Van den Broeck, A., & Lewis, K. J. (2024). Interpersonal supports for basic psychological needs and their relations with motivation, well-being, and performance: A meta-analysis. *Journal of Personality and Social Psychology*.
- [51] Raine, K. E., Tucker, K. S., & Skinner, E. A. (2026). Exploring the pathways through which teacher support predicts changes in students' academic coping across the school year: a self-determination theory approach. *The Journal of Early Adolescence*, 46(2), 241-277.

PÓSTERES

IMPACTO Y DESAFÍOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA GESTIÓN ESCOLAR DESDE LA PERSPECTIVA DOCENTE EN EL SISTEMA EDUCATIVO CHILENO

MARCELA ALEJANDRA GONZÁLEZ LLANCAPÁN

Resumen

La gestión escolar en el sistema educativo chileno ha sido fuertemente influenciada por políticas de aseguramiento de la calidad, rendición de cuentas y uso intensivo de datos, particularmente a partir de la Ley N° 20.529 y de los marcos de desempeño directivo promovidos por el Ministerio de Educación. En este contexto, la incorporación de tecnologías digitales y, más recientemente, de herramientas basadas en inteligencia artificial (IA) han comenzado a transformar los procesos de gestión escolar, incidiendo en la toma de decisiones, la administración institucional, el seguimiento académico y los procesos de evaluación. Sin embargo, su implementación aún no se encuentra plenamente arraigada en los procesos internos de gestión y, en muchos casos, aparece desvinculada de las percepciones y experiencias de los docentes, quienes son actores clave en la dinámica escolar.

Pese a los beneficios potenciales atribuidos a la IA en términos de eficiencia y optimización de la gestión educativa, persiste una brecha de conocimiento respecto de su impacto real y de los desafíos que implica su utilización desde la perspectiva docente, especialmente en relación con tensiones éticas, profesionales y organizacionales. En respuesta a esta problemática, la presente investigación tiene como objetivo analizar el impacto y los desafíos de la inteligencia artificial en la gestión escolar chilena desde la perspectiva de los docentes, mediante un enfoque metodológico mixto, que permita aportar orientaciones para una implementación contextualizada de la IA en la gestión educativa.

Palabras clave

gestión escolar; inteligencia artificial; percepción docente; transformación digital; políticas educativas chilenas.

1. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA OBJETO DE ESTUDIO

En Chile, los estudios sobre gestión escolar y liderazgo educativo han avanzado significativamente; no obstante, no existe mayor evidencia en torno al análisis crítico del uso de inteligencia artificial en la gestión escolar.

El estudio contribuirá en el campo de la gestión educacional y la tecnología educativa, ampliando el marco teórico sobre inteligencia artificial aplicada a contextos escolares desde un enfoque centrado en los actores educativos.

Se propone un abordaje empírico que permita comprender el fenómeno desde el ejercicio del desarrollo profesional docente, integrando distintas dimensiones del impacto de la IA en la gestión escolar.

La investigación podrá aportar evidencia relevante para el diseño de políticas públicas en el marco de la transformación digital impulsada por el Estado a través de políticas educativas.

Además, los resultados podrán orientar a equipos directivos, responsables de políticas educativas internas y diseñadores de sistemas de IA, favoreciendo procesos de implementación más contextualizados, éticos y participativos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Analizar el impacto y los desafíos de la utilización de la inteligencia artificial en la gestión escolar chilena desde la perspectiva docente.

2.2. Objetivos específicos

Identificar los principales usos de la inteligencia artificial en los procesos de gestión escolar.

Caracterizar los usos actuales de la inteligencia artificial en los procesos de gestión escolar en establecimiento educacionales chilenos.

Describir las percepciones docentes respecto del impacto de la IA en la gestión educativa y en su ejercicio profesional.

Identificar los principales desafíos organizacionales y pedagógicos asociados al uso de IA en la gestión escolar.

Examinar la influencia del marco normativo y de las políticas educativas chilenas en la adopción de IA en la gestión escolar.

Proponer orientaciones para una implementación contextualizada de la IA en la gestión escolar chilena.

3. METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

Enfoque mixto, estudio descriptivo interpretativo.

3.2. Población y muestra

La muestra será intencional y por criterios.

Criterios: nivel educativo (básica y media), dependencia administrativa (particular subvencionado), docentes (directivos y no directivos), experiencia docente (dos años de ejercicio profesional como mínimo)

3.3. Técnicas de recolección de datos

Cuestionario estructurado (fase cuantitativa)

Entrevistas semiestructuradas a docentes

Análisis documental de normativas y lineamientos institucionales

3.4. Medios y recursos

3.4.1. Materiales disponibles

La investigación contará con los recursos materiales y tecnológicos necesarios para su adecuado desarrollo. Entre ellos se consideran equipos informáticos (computador personal con acceso a internet), software para el procesamiento y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, tales como hojas de cálculo y programas de análisis estadístico y de contenido. Asimismo, se dispondrá de herramientas digitales para la aplicación de cuestionarios en línea, grabación y transcripción de entrevistas, y almacenamiento seguro de la información recopilada.

Adicionalmente, se utilizarán bases de datos académicas, repositorios institucionales y fuentes documentales oficiales, tales como normativas, lineamientos y documentos del Ministerio de Educación, necesarios para el análisis documental. Estos recursos permitirán garantizar la viabilidad técnica y metodológica de la investigación, así como la sistematización y resguardo de la información generada durante el proceso investigativo.

4. REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Educación de Chile. (2015). *Marco para la buena dirección y el liderazgo escolar*. MINEDUC.
- [2] Ministerio de Educación de Chile. (2011). *Ley N.º 20.529: Sistema Nacional de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Parvularia, Básica y Media y su Fiscalización*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- [3] Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (2021). *Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial*. Gobierno de Chile.
- [4] Bellei, C., Contreras, M., & Valenzuela, J. P. (2020). *El liceo en tiempos turbulentos: Cómo ha cambiado la educación media chilena*. LOM Ediciones.
- [5] Bolívar, A. (2019). *Una dirección escolar con capacidad de liderazgo pedagógico*. Narcea.
- [6] Cabero-Almenara, J., & Barroso-Osuna, J. (2023). Inteligencia artificial aplicada a la educación: Posibilidades, riesgos y desafíos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 92(1), 17–36.
- [7] UNESCO. (2021). *Artificial intelligence and education: Guidance for policymakers*. UNESCO Publishing.

- [8] Williamson, B., Eynon, R., & Potter, J. (2020). Pandemic politics, pedagogies and practices: Digital technologies and distance education during the coronavirus emergency. *Learning, Media and Technology*, 45(2),

POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE TRONCO CEREBRAL Y POTENCIALES DE ESTADO ESTABLE EN EL SERVICIO DE OTORRINOLARINGOLOGÍA DEL HUBU: BASES TEÓRICAS, PROCEDIMIENTO E INTERPRETACIÓN

CRISTINA MARTÍNEZ-AUSÍN^{1,3}, ELVIRA ISABEL MERCADO-VAL^{2,3},
MARÍA CRISTINA MARTÍN-VILLARES^{1,3}

¹*Servicio de Otorrinolaringología, Hospital Universitario de Burgos (HUBU), Burgos, España*

²*Departamento de Ciencias de la Educación, Facultad de Educación, Universidad de Burgos (UBU), Burgos, España*

³*Escuela de Doctorado, Universidad de Burgos (UBU), Burgos, España*

Resumen

Los potenciales evocados auditivos de tronco cerebral (PEATC) y los potenciales evocados auditivos de estado estable (PEAEE) son herramientas clínicas fundamentales en la evaluación objetiva de la función auditiva, especialmente en pacientes que no pueden colaborar activamente. Por ello, es importante que todo médico especialista en Otorrinolaringología disponga de los conocimientos necesarios para realizar e interpretar correctamente estas pruebas, con el objetivo de llegar a un diagnóstico y aplicar el tratamiento más adecuado en cada caso.

Palabras clave

PEATC, PEAEE, hipoacusia, audición, latencia, onda.

1. INTRODUCCIÓN

Los potenciales evocados auditivos (PEA) son respuestas eléctricas generadas a lo largo de la vía auditiva tras un estímulo sonoro [1]. Estas respuestas se registran mediante técnicas de promediación que permiten diferenciar la señal del ruido electroencefalográfico.

Se clasifican según su latencia:

- Corta latencia (PEATC): 0–10 ms.
- Media latencia: 10–60 ms.
- Larga latencia: 60–500 ms.

Los más utilizados en la práctica clínica son los potenciales del tronco cerebral (PEATC), fundamentales para la evaluación objetiva de la vía auditiva.

1.1. Base teórica neurofisiológica

La actividad eléctrica generada a nivel del tronco del encéfalo a partir del estímulo auditivo se registra en las ondas I–V, las cuales reflejan distintos niveles anatómicos de la vía auditiva (Fig. 1):

- I: cóclea
- II: núcleo coclear
- III: complejo olivar superior
- IV: lemnisco lateral
- V: colículo inferior

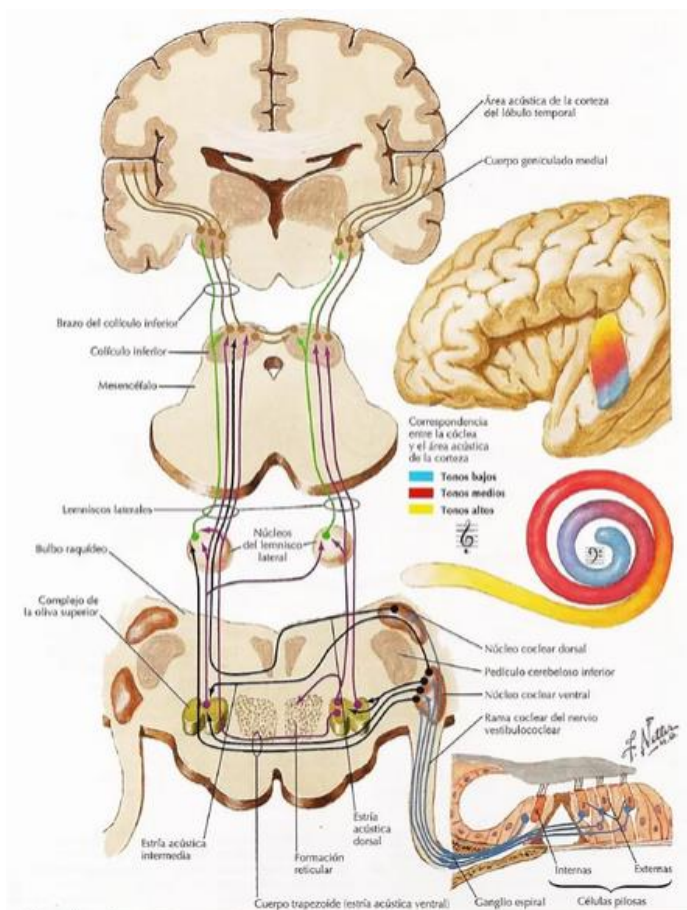


Figura 1. Vía auditiva. Netter

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Material:

- Equipo de potenciales *Interacoustics-Eclipse®*.
- Electrodo (vértex, mastoides, tierra).
- Generador de estímulos acústicos y Sistema de registro electrofisiológico.
- Auriculares (inserción, TDH-39) o vibrador óseo.

Estímulos utilizados: Click (más usado); *tone-burst/tone-pip*; ruido blanco, etc.

Procedimiento:

- Paciente relajado o dormido [2]. (Fig. 2).
- Control de impedancia ($<5\text{ k}\Omega$).
- Registro mediante promediación de estímulos.
- Evaluación de latencias y morfología de ondas.



Figura 2. Procedimiento. Recurso Online

3. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

Tanto los PEATC como los PEAAE sirven para evaluar objetivamente la actividad de la vía auditiva y tienen multitud de aplicaciones en la práctica clínica [3]:

- Cribado neonatal.
- Diagnóstico audiológico infantil.
- Evaluación objetiva de hipoacusia.
- Diagnóstico de neuropatía auditiva, patología retrococlear.

Ambas son técnicas cuyos resultados expresan información complementaria, pero distinta, y cuya interpretación también difiere.

3.1. Potenciales evocados auditivos de tronco cerebral (PEATC)

Consisten en el registro de una respuesta eléctrica compuesta por 5 ondas en los primeros 10 ms tras la estimulación auditiva [1]. (Fig. 3).

Es fundamental conocer los valores normales aproximados de las LATENCIAS de las distintas ondas (a un estímulo de 70-80 dB):

- Onda I: 1,5 ms.
- Onda II: 2,5 ms.
- Onda III: 3,5 ms.
- Onda IV: 4,5 ms.
- Onda V: 5,5 ms.

La **onda V** es la más estable y se usa para estimar el UMBRAL AUDITIVO.

El explorador debe detectar y analizar la onda V.

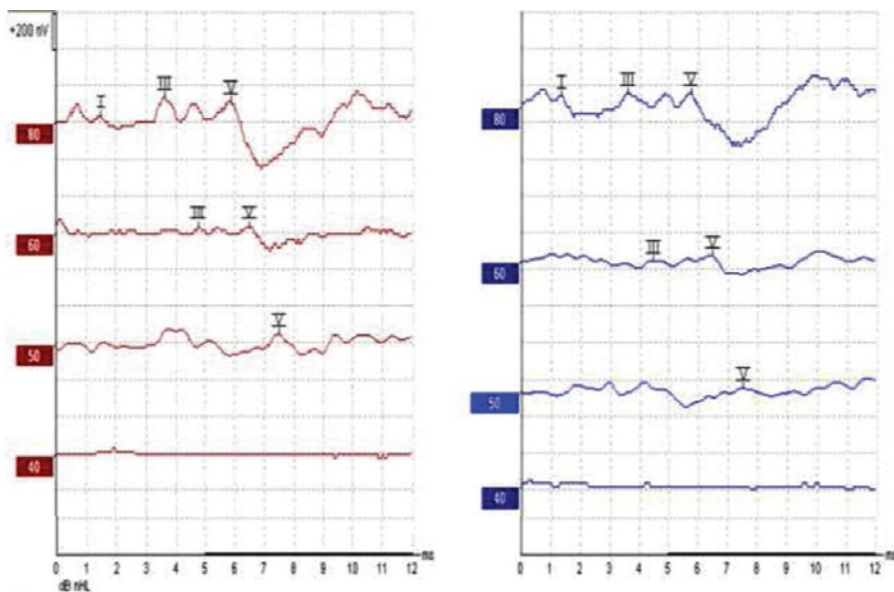


Figura 3. Ejemplo de resultado de PEATC. Rojo: Oído derecho. Azul: Oído izquierdo. Recurso Online

3.2. Potenciales evocados auditivos de estado estable (PEAEE)

Consisten en el registro de una respuesta eléctrica periódica y continua [1]. Permiten evaluar múltiples frecuencias sonoras simultáneamente.

Se trata de una técnica objetiva sin interpretación del explorador.
El resultado se refleja en forma de “audiometría” objetiva. (Fig. 4).

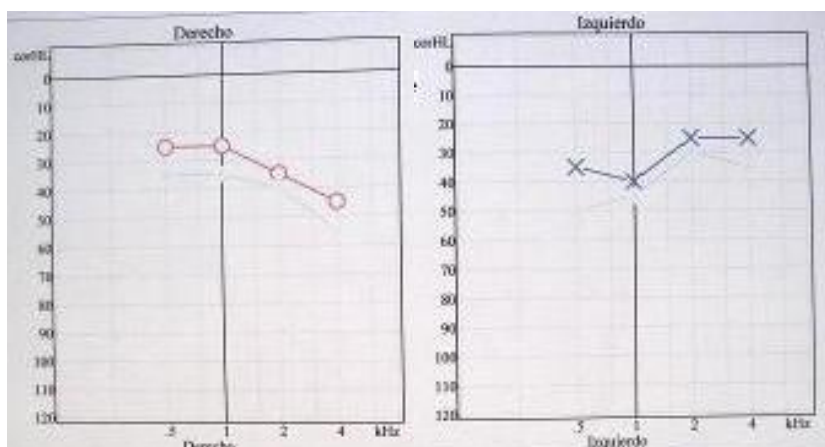


Figura 4. Ejemplo de resultado de PEAE. Rojo: Oído derecho. Azul: Oído izquierdo. Recurso Online

4. REFERENCIAS

- [1] Huarte Irujo A, et al. Exploración subjetiva y objetiva de la audición. Actualización en Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello. <https://seorl.net/>. SEORL-CCC.
- [2] Avdiyuk A, et al. Potenciales evocados auditivos de tronco cerebral (PEATC) realizados bajo sedación con melatonina. Rev ORL. 2025; 17(1):e33868.
- [3] Trinidad G, et al. Potenciales evocados auditivos. An Pediatr Contin. 2008;6(5):296–301.

IMPACTO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN LA CALIDAD DE VIDA DE ESTUDIANTES CON DISCAPACIDAD INTELECTUAL Y DEL DESARROLLO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

LAURA OLMOS RUANO

*Doctoranda en Educación, Universidad de Burgos.
Facultad de Educación: Calle Villadiego 1, 09001.*

lor0000@alu.ubu.es

Resumen

La inclusión de las personas con discapacidad intelectual en la educación superior constituye uno de los principales retos de la universidad inclusiva. El presente trabajo analiza la relación entre el acceso a la educación superior y la calidad de vida en estudiantes con discapacidad intelectual y del desarrollo, con el fin de identificar tanto los beneficios de los programas universitarios inclusivos como las barreras que todavía dificultan una participación plena.[1][2]

La revisión sistemática se realizó siguiendo las directrices PRISMA 2020. La búsqueda se llevó a cabo en Web of Science, Scopus y Dialnet, utilizando descriptores relacionados con discapacidad, calidad de vida y educación superior. Se aplicaron criterios de inclusión que contemplaron artículos empíricos, revisiones sistemáticas y estudios bibliométricos revisados por pares, publicados entre 2017 y 2025, en español e inglés, y en las áreas de Educación, Psicología y Ciencias Sociales. Tras aplicar los filtros establecidos y eliminar los duplicados, la muestra final quedó compuesta por 9 estudios.[2][1]

Los resultados muestran un impacto positivo de la educación superior inclusiva sobre dimensiones como la autonomía, el bienestar emocional, el desarrollo personal, la inclusión social y los derechos. Sin embargo, persisten barreras estructurales, académicas y organizativas, así como una falta de apoyos institucionales y adaptaciones personalizadas.[1][2]

En consecuencia, se subraya la necesidad de fortalecer la accesibilidad, flexibilizar los currículos y formar adecuadamente al profesorado para avanzar hacia universidades verdaderamente inclusivas.[2][1]

Palabras clave

Discapacidad intelectual; calidad de vida; educación superior; inclusión educativa; barreras; facilitadores.[1][2]

1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la relación entre el acceso a la educación superior y la calidad de vida en estudiantes con discapacidad intelectual y del desarrollo.[2]

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el impacto de los programas inclusivos universitarios en el bienestar y la participación.[2]
- Identificar las dificultades y necesidades de mejora en la inclusión educativa universitaria.[2]

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el impacto en la calidad de vida de jóvenes con discapacidad intelectual y del desarrollo tras su paso por la educación superior?[2]

4. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una revisión sistemática siguiendo PRISMA 2020. La búsqueda se realizó en Web of Science, Scopus y Dialnet mediante descriptores específicos en español e inglés. Se seleccionaron artículos empíricos, revisiones sistemáticas y estudios bibliométricos revisados por pares, publicados entre 2017 y 2025, en las áreas de Educación, Psicología y Ciencias Sociales. [1][2]

El proceso de selección partió de 35 registros iniciales, que se redujeron a 30 tras el filtro por año, a 15 tras el filtro temático y finalmente a 9 estudios tras eliminar 6 duplicados. Después se extrajeron datos sobre características de los participantes, programas de inclusión e impacto, y se valoró la calidad metodológica de los estudios incluidos.[1][2]

5. RESULTADOS

Los estudios revisados muestran que la educación superior inclusiva mejora la calidad de vida del alumnado con discapacidad intelectual y del desarrollo, especialmente en autonomía, autoestima, derechos y desarrollo personal. También se observan avances en la participación y en la proyección sociolaboral.[1][2]

No obstante, persisten barreras como la falta de accesibilidad, la escasez de apoyos personalizados, la insuficiente formación docente y determinadas barreras actitudinales. Estos factores limitan el alcance real de la inclusión universitaria.[1][2]

6. CONCLUSIONES

La educación superior inclusiva tiene un efecto positivo en la calidad de vida de los estudiantes con discapacidad intelectual y del desarrollo. Para consolidar este impacto es necesario reforzar la accesibilidad, adaptar los currículos, aumentar los apoyos institucionales y promover una formación docente específica.[2][1]

7. REFERENCIAS

- [1] Ahumada Contreras, P. A., Roco Alvarado, A., & Ahumada Taverna, E. (2024). Factores que obstaculizan el rendimiento académico y/o permanencia universitaria de las personas en situación de discapacidad física, visual, auditiva, mental psíquica y mental intelectual. *Revista FACS Salud UNEMI*.^[2]
- [2] Grigal, M., Dukes, L. L., & Walker, Z. (2021). Advancing access to higher education for students with intellectual disability in the United States. *Disabilities*, 438–449.^[2]
- [3] Hennessy, T., McMahon, J., & Doody, O. (2025). How people with an intellectual disability experience inclusive third-level education: A scoping review. *British Journal of Learning Disabilities*, 53, 158–191.^[2]
- [4] Herrero, P. R., Gasset, D. I., & García, A. C. (2020). Inclusive education at a Spanish university: The voice of students with intellectual disability. *Disability & Society*.^[2]
- [5] Hu, S. T., & Lin, Y. T. (2023). Academic and workplace transition for college students with intellectual disabilities: An exploratory study. *Journal of Research in Education Sciences*, 68, 35–71.^[2]
- [6] Lucas-Molina, B., Ávila Clemente, V., Pérez de Albéniz, A., & Fonseca-Pedrero, E. (2020). Educación emocional en jóvenes con discapacidad intelectual. *Revista Española de Discapacidad*, 8, 151–162.^[2]
- [7] Ramírez Salazar, D. A., Soto Ossa, P. A., Rugeles López, M. T., Lugo Agudelo, L. H., & Quintero Valencia, C. A. (2021). Propuesta didáctica con enfoque ecológico e interdisciplinar: una apuesta por la educación superior inclusiva. *Siglo Cero*, 52, 163–184.^[2]
- [8] Tebar-Yébana, S., Navarro-Mateu, D., Gómez-Domínguez, M. T., & Gómez-Domínguez, V. (2024). Educational inclusion and satisfaction of families of students with intellectual disabilities: A bibliometric study. *Frontiers in Psychology*, 15, 112–130.^[2]
- [9] Carvacho, et al. (2022). University and intellectual disability. [Estudio incluido en la revisión].^[1]

ISBN 979-13-87585-44-0



9 791387 585440



**UNIVERSIDAD
DE BURGOS**

**Servicio de Publicaciones e
Imagen Institucional**