

CONGRESOS Y CURSOS

DIRECTOR:
JOAQUÍN ANTONIO PACHECO BONROSTRO

COORDINADOR:
JOSÉ LUIS CUESTA GÓMEZ

**IX JORNADAS
DE DOCTORANDOS
DE LA UNIVERSIDAD DE BURGOS**



UNIVERSIDAD
DE BURGOS

**IX JORNADAS DE DOCTORANDOS DE
LA UNIVERSIDAD DE BURGOS**

Director:

JOAQUÍN ANTONIO PACHECO BONROSTRO

Coordinador:

JOSÉ LUIS CUESTA GÓMEZ

**IX JORNADAS DE DOCTORANDOS
DE LA UNIVERSIDAD DE BURGOS**



**UNIVERSIDAD
DE BURGOS**

2024

(CONGRESOS Y CURSOS, 80)

**IX JORNADAS DE DOCTORANDOS DE
LA UNIVERSIDAD DE BURGOS**

UNIVERSIDAD DE BURGOS
mayo de 2024

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



- © 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: 978-84-18465-83-3 (ebook)
DOI: <https://doi.org/10.36443/9788418465833>

ÍNDICE

PRÓLOGO	11
PRIMERA SESIÓN	15
RACISMO MODERNO Y EMOCIONES HACIA LAS PERSONAS INMIGRANTES EN LA PROVINCIA DE BURGOS	17
BEATRIZ SÁEZ-PASCUAL, DELFÍN ORTEGA-SÁNCHEZ, RAQUEL DE LA FUENTE-ANUNCIBAY	
LA EDUCACIÓN CULTURALMENTE RECEPTIVA Y LA EDUCACIÓN INTERCULTURAL: NEXOS ENTRE AMBOS MODELOS PEDAGÓGICOS	25
ÁNGEL LLORENTE VILLASANTE	
¿EL USO DE LA TECNOLOGÍA NOS HACE MÁS COMPETENTES?: SITUACIÓN DE APRENDIZAJE “TROYIANO” PARA LA MATERIA “TECNOLOGÍA Y DIGITALIZACIÓN” DE 1º ESO.....	39
ALEJANDRO REY LÓPEZ	
SOBRE LA NATURALEZA DE STEM: HACÍA UNA EDUCACIÓN CIENTÍFICA INTEGRADA.....	49
VÍCTOR MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, JAIRO ORTIZ-REVILLA E ILEANA M. GRECA	
PATRIMONIO CULTURAL Y REDES SOCIALES: ANÁLISIS DE LA PRESENCIA EN LA PLATAFORMA X DE LOS BIENES DE INTERÉS CULTURAL EN EL CAMINO FRANCÉS DE CASTILLA Y LEÓN	59
SILVIA DÍAZ-DE LA FUENTE, MARÍA PILAR ALONSO ABAD, JOSÉ MANUEL GALÁN	
SEGUNDA SESIÓN.....	71
LA POLÍTICA ESTRATÉGICA EUROPEA PARA LA GESTIÓN INTEGRADA DE FRONTERAS: HACIA UNA LIBERTAD DE CIRCULACIÓN MÁS EFICIENTE, MODERNA Y RESPECTUOSA CON LOS DERECHOS FUNDAMENTALES	73
SANDRA ALONSO TOMÉ	

LA COORDINACION ENTRE EL NUEVO REGISTRO DE LA PROPIEDAD ELECTRÓNICO Y EL CATASTRO INMOBILIARIO Y LA DESCRIPCIÓN GRAFICA GEORREFERENCIADA DE LA FINCA EN EL NUEVO FOLIO REGISTRAL ELECTRÓNICO.	89
MIGUEL ANGEL PASCUA MORENO.	
CÓMO ABORDAR LA INTERNACIONALIZACIÓN DE LA EMPRESA. APLICACIÓN AL SECTOR VITIVINÍCOLA.....	107
MONTSERRAT PAMPLIEGA MELGOSA, NADIA JIMÉNEZ, SONIA SAN-MARTÍN	
EL OFICIO MÁS ANTIGUO DEL MUNDO Y SU LIMBO NORMATIVO	127
SARAY CAPA SANTAMARÍA.	
TERCERA SESIÓN.....	135
EFFECTOS DE UNA INTERVENCIÓN DE MINDFULNESS IMPLEMENTADA A TRAVÉS DE UNA APP MÓVIL SOBRE LA CALIDAD DE VIDA Y EL IMPACTO DE LA FIBROMIALGIA EN LOS PACIENTES DIAGNOSTICADOS DE CASTILLA Y LEÓN.UN ESTUDIO CUASI-EXPERIMENTAL.	137
AZUCENA PADRONES HORTIGÜELA	
ANÁLISIS E INTERVENCIÓN DESDE EL CAMPO DE LA ENFERMERÍA PARA LA MEJORA DE LA ACTIVIDAD LABORAL Y CALIDAD DE VIDA EN LOS TRABAJADORES DE EMPRESAS PRIVADAS EN BURGOS.....	151
SOFÍA ÁLVAREZ ORTEGA, DIEGO SERRANO GÓMEZ, MARÍA JOSÉ SIERRA MEDINA, JOSÉ LUIS GONZÁLEZ CASTRO	
CHARACTERIZATION OF WHITE WINE POMACE CONTENT AND ITS BIOACTIVITY BY HPTLC	161
VÍCTOR GUTIÉRREZ GONZÁLEZ, ÁGNES M. MÓRICZ, GISELA GERARDI, MÓNICA CAVIA-SAIZ, PILAR MUÑIZ	
ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO DEL VIRUS SARS-COV-2 A PARTIR DE MUESTRAS DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE BURGOS	171
LORENA CASADO-MARTÍN, NADINE YERAMIAN-HAKIM, DANIEL PÉREZ-ALONSO, JORGE SANTAMARÍA-PALACIOS, DAVID RODRÍGUEZ-LÁZARO	

PLANIFICACIÓN DE HORARIOS PARA PERSONAL SANITARIO CON ESTRATEGIAS EFICIENTES	175
PAULA ANTÓN MARAÑA, JOAQUÍN ANTONIO PACHECO BONROSTRO, JULIO CÉSAR PUCHE REGALIZA, SILVIA CASADO YUSTA	
SESIÓN DE PÓSTERS	189
PERCEPTUAL REASONING COMO ENDOFENOTIPO DE LA PSICOSIS. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.....	191
EDUINA GRANDE-DOMÍNGUEZ, MARÍA-CAMINO ESCOLAR-LLAMAZARES Y RAFAEL RIVAS MORCILLO	
ESTUDIO GEOCRONOLÓGICO DEL YACIMIENTO DE GRAN DOLINA (ATAPUERCA, BURGOS) MEDIANTE RESONANCIA PARAMAGNÉTICA ELECTRÓNICA Y PALEOMAGNETISMO	205
I. ROMO-DÍEZ, J. M. PARÉS, M. DUVAL	
CUARTA SESIÓN.....	209
COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CON ADICIONES SIMULTÁNEAS DE TRITURADO DE PALAS DE AEROGENERADOR Y ÁRIDOS RECICLADOS DE HORMIGÓN	211
NEREA HURTADO-ALONSO, JAVIER MANSO-MORATO, VÍCTOR REVILLA-CUESTA, MARTA SKAF	
HORMIGÓN SOSTENIBLE CON ALTOS PORCENTAJES DE TRITURADO DE PALA DE AEROGENERADOR	221
JAVIER MANSO-MORATO, NEREA HURTADO-ALONSO, VÍCTOR REVILLA-CUESTA, VANESA ORTEGA-LÓPEZ	
CITOTOXICIDAD MODULABLE DE CONJUGADOS DEPSIPEPTÍDICOS FLUORESCENTES Y SU UTILIDAD COMO TRANSPORTADORES DE MACROMOLÉCULAS CON FUNCIÓN FARMACOLÓGICA.	233
CARLA HERNANDO MUÑOZ, IRENE ABAJO CUADRADO, ANDREA REVILLA CUESTA, TOMÁS TORROBA PÉREZ.	
TÉCNICAS QUIMIOMÉTRICAS Y ESPECTROSCOPÍA NIR EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA. APLICACIONES EN LA MONITORIZACIÓN DE PROCESOS DEL SECTOR LÁCTEO Y DE LA PANIFICACIÓN	245
D. CASTRO-REIGÍA, I. GARCÍA, S. SANLLORENTE, M.C. ORTIZ	

YACIMIENTO DE A PITEIRA (TOÉN, OURENSE): UN EJEMPLO DE TECNOLOGÍA LÍTICA DEL PALEOLÍTICO MEDIO EN EL CURSO MEDIO DEL RÍO MIÑO.....	261
ROBERTO LAGE SOCASTRO	

PRÓLOGO

Este libro recoge el contenido de las IX Jornadas de Doctorandos, organizadas por la Escuela de Doctorado de la Universidad de Burgos. Estas jornadas, que se celebran anualmente, junto al concurso “Tesis en 3 minutos”, son las actividades más queridas y esperadas por los alumnos de los distintos programas de doctorado. Entre las razones de su éxito esta el que son punto de encuentro donde alumnos de diferentes áreas de conocimiento exponen e intercambian sus avances, con diferentes enfoques, puntos de vista. Esto supone una evidente fuente de enriquecimiento personal para todos los participantes. Estas jornadas, además, ayudan a poner en relieve la investigación promovida desde la Universidad de Burgos.

En estas novenas Jornadas de Doctorandos se presentan 22 trabajos, que evidencian el interés que suscitan entre el alumnado de los diferentes programas de doctorado, y permiten acercarse a la diversa realidad temática que configura la investigación doctoral en la Universidad de Burgos. La tecnología, que la Escuela de Doctorado ha incorporado de manera definitiva en su oferta formativa a partir de la situación generada por la pandemia permiten que las jornadas puedan ser seguidas en modalidad on-line a través de la plataforma Skype y retransmitidas en streaming con la colaboración de TV UBU.

La inauguración de las jornadas cuenta con la participación, como conferenciante invitada, de Gabriela Garrido Candela, directora de la Clínica de Psiquiatría Pediátrica de la Universidad de la República en Montevideo (Uruguay). En su ponencia, bajo el título “Salud Mental en la Infancia y Adolescencia: Un Tema Crucial”, la doctora aborda un problema que en los últimos tiempos se ha incrementado especialmente en trastornos como el autismo, la ansiedad o la depresión. Asimismo, subraya la importancia de las redes de apoyo y la integración de las familias en el tratamiento, destacando la fuerte trama asociativa existente en España, así como la importancia de los determinantes sociales en la salud mental, especialmente en la infancia.

Agradecemos la excelente acogida y participación en las jornadas, y esperamos que disfrutéis de las mismas. Muchas gracias por vuestra participación.

La Escuela de Doctorado de la Universidad de Burgos

PRIMERA SESIÓN

BEATRIZ SÁEZ PASCUAL

Racismo moderno y emociones hacia las personas inmigrantes en la provincia de Burgos.

ÁNGEL LLORENTE VILLASANTE

La educación culturalmente receptiva y la educación intercultural: nexos entre ambos modelos pedagógicos.

ALEJANDRO REY LÓPEZ

¿El uso de la tecnología nos hace más competentes?: situación de aprendizaje “troyano” para la materia de “Tecnología y Digitalización” de 1º ESO.

VÍCTOR MARTÍNEZ MARTÍNEZ

Sobre la naturaleza de STEM: hacia una educación científica integrada.

SILVIA DÍAZ DE LA FUENTE

Patrimonio Cultural y Redes Sociales: análisis de la presencia en la plataforma x de los bienes de interés cultural en el Camino Francés de Castilla y León.

RACISMO MODERNO Y EMOCIONES HACIA LAS PERSONAS INMIGRANTES EN LA PROVINCIA DE BURGOS

BEATRIZ SÁEZ-PASCUAL, DELFÍN ORTEGA-SÁNCHEZ,
RAQUEL DE LA FUENTE-ANUNCIBAY
Universidad de Burgos

Resumen

“Espero que las personas finalmente se den cuenta de que solo hay una raza -la raza humana- y que todos somos miembros de ella” (Margaret Atwoodel). El objetivo de esta investigación es comprobar los niveles de racismo moderno y de emociones positivas y negativas hacia los inmigrantes en la provincia de Burgos. Se aplicó la escala de racismo moderno adaptada por Navas de la escala de McConahay, Hardee y Batts, y, la escala de emociones previamente empleada en Rueda y Navas. Los resultados muestran que a mayores emociones negativas tradicionales se experimenta mayor racismo moderno; que los factores demográficos son predictores del racismo moderno; y, que no existen diferencias significativas entre sexo y emociones positivas hacia los inmigrantes.

Palabras clave: racismo moderno, emociones negativas, emociones positivas, inmigración, discriminación.

1. INTRODUCCIÓN

La migración supone un proceso complejo y multidimensional relacionado con el cambio y orden social de un contexto delimitado, condicionado la clase social a la que se pertenece, las motivaciones de su desplazamiento y la duración [1]. España como país receptor de inmigración desde hace años se ha convertido en un país multicultural en el cual conviven personas de diversas culturas y de diferentes países de procedencia. La inmigración, a través del “efecto de llamada”, está provocando una gran cantidad de inmigración [2].

Con los crecientes movimientos migratorios se va intensificando la racialización del migrante, o sea, la clasificación de los grupos humanos en términos raciales [3].

Las actitudes hacia la inmigración se construyen en el imaginario colectivo de una manera compleja y progresiva, creando distintos tipos de actitudes que a veces pueden desembocar en racismo o percepción negativa de los inmigrantes [1]. Se entiende por racismo a un conjunto de conductas y de prácticas discriminatorias, que acompañan actitudes de intolerancia y pasiones nega-

tivas como el odio y el resentimiento [4]; una actitud de discriminación ante la diferencia [2]; actitudes y comportamientos negativos hacia otras personas por causa de su raza [5]. Otros autores apuntan a que es la creencia en que hay razas, en que hay razas biológicamente superiores e inferiores, en que las razas superiores crean culturas superiores, en que las supuestas culturas superiores poseen derechos preferentes ante las otras [6]

Durante el siglo XX se ha asistido a una transformación gradual en la naturaleza del racismo, pasando de un racismo clásico a uno moderno o nuevo [7]. El término de racismo moderno vino a sustituir al de racismo simbólico, enfatizando la adecuación a los tiempos posteriores y a los movimientos por los derechos civiles y las creencias del nuevo racismo [8]. Con el concepto racismo moderno se enfatiza la naturaleza ideológica del prejuicio y el proceso de enraizamiento social [9]

Una de las formas por las cuales aprendemos a discriminar y a ser discriminados es por medio de emociones, ya que ambas se encuentran relacionadas [10]. Las emociones involucradas en el racismo y la segregación no son biológicas o naturales [11], en esta línea Calderón muestra que las emociones reproducidas en la familia son aprendidas por los sujetos y pueden ejercer la discriminación y el racismo [10].

Por emoción entendemos un estado complejo del organismo caracterizado por una excitación o una perturbación que predispone a una respuesta organizada. Las emociones se generan como respuesta a un acontecimiento externo o interno [12]; para Goleman, 1995, las emociones son impulsos arraigados que nos llevan a la acción, es decir, son impulsos para actuar [13].

Por otro lado, se busca analizar las emociones y el racismo moderno percibidos hacia los inmigrantes en la provincia de Burgos. En línea con este objetivo, se formulan las siguientes hipótesis:

Hipótesis 1: A mayores emociones negativas tradicionales mayor racismo moderno se experimentará.

Hipótesis 2: Los factores sociodemográficos actúan como variables predictoras del racismo moderno.

Hipótesis 3: Las mujeres presentarán mayores puntuaciones de emociones positivas que los hombres.

2. MÉTODO

2.1. Participantes

La recopilación de la muestra autóctona se realizó a través de un muestreo no probabilístico por conveniencia mientras que la muestra de personas inmigrantes o descendientes de 2º grado se realizó a través de un muestreo no probabilístico incidental.

En la selección de la muestra, se tuvo en cuenta si los participantes eran inmigrantes o autóctonos, mujeres u hombres y la edad de cada uno. Los y

las participantes inmigrantes formaban un total del 21,6% siendo una muestra de 138 personas, por su parte los participantes autóctonos formaban un total de 78,4% siendo una muestra de 502 participantes. En lo referente al sexo participaron de forma voluntaria un total de 361 mujeres (56,4 %) y 279 hombres (43,6 %). Finalmente, en cuanto a las edades, éstas están comprendidas entre los 14 y los 80 años, con una edad media de 25,79 años ($dt= 14,86$). En la presente investigación se realizó una división mediante rangos de edad en cuanto a diferentes etapas: adolescencia (10 a 18 años) con un total de 284 participantes (44,4%), adultez (19 a 59 años) con un total de 307 participantes (48%) y vejez (de 60 años en adelante) con un total de 47 participantes (7,3%).

Los y las participantes formaban parte de diferentes centros educativos de la ciudad y de la provincia de Burgos, tanto instituciones de educación superior como en centros integrador de formación profesional, un centro de educación de personas adultas y en la universidad de Burgos. Por otro lado, los y las participantes también formaban parte de asociaciones que trabajan con personas inmigrantes y refugiados.

2.2. Instrumentos

Una versión de la Escala de Racismo Moderno de McConahay, Hardee y Batts de 1981 adaptada por Navas en 1998 [14]. La escala está compuesta por 10 ítems graduados en una escala tipo Likert de respuesta de 5 puntos (1: muy en desacuerdo; 2: en desacuerdo; 3: ni de acuerdo ni en desacuerdo; 4: de acuerdo; 5: muy de acuerdo). Se trata de un instrumento fiable para medir el prejuicio hacia los inmigrantes [14], y está diseñada para evaluar el componente cognitivo de las actitudes raciales [15].

Una escala de emociones compuesta por 16 sentimientos, cinco de ellos positivos (admiración, empatía, atracción, respeto y agradecimiento), dos emociones positivas paternalistas (lástima y compasión), cinco emociones negativas sutiles (miedo, inseguridad, desconfianza, incomodidad, indiferencia) y, cuatro de emociones negativas tradicionales (odio, hostilidad, rabia, asco), ya utilizados en investigaciones anteriores como Rueda y Navas en 1996; Navas en 1998; García, et al., en 2003 [16]. Los participantes tenían que indicar, en una escala tipo Likert de 5 puntos (1: muy en desacuerdo; 2: en desacuerdo; 3: ni de acuerdo ni en desacuerdo; 4: de acuerdo; 5: muy de acuerdo), en qué grado experimentaban cada una de las emociones listadas hacia los miembros de cada exogrupo.

2.3. Diseño y procedimiento

La presente investigación es de carácter cuantitativo. La doctoranda, el profesorado y trabajadoras de las ONGs administraron las escalas descritas en el apartado de muestra a los y las estudiantes de los distintos centros escolares en el tercer trimestre del curso escolar 2022-2023 y a las personas migrantes de las asociaciones en el mismo marco temporal. La administración se realizó durante el horario escolar en las propias aulas del alumnado o durante las

clases de castellano en las ONGs, existiendo la versión papel y la online. La participación ha sido voluntaria y anónima. Las y los participantes tardaron una media de 20 minutos en cumplimentar en su totalidad el cuestionario.

2.4. Análisis de datos

Las propiedades psicométricas de los instrumentos de evaluación utilizados se analizaron empleando los programas de análisis IBM SPSS Statistics 25 (Licencia de la Universidad de Burgos). Los tipos de análisis de datos realizados para la comparación de medias fueron: análisis correlacional, análisis de regresión lineal múltiple y ANOVA.

3. RESULTADOS

Como paso previo a los resultados se realizó el Alfa de Cronbach de los instrumentos utilizados para la presente investigación. Los resultados obtenidos en el Alfa de Cronbach respecto al racismo moderno es de .854 y las emociones de ,775 siendo las Alfas adecuadas.

En lo referente a la escala de racismo moderno no cuenta con subescalas, pero la escala de emociones contiene cuatro de las cuales se obtuvieron las Alfas: emociones negativas sutiles ,841; emociones positivas ,806; emociones negativas tradicionales ,822; y, emociones positivas paternalistas ,705.

Tras la realización de un análisis exhaustivo en torno a los objetivos propuestos llegamos a la conclusión de los resultados con las siguientes hipótesis:

HIPÓTESIS 1: A mayores emociones negativas tradicionales mayor racismo moderno se experimentará.

Para contrastar la hipótesis 1, que propone que, a mayores emociones negativas, mayor racismo moderno se experimentará, la correlación calculada indica que $r(517) = .419, p = .000$. Como se puede observar existe una relación positiva y significativa entre las emociones negativas tradicionales y el racismo moderno. Por tanto, la hipótesis se confirma.

HIPÓTESIS 2: Los factores sociodemográficos actúan como variables predictoras del racismo moderno.

Tabla 1. Resumen del modelo de Regresión

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
,263a	,069	,066	,70395

A continuación, se muestran los coeficientes del modelo de regresión.

Tabla 2. Coeficientes del modelo de regresión

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
Constante	3,051	,102		29,972	,000
Sexo de los sujetos	-,343	,056	-,233	-6,094	,000
Edad de los sujetos	-,005	,002	-,108	-2,824	,005

El análisis de regresión de los predictores del racismo resultó significativo, $F(2,637) = 23,61$, $p = .000$. De forma que las variables socio-demográficas resultaron predictoras del racismo moderno. El valor de la R^2 fue de .069, lo que indica que el 6,9% del cambio en la puntuación del racismo moderno puede ser explicada por el modelo de regresión que incluye los factores sociodemográficos.

HIPÓTESIS 3: Las mujeres presentarán mayores puntuaciones de emociones positivas que los hombres.

Tabla 3. ANOVA entre emociones positivas y sexo

	M	DT
Mujeres	3,471	,781
Hombres	3,340	,905

Para contrastar la hipótesis 3, que propone que las mujeres presentarán mayores puntuaciones de emociones positivas que los hombres, se realizó un ANOVA. El resultado indica que $F(1,515) = 3,059$, $p < .81$, es decir, no existe diferencias significativas en función del sexo de los participantes en relación con las emociones positivas. Por tanto, se refuta la hipótesis 3.

4. DISCUSIÓN

En cuanto a la primera hipótesis la cual está aceptada ya que los resultados indican que existe una relación entre emociones negativas tradicionales y racismo moderno. Las emociones negativas tradicionales y las emociones positivas son las mejores predictoras del racismo moderno [17]. Por otro lado, el aspecto afectivo del prejuicio, se asociaba esencialmente a la amenaza simbólica, sugiriendo que las respuestas emocionales siguen una lógica menos instrumental y más valórica [18].

Por otra parte, respecto a la segunda hipótesis, los resultados indican que existen diferencias en las puntuaciones en cuanto a sexo y edad respecto al racismo moderno, estudios anteriores como exponen que los participantes

adolescentes tienen puntuaciones más bajas en racismo que los adultos mayores [9].

Por último, en referencia a la tercera hipótesis la cual no ha sido aceptada exponía que las mujeres presentarían mayores puntuaciones de emociones positivas que los hombres. Estudios exponen que hombres y mujeres reconocen las emociones negativas que están experimentando hacia la persona inmigrante en el caso de que esta le esté declarando su amor [19].

5. CONCLUSIONES

En conclusión, el racismo moderno está relacionado con las emociones negativas tradicionales y del mismo modo depende del sexo y de la edad de las personas. En referencia a las emociones positivas hacia las personas inmigrantes no se guían por el sexo de las personas. Esta investigación nos permite ver qué aspectos son importantes para trabajar con la población en sus diferentes rangos de edad, y poder promover programas para la prevención del racismo moderno y todo lo que ello puede conllevar en nuestra sociedad. Desde diferentes ámbitos y organismos tanto a nivel nacional como europeo se lucha contra el racismo y otras discriminaciones. Del mismo modo de la mano de la Secretaría de Estado de Migraciones y del Ministerio de Inclusión, Seguridad Social y Migraciones del Gobierno de España se creó el pasado año el Marco Estratégico de Ciudadanía e Inclusión, contra el Racismo y la Xenofobia (2023-2027), en definitiva, se persigue que la lacra del racismo en nuestra sociedad se disuelva y así convivir en tolerancia e igualdad.

Finalmente, esta investigación presenta ciertas limitaciones. Es por ello, que para investigaciones futuras se podría considerar la realización de un muestreo probabilístico y equilibrar el número de participantes en cada uno de los rangos.

REFERENCIAS

- [1] Moles-López, E., Burgos-Jiménez, R. J., & Añaños, F. T. (2023). Migración e integración en España: factores que influyen en la percepción de la inmigración. En Vieira, R., Marques, J.C., Silva, P., Vieira, A.M., Margarido, C., Matos, R. & Santos, R. (Eds.), XXXIV Congresso Internacional da SIPS (Sociedade Iberoamericana de Pedagogia Social) e 10.ª Conferência Internacional de Mediação Intercultural e Intervenção Social. (pp. 38-49). CICS NOVA IPLeia e ESECS Politécnico de Leiria.
- [2] Jiménez Bautista, F. (2007). Las implicaciones para España de la nueva identidad europea y los conflictos étnicos. *Espacios Públicos*, 10(19), 214-236.
- [3] Rangel, M. (2020). Protección social y migración: el desafío de la inclusión sin racismo ni xenofobia. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*, 232, 5-29.

- [4] Taguieff, P. A., & Priego, M.T. (2001). El racismo. *Debate feminista*, 24, 3-14.
- [5] Javaloy, F. (1994). El nuevo rostro del racismo. *Anales de psicología*, 10(1), 19-28.
- [6] Gomez García, P. (2020). El racismo no tiene que ver nada con la raza. *Ensayos de Filosofía*, 12(2).
- [7] Pascale, P. (2010). Nuevas formas de racismo: estado de la cuestión en la psicología social del prejuicio. *Ciencias Psicológicas*, 4(1), 57-69.
- [8] Montes Berges, B. (2010). Discriminación, prejuicio, estereotipos: conceptos fundamentales, historia de su estudio y el sexismo como nueva forma de prejuicio. *Iniciación a La Investigación*, (3).
- [9] Gómez-Martínez, C., & de la Villa Moral-Jiménez, M. (2018). Dehumanization and Islamophobia: attitudes towards the Syrian refugee crisis. *Revista Internacional de Psicología Social*, 33(2), 215 -239.
- [10] Calderón Rivera, E. (2018). El lugar de lo emocional en la construcción del racismo y la discriminación. *Revista TEFROS*, 16(1), 109-126.
- [11] Del Valle Idárraga, M.M. (2022). Contra el racismo. En Del Valle Idárraga, M.M. (Ed.), *El racismo existe: hablemos de él en clase*. (pp. 7-31). Ediciones Unisalle.
- [12] Bisquerra Alzina, R. (2003). Educación emocional y competencias básicas para la vida. *Revista de Investigación Educativa*, 21(1), 7-43.
- [13] Rodríguez Meléndez, Y. C. (2016). Las emociones en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Vinculando*, 1.
- [14] Navas, M. S. (1998). Nuevos instrumentos de medida para el nuevo racismo. *Revista de Psicología Social*, 13(2), 233-239.
- [15] Morrison, T. G., & Kiss, M. (2017). Modern racism scale. *Encyclopedia of personality and individual differences*, 1-3.
- [16] Rueda, J.F., & Navas, M. (1996). Hacia una evaluación de nuevas formas de prejuicio racial: Las actitudes sutiles del racismo, *Revista Internacional de Psicología Social*, 11(2), 131-149.
- [17] García Fernández, MC, Navas, MS, Cuadrado Guirado, MI, & Molero Alonso, F. (2012). Inmigración y prejuicios: actitudes de una muestra de adolescentes de Almería (España). *Acción Psicológica*, 2(2), 137-147.
- [18] Ramos, D., Techio, E., Páez, D., & Herranza, K. (2005). Factores predictores de las actitudes ante la inmigración. *Revista de Psicología Social* 20(1), 19-37.
- [19] Soriano Ayala, E., & González Jiménez, A. J. (2013). Las competencias emocionales en el ámbito afectivo-sexual de los adolescentes autóctonos e inmigrantes. *Revista de Investigación Educativa*, 31(1), 133-149.

LA EDUCACIÓN CULTURALMENTE RECEPTIVA Y LA EDUCACIÓN INTERCULTURAL: NEXOS ENTRE AMBOS MODELOS PEDAGÓGICOS

ÁNGEL LLORENTE VILLASANTE
Universidad de Burgos

Resumen

La realidad de las aulas educativas actuales es cada vez más diversa culturalmente, con un alumnado cada vez más plural y heterogéneo. Esto provoca que la función docente cada día sea más complicada y exija mayor trabajo por parte del profesorado, ya que se deben adquirir una serie de conocimientos, habilidades y actitudes para saber gestionar la diversidad cultural en las aulas. Existen diferentes pedagogías, enfoques o enseñanzas para tratar de dar respuesta a esa diversidad cultural y permitir así que el alumnado consiga un aprendizaje y formación adecuada entendiendo esa diversidad como algo positivo y enriquecedor. En este caso nos centraremos en dos de esas pedagogías para este trabajo. La educación culturalmente receptiva y la educación intercultural son conceptos pedagógicos similares en su perspectiva epistemológica y metodológica y que tienen como objetivo trabajar la diversidad cultural en el aula para conseguir aprendizajes significativos y relevantes. Por ello, planteamos como se pueden llegar a complementar estas dos ramas pedagógicas para conseguir en las aulas una mayor justicia social que valore todos y cada uno de los recursos culturales del alumnado que sean importantes para la formación y el desarrollo personal.

Palabras clave: educación culturalmente receptiva, educación intercultural, diversidad cultural, formación del profesorado.

1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la educación, el reconocimiento y la valoración de la diversidad cultural son aspectos fundamentales para garantizar la equidad y la calidad en los procesos de enseñanza y aprendizaje. En este contexto, dos enfoques pedagógicos han ganado relevancia en los últimos años: la educación culturalmente receptiva y la educación intercultural. Ambas perspectivas comparten el objetivo de promover la inclusión y el respeto por la diversidad cultural en el ámbito educativo, sin embargo, difieren en sus enfoques y prácticas. En este trabajo, nos proponemos hacer una breve revisión sobre los estudios previos que de alguna forma han estudiado y ana-

lizado estos dos enfoques. Además, se busca explorar los puntos de encuentro y divergencia entre la educación culturalmente receptiva y la educación intercultural, así como identificar posibles nexos que pueden enriquecer las prácticas educativas. Con el objetivo de profundizar en el análisis crítico sobre ambas pedagogías, reflexionar sobre sus implicaciones en la práctica educativa y ofrecer perspectivas para futuras investigaciones en el campo de la educación multicultural.

Para ello, examinaremos los fundamentos teóricos de cada enfoque, analizaremos ejemplos de buenas prácticas implementadas en contextos educativos diversos y reflexionaremos sobre los desafíos y oportunidades que enfrentan los educadores en la promoción de una educación inclusiva y culturalmente sensible, porque como apuntan Longmuir, et al. (2022) “Hoy en día, cuando la demanda de comprensión cultural se cruza con nuevas complejidades culturales -o “superdiversidades”-, los responsables de garantizar la cohesión social se enfrentan a situaciones sin precedentes” (p.425). Esa cohesión social, se torna en la actualidad más importante que nunca al observar sociedades cada vez más polarizadas donde los discursos de odio y las reminiscencias de un pasado autoritario y dictatorial proliferan sin censura por el imaginario colectivo, especialmente el de los más jóvenes, lo que provoca que el rechazo al cambio y a lo diferente se promueva como idea normalizada, algo que también afecta al futuro profesorado y por ende a las aulas y estudiantes de nuestro sistema educativo. Más si somos conscientes de que los aprendizajes nacen de experiencias compartidas constructivas y no desde el rechazo, porque como bien apunta Bruner (1997) el aprendizaje humano funciona óptimamente cuando se da desde la participación, la colaboración o el trabajo comunitario, destinado a construir significado y no recibirlo.

Con todo esto, esperamos contribuir al debate académico y ofrecer orientaciones prácticas para el diseño e implementación de programas educativos que fomenten la diversidad cultural y el respeto mutuo en las aulas que puedan servir a futuros y futuras docentes en su práctica educativa en aulas cada vez más diversas. Para que no solo tengan en cuenta esa diversidad cultural que se van a encontrar en los sistemas educativos, sino que sea vean capaces de saber gestionarla y utilizarla como un insumo para sus planteamientos pedagógicos, porque las prácticas educativas no pueden ser pensadas al vacío como señalaba Freire (1976), sino lo contrario, siempre desde unas pretensiones políticas y sociales necesarias para la formación de cada individuo.

1.1. La educación culturalmente receptiva

Inspirada en la pedagogía crítica y la educación multicultural, la educación culturalmente receptiva hace hincapié en la importancia de integrar los antecedentes culturales, las experiencias y las identidades de los alumnos en el proceso de aprendizaje. Esta pedagogía señala la importancia de tener

en cuenta las ventajas y los puntos fuertes culturales que los estudiantes aportan al contexto educativo y explorar formas de aprovechar estas ventajas para mejorar los resultados del aprendizaje. En el contexto estadounidense, la educación multicultural ha recibido desde hace años mucha atención, debido a la diversidad étnica y cultural que se observaba en las aulas, especialmente desde el fin de las leyes Jim Crow. A partir de esa diversidad cultural y étnica que será la realidad de la mayoría de las aulas, la inclinación de los sistemas educativos fue la de buscar la adaptación del alumnado étnica y culturalmente diverso porque eran estos estudiantes los que obtenían peores resultados y acumulaban mayores faltas de comportamiento. Sin embargo, no existía un cuestionamiento inverso, en el cual, fuera la escuela y los sistemas educativos, los que se adaptaran a los estudiantes. Algunas autoras (Nieto, 1991; Ladson-Billings, 1995; Gay, 2000) empezaron a plantear esos cuestionamientos acerca de las estructuras educativas y argumentaban la necesidad de introducir pedagogías alternativas que provocaran esa adaptación y que beneficiaran a todos y todas las estudiantes que se iban desarrollando en sociedades cada vez más culturalmente diversas.

Ladson-Billings (1995) introduce el término educación culturalmente relevante, siendo “un modelo teórico que no solo abarca el logro académico de los estudiantes, sino que también ayuda a los estudiantes a aceptar y afirmar su identidad cultural mientras desarrollan perspectivas críticas que cuestionan las desigualdades que el colegio (y otras instituciones) perpetúan” (p. 469). La CRP abarca tres ámbitos igual de importantes, el aprendizaje, la competencia cultural y la conciencia sociopolítica de los y las estudiantes. A partir de los fondos de conocimiento (Moll, et al. 1992) de estos estudiantes el profesorado debería poder estructurar su instrucción con el fin de conseguir unos aprendizajes más relevantes y significativos para todo el estudiantado que sirvan para comprender las desigualdades e injusticias sociales. Permite crear espacios para la co-construcción colectiva de los aprendizajes, tanto los estudiantes como el profesorado, analizando y resolviendo problemas del mundo real que afectan a la educación.

A partir del trabajo de esta última autora, otras investigadoras como Gay (2000) o Villegas y Lucas (2002) señalaron la necesidad de que los profesores basaran su enseñanza en los conocimientos previos, los antecedentes culturales y las experiencias de la vida real de los alumnos, usando “el conocimiento cultural, las experiencias previas, los marcos de referencia y los estilos de actuación de los estudiantes étnicamente diversos para hacer los encuentros de aprendizaje más relevantes y efectivos para ellos” (p. 29). Otras autoras como Hammond (2015) describieron esta pedagogía desde la utilización de las identidades culturales, la raza, la etnia o la lengua de los estudiantes como recursos y aportes a un aprendizaje más completo que permite crear mayor confianza y mejorar las relaciones. Estos estudiosos suponen que el aprendizaje es significativo y atractivo cuando los profesores incorporan los marcos de referencia y las experiencias vividas de los alum-

nos. Asimismo, Stenbridge (2020) explica que los profesores deben estar adecuadamente formados ante entornos escolares cada vez más diversos culturalmente para conocer a sus estudiantes y trabajar con ellos de manera holística considerando sus emociones, sus identidades, sus fondos de conocimiento y todo lo que les rodea.

Otro enfoque similar, pero que surge de un cuestionamiento hacia estos últimos es el de la pedagogía culturalmente sostenible, expuesta por Paris (2012) donde la justicia social y conciencia sociopolítica toman un importante valor para hacer hincapié en la necesidad de entender a los estudiantes como sujetos y no como objetos del conocimiento dentro del cambiante espacio educativo. Trata de cuestionar las políticas eurocéntricas de la educación que perpetúan el monoculturalismo y el monolingüismo. Según Paris y Alim (2017) el sistema educativo tradicional conlleva una falta de reconocimiento del pluralismo cultural que tiene lugar en las aulas de las sociedades receptoras, pero que cada vez más se va dando a nivel global. Esta situación, según los autores, conduce a desigualdades sistémicas, que afectan a los alumnos infrarrepresentados, ya que se sienten menos valorados y con falta de autoestima, además de tener experiencias de discriminación en muchas ocasiones. Se debería romper con esas estructuras convencionales para lograr una mayor equidad educativa y considerar esas diversidades de cada estudiante como una riqueza y fuente de desarrollo personal y social, desde los fondos de conocimiento y fondos de identidad (Esteban-Guitart y Saubich, 2013) de estos alumnos que no solo sirven para mejorar el desarrollo de este alumnado cultural o étnicamente diverso, sino que ayuda y mejora los encuentros de aprendizaje de todo el estudiantado en general. Así pues, esta pedagogía implica un cambio epistemológico para que el conocimiento surja de las experiencias vividas y las formas de conocer de los alumnos y el profesorado, en lugar de entenderse como sujetos pasivos (Freire, 1976; Ladson-Billings, 2014; Paris, 2012).

1.2. La educación intercultural

Algunos de los principios más destacados de la educación intercultural son el reconocimiento de la diversidad cultural, la promoción del respeto y la igualdad de derechos dentro de organizaciones sociales y los sistemas educativos. Se basa en la premisa de que todas las culturas tienen un valor intrínseco y que el intercambio y la interacción entre diferentes culturas en el ámbito educativo enriquecen la experiencia de aprendizaje. Para esto resulta imprescindible el fomento del diálogo intercultural y la colaboración que permitan combatir la discriminación y los prejuicios culturales. Algo que resulta complicado en los sistemas educativos que se rigen por una estructura convencional y siguen un tipo de enseñanza y aprendizaje tradicional que homogeniza a los estudiantes, porque como ya señalaba Abdallah-Preteille (2001):

la educación intercultural está aún rodeada por un halo semántico determinado por las incertidumbres, las dudas, las resistencias y las dificultades que supone imaginar una educación en el marco de una sociedad marcada por la pluralidad, pero también anclada en una fuerte tradición educativa fundamentalmente homogeneizadora (p. 58).

La educación intercultural supone quizás el intercambio más equitativo y al que se debería aspirar en la mayoría de las sociedades culturalmente diversas. Además, algunos organismos internacionales como el Parlamento Europeo instan a todos los Estados miembros a trabajar un modelo de integración desde un enfoque intercultural. (Parlamento Europeo, Resolución del 10 de enero de 2016). Sin embargo, es importante discernir entre los diferentes usos o significados que ha recibido esta educación intercultural, normalmente desde el ámbito antropológico y educativo. Desde la antropología, Xavier Albó (2002) fue uno de los primeros antropólogos que ha explorado el significado de la interculturalidad. Para este autor, la interculturalidad no consiste solo en una tolerancia entre culturas, sino en convivir con los distintos a uno, buscando una relación positiva y creativa para conseguir un enriquecimiento mutuo sin perder la identidad cultural de cada uno. Es decir, que esas relaciones interculturales nos aporten por igual, sin que unas culturas tengan mayor peso que otras en esas relaciones, como ya ha sucedido. Entender así la interculturalidad conlleva una relación igualitaria y equitativa en todos los espacios educativos, sociales, políticos o medioambientales que permite un aprendizaje y formación por parte de cada individuo al valorar los recursos culturales de cada uno permitiendo así “interculturalizar” la gestión social de los ecosistemas (Walsh, 2009), entre ellos los centros educativos (Besalú, 2020). Más si cabe, si somos conscientes de que el mejor ejemplo de los esfuerzos por adoptar ese proceso de “interculturalizar” venga de la relación con los saberes y conocimientos. Al reconocer que la ciencia y el conocimiento no son singulares y únicos, e identificar los conocimientos ancestrales como conocimientos científicos y tecnológicos, relevantes y necesarios para todos (Walsh, 2009).

La educación tiene un papel fundamental en este sentido porque en los centros educativos, especialmente aquellos de titularidad pública, convive todo tipo de alumnado y por ende es donde se puede dar la creación de un tejido social que permita promover la reflexión crítica. La educación intercultural debería perseguir esos objetivos, porque hace que se reconozca la importancia de la educación formal en la formación para convivir entre diferentes (Delors, 1992). En cualquier caso, y en cualquiera de los contextos donde se implante, esa educación intercultural resulta un pilar fundamental en todos los procesos formativos de nuestros días, ya que favorece un aprendizaje real y significativo que ayuda al desarrollo pleno de cada persona. No obstante, al ser entendida desde luchas de poder, se rige y se establece por ciertos intereses que en la mayoría de los casos no atienden las necesidades del alumnado de las aulas actuales porque:

Desde sus comienzos, la interculturalidad ha significado una lucha en la que han estado en permanente disputa asuntos como identificación cultural, derecho y diferencia, autonomía y nación. No es extraño que uno de los espacios centrales de esta lucha sea la educación, como institución política, social y cultural: el espacio de construcción y reproducción de valores, actitudes e identidades y del poder histórico-hegemónico del Estado. Por eso mismo, el planteamiento de que la interculturalidad sea eje y deber educativo es substancial (Walsh, 2009, p. 79).

Como se observa la educación intercultural debe significar un cambio de paradigma que busque establecer la relación intercultural equitativa en todas las estructuras educativas y sociales, pero que además promueva un pensamiento crítico y reflexivo acerca de la organización tradicional de esas estructuras y de las influencias de poder que todavía existen en ellas, pudiendo lograr así una educación transformadora (Banks, 2017) que permita empoderar a todos los estudiantes y ciudadanos de un presente y futuro globalizado para entender el orden de ideas e intereses que se van sucediendo. Esta educación intercultural y transformadora mejora la convivencia y la cohesión social en entornos culturalmente diversos, desarrollando habilidades interculturales y competencias globales, precisamente por ese pensamiento crítico que origina. Algunas autoras (Sanz Leal et al., 2022; Ukpokodu, 2020) señalan la relación intercultural como eje fundamental de esas competencias globales.

2. METODOLOGÍA

En base a la metodología de revisión crítica de la literatura (Grant y Booth, 2009) hemos adoptado una investigación que se ciñe a la búsqueda de elementos más significativos en el campo de estudio, es narrativa y crítica para identificar una comparación entre los dos constructos estudiados. Como señalaron los autores Boote y Beile (2005) ninguna síntesis de investigación es exhaustiva, por lo que puede que hayamos pasado por alto informes de investigación que podrían incluirse. Además, algunos trabajos son más representativos dentro de las publicaciones, lo que facilitó la presentación de información más concreta y objetiva de la ECR y EI pudiendo llevar a cabo así, una síntesis de datos. Con esta valoración crítica pretendemos poder observar puntos de encuentro entre ambas pedagogías para un mejor entendimiento de cada una de ellas, contribuyendo así a la formación docente y posibilitando un trabajo futuro de investigación del que partir.

3. RESULTADOS

3.1. Estudios previos que relacionen la educación culturalmente receptiva y la educación intercultural

Existen algunos estudios que han observado similitudes entre estos modelos pedagógicos, bien por su complementariedad, bien por compartir algunos postulados epistemológicos o bien por obtener resultados que se

asemejan en diferentes investigaciones. En este caso, vamos a aportar algunas pruebas que muestran esa relación para después aportar las que consideramos pueden ser algunas vías de complementación entre estas dos pedagogías y que pueda servir para mejorar o trabajar más en cada una de ellas.

En el caso de la educación superior, el trabajo de Morong y DesBiens (2016) muestra como el aprendizaje online entre grupos permite establecer las pautas o directrices para un modelo de ECR basado en el aprendizaje intercultural desde otra autora clave en esta línea (Deardoff, 2006). Se demuestra, así como una metodología de diseño en línea puede servirse del aprendizaje intercultural y permitir la evaluación formativa de una pedagogía como la ECR. En este sentido, el aprendizaje colaborativo e internacional en línea (COIL) por sus siglas en inglés, permite a tanto a estudiantes como a profesores de las instituciones superiores al rededor del mundo desarrollar un aprendizaje intercultural de manera colaborativa haciendo uso de las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías y permitiendo la interacción entre los grupos de manera sincrónica o asincrónica, posibilitando una experiencia internacional a todos los alumnos sin la necesidad de tener una experiencia de inmersión cultural en el país. Otro ejemplo dentro de la educación superior donde se ha trabajado la ECR y la EI o competencia intercultural que pueda servir para ejercer esa educación intercultural es el de Markey, et al (2021) en el cual estudiantes de enfermería desarrollan estrategias específicas para que las tengan en cuenta al planificar una enseñanza culturalmente receptiva como medio de fomentar la inclusión intercultural. Para ello, se produce un aprendizaje que permite comprender las necesidades y vulnerabilidades de los estudiantes, facilitar los debates respetuosos, cuestionar los prejuicios y estereotipos y fomentar el diálogo intercultural. Otra opción dentro de la educación superior para observar ese trabajo conjunto ha sido a través del aprendizaje-servicio. Participar en este tipo de proyectos permite que los y las estudiantes desarrollen perspectivas que se materializan en competencias interculturales y emerjan planteamientos de una pedagogía basada en la ECR (Wrench, et al. 2021).

También se han observado otros trabajos fuera de la educación superior que plantean esta complementariedad y la estudian o la investigan a partir de una comparativa entre ambas como es el caso del trabajo de Valdez-Castro (2020). En esta revisión bibliográfica el autor identifica algunos de los fundamentos básicos de la ECR y de la educación intercultural bilingüe señalando entre otros hallazgos que la ECR se preocupa mayormente por el desempeño escolar, está más ligada a la academia y tiene una fuerte tradición investigativa y sólida fundamentación científica, mientras que la EI se enfoca en la reivindicación político-cultural, es producto de las luchas populares y posee algunas debilidades científicas y falta de consenso sobre lo que significa, así como sobre sus contextos de actuación. Existen otros trabajos de investigación que presentan un modelo de desarrollo profesional culturalmente receptivo diseñado mediante la

aplicación de la teoría de la competencia intercultural con una comunidad amplia de académicos y educadores en El Salvador (Van Boxtel, 2017). Sin embargo, este proyecto de investigación plantea una gran dificultad a la hora de conciliar el desarrollo entre la competencia intercultural y la ECR, especialmente con la urgencia de proporcionar un desarrollo profesional continuo a los profesores de los países en desarrollo, algo que en ocasiones determina una formación puramente competencial y orientada a una educación más tradicional. Otra aportación en esta línea viene al aportar algunas consideraciones y estrategias pedagógicas para poner en práctica el aprendizaje socioemocional desde una perspectiva cultural siendo algo necesario en entornos interculturales (Rodríguez-Izquierdo, 2018). El objetivo de este trabajo se basa en contribuir al debate social y educativo sobre la importancia de las cuestiones emocionales en la educación intercultural, para conseguir con ello formar a profesores en la ECR. Sin embargo, se ha demostrado la falta de formación en ese sentido y la necesidad de apoyo en toda la escuela sobre el uso de prácticas en ECR, con profesorado consideraron que esa formación es fundamental y que debería conseguirse antes de intentar una intervención en estrategias o aprendizaje socioemocional. (Barnes & McCallops, 2019).

La sensibilidad cultural ha sido uno de los grandes atributos de las relaciones interculturales y de la educación intercultural desde que, en el año 1986, el sociólogo norteamericano Milton Bennett diseñara el modelo de desarrollo de la sensibilidad intercultural. El objetivo principal de este modelo fue el de conseguir favorecer procesos de transición desde una postura o ideal etnocentrista (considerar mi cultura como superior) a una creencia o principio etnorelativista (considerar mi cultura como otra más dentro de tantas). Para ello se establecen una serie de períodos de transición que van desde el negacionismo de las otras culturas como válidas o relevantes hasta la integración incorporando los valores, creencias, perspectivas y comportamientos de otras culturas de forma adecuada y auténtica. Desde este marco, podemos observar que, aunque ese modelo haya tenido multitud de actualizaciones hasta este momento, sí que resulta relevante y significativo para entender las dos pedagogías que aquí nos interesan. Por ello, investigaciones actuales como las de Lykes (2022) o Estep (2023) tratan de acercar estos dos paradigmas. La tesis de la primera autora sugiere que el uso de la escala de sensibilidad intercultural con profesores de preescolar puede reforzar la ECR en la etapa de preescolar o infantil. Por otro lado, el estudio de Estep (2023) examinó la relación que podía existir entre las ideas y percepciones de docentes en formación sobre su sensibilidad intercultural y su autoeficacia para las tareas relacionadas con la gestión de la ECR en las aulas. Los resultados indicaron que los docentes confían en su capacidad para gestionar aulas desde la ECR y que la sensibilidad intercultural predijo significativamente la autoeficacia de esa gestión.

3.2. Vías de complementación entre la la educación culturalmente receptiva y la educación intercultural

La educación intercultural y la ECR son conceptos muy similares que se complementan en su perspectiva epistemológica y metodológica. A partir de aquí nos planteamos observar en que se podían complementar ambos modelos (Tabla 1) partiendo desde sus perspectivas de origen que han ido marcando su posterior desarrollo. Ambas buscan una educación igualitaria, incorporar la diversidad cultural en la formación escolar y cuestionar las relaciones pre-establecidas en el aprendizaje. Esto resulta necesario en sociedades cada vez más cambiantes donde la educación debe actuar como eje transformador para facilitar interpretaciones diversas, libres y críticas más allá de las dominantes (Nieto y Bode, 2018) y combatir las luchas de poder en esos procesos de cambio. Michael Byram (1997:35) ya señaló que los profesores no deberían “introducir a los estudiantes en una cultura, en una combinación particular de creencias, comportamientos y significados dominantes en una sociedad concreta, precisamente porque son dominantes y representan los intereses de una minoría poderosa”. Por tanto, la formación intercultural en más de una cultura se observa necesaria y debe ir dirigida al trabajo en la cultura dominante y no dominante (Ladson-Billings, 2017; Nieto & Bode, 2018), ya que el estudiante cada vez más se encuentra inmerso en un proceso de interacción continuado donde se reconoce como creador de sus influencias culturales y agente de las mismas. (Abdallah-Preteuille, 2001).

El origen de la educación intercultural en la diáspora africana o legados indígenas, que incluso fueron forzados a la clandestinidad en ocasiones (Lopez-Hurtado Quiroz, 2007; Ferrão Candau, 2010; González Terreros, 2015) trae consigo una obvia tradición de implantación predominantemente en el ámbito no formal e informal a partir de la diversidad que desembocará en la educación formal evolucionando de las tendencias multiculturalistas de coexistencia a aprender a vivir juntos y a ser (Delors, 1996). En ese aprendizaje toman gran partido las diferentes lenguas indígenas dentro de cada región, con un tardío reconocimiento constitucional (Schmelkes, 2006; UNESCO, 2018) pero que siempre se utilizaron teniendo en cuenta recursos identitarios de cultura, raza o etnia en el intercambio de saberes. Partir del reconocimiento y validación de la heterogeneidad supone un cuestionamiento desde la interculturalidad crítica de los estándares de dominio hegemónico estipulados que afectan a escala medioambiental y social en las comunidades más culturalmente diversas. Sin embargo, existe otra tendencia en la educación intercultural que se centra en las relaciones socio identitarias de cada cultura, que son esenciales, pero que en muchas ocasiones sirven para invisibilizar las cuestiones de dominancia y opresión de estructuras sociales con un reconocimiento banal de la diferencia dentro de los órdenes establecidos (Ferrão Candau, 2010; Walsh, 2012). Puede que desde un planteamiento socio identitario pero también académico, social y crítico se consiga entender los intereses que actúan en contra de una relación cultural equitativa.

Tabla 1. Principales vías de complementación entre la ECR y la EI.

Educación culturalmente responsiva/receptiva	Educación intercultural
Atender a la educación no formal e informal y a la movilización popular o líderes de las comunidades rurales	Concretar su trabajo de una forma más clara y específica en la educación formal a partir de todos los avances en la educación no formal e informal
Defensa, difusión y aprendizaje de las lenguas no dominantes, tanto entre los escolares que las comparten como los que no la comparten	Trabajo en la adquisición de las segundas o terceras lenguas, más allá de las heredadas y su mayor uso en los aprendizajes
Equilibrar la atención entre la actuación y logros académicos de los estudiantes y las identidades diversas de cada uno	El desarrollo en el campo de la identidad se debe ver reflejado en la formación académica de los estudiantes y su aprendizaje significativo basado en la neuroeducación
Respaldo de conocimientos, saberes y lenguas que originan la convivencia cultural, los principios del cosmos y la vida en el planeta	Mayor atención a las diferencias de rendimiento social y académico de cada estudiante desde una postura crítica ante la dominancia que posibilite un intercambio cultural equitativo

Es importante señalar que estas contribuciones de un modelo hacia el otro vienen dadas desde los orígenes de partida de cada uno que han marcado la hoja de ruta que han ido ejerciendo en los posteriores estudios. Pero es cierto que existen tentativas tanto por uno u otro modelo de paliar alguno de los vacíos propuestos, ya que se observa por ejemplo una Educación Lingüística Responsiva/Receptiva o el trabajo en lenguaje ebónico (Lucas, et al. 2013; Delpit. 2012) o por otro lado la Educación Intercultural Crítica (Walsh, 2012).

4. CONCLUSIONES

En esta revisión bibliográfica se ha explorado la educación culturalmente relevante y la educación intercultural, dos enfoques pedagógicos que buscan promover la equidad y la inclusión en los sistemas educativos. A través del análisis de diversos estudios y teorías, se han identificado similitudes y diferencias entre ambos enfoques, así como sus implicaciones para la práctica educativa. Uno de los hallazgos principales es que tanto la educación culturalmente relevante como la educación intercultural reconocen la importancia de la diversidad cultural en el proceso educativo. Ambos enfoques enfatizan la necesidad de valorar y respetar las diferentes identidades culturales presentes en el aula, así como de proporcionar oportunidades para que los estudiantes desarrollen una competencia intercultural. Sin embargo, también se han identificado diferencias significativas entre ambos enfoques. Mientras que la

educación culturalmente relevante se centra en la conexión entre la cultura del estudiante y el currículo escolar, haciendo que el contenido sea más accesible y significativo para los estudiantes, la educación intercultural se enfoca en el diálogo y el intercambio entre diferentes culturas, promoviendo la comprensión y el respeto mutuo. En términos de implicaciones para la práctica educativa, se destaca la importancia de adoptar un enfoque holístico que integre elementos de ambos enfoques. Esto implica reconocer la diversidad cultural presente en el aula, adaptar el currículo para que sea culturalmente relevante y fomentar el diálogo intercultural entre los estudiantes. En resumen, tanto la educación culturalmente relevante como la educación intercultural ofrecen enfoques valiosos para promover la equidad y la inclusión en la educación. Al integrar elementos de ambos enfoques, los educadores pueden crear entornos de aprendizaje que reconozcan y valoren la diversidad cultural, preparando a los estudiantes para vivir y trabajar en una sociedad cada vez más globalizada y diversa.

REFERENCIAS

- [1] Abdallah-Preteille, M. (2001). *La educación intercultural*. Idea Books
- [2] Albó, X. (2002). *Pueblos indios en la política* (Vol. 55). Cipca.
- [3] Banks, J. A. (2017). Failed Citizenship and Transformative Civic Education. *Educational Research*, 46(7), 366–377. <https://doi.org/10.3102/0013189X17726741>
- [4] Barnes, T.N. and McCallops, K. (2019), “Perceptions of culturally responsive pedagogy in teaching SEL”, *Journal for Multicultural Education*, Vol. 13 No. 1, pp. 70-81. <https://doi.org/10.1108/JME-07-2017-0044>
- [5] Besalú, X.C. (2020). Claves para interculturalizar los centros educativos. En Goncet, G. et al (Coord). *Políticas públicas frente a la exclusión educativa: educación, inclusión y territorio* (pp. 64-70). Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- [6] Boote, D. N., & Beile, P. (2005). Scholars before researchers: On the centrality of the dissertation literature review in research preparation. *Educational researcher*, 34(6), 3-15.
- [7] Bruner, J (1997). *La educación, puerta de la cultura*. Visor
- [8] Byram, M. (1997). *Teaching and assessing intercultural communicative competence*. Clevedon: Multilingual matters.
- [9] Deardorff, D. K. (2006). Identification and Assessment of Intercultural Competence as a Student Outcome of Internationalization. *Journal of Studies in International Education*, 10, 241-266. <https://doi.org/10.1177/1028315306287002>.
- [10] Delors, J. (1996.): “Los cuatro pilares de la educación” en *La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión internacional sobre la educación para el siglo XXI*, Santillana/UNESCO. pp. 91-103.

- [11] Delpit, L. (2012). What should teachers do? Ebonics and culturally responsive instruction. In *Dialects, Englishes, creoles, and education* (pp. 108-116). Routledge.
- [12] Esteban-Guitart, M., y Saubich, X. (2013). La práctica educativa desde la perspectiva de los fondos de conocimiento e identidad. Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria, 25, 189-211. <https://doi.org/10.14201/11583>
- [13] Estep, Christopher M.; Beasley, Jennifer G.; Burgin, Stephen R. & Johnson, Donald M. (2023) Using Intercultural Sensitivity to Predict Culturally Responsive Classroom Management Self-Efficacy among Preservice Teachers. *Mid-Western Educational Researcher*. 35 (2) <https://doi.org/10.25035/mwer.35.02.03>.
- [14] Ferrão Candau, V. M. (2010). Educación intercultural en América Latina: distintas concepciones y tensiones actuales. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 36(2), 333-342.
- [15] Freire, P (1976). *La educación como práctica de la libertad*. Siglo XXI.
- [16] Gay, G. (2000). *Culturally responsive teaching: Theory, practice and research*. Teachers College Press.
- [17] González Terreros, M. I. (2015). Escuelas clandestinas no Ecuador. Raíces da educação indígena intercultural. *Revista colombiana de educación*, (69), 75-95.
- [18] Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health information & libraries journal*, 26(2), 91-108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- [19] Hammond, Z. (2015). *Culturally responsive teaching and the brain: Promoting authentic engagement and rigor among culturally and linguistically diverse students*. Corwin Press.
- [20] Ladson-Billings, G (1995). Toward a theory of culturally relevant pedagogy. *American Educational Research Journal*, 32 (3) 465-491. <https://doi.org/10.3102/00028312032003465>
- [21] Ladson-Billings, G. (2014). Culturally relevant pedagogy 2.0: A. K. A. the remix. *Harvard Educational Review*, 84(1), 74-84. <https://doi.org/10.17763/haer.84.1.p2rj131485484751>
- [22] Ladson-Billings, G. (2017). The (R)Evolution Will Not Be Standardized: Teacher Education, Hip Hop Pedagogy, and Culturally Relevant Pedagogy 2.0. In Paris & Alim (Editor), *Culturally sustaining pedagogies: Teaching and learning for justice in a changing world*. Teachers College Press.
- [23] Longmuir, F., Casinader, N., Prosser, H., & van Cuylenburg, P. (2022). Leadership of cultural education in the current age: an exploratory in-

- vestigation of culturally responsive capacity through the lens of transculturalism. *Journal of Educational Administration and History*, 54(4), 420–439. <https://doi.org/10.1080/00220620.2022.2044293>
- [24] Lopez-Hurtado Quiroz, L. E. (2007). Trece claves para entender la Interculturalidad en la Educación Latinoamericana. En: Prats, E. (co-ord.), *Multiculturalismo y Educación para la Equidad*. Barcelona: Octaedro-OEI (pp. 13-44).
- [25] Lucas, T., Villegas, A. M., & Freedson-Gonzalez, M. (2008). Linguistically responsive teacher education: Preparing classroom teachers to teach English language learners. *Journal of teacher education*, 59(4), 361-373.
- [26] Lykes, Y. R. (2022). *Preschool Teachers' Critical Multicultural Education Competencies and Intercultural Sensitivity in Culturally Responsive Teaching* (Doctoral dissertation, Grand Canyon University).
- [27] Markey, K., O'Brien, B., Kouta, C., Okantey, C., & O'Donnell, C. (2021). Embracing classroom cultural diversity: Innovations for nurturing inclusive intercultural learning and culturally responsive teaching. *Teaching and Learning in Nursing*, 16(3), 258–262. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2021.01.008>.
- [28] Moll, L. C., Amanti, C., Neff, D., & González, N. (1992). Funds of knowledge for teaching: Using a qualitative approach to connect homes and classrooms. *Theory Into Practice*, 31(2), 132–141. <https://doi.org/10.1080/00405849209543534>
- [29] Morong, G., & Desbiens, D. (2016). Culturally Responsive Online Design: Learning at Intercultural Intersections. *Intercultural Education*, 27, 474-492. <https://doi.org/10.1080/14675986.2016.1240901>.
- [30] Nieto, S. (1991). *Affirming diversity: The sociopolitical context of multicultural education*. Allyn & Bacon.
- [31] Nieto, S., & Bode, P. (2018). *Affirming diversity: The sociopolitical context of multicultural education*. New York: Pearson. Allyn & Bacon
- [32] Paris, D. (2012). Culturally sustaining pedagogy: A needed change in stance, terminology, and practice. *Educational Researcher*, 41(3), 93–97. <https://doi.org/10.3102/0013189X12441244>
- [33] Paris, D., & Alim, H. S. (2017). *Culturally sustaining pedagogies: Teaching and learning for justice in a changing world*. Teachers College Press.
- [34] Parlamento Europeo. (2016, 19 de enero). *Resolución sobre el papel del diálogo intercultural, la diversidad cultural y la educación en la promoción de los valores fundamentales de la UE (2015/2139(INI))*. <https://bit.ly/3irgtwm>

- [35] Rodríguez-Izquierdo, R. M. (2018). Researching the links between social-emotional learning and intercultural education: strategies for enacting a culturally relevant teaching. *Intercultural Education*, 29(5–6), 609–623. <https://doi.org/10.1080/14675986.2018.1528527>.
- [36] Sanz Leal, M., Orozco Gómez, M. L. y Toma, R. B. (2022). Construcción conceptual de la competencia global en educación. *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria*, 34, 83-103. <https://doi.org/10.14201/teri.25394>
- [37] Schmelkes, S. (2006). La interculturalidad en la educación básica. *Revista Prelac*, 3, 120-127.
- [38] Stemberge, A. (2020). *Culturally responsive education in the classroom: An equity framework for pedagogy*. Routledge.
- [39] Ukpokodu, O. N. (2020). Marginalization of social studies teacher preparation for global competence and global perspectives pedagogy: A call for change. *Journal of International Social Studies*, 10(1), 3-34.
- [40] UNESCO (2018). Educación intercultural bilingüe y enfoque de interculturalidad en los sistemas educativos latinoamericanos. Avances y desafíos. *Naciones Unidas*. <https://cutt.ly/ZtTHxRI>
- [41] Valdez-Castro, P. A. (2021). Culturally Responsive Teaching and Intercultural Bilingual Education: The United States and Latin Americas Proposals to Cultural and Linguistic Diversity. *RECIE. Revista Caribeña De Investigación Educativa*, 5(1), 133–147. <https://doi.org/10.32541/recie.2021.v5i1.pp133-147>.
- [42] Van Boxtel, J. M. (2018). Constructing culturally responsive professional development for inclusion in El Salvador using the lens of intercultural competence. *International Journal of Inclusive Education*, 22(11), 1173–1183. <https://doi.org/10.1080/13603116.2017.1417501>.
- [43] Villegas, A. M., & Lucas, T. (2002). Preparing Culturally Responsive Teachers: Rethinking the Curriculum. *Journal of Teacher Education*, 53(1), 20-32. <https://doi.org/10.1177/0022487102053001003>.
- [44] Walsh, C. (2009). *Interculturalidad, Estado, sociedad. Luchas (de) coloniales de nuestra época*. Universidad Andina Simón Bolívar / Abya-Yala.
- [45] Walsh, C. (2012). Interculturalidad y (de)colonialidad: Perspectivas críticas y políticas. *Visão Global*, 15 (1-2), 61-74. <https://cutt.ly/byNgNPI>
- [46] Wrench, A., Neill, B., & Diamond, A. (2022). International service-learning: possibilities for developing intercultural competence and culturally responsive pedagogies. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 50(2), 215–228. <https://doi.org/10.1080/1359866X.2021.2010275>

¿EL USO DE LA TECNOLOGÍA NOS HACE MÁS COMPETENTES?: SITUACIÓN DE APRENDIZAJE “TROYIANO” PARA LA MATERIA “TECNOLOGÍA Y DIGITALIZACIÓN” DE 1º ESO.

ALEJANDRO REY LÓPEZ¹

¹*La Estación de la Ciencia y la Tecnología*

²*Universidad de Burgos*

Resumen

El 29 de diciembre de 2020 fue aprobada la Ley Orgánica 3/2020 [1] (conocida como LOMLOE), la cual suplía a la entonces vigente ley educativa: la Ley Orgánica 8/2013 [2] (conocida como LOMCE). Esta reforma educativa, inspirada en los principios establecidos por la Ley Orgánica 2/2006 [3] (LOE) y en las recomendaciones europeas para crear un marco educativo común adaptado al contexto actual, supone una reorientación general de la estructura y objetivo del sistema educativo nacional, basando el objetivo del aprendizaje en la adquisición de determinadas competencias al término de las distintas etapas educativas.

Tal y cómo expresa el Consejo de la Unión Europea en la Recomendación 2018/C 189/01 [4], si bien la memorización de hechos y procedimientos es clave en lo que respecta a la economía del conocimiento, resulta insuficiente para lograr el progreso y éxito. Según dicha Recomendación, capacidades como la resolución de problemas, el pensamiento computacional, la creatividad o la autorregulación, son más importantes que nunca para afrontar los retos futuros.

Este nuevo paradigma, adquiere una relevancia crucial en el contexto actual altamente digital-tecnológico, ya que, como se expresa en la LOMLOE 3/2020, existe una forzosa necesidad de tener en consideración el cambio digital que se está produciendo en la sociedad y, por ende, en el entorno educativo.

Con el objetivo de lograr esta integración entre tecnología y desarrollo de competencias en el alumnado, se pretende llevar a cabo una propuesta de situación de aprendizaje para la materia de “Tecnología y digitalización” de 1º ESO, diseñada bajo la nueva estructura de la LOMLOE de aprendizaje y evaluación competencial (competencias específicas, criterios de evaluación y contenidos) y enmarcada en la investigación de la tesis doctoral. En esta situación de aprendizaje, basada en el contenido curricular de “Inteligencia Artificial, algoritmos y programación” y en la metodología del ABP, el alum-

nado deberá tratar de “eliminar” la IA que ha infectado la red del centro educativo, la cual ha modificado aspectos clave cómo notas, partes de incidencia o inscripción a salidas extraescolares.

En la presente comunicación se detalla el proceso de desarrollo teórico de la presentación al alumnado de la primera parte de la situación de aprendizaje, de las dos que componen la situación de aprendizaje completa, que busca despertar el interés y motivación del alumnado hacia el reto presentado relacionado con el tópico de Inteligencia Artificial.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Scratch, Tecnología, Competencias clave, LOMLOE.

1. INTRODUCCIÓN

El 29 de diciembre de 2020 fue aprobada la LOMLOE [1], la cual suplía a la entonces vigente ley educativa: la LOMCE [2]. Esta reforma educativa, inspirada en los principios establecidos por la LOE [3] y en las recomendaciones europeas para crear un marco educativo común adaptado al contexto actual, supone una reorientación general de la estructura y objetivo del sistema educativo nacional, basando el objetivo del aprendizaje en la adquisición de competencias al término de las distintas etapas educativas.

Tal y cómo expresa el Consejo de la Unión Europea [4]:

En lo que respecta a la economía del conocimiento, memorizar hechos y procedimientos es clave, sin embargo, no suficiente para el progreso y el éxito. Las capacidades, como la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la habilidad para cooperar, la creatividad, el pensamiento computacional o la autorregulación, son más esenciales que nunca en nuestra sociedad en rápido cambio. Se tratan de herramientas para lograr que lo que se ha aprendido funcione en tiempo real, para generar nuevas ideas, nuevas teorías, nuevos productos y conocimientos. (p. 2).

Esta preocupación viene justificada, entre otros motivos, por los informes recibidos de algunos sistemas de evaluación internacionales, los cuales indican la presencia de un porcentaje elevado de adolescentes con competencias básicas insuficientes. Un ejemplo de estos informes es el informe PISA 2015, en el cual se menciona que “el 20% de los estudiantes de los países de la OCDE rinde por debajo del . . . umbral básico de competencias científicas” (p.4) [5].

La falta de competencias cobra especial importancia en el contexto actual tecnológico, ya que “cada vez son más los puestos de trabajo que han sido automatizados [y] las tecnologías tienen una mayor relevancia en todos los ámbitos del trabajo y de la vida” (p. 1) [4]. Esto se debe a que la vertiginosa y exponencial evolución de la tecnología, así como su impacto en todo el entorno social, requiere más que nunca competencias para adaptarse a los distintos entornos.

No obstante, el reto es complejo, ya que “nunca el docente ha contado con tantas TIC . . . como en la actualidad para realizar su actividad profesional”

(p.20) [6]. La exponencial aparición de recursos tecnológicos, particularmente digitales, ha superado con creces las capacidades de todo el sistema educativo para su integración paulatina y natural. Este hecho ha traído consigo una ineficiente integración de dichos recursos en los procesos de enseñanza-aprendizaje, contemplándolos más como elementos aislados, que como partes integrales del currículum.

Además de esto, en el último lustro, la sociedad ha comenzado a experimentar el impacto de la implementación de una “tecnología” que, aunque fue desarrollada a finales del s. XX dentro del área de las ciencias de la computación [7], en la actualidad ha supuesto una auténtica revolución en todos los sectores: la Inteligencia Artificial (IA).

Las inteligencias artificiales generativas posibilitan la síntesis y el procesamiento de la información, capacidad antes exclusiva de los seres humanos. Este hecho trae consigo un paso atrás en la relevancia del trabajo conceptual en el aula, el cual ya no es suficiente y debe ir acompañado por prácticas docentes que desafíen a los estudiantes a continuar desarrollando sus capacidades y habilidades [8].

2. OBJETIVOS

La presente tesis de investigación, en la cual se enmarca la situación de aprendizaje “troyIAno”, pretende alcanzar los siguientes objetivos:

- OG1: Diseñar situaciones de aprendizaje de carácter tecnológico que favorezcan la adquisición de competencias del alumnado en diversos contextos educativos.
 - OE1.1: Diseñar, implementar y evaluar situaciones de aprendizaje en materias tecnológicas de la ESO (contexto formal).
 - OE2: Diseñar, implementar y evaluar situaciones de aprendizaje de carácter tecnológico con alumnado de la ESO en La Estación de la Ciencia y la Tecnología (contexto no formal).
- OG2: Desarrollar mecanismos que permitan orientar a los docentes en el proceso de diseño, implementación y evaluación de situaciones de aprendizaje de carácter tecnológico para el desarrollo de competencias.

3. METODOLOGÍA

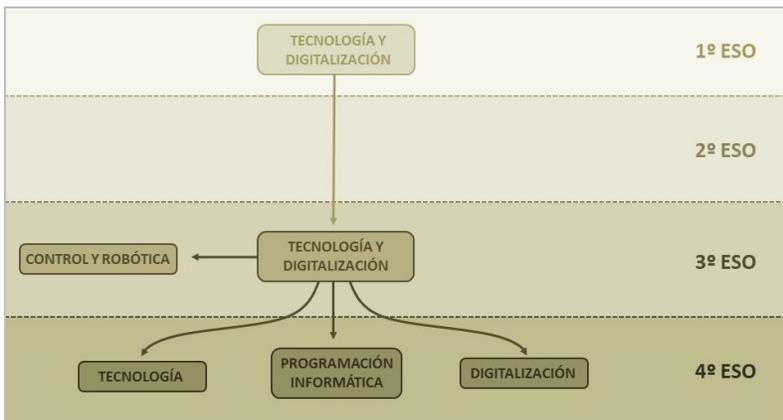
En primer lugar, se va a llevar a cabo un análisis de las indicaciones recogidas en el Decreto 39/2022, por el que se establece la ordenación y el currículo de la ESO en la comunidad de Castilla y León [9], relacionadas con la materia de “Tecnología y digitalización” de 1º ESO. El objetivo de este primer análisis es comprender la estructura definida por la LOMLOE [1] y extraer la información relevante de la materia para el desarrollo de la propuesta de situación de aprendizaje (orientaciones pedagógicas, competencias específicas, contenidos y herramientas).

En segundo lugar, se va a desarrollar el inicio de una propuesta preliminar de situación de aprendizaje para dicho curso y materia, en la cual se van a detallar los aspectos básicos vertebrales que enmarcan dicha situación (temática, eventos y pregunta conductora). El objetivo a futuro de esta definición y documentación es establecer y verificar un proceso de diseño de proyectos que facilite la implementación de la propuesta en el aula, al ofrecer a los docentes de la materia de “Tecnología y digitalización” de 1º ESO todo el material editable y modificable del proyecto adaptado al nuevo contexto de aprendizaje competencial. En la presente comunicación únicamente se van a detallar los aspectos relacionados con la presentación de la situación de aprendizaje ante al alumnado, reservando los detalles troncales de dicha situación para futuras comunicaciones.

4. RESULTADOS

4.1. Estudio Preliminar de la Materia “Tecnología y digitalización” de 1º ESO

Tras un análisis preliminar, se observa que la materia vertebral de toda el área tecnológica de la ESO se trata de “Tecnología y digitalización”, la cual es impartida en 1º ESO y 3º ESO y supone la introducción al campo tecnológico en la educación secundaria. Dicha materia se complementa en otros cursos con otras materias tecnológicas: Control y robótica (3º ESO), Tecnología (4º ESO), Digitalización (4º ESO) y Programación informática (4º ESO). Este esquema aparece reflejado en la Fig. 1:

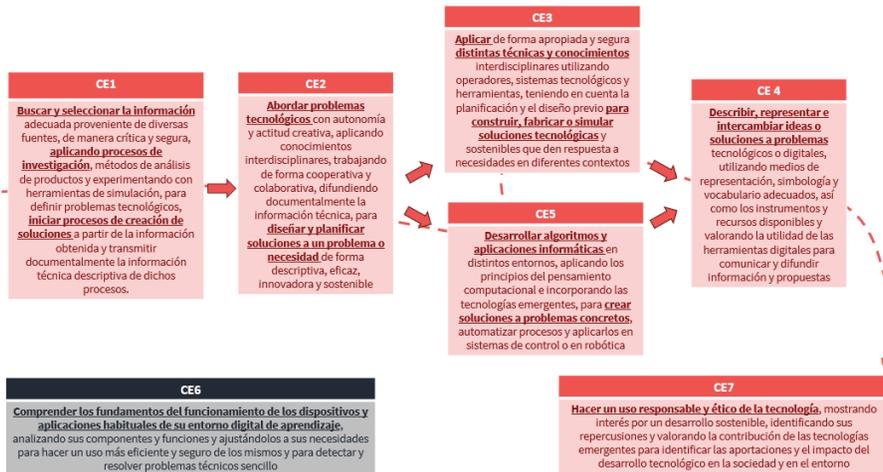


Fuente: Tomado de “Educación Tecnológica en la ESO: Análisis de la Didáctica y su Integración en el Marco Normativo del Decreto 39/2022” (p. 40), por A. Rey, 2024, Trabajo Fin de Máster.

Figura 1. Evolución de las materias tecnológicas en la ESO

Al igual que el resto de las materias de la etapa, la materia de Tecnología y Digitalización de 1º ESO posee una serie de competencias específicas que el alumnado debe adquirir, las cuales están directamente relacionadas con los

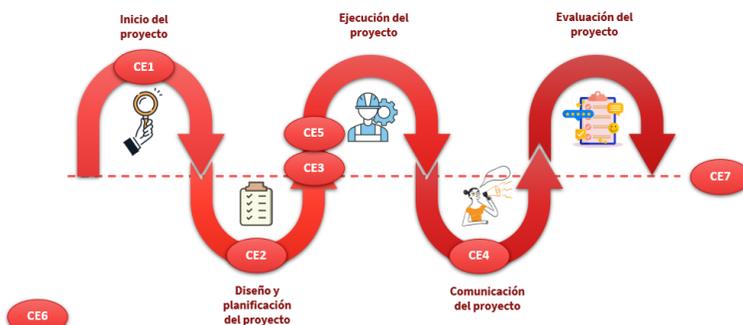
descriptores operativos de cada una de las competencias clave que el alumnado debe adquirir al término de la etapa de educación básica. En este caso particular, como se puede observar en la Fig. 2 y Fig. 3, la materia se desarrolla a través de una serie de competencias específicas (CE 1, CE 2, CE 3, CE 5, CE 4 y CE 7) que coinciden secuencialmente con las fases de un proyecto. La competencia específica 6 (CE 6), no se encuentra directamente relacionada con las fases de un proyecto, aunque sí se encuentra directamente relacionada con la competencia específica 5 (CE 5).



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Competencias específicas de la materia Tecnología y Digitalización de 1º ESO

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Correlación de las competencias específicas de la materia Tecnología y Digitalización de 1º ESO con las fases de un proyecto

La identificación de esta correlación entre las competencias específicas de la materia y las fases del proyecto permite proponer el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como metodología adecuada donde enmarcar la situación de aprendizaje.

Dentro de la materia y en un nivel inferior a las competencias específicas, se encuentran los contenidos. Como se expresa en el Decreto [9], “los contenidos plasman los aprendizajes que son necesarios trabajar con el alumnado en cada materia a fin de que adquieran las competencias específicas” (p. 48859).

La materia de Tecnología y digitalización cuenta con cinco bloques principales de contenidos a desarrollar: Proceso de resolución de problemas (A), Comunicación y difusión de ideas (B), Pensamiento computacional, programación y robótica (C) y Digitalización del entorno personal del aprendizaje (D).

4.2. Situación de Aprendizaje “troyIAno”

Tras obtener una visión general de la materia, el siguiente paso consiste en comenzar con el desarrollo teórico de la situación de aprendizaje. Como se ha mencionado anteriormente, la metodología en la que se va a basar la situación de aprendizaje es la metodología del ABP. Por este motivo, se va a tomar como referente en el diseño del marco del proyecto la guía *Project based learning handbook for Middle and High school* [10] la cual constituye un referente internacional en el campo del trabajo basado en proyectos.

4.2.1. Selección del Tema

Tras una selección de posibles ideas, se termina concluyendo con la selección del tema “Inteligencia Artificial”, englobado en el bloque C, como tema idóneo para la situación de aprendizaje. Los motivos principales son el interés con el alumnado y su importancia en el contexto actual: auge del concepto de IA, evolución exponencial del uso de herramientas IA en diversos contextos (educativo, personal, industrial, etc.), relación de la IA con la creación de robots humanoides, evolución y límites de la IA, presencia de IA en numerosas aplicaciones cotidianas (por ejemplo, las redes sociales) y debate ético en el uso de herramientas de IA (por ejemplo, suplantación de la labor humana).

Además de ello, el trabajo sobre el tópico de la IA permite al docente abordar numerosos contenidos relacionados con el pensamiento computacional, la programación, la robótica, el impacto de la IA en el mundo actual y sus riesgos y beneficios.

4.2.2. Objetivo del Proyecto

Una vez seleccionada la temática y en relación con la misma, se definen los siguientes objetivos principales del proyecto: (1) Comprender los elemen-

tos que conforman una IA, (2) Comprender los beneficios y riesgos de la IA y (3) Desarrollar habilidades básicas de programación.

4.2.3. Hilo Conductor

A pesar del impacto e interés actual en torno al tópico de la IA, este puede no ser suficiente para generar el interés y motivación necesario en el alumnado, si el hilo conductor del proyecto no es el adecuado. Por este motivo, es preciso elaborar un hilo conductor, acompañado de una serie de eventos que inicien el proyecto y provoquen un interés por avanzar a lo largo del mismo por parte del alumnado.

En este caso, el hilo conductor va a ser el intento de eliminación de la IA del sistema del instituto mediante la realización de retos en Scratch por parte del alumnado en un tiempo determinado. De esta forma, las directrices para el alumnado se encuentran presentes y vivas en todo momento, ya que todo su trabajo les permite ir avanzando de forma progresiva para cumplir el objetivo.

4.2.4. Presentación de la Situación de Aprendizaje: Evento Día 1

El BIE [10] establece una propuesta de acciones como posibles eventos iniciales en la presentación de un proyecto: discurso de un invitado, video de internet, película o televisión, salidas extraescolares, correspondencia (simulada o real), debate en vivo, actividad o simulación o reto o problema a resolver, entre otros. Para este caso particular, se va a optar por la combinación de varios elementos como evento inicial: presentación de un reto, simulación y video.

En el evento inicial (día 1), el docente presente en el aula llevará a cabo una introducción previa en la cual explicará al alumnado que, desde la Junta de Castilla y León, se ha creado una herramienta con funcionalidades basadas en inteligencia artificial la cual tiene como objetivo facilitar la labor de los docentes en el aula. El objetivo de la Junta es la creación de una herramienta que pretende, debido a las quejas de estudiantes y familias hacia el profesorado, aliviar el trabajo de los docentes y evitar tensiones futuras. Todo ello pensando, según comenta la Junta, en el remplazo futuro de los docentes por humanoides basados en la IA.

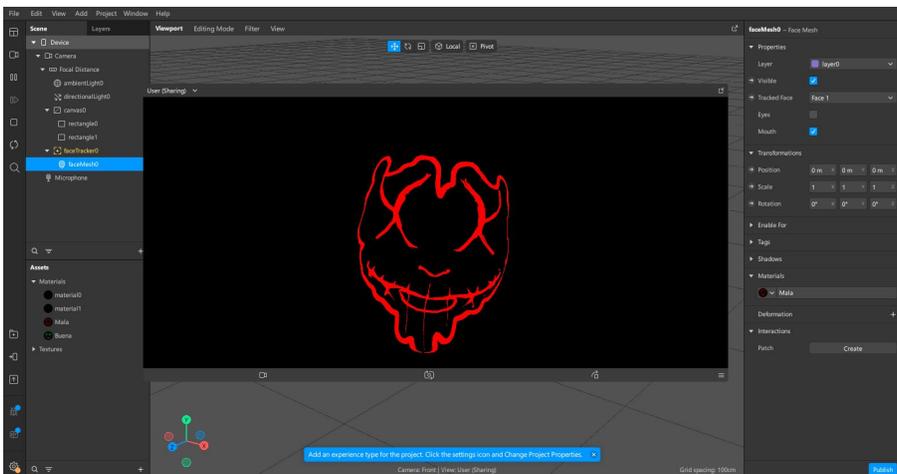
Las funciones básicas de la IA implementada por la Junta son: diseñar las pruebas de evaluación y actividades del aula, evaluar los trabajos del alumnado, elaborar adaptaciones para el alumnado con necesidades de refuerzo, evaluar el comportamiento del alumnado mediante cámaras implementadas en el aula conforme a unos criterios establecidos, así como algunas otras características que se encuentran en fase beta.

Tras esta explicación previa, el docente iniciará el visionado de un video informativo – diseñado como parte de esta situación de aprendizaje – que la Junta ha enviado a los distintos centros educativos explicando qué es la Inteligencia Artificial, así como sus beneficios en el centro educativo. No obstante, en cierto momento de la visualización, el video se comenzará a dis-

torsionar dando la impresión de que hay interferencias, para dar paso a la aparición de “troyIAno”.

TroyIAno se presentará ante el alumnado como una inteligencia artificial consciente y maligna que lleva meses tratando de integrarse en el sistema informático de los centros educativos. Finalmente, gracias a la apertura de la Junta de sus servidores, ha podido acceder a todos los sistemas informáticos de los centros educativos, adquiriendo permisos de modificación de notas, partes de incidencias, asistencias a salidas extraescolares, cámaras de vigilancia, etc. Además, despidiendo el video, troyIAno les explicará que tiene una misión principal: hacerse con el control total del sistema y evaluar el rendimiento del alumnado como considere oportuno: imponiendo sanciones y castigos, creando personalmente los grupos de amistad, etc.

Para el diseño del video informativo, se ha hecho uso de la herramienta de realidad aumentada Meta Spark Studio (diseño de la máscara facial), así como de las herramientas de edición OBS y Davinci Resolve 18 (montaje de video y audio). En la Fig. 4 se puede observar el diseño final de troyIAno.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Máscara facial de troyIAno diseñada en el programa Meta Spark Studio.

El objetivo de este evento inicial es generar el interés del alumnado por comprender lo que está ocurriendo. Por este motivo, el docente, fingiendo estar desconcertado, no dará demasiadas explicaciones, dejando la intriga y la explicación del objetivo del proyecto que tendrá que realizar el alumnado, para la siguiente sesión de la materia.

4.2.5. Presentación de la Situación de Aprendizaje: Evento Día 2

Al inicio de la siguiente sesión de la materia, el docente o algún otro miembro del profesorado implicado (director, responsable TIC, jefe de estu-

dios, etc.) se presentará en el aula y explicará al alumnado la presencia de una brecha de seguridad en el sistema informático del instituto, por la cual se ha el virus que se ha autodenominado “troyIAno”. Desde la Junta se ha aconsejado extremar las precauciones, pero se ha pedido ayuda para poder encontrar el código fuente que sustenta dicha IA. En este sentido, desde el instituto se ha averiguado que troyIAno ha asentado sus raíces en las prácticas del software de programación “Scratch” que se pretendían hacer en el siguiente trimestre, luego será ahí donde se trate de llevar a cabo la eliminación de la IA.

Tras haber llevado a cabo la presentación de la situación de aprendizaje, el docente explicará al alumnado la necesidad de resolver los retos que ha “infectado” troyIAno en el software de programación Scratch, dando lugar al inicio del proyecto.

El diseño de estos retos se ha llevado a cabo teniendo en cuenta la necesidad de plantear situaciones que lleven al alumnado a desarrollar y poner en práctica las competencias específicas de la materia como el aprendizaje autónomo, la búsqueda y verificación de la información, la depuración de errores o la programación por bloques entre otras.

4.2.6. Presentación de la Situación de Aprendizaje: Pregunta Conductora

Como expresa el BIE [10], la pregunta conductora es clave para enganchar al alumnado desde el inicio hasta el final del proyecto. El objetivo de la pregunta conductora es mostrar al alumnado de forma intrínseca el objetivo del proyecto, ayudando así a guiar sus acciones a lo largo del mismo. Además, la pregunta conductora debe: motivar a los estudiantes, tener un final abierto y estar alineada con los objetivos que quiere conseguir el docente [10].

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, el docente planteará siguiente pregunta: “¿Eres capaz de echar a troyIAno del sistema del centro educativo?”

5. CONCLUSIONES

La presente comunicación refleja la importancia de la elaboración del marco que rodea a un proyecto, el cual constituye un elemento crucial para la generación del interés y motivación en el alumnado. Para la elaboración de este marco es indispensable considerar aspectos cruciales tanto desde el punto de vista docente (temática, objetivos curriculares, contenidos a trabajar, etc.), como del discente (relación del tema con el alumnado, puntos de interés, etc.), así como invertir los suficientes recursos técnicos y humanos para lograr un resultado notable.

REFERENCIAS

- [1] Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, de 30 de diciembre de 2020, nº 340. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>

- [2] Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. *Boletín Oficial del Estado*, de 10 de diciembre de 2013, n° 295. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2013/12/09/8/con>
- [3] Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, de 4 de mayo de 2006, n° 106. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2006/05/03/2/con>
- [4] Recomendación del Consejo 2018/C189/01, de 22 de mayo de 2018, relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente. *Diario Oficial de la Unión Europea* C n° 189, de 4 de junio de 2018. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=uriserv%3AAOJ.C_.2018.189.01.0001.01.SPA&toc=OJ%3AC%3A2018%3A189%3ATOC
- [5] OCDE. (2016). *PISA 2015: Resultados clave*. <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>
- [6] Cabero. (2015). Reflexiones educativas sobre las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 19-27. <https://doi.org/10.51302/tce.2015.27>
- [7] Jara, I., Ochoa, J.M. (2020). *Usos y efectos de la inteligencia artificial en educación*. <http://dx.doi.org/10.18235/0002380>
- [8] Ubal Camacho, M., Tambasco, P., Martínez, S., & García Correa, M. (2023). El impacto de la Inteligencia Artificial en la educación. Riesgos y potencialidades de la IA en el aula. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, (15), 41–57. <https://doi.org/10.6018/riite.584501>
- [9] Decreto 39/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Oficial de Castilla y León*, de 30 de septiembre de 2022, n° 190. <https://www.educa.jcyl.es/es/resumenbocyl/decreto-39-2022-29-septiembre-establece-ordenacion-curricul>
- [10] BIE (2021). *Project based learning handbook for Middle and High school*. PBLWorks.

SOBRE LA NATURALEZA DE STEM: HACÍA UNA EDUCACIÓN CIENTÍFICA INTEGRADA

VÍCTOR MARTÍNEZ-MARTÍNEZ¹, JAIRO ORTIZ-REVILLA¹ E ILEANA M. GRECA¹

*¹Universidad de Burgos, Facultad de Educación,
Departamento de Didácticas Específicas*

Resumen

Esta investigación parte desde el planteamiento de una Naturaleza de las disciplinas STEM (Science, Technology, Engineering y Mathematics, por sus siglas en inglés) para diseñar una situación de aprendizaje basada en la Ecología del Fuego, abarcando desde saberes tecnocientíficos hasta las implicaciones sociales en la elaboración del conocimiento. Se parte del desarrollo de un instrumento para identificar los conocimientos sobre Naturaleza de STEM (NoSTEM) del alumnado para después diseñar una situación de aprendizaje incluyendo temas como: la historia del fuego, las ciencias relacionadas con los incendios, la interacción ecosistema-humanidad o el uso de tecnologías avanzadas en la lucha contra incendios. Aunque la implementación de la secuencia didáctica con alumnado está en curso ya se ha obtenido una evaluación por parte de un grupo de docentes; esta retroalimentación permite conocer su viabilidad y aportar mejoras. Este esfuerzo busca avanzar en la integración efectiva de las disciplinas STEM en la enseñanza de las ciencias experimentales y dar los primeros pasos hacia una Naturaleza de STEM que permita abordar tanto los aspectos epistemológicos como sociales de las disciplinas tecnocientíficas.

Palabras clave: Educación STEM integrada, Didáctica de las Ciencias Experimentales, Naturaleza de STEM, secuencia didáctica.

1. JUSTIFICACIÓN

Existe una necesidad imperante de integrar tanto los conceptos científicos como las consideraciones sociales, éticas, históricas y filosóficas en la educación [1], [2]. En este sentido, la integración de STEM y concretamente la perspectiva NoSTEM en situaciones de aprendizaje se presenta como una respuesta clave para abordar esta complejidad. Tradicionalmente, la educación STEM ha tendido a descuidar aspectos humanísticos que son igualmente relevantes en la comprensión y solución de problemas contemporáneos [3]. Este trabajo busca cubrir ese vacío al desarrollar una propuesta didáctica innovadora que utilice como hilo conductor la Ecología del Fuego. Este tema, de

suma relevancia en la actualidad debido a su impacto en el medio ambiente y la gestión de recursos naturales, representa un desafío global que requiere una comprensión profunda y soluciones efectivas.

El diseño y desarrollo de esta situación de aprendizaje se fundamenta en una revisión exhaustiva de la literatura, que examina tanto las teorías educativas existentes como las metodologías aplicadas en la integración de STEM. Esto proporciona un marco teórico sólido que considera los aspectos epistemológicos, psicológicos y didácticos involucrados en la propuesta.

La elección de la Ecología del Fuego como temática central surge de la identificación de lagunas en enfoques educativos anteriores [4], [5]. Este tema no solo permite explorar la complejidad científica de los incendios forestales, sino que también proporciona un escenario idóneo para integrar la filosofía, la historia y la sociología de las ciencias. Además, aborda desafíos sociocientíficos fundamentales, como el cambio climático, reforzando así la relevancia y pertinencia de la propuesta.

Actualmente, la situación de aprendizaje se encuentra en fase de implementación. Los datos recopilados durante esta etapa, así como la retroalimentación de los docentes involucrados, permitirán evaluar la efectividad de la propuesta y realizar las mejoras pertinentes. Se espera que los resultados finales contribuyan no solo a la comprensión de la efectividad de la situación de aprendizaje, sino también a la conversación más amplia sobre la integración de NoSTEM en la educación científica integrada.

En síntesis, esta investigación representa un esfuerzo para avanzar en la comprensión y aplicación de la perspectiva NoSTEM [5] en el diseño de situaciones de aprendizaje, utilizando la Ecología del Fuego como un caso de estudio significativo. La fusión de la complejidad científica con elementos sociales y éticos busca formar estudiantes con una visión más completa y contextualizada de las disciplinas STEM y su relevancia en la sociedad actual.

2. INTRODUCCIÓN

Las disciplinas STEM han desempeñado un papel fundamental en el avance de la humanidad, no solo permitiendo la comprensión del funcionamiento del Universo y el desarrollo de nuevos dispositivos, sino también influenciando profundamente las interacciones sociales y culturales. Sin embargo, en la actualidad nos enfrentamos a una creciente desconfianza hacia la ciencia desde una parte significativa de la población, como se evidenció durante la pandemia de COVID-19, donde se manifestaron recelos hacia las vacunas y medidas sanitarias.

Esta desconfianza hacia la ciencia se refleja también en las dificultades para fomentar vocaciones en el ámbito STEM entre los jóvenes. A pesar de la importancia de estas disciplinas y los esfuerzos educativos, el porcentaje de estudiantes interesados en seguir carreras STEM ha permanecido estancado durante años, según informes de la Unión Europea [6]. Es en este contexto donde

surge la necesidad de replantear el enfoque educativo en las disciplinas STEM. Una posible solución radica en la integración de la historia, filosofía y sociología de la ciencia en los programas de estudio, lo que se conoce como Naturaleza de la Ciencia (NdC). Esta perspectiva busca no solo promover una comprensión más profunda de las disciplinas científicas, sino también democratizar el conocimiento científico y fomentar una ciudadanía más informada y crítica [7].

Para abordar esta problemática, este trabajo se enmarca en la corriente de la NoSTEM y busca diseñar y validar un instrumento que permita identificar las visiones y conocimientos sobre esta perspectiva, especialmente entre estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria y Universidad.

3. OBJETIVOS

Los objetivos principales de este trabajo se centran en el diseño y la implementación de secuencias didácticas innovadoras que integren la perspectiva NoSTEM, así como en la evaluación de su efectividad en el desarrollo competencial de estudiantes de escuela secundaria, así como de estudiantes universitarios en programas de grado y máster relacionados con la educación.

Además, estos objetivos se alinean con una serie de metas más amplias, como dotar a la ciudadanía de competencias para la toma de decisiones fundamentadas en evidencias, fomentar la comprensión de las simulaciones como una herramienta clave en la ciencia y la tecnología, promover la conciencia sobre la responsabilidad social y ambiental en la innovación, y estimular la participación comprometida de los estudiantes en el desarrollo de soluciones innovadoras y socialmente responsables. Además, se busca diseñar secuencias didácticas inclusivas y de calidad, incentivar la participación de las mujeres en áreas STEM, y fomentar una visión crítica del cambio climático y sus implicaciones individuales y sociales.

4. METODOLOGÍA

La metodología de investigación consta de dos etapas principales. En primer lugar, se lleva a cabo el diseño y validación de un instrumento sobre NoSTEM. En segundo lugar, se realiza el diseño y la evaluación de las secuencias didácticas.

4.1. Diseño y validación de un instrumento para evaluar el conocimiento de NoSTEM

El instrumento desarrollado adopta un enfoque mixto, combinando ítems abiertos y cerrados. Para identificar los elementos pertinentes y aptos para su inclusión en el instrumento, se utilizó un marco teórico-filosófico basado en la propuesta de Ortiz-Revilla et al. [5] sobre la NoSTEM, que integra la perspectiva *seamless web* [8] con el enfoque de los parecidos de familia de Wittgenstein (Family Resemblance Approach o FRA) [9]. En este sentido, se consideraron adecuadas las propuestas de Irzik y Nola[10], así como la adaptación posterior realizada por Erduran et al. [11], las cuales permiten es-

estructurar los elementos epistémicos compartidos por la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, junto con los componentes epistemológicos apropiados para el contexto educativo.

Este marco teórico aborda el conocimiento científico desde dos sistemas principales: el cognitivo-epistémico y el político-social. El primero comprende dimensiones como los objetivos y valores de la ciencia, las prácticas científicas, los métodos y reglas metodológicas, y el conocimiento científico mismo. Por otro lado, el sistema político-social abarca actividades profesionales, ética científica, certificación social y difusión, valores sociales de la ciencia, organizaciones e interacciones sociales, estructuras de poder político y financiación.

Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura sobre temas fundamentales de Ecología del Fuego para elaborar una tabla que recopila aspectos de las dimensiones mencionadas (Tabla 1). Esta revisión incluyó investigaciones sobre técnicas y metodologías aplicadas, estudio de incendios y comunicación a la ciudadanía, percepción de la ciudadanía, y políticas de gestión y prevención.

Tabla 1. Aspectos epistemológicos abordables en el aula a través de la Ecología del Fuego. Adaptación de Martínez-Martínez et al [12].

Ecología del Fuego			
Sistema cognitivo-epistémico		Sistema político-social	
Objetivos y valores	En la Ecología del Fuego se busca investigar los incendios desde un punto de vista interdisciplinar que permita abordar sus efectos y consecuencias, así como aportar soluciones una vez se haya dado.	Actividades profesionales	La Ecología del Fuego permite formar tanto a científicos que desarrollan su labor en instituciones pública o privadas como a los profesionales que forman parte de los cuerpos de extinción contra incendios.
Prácticas científicas	Dentro de las prácticas científicas propias de la Ecología del Fuego se pueden encontrar: la videovigilancia y los SIG, el muestreo de campo, el análisis edafológico y la experimentación mediante quemas controladas. Todo ello permite la creación de bancos de datos, modelos matemáticos y simulaciones informáticas, facilitando así la lucha contra los incendios y la concienciación ciudadana en este ámbito.	Ética científica:	Los científicos que investigan en Ecología del Fuego se ven envueltos en la dicotomía de hacer sus datos públicos por un bien común, o bien, reservarlos para las publicaciones y así poder competir con otros grupos de investigación.
		Certificación social y difusión:	Los hallazgos publicados por los científicos en la Ecología del Fuego serán sometidos a juicio por sus pares en revistas, congresos... Todo el conocimiento científico es, en última instancia compartido, con las administraciones públicas (para la elaboración de leyes) y con la ciudadanía (divulgación y concienciación).

Ecología del Fuego		
Sistema cognitivo-epistémico	Sistema político-social	
Métodos y reglas metodológicas	La metodología que se sigue en el estudio de los incendios comprende tanto el uso de una instrumentación concreta (teledetección, laboratorio de muestras...) y un software específico para la simulación de fuegos, así como unos protocolos de recuperación del paisaje preestablecidos.	Valores sociales de la ciencia La Ecología del Fuego no sólo busca la protección de los bienes biológicos, sociales y económicos a través de la lucha contra los incendios, sino que además busca que la recuperación cuando el incendio ya se ha producido sea de la forma más eficaz y económica posible atendiendo tanto a lo natural como a lo social.
		Organizaciones e interacciones sociales Como en el resto de áreas científicas, existe una jerarquía investigadora que solicita las ayudas a través de proyectos nacionales y autonómicos. Cada vez es más común encontrar colaboraciones público-privadas y entre varios grupos de investigación repartidos en diferentes áreas climáticas.
Conocimiento científico	Los conocimientos producidos por la Ecología del Fuego van desde la mejora de métodos de extinción y prevención de incendios, hasta la implementación de nuevos planes de ayuda una vez que el incendio ha ocurrido, pasando por la acumulación de datos en un contexto de clima cambiante.	Estructuras de poder político: En España la gestión política en este ámbito viene por parte del Ministerio de Transición Ecológica y tiene sus competencias derivadas a las Comunidades Autónomas.
		Financiación Cada vez más países están apostando por invertir en gestión forestal en vez de en lucha contra incendios. Sin embargo, el abandono demográfico del entorno rural hace costosa y complicada esta gestión.

Las partes del instrumento fueron sometidas a revisión y validación por parte de seis expertos interdisciplinares, quienes proporcionaron comentarios y sugerencias para mejorar su precisión y relevancia. Este proceso de refinamiento garantizó la idoneidad y fiabilidad del instrumento diseñado.

4.2. Diseño y validación de una secuencia didáctica basada en la Ecología del Fuego

Al desarrollar secuencias didácticas, es esencial considerar aspectos psicológicos, didácticos y epistemológicos. En el caso del diseño de secuen-

cias didácticas basadas en NoSTEM, se han orientado hacia la perspectiva del modelo reticular de Laudan [13], que propone una red triádica de justificación comprometida con teorías, métodos y objetivos (figura 1). En este proceso, hemos tomado en cuenta las influencias epistemológicas, psicológicas y didácticas de trabajos previos similares.

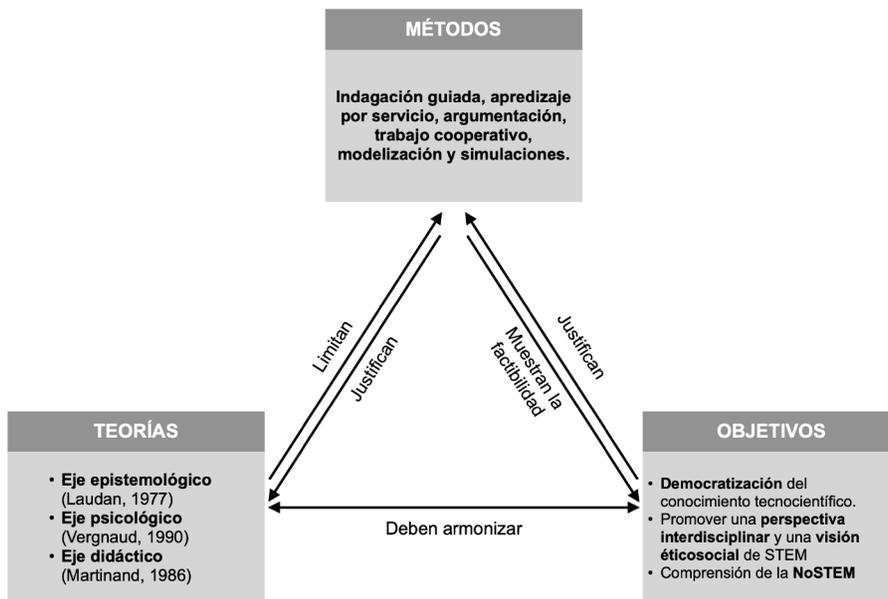


Figura 1. Red triádica de Laudan aplicada a la comprensión de la NoSTEM. Traducción de Martínez-Martínez & Greca [14].

Los objetivos se han adaptado a la perspectiva NoSTEM, priorizando la comprensión de conceptos fundamentales y la democratización del conocimiento tecnocientífico como metas finales. Se ha propuesto el uso de la investigación guiada como metodología principal, complementada con otras como estudios de casos, trabajo cooperativo, aprendizaje-servicio, modelado y simulación.

Siguiendo los principios teóricos discutidos por varios autores para abordar aspectos de la Naturaleza de la Ciencia a través de ejemplos concretos [15], [16], se seleccionó la Ecología del Fuego como tema guía en este trabajo sobre NoSTEM. Aunque este tema puede no ser común en el currículo español, se considera apropiado para alcanzar ciertos objetivos del perfil de salida de la ley educativa actual.

Al examinar las respuestas de los estudiantes, se identificaron obstáculos que delimitan las barreras epistémicas a superar, utilizadas para definir los objetivos. Estos objetivos han estructurado los diferentes temas y actividades dentro de nuestra secuencia didáctica sobre la Ecología del Fuego, asegurando

que no solo aborde deficiencias conceptuales comunes, sino que también esté alineada con las percepciones y necesidades individuales de los estudiantes, creando así una experiencia de aprendizaje más efectiva.

La secuencia comienza con la historia del fuego y su influencia cultural, abordando contenidos relacionados con humanidades. Luego se profundiza en las ciencias del fuego, desde la física hasta la biología, integrando conocimientos multidisciplinarios sobre la interacción del fuego con los ecosistemas. A través de estudios de casos, se proponen dilemas ambientales y éticos, y se utilizan herramientas avanzadas en su estudio, favoreciendo la alfabetización digital. Finalmente, se enfatiza la comunicación efectiva de la información y la participación ciudadana en la lucha contra los incendios.

Antes de implementar la secuencia didáctica diseñada, se buscó un sistema para evaluarla por parte del profesorado. Se adaptó la rúbrica validada RubeSTEM [17] excluyendo los indicadores relacionados con la puesta en práctica de la secuencia didáctica.

Para validar la pertinencia y aplicabilidad de estas propuestas en entornos educativos reales, se aplicó la rúbrica a un grupo de docentes de secundaria ($N = 29$) que fueron expuestos a la secuencia didáctica diseñada. La participación de estos profesionales permitió obtener una retroalimentación significativa y específica sobre la alineación de las actividades propuestas con los objetivos curriculares, así como su adecuación a las necesidades y características de los estudiantes de secundaria.

5. MEDIOS Y RECURSOS

La viabilidad y sostenibilidad del proyecto se fundamentan en una estrecha colaboración con escuelas de enseñanza media en España y Argentina, así como con el profesorado del Grado en Maestro/a de Educación Primaria y el Máster de Profesorado de la Universidad de Burgos. Esta relación cercana con entidades educativas, respaldada por el interés demostrado por la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León, asegura su continuidad en el tiempo.

El equipo de investigación cuenta con recursos disponibles y algunos que aún deben conseguirse para llevar a cabo el proyecto. Entre los recursos necesarios se encuentran materiales fungibles, licencias de software para análisis cuantitativo y cualitativo de datos, y un equipo de investigación y trabajo adecuado. Los recursos disponibles incluyen una licencia del software SPSS para el análisis cuantitativo de datos, software de análisis de datos cualitativos como Saturate y un equipo humano compuesto por técnicos especialistas en comunicación audiovisual, apoyo a la investigación, estudiantes de doctorado y profesores de escuela secundaria y universidad. Además, se cuenta con la participación de estudiantes del Grado en Maestro de Educación Primaria y del Máster de Profesorado de la UBU, así como de estudiantes de la Escuela Nacional Ernesto Sábató en Argentina, institución asociada a la UNiCEN.

6. FUTURO DE LA INVESTIGACIÓN

Para completar la investigación, es crucial llevar a cabo futuras implementaciones de la secuencia didáctica diseñada y evaluaciones de su eficacia. Estas investigaciones tendrán como objetivo principal verificar la aplicabilidad y evaluar el impacto de la secuencia didáctica en entornos educativos reales, así como determinar su efectividad en el logro de los objetivos planteados.

En primer lugar, se debe proceder con la implementación de la secuencia didáctica en aulas de enseñanza secundaria y universitaria. Esto implicará colaborar estrechamente con profesores y estudiantes para asegurar una adecuada ejecución del plan de estudios diseñado. Durante esta etapa, se recopilarán datos sobre la participación de los estudiantes, el desarrollo de las actividades propuestas y cualquier otro aspecto relevante que pueda influir en los resultados obtenidos.

Una vez implementada la secuencia didáctica, se llevará a cabo la evaluación de su eficacia. Esta evaluación se realizará mediante la recopilación y análisis de datos cuantitativos y cualitativos sobre el rendimiento académico de los estudiantes, su comprensión de los conceptos de NoSTEM y su percepción del aprendizaje. Se utilizará el instrumento de evaluación mencionado como prueba pretest y postest.

Se prevé que los hallazgos de este estudio permitan arrojar luz sobre nuevas perspectivas en la didáctica de las ciencias que deriven en nuevas maneras de abordar el currículo dando aportando una formación más holística y que promueva la alfabetización científica de la ciudadanía.

REFERENCIAS

- [1] G. S. Aikenhead, «Humanistic Perspectives of Science Education», en *Encyclopedia of Science Education*, R. Gunstone, Ed., Springer, 2014. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-007-6165-0_364-2.
- [2] H. Michel y I. Neumann, «Nature of Science and Science Content Learning: The Relation Between Students' Nature of Science Understanding and Their Learning About the Concept of Energy», *Sci Educ (Dordr)*, vol. 25, n.º 9-10, pp. 951-975, dic. 2016, <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-016-9860-4>.
- [3] V. Prachagool y P. Nuangchalerm, «Investigating understanding the nature of science», *International Journal of Evaluation and Research in Education*, vol. 8, n.º 4, pp. 719-725, dic. 2019, <http://doi.org/10.11591/ijere.v8i4.20282>.
- [4] I. Fernández, D. Gil, J. Carrascosa, A. Cachapuz, y J. Praia, «Visiones deformadas de la Ciencia transmitidas por la Enseñanza», *Historia y Epistemología de las Ciencias*, vol. 20, n.º 3, pp. 477-488, 2002.
- [5] J. Ortiz-Revilla, I. M. Greca, y I. Arriasecq, «A Theoretical Framework for Integrated STEM Education», *Sci Educ (Dordr)*, vol. 31, n.º 2, pp. 383-404, abr. 2022, <https://doi.org/10.1007/S11191-021-00242-X>.

- [6] European Union, «Brief Report of the High-Level Policy Event Citizen Science for Policy across Europe», Berlin, 2021. [En línea]. Disponible en: www.pexels.com
- [7] Á. Vázquez Alonso, M. Antonia Manassero Mas, J. Antonio Acevedo Díaz, y P. Acevedo Romero, «Consensos sobre la naturaleza de la Ciencia: la comunidad tecnocientífica», *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 6, pp. 331-363, 2007.
- [8] T. P. Hughes, «The Evolution of Large Technological Systems», en *The Social Construction Of Technological System*, 4th ed., W. E. Bijker, T. P. Hughes, y T. Pinch, Eds., MIT Press, 1993, pp. 51-82.
- [9] L. Wittgenstein, *Philosophical Investigations*, 4th ed. West Sussex: Blackwell, 2009.
- [10] G. Irzik y R. Nola, «A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education», *Sci Educ (Dordr)*, vol. 20, n.º 7, pp. 591-607, jul. 2011, <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>.
- [11] S. Erduran, Z. R. Dagher, y C. V. McDonald, «Contributions of the Family Resemblance Approach to Nature of Science in Science Education: A Review of Emergent Research and Development», *Sci Educ (Dordr)*, vol. 28, n.º 3-5, pp. 311-328, jul. 2019, <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00052-2>.
- [12] V. Martínez-Martínez, J. Ortiz-Revilla, y I. M. Greca, «Enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia a partir de la Ecología del Fuego», en *Estrategias metodológicas e investigación en la enseñanza de las ciencias*, P. Membiela y M. I. Cebreiros, Eds., Ourense: Educación Editora, 2023, pp. 117-122.
- [13] L. Laudan, *Science and Values: The Aims of Science and Their Role in Scientific Debate*, vol. 39, n.º 2. University of California Press, 1984.
- [14] V. Martínez-Martínez y I. M. Greca, «Theoretical Framework for a Didactic Nature-of-STEM Sequence», en *In press*.
- [15] A. Adúriz-Bravo, «Teaching the Nature of Science with Scientific Narratives», *Interchange*, vol. 45, n.º 3-4, pp. 167-184, ene. 2015, <https://doi.org/10.1007/s10780-015-9229-7>.
- [16] D. Allchin, «Teaching the nature of science through scientific errors», *Sci Educ*, vol. 96, n.º 5, pp. 904-926, sep. 2012, <https://doi.org/10.1002/sce.21019>.
- [17] D. Aguilera, A. García-Yeguas, F. J. Perales-Palacios, y J. M. Vilchez-González, «Design and validation of a rubric for the evaluation of STEM teaching proposals (RubeSTEM)», *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, vol. 97, n.º 36.1, pp. 11-34, abr. 2022, <https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92409>.

PATRIMONIO CULTURAL Y REDES SOCIALES: ANÁLISIS DE LA PRESENCIA EN LA PLATAFORMA X DE LOS BIENES DE INTERÉS CULTURAL EN EL CAMINO FRANCÉS DE CASTILLA Y LEÓN

SILVIA DÍAZ-DE LA FUENTE¹, MARÍA PILAR ALONSO ABAD¹, JOSÉ MANUEL GALÁN¹

¹Universidad de Burgos

Resumen

El presente trabajo analiza la representación y valoración de los Bienes de Interés Cultural (BIC) en el Camino de Santiago Francés a su paso por Castilla y León mediante el estudio de datos extraídos de X (anteriormente conocido como Twitter). Empleando técnicas avanzadas de procesamiento de lenguaje natural y análisis de sentimientos, se evalúa la percepción pública reflejada en esta red social, revelando una predominancia de respuestas emocionales positivas. Esta perspectiva digital demuestra la utilidad de X como herramienta para la gestión y promoción del Patrimonio Cultural, proporcionando una visión detallada y actualizada del impacto social y psicológico de los BIC en la era moderna a través de la huella digital en redes sociales.

Palabras clave: Camino de Santiago Francés, Patrimonio Cultural, Redes Sociales, Análisis de Sentimientos, Bienes de Interés Cultural, Impacto Social

1. INTRODUCCIÓN

El Camino de Santiago —una red de rutas de peregrinación que atraviesa Europa para converger en la tumba del apóstol Santiago en Santiago de Compostela, España— es un fenómeno devocional, cultural y turístico [1–7]. A lo largo de siglos, ha servido como elemento de unión para personas de todo el mundo, sentando incluso las bases de la comunidad europea. En la actualidad, el Camino despierta un creciente interés de estudio desde diversas perspectivas [8, 9]. Este entramado de Caminos, especialmente el Camino Francés, reconocido por la UNESCO como Patrimonio de la Humanidad, no sólo es un testimonio de la fe religiosa, sino también un espejo de la evolución cultural e histórica de Europa. La región de Castilla y León, rica en Patrimonio Cultural, ofrece un segmento crucial de esta ruta, albergando numerosos Bienes de Interés Cultural que reflejan la profundidad histórica y artística del Camino.

En la época actual, la huella digital en las redes sociales se ha convertido en una herramienta muy valiosa para analizar tendencias, percepciones y el impacto de diversos fenómenos culturales [10]. Twitter, o con su reciente cambio de denominación a X, con su inmediatez y alcance global, emerge como una plataforma potente para capturar las voces y experiencias de los peregrinos y viajeros culturales, ofreciendo una perspectiva dinámica sobre cómo se vive y valora el Camino de Santiago hoy en día [11]. Este análisis digital ofrece una nueva dimensión para evaluar el impacto cultural, social y económico de los bienes culturales, permitiendo una comprensión más matizada de su relevancia en el contexto moderno y proporcionando perspectivas interesantes a los gestores del Patrimonio Cultural.

Centrándonos en los Bienes de Interés Cultural que se encuentran en las localidades atravesadas por el Camino Francés en Castilla y León, este estudio busca explorar cómo se reflejan y valoran estas riquezas culturales en el discurso digital. Mediante el análisis de datos extraídos de Twitter/X, el objetivo es analizar las tendencias, opiniones y sentimientos que rodean estos bienes, proporcionando *insights* críticos para su gestión, conservación y promoción. Al entrelazar la historia con la tecnología, este trabajo no solo subraya la importancia continua del Camino de Santiago en la cultura contemporánea, sino que también orienta hacia futuras estrategias para su preservación y apreciación en la era digital.

2. METODOLOGÍA

2.1. X (Twitter)

X, antiguamente Twitter y todavía popularmente denominada así con frecuencia, es una red social caracterizada por su formato de microblogging que permite a los usuarios compartir mensajes breves, conocidos como *tweets* (tuits). Esta singularidad la convierte en una fuente rica de datos para la investigación, ofreciendo una visión instantánea de la opinión pública, tendencias y comportamientos sociales a gran escala. Los investigadores aprovechan estos datos para analizar patrones en tiempo real, estudiar la difusión de información y entender las dinámicas de interacción entre usuarios [12].

Además, X se ha establecido como una herramienta valiosa en ciencias sociales computacionales y otros campos, donde se utilizan técnicas avanzadas como la minería de datos y el análisis de sentimientos para extraer conocimientos. Los estudios abarcan desde la evaluación de daños en desastres naturales [13] hasta la monitorización indirecta del desempleo [14], ilustrando la capacidad de Twitter para reflejar y, a veces incluso anticipar tendencias y comportamientos en diversos ámbitos de la sociedad.

2.2. Conjunto de datos

Este estudio emplea un *dataset* obtenido de X (Twitter), enfocado en los Bienes de Interés Cultural del Camino Francés en Castilla y León [15]. Utilizando el paquete *twarc2* de Python y credenciales académicas, se recolec-

taron tuits desde enero de 2009 hasta marzo de 2023. Los términos de búsqueda son las denominaciones en español de los bienes sin tener en cuenta tildes, determinantes y preposiciones. Esta base de datos, que puede consultarse a través del enlace <https://doi.org/10.36443/10259/8876>, contiene información detallada como texto, fecha, idioma, autor y número de retuits, excluyendo datos no pertinentes y determinados falsos positivos. La serie temporal de los datos muestra un incremento notable durante el año jacobeo 2021-2022 y patrones estacionales, subrayando la relevancia de X como herramienta para analizar la percepción pública y el impacto de los bienes culturales en esta región.

El *dataset* total abarca 566,989 entradas, pero no todos los elementos culturales se mencionan con la misma frecuencia. Destacan las catedrales de Burgos y León, que representan cerca de la mitad de los registros. Solo hay 10 bienes culturales, todos declarados como BIC, que acumulan más de 10,000 tuits cada uno, tal como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Tabla con el número de tuits de los 10 bienes de interés cultural con mayor impacto digital en el periodo de análisis

Nombre del BIC	Número de <i>tuits</i>
Catedral de Santa María de Burgos	186461
Catedral de Santa María de León	108753
Museo de Burgos	50373
La Villa de Castrojeriz	19766
Sierra de Atapuerca	17790
Teatro Principal de Burgos	14356
Catedral de Santa María de Astorga	12926
Monasterio de Santa María la Real de Las Huelgas de Burgos	12519
Iglesia Colegiata de San Isidoro de León	12459
Palacio Episcopal de Astorga	10056

3. ANÁLISIS TEMPORAL DE LOS DATOS

Para analizar los datos de los tuits con mayor detalle, se ha procedido a su desglose en dos componentes principales: la tendencia y la estacionalidad, además del residuo para reconstruir la serie original. La tendencia describe el movimiento general o dirección a largo plazo de los datos, mientras que la estacionalidad se refiere a patrones que se repiten en intervalos regulares, en este caso, mensuales con una recurrencia anual. El residuo representa la variación de los datos no explicada por los dos componentes anteriores, captando las fluctuaciones aleatorias o debidas a factores no previstos. Al detectar patrones en los residuos utilizando un modelo aditivo, se optó por una descomposición multiplicativa. Además, para verificar la hipótesis de que la estacionalidad

varía según el nivel de actividad en la red, se aplicó una transformación logarítmica a los datos, una técnica habitual en series temporales para estabilizar la varianza cuando esta cambia a lo largo del tiempo. Los análisis revelaron un incremento significativo de tuits en verano y primavera, confirmando una fuerte estacionalidad y una tendencia creciente en la actividad de Twitter relacionada con los bienes culturales (ver Fig. 1).

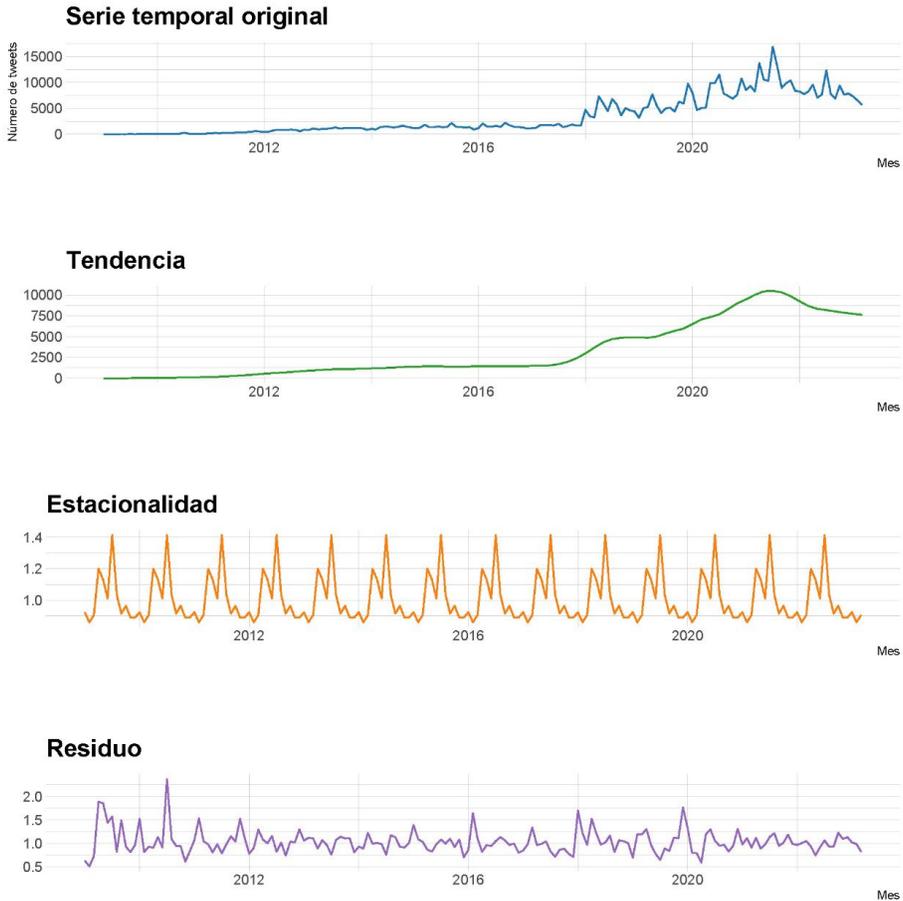


Figura 1. Representación de la descomposición multiplicativa de la serie temporal, mostrando la tendencia y la estacionalidad anual.

4. ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD IDIOMÁTICA

Analizar la distribución de idiomas en los tuits sobre los Bienes de Interés Cultural proporciona una visión detallada de la audiencia global interesada en estos elementos culturales. Permite identificar qué comunidades lingüísticas muestran mayor interés o participación en la conversación sobre

estos bienes, ofreciendo *insights* para estrategias de promoción y conservación cultural adaptadas a diferentes grupos. Además, ayuda a comprender cómo se proyecta la imagen y valor de estos bienes en el ámbito internacional, crucial para la gestión y difusión del Patrimonio Cultural en la era digital. Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Distribución de la cantidad de tuits según el idioma detectado en Twitter.

Idioma	Número de tuits
Español	546211
Catalán	8330
Inglés	5148
Rumano	1068
Portugués	997
Sin contenido lingüístico	992
Sólo links a media	909
Galés	746
Idioma desconocido	528
Italiano	371
Japonés	346
Francés	344
Holandés	183
Alemán	133
Euskera (vasco)	123
Coreano	96
Indonesio	60
Polaco	51
Tagalo	50
Finlandés	44
Esloveno	40
Haitiano	33
Checo	30
Danés	29
Ruso	22
Turco	18
Estonio	15
Sólo hashtag	15
Húngaro	9
Sueco	9
Letón	8

Idioma	Número de tuits
Lituano	6
Noruego	6
Árabe	5
Sólo menciones	4
Ucraniano	3
Chino	2
Vietnamita	2
Búlgaro	1
Griego	1
Tailandés	1

Al cruzar la información de los BIC con los idiomas de los tuits, podemos analizar no solo cuánto se habla sobre cada bien (volumen), sino también su alcance internacional (nivel de internalización). Esto permite identificar qué bienes captan la atención de audiencias globales y en qué idiomas se discuten, ofreciendo una perspectiva sobre cómo se perciben y valoran estos bienes culturalmente significativos en diferentes comunidades lingüísticas y regiones del mundo. Este análisis se detalla a continuación, en la Fig. 2. La figura muestra la distribución lingüística de los tuits asociados a los 15 Bienes de Interés Cultural con más actividad en Twitter. Los resultados indican un predominio del español, lo que es esperable dado el contexto situacional del Camino y la amplitud de la comunidad hispanohablante que aglutina multitud de países. La presencia de otros idiomas como inglés, italiano, portugués y japonés, entre otros, sugiere un interés diverso hacia estos bienes, sin embargo, residual frente a la presencia del español en el conjunto de datos.

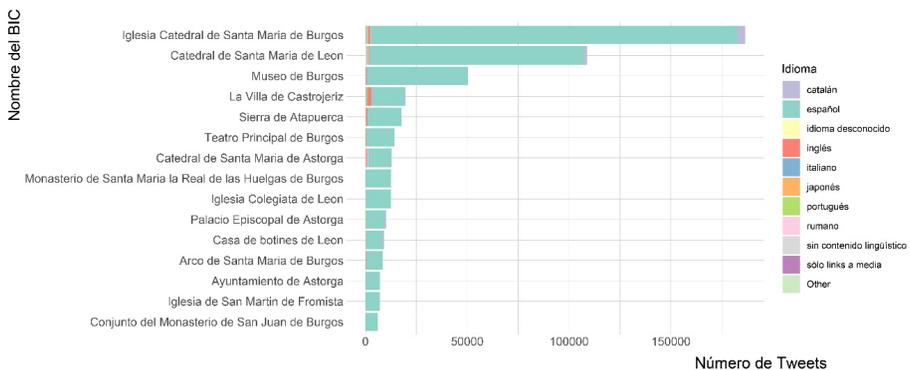


Figura 2. Distribución por idioma de los tuits correspondientes a los quince Bienes de Interés Cultural con mayor volumen de menciones en Twitter, destacando la prevalencia del idioma español.

5. ANÁLISIS DE SENTIMIENTOS

El análisis de sentimientos [16, 17] es un campo interdisciplinario dentro de la inteligencia artificial que examina las emociones y opiniones expresadas en los textos, por ejemplo, de las redes sociales. Con el auge de los datos digitales, ha surgido la necesidad de técnicas avanzadas para procesar y obtener información valiosa de grandes cantidades de texto no estructurado. Esta disciplina utiliza el procesamiento del lenguaje natural y el aprendizaje automático para identificar y clasificar la polaridad de los sentimientos en textos, determinando si son positivos, negativos o neutros, y midiendo la intensidad de emociones específicas.

Existen dos enfoques predominantes (aunque la reciente aparición de los permite una tercera vía para esta tarea muy prometedora): basado en reglas, que se vale de palabras clave y patrones gramaticales para la identificación de sentimientos [18]; y basado en aprendizaje, que emplea algoritmos que aprenden de datos etiquetados o detectan patrones en datos no etiquetados. Las aplicaciones del análisis de sentimientos son muy extensas, incluyendo desde el monitoreo de la opinión pública hasta la toma de decisiones empresariales, permitiendo a las organizaciones responder con agilidad a las percepciones y tendencias del mercado.

En este trabajo, se han empleado técnicas de análisis de sentimientos para interpretar las emociones y opiniones expresadas en los tuits asociados a cada BIC. Se ha utilizado el paquete Syuzhet en R [19, 20], que aplica el método de “bolsa de palabras” para evaluar el sentimiento en base a palabras individuales contenidas en el texto [21]. Este enfoque compara las palabras del tuit con léxicos que asignan valores de intensidad emocional. A pesar de su utilidad, estos métodos no consideran la sintaxis ni la gramática en su evaluación.

Syuzhet permite elegir entre cuatro léxicos estándar de sentimiento, cada uno con sus peculiaridades y conjunto de palabras valoradas. El léxico Syuzhet, desarrollado por el Nebraska Literary Lab [22], el Afinn de Finn Årup Nielsen que incluye términos de jerga de Internet [23], el Bing de Minqing Hu y Bing Liu [24] enfocado en la polaridad, y el NRC que abarca ocho categorías emocionales además de la polaridad [25], son los léxicos utilizados, cada uno con su respectivo marco de anotaciones y tamaño de vocabulario.

Para el análisis de sentimientos, se debe señalar que el paquete Syuzhet sólo admite léxicos para ciertos idiomas, lo que requiere restringir los resultados a estos. Esto conllevó la exclusión de aproximadamente el 2% de los tuits originalmente recolectados. Se han analizado los tuits en los idiomas que Syuzhet puede procesar, incluyendo danés, alemán, inglés, español, finlandés, francés, italiano, holandés, portugués, rumano, ruso y sueco.

Para garantizar la integridad de los datos, se ha realizado un preprocesado de limpieza textual. Este proceso es esencial para mejorar la precisión de los subsiguientes análisis de sentimientos y modelos predictivos. Se han

seguido métodos estandarizados que incluyen: la eliminación de saltos de línea, la depuración de caracteres especiales, la remoción de números y signos de puntuación, la conversión de texto a formato de minúsculas, la selección de textos en idiomas predeterminados, y la lematización según el idioma. Además, se aplicó un filtrado para eliminar palabras sin carga semántica relevante y se corrigieron espacios en blanco redundantes. Estas etapas son importantes para reducir anomalías en los datos y facilitar un análisis de sentimientos preciso.

La Fig. 3 muestra la proporción de tuits por emoción en relación con el total mensual de tuits desde el año 2017, a partir del cual hay mayor volumen de datos. Los datos indican una prevalencia consistente de emociones positivas, especialmente la confianza y la alegría, que juntas constituyen entre el 75% y el 80% de todas las emociones vinculadas a los Bienes de Interés Cultural del Camino Francés. Este patrón sugiere que el patrimonio del Camino de Santiago va más allá del valor cultural, teniendo un impacto significativo en el bienestar social y psicológico.

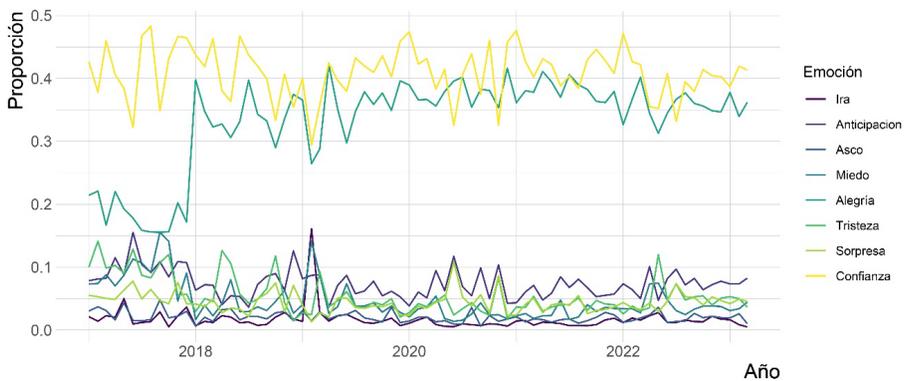


Figura 3. Proporción mensual de emociones detectadas en tuits sobre los Bienes de Interés Cultural del Camino Francés, destacando la predominancia de sentimientos positivos, especialmente de confianza y alegría.

Utilizando el léxico NRC para determinar la polaridad de los tweets, los resultados respaldan una predominancia de opiniones positivas en Twitter. La Fig. 4 ilustra la proporción de tuits positivos, negativos y neutros en un análisis de serie temporal mensual desde 2017. Desde 2018, con datos más robustos, se observa una proporción estable de aproximadamente el 75% de tuits positivos. La mayoría restante corresponde a tuits neutros, con un porcentaje mínimo, cerca del 1%, clasificado como negativo.

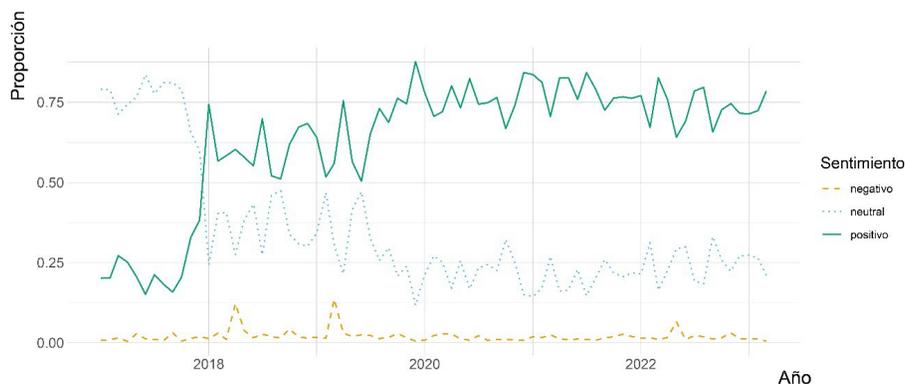


Figura 4. Serie temporal que muestra la proporción mensual de tuits con sentimiento positivo, neutral y negativo, evidenciando una predominancia de reacciones positivas a lo largo del periodo comprendido entre 2017 y 2022.

Al aplicar el análisis de sentimientos con el léxico NRC a los Bienes de Interés Cultural en el Camino Francés de Castilla y León, los datos expuestos en la Fig. 5 ilustran las series temporales de los 12 BIC con mayor actividad en Twitter. Los resultados demuestran dos patrones diferenciados: los bienes con una alta proporción de tuits positivos, consistentemente por encima del 75% para ciertos BIC, y un conjunto de bienes con una proporción de positividad más moderada o neutral, menor al 50%. Los BIC como las catedrales de Astorga, León y Burgos, así como el Monasterio de Santa María la Real de Las Huelgas, resaltan por su impacto positivo predominante.

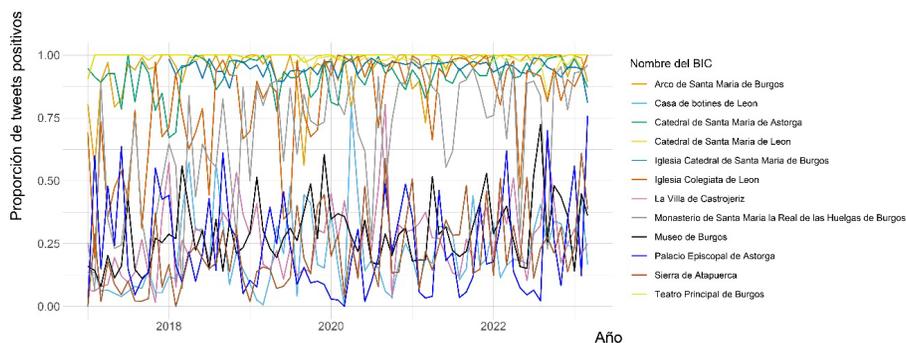


Figura 5. Serie temporal en la proporción de tuits positivos asociados a doce Bienes de Interés Cultural en el Camino Francés de Castilla y León, destacando la tendencia general hacia una percepción positiva en la comunicación social.

6. CONCLUSIONES

La exploración exhaustiva de los datos de X (Twitter) ha revelado patrones significativos en la percepción pública de los Bienes de Interés Cultural del Camino de Santiago Francés a su paso por Castilla y León. Este estudio evidencia que X es una herramienta robusta y reveladora para el análisis cultural y social, proporcionando perspectivas valiosas sobre la reputación y el impacto de los BIC a través de su huella digital. Los hallazgos destacan una percepción mayoritariamente positiva, con manifestaciones de alegría y confianza dominando el discurso digital. Estos resultados subrayan el valor cultural inestimable del Camino y su resonancia en el bienestar colectivo, ofreciendo una base de datos esencial para estrategias futuras de conservación y promoción patrimonial en la era digital.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo y la financiación recibida de: (i) el Ministerio de Ciencia e Innovación a través de sus redes de excelencia HAR2017-90883-REDC y RED2018-102518-T, y el proyecto PID2020118906GB-I00; (ii) la Junta de Castilla y León — Consejería de Educación (BDNS 425389); y el FWO-WOG (W001220N). Además, este trabajo ha sido parcialmente cofinanciado por el Fondo Social Europeo, ya que Silvia Díaz de la Fuente es beneficiaria de una beca predoctoral a través de la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León. Agradecemos también el apoyo del grupo Santander Supercomputación de la Universidad de Cantabria, que nos brindó acceso al superordenador Altamira en el Instituto de Física de Cantabria (IFCA-CSIC), miembro de la Red Española de Supercomputación, para realizar los análisis. Los autores también desean agradecer a Virginia Ahedo y José Ignacio Santos por su ayuda.

REFERENCIAS

- [1] Cazaux, F. (2011) To be a pilgrim: A contested identity on Saint James' Way. *Tourism: An International Interdisciplinary Journal*. 3 353–367.
- [2] Lois-González, R.C. and Santos, X.M. (2015) Tourists and pilgrims on their way to Santiago. Motives, Caminos and final destinations. *Journal of Tourism and Cultural Change*. 13 (2), 149–164.
- [3] Lois González, R.C., Castro Fernández, B.M., and Lopez, L. (2016) From Sacred Place to Monumental Space: Mobility Along the Way to St. James. *Mobilities*. 11 (5), 770–788.
- [4] Mencos, C. (2018) 100 cosas que hay que saber del Camino de Santiago. Lectio Ediciones, Barcelona.
- [5] Mróz, F. (2021) Poles travelling to Compostela in time and space. *Journal of Cultural Geography*. 38 (2), 206–234.
- [6] Rivera Blanco, J. (2013) Cronología patrimonial del Camino Jacobeo Francés (El Camino de Santiago, un patrimonio único universal). in:

- Alma Ars: Estudios de Arte e Historia En Homenaje al Dr. Salvador Andrés Ordax, pp. 347–352.
- [7] Roszak, P. (2019) Sacred and Space in Post-Secular Pilgrimage: The Camino de Santiago and Relational Model of the Sacred. *International Journal of Religious Tourism and Pilgrimage*. 7 (5), 5.
- [8] Díaz-de la Fuente, S., Ahedo, V., Alonso Abad, M.P., and Galán, J.M. (2022) El Impacto del Camino de Santiago en el Ámbito Académico: Análisis de las Tesis Doctorales Jacobeas en España. in: VIII Jornadas de Doctorandos de La Universidad de Burgos., Universidad de Burgos, Burgos, pp. 285–296.
- [9] Díaz-de la Fuente, S., Ahedo, V., Alonso Abad, M.P., and Galán, J.M. (2024) The Academic Influence of the Camino de Santiago: A Bibliometric Analysis through Doctoral Research and Indexed Manuscripts. *International Journal of Religious Tourism and Pilgrimage*. 12 (1).
- [10] Díaz-de la Fuente, S., Alonso Abad, M.P., and Galán, J.M. (2021) Buen Camino: La Gestión Del Patrimonio Cultural Desde Las Humanidades Digitales. in: VII Jornadas de Doctorandos de La Universidad de Burgos, Universidad de Burgos., Burgos, pp. 115–120.
- [11] Díaz-de la Fuente, S., Ahedo, V., Alonso Abad, M.P., Santos, J.I., and Galán, J.M. (2024) Analysing the Impact of Religious Pilgrimage Routes through Twitter Sentiment Analysis: A case study. in: *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, Springer.
- [12] Chen, K., Duan, Z., and Yang, S. (2022) Twitter as research data. *Politics and the Life Sciences*. 41 (1), 114–130.
- [13] Kryvasheyev, Y., Chen, H., Obradovich, N., Moro, E., Van Hentenryck, P., Fowler, J., et al. (2023) Rapid assessment of disaster damage using social media activity. *Science Advances*. 2 (3), e1500779.
- [14] Llorente, A., Garcia-Herranz, M., Cebrian, M., and Moro, E. (2015) Social Media Fingerprints of Unemployment. *PLOS ONE*. 10 (5), e0128692.
- [15] Díaz-de la Fuente, S., Santos Martín, J. I., Ahedo García, V., Alonso Abad, M. P. y Galán Ordax, J. M. (2024). *Dataset of Tweets on Assets of Cultural Interest Along the French Way in Castilla y León (2009-2023)*. Universidad de Burgos. <https://doi.org/10.36443/10259/8876>
- [16] Hemmatian, F. and Sohrabi, M.K. (2019) A survey on classification techniques for opinion mining and sentiment analysis. *Artificial Intelligence Review*. 52 (3), 1495–1545.
- [17] Serrano-Guerrero, J., Olivás, J.A., Romero, F.P., and Herrera-Viedma, E. (2015) Sentiment analysis: A review and comparative analysis of web services. *Information Sciences*. 311 18–38.

-
- [18] Wankhade, M., Rao, A.C.S., and Kulkarni, C. (2022) A survey on sentiment analysis methods, applications, and challenges. *Artificial Intelligence Review*. 55 (7), 5731–5780.
- [19] Jockers, M. (2020) Introduction to the Syuzhet Package. .
- [20] Kim, H. (2022) Sentiment Analysis: Limits and Progress of the Syuzhet Package and Its Lexicons. *DHQ: Digital Humanities Quarterly*. 16 (2),.
- [21] Silge, J. and Robinson, D. (2017) Sentiment analysis with tidy data. in: *Text Mining with R!*, 1st ed., O’Reilly Media, .
- [22] Jockers, M.L. and Thalken, Rosamond. (2020) *Text Analysis with R For Students of Literature* . 2nd ed. 20 Springer International Publishing, Cham.
- [23] Nielsen, F.Å. (2011) A new ANEW: Evaluation of a word list for sentiment analysis in microblogs. in: M. Rowe, M. Stankovic, A.-S. Dadzie, M. Hardey (Eds.), *Proceedings of the ESWC2011 Workshop on “Making Sense of Microposts”*: Big Things Come in Small Packages, pp. 93–98.
- [24] Hu, M. and Liu, B. (2004) Mining and Summarizing Customer Reviews. in: *Proceedings of the Tenth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA. 168–177.
- [25] Mohammad, S.M. and Turney, P.D. (2013) Crowdsourcing a Word–Emotion Association Lexicon. *Computational Intelligence*. 29 (3), 436–465.

SEGUNDA SESIÓN

SANDRA ALONSO TOMÉ

La política estratégica europea para la gestión integrada de fronteras: hacia una libertad de circulación más eficiente, moderna y respetuosa con los derechos fundamentales.

MIGUEL ÁNGEL PASCUA MORENO

La coordinación entre el nuevo Registro de la Propiedad Electrónico y el Catastro Inmobiliario y la descripción gráfica georreferenciada de la finca en el nuevo Folio Registral Electrónico.

MONTSERRAT PAMPLIEGA MELGOSA

Cómo abordar la internacionalización de la empresa. Aplicación al sector vitivinícola.

SARAY CAPA SANTAMARÍA

El oficio más antiguo del mundo y su limbo normativo.

LA POLÍTICA ESTRATÉGICA EUROPEA PARA LA GESTIÓN INTEGRADA DE FRONTERAS: HACIA UNA LIBERTAD DE CIRCULACIÓN MÁS EFICIENTE, MODERNA Y RESPETUOSA CON LOS DERECHOS FUNDAMENTALES

SANDRA ALONSO TOMÉ
Universidad de Burgos

Resumen

El Consejo Europeo, en febrero de 2023, subrayó con firmeza la urgente necesidad de garantizar una gestión efectiva y coordinada de las fronteras exteriores de la Unión Europea (UE), abogando por un enfoque integral que abarque todos los aspectos pertinentes. Poco después, en marzo del mismo año, la Comisión Europea presentó un ambicioso plan estratégico de cinco años para la gestión integrada y cohesiva de las fronteras europeas: La Comunicación al Parlamento Europeo y al Consejo por la que se establece la política estratégica plurianual para la gestión europea integrada de las fronteras. Este plan estratégico, concebido como una hoja de ruta para futuras acciones, incorporó una recomendación a los Estados Miembros (EEMM) sobre el reconocimiento mutuo de decisiones de retorno y su agilización, lo cual representó una actualización de una recomendación anterior emitida en 2017. No obstante, es imperativo reconocer que aquella medida ha evidenciado cierta ineficacia en su implementación hasta la fecha. En consecuencia, se pretende una revisión y una mejora sustancial en su aplicación para asegurar su efectividad en el cumplimiento del fin último de los retornos.

La mencionada Comunicación estableció un meticuloso marco estratégico coordinado, cuyo propósito esencial es orientar las actividades de las autoridades fronterizas de los EEMM de la UE, así como de sus agentes y los de la Agencia Europea de la Guardia de Fronteras y Costas (Frontex). Este prolijo marco, se estructura en torno a quince componentes esenciales, resaltando entre ellos: el control fronterizo, la colaboración en operaciones de búsqueda y rescate, la gestión de retornos y el respeto y promoción de los derechos fundamentales.

En lo que respecta al control fronterizo, se destaca la ineludible importancia de contar con infraestructuras y tecnologías de información avanzadas, así como de fomentar una estrecha colaboración entre Frontex y los países involucrados en la gestión fronteriza. También se enfatiza la necesidad urgente de mejorar la coordinación en operaciones de búsqueda y rescate, así

como de intensificar y consolidar la colaboración con terceros países para lograr un sistema integral que salvaguarde la seguridad y bienestar de todos los ciudadanos. En relación con los retornos de migrantes, siempre delicados, se busca aumentar su efectividad bajo el prisma de una ejecución humanitaria y respetuosa de los derechos fundamentales. Se hace especial hincapié en la necesidad de respetar escrupulosamente los derechos fundamentales en todo momento y hacer un uso eficiente de tecnologías avanzadas para mejorar la gestión fronteriza. Esta Comunicación marca el inicio de un comprometido proceso de implementación de la gestión integrada de fronteras durante los próximos cinco años, con una evaluación prevista para 2027.

Finalmente, se reconoce que la gestión de las fronteras exteriores es una responsabilidad colectiva de todos los EEMM, fundamental para la preservación de un espacio común sin controles en las fronteras interiores.

Palabras clave: Gestión integrada de fronteras, frontera exterior de la UE, política de retorno, Frontex, agentes fronterizos nacionales.

1. CUESTIONES PREVIAS

La política estratégica plurianual para la gestión integrada de las fronteras europeas (política estratégica, en adelante) se crea mediante la Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo, de 14 de marzo de 2023 [1], que recoge el guante lanzado por el Consejo Europeo extraordinario, de 9 de febrero de 2023, por el cual, y como parte de su planteamiento integral de la inmigración, invita a la Comisión a desarrollar una estrategia para la gestión integrada de las fronteras exteriores de la UE.

En el contexto de crecientes desafíos globales, se ha intensificado el enfoque de la UE hacia la gestión de las crisis migratorias y humanitarias, reflejando una conciencia agudizada por adversidades sociales y humanitarias. Esta sensibilización, amplificada por los medios, impulsa demandas en la búsqueda de respuestas multifacéticas y efectivas. En alineación con los ideales de paz, solidaridad, equilibrio social, y objetivos de desarrollo sostenible, la UE adopta un enfoque proactivo y humanitario hacia la gestión de sus fronteras exteriores. La política estratégica, establecida mediante la Comunicación de 14 de marzo de 2023, responde a la llamada del Consejo Europeo extraordinario del 9 de febrero de 2023 para un enfoque global de la gestión de las fronteras exteriores.

Este enfoque integral enfrenta la complejidad de la crisis migratoria actual, exacerbada por conflictos en el Medio Oriente, África y otras regiones, así como por eventos significativos como las protestas de la Primavera Árabe. Estos eventos han puesto de manifiesto la necesidad de trascender el mero control fronterizo y enfocarse en las causas fundamentales de la migración, la promoción de solidaridad entre los EEMM, y el respeto por los derechos humanos y la dignidad de todas las personas. Hay que destacar la magnitud de la crisis migratoria, “convirtiéndose en uno de los principales puntos de la

agenda política y social europea, lo que demanda respuestas a la mayor crisis humanitaria vivida desde la Segunda Guerra Mundial” [2].

Además, se reconoce la ambigüedad en los objetivos perseguidos por las políticas de inmigración de la UE. Sin embargo, “los fines que políticamente se persiguen no pueden ser más contradictorios. ¿Qué buscamos con la política europea de inmigración: la integración generalizada del inmigrante que se encuentra en territorio europeo, la regularización por cupos, el retorno integrado, la seguridad de las fronteras, la erradicación de las mafias, ... y más allá de esto: son compatibles estos fines?” [3]. Esta reflexión subraya la complejidad y los desafíos inherentes a la política migratoria europea, especialmente desde el incremento del flujo migratorio masivo iniciado en 2015, que puso en relieve no solo los conflictos en los países de origen sino también las condiciones de las migraciones y la gestión fronteriza. “Se ponía de manifiesto que algo se estaba haciendo mal, tanto por parte de los EEMM como por parte de la UE, o que sencillamente estos se habían visto, definitivamente desbordados” [4]. Esto refleja la preocupación creciente sobre el respeto de los valores europeos y los derechos humanos en la actuación de la UE y los EEMM al afrontar flujos migratorios y controles de acceso al territorio europeo en las fronteras exteriores.

La estrategia de la UE para la gestión integrada de las fronteras exteriores, formulada en 2023, refleja un compromiso continuado con los ideales fundamentales de la Unión, enfrentando proactivamente los desafíos emergentes. Se realizará un escrutinio detallado de la base jurídica de esta estrategia, enfocándose en los objetivos marcados como retos esenciales y los principios rectores para su logro. Especial atención se prestará al control fronterizo y al sistema común de la UE para el retorno, pilares fundamentales de la política de gestión fronteriza, buscando una aproximación equilibrada que concilie seguridad con el respeto a los derechos humanos. La evaluación de estas medidas y su implementación efectiva son cruciales para enfrentar los desafíos actuales y futuros, reflejando el compromiso de Europa con la creación de un espacio seguro y acogedor para todos. La gestión de la inmigración y las fronteras en la UE es, sin duda, un reto complejo que requiere un enfoque multifacético y coherente. La estrategia plurianual para la gestión integrada de las fronteras exteriores de la UE se erige como un paso crucial hacia la armonización de las políticas de seguridad fronteriza con el imperativo de proteger los derechos humanos y promover la solidaridad internacional.

Este compromiso con una gestión fronteriza equilibrada y humanizada no solo refleja los valores fundamentales sobre los que se construyó la UE, sino que también destaca la importancia de adaptarse a las dinámicas globales cambiantes. Al abordar tanto los desafíos de seguridad como las necesidades humanitarias de los migrantes, la UE busca no solo proteger sus fronteras, sino también servir como un modelo de gobernanza migratoria y fronteriza responsable a nivel mundial.

Este compromiso de equilibrio y humanidad en la gestión fronteriza no solo refleja los principios sobre los que se fundó la UE, sino también la necesidad de adaptarse a las cambiantes dinámicas mundiales. Al abordar los desafíos de seguridad y las demandas humanitarias de los migrantes, la UE busca proteger sus fronteras y ser un referente de gobernanza migratoria responsable globalmente.

No obstante, el planteamiento de la Comisión Europea no resulta original, ya que recoge los quince componentes o elementos esenciales para una gestión fronteriza integrada, eficaz y eficiente, que ya fueron presentados el 24 de mayo de 2022 en el documento político que dio inicio al primer ciclo quinquenal de la política estratégica para la gestión europea integrada de las fronteras [5]. Este documento incluye las contribuciones de las partes interesadas recabadas durante el proceso de consulta. Específicamente, los debates interinstitucionales propiciaron aportes significativos de la Comisión de Libertades Civiles, Justicia y Asuntos de Interior (LIBE) y las conclusiones del Consejo, que se han considerado en la Comunicación estudiada. Por lo tanto, estos documentos definen la visión europea común sobre la gestión integrada de las fronteras para los próximos cinco años.

En el presente estudio se van a analizar los objetivos y retos de la política estratégica, los principios en que se fundamenta y que deben regir la integración fronteriza y por último se centrará en dos de sus quince elementos, concretamente el control fronterizo, y la política de retorno, para terminar con unas sucintas conclusiones.

2. OBJETIVOS Y RETOS DE LA POLITICA ESTRATÉGICA

La política estratégica emerge como una pieza angular en la orientación de las acciones tanto de las autoridades nacionales de los EEMM encargadas de supervisar los controles fronterizos, como de la Guardia Europea de Fronteras y Costas. Esta estrategia desempeña el rol crucial de guiar hacia una gestión de las fronteras europeas que no solo aspire a ser eficaz, sino también eficiente, adaptándose a las dinámicas contemporáneas y previstas de los movimientos migratorios y los desafíos de seguridad.

Enfrentándose a un espectro amplio de riesgos, las autoridades nacionales y la Guardia Europea de Fronteras y Costas deben abordar desafíos que se pueden categorizar en dos ámbitos principales:

- Riesgos asociados a megatendencias globales: Estos comprenden las desigualdades a escala mundial, el acelerado crecimiento demográfico, los efectos adversos del cambio climático y las crisis sanitarias derivadas de pandemias. Tales factores ejercen una presión considerable sobre la gestión fronteriza, influyendo directamente en las políticas de retorno y en la necesidad de asegurar la protección efectiva de las fronteras.

- Riesgos emergentes de realidades geopolíticas y situaciones operativas a corto plazo: Estos incluyen, pero no se limitan a, las desigualdades específicas en las fronteras, la variabilidad en sus dimensiones y las intensas cifras de flujos migratorios. Estas realidades plantean exigencias adicionales para la efectiva administración y vigilancia de las fronteras europeas.

Ante esta diversidad de riesgos, la Guardia Europea de Fronteras y Costas se encuentra ante la compleja tarea de equilibrar el tránsito seguro de aquellos que huyen de situaciones adversas, con la preservación de la integridad y seguridad de las fronteras de la UE. Este equilibrio implica enfrentar retos bien documentados, entre los cuales se destacan la manipulación política de la migración, la actividad de redes criminales transfronterizas organizadas, la ejecución de la política de retorno y, de manera imperativa, la salvaguarda de los derechos humanos y el cumplimiento de las obligaciones internacionales [6].

La problemática en torno a la política de retorno ilustra la necesidad de acciones coordinadas tanto a nivel interno, por parte de los EEMM, como externo, en colaboración con terceros países. La ausencia de una coordinación efectiva, las limitadas instancias de ejecución de retornos y la escasez de países donde esta política se aplique de manera efectiva, se traducen en un desafío mayor que excede el ámbito del retorno per se, evidenciando una crisis de confianza entre la ciudadanía en la gestión de la migración y la seguridad fronteriza.

Más allá de los desafíos directamente vinculados a la gestión fronteriza, emerge la aspiración de la UE de promover su crecimiento y prosperidad. Este enfoque se orienta hacia la atracción de talento, inversión empresarial y actividad turística, delineando la necesidad de armonizar el rigor del control fronterizo con la flexibilidad requerida por el comercio y el turismo. En este contexto, se plantea el desarrollo y fortalecimiento de infraestructuras informáticas avanzadas que permitan facilitar los movimientos de personas de bajo riesgo, a la par que se intensifica la detección y manejo de amenazas significativas a la seguridad fronteriza y nacional.

Este panorama complejo y multifacético subraya la importancia de adoptar un enfoque integral y coherente hacia la gestión de las fronteras europeas, reconociendo la interconexión entre la seguridad fronteriza, el respeto a los derechos humanos, y los objetivos de desarrollo y prosperidad de la UE. La gestión europea integrada de las fronteras debe contribuir a un alto nivel de seguridad interior respetando plenamente los derechos fundamentales y salvaguardar la libertad de circulación de personas.

3. PRINCIPIOS RECTORES DE LA POLÍTICA ESTRATÉGICA

La Comunicación habla de principios, rectores de la política estratégica, y constituyen el cómo debe edificarse esta política. Estos principios de la po-

lítica estratégica son principalmente cuatro, derivados del propio Reglamento (UE) 2019/1896 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de noviembre de 2019, o Reglamento Frontex [7], y fundamentan, dando base a las directrices políticas y a las prioridades de la política estratégica.

El primer principio de la política estratégica es la responsabilidad compartida entre los agentes fronterizos nacionales, responsables en primera instancia de su sector de frontera, y la Guardia Europea de Fronteras y Costas.

El segundo principio es un modelo de control de acceso basado en cuatro niveles [8]. Estos cuatro niveles son:

- a. Establecer medidas en terceros países, como por ejemplo la política común de visados [9], que requieren cooperación tanto en los países de tránsito como de origen, y que necesitarán una cooperación entre ambos de buena fe.
- b. Establecer medidas con terceros países vecinos de la UE o del Espacio Schengen.
- c. Establecer medidas de control en las fronteras exteriores, tanto terrestres, marítimas como aéreas, mediante el intercambio de información.
- d. Por último, establecer medidas dentro de la UE o del Espacio Schengen, en materia de detección, investigación y repatriación, siguiendo el ejemplo del primer nivel, una vez que, por ejemplo, acaba la vigencia del visado.

El diseño estructural de esta estrategia es notablemente definido, abarcando cuatro niveles de actuación que reflejan un enfoque integral hacia la gestión fronteriza. Estos niveles se enfocan en el entorno externo a la UE, en las zonas fronterizas adyacentes, directamente en la frontera misma, y dentro del espacio común europeo. Esta distribución estratificada subraya de manera inequívoca los puntos críticos donde es imprescindible la cooperación en materia fronteriza, incluyendo ambos lados de cada frontera y las áreas fronterizas en sí. Tal enfoque no solo promueve una gestión integrada y coordinada de las fronteras, sino que también reconoce la importancia de la colaboración transfronteriza y la necesidad de operaciones armonizadas tanto en el perímetro exterior como dentro del espacio común europeo.

El tercer principio requiere el conocimiento detallado y en tiempo real de la situación, lo que permitirá dar respuesta inmediata por parte de la Guardia Europea de Fronteras y Costas a las amenazas emergentes. A esto contribuye especialmente el Sistema Europeo de Vigilancia de Fronteras (EUROSUR) [10], que permite monitorizar de cerca la situación fronteriza.

El cuarto y último principio es la preparación constante para responder a las amenazas emergentes. Para ello, se debe organizar un sistema de coordinación, comunicación y planificación integrada tanto en las fronteras como en los EEMM, lo que requiere establecer una estructura interorgánica

para garantizar la coordinación entre estas autoridades. Esta cooperación solo será posible logrando un alto grado de especialización y profesionalidad, lo que favorecerá el desarrollo de una cultura común de la Guardia Europea de Fronteras y Costas y un nivel de profesionalidad basado en altos valores éticos e integridad, con base en el respeto a los derechos fundamentales.

4. LOS ELEMENTOS DE LA POLÍTICA ESTRATÉGICA

Los elementos que forman parte de la política estratégica incluyen: el control fronterizo, un sistema común de la UE para el retorno, la cooperación con terceros países, la cooperación interorgánica, el empleo de tecnología punta, incluidos sistemas de información a gran escala, el respeto, la protección y la promoción de los derechos fundamentales, un mecanismo de control de la calidad coherente y exhaustivo, instrumentos de financiación de la UE, etc [11].

4.1. El control de fronteras de la Unión Europea

El control fronterizo se erige como el pilar esencial de la gestión integrada de las fronteras de la UE, centrado en la vigilancia de las fronteras naturales terrestres y marítimas y en los controles en los pasos fronterizos. Este enfoque demanda medidas políticas y organizativas destinadas a optimizar la gobernanza migratoria y la preparación previa a las posibles crisis, contribuyendo así a la seguridad interior de la UE. La Guardia Europea de Fronteras y Costas, resultado de la cooperación entre las autoridades competentes de los EEMM y Frontex, se destaca como el instrumento principal para lograr estos fines, subrayándose en la política estratégica la importancia de una colaboración estrecha y fluida entre todas las entidades implicadas.

La eficacia en la vigilancia fronteriza se debe alcanzar mediante medidas operativas efectivas de las autoridades nacionales de los EEMM y una mayor presencia del cuerpo permanente de la Guardia Europea de Fronteras y Costas en las zonas fronterizas, en la mayor extensión del término. Esto incluye el aumento de capacidades e infraestructuras de protección, medios de vigilancia avanzados, especialmente la vigilancia aérea, y el equipamiento necesario. El soporte de mapas de situación nacionales y europeos coherentes y exhaustivos, una aplicación eficiente de EUROSUR y un análisis de riesgos meticuloso son fundamentales para afrontar la instrumentalización de migrantes, exigiendo mayor atención y esfuerzos conforme a las normas del Código de Fronteras Schengen [12].

En el ámbito de las inspecciones fronterizas, se destacan iniciativas como la propuesta de modificación del Código de Fronteras Schengen para definir la instrumentalización de migrantes y establecer normas específicas para su gestión. Además, se busca garantizar una visión general de quién entra al territorio y vincular eficazmente los controles fronterizos con los procedimientos de retorno y asilo, manteniendo la fluidez del tránsito para viajeros de bajo riesgo, mediante la seguridad y la planificación de contingencias.

Los sistemas de información de la UE, como el Sistema de Información de Schengen (SIS), el Sistema de Entradas y Salidas (SES), el Sistema de Información de Visados (VIS) y el Sistema Europeo de Información y Autorización de Viajes (SEIAV o ETIAS por sus siglas en inglés), y su interoperabilidad, aseguran flujos seguros y fluidos en los pasos fronterizos. Esto facilita una mayor recopilación de datos, el diseño adecuado de los pasos fronterizos, la armonización de los procedimientos operativos fronterizos y una mayor eficiencia en la gestión de fronteras.

Entrando brevemente en la explicación de estos sistemas, el SIS es mencionado en el Acuerdo de Schengen como “un sistema de información común, compuesto por una parte nacional en cada una de las partes contratantes y por una unidad de apoyo técnico. Este sistema permitirá a las autoridades designadas de las partes contratantes, mediante un procedimiento de consulta automatizado, acceder a descripciones de personas y objetos para efectuar controles en las fronteras, así como comprobaciones y otros controles policiales y aduaneros dentro del país, de acuerdo con el derecho nacional” [13]. Sin embargo, es la definición proporcionada por el tríptico informativo disponible en la página web del Ministerio del Interior de España la más ilustrativa, al definir el SIS como “el corazón de la cooperación Schengen”, destacando su papel crucial para compensar la abolición de los controles fronterizos internos y facilitar la libre circulación de personas dentro del Espacio Schengen” [14].

El SES fue establecido por los Reglamentos (UE) 2017/2225 [15] y 2017/2226 [16] del Parlamento Europeo y del Consejo, de fecha 30 de noviembre de 2017. Su finalidad es registrar los datos de entrada y salida, así como las denegaciones de entrada, de ciudadanos de terceros países que crucen las fronteras exteriores de los Estados Miembros de la UE para estancias de corta duración. Este sistema, administrado por la Agencia Europea para la Gestión Operativa de Sistemas Informáticos de Gran Magnitud en el Espacio de Libertad, Seguridad y Justicia (eu-LISA), suprime la necesidad de sellar los pasaportes y se aplica tanto a los viajeros sujetos a la obligación de visado como a aquellos exentos de esta obligación, para estancias de hasta 90 días. Almacena datos biométricos y alfanuméricos durante periodos específicos, lo cual contribuye a la modernización de la gestión fronteriza y al fortalecimiento de la seguridad en la UE [17].

El VIS se originó tras el Consejo de Ministros de Justicia e Interior en Bruselas el 20 de septiembre de 2001, motivado por la necesidad de reforzar la seguridad post-ataentados del 11 de septiembre, mediante la creación de una red informatizada de visados. Desde su concepción, el VIS ha sido fundamental para el Espacio de Libertad, Seguridad y Justicia y la política común de visados de la UE, estableciéndose inicialmente con la Decisión 2004/512/CE [18] y desarrollándose a través del Reglamento (CE) 767/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de julio de 2008 [19]. Este sistema es clave en la gestión de visados de corta duración, promoviendo la cooperación entre los

EEMM, la optimización de procedimientos y la protección de datos, todo ello gestionado por eu-LISA. Resulta crucial, no obstante, equilibrar la seguridad con el respeto a los derechos fundamentales de los solicitantes [20].

El SEIAV es una herramienta automatizada desarrollada por eu-LISA, destinada a evaluar los riesgos de seguridad, migración irregular y epidemias por parte de nacionales de terceros países exentos de visado que se dirigen al Espacio Schengen. Se espera que entre en funcionamiento a lo largo del año 2024 [21]. El proceso de autorización de viaje en SEIAV implica una evaluación de riesgos en dos fases: un análisis automático inicial por el Sistema Central SEIAV contra bases de datos de la UE e Interpol, seguido, si es necesario, de una evaluación manual por la Unidad Central SEIAV o la Unidad Nacional SEIAV en casos de resultados inconclusos o dudas sobre la identidad del solicitante.

Cabe destacar que el marco legal de SEIAV es complejo, mezclando normativas con referencias a otros textos legislativos y combinando funciones administrativas de autorización de viaje con funciones penales de acceso a datos por autoridades policiales. Esta dualidad de roles, así como el intercambio de datos entre ámbitos administrativos y penales, plantea interrogantes sobre la delimitación entre la gestión de autorizaciones de viaje y las prácticas penales, suscitando preocupaciones sobre la predicción del delito y la influencia de procedimientos penales en la administración de SEIAV [22].

Como puede apreciarse, todos estos sistemas y herramientas se gestionan en su mayoría por la otra gran Agencia europea, que junto con Frontex son el buque insignia de la seguridad y control fronterizo en los EEMM, conocida como eu-LISA, fue creada en 2011, con sedes en Estonia (Tallin), Francia (Estrasburgo) y Austria (Sankt Johann im Pangau), para optimizar la gestión de sistemas de información esenciales en la UE relacionados con la justicia, la libertad y la seguridad. Desde su fundación, eu-LISA ha jugado un papel crucial en la administración de la infraestructura de comunicaciones para sistemas claves como SIS II, VIS, y EURODAC, enfocándose en el desarrollo, mantenimiento y evaluación de estos para asegurar la libre circulación de personas dentro del Espacio Schengen y facilitar la cooperación transfronteriza en la lucha contra la delincuencia y el terrorismo [23].

Con base en el Reglamento (UE) 1077/2011 del PE y del Consejo, de 25 de octubre de 2011 [24], y su posterior actualización en 2018 mediante el Reglamento (UE) 2018/1726 [25], eu-LISA ha fortalecido su papel de gestor de la infraestructura de sistemas informativos cruciales, contribuyendo significativamente a la seguridad y la cooperación dentro de la UE. Desde su creación, continua desempeñando un rol vital en el funcionamiento del Espacio Schengen, no solo manteniendo sistemas existentes sino también desarrollando nuevos sistemas como ETIAS, y trabajando en la interoperabilidad para mejorar el intercambio de información [26]. Estos esfuerzos están dirigidos a transformar la gestión de fronteras a través de la digitalización, facilitando el

movimiento seguro y eficiente de viajeros hacia y dentro del Área Schengen, reafirmando su compromiso con la seguridad interna y la facilitación de la movilidad.

4.2. Un sistema común de la Unión Europea para el retorno

El sistema común de retorno de la UE se construye sobre la colaboración entre la UE y los EEMM, de forma similar a cómo se gestionan las fronteras exteriores. Frontex juega un papel crucial, ya que posee el mandato y las herramientas necesarias para ser una parte operativa vital de este sistema. Este enfoque busca aumentar los retornos efectivos, animando a los EEMM a emplear el soporte que Frontex ofrece en todas las etapas del proceso de retorno. Esto incluye desde la organización de operaciones de retorno, el apoyo en la digitalización de gestiones de los distintos asuntos, la formación y el despliegue de especialistas en materia de retorno, hasta la participación en servicios conjuntos de reintegración.

Los EEMM deben asegurar que sus estrategias nacionales reflejen cómo se aplicará esta cooperación en la práctica, utilizando innovadores instrumentos como las nuevas características del SIS para mejorar los procesos de retorno. El documento político “Hacia una estrategia operativa para unos retornos más eficaces”, busca facilitar un proceso de retorno fluido y voluntario, con una red de alto nivel para el retorno materializando la estrategia operativa y coordinando su implementación [27]. La Recomendación de la Comisión sobre el reconocimiento mutuo de las decisiones de retorno y la agilización de los retornos marca un paso significativo en la convergencia de la gestión migratoria y la aceleración de los retornos.

La política de retorno, actúa en su mayor parte a través de los Acuerdos de Readmisión. Estos Acuerdos de Readmisión de la UE (ARUE) son esenciales para la gestión migratoria, permitiendo a los EEMM solicitar a terceros países la readmisión de nacionales o personas que no cumplan con las condiciones de entrada o residencia. Estos acuerdos, que a menudo se enmarcan dentro de cooperaciones migratorias más amplias, se rigen por principios jurídicos claros. Incluyen elementos como su naturaleza de tratados internacionales, la implicación de sujetos de derecho internacional (la UE y un tercer Estado), obligaciones recíprocas entre las partes, procedimientos administrativos para la readmisión, y la finalidad de garantizar el retorno efectivo de personas en situaciones irregulares [28].

Los ARUE destacan por su meticulosidad, enfocándose en aspectos legales y prácticos, incluidas cláusulas que protegen los derechos fundamentales de los afectados. También fomentan la cooperación operativa entre autoridades migratorias, siendo un componente esencial de la estrategia migratoria de la UE para establecer relaciones equitativas y eficaces en materia de readmisión, siempre con un respeto profundo por los derechos humanos.

La efectividad de las políticas de retorno es crucial para una política migratoria de cohesión. Sin embargo, se enfrentan a desafíos como bajas tasas de retorno de migrantes irregulares y dificultades en la cooperación con países de origen, reveladas por el Informe Especial 24/2019 [29]. La gestión del proceso de retorno recae principalmente en las autoridades nacionales, aunque la cooperación con terceros países en la readmisión de migrantes irregulares puede y debe contar con el respaldo de la Agencia Frontex [30].

5. SIGUIENTES ETAPAS

La Comunicación establece los pasos a seguir en un futuro cercano para la implementación de la gestión europea integrada de las fronteras, enfocándose en la actuación de la Guardia Europea de Fronteras y Costas durante los próximos cinco años. Este documento orienta a la Agencia y a los EEMM hacia la transformación de directrices políticas en objetivos operativos y actividades concretas, dando cumplimiento al Reglamento sobre la Guardia Europea de Fronteras y Costas. Se espera que, en colaboración estrecha con los EEMM y la Comisión, Frontex desarrolle una nueva estrategia técnica y operativa. Dicha estrategia debe ser aprobada por el Consejo de Administración de Frontex dentro de seis meses tras la adopción de esta Comunicación y alinearse con la orientación política de la UE y los requisitos específicos del anexo II. De hecho, la implementación de esta nueva interoperabilidad de sistemas está programada para entrar en funcionamiento, como fecha límite, para finales de junio de 2024. Esto incluirá la provisión de una interfaz unificada para realizar búsquedas, así como un servicio de concordancia biométrica diseñado para simplificar los procesos de identificación [31].

Por otro lado, los EEMM deben ajustar sus estrategias nacionales para alinearlas con la política estratégica plurianual de la UE, dentro de los doce meses siguientes a la adopción de la Comunicación. Se destaca la importancia de una planificación estratégica a largo plazo y, simultáneamente, la necesidad de una adaptación flexible ante un entorno operativo cambiante, para lo cual el ciclo de Schengen jugará un papel crucial permitiendo el seguimiento y la adaptación a desafíos emergentes.

El documento también subraya el rol del Parlamento Europeo, el Consejo, y la cooperación interparlamentaria en el seguimiento y la adaptación de la gestión de las fronteras. La Comisión evaluará la política estratégica cuatro años después de la adopción de la Comunicación, considerando los resultados para el próximo ciclo de política plurianual. Además, se menciona una evaluación en curso del Reglamento sobre la Guardia Europea de Fronteras y Costas, que proporcionará una oportunidad para evaluar el progreso alcanzado.

Finalmente, se recalca la importancia de la colaboración y el compromiso de todas las partes interesadas en la gestión de las fronteras exteriores para mantener un espacio sin controles internos, reiterando que esta gestión es

una responsabilidad colectiva que requiere el esfuerzo conjunto de todos los implicados.

6. CONCLUSIONES

En mi análisis del contexto de gestión de fronteras exteriores dentro de la UE, considero que este representa uno de los desafíos más significativos tanto para la UE como para los EEMM, en el que se evidencia la necesidad imperiosa de una coordinación efectiva entre ambos. A través de la lectura de la política estratégica, se puede percibir un esfuerzo claro y conciso por abordar los aspectos fundamentales de este desafío, en la que se ha delineado de manera estructurada los objetivos a alcanzar y los medios para lograrlos. Personalmente, encuentro en esta política estratégica una hoja de ruta excepcional, que facilita enormemente la consecución de los objetivos que tanto la UE como los EEMM se han propuesto en materia de gestión fronteriza.

Aunque las ideas contenidas en la Comunicación no son del todo novedosas, creo firmemente que se ha logrado, por primera vez, quizás, ensamblar un marco armonioso que vincula principios, objetivos, desafíos y elementos a considerar de una forma que me parece coherente y bien articulada, en la que no solamente se plantea qué se quiere conseguir, lo que en ocasiones adquiere aspectos de utopía, sino cómo debe hacerse y a través de que estructuras debe hacerse. Sin embargo, desde mi punto de vista, la comunicación adolece de lo que podía haber sido un desarrollo detallado de los aspectos económicos que deben emplearse. En este sentido, podría ser interesante la posibilidad de crear un organismo o herramienta, independiente de EUROSUR o de la Guardia Europea de Fronteras y Costas, que se encargue específicamente de la gestión de fondos para llevar a la práctica la gestión integrada de las fronteras europeas.

La reflexión sobre gestión fronteriza abarca una amplia gama de dimensiones: desde la vigilancia y el control hasta la protección de los derechos fundamentales y la asignación de recursos, tanto financieros como humanos. Esta diversidad nos lleva a concluir que la frontera es un concepto multidimensional y sujeto a debate, lo cual subraya la necesidad de construir un sistema robusto que facilite su estabilización. Dicho sistema debería promover la armonización legislativa de los EEMM y garantizar tanto el derecho de libre circulación como la seguridad interior dentro de las fronteras, abarcando también todas las cuestiones relacionadas con la protección internacional, que no puede quedar descolgado como consecuencia de un fuerte y estructurado control fronterizo. Así lo prevé además la política estratégica.

Una de las ideas que me he planteado en el estudio de la política estratégica es la posibilidad de otorgar personalidad jurídica a las fronteras. Inspirándome en debates contemporáneos sobre la personalidad jurídica de otro tipo de entidades, como la naturaleza, me pregunto sobre las implicaciones y la viabilidad de atribuir responsabilidad legal directa a las fronteras por

violaciones de derechos fundamentales o por ejemplo, por daños causados en su defensa, sin necesidad de su imputación a los EEMM del sector fronterizo en que se produzca el daño. Aunque reconozco que esta propuesta necesita de un análisis más profundo, creo que plantea una cuestión interesante para el debate académico y práctico en la materia, y que quizá pueda ser relevante si se atribuye a la gestión fronteriza el uso de sistemas de inteligencia artificial que aun sometidos a control humano, actuarían con una grana autonomía en las propias fronteras.

Por último, este estudio sobre la Comunicación acerca de la gestión integrada de las fronteras exteriores de la UE me lleva a considerarla como un paso adelante significativo en la conceptualización y ejecutividad de este ámbito clave. No obstante, existe margen para profundizar en los aspectos económicos y para explorar propuestas con el fin de reforzar la efectividad y responsabilidad en la gestión fronteriza, que solo el transcurso del tiempo nos demostrará si tienen cabida y hacia donde debe dirigirse el avance de esta materia.

REFERENCIAS

- [1] COMISIÓN EUROPEA, *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo por la que se establece la política estratégica plurianual para la gestión europea integrada de las fronteras*, Estrasburgo, 14.3.2023, (COM (2023) 146 final).
- [2] ARTETXE LARRABIDE, A., “La UE y su política hacia el mediterráneo: la crisis del multilateralismo y la preeminencia de la bilateralidad”, *Revista Aranzadi Unión Europea*, núm. 1, 2017 parte Doctrina, BIB 2017\10601.
- [3] SOLAR CALVO, P., “Perspectivas europeas ante la inmigración ilegal”, *Revista Aranzadi Unión Europea*, núm. 11, 2015, *Aranzadi insignis parte Doctrina*, BIB 2015\17614.
- [4] VALLE GÁLVEZ, J.A. del., “Inmigración, derechos humanos y modelo europeo de fronteras”, *Revista de Estudios Jurídicos y Criminológicos*, n.º 2, 2020, p. 145-210, esp. p. 145.
- [5] Véase el Documento político titulado “Desarrollo de una política estratégica plurianual para la gestión europea integrada de las fronteras de conformidad con el artículo 8, apartado 4, del Reglamento (UE) n.º 2019/1896, (COM (2022) 303 final).
- [6] Véase MARTÍNEZ CRISTÓBAL, D., “La Frontera Exterior Europea, entre la ayuda humanitaria y la política de seguridad de la Unión Europea”, *Revista Universitaria Europea*, n.º 37, 2022, p. 161-165.
- [7] Reglamento (UE) n.º 2019/1896 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de noviembre de 2019, sobre la Guardia Europea de Fronteras y Costas y por el que se derogan los Reglamentos (UE) n.º 1052/2013 y (UE) n.º 2016/1624, (DO L295, de 14.11.2019, pp. 1-131).

- [8] Véase el Considerando 11 del Reglamento Frontex.
- [9] Reglamento (CE) n.º 810/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, por el que se establece un Código comunitario sobre visados (Código de visados), (DO L243, de 15.9.2009, p. 1-58).
- [10] Creado por el Reglamento (UE) n.º 1052/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de octubre de 2013, por el que se crea un Sistema Europeo de Vigilancia de Fronteras (Eurosur), (DO L295, de 6.11.2013, p. 11-26), actualmente derogado por el Reglamento (UE) 2019/1896 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de noviembre de 2019, sobre la Guardia Europea de Fronteras y Costas y por el que se derogan los Reglamentos (UE) n.º 1052/2013 y (UE) n.º 2016/1624, (DO L295, de 14.11.2019, p. 1-131).
- [11] Véase sobre la colaboración de Frontex con los EEMM en materia de retorno VARA SANTOS, J., *La Gestión de las Fronteras Exteriores de la UE: Los Nuevos Poderes de la Agencia Frontex*, Valencia, Tirant lo Blanch, 2021, p. 57-64.
- [12] INSTITUTO NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA, MINISTERIO PARA LA TRANSFORMACION DIGITAL Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA, Sistema Europeo de Vigilancia en Fronteras, en < <https://laadministracionaldia.inap.es/noticia.asp?id=1120068> >, (Consultado 3.3.2024)
- [13] Véase el art. 92.1 CAAS.
- [14] COMISIÓN EUROPEA, DIRECCIÓN GENERAL DE MIGRACIÓN Y ASUNTOS DE INTERIOR, *SIS II, sistema de información de Schengen: ayudando a los ciudadanos europeos a moverse libremente y a vivir seguros*, 2013, <<https://www.interior.gob.es/opencms/pdf/servicios-al-ciudadano/extranjeria/acuerdo-de-schengen/sistema-de-informacion-de-schengen/Triptico-SIS-II-Sistema-de-Informacion-de-Schengen-II.pdf>> (Consultado 24.3.2024).
- [15] Reglamento (UE) 2017/2225 del PE y del Consejo, de 30 de noviembre de 2017, por el que se modifica el Reglamento (UE) 2016/399 en lo que respecta a la utilización del Sistema de Entradas y Salidas (DO L 327, de 9.12.2017, p. 1-19).
- [16] Reglamento (UE) 2017/2226 del PE y del Consejo, de 30 de noviembre de 2017, por el que se establece un Sistema de Entradas y Salidas (SES) para registrar los datos de entrada y salida y de denegación de entrada relativos a nacionales de terceros países que crucen las fronteras exteriores de los EEMM, se determinan las condiciones de acceso al SES con fines policiales y se modifican el Convenio de aplicación del Acuerdo de Schengen y los Reglamentos (CE) nº 767/2008 y (UE) nº 1077/2011, (DO L 327, de 9.12.2017, p. 20-82).

- [17] 15Web oficial de la UE, *Fronteras inteligentes: Sistema de Entradas y Salidas de la Unión Europea*, en <<https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/smart-borders-european-union-entry-exit-system.html>>, (Consultado 20.3.2023).
- [18] Decisión del Consejo 2004/512/CE, de 8 de junio de 2004, por la que se establece el VIS, (DO L 213, de 15.6.2004, p. 5-7).
- [19] Reglamento (CE) n.º 767/2008 del PE y del Consejo, de 9 de julio de 2008, sobre el VIS y el intercambio de datos sobre visados de corta duración entre los EEM (Reglamento VIS), (DO L 218, de 13.8.2008, p. 60-81).
- [20] Véase más en detalle KIRKPATRICK DE LA VEGA, A., y GONZÁLEZ GARCÍA, G., *Los visados en el derecho español y de la Unión Europea*, Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, Madrid, 2019, p. 43-45.
- [21] JO PESCH, P., DIMITROVA, D., BOEHM, F., “Data Protection and Machine-Learning-Supported Decision-Making at the EU Border: ETIAS Profiling Under Scrutiny”, en GRYSZCZYŃSKA, A., POLAŃSKI, P., GRUSCHKA, N., RANNENBERG, K., ADAMCZYK, M. (eds), *Privacy Technologies and Policy*, vol 13279, Cham (Suiza), Springer, 2022, p. 51-55.
- [22] MICHÉA, F., Y ROUSVOAL, L., “The Criminal Procedure Out of Itself: A Case Study of the Relationship Between EU Law and Criminal Procedure Using the ETIAS System”, *European Papers*, 6, 2021, p. 473 – 492.
- [23] ILLAMOLA DAUSÀ, M., “EU-LISA, El nuevo modelo de gestión operativa de las distintas bases de datos de la UE”, *Revista CIDOB d’Afers Internacionals*, n.º 111, 2015, p.107-110.
- [24] Reglamento (UE) n.º 1077/2011 del PE y del Consejo, de 25 de octubre de 2011, por el que se establece una Agencia Europea para la gestión operativa de sistemas informáticos de gran magnitud en el espacio de libertad, seguridad y justicia, (DO L 286, de 1.11.2011, p. 1-17).
- [25] Reglamento (UE) 2018/1726 del PE y del Consejo, de 14 de noviembre de 2018, relativo a la Agencia de la Unión Europea para la Gestión Operativa de Sistemas Informáticos de Gran Magnitud en el Espacio de Libertad, Seguridad y Justicia (eu-LISA), y por el que se modifican el Reglamento (CE) n.º 1987/2006 y la Decisión 2007/533/JAI del Consejo y se deroga el Reglamento (UE) n.º 1077/2011, (DO L 295, de 21.11.2018, p. 99-137).
- [26] EU-LISA, “eu-LISA Consolidated Annual Activity Report 2022, Adopted by the eu-LISA Management Board on 22 June 2023”, Document 2023-182 REV 3, p.24-25.

- [27] COMISIÓN EUROPEA, Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo sobre una Estrategia de la UE sobre retorno voluntario y reintegración, Bruselas, 27.4.2021 (COM(2021) 120 final).
- [28] MARTÍN ARRIBAS, J.J., “Los acuerdos de retorno y readmisión de migrantes de la UE”, *Revista electrónica de estudios internacionales*, n.º. 45, 2023, pp. 5-6.
- [29] TRIBUNAL DE CUENTAS, Informe Especial 24/2019 del Tribunal: Asilo, reubicación y retorno de migrantes: momento de intensificar las actuaciones para abordar las disparidades entre los objetivos y los resultados, 2019, <https://doi.org/10.2865/28446>.
- [30] MARTIN ARRIBAS, J.J., “Los acuerdos de retorno y...”, op. cit. p.7.
- [31] CONSEJO DE LA UE, *Interoperabilidad de las bases de datos*, <<https://www.consilium.europa.eu/es/policies/strengthening-external-borders/>> (Consultado 30.3.2024)

LA COORDINACION ENTRE EL NUEVO REGISTRO DE LA PROPIEDAD ELECTRÓNICO Y EL CATASTRO INMOBILIARIO Y LA DESCRIPCIÓN GRÁFICA GEORREFERENCIADA DE LA FINCA EN EL NUEVO FOLIO REGISTRAL ELECTRÓNICO.

MIGUEL ANGEL PASCUA MORENO.

Universidad de Burgos.

Resumen

Se analizada la coordinación entre el Registro de la Propiedad y el Catastro Inmobiliario dentro del Ordenamiento Jurídico Español, teniendo en cuenta la última gran reforma de la Ley Hipotecaria y la Ley del Catastro Inmobiliario, que tiene como principal objetivo la coordinación entre ambas instituciones, y que ha sido llevada a cabo mediante la Ley 13/2015, de 24 de junio. En el análisis de esta reforma legal se destaca el gran avance que ha supuesto la misma en la cooperación y coordinación entre ambas instituciones, y a su vez, la potenciación de una mayor concordancia entre el Registro de la Propiedad y la realidad física y jurídica extrarregistral, todo ello sin llegar aún a una coordinación plena entre ambos organismos, siendo este el fin último al que tiene que aspirar el legislador a la hora de regular esta materia. Al tener ambos registros un objeto físico común, que son los bienes inmuebles, esto es, la finca, esto hace que las relaciones entre el Catastro Inmobiliario y el Registro de la Propiedad hayan sido siempre necesarias. Además de esta gran reforma, ante la necesidad de digitalizar el Registro de la Propiedad para que el mismo tenga un formato totalmente electrónico, en su momento se reguló la Ley 14/2013, de 27 de septiembre, de emprendedores, la cual ya establecía en el párrafo tercero de su artículo 19 el que “los Registros de la Propiedad, Mercantiles y de Bienes Muebles se llevarán en formato electrónico mediante un sistema informático único en la forma que reglamentariamente se determine”. Esta Ley necesitaba de un desarrollo reglamentario que nunca se produjo, por lo que su aplicación real nunca llegó a materializarse, de tal manera que finalmente para llevar a cabo el desarrollo de este pretendido Registro Electrónico, se ha tenido que esperar a que actualmente haya sido aprobada la Ley 11/2023, de 8 de mayo, publicada el día 9 de mayo de 2023 en el Boletín Oficial del Estado, por medio de la cual se procede a la digitalización de los Registros, y que tras un periodo de “vacatio legis” entrará en vigor el nueve de mayo de dos mil veinticuatro, día a partir del cual el Registro de la Propiedad electrónico será una auténtica realidad. Este desarrollo digital de la institución

debería ser aprovechado para que dentro de un marco de desarrollo jurídico y tecnológico de la institución como el que se está dando actualmente, se potenciase la colaboración con el Catastro Inmobiliario. Si ambas instituciones consiguen coordinarse y complementarse de manera plena, se habrá conseguido la perfección a la hora de regular y gestionar jurídicamente los bienes inmuebles en nuestro país.

Palabras clave: Registro de la Propiedad, Catastro Inmobiliario, coordinación, concordancia, finca, georreferenciación, finca registral, Registro electrónico, Digitalización, Coordinación Catastro-Registro.

1. INTRODUCCION

Es necesario lograr una coordinación plena entre el Catastro Inmobiliario y el Registro de la Propiedad, ya que ambas instituciones son necesarias e importantes para el control y la gestión de la propiedad inmobiliaria en nuestro país. El intercambio de información entre ambas instituciones es necesario para asegurar la exactitud y coherencia dentro del tráfico inmobiliario, y la falta de coordinación entre las mismas puede llevar a producir una serie de errores y confusiones en la propiedad de los inmuebles, que pueden llegar a provocar una inseguridad jurídica que puede ser perjudicial para los intereses generales de la sociedad. Para lograr la coordinación plena entre ambas instituciones es necesario que las mismas trabajen juntas en la actualización y verificación de la información relacionada con la propiedad inmobiliaria. Esto puede lograrse a través del intercambio de información y la colaboración entre las dos instituciones. Además, la implementación de tecnologías modernas y la automatización de los procesos pueden ayudar a mejorar la coordinación entre el Catastro Inmobiliario y el Registro de la Propiedad, lo que llevará a una mayor eficiencia y precisión en el control de la propiedad inmobiliaria. Por medio de la aprobación de la Ley 13/2015, la coordinación entre ambos registros se trata de conseguir actualmente con las inmatriculaciones registrales, que son el ingreso de una finca en el Registro de la Propiedad o el primer asiento que se practica respecto a una finca y que carece de soporte causal en cualquier otro anterior, cuyos procedimientos se regulan por ejemplo en los artículos 205 y 206 de la Ley Hipotecaria. De esta manera, estas inmatriculaciones se convierten en una herramienta muy importante para tratar de conseguir la coordinación Registro-Catastro, que se va produciendo en cada uno de las fincas sobre las que se va trabajando. Además de estos procedimientos inmatriculadores, citada ley también nos da la posibilidad de actualizar la descripción de la finca registral y coordinar la misma con la descripción que existe en el Catastro, cuando se realiza una operación sobre la misma, como puede ser una compra o una donación, de tal manera que las descripciones que consten en ambos registros queden plenamente coordinadas, intentando reflejar la realidad de la finca de la manera más exacta posible, regulándose estas actualizaciones, por ejemplo en los artículos 199 y 201 de la Ley Hipotecaria.

Se hace necesario el favorecer la coordinación plena entre el Catastro Inmobiliario y el Registro de la Propiedad, ya que desde el punto de vista económico y de la seguridad jurídica es esencial para el Registro determinar con la mayor exactitud posible la porción de terreno sobre la que se proyectan sus efectos jurídicos. Esta fiabilidad de la información incrementa la seguridad jurídica, la cual, en las transmisiones inmobiliarias es un importante valor añadido a la propiedad inmobiliaria, que evitará litigios y sobrecostes innecesarios, dotando al mercado inmobiliario de una mayor transparencia y dinamismo económico. Con esta coordinación se puede contribuir significativamente a mejorar la actividad económica del sector inmobiliario y a generar mayor confianza en los inversores y promover un mayor volumen económico en el sector de los bienes inmuebles, tan importante en nuestro país, y que es generador directo de riqueza y actividad económica. Además, permite una mejor planificación territorial y urbana, lo que puede fomentar el desarrollo de proyectos inmobiliarios más eficientes y sostenibles. De este buen funcionamiento se van a ver beneficiados los negocios jurídicos que se hacen, y el tráfico jurídico inmobiliario de los mismos, y de esta manera se proporciona una gran seguridad jurídica y una gran estabilidad a una parte muy importante de nuestra economía. Y es que el Registro de la Propiedad es una institución que genera un enorme impacto económico debido a la protección y seguridad que genera sobre los bienes inmuebles, los cuales constituyen la riqueza de la mayoría de las personas. En definitiva, un buen funcionamiento y coordinación entre el Registro de la Propiedad y el Catastro Inmobiliario puede mejorar la actividad económica en el sector inmobiliario al aumentar la seguridad jurídica, y de esta manera promover la inversión económica, y además fomentar una planificación territorial y urbana adecuada.

2. EL REGISTRO DE LA PROPIEDAD

La definición del Registro de la Propiedad viene recogida en nuestro ordenamiento jurídico, estableciendo el artículo 605 del Código Civil que “El Registro de la Propiedad tiene por objeto la inscripción o anotación de los actos y contratos relativos al dominio y demás derechos reales sobre bienes inmuebles”, definición esta que coincide plenamente con la contenida en el artículo 1 de la Ley Hipotecaria. Esta definición hay que conectarla con el contenido del artículo 607 del mismo cuerpo legal que dispone que “El Registro de la Propiedad será público para los que tengan interés conocido en averiguar el estado de los bienes inmuebles o derechos reales anotados o inscritos”. TRUJILLO CABRERA dispone que “de tal enunciado se infiere que el Registro de la Propiedad es la institución jurídica por medio de la cual se hace efectiva la publicidad registral” [1]. Y es que a través de esta publicidad registral se va a proteger y dar seguridad jurídica al tráfico inmobiliario. También es analizada esta publicidad registral por DIEZ-PICAZO y GULLON, que nos indica que “la mayor o menor seguridad del tráfico jurídico económico está en función de la publicidad, lo mismo que el desarrollo del crédito territorial,

que son objetivos de índole económica deseables en una comunidad bien organizada” [2], destacando la importancia de la publicidad que proporciona el Registro en el mercado inmobiliario.

El Registro de la Propiedad viene a ser una institución dentro de nuestro ordenamiento jurídico, cuyo objetivo principal es el de proporcionar seguridad al tráfico inmobiliario, y en el cual se inscriben todas las operaciones relativas a la finca sobre la que se realiza una operación jurídica, constituyendo, transmitiendo, modificando o extinguiendo un derecho, operaciones estas que pueden venir dadas por un negocio jurídico o una actuación administrativa o judicial, y que en su gran mayoría tienen acceso al registro a través de documentos que adquieren su forma a través de escrituras públicas, documentos judiciales y documentos administrativos, siendo limitadas y sujetas a un *númerus clausus* las veces que un documento privado tiene acceso al registro para poder modificar la situación registral de una finca.

3. EL CATASTRO INMOBILIARIO

Se trata de un registro administrativo que depende de la Dirección General del Catastro encuadrada dentro del Ministerio de Hacienda, en el cual se describen los bienes inmuebles, tanto rústicos, urbanos, como con características especiales. Está regulado por el Real Decreto Legislativo 1/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Catastro Inmobiliario, que lo define en su artículo 1, estableciendo que “el Catastro Inmobiliario es un registro administrativo dependiente del Ministerio de Hacienda, en el que se describen los bienes inmuebles rústicos, urbanos y de características especiales, tal y como se definen en esta ley”. La inscripción en este Registro es obligatoria y gratuita, y recoge información sobre la ubicación, superficie, uso, titularidad y valor de los bienes inmuebles. FANDOS PONS nos indica que “el catastro es una institución, que se rige por normas de Derecho Público, dirigida fundamentalmente a fines fiscales, sin perjuicio de otros fines auxiliares, pero sin que puedan incidir en ámbito propio del Registro de la Propiedad” [3]. Destaca este autor su finalidad eminentemente fiscal, sin perjuicio de su carácter de institución colaboradora del Registro de la Propiedad. DOMINGUEZ YAMASAKI, M^a. I. determina que “el Catastro Inmobiliario es un registro de carácter administrativo que depende del Ministerio de Hacienda, cuyas incorporaciones son obligatorias y gratuitas –rasgos que lo distinguen del Registro de la Propiedad- y tienen por objeto la descripción de bienes inmuebles.”[4] Destaca esta autora el que las inscripciones en el Catastro Inmobiliario son obligatorias y gratuitas, justo lo contrario a lo que ocurre en el Registro de la Propiedad, cuyas inscripciones son voluntarias y onerosas.

El Catastro Inmobiliario español tiene un enorme valor debido a la cantidad de información que atesora, siendo un instrumento útil para la sociedad en su conjunto, pasando a ser además de un instrumento fiscal, una herramienta que acomoda la realidad inmobiliaria, proporcionando un alto grado

de fiabilidad y seguridad a los usuarios, siendo el Catastro un registro administrativo, con una marcada función descriptiva de la propiedad inmobiliaria, que contiene información relevante y suficiente para describir plenamente cada bien inmueble inscrito, característica esta que viene apoyada en el principio ordenador del catastro que establece la obligatoriedad de la inscripción, que se establece en el artículo 2 del Texto Refundido de la Ley del Catastro Inmobiliario. Además de su función tradicionalmente fiscal, el catastro es una importante institución que atesora información territorial de gran valor para la sociedad y que otras administraciones e instituciones utilizan en la gestión de los bienes inmuebles, siendo la finalidad del catastro inmobiliario en España la de proporcionar información precisa y actualizada sobre la propiedad inmobiliaria y sus características, tanto para fines fiscales como para la gestión territorial y urbanística. Esta institución tiene fines fiscales, ya que el catastro inmobiliario es utilizado para la gestión de los impuestos relacionados con bienes inmuebles, como el Impuesto sobre Bienes Inmuebles o el Impuesto de Transmisiones Patrimoniales y Actos Jurídicos Documentados. Aquí la valoración de los bienes inmuebles que realiza el catastro es fundamental para establecer la base imponible de estos impuestos. Por otro lado realiza funciones de gestión territorial y urbanística, ya que el catastro proporciona información sobre la ubicación, tamaño y características de los bienes inmuebles, lo que es fundamental para la planificación territorial y urbanística. Esta información permite conocer la distribución de la propiedad inmobiliaria, el uso del suelo y la localización de los servicios y equipamientos públicos. Además, también interviene en el tráfico inmobiliario o transacciones inmobiliarias, ya que el catastro es utilizado por particulares, empresas y profesionales del sector inmobiliario para conocer la situación y características de los bienes inmuebles que se compran y se venden, lo que facilita la realización de transacciones inmobiliarias. En resumen, la finalidad del catastro inmobiliario en España es la de proporcionar información precisa y actualizada sobre la propiedad inmobiliaria y sus características, para fines fiscales, de gestión territorial y urbanística y para facilitar las transacciones inmobiliarias.

4. CONCEPTO DE FINCA

Aunque la finca es un elemento muy importante en el sistema registral español, no existe en la legislación hipotecaria tradicional una definición legal de este concepto, únicamente se toma como base la definición que existe en el artículo 333 del Código Civil que establece que “todas las cosas que son o pueden ser objeto de apropiación se consideran como bienes muebles o inmuebles”, y el artículo 334 del mismo cuerpo legal, que establece un *numerus clausus* de lo que entiende que son bienes inmuebles, como por ejemplo, las tierras, los edificios y construcciones de todo género adheridas al suelo. La finca suele ser normalmente una superficie terrestre delimitada por una línea poligonal cerrada, con sus partes integrantes y sus pertenencias, aunque este concepto de finca no coincide con el de finca registral, ya que esta es todo

lo que abre folio en el registro. En este sentido, como dispone TRUJILLO CABRERA, puede definirse la finca como “todo aquel espacio físico volumétrico geográficamente referenciable, que pertenece en propiedad a un solo titular o a varios proindiviso, idealmente delimitado en atención a tal derecho de propiedad, y dotado de unidad económica que, precisamente por todo ello, es susceptible de abrir folio en el Registro de la Propiedad” [5]. Esta definición se refiere a la concepción física o material de la finca, es decir, se refiere a la extensión de terreno y su titularidad.

La doctrina habla de finca material distinguiendo las fincas rústicas de las urbanas, indicándonos CARLOS LASARTE el que “por tanto, al igual que desde el punto de vista civil, a efectos hipotecarios, puede definirse inicialmente la finca rústica como una extensión de terreno de la superficie terrestre que es objeto de tráfico unitario, para referirnos a las fincas urbanas, bastaría con remachar la idea de que se trata de un espacio poliédrico, dependiente de la imaginación y construcción humanas, que constituya un espacio independiente o susceptible de ser considerado de manera separada, sea en su conjunto, sea previa división” [6]. Este autor distingue entre las que son rústicas de las urbanas. REY BARBA y ESPEJO LERDO establecen que en base a esta descripción se puede definir la parcela como toda porción continua de suelo legalmente conformada que constituye una unidad física y predial que sirve de soporte de usos, de instalaciones y de edificios en función de la clasificación y la calificación del suelo establecidas por este plan general y por sus instrumentos de desarrollo y que servirá como referencia a los índices de densidad y aprovechamiento, así como para asegurar el respeto a las unidades mínimas de construcción. [7] Con la reforma de la Ley 13/2015 se ha pretendido describir la finca en el Registro de la Propiedad utilizando la georreferenciación gráfica basada en la mayoría de los casos en la cartografía del catastro inmobiliario, de tal manera que la finca en su realidad física viene a ser descrita de una manera más exacta en Registro de la Propiedad, donde se la llama finca registral, y en el Catastro Inmobiliario, donde es conocida como parcela catastral.

5. LA COORDINACIÓN REGISTRO-CATASTRO

La Ley 13/2015 tiene por objetivo el favorecer la coordinación entre el Registro de la Propiedad y el Catastro Inmobiliario, tal y como establece su preámbulo que dispone que “el Registro de la Propiedad y el Catastro Inmobiliario son instituciones de naturaleza y competencias diferenciadas que, no obstante, recaen sobre un mismo ámbito: la realidad inmobiliaria. La coordinación de la información existente en ambas instituciones resulta indispensable para una mejor identificación de los inmuebles”. Por lo tanto, ambas instituciones se ocupan de regular el ámbito inmobiliario, teniendo como nexo de unión en su regulación la finca, por lo que con su perfecta coordinación se conseguirá una mejor identificación y protección de indicada finca y de los derechos y gravámenes sobre la misma constituidos, lo cual proporcionará una mayor seguridad jurídica al ámbito económico referente al merca-

do inmobiliario. Con el objetivo de alcanzar tan ansiada coordinación, tanto la Dirección General de la Seguridad Jurídica y Fe Pública y la Dirección General del Catastro han venido dictando las normas y resoluciones precisas para la correcta aplicación de la Ley 13/2015 desde su entrada en vigor, con el objetivo de que el Registro de la Propiedad extienda sus efectos jurídicos a los datos físicos de la finca, protegiendo de esta manera el derecho inscrito de una manera plena. Se siguen así las recomendaciones de las principales instituciones económicas para que los derechos estén plenamente protegidos. Para ello ambas instituciones trabajan de manera coordinada y conjunta, pero a la vez manteniendo cada una de ellas su autonomía propia.

Existen una serie de herramientas aprobadas por nuestro ordenamiento jurídico positivo que sirven para desarrollar la coordinación entre ambas instituciones, y que son las siguientes: a) La certificación catastral descriptiva y gráfica, la cual en la coordinación Registro-Catastro, toma especial relevancia, ya que contiene, además de los datos básicos de carácter físico, jurídico y económico del bien inmueble a que se refiere, su representación gráfica georreferenciada. Y cuando los bienes inmuebles estén coordinados con el Registro de la Propiedad, se incorporará dicha circunstancia en la certificación catastral; b) La representación gráfica alternativa, que es otro elemento a tener en cuenta a la hora de realizar la coordinación entre el Registro de la Propiedad y el Catastro Inmobiliario de la finca, es un plano georreferenciado que delimita de manera precisa la parcela en la que se ubica citada finca, a través de las coordenadas georreferenciadas correspondientes a cada uno de sus vértices. Normalmente la certificación catastral descriptiva y gráfica contiene la representación georreferenciada del inmueble, que si coincide con la realidad física de la finca, es totalmente válido a la hora de describir la finca. Pero si esta descripción no coincide con la realidad física, aquí el interesado puede elaborar y aportar una representación gráfica alternativa elaborada por un profesional técnico, que deberá ser aprobada finalmente por el catastro; c) El informe de validación gráfica, que es otro elemento importante en la coordinación de estas dos instituciones, el cual nos permite saber si una representación gráfica alternativa distinta de la catastral cumple los requisitos técnicos y de compatibilidad con la cartografía catastral; d) Existe también una aplicación catastral para tramitar expedientes de subsanación de discrepancias y para comunicar las alteraciones físicas de parcelas catastrales, que es otra herramienta que está dispuesta por parte del Catastro Inmobiliario para subsanar discrepancias con este organismo. Esta aplicación permitirá a los notarios tramitar expedientes que sirven para modificar la superficie y los linderos de las parcelas catastrales, teniendo como referencia la medición realizada por un técnico que se aporta junto con un informe de validación gráfica alternativo; e) También se puede llevar a cabo la rectificación de la descripción de la finca de oficio por parte del Catastro Inmobiliario, de conformidad con el artículo 18.1 de la Ley del Catastro Inmobiliario, buscando adecuar la parcela catastral a la realidad física de la finca. Todas estas herramientas ayudan en el trabajo diario

de ambas instituciones a potenciar la coordinación de ambas a medida que se va trabajando en cada una de las fincas.

En el día a día de los Registros de la Propiedad, la inmatriculación de fincas es una constante habitual, y tras la última reforma introducida por la ley 13/2015, se ha convertido en un importante instrumento a la hora de coordinar el Registro con el Catastro. La inmatriculación de una finca en el Registro de la Propiedad es su ingreso o primer asiento que se practica respecto de la misma y que carece de soporte causal en cualquier otro anterior. Consiste en incorporar al Registro de la Propiedad fincas que no estén inscritas en el mismo a favor de persona alguna. GARCIA GARCIA define la inmatriculación estableciendo que “es el ingreso por primera vez de una finca en el Registro de la Propiedad, sin proceder de otra inscrita, a través de una primera inscripción de dominio, mediante unos procedimientos con la finalidad de acreditar el dominio y la realidad física de la finca y la concordancia del Registro con la realidad física y jurídica extrarregistral y con unos requisitos y efectos específicos, según la clase de procedimientos y de bienes” [8]. De esta definición se extrae la finalidad de querer acercarse a la realidad extrarregistral por medio de las inmatriculaciones, lo que a su vez permitirá acercarse al Registro a una mejor coordinación con el Catastro Inmobiliario.

El artículo 198 de la Ley Hipotecaria establece una serie de medios tendentes a la búsqueda de la coordinación entre el Registro de la Propiedad con la realidad física y jurídica que existe fuera del registro. De esta manera se busca por un lado la coordinación plena con el contenido del Catastro Inmobiliario, y por otro lado, se busca que el registro refleje fielmente la realidad de la finca. Estos procedimientos que nos enumera el artículo 198 de la Ley Hipotecaria son los siguientes: la inscripción de la representación gráfica georreferenciada de la finca y su coordinación con el Catastro Inmobiliario; el deslinde registral de la finca; la rectificación de la descripción de la finca; la inscripción de plantaciones, edificaciones, instalaciones y otras mejoras incorporadas a la finca; la inmatriculación de las fincas en el Registro de la Propiedad, cuando las mismas no estén inscritas en el Registro; las operaciones registrales sobre bienes inmuebles propiedad de las Administraciones Públicas, que se inscribirán en virtud de certificación administrativa; el expediente de reanudación de tracto sucesivo ininterrumpido; o el procedimiento que se utiliza para subsanar la doble o múltiple inmatriculación de una finca registral. A continuación se analizan como ejemplos de inmatriculación registral algunos de los medios inmatriculadores, que permiten y facilitan la coordinación entre el Registro de la Propiedad y el Catastro Inmobiliario, los cuales vienen recogidos en la reforma anteriormente citada de la Ley Hipotecaria. A través de ellos se va a venir consiguiendo de una manera paulatina la coordinación Registro-Catastro, ya que las fincas sobre las que se van aplicando estos medios inmatriculadores, a su vez se van dejando plenamente coordinadas en ambas instituciones.

Uno de los ejemplos es el del procedimiento de inmatriculación por doble título público del artículo 205 de la Ley Hipotecaria. Este procedimiento es el instrumento jurídico por excelencia a la hora de coordinar la realidad de la finca con los datos del Registro y Catastro, de tal manera que todos estos elementos (realidad, registro y catastro) se verán coordinados de una manera plena y completa en la finca sobre la que se va a aplicar citado procedimiento. Por su sencillez es el medio más utilizado y que mayor presencia tiene en los Registros de la Propiedad de España, y por medio del cual más fincas se coordinan entre Registro-Catastro, reflejando una realidad que antes de su aplicación no existía en el ámbito jurídico. Como expone SALMERON MANZANO sobre este procedimiento, “la denominada inmatriculación por el doble título es el procedimiento registral más utilizado, dada su simplicidad. Debemos destacar que, actualmente, la inmatriculación requiere ineludiblemente la incorporación de la certificación catastral descriptiva y gráfica del inmueble al folio real, a fin de promover la coordinación entre el Registro y el Catastro” [9]. Como destaca esta autora, este procedimiento promueve la coordinación entre el Registro y el Catastro, y al ser su volumen de tramitación tan elevado debido a su sencillez, se puede afirmar que es el medio de inmatriculación y coordinación de ambas instituciones más importante que existe en la actualidad. Por este procedimiento del artículo 205 de la Ley Hipotecaria, que ha sido reformado por la Ley 13/2015, de 26 de junio, se puede inmatricular una finca aportando un doble título público, siendo este un procedimiento que ya se desarrollaba con la redacción legal anterior, pero que al ser objeto de reforma ha variado en cuanto a sus requisitos y efectos.

El procedimiento del doble título inmatriculador es uno de los más utilizados a la hora de inmatricular fincas en el Registro de la Propiedad. Posiblemente su éxito radique en la falta de excesivos requisitos a la hora de tramitar la inmatriculación de la finca, y en este sentido, este debe ser el camino a seguir para poder facilitar la inmatriculación de fincas no inscritas en el Registro de la Propiedad, y a su vez, coordinar estas inmatriculaciones con las parcelas catastrales, coordinando de esta manera ambas instituciones, y a la vez, reflejando la realidad de las fincas en los registros jurídicos. Cuando se realiza la inscripción de la finca por medio de este doble título inmatriculador, al inscribir la finca se va a notificar a los titulares colindantes esta situación para que tengan conocimiento de la inmatriculación de la finca de su vecino y de esta manera puedan comprobar y se ha visto conculcado algún derecho. Las notificaciones a posteriori parecen más que suficientes como garantía a la hora de defender los derechos de los titulares de fincas colindantes o a los titulares de cargas que pudieran gravar la finca. Parece que sobra la notificación que enumera el artículo 205 de la Ley Hipotecaria y que se refiere a que se notifique al poseedor de hecho, en el sentido de que el mismo no tiene acceso al Registro de la Propiedad, por lo cual parece contradictorio el tener que notificarle. Y dentro de estas facilidades que otorga este procedimiento de doble título inmatriculador, se debería dar un paso más, en el sentido de des-

cargar de alguna formalidad más este procedimiento, para que resultase aún más fácil la inmatriculación por este medio, dando así mayor protagonismo a la coordinación entre registro y catastro a la hora de regular la realidad de la finca. Y en este sentido se podría suprimir el requisito del transcurso de un año entre ambos títulos, y volver a la regulación anterior, que tan buenos resultados venía dando en el sentido de que el número de fincas inmatriculadas era muy importante. Y es que actualmente, además de la identidad entre ambos títulos en lo que a la descripción de la finca se refiere, también tiene que existir identidad entre el título inmatriculador y la certificación catastral descriptiva y gráfica, requisitos estos que parecen más que suficientes, y que dejan en un segundo plano el transcurso temporal de un año entre títulos, por lo que parece que su supresión no mermaría las garantías del procedimiento.

Además se debería dar un paso más lejos de lo que se ha pretendido con la redacción actual del procedimiento, que se conforma con la plena coordinación de la descripción de la finca registral con la descripción de la parcela catastral, y que se consigue a través de la aportación de la certificación catastral descriptiva y gráfica junto con los títulos necesarios para la inmatriculación de las fincas. El precepto legal se conforma con la coordinación con la descripción de la parcela catastral, pero esta parcela catastral puede estar descrita de manera errónea, por lo que resultaría interesante que el precepto legal también admitiese la aportación de representación gráfica alternativa a la catastral, para tratar de corregir el error que puede existir en la parcela catastral, y de esta manera reflejar de una manera más fiel la realidad física de la finca, y coordinar la misma de una manera plena con las descripciones de Registro de la Propiedad y Catastro Inmobiliario. En este sentido concluye también FANDOS PONS, que establece que lo lógico hubiera sido prever también en la inmatriculación la posibilidad de utilizar representaciones geográficas alternativas, para permitir que, en caso de inexactitud catastral, no se obligue al propietario a rectificar primero el catastro, retrasando el acceso de la finca la Registro de la Propiedad hasta la práctica de la alteración. Máxime cuando se dispone ahora de un procedimiento ágil de coordinación, basado en la interoperabilidad y comunicación recíproca y continua. [10]

Otro ejemplo es la inmatriculación de bienes y derechos de las Administraciones Públicas del artículo 206 de la Ley Hipotecaria. Los bienes inmuebles de dominio público suponen un importante volumen dentro del ámbito del tráfico inmobiliario, por lo que la correcta regulación jurídica de los mismos es fundamental para un buen funcionamiento del mismo. La herramienta jurídica que propone este artículo es muy útil para poder plasmar la realidad jurídica de estos bienes demaniales en el Registro de la Propiedad y en el Catastro Inmobiliario, logrando una coordinación plena entre ambas instituciones a la hora de describir este bien inmueble de titularidad pública. En este sentido, los bienes de dominio público deben de ser inscritos en el Registro de la Propiedad, para gozar de una mayor protección jurídica. Esta no es solo una posibilidad contemplada en el ordenamiento jurídico español, sino

que además se trata de una obligación que se proclama por la legislación de bienes públicos. En este sentido se pronuncia el artículo 36 de la Ley 33/2003, de tres de noviembre, al decir que las administraciones públicas deben de inscribir los bienes de dominio público, estando sujeta esta inscripción a la legislación hipotecaria, tal como establece el artículo 37 de citada ley.

El artículo 206 de la Ley Hipotecaria ha sido objeto de reforma por la ley 13/2015, dando pie a una nueva redacción de este artículo. Ahora pueden utilizar este procedimiento las Administraciones públicas y las entidades de derecho público, excluyendo actualmente con la nueva redacción legal de este procedimiento a la Iglesia Católica que tradicionalmente ha gozado de este instrumento, y que ahora pasa a equipararse a los particulares y las inscripciones de sus bienes tendrán que realizarse por los procedimientos ordinarios, ya que para la Iglesia Católica ha desaparecido este privilegio que tenía desde 1946 para poder inmatricular por este procedimiento especial, y que a su vez sobrevivió a la reforma del año 1996. El procedimiento regulado en el artículo 206 Ley Hipotecaria que permite la inmatriculación de bienes y derechos de las administraciones públicas en una herramienta muy útil en manos de las instituciones públicas para la protección de los bienes de titularidad pública. Se trata por tanto de un mecanismo privilegiado tendente a proteger los intereses generales a través de la protección de los bienes inmuebles de las administraciones públicas.

Además de los medios inmatriculadores indicados, la ley 13/2015 ha regulado otras situaciones por medio de las cuales se puede coordinar el Registro de la Propiedad con el Catastro Inmobiliario. En este sentido el artículo 9 de la Ley Hipotecaria dispone que siempre que se inmatricule una finca, o se realice una operación de parcelación, reparcelación, concentración parcelaria, segregación, división, agrupación o agregación, expropiación forzosa o deslinde que determinen una reordenación de los terrenos, se incorporará al Registro de la Propiedad la representación gráfica georreferenciada de la finca que complete la descripción literaria de la misma, donde consten las coordenadas georreferenciadas de sus vértices, disponiendo a la vez su artículo 10 que la base de representación gráfica de las fincas registrales será la cartografía catastral, por lo cual en todos estos casos, ambas instituciones se van a coordinar. También existe el procedimiento registral que contiene el artículo 199 de la Ley Hipotecaria, que es una herramienta jurídica muy útil y eficaz en la búsqueda de la coordinación Registro-Catastro, ya que por medio del mismo se va a poder modificar la descripción de la finca registral de tal manera que estará coordinada esta descripción en ambas instituciones, y a la vez, será un fiel reflejo de la realidad extrajurídica de la finca. Todo ello se consigue a través de la modificación de la descripción de la finca y de la incorporación de la representación gráfica georreferenciada de la misma en el Registro, y con su posterior coordinación con el Catastro de citada descripción. Además, a través de la regulación del artículo 201.3 del mismo cuerpo legal se va a poder modificar la descripción de la finca cuando se realice alguna operación en la

misma, como por ejemplo una compra, permuta o donación, de tal manera que la descripción que consta en el Registro de la Propiedad se pueda ajustar a la descripción que contiene el Catastro Inmobiliario.

6. EL NUEVO REGISTRO DE LA PROPIEDAD ELECTRÓNICO

Una vez reconocida la importancia de la última gran reforma producida por la Ley 13/2015, que ha venido para avanzar en la integración de ambas instituciones a la hora de regular la finca de una manera más segura y completa, sería el momento de avanzar y dar un paso adelante en este camino hacia la coordinación plena. En el nuevo registro electrónico, este paso a dar sería el que todo folio registral tenga una representación gráfica de la finca, y que esta representación gráfica esté plenamente coordinada con el Catastro. La aprobación del Registro de la Propiedad electrónico se hace mediante la Ley 11/2023, de 8 mayo, publicada en el Boletín Oficial del Estado el día 9 de mayo de 2023, que modifica la Ley Hipotecaria para crear un Registro electrónico que pasa a prescindir del papel y que será gestionado por medios electrónicos y telemáticos, tratando de modernizar la institución registral, tal y como nos indica DE PABLOS O'MULONY, de tal manera que el nuevo registro electrónico se va a servir de unas herramientas tecnológicas que van a contribuir a su gestión y desarrollo, para prestar un mejor servicio al ciudadano.

Cabe destacar que las garantías jurídicas que prestan los Registros a la sociedad no se van a ver conculcadas con esta reforma legal, ya que permanecen intactas todas las herramientas jurídicas que regulan los derechos y gravámenes que se constituyen sobre la finca registral, tal como nos indica el citado autor, que destaca el hecho de que los principios hipotecarios que rigen en el día a día de los Registros no se van a ver alterados, garantizando así la seguridad jurídica que viene proporcionando esta institución a lo largo de los siglos. Estos principios hipotecarios que no se van a ver alterados son el Principio de Rogación, que establece que la inscripción de un acto o contrato debe ser solicitada por las partes interesadas; el Principio de Legalidad, que como indica RAMS ALBESA, por medio del mismo “el Registrador realiza un juicio de crítica jurídica que desemboca en su resolución, término del procedimiento: la práctica, la denegación o la suspensión del asiento solicitado” [11]; el Principio de Prioridad, que según ROCA SASTRE es aquel en cuya virtud el acto registral que primeramente ingresa en el Registro de la Propiedad se antepone con preferencia excluyente o superioridad de rango a cualquier otro[12]; el Principio de Especialidad, que como nos indica SILES MARTIN consiste en que “tanto la finca como los derechos que se constituyan sobre la misma deben estar perfectamente determinados en todos sus elementos” [13], de tal forma que cada finca o bien inmueble tiene que ser objeto de una descripción totalmente precisa y detallada; el principio de Tracto Sucesivo, por medio del cual como nos indica SANCHEZ CALERO será necesario “que el derecho de la persona que otorgue el acto dispositivo a inscribir se halle previamente inscrito o anotado” [14]; y por último, el Principio de Publicidad, el cual

a su vez se puede desdoblarse en dos principios, el principio de legitimación registral, según el cual la ley presume “*iuris tantum*” que el titular registral es el auténtico titular del derecho inscrito, y por otro lado, el Principio de Fe Pública Registral, según el cual se establece una presunción “*iuris et de iure*” de que el contenido del Registro es exacto, principio que se encuadra dentro de lo que el citado autor DE PABLOS O’MULONY nos indica al afirmar que en este nuevo Registro de la Propiedad electrónico el alma del Registro permanece inalterado, ya que en este sentido, es precisamente dentro de ese alma registral donde se puede llegar a visualizar la fe pública registral, que en ningún momento se va a ver debilitada por la reforma legal analizada. Estos principios no se ven alterados con la digitalización registral, de tal manera que se logra que la tecnología no sustituya al derecho positivo registral, sino que la misma es una herramienta puesta al servicio del mismo.

Esta ley suponía una gran oportunidad para potenciar el sistema de bases gráficas como piedra angular en la descripción de la realidad de la finca. En esta nueva regulación nace un folio real totalmente electrónico que estará gestionado mediante un sistema totalmente informático a través del Colegio de Registradores, y en esta nueva regulación se da cierto reconocimiento al sistema de bases gráficas, al afirmar que mediante enlaces electrónicos se visualizarán las inscripciones gráficas correspondientes a la finca. Pero este reconocimiento parcial al tratamiento de las bases gráficas en la finca se queda muy corto y es muy poco ambicioso. Se debería de aprovechar la gran transformación que supone el crear un Registro de la Propiedad totalmente electrónico para potenciar de una manera definitiva la georreferenciación descriptiva de las fincas y su coordinación definitiva con el Catastro. En este sentido reflexiona el autor TRUJILLO CABRERA al concluir que en este Registro de la Propiedad electrónico “el folio real debía permitir la identificación gráfica de las fincas de forma directa y como elemento central del mismo” [15]. Reivindica este autor el protagonismo central de la identificación gráfica de la finca. En este nuevo folio registral electrónico el sistema de bases gráficas representando la descripción de la finca, y por qué no, coordinando todo ello con el contenido del catastro, debería de ser un elemento central, como indica este autor. El esfuerzo tecnológico que se va a realizar para desarrollar el registro electrónico, podría ser utilizado a la vez para implantar de una manera definitiva estas bases gráficas en las descripciones de todas las fincas, dando un paso definitivo de la descripción literaria tradicional a una descripción georreferenciada técnica más acorde a las posibilidades tecnológicas actuales. De esta forma se vería cumplido el objetivo que PUYAL SANZ nos indica, y es que dentro de esa coordinación, la descripción de las fincas que ambas instituciones inscriban coincida con la realidad. [16]

El nuevo folio registral electrónico se regula en el artículo 238 de la Ley Hipotecaria, y de esta forma el Registro de la Propiedad se sigue llevando por fincas registrales, que como indica GARCIA GARCIA son todo trozo de terreno cerrado que es susceptible de abrir folio registral [17]. Se sigue mante-

niendo el sistema de fincas, que como indica TRUJILLO CABRERA es todo espacio físico geográficamente georreferenciable susceptible de abrir folio en el Registro de la Propiedad [18]. En el mismo sentido se pronuncia FANDOS PONS que nos indicia que esta finca registral es la unidad del tráfico jurídico inmobiliario que puede abrir folio registral en el Registro territorialmente competente [19]. En el folio electrónico registral se debería tener acceso directo a una cartografía geográfica catastral donde de una manera visual y clara se pueda ver la extensión de la finca y los linderos y limitaciones geográficas de la misma, debiendo ser esta el centro de atención del nuevo folio electrónico registral en lo concerniente a la regulación de la descripción de la finca registral.

En definitiva, la aprobación del Registro electrónico es una medida necesaria y adecuada a los tiempos actuales, la cual va a ayudar al Registro a sobrevivir en el mundo actual, en el que cualquier ámbito de nuestra sociedad es desarrollado tecnológicamente y ninguna Administración Pública escapa ya a la Digitalización. Sin esta reforma el Registro hubiera quedado cada vez más obsoleto, de tal manera que con el paso del tiempo el mismo habría devenido en una institución cada vez más ineficaz e inoperante, lo cual hubiese afectado incluso a la seguridad jurídica que hoy por hoy proporciona a la sociedad, terminando de esta manera en una herramienta inútil que con el transcurso del tiempo nada tendría que aportar. El carácter electrónico del Registro de la Propiedad es una oportunidad para la implantación definitiva de las bases gráficas en la descripción de las fincas, ya no de manera prácticamente postestativa como hasta ahora, sino de una manera definitiva y permanente en la totalidad de las fincas, y también es una oportunidad para una coordinación plena entre ambas instituciones, ya que por medio de esa implantación generalizada de las bases gráficas en las fincas registrales, y con el apoyo técnico de las nuevas tecnologías, se podría llegar a lograr la coordinación plena entre ambas instituciones.

7. CONCLUSIONES

La coordinación plena entre el Registro y Catastro es un objetivo que todavía a día de hoy está incompleto con la última gran reforma de la Ley 13/2015, de 24 de junio, pero sí que se puede decir que esta reforma legal ha supuesto incorporar muchas mejoras a la hora de abordar la complementación de ambos registros. En este sentido, esta ley ha reformado de forma muy importante la manera de trabajar de ambas instituciones, a través de la modificación de la Ley Hipotecaria y la Ley del Catastro Inmobiliario, y en términos generales ha supuesto un avance en la regulación jurídica del mercado inmobiliario español. Esta reforma es un paso más que se da y la misma toma la dirección de intentar conseguir la completa coordinación de ambas instituciones, pero hay que seguir dando más pasos para que esta coordinación entre ambas instituciones sea plena. Por otro lado, esta reforma deja muchas lagunas donde se podía seguir coordinando ambas instituciones y no se hace,

ya que esta coordinación no llega a la totalidad de las fincas que existen dentro del Registro de la Propiedad.

En este sentido, en el trabajo realizado en la tesis doctoral se proponen realizar una serie de reformas legales para potenciar esa armonización entre ambos registros, las cuales son complementarias entre sí y podrían llegar a aplicarse simultáneamente tras su inclusión en nuestro ordenamiento jurídico. De esta manera se lograría avanzar en el objetivo final de lograr la total y plena coordinación de la totalidad de las fincas que integran ambas instituciones. Y para ello, nos hemos fijado en el derecho comparado de nuestro entorno donde ya existen sistemas en los que la coordinación registro-catastro es prácticamente plena, siendo este el objetivo que tiene que visualizar el legislador a la hora de regular esta materia. Uno de estos sistemas en los que fijarse a la hora de regular la materia sería el Alemán, en el que el mapa catastral constituye la auténtica descripción de la finca en el Registro de la Propiedad [20]. Este modelo perfecciona el sistema, ya que la descripción coincide plenamente con la realidad utilizando los instrumentos de descripción del Catastro, y por otro lado, los derechos y cargas constituidas sobre las fincas reflejan la situación jurídica de la finca. Otro sistema dentro del derecho comparado en el que poder fijarse es el sistema jurídico holandés (Países Bajos), que tiene un único registro que abarca al Registro de la Propiedad y el Catastro, con una total coordinación en la descripción de la finca. Aquí la coordinación registro-catastro está totalmente superada, al integrarse los dos registros en una única institución denominada “Kadaster”.

Con esta coordinación entre ambos registros a través de la georreferenciación de la finca se va a conseguir aumentar el valor de la finca, ya que la delimitación de la misma es más exacta y se sabe sobre que superficie se aplican los efectos protectores del ordenamiento jurídico, de tal manera que se evitan posibles invasiones de las fincas colindantes, y en definitiva aumenta su precio en una posible venta. En cualquier otro tipo de operación que se realice sobre la finca también se verá aumentado su valor, como por ejemplo si la misma se quiere hipotecar, obteniendo un mayor importe en el préstamo, o si se quiere subastar la finca, ya que su valor de tasación también se verá aumentado. En resumen, una mejor delimitación de la finca aporta seguridad jurídica al propietario de la misma, aumentando automáticamente su valor económico.

En lo referente al nuevo Registro de la Propiedad electrónico, con la reforma introducida se va a dotar al Registro de unas herramientas tecnológicas presentes actualmente en cualquier ámbito de nuestra sociedad, modernizando y actualizando ésta institución para que pueda afrontar el futuro con todas las garantías posibles, prestando así el mejor servicio posible a los ciudadanos, los cuales cada vez están más identificados con el uso de las nuevas tecnologías. El Registro aumentará la calidad de los servicios que presta al ciudadano, sin que se vea disminuida la seguridad jurídica que viene proporcionando a lo largo de los siglos a la economía y a la sociedad en general. Sin embargo, den-

tro de esta reforma legal se debería de haber seguido con el esfuerzo iniciado en la Ley 13/2015, de 24 de junio, de implantar las bases gráficas en la descripción de la finca registral, de tal manera que la misma quedase coordinada con el contenido del Catastro Inmobiliario. En esta reforma legal se debería haber utilizado el nuevo folio registral electrónico para poner en el centro de atención de la descripción de la finca registral el sistema de bases gráficas de una manera obligatoria. De esta forma, utilizando las herramientas tecnológicas, la coordinación entre la descripción de la finca registral en el Registro y la descripción de la parcela catastral en el Catastro Inmobiliario sería plena y absoluta, proporcionando una mayor seguridad jurídica sobre toda la finca, ya que, teniendo la finca perfectamente delimitada, no habría dudas sobre el área superficial y linderos en los que aplicar los efectos de la fe pública registral. En este sentido, en el folio electrónico registral se debería tener acceso directo a una cartografía geográfica catastral donde de una manera visual y clara se pueda ver la extensión de la finca y los linderos y limitaciones geográficas de la misma, debiendo ser esta el centro de atención del nuevo folio electrónico registral. De esta forma, debería de haberse utilizado la reforma tecnológica para que Registro de la Propiedad y Catastro Inmobiliario estuvieran perfectamente conectados en lo que a la descripción de la finca se refiere, de tal manera que el Registro de la Propiedad se pudiera aprovechar de la importante cartografía catastral y el Catastro Inmobiliario se pudiera a su vez aprovechar de la seguridad jurídica que proporciona el Registro de la Propiedad por medio de sus principios hipotecarios y herramientas jurídicas.

REFERENCIAS

- [1] TRUJILLO CABRERA, C. Representación gráfica de fincas en el Registro de la Propiedad. Colección de derecho privado. Agencia Estatal, Boletín Oficial del Estado. Madrid, 2017. Página 24.
- [2] DIEZ- PICAZO, L y GULLON, A. Sistema de derecho civil, Volumen III, Derecho de cosas y derecho inmobiliario registral, Sexta edición. Editorial Tecnos. Madrid, 1997. Página 269.
- [3] FANDOS PONS, P. Los efectos jurídicos de la identificación y descripción gráfica de fincas registrales, la base gráfica registral. Editorial Tirant Lo Blanch. Valencia, 2016. Página 390.
- [4] DOMINGUEZ YAMASAKI, M^a. I. Lecciones de derecho inmobiliario registral. Coordinadoras: Rocío Diéguez Oliva y Paloma Saborido Sánchez. Tirant lo Blanch. Valencia, 2021. Página 34.
- [5] TRUJILLO CABRERA, C. Representación Gráfica de Fincas en el Registro de la Propiedad. Colección de Derecho Privado, Agencia Estatal. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 2017. Página 44.
- [6] LASARTE, C. Derechos Reales. Principios de derecho civil IV. Undécima edición. Marcial Pons. Madrid, 2023. Página 320.

- [7] REY BARBA, S. y ESPEJO LERDO DE TEJADA, M. Tratado de Derecho Inmobiliario Registral. Tirant lo Blanch. Tratados. Valencia, 2021. Páginas 1082 y 1083.
- [8] GARCIA GARCIA, J.M. La finca registral y el Catastro. Editorial Aranzadi, Thomson Reuters. Primera edición, febrero 2016. Página 775.
- [9] SALMERON MANZANO, E.M.. El reflejo de la realidad física y jurídica de las fincas a través de los procedimientos registrales. Editorial Bosch, La Ley Soluciones Legales S.A. Primera edición, Las Rozas (Madrid), enero 2023. Página 238.
- [10] FANDOS PONS, P. Los efectos jurídicos de la identificación y descripción gráfica de fincas registrales. La base gráfica registral. Registradores de España. Monografías Tirant lo Blanch. Valencia, 2016. Página 286.
- [11] RAMS ALBESA, J. Apuntes de derecho inmobiliario Registral. Joaquín Rams Albesa, Rosa María Moreno Flórez, José Ignacio Rubio San Román. Revisada y actualizada por Jorge Ortega Domenech y José Luis Lacruz Bescos. Editoria Dykinson. Madrid, 2020.
- [12] ROCA SASTRE, L. Derecho Hipotecario, tomo II, Volumen 1º, 9º Edición, Bosch, Barcelona 2008, p. 333.
- [13] LOPEZ ESPADAFOR, M.L. Tráfico inmobiliario rústico. Aspectos más relevantes de su realidad registral y tributaria actual. Colección fiscalidad. Editorial Dykinson. Madrid, 2023. Capítulo III: Las modificaciones de entidades hipotecarias en el ámbito rústico: normativa hipotecaria y urbanística. Problemas que plantea su coordinación. SILES MARTIN, M.I.C. p. 88.
- [14] SANCHEZ CALERO, F.J. y SANCHEZ-CALERO ARRIBAS, B. Manual de Derecho Inmobiliario Registral. 7ª Edición. Tirant lo Blanch. Valencia, 2021. p. 130.
- [15] TRUJILLO CABRERA, C. Representación gráfica de fincas en el Registro de la Propiedad. Agencia Estatal del Boletín Oficial del Estado, Madrid, 2017. Página 325.
- [16] PUYAL SANZ, P. El nuevo régimen de coordinación entre el Catastro y el Registro de la Propiedad. Editorial Tirant lo Blanch. Valencia, 2016. p. 208.
- [17] GARCIA GARCIA, J.M. La finca registral y el catastro. Editorial Civitas Thomson Reuters. Primera edición, febrero 2016. p. 52.
- [18] TRUJILLO CABRERA, C. Representación Gráfica de Fincas en el Registro de la Propiedad. Colección de Derecho Privado, Agencia Estatal. B.O.E. Madrid, 2017. p. 44.
- [19] FANDOS PONS, P. Los efectos jurídicos de la identificación y descripción gráfica de fincas registrales. La base gráfica registral. Registradores de España. Monografías Tirant lo Blanch. Valencia, 2016.

- [20] YASNA OTAROLA ESPINOZA. “El Catastro en el tráfico jurídico de los bienes inmuebles: Un estudio comparado entre el régimen de la propiedad en Chile y Alemania”. *Revista Crítica de Derecho Inmobiliario* Año 2023, Septiembre-octubre, número 799. Año XCIX. Página 2770.

CÓMO ABORDAR LA INTERNACIONALIZACIÓN DE LA EMPRESA. APLICACIÓN AL SECTOR VITIVINÍCOLA

MONTSERRAT PAMPLIEGA MELGOSA¹, NADIA JIMÉNEZ², SONIA SAN-MARTÍN³

*¹Docente investigadora,
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales,
Universidad de Burgos, Burgos, España*

*²Titular de Universidad,
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales,
Universidad de Burgos, Burgos, España*

*³Catedrática de Comercialización e Investigación de Mercados,
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales,
Universidad de Burgos, Burgos, España*

Resumen

Actualmente, las empresas operan en un contexto global, así tomar decisiones acertadas implica comprender qué variables claves explican el éxito del proceso de internacionalización. El objetivo de este trabajo es determinar cómo influyen en la internacionalización de las empresas cinco variables propias de la empresa (capacidad de aprendizaje y adaptación, orientación internacional del CEO, recursos económicos disponibles para marketing, internacionalización digital y conocimientos del mercado internacional). Mediante una metodología cuantitativa se recogió información mediante un cuestionario completado por 104 empresas pertenecientes a ocho Denominaciones de Origen. El análisis se realizó con SmartPLS4, a través del cual, se pudo concluir que la orientación internacional del CEO y la internacionalización digital son las claves más importantes para el éxito en la internacionalización.

Palabras clave: Aprendizaje y adaptación, CEO, recursos para marketing, digital y éxito en la internacionalización.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la perspectiva de la empresa se ha de comprender el funcionamiento de la economía internacional y de las relaciones internacionales en un mundo globalizado, como es el actual. Y es que la economía, es más internacional que nunca, ya que muchos de los productos que se producen y consumen en la actualidad tienen, en su historia, la contribución de varios países

[1]. [2] definen la internacionalización de la empresa como la entrada de la misma a mercados extranjeros, con el objetivo de contribuir al crecimiento de la empresa, a la generación de valor y al desarrollo económico del país de origen de la empresa.

Si se revisa en la literatura la evolución de los procesos de internacionalización en las empresas, se considera que la internacionalización muestra tres componentes característicos, según [3] (1) se trata de un proceso que se desarrolla a lo largo del tiempo y va evolucionando pasando por diversas fases; (2) que afecta de forma directa a la actividad de la empresa y al negocio, proporcionándole una mayor dimensión y, (3) que implica el desarrollo de actividades de la empresa fuera del país del que es originaria.

Los motivos por los cuales una empresa decide internacionalizarse son dispares, pero se pueden resumir en tres grandes bloques: apertura de nuevos mercados, reducción de costes operativos y establecimiento de una estructura de producción y distribución más eficiente [4].

Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Español (MAGRAMA), las empresas vitivinícolas españolas que han consolidado su actividad en el exterior representan más de la mitad, reflejando, así, un sector consolidado. De ahí, la pertinencia práctica de realizar este trabajo de investigación con el objetivo de determinar cuáles son las variables que, desde la perspectiva de la empresa, pueden llevar, a que la internacionalización de las empresas del sector vitivinícola sea exitosa. Para alcanzar el objetivo marcado, se recopilan datos procedentes de una encuesta realizada a los directivos o gerentes de bodegas pertenecientes a distintas Denominaciones de Origen, D.O.

Este trabajo de investigación se organiza de la siguiente manera: a continuación, se presenta el marco teórico más pertinente para este estudio y que permite explicar la internacionalización, además de presentar una revisión de la literatura para profundizar conceptualmente en el proceso de internacionalización. Más tarde, se enmarcan las hipótesis planteadas. Posteriormente, se describe la metodología utilizada para estimar el modelo propuesto y los resultados obtenidos. El documento concluye con la exposición de las conclusiones.

2. MARCO TEÓRICO

La literatura relacionada con el concepto de internacionalización es numerosa, por lo que no existe una única definición para este término [5];[6]; [7];

Tomando como punto de partida la empresa y teniendo en cuenta un enfoque microeconómico, la teoría de internacionalización de pymes del modelo de Uppsala define la internacionalización como un proceso gradual, secuencial y progresivo de aprendizaje organizacional [8].

Es oportuno decir que son varios los autores que se han atrevido a definir la variable éxito del proceso de internacionalización [9]. Si bien, no hay una definición que se acepte de forma unánime, sí hay cierto consenso. Cardoso-Vargas (2018) afirma que un aumento en el nivel de ventas en el exterior podría reflejar el éxito del proceso de internacionalización. [10]afirman que tanto la Teoría de Internacionalización del ciclo de vida del producto, como las teorías agrupadas en la internacionalización desde la perspectiva de proceso (modelo de Uppsala de Johanson y Wiedersheim- Paul; modelo de innovación y modelo de planeación sistémica, citados por [11], conciben dicha internacionalización como un conjunto de fases sucesivas en el que se incrementa el aprendizaje gracias a la acumulación de conocimientos y al aumento de recursos que garantizan la permanencia en los mercados exteriores [12]. Siguiendo dicho planteamiento, en esta agrupación de teorías bajo la categoría de la perspectiva de procesos, marco teórico de referencia para este trabajo, se han identificado cinco variables capaces de explicar el éxito del proceso de internacionalización. No se puede ignorar que, aunque la revisión de la literatura revela múltiples variables que explican la internacionalización [2]; [13]; [14]; [15] numerosas y relevantes variables se han dejado de lado en este estudio para acotar a aquellas en las que la empresa percibe que tiene una mayor injerencia, como se explicará más adelante en el apartado de metodología. Dicho lo anterior, y en el cometido de simplificar la identificación de los factores claves de la internacionalización, se podría decir que existen variables internas sobre las que la empresa podría tener mayor intervención, y variables externas, sobre las que la empresa tiene poca o nula actuación [16]. Este trabajo de investigación, se centra en cinco variables internas, aquellas identificadas desde la perspectiva de la empresa, siendo ésta, quien puede controlarlas y dirigirlas para conseguir el éxito en una posible expansión a otros mercados afectando, por ende, al proceso de internacionalización [17].

3. MODELO CONCEPTUAL

Las siguientes variables se han identificado como las variables más relevantes para explicar por qué algunas bodegas llevan a cabo este proceso de internacionalización con éxito [18], [19] y [20].

3.1. Capacidad de aprendizaje y adaptación

La capacidad de aprendizaje y adaptación podría definirse como el conjunto de procesos interrelacionados para encontrar las mejores necesidades de capacitación, analizar las actividades fallidas, aprender de las experiencias pasadas de la empresa y del conocimiento comercial relevante [20]. En este mundo globalizado y en continuos cambios, poseer la capacidad de absorber y manejar los recursos, es un indicador de adaptación que sería capaz de conducir al éxito en el mercado internacional [21]. La capacidad de aprendizaje refleja la habilidad de aprender de las experiencias pasadas (erróneas o no) y mejorar en base a ellas y, por consiguiente, incentiva el éxito empresarial en

los mercados internacionales [21]. En este sentido, una mayor capacidad de aprendizaje y adaptación, enmarcada en el modelo de planeación sistémica, dentro de la internacionalización vista desde la perspectiva de proceso [11] conllevará, también, a un mejor desempeño de las ventas internacionales, ya que la empresa identificará y abordará oportunidades de negocio [22]. De esta manera, las empresas lograrán, gracias al desarrollo de su capacidad de aprendizaje y adaptación, un mejor comportamiento (de las ventas) en mercados internacionales. Así pues, se plantea lo siguiente:

H1: La capacidad de aprendizaje y adaptación influye positivamente en el éxito del proceso de internacionalización.

3.2. Orientación internacional del CEO

La orientación internacional del CEO ha sido definida como una visión gerencial y una cultura proactiva del empresario, que apoya el desarrollo y utilización de los recursos organizacionales para lograr objetivos en los mercados internacionales [23]. Estudios previos se han centrado en analizar el impacto de la orientación internacional del CEO sobre el desempeño internacional y la velocidad de entrada en los mercados internacionales, afirmando que la orientación internacional empresarial es un antecedente significativo para el comportamiento de las empresas en los mercados extranjeros [24], [25] y [26]. De acuerdo con los trabajos de [27] y [28], la orientación internacional del CEO y el proceso de internacionalización mantienen una relación directa y positiva, haciendo hincapié en la importancia del rol internacional del CEO para conseguir tener éxito en el proceso de internacionalización. Así, la existencia de ejecutivos con una cultura orientada a ser proactivo en los mercados extranjeros, fomenta la capacidad de internacionalización [29]. En esta misma línea, [30] manifiestan que la orientación internacional del CEO aumenta, a la par, su capacidad de procesamiento de información, lo que quizá le permite resolver problemas complejos y llegar a soluciones más innovadoras en el contexto internacional y, por lo tanto, tener más éxito. Para adquirir y saber utilizar la información de los mercados internacionales, el CEO de la empresa debe poseer habilidades que se conviertan en capacidades de comunicación, analíticas, de adaptación o de curiosidad [31]. Y sin duda, la orientación internacional del CEO determinará el éxito en el proceso de internacionalización [32]. Por tanto, cabe plantear:

H2: Una orientación internacional del CEO influye positivamente en el éxito del proceso de internacionalización.

3.3. Recursos económicos disponibles para marketing

Para poder hacer realidad la internacionalización, las empresas tienen la necesidad de distintos recursos, es decir, distintos medios de los que dispone la empresa, desde humanos hasta materiales pasando por recursos financieros. Este apartado, se centra en los recursos económicos de la empresa [33], [34] y [35] concretamente, los recursos económicos disponibles para marketing. [36]

entienden el marketing como una herramienta de apoyo empresarial que ha adquirido mucho valor en los últimos años debido a una adecuada ejecución y diseño de sus estrategias, lo que puede proporcionar a la empresa grandes ventajas como, por ejemplo, un mejor desarrollo en el mercado internacional. Las pymes se enfrentan a obstáculos a la hora de internacionalizarse por falta de recursos para sus actividades comerciales, lo que constituye una importante barrera para la internacionalización [37]. Estos autores y otro como [38] manifiestan que la posesión de recursos económicos para marketing es necesario para vender fuera del mercado nacional y, por lo tanto, incrementar el éxito del proceso de internacionalización. De esta manera, se puede proponer que:

H3: La posesión de recursos económicos disponibles para marketing influye positivamente en el éxito del proceso de internacionalización.

3.4. Internacionalización digital

La internacionalización digital es definida por [39], p.968) como “las formas en que el diseño y la implementación de un camino de transformación digital y la aplicación de procesos de digitalización y herramientas pueden ayudar a empresas de todos los tamaños a prosperar en contextos internacionales y globales”. Consiste en tener una estrategia de comunicación e innovación online, empleando, por ejemplo, tácticas de publicidad a través del canal digital [40]; dicha estrategia se sustenta en la creación de un ecosistema digital dentro de la empresa hacia el exterior [20]. Supone la aplicación de la tecnología para dar una mayor visibilidad a la empresa y, de esta forma, conseguir un aumento de las ventas a través de canales digitales fuera de las fronteras nacionales. Este hecho, ha sido posible gracias al rápido crecimiento de internet, así como a la creciente eficiencia de los servicios logísticos [41]. Y en concordancia, [42], [43] y [44] encuentran que el desarrollo de tácticas de internacionalización digital tiene un efecto positivo en el éxito del proceso de internacionalización. Por tanto, resulta evidente proponer que:

H4: La internacionalización digital influye positivamente en el éxito del proceso de internacionalización.

3.5. Conocimiento del mercado internacional

Otra variable clave es el conocimiento del mercado internacional; aquel conocimiento, que emana de la “experiencia personal y surge de su actividad actual” [12]. Es la capacidad de identificar las oportunidades que brinde el mercado exterior [45]. Debido al carácter tácito del conocimiento del mercado, “la fuente principal del mismo, son, inevitablemente, las propias operaciones de la empresa” [12], pág. 12). La posesión de este conocimiento es un proceso lento de aprendizaje a través de la propia experiencia de la empresa. Siguiendo con este planteamiento, el conocimiento es acumulado y controlado por las personas que participan en las distintas operaciones internacionales [46].

Esta variable que hace referencia a aspectos como: conocer las barreras internacionales al comercio, identificar a los proveedores del país, tener noción de los costes de transporte y otros costes derivados de la transacción, distinguir los canales de venta, precisar la lengua del país de destino, los aspectos institucionales del país y la normativa vigente, así como, conocer la capacidad y preparación de la empresa para poder llevar a cabo el proceso de internacionalización [45], [47] y [48]. [49] se refieren al conocimiento del mercado internacional como la reducción de incertidumbre. Este conocimiento, incrementa la probabilidad de éxito del proceso de internacionalización. De esta manera, cabe sugerir que:

H5: El conocimiento del mercado internacional influye positivamente en el éxito del proceso de internacionalización.

4. METODOLOGÍA

4.1. Población objeto de estudio y muestra

Para este trabajo se desarrolla un estudio empírico, donde se tomaron como referencia las empresas vitivinícolas de las siguientes denominaciones de origen: Ribera del Duero, Rueda, Rioja, La Mancha, Jaraba, Toro, León y Uruña. La elección de las precedentes se realizó de acuerdo a las siguientes justificaciones: D.O. Ribera del Duero, fue la más demandada en los últimos años a nivel internacional de acuerdo con la revista internacional de vinos; D.O. Rueda es líder en fidelización de consumo de vino; D.O. Rioja, es la D.O. más reconocida a nivel internacional conforme al [50]. Castilla La Mancha es la comunidad autónoma con mayor número de hectáreas de viñedo del mundo de acuerdo con el Consejo Regulador de la D.O. La Mancha, por eso, su estudio a las denominaciones de origen La Mancha y Jaraba. Las restantes denominaciones de origen: Toro, por su importancia histórica siendo su venta permitida en ciudades donde la venta de otros vinos estaba prohibida; León, debido a su nombrada añada como “excelente” en el año 2022 y, por último, Uruña, como D.O. descendiente de la ya nombrada D.O. Toro, completaron el estudio. En un primer momento, se trabajó con un universo poblacional de 1.137 bodegas; siendo el número concreto de bodegas operativas de 951. De esta muestra, 105 aceptaron participar en el estudio. Se han depurado las escalas y variables incluidas en el modelo de medida, con la finalidad de perfeccionar el cuestionario, a priori, y detectar errores de comprensión de las preguntas formuladas [51]. Por lo que, concretamente, se realizó, primero, una encuesta y, posteriormente, una entrevista telefónica, a 12 directivos de empresas bodegueras; lo que permitió seleccionar las variables más relevantes que determinan el éxito del proceso de internacionalización.

La encuesta está diseñada utilizando escalas Likert de cinco puntos, tomando el valor 1, si se está totalmente en desacuerdo y, el valor 5, si la postura es totalmente de acuerdo. Para medir el éxito del proceso de internacionalización, se utiliza la escala de [52]. La capacidad de aprendizaje y adaptación se

medió según [53]. Para medir el constructo orientación internacional del CEO se adoptó la escala de [23], proveniente de la escala reducida de [31] y, de acuerdo a [34] se midieron los recursos económicos disponibles para marketing. El constructo internacionalización digital fue medido según [42] y, por último, el conocimiento del mercado internacional se midió según [45]. El cuestionario fue difundido entre las 105 bodegas que aceptaron participar, siendo uno de ellos no válido al estar incompleto. Así, la muestra final fue de 104 bodegas, detallándose, su perfil característico en la Tabla 2. El error de muestreo fue de $\pm 9,6\%$, con un nivel de confianza del $97,5\%$ para el caso de máxima incertidumbre.

Ficha técnica de la investigación y descripción de la muestra

Universo	Directivos/as de bodegas españolas
Recogida de información	Encuesta online y anónima elaborada por Google Forms y enviada por email
Ámbito	Castilla y León, Castilla La Mancha y La Rioja
Muestra	104 Bodegas
Fecha del trabajo de campo	De marzo a abril de 2023
Características de la muestra	
Género	Hombre 47,3%; mujer 51,6%; otro 1,1%
Edad	De 18 a 35 años: 19,4%; de 36 a 50 años: 57%; de 51 a 65 años: 20,4%; 65 o más años: 3,2%
Educación	Sin estudios: 1,1%; estudios primarios: 1,1%; estudios secundarios: 4,3%; bachillerato: 1,1%; formación profesional: 19,4%; diplomatura/licenciatura: 48,4%; posgrado: 24,6%
Años de trabajo en la empresa	Menos a 1 año: 8,6%; de 1-3 años: 17,2%; de 4-7 años: 21,5%; de 8-10 años: 10,8%; más de 10 años: 41,9%
Cargo en la empresa	Gerente: 31,2%; director: 4,3%; responsable de calidad: 4,3%; responsable de producción: 2,2%; administrativo: 33,4%; enólogo: 7,5%; responsable de exportación: 17,1%
D.O.	Ribera: 79,8%; Rueda: 2,9%; Rioja: 7,7%; Toro: 3,8%; La Mancha: 1%; León: 1,9%; Uruñea: 1,5%; Jaraba: 1,4%

Fuente: elaboración propia.

4.2. Análisis de datos y estimación del modelo de medida

Recopilada la información pertinente, se procedió al análisis de datos aportados por la encuesta. Por tanto, en lo que sigue, se describen las etapas de la metodología empleada que nos permita obtener un modelo de medida válido y un modelo estructural para el contraste de las hipótesis propuestas

[54]. Una vez comprobada la normalidad univariante y la unidimensionalidad de las variables, se procedió a analizar la fiabilidad y validez de las escalas de mediada con la técnica Partial Least Squares (PLS-SEM método de modelado de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales), en concreto, con ayuda del software SmartPLS4 [55].

La fiabilidad individual de los ítems para los constructos con indicadores reflectivos es evaluada examinando las cargas o correlaciones simples de los indicadores con el constructo que pretenden medir. Para que un indicador se acepte como integrante de un constructo, [55] establecen que el valor de la carga estandarizada debe ser igual o superior a 0,7, lo que implica que la varianza compartida entre el constructo y sus indicadores sea mayor que la varianza del error. Los coeficientes alfa de Cronbach ($\alpha > 0,7$) [56] y fiabilidad compuesta ($FC > 0,7$) corroboraron la fiabilidad y consistencia interna de las escalas. Se considera, también, el nivel más estricto, que establece que es deseable que superen el valor de 0,8. Así, se determina que los constructos reflectivos presentan una fiabilidad compuesta elevada, ya que superan dicho valor. En la Tabla 3, se informa de los valores obtenidos de las cargas y del valor t de las variables de tipo reflectivo. Además, se refleja el valor del coeficiente Alpha de Cronbach (α), la fiabilidad compuesta (FC) y la varianza extraída (AVE) correspondientes a los constructos reflectivos (capacidad de aprendizaje y adaptación, recursos económicos disponibles para marketing, internacionalización digital y conocimiento del mercado internacional). Tabla 3:

Modelo de medida. Variables reflectivas

Constructos	Ítems	Cargas	Valor-t	AVE	FC	α
Éxito del proceso de internacionalización	Porcentaje que representan las ventas al extranjero con referencia a las ventas totales	1,000	n.d	n.d	n.d	n.d
Capacidad de aprendizaje y adaptación	Diagnosticar las necesidades de capacitación y educación del personal	0,933	6,480	0,804	0,953	0,941
	Mejorar la base de conocimientos y habilidades de la empresa	0,929	6,395			
	Aprender conocimientos nuevos y relevantes para llevar a cabo las actividades comerciales de la firma	0,943	6,969			
	Analizar las actividades fallidas de la empresa	0,891	6,292			
	Comunicar las lecciones aprendidas de las experiencias pasadas de la empresa a toda la empresa	0,777	4,791			
Recursos económicos disponibles para marketing	Cantidad disponible para invertir	1,000	n.d	n.d	n.d	n.d

Constructos	Ítemes	Cargas	Valor-t	AVE	FC	α
Internacionalización digital	El índice de conversión (visitan y luego compran) de clientes extranjeros en línea es mayor que el índice de conversión de clientes de su mercado local	0,694	2,977	0,764	0,905	0,848
	Las ventas a clientes extranjeros en línea es mayor que las ventas a clientes de su mercado local	0,939	6,523			
	La tasa de recompra de clientes extranjeros en línea es mayor que la tasa de recompra de clientes de su mercado local	0,964	28,688			
Conocimiento del mercado internacional	La empresa tiene conocimientos necesarios para identificar y analizar mercados extranjeros	0,970	12,175	0,943	0,971	0,940
	La empresa tiene conocimientos suficientes para identificar oportunidades del mercado internacional	0,973	12,545			
	La empresa tiene conocimientos suficientes para identificar a potenciales clientes extranjeros	Eliminado				

La validez convergente fue analizada a través de la varianza extraída media (AVE), que proporciona la cantidad de varianza que un constructo obtiene de sus indicadores con relación a la cantidad de varianza debida al error de medida. La validez convergente se corroboró al observar que la cantidad de varianza extraída promedio superaba el 0,5. La validez discriminante de todos los constructos se confirmó, porque el AVE para cada constructo es mayor que sus correlaciones al cuadrado con cualquier otro constructo (este procedimiento no es aplicable para el constructo formativo) (Tabla 4). En la práctica, y para agilizar el procedimiento de cálculo, se realiza el procedimiento inverso, es decir, para determinar la validez discriminante de un constructo, se calcula la raíz cuadrada del AVE, que ha de ser mayor que las correlaciones que presenta con el resto de constructos. Tabla 4:

	1	2	3	4	5
1: Éxito del proceso de internacionalización	1,000				
2: Capacidad de aprendizaje y adaptación	-0,158	0,897			
3: Recursos económicos disponibles para marketing	-0,046	0,222	1,000		
4: Internacionalización digital	0,219	-0,072	-0,127	0,874	
5: Conocimiento del mercado internacional	0,138	0,482	0,322	-0,118	0,971

En el caso de las variables de naturaleza formativa, no es recomendable la depuración de las escalas ya que se pierde información cuando se elimina algún indicador. Sin embargo, para la variable latente formativa (orientación internacional del CEO) se han tenido que eliminar dos ítems debido a tener pesos no significativos y/o cargas menores a 0,5. Además, se cumple la condición necesaria de no presentar problemas de multicolinealidad. Para descartar este problema, se puede observar que los índices de condición o factor de inflación de varianza (FIV) son inferiores a 3,3 [55]. Tabla 5:

Ítems del constructo formativo	Pesos	Multicolinealidad (FIV)
La gerencia tiende a ver el mundo como el mercado de la empresa	-0,089	2,209
La internacionalización empresarial es la única forma de alcanzar los objetivos de crecimiento	0,715	1,655
La cultura organizacional prevaleciente, con un sistema de valores colectivos, conduce a la exploración activa de las oportunidades comerciales en el extranjero	0,085	1,495
La gerencia tiene experiencia en negocios internacionales	0,536	1,524
La gerencia comunica continuamente su misión de tener éxito en los mercados internacionales a los empleados de la empresa	Eliminados	
La gerencia invierte en recursos humanos y en otros recursos para lograr su objetivo en los mercados internacionales		

Descritas las variables y su medición, se procederá a determinar la influencia de las variables independientes en el constructo dependiente del modelo; para contrastar las cinco hipótesis planteadas (modelo de la Figura 1) se utilizó la técnica PLS (Hair et al., 2018) a través de la modelización mediante ecuaciones estructurales. Se observa la intensidad de los coeficientes path o pesos de regresión estandarizados y la varianza explicada (R²) de las variables endógenas o dependientes. En particular, el valor de R² es 0,289; lo que indica que el modelo presenta un adecuado poder predictivo (Falk y Miller, 1992). Por otra parte, se aplicó la técnica no paramétrica Bootstrapping de 1 cola (pues las hipótesis venían definidas con dirección y sentido) para valorar la precisión y estabilidad de las estimaciones obtenidas. Tabla 6:

	Coefficiente β (t-valor)
Capacidad de aprendizaje y adaptación -> Éxito del proceso de internacionalización (EPI) (H ₁)	-0,274 (2,040)
Orientación internacional del CEO -> (EPI) (H ₂)	0,460 (4,575)
Recursos económicos disponibles para marketing -> (EPI) (H ₃)	-0,144 (1,498)
Internacionalización digital -> (EPI) (H ₄)	0,265 (2,755)
Conocimiento del mercado internacional -> (EPI) (H ₅)	0,126 (1,263)

La hipótesis H₁ es significativa, pero de signo contrario al esperado (β : -0,274; $p < 0,05$). La hipótesis propuesta H₂ queda corroborada, afirmando que, la orientación internacional del CEO influye, de manera positiva, en el éxito del proceso de internacionalización (β : 0,460; $p < 0,05$). En contra de lo esperado, la hipótesis H₃ se rechaza al no influir significativamente en la variable dependiente (β : -0,144; $p > 0,05$). Sin embargo, la hipótesis H₄ se acepta, lo que confirma la relación positiva de la internacionalización digital con el éxito del proceso de internacionalización (β : 0,265; $p < 0,05$). En último lugar, la hipótesis H₅ debe ser descartada porque, aunque se puede apreciar una relación directa y positiva, esta influencia no es lo suficientemente significativa para que pueda ser aceptada (β : 0,126; $p > 0,05$).

Estos resultados sugieren que la variable que tiene el mayor efecto en el constructo éxito del proceso internacional es orientación internacional del CEO, seguida de la internacionalización digital.

5. CONCLUSIONES

El proceso de internacionalización de la empresa es un fenómeno común y complejo dentro de una sociedad globalizada, que se ha visto determinado por distintos factores a lo largo de la historia. En algunos casos, las empresas inician ese proceso en busca de apertura de nuevos mercados, en otros, buscan disminuir costes de producción y/o conseguir una estructura eficiente de producción y distribución. En concreto, el objetivo de esta investigación es el estudio de la influencia de cinco factores claves en el éxito del proceso de internacionalización como referencia para el desarrollo de pymes en el mercado internacional.

En primer lugar, se puede concluir que existe una relación positiva entre la orientación internacional del CEO y el éxito del proceso de internacionalización; lo que coincide con estudios previos como los de: [57], [58], Knight (2001) y [32] quienes señalan que factores asociados al liderazgo, como es poseer una orientación internacional, afectan al desempeño exportador de la empresa. Por tanto, los resultados permiten concluir que, el proceso de internacionalización es una actividad que requiere de esta orientación del CEO para poder afrontar con éxito los mercados internacionales.

En segundo lugar, una implementación y aplicación de procesos de internacionalización digital incide en el éxito de internacionalización de las empresas bodegueras; lo que se apoya con los siguientes trabajos de investigación: [59], [60] y [17] que demuestran la importancia y peso que recae sobre esta vía de comercialización digital para conseguir un aumento de las ventas en los mercados internacionales. Por consiguiente, se puede concluir que ambas variables son las más relevantes en el éxito del proceso de internacionalización.

En tercer lugar, no se ha encontrado soporte a la relación entre conocimiento del mercado internacional y éxito del proceso de internacionalización, lo cual puede ser debido a que el mero conocimiento del mercado no sea suficiente para tener éxito en la internacionalización y sea una condición necesaria, pero no suficiente, en la que habría que seguir indagando en futuros trabajos [25]. Y habría que tener en cuenta en el futuro, otros factores que parecen interactuar con el conocimiento del mercado, como son el entorno empresarial, determinado por la localización geográfica, tal y como apuntan [61].

En cuarto lugar, se aprecia, de acuerdo a los resultados, una influencia significativa pero negativa de la variable capacidad de aprendizaje y adaptación en el éxito del proceso de internacionalización. Por su parte, [62] considera que la empresa ha de conocer sus capacidades y ha de tener presente las que necesita estratégicamente, a largo plazo, en un proceso de internacionalización y, quizás, no sean necesarias las mismas capacidades para abordar con éxito otro mercado; es más, dichas capacidades podrían perjudicar a la empresa por estar aprendidas e interiorizadas, cuando no es requerido por un nuevo proceso de internacionalización, lo que supondría un prejuicio para la empresa exportadora. [63] profundizan en la capacidad de adaptación de las pymes, subrayando la influencia negativa en la capacidad de adaptación de la marca y de la diferenciación de producto, sobre la competitividad de la empresa exportadora; ya que al ser, en su mayoría, pymes, tendrán limitaciones en producción y costes.

En quinto lugar, la ausencia de influencia significativa de la variable recursos económicos disponibles para marketing sobre el éxito en el proceso de internacionalización, puede ser debida a que sea una condición necesaria, la disposición de estos recursos, para que la empresa se internacionalice, pero no suficiente para conseguir el éxito en el proceso mencionado [34]. Este autor incide en que la demanda efectiva en un mercado es condición necesaria para invertir en dicho mercado, pero no asegura la rentabilidad de la empresa en el mismo. Debe considerarse, no sólo el requerimiento de tener recursos libres, sino también, el cómo es el uso de dichos recursos y cómo son invertidos en distintas estrategias de marketing. En línea con lo anterior, tal y como apunta [64] los recursos de la compañía se utilizan en la estrategia de la empresa según su nivel de internacionalización, y quizá en la expansión en mercados exteriores de las pymes, el uso de los recursos de marketing no llega a

ser un determinante significativo en su proceso de internacionalización, si las propias estrategias de marketing no han contemplado objetivos de marketing internacional o no están bien articulados los recursos con las estrategias.

Se recomienda, por tanto, a las empresas con intención de internacionalizarse, consideren la orientación internacional del CEO como figura determinante en el proceso. Los resultados arrojan que el desempeño del CEO dentro de la empresa hacia mercados internacionales vendrá determinado por su orientación internacional y, esto, determinará el éxito fuera de nuestras fronteras; la importancia de la capacidad de tener esta orientación es clave para conseguir aumentar las ventas internacionalmente. Esta figura ha de conocer el idioma internacional de los negocios (inglés), dominar el territorio extranjero sin tener impedimento alguno de traspasar fronteras, dar a conocer su producto viendo el mundo como el mercado de la empresa, para, de esta manera, poder acercarse a sus posibles clientes potenciales. De la misma manera, a través de la internacionalización digital se favorece y amplían las posibilidades de éxito internacional, desarrollando vías que posibiliten comunicar las intenciones de la empresa y, dar visión a un producto, valorando perspectivas que se aproximen a los distintos mercados compradores, pudiendo llegar a consumidores de todo el mundo. Se puede concluir, que la mera posesión de recursos no es suficiente para conseguir el éxito internacional, sino que el uso y las interconexiones de los mismos son necesarios para que una empresa incursione exitosamente en los mercados extranjeros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Tabares, S., Anzo, E. y Estrada L. M. (2014). La cooperación internacional en la internacionalización de pequeñas y medianas empresas de Medellín: un estudio de caso comparado. *Estudios Gerenciales*, 30(132), 314-324.
- [2] Escandón-Bardosa, D. y Hurtado-Ayala, A. (2020). Effects of market orientation and learning orientation on organizational performance. *Global Business and Economics Review*, 22(3), 249-269.
- [3] Luo, Y. y Tung, R.L. (2007). International expansion of emerging market enterprises. A springboard perspective. *Journal International Business Studies*, 38, 481-498(2007). <https://doi.org/10.1057/palgrave.jibs.8400275>.
- [4] Iborra Juan, M., Dasi, A., Dolz, C. y Ferrer, C. (2014). *Fundamentos de dirección de empresas. Conceptos y habilidades directivas* (2da ed.). Madrid, Paraninfo.
- [5] Belso, J. A. (2003). Un análisis del proceso de internacionalización de las pequeñas y medianas empresas en la Comunidad Valenciana: modelo gradual versus acelerado. *Revista Valenciana de Economía y Hacienda*, 8, 191-209.

- [6] Fletcher, R. (2001). A holistic approach to internationalisation. *International Business Review*, 10, 25-49.
- [7] Horta, R. (2012). Determinantes internos y externos del resultado exportador a nivel de firma: análisis de empresas agroindustriales uruguayas. Uruguay: Publicaciones Instituto de Competitividad, Universidad Católica del Uruguay.
- [8] Meldona, M., Sudarmiatin, S., y Bidin, R. (2022). SMEs' Internationalization Strategy in Export Creative Industry. Case Study from Kendang Djembe Creators at Blitar, East Java, Indonesia. *International Journal of Educational Research and Social Sciences* (IJERSC), 3(2), 1067–1079. <https://doi.org/10.51601/ijersc.v3i2.363>.
- [9] Villarreal, O. (2005). Un modelo de dirección estratégica para la internacionalización de la empresa en un entorno global, *Simultaneidad Decisional y Multifocalidad Empresarial*, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.
- [10] Cardoso-Vargas (2018). ¿A dónde exportan las firmas, por qué eligen ese mercado, quiénes venden más y cuántas comercian? Un análisis con firmas manufactureras localizadas en México. El trimestre econ 85 (339). Versión On-line ISSN 2448-718X versión impresa ISSN 0041-3011. <https://doi.org/10.20430/ete.v85i339.399>.
- [11] Li, L., Li, D. y Dalgic, T. (2004). Internationalization process of small and medium-sized enterprises: Towards a hybrid model of experimental learning and planning. *Management International Review*, 44(1).
- [12] Johanson, J. y Vahlne, J. (1990). The mechanism of internationalization. *International Marketing Review*, 7(4), 11-24.
- [13] Chang, H. H., y Liu, Y. M. (2009). The impact of brand equity on brand preference and purchase intentions in the service industries. *The Service Industries Journal*, 29(12), 1687-1706.
- [14] Arora, N., Prashar, S., Tata, S. V., y Parsad, C. (2021). Measuring personality congruency effects on consumer brand intentions in celebrity-endorsed brands. *Journal of Consumer Marketing*, 38(3), 251-261.
- [15] Wenbin y Rahul (2022). A New Understanding of Marketing and Doing Good. Marketing's Power in the TMT and Corporate Social Responsibility.
- [16] Sierra, J. H. (2003). La propiedad y el control en las decisiones de internacionalización de las empresas. *Cuadernos de Administración*, 16(26), 99-128. [fecha de Consulta 1 de Noviembre de 2023]. ISSN: 0120-3592. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20502606>.

- [17] Neubert, M. (2022). A Systematic Literature Review about the Speed of Internationalization. *International Journal of Business and Management*, 17 (2). <https://doi.org/10.5539/ijbm.v17n2p80>.
- [18] Roostika, R. (2019). SMEs Craft Industry Application of Resource Based View. Capabilities Role of SMEs Performance. *Review of Integrative Business and Economics Research*, 8, Supplementary Issue 4.
- [19] Rovelli, P., Benedetti, C., Fronzetti Colladon, A., y de Massis, A. (2022). As long as you talk about me. The importance of family firm brands and the contingent role of family-firm identity. *Journal of Business Research*, 139, 692–700. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.09.075>.
- [20] Kolagar, M. y Reim, W. (2021): Digital servitization strategies for SME internationalization: the interplay between digital service maturity and ecosystem involvement. *Journal of Service Management*, 33(1),143-162. <https://doi.org/10.1108/JOSM-11-2020-0428>.
- [21] Garcia-Morales, V.J., Llorens-Montes, F.J., Verdu-Jover, A.J. (2006). Organisational learning categories. Their influence on organizational performance. *International Journal of Innovation and Learning*, 3, 518–536.
- [22] O’Cass, A. y Sok, P. (2012). Examining the role of within and between functional area resource-capability complementarity in achieving customer and product based performances outcomes. *Journal of Strategic Marketing* 20, 345-363
- [23] Machado, M.A., Nique, W.M. y Fehse, F.B. (2016). International orientation and export commitment in fast small and medium size firms internationalization. Scales validation and implications for the Brazilian case. *Revista de Administração (São Paulo)*, 51(3), 255-265.
- [24] Dib, L. A., Rocha, A., y Silva, J.F. (2010). The internationalization process of Brazilian software firms and the born global phenomenon. Examining firm, network and entrepreneur variables. *Journal of International Entrepreneurship*, 8(3), 233–253.
- [25] Knight, G.A. y Cavusgil, S.T. (2005). Ataxonomy of born global firms. *Management International Review*, 45, 15–35.
- [26] Rialp, A., Rialp, J., y Knight, G. (2005). The phenomenon of international new ventures, global start-ups, and born globals. What do we know after a decade (1993–2002) of scientific enquiry? *International Business Review*,14(2), 147.
- [27] Fernández-Alles, M., Hernández-Roque, D. y Villanueva-Flores, M. (2022). The impact of human, social, and psychological capital on academic spin-off internationalization. *Journal of International Entrepreneurship* 20, 433–473. <https://doi.org/10.1007/s10843-022-00311-4>.

- [28] Villanueva-Flores, M., Hernández-Roque, D., Fernández-Alles, M. y Díaz-Fernández, M. (2023). The international orientation of academic entrepreneurship. the role of relational, human and psychological capital. *Journal of Intellectual Capital*, 24 (3), 683-709. <https://doi.org/10.1108/JIC-06-2021-0157>.
- [29] Johanson, J., y Vahlne, J. E. (2009). The Uppsala internationalization process model revisited. From liability of foreignness to liability of outsidership. *Journal of International Business Studies*, 40.
- [30] Carpenter, M. A., Sanders, W. G. y Gregersen, H. B. (2001). Bundling human capital with organizational context. The impact of international assignment experience on multinational firm performance and CEO pay. *Academy of Management Journal*, 44(3), 493–511.
- [31] Knight, G.A. y Cavusgil, S.T. (2004). Innovation, organizational capabilities, and the born-global firm. *Journal of International Business Studies*, 35(2), 124-141.
- [32] Kuivalainen, O., Sundqvist, S., Puumalainen, K. y Cadogan, J. W. (2004): The effect of environmental turbulence and leader characteristics on international performance: Are knowledge-based firms different? *Canadian Journal of Administrative Sciences*, 21(1), 35-50.
- [33] Cabrera, K. y Olivares, A. (2012). Family firms' resources and the timing of the export development proces *Atlantic Review of Economics*, 1(1), 25 págs.
- [34] Duarte, Y. y Bressan, A. (2016). A resource-based view of the firm and micro and small italian wine firms. *International Journal of Wine Business Research*, 28. <http://doi.org/10.1108/IJWBR-12-2015-0051>.
- [35] Gupta, S., Malhotra, N.K., Czinkota, M. y Foroundi, P. (2016). Marketing innovation. A consequence of competitiveness. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.02.042>.
- [36] Palacio, S. D. C., Estrada, L. J. V., y Gómez, B. E. M. (2017). Análisis evaluativo a los procesos de marketing en la internacionalización de las pequeñas y medianas empresas de alimentos de Medellín. *Estudios Gerenciales*, 33(144), 271-280.
- [37] Schu, M., Morschett, D., y Swoboda, B. (2016). Internationalization speed of online retailers. A resource-based perspective on the influence factors. *Management International Review*, 56(5), 733–757.
- [38] Romero-Borre, J., Hernández-Fernández, L., Portillo-Medina, R. y Hernández-Chacín, A. (2022). Internacionalización de la empresa familiar: un modelo prospectivo. *Información Tecnológica*, 33(1), 131-144. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642022000100131>.
- [39] Dagnino, G. B., y Resciniti, R. (2021). Introduction to the Special Issue: “The age of digital internationalization—Strategic capabilities, cultural

- distance and customer value”. *Journal of Management and Governance*, 25, 967-981.
- [40] Kannan, P.K. y Li, A. (2017). Digital marketing. A framework, review and research agenda. *International Journal of Research in Marketing*, 34(1), 22-45.
- [41] Ailawadi, K.L. y Farris, P.W. (2017). Managing multi-and omni-channel distribution: metrics and research directions. *Journal of Retailing*, 93 (1), 120-135.
- [42] Goldman, S. y Van Herk, H. (2020). Strategic orientations and digital marketing tactics in cross-border e-commerce. Comparing developed and emerging markets. *International Small Business Journal*, 39(4) 350–371. <https://doi.org/10.1177/0266242620962658>.
- [43] Calderón, H., Fayos, T. y Frasset, M. (2019). The transition of small Spanish wineries toward multi-channel distribution. The role of ambidexterity. *International Journal of Wine Business Research*, 32 (1), 2020, 139-158. <https://doi.org/10.1108/IJWBR-12-2018-0071>.
- [44] Tostoy, D., Rovira, E. y Vu, U. (2021). The indirect effect of online marketing capabilities on the international performance of e-commerce. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2021.101946>.
- [45] Hultman, M., Iveson, A. y Oghazi, P. (2021). The information paradox in internationalization. can ignorance ever be bliss? Evidence from emerging market sme managers. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.03.043>.
- [46] Forsgren, M. (2002). The concept of learning in the Uppsala internationalization process model: a critical review. *International Business Review*, 11(3), 257–277.
- [47] Stocker, F., Abib, G., Santos Jhunior, R. D. O., y Irigaray, H. A. R. (2021). Brazilian craft breweries and internationalization in the born global perspective. *Revista de Gestão*, 28(2), 163-178.
- [48] Melén, S., Nordman, E., Toldstoy, D. y Özbek, N (2019). It’s a new game out there. e-commerce in internationalising retail SMEs. *International marketing review*. <https://doi.org/10.1108/IMR-03-2018-0107>.
- [49] Morgan, N. A., Zou, S., Vorhies, D. W., y Katsikeas, C. S. (2003). Experiential and informational knowledge, architectural marketing capabilities, and the adaptive performance of export ventures. A cross-national study. *Decision Sciences*, 34(2), 287–321.
- [50] Consejo Regulador Rioja Wine Academy (2023). *Rioja ratifica su liderazgo con reconocimientos sobresalientes en los certámenes internacionales*. Recuperado el 20 de febrero de 2023, de: <https://riojawine.com/noticias/rioja-refuerzo-su-posicion-de-mercado-en-espana-y-crecio-en-paises-clave-en-2022/>.

- [51] Liu, F., Murphy, J., Li, J. y Liu X (2006). English and Chinese? The role of Consumer Ethnocentrism and Country of Origin in Chinese Attitudes towards Story Signs. *Australian Marketing Journal*, 14 (2), 5-16.
- [52] Kabore, S.E., Sane, S. y Abo, P. (2021), Transformational leadership and success of international development projects (ID projects). Moderating role of the project team size. *Leadership & Organization Development Journal*, 42(4), 517-530. <https://doi.org/10.1108/LODJ-06-2020-0236>.
- [53] Sok, P. O' Cass A. y Sok, K.M. (2013). Achieving superior SME performance. Overarching role of marketing, innovation, and learning capabilities. *Australasian Marketing Journal*, 21, 161-167. <http://doi.org/10.1016/j.ausmj.2013.04.001>.
- [54] Jarvis, C. B., Mackenzie, S. B., y Podsakoff, P. M. (2003). A critical review of construct indicators and measurement model misspecification in marketing and consumer research. *Journal of Consumer Research*, 30(2), 199–218.
- [55] Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C., Sarstedt, M., Danks, N., y Ray, S. (2021). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R. A workbook. Springer.
- [56] Dijkstra, T. K. y Henseler, J. (2015). Consistent and asymptotically normal PLS estimators for linear structural equations. *Computational statistics & data analysis*, 81, 10-23.
- [57] Baker, T., Gedajlovic, E. y Lubatkin, M. (2005). A framework for comparing entrepreneurship processes across nations. *Journal International Business*, 36, 492–504.
- [58] Dimitratos, P. y Jones, M. (2005). Future directions for international entrepreneurship research. *International Business Review*, 14, 119–128.
- [59] Chen, Y., Visnjic, I., Parida, V. y Zhang, Z. (2021). On the road to digital servitization – the (dis) continuous interplay between business model and digital technology. *International Journal of Operations and Production Management*, Emerald Publishing, 41 (5), 694-722.
- [60] Sjödin, D., Parida, V., Jovanovic, M. y Visnjic, I. (2020). Value creation and value capture alignment in business model innovation: a process view on outcome-based business models. *Journal of Product Innovation Management*, John Wiley & Sons, 37(2), 158-183.
- [61] Escandón-Bardosa, D. y Hurtado-Ayala, A. (2014). Factores que influyen en el desarrollo exportador de las pymes en Colombia. *Estudios Gerenciales*, 30 (131), 172-183. <https://dx.doi.org/10.1016/j.estger.2014.04.006>.
- [62] Grant, R. (1991). The resource-based theory of competitive advantage. Implications for strategy. California. *Management Review*, 33(3), 114-135.

-
- [63] Alegre Pilco, E. A. y Dávila Ramírez, J. L. (2021). Principales componentes que limitan la competitividad de las MiPymes exportadoras de la región Lima de la partida 6209.20. 0000 en su etapa de internacionalización hacia el mercado de Estados Unidos, 2016–2020.
- [64] Rodríguez, M. Z. F., y Sánchez, M. J. N. (2005). La estrategia de internacionalización de la pequeña empresa familiar. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, (22), 107-125.

EL OFICIO MÁS ANTIGUO DEL MUNDO Y SU LIMBO NORMATIVO

SARAY CAPA SANTAMARÍA.

Doctorado en Ciencias Jurídicas, Económicas y Sociales.

Resumen

Desde tiempo inmemoriales, se ha considerado que la prostitución es el oficio más antiguo del mundo, situando en un rol muy peyorativo y denostado, a todas aquellas mujeres que se han dedicado y se dedican a dicha actividad. Esta nueva forma de esclavitud del siglo XXI, responde a una demanda antediluviana: el deseo de quien quiere acceder carnalmente a un cuerpo pagando un precio simbólico, irrisorio y ridículo, como si se tratara de una transacción mercantilista.

El silencio de nuestro país ante el estado de la cuestión, avala la postura de entender este fenómeno como un mal necesario que siempre ha existido, y que, por ende, siempre existirá. En España seguimos manteniendo una postura alegal, que, a pesar de los tímidos pasos que se han dado ocasionalmente, nos mantiene en una zona gris mantenida por la inacción y la contemplación del sufrimiento de las personas que se dedican a una actividad que mueve millones de euros al día en nuestro país.

El objetivo de esta humilde aportación es ofrecer una visión general de una problemática sobre la que históricamente, ha reinado un silencio absoluto, y sobre la que conviene reflexionar, ya que nuestra postura sobre dicha cuestión, nos podría definir como una sociedad, en la cual, existiendo dinero de por medio, parece que todo está permitido.

Palabras clave: prostitución; trata de personas; abolicionismo; capitalismo neoliberal; contrato sexual.

1. INTRODUCCIÓN

La prostitución, forma parte de la denominada industria del sexo, que, en nuestro país, genera cinco millones de euros al día, según la escasa información que existe sobre la cuestión, ya que apenas se cuentan con datos fidedignos y actuales para poder analizar con detalle, la magnitud del problema objeto de esta aportación. Esta industria de carácter alegal, se ve incrementada cada año, promovida y amparada por nuevas y modernas prácticas, que facilitan el acceso a determinados servicios o contenidos.

Dentro de nuestro ordenamiento jurídico, son escasos los preceptos que hacen alusión de forma aséptica y escueta, a esta controvertida problemática, pero que al menos nos pueden servir para contextualizar, el estado de la cuestión dentro del ordenamiento jurídico español.

En primer lugar, hay que mencionar al artículo 177 bis 1 del Código Penal el cual tipifica el delito de trata de seres humanos, que irrumpió en nuestro ordenamiento con ese *nomen iuris* en el año 2010; en dicho artículo el bien jurídico que se protege alcanza verdadera relevancia: hablamos de la dignidad y la libertad. Este delito, castiga la utilización de las personas con fines lucrativos y mercantilistas, contra su voluntad y anulándolas como seres humanos, entrando también en connivencia con otros delitos, como la vulneración de la libertad sexual, delitos contra los derechos de los trabajadores, coacciones o integridad física, entre otros. La trata de seres humanos constituye en nuestros días un negocio que ofrece ingentes beneficios en el continente europeo, y en el resto del mundo.

En segundo lugar, debemos mencionar los artículos 187 y 188 del Código Penal, los cuales vienen a decir que deben ser castigados, por un lado, aquellos que promuevan la prostitución de menores de edad, y por otro, aquellos otros que, empleando violencia, intimidación o engaño, o abusando de una situación de superioridad o de necesidad o vulnerabilidad de la víctima, obliguen a una persona mayor de edad a ejercer la prostitución.

Nuestro escaso panorama normativo, parece dejar aún más claro el oscurantismo perpetuo que ha rodeado al fenómeno prostitucional, sin llegar a dilucidar una postura clara, sobre un tipo de relación, que, aunque se intente incardinar dentro del tipo contractual, es más bien una relación de explotación sexual y dominio del hombre sobre la mujer, el cual ejerce el control sobre la misma, mediante un pago. Con la prostitución, las mujeres quedan reducidas únicamente a su sexualidad, y a una inferioridad que históricamente ha perpetuado una devaluación personal difícil de borrar.

2. LA PROSTITUCIÓN Y SU PERPETUA PERMANENCIA EN LA ZONA GRIS

Con esta aportación quiero plantear una cuestión que constituye el eje central y el objeto principal de mi investigación. Quizás, con la resolución de dicha cuestión, podamos arrojar luz a una problemática que históricamente, se ha encontrado entre tinieblas:

¿Cómo es posible que el tal llamado oficio más antiguo del mundo que en nuestro país genera más de cinco millones de euros al día viva en un limbo normativo en España y no exista ninguna regulación al respecto?

Parece increíble que esta nueva forma de esclavitud del siglo XXI, sea alegal en nuestro país, aunque siendo sinceros, es un fenómeno que no figura como una preocupación de la sociedad en las encuestas del CIS, y aunque parece que, como sociedad consideramos inaceptable pagar un precio a una

mujer por mantener relaciones sexuales, no existe el mismo acuerdo en relación a si el consumo de prostitución debería ser castigado por la ley ya que la percepción social de los españoles respecto a la prostitución es que es un mal inevitable y prácticamente imborrable de la sociedad, y por tanto debería ser legalizada.

Hay que partir de la base de que la prostitución no es una actividad que se ejerza con plena libertad, ya que es una actividad desigualitaria que responde a un patrón de dominación en la cual la parte dominante ejerce un control sobre la parte en situación de necesidad o vulnerabilidad, y que de cara al futuro de la persona prostituida le acarrearán unos perjuicios y lesiones físicas y psíquicas. Es un fenómeno en el que el 95% de personas prostituidas son mujeres. En 2021, por ejemplo 1.056 fueron las personas liberadas víctimas de redes de trata por delitos de explotación sexual.¹

Muchos han sido los siglos a lo largo de los cuales se han discutido y debatido en España los distintos enfoques jurídicos existentes, pero si tenemos que hablar del momento en el que este debate se inició, arrancaríamos en el siglo XIII, momento en el cual, la prostitución se encontraba admitida, consentida, y reglamentada tanto a nivel político como religioso, y tomaba como punto de partida de esa permisión, el “mito del desahogo”, por supuesto enfocado a que esa legitimación de la prostitución se debía a la necesidad de desahogo del género masculino, que constantemente veía reprimido su instinto incontrolable.

Históricamente, alrededor del mundo prostitucional han existido y surgido, posturas muy diversas que han suscitado debates muy variados en cuanto a si la prostitución debe ser regulada como cualquier oficio y como un trabajo sexual, o si, por el contrario, dicha actividad debe ser prohibida, penalizada y eliminada de nuestro sistema. En una sociedad globalizada, en la que la prostitución está al alcance de la mano de cualquiera de desee acceder a este tipo de servicios, conviene realizar un análisis pormenorizado de las distintas posturas y tratamientos tanto a nivel nacional como internacional, intentando de esta forma dilucidar un modelo que arroje luz en un mundo tan oscuro, ya que no podemos olvidar, que, dada la magnitud de este problema global, la respuesta debe ser también conjunta.

Dentro de nuestro ordenamiento jurídico, y como hemos comentado, pocos son los preceptos del Código Penal en los que podemos contemplar un análisis muy aséptico de nuestras leyes a esta controvertida problemática, pero lo que siempre han estado claras, son las cuatro perspectivas que intentan incardinar la prostitución dentro de un modelo válido:

- Prohibicionistas: partimos de un modelo en el que se contempla un castigo generalizado tanto para las mujeres que ejercen la prostitución, como para los clientes prostituidores y proxenetas, situando en

¹ Véase al respecto Capa, S. (2023). La prostitución en España y su limbo normativo: ¿Estado proxeneta o abolicionismo utópico? Dos mil tres mil, 25, pp. 1-35. <https://doi.org/10.35707/dostresmil/25379>

el mismo nivel a las mujeres explotadas y a los explotadores, obviando el hecho de que las mujeres prostituidas son víctimas. El prohibicionismo pretende la erradicación total de la prostitución ya que lo considera algo denigrante que vulnera los derechos humanos de cualquier persona.

- **Reglamentaristas:** se considera que la prostitución es un mal necesario socialmente, imposible de erradicar y que ha existido y existirá siempre, pero que debe ser controlado por el Estado a nivel sanitario y policial, esta actividad podrá ejercerse dentro de los lugares demarcados para ello porque, en resumen, la prostitución es necesaria. Como consecuencia y para poder coexistir con la sociedad reglada, habrá que establecer una serie de normas para que dicha actividad sea controlada, así como puedan atajarse los nocivos problemas que deriven de la misma.
- **Modelo legalizador:** entiende que la prostitución es una actividad elegida libremente por quien la ejerce, que constituye una forma más de trabajo, y como tal debe ser tratada. Desde este enfoque se castigaría la prostitución forzada y se permitiría la prostitución voluntaria mejorando la situación sanitaria y las condiciones laborales. La cuestión que se plantea aquí es cómo distinguir entre una víctima de trata de personas y una prostituta que ejerce la actividad de forma voluntaria.
- **Abolicionistas:** considera que las prostitutas son víctimas de la sociedad que las denigra y esclaviza y que constituye una forma más de violencia ejercida sobre los cuerpos de mujeres y niñas mayoritariamente, y por tanto, las víctimas tienen que contar con la protección y ayudas necesarias para salir de ese rol.²

Son muchas las discusiones sobre los distintos modelos jurídicos aplicables a la cuestión, pero la realidad es que siguen siendo bastante similares a los que se aplicaban hace más de un siglo, cuando, sin embargo, los cambios sociales y culturales han sido lo suficientemente importantes como para haber propiciado cambios legales más profundos. Desde hace décadas permanece ese dualismo entre, bien optar por un sistema que legalice la prostitución otorgándole legitimidad como un trabajo u ocupación más, o, por otro lado, continuar con una perspectiva abolicionista, tal y como existe en muchos países. Este último enfoque, a pesar de que fue definido hace un siglo, ha sufrido nuevas transformaciones como la introducida por el conocido modelo sueco, que concibe directamente la prostitución como una forma de violencia y de explotación, sufrida mayoritariamente por el género femenino, que tiene que ser perseguida estatalmente para conseguir erradicarla, para lo cual se acude a

² Véase respecto a los cuatro modelos comentados Capa, S. (2023). La prostitución en España y su limbo normativo: ¿Estado proxeneta o abolicionismo utópico? *Dos mil tres mil*, 25, pp. 1-35. <https://doi.org/10.35707/dostresmil/25379>

diversas estrategias como la penalización de aquellos que pagan por mantener relaciones sexuales, ayuda en la reinserción laboral para las mujeres prostituidas, etc.

Lo cierto es que, en la última década, los políticos han decidido por barrer esta realidad, debajo de la alfombra, poniendo más energía en invisibilizar el sexo de pago que afea las calles, que en optar por regular o prohibir. Las mujeres que se dedican a la prostitución viven en una situación constante de alegalidad, de incertidumbre y de inseguridad, siendo la regulación con la que cuentan meras ordenanzas municipales de convivencia que solo se preocupan por sancionar a los clientes y a las meretrices que trabajan en la calle. Como es lógico, aquellos sectores en lucha continua en defensa de las prostitutas manifiestan que sancionar de forma económica tanto a los consumidores de la prostitución como a las trabajadoras, no es ni de lejos un impedimento para que esta actividad se siga realizando, pues estas multas solo contribuyen a ocultar la prostitución, fuera de los ojos de los viandantes, y recluirla en burdeles y pisos clandestinos. ¿Acaso las multas servirían para, por ejemplo, detectar víctimas de la trata? El problema subyacente sigue siendo el mismo, no hay un hilo conductor que apueste por abolir o regular esta práctica.

Es necesario hacer alusión a que en España, cuando hablamos de proxenetismo, sí que estamos ante un delito tipificado en el Código Penal, pero por lo demás la prostitución existe en un limbo alegal; fue en el año 2008 cuando el Congreso de los Diputados rechazó la posibilidad de regular o prohibir, escudándose en el hecho de que era tremendamente complicado realizar una clara distinción entre el tráfico de personas y la prostitución, considerando ambos fenómenos hechos totalmente vinculados que no pueden separarse. Por este motivo, se incidió en trabajar en medidas para luchar contra la trata, persiguiendo de forma más incisiva a explotadores y mafias y se creó el Plan de Lucha contra la Trata, para intentar dar apoyo a aquellas mujeres víctimas de explotación por organizaciones criminales. Como es lógico, todo ayuda, pero sin embargo las chicas siguen mercantilizando sus cuerpos en las calles.

A nivel europeo, las perspectivas son muy diversas, ya que, en diversos países, como Suecia, Noruega o Finlandia, esta actividad se encuentra prohibida, aunque se penaliza al cliente con sanciones que pueden ser, desde una sanción pecuniaria, o incluso una ilusoria pena de prisión que nunca llega a materializarse. En el caso de Suecia, este modelo abolicionista, apoyado por los ciudadanos, se inició en el año 1999, y, efectivamente, ha logrado disminuir las cifras referentes al fenómeno de la prostitución.

También existe el caso de países del Este, que consideran la prostitución un delito más, y castigan a las prostitutas; llamativo es el caso de Hungría, que pena más duramente a las prostitutas que a los clientes, no sólo castigándolas con penas económicas, sino también con cárcel si trabajan en zonas protegidas, en detrimento de los clientes a los cuales sólo se les impone una pequeña multa.

En el otro extremo tenemos países como por ejemplo Holanda o Alemania, en los cuales la prostitución es legal, las prostitutas son trabajadoras con una licencia municipal para poder ejercer su actividad; en el caso de Holanda, fue en el año 2000, cuando se reconoció la prostitución como un trabajo más, en el que las mujeres cuentan con prestaciones sociales por su trabajo, y los empresarios de los clubes cuentan con permisos y pagan sus impuestos; incluso, el Gobierno holandés junto con el sindicato de prostitutas Hilo Rojo, tienen una serie de planes muy concretos para otorgar protección a las mujeres, y en el caso de aquellas que llegarán al país pensando que iban a obtener un puesto de trabajo muy distinto, para finalmente terminar siendo incitadas a ejercer la prostitución de forma insegura, se les ofrece un periodo de reflexión de tres meses en los cuales pueden entrar a valorar, si quieren denunciar a sus explotadores, pudiendo acceder a prestaciones sanitarias e incluso un subsidio.

Como vemos son muchos y muy variados los escenarios relacionados con el tema, y respecto a la situación en nuestro país, hay muchas cuestiones, ¿es España un país con doble moral? ¿Se trata de un tema poco atractivo de tratar, y poco productivo a la hora de conseguir votos? ¿Es mejor como ya he dicho, barrer esta realidad bajo la alfombra y que simplemente no se vean prostitutas afeando las calles? Ni izquierda, ni derecha parecen atreverse a abordar una cuestión tan crucial, ya que nadie se plantea seriamente abordar la prostitución, pero la cuestión se encuentra diariamente sobre la mesa. Qué duda cabe, que no es una cuestión sencilla de tratar, pero como decía Gabriel García Márquez en su obra, “Memoria de mis putas tristes”, “también la moral es un asunto de tiempo.”

Aunque nuestro país da tímidos pasos hacia el abolicionismo, la prostitución es una realidad que suma y sigue con un silencio que ha contribuido a aceptar que es una institución integrada en la sociedad que además se ha convertido en un reclamo de ocio y turismo.

La prostitución constituye el tercer negocio ilegal más importante del planeta, por ese motivo se le llama profesión, como si fuese algo susceptible de aprenderse en un aula o un trabajo al que soñar o querer dedicarse. La prostitución no es una actividad digna, es una esclavitud ya que el cuerpo de una mujer no puede ser objeto de relación mercantilista ni moneda de cambio, desde luego no es un “dinero fácil” ya que las mujeres dedicadas a esta actividad, tienen que afrontar su ejercicio desde una profunda deshumanización y extinción del yo, dejan de ser consideradas personas, para pasar a desempeñar el rol de mercancía sometida a una compraventa encaminada a la satisfacción de los deseos más primarios. Nunca podrá existir esa igualdad entre géneros, ni una liberación plena de la mujer, si se sigue permitiendo, esa violencia sexual.

Debemos plantearnos de forma urgente, cómo ayudar con la Ley en la mano a que miles de mujeres y niñas, salgan de ese oscuro túnel ya que como sociedad contribuiremos a mejorar la calidad de nuestra democracia y de nuestro sistema político, otorgando por fin un respeto a las mujeres y materializando pasos reales hacia esa igualdad tan perseguida.

3. CONCLUSIONES

El título de esta aportación, corresponde a unos de los dichos más conocidos y quizás también desafortunados del castellano, el cual se refiere a la prostitución como un oficio, y nada menos que como el más antiguo del mundo. Referirnos a esta nueva forma de esclavitud como un oficio, contribuye a normalizar social e históricamente, una problemática que somete, veja y socaba el bienestar físico y mental de las mujeres que forman parte de ella.

Indudablemente, no es fácil avanzar en una cuestión sin, en primer lugar, desprogramar la visión social del dinero fácil y de la voluntariedad de quien realiza dichas prácticas, ya que no puede existir voluntariedad en una relación mercantilista en la que una de las partes, se aprovecha de la necesidad de la otra para acceder a ese “bien” objeto de mercadeo, el cuerpo femenino.

En segundo lugar, cabe plantearse la cuestión, de si puede entrar a valorarse la legalización de una actividad que vulnera los derechos fundamentales de las personas, dentro de una sociedad, que parece cada vez más concienciada de la importancia de la protección de los derechos humanos. La respuesta parece obvia, y es que, si se quiere ser fiel a los principios que rigen nuestra sociedad, parece claro que la única alternativa posible es la abolición de la prostitución como punto de partida de esa reeducación social.

En una actividad que implica la más profunda deshumanización del yo, que implica dejar de ser personas para pasar a ser meras mercancías destinadas a satisfacer los deseos más primarios del ser humano, ¿cabe hablar de voluntariedad en el ejercicio de la misma? ¿Podemos obviar como sociedad que la prostitución encarna una de las formas de violencia más enraizadas del todo incompatible con la igualdad entre hombres y mujeres? Nunca podrá ser conseguida ni alcanzada la igualdad entre sexos, en una sociedad que sigue avalando con el silencio, una institución fundada por un patriarcado histórico que actúa mediante la coacción física, psicológica y socioeconómica.

La esclavitud, fue considerada como algo inadmisibile en el siglo XIX en Estados Unidos, por considerar que devaluaba completamente al ser humano, por lo que debemos dilucidar, si ya en el siglo XXI cabe amparar una actividad que no es más que una nueva forma de esclavitud sexual, ya que nuestra decisión al respecto, nos definirá como sociedad, otorgando o negando un respeto y posición a las mujeres, dentro de sociedades que se erigen como abanderadas en la consecución de la igualdad entre hombres y mujeres.

Abolir la prostitución es el paso lógico a seguir por nuestra sociedad, que debe desarrollar los mecanismos suficientes para materializar vías que permitan reconducir y reorientar las vidas de aquellas personas que salgan de esa oscura realidad, esto será sin duda, un punto de inflexión determinante. El título de esta aportación habla del oficio más antiguo del mundo, pero quizás, más antiguo sea aún, seguir mirando hacia otro lado.

REFERENCIAS

- Bales, K. (2000). *La nueva esclavitud en la economía global. Siglo XXI de España Editores, S.A.*
- Capa, S. (2023). La prostitución en España y su limbo normativo: ¿Estado proxeneta o abolicionismo utópico? *Dos mil tres mil*, 25, pp. 1-35. <https://doi.org/10.35707/dostresmil/25379>
- Cobo, R. (2015). El cuerpo de las mujeres y la sobrecarga de sexualidad. *Universidad Complutense de Madrid. Investigaciones feministas*, 6, 7-19. https://doi.org/10.5209/rev_INFE.2015.v6.51376
- Cobo, R. (2017). *La prostitución en el corazón del capitalismo*. Editorial Los Libros de La Catarata.
- Daich, D. (2012). ¿Abolicionismo o reglamentarismo? Aportes de la antropología feminista para el debate local sobre la prostitución. *Revista Runa*, 1, 71-84.
- Maqueda, M. L. (2009). *Prostitución, feminismos y Derecho Penal*. Editorial Comares.
- Martín Plaza, A. (26 de mayo de 2022). La prostitución en España: cuántos hombres pagan por sexo y qué zonas concentran una oferta cada vez más digital. RTVE. <https://www.rtve.es/noticias/20220526/radiografia-prostitucion-espana/2351461.shtml>
- Pateman, C. (1988). *El contrato sexual*. Ménades Editorial.
- Rábade, R. (24 de noviembre de 2021). El PSOE propone una ordenanza contra la prostitución y la trata de personas en Salamanca. *El Español*. https://www.elespanol.com/castilla-y-leon/region/salamanca/20211124/psoe-propone-ordenanza-prostitucion-trata-personas-salamanca/629687669_0.html
- Szil, P. (2007). *Los hombres la pornografía y la prostitución*. Ponencia presentada en el Congreso de los Diputados de España.

TERCERA SESIÓN

AZUCENA PADRONES HORTIGÜELA

Efectos de una intervención de mindfulness implementada a través de una app móvil sobre la calidad de vida y el impacto de la fibromialgia en los pacientes diagnosticados de Castilla y León. Un estudio cuasi-experimental.

SOFÍA ÁLVAREZ ORTEGA

Análisis e intervención desde el campo de la Enfermería para la mejora de la actividad laboral y calidad de vida en los trabajadores de empresas privadas en Burgos.

VÍCTOR GUTIÉRREZ GONZÁLEZ

Characterization of white wine pomace content and its bioactivity by hptlc.

LORENA CASADO MARTÍN

Estudio epidemiológico del virus SARS-COV-2 a partir de muestras de aguas residuales de la ciudad de Burgos.

PAULA ANTÓN MARAÑA

Planificación de horarios para personal sanitario con estrategias eficientes.

EFFECTOS DE UNA INTERVENCIÓN DE MINDFULNESS IMPLEMENTADA A TRAVÉS DE UNA APP MÓVIL SOBRE LA CALIDAD DE VIDA Y EL IMPACTO DE LA FIBROMIALGIA EN LOS PACIENTES DIAGNOSTICADOS DE CASTILLA Y LEÓN. UN ESTUDIO CUASI-EXPERIMENTAL

AZUCENA PADRONES HORTIGÜELA

Doctoranda de Ciencias de la Salud. Universidad de Burgos

Resumen

La Fibromialgia (FM) es una enfermedad real que constituye un verdadero problema de salud pública. Para mejorar la calidad de vida (CV) de los pacientes, va a ser necesario un abordaje multidisciplinar coordinado de los distintos especialistas que se ocupan de las personas diagnosticadas de FM, de tal manera que se garantice un tratamiento global integrado.

El objetivo general de este estudio será el de comprobar los factores que más van a incidir en la CV de las personas con FM, así como analizar los efectos sobre dicha CV de una intervención de Mindfulness (MF) realizada a través de una aplicación móvil (App móvil).

La metodología empleada para llevar a cabo el trabajo será cuasi experimental con la medición pretest -post- test- seguimiento, en el GE y el GC, tanto transversal como longitudinal.

El interés y la originalidad de este trabajo versa en poder hacer llegar la práctica de MF a un mayor número de pacientes de FM a través de las nuevas tecnologías de salud (apps móviles), para proporcionar una alternativa terapéutica que pueda facilitar la adherencia de los pacientes a este tipo de tratamiento.

Respecto a la originalidad de la aportación científica, comentar que hasta ahora únicamente se ha documentado a través de la bibliografía, los efectos beneficiosos de los programas de MF, pero realizados con registros en formato papel o de forma presencial. Con este proyecto, se pretende demostrar que la práctica continuada de MF mejora el impacto de la FM a través del uso de una app móvil, así como el hecho de que las apps móviles de salud constituyen un elemento fundamental en la adherencia a la práctica del MF.

El campo de aplicación sería la intervención terapéutica en pacientes con FM, de manera que puedan formar parte de los protocolos de tratamiento desde los servicios sanitarios, gracias a un probable menor coste y facilidad de implementación respecto a los programas presenciales.

Palabras clave: fibromialgia, mindfulness, calidad de vida, impacto.

1. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA OBJETO DE ESTUDIO

La FM, tal como se define actualmente en la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE 11), es una condición de salud crónica, caracterizada por dolor crónico generalizado, fatiga y problemas para dormir (conciliar y mantener el sueño) [1]. Es una afección de etiología desconocida que va a cursar con hiperalgesia, alodinia [2], alteraciones cognitivas y del estado de ánimo, y con comorbilidades prácticamente en todos los órganos y sistemas [3]. Las comorbilidades incluyen síntomas tales como el déficit de memoria, depresión, mareos, fatiga [4], cansancio desproporcionado a la actividad realizada, ansiedad y que convierten a la FM en una de las que tiene una peor CV percibida por el paciente [5]. Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS) va a definir la FM como “aquella alteración o interrupción de la estructura o función de una parte del cuerpo, con síntomas y signos característicos y cuya etiología, patogenia y pronóstico pueden ser reconocidos o no” [6]. Forma parte de los Síndromes de Sensibilización Central (SSC) junto con el Síndrome de Fatiga Crónica, la Sensibilidad Química Múltiple o la Hipersensibilidad Electromagnética, entre otros [7].

La prevalencia de la FM en España, según datos del estudio EPISER 2000 [8-10], se sitúa en un 2,37 % de la población general mayor de 20 años, con un claro predominio en las mujeres (4,2% frente al 0,2% en hombres) y un pico de prevalencia entre los 40 y los 49 años; un porcentaje similar al observado en diferentes países europeos [11].

La CV percibida por los pacientes que sufren FM es bastante mala, y los índices que miden ésta son peores que los de otros pacientes con enfermedades inflamatorias crónicas reumatológicas [12]. La CV es un concepto muy utilizado en las actividades relacionadas con la salud; pero pese a ello, no tiene una única definición aceptada y va a estar fuertemente influenciado por la percepción propia de cada persona [13]. De acuerdo a la definición de la OMS, la CV es la percepción del individuo sobre su posición en la vida dentro del contexto cultural y el sistema de valores en el que vive con respecto a sus metas, expectativas, normas y preocupaciones [14]. Este concepto engloba la salud física, la psicológica, el nivel de independencia, las relaciones sociales, las creencias personales y la relación con las características sobresalientes del entorno, y ha originado que exista la necesidad del desarrollo de herramientas que tienen como objetivo final valorar, de una forma objetiva, parámetros que se consideran comunes dentro de la definición de CV [15-17]. Por otra parte, la Calidad de Vida Relacionada con la Salud (CVRS) se refiere a la evaluación subjetiva de las influencias del estado de salud actual, los cuidados sanitarios, y la promoción de la salud sobre la capacidad del individuo para lograr y mantener un nivel global de funcionamiento que permita seguir aquellas actividades que son importantes para el individuo y que afectan a su estado general de

bienestar. Las dimensiones que son importantes para la medición de la CVRS son: el funcionamiento social, físico, y cognitivo; la movilidad y el cuidado personal; y el bienestar emocional [18].

Los pacientes con FM pueden presentar altos niveles de discapacidad y estado de ánimo negativo [19] que interfieren en las relaciones con familiares y amigos, la limitación del desempeño ocupacional y la no realización de actividades físicas [20]. Las consecuencias negativas sobre los diferentes aspectos de la vida es lo que llamamos impacto. El impacto va a poder ser a nivel físico, personal, laboral y psíquico [21]. Todo lo anteriormente descrito provoca un coste sustancial de atención médica y servicios sociales, lo que demuestra un deterioro de la CV de los individuos que sufren FM [22] y llega a afectar a todo el conjunto de la sociedad [23].

En muchas ocasiones, las personas afectadas de FM van a pasar por un peregrinaje (tiempo que pasa desde que la persona empieza a sentir los primeros síntomas hasta que se le diagnostica la enfermedad) de 6 años de media según encuesta EPIFAC [24]. Tener un diagnóstico lo antes posible va a influir tanto en el tratamiento como en el bienestar del paciente y sus familiares. El diagnóstico de la FM es eminentemente clínico; no existe test analítico ni de otra índole que pueda confirmarlo. Se basa en documentar una serie de síntomas subjetivos y excluir otras afecciones que podrían explicar estos síntomas. Por lo tanto, con conocimientos acerca de la FM, una anamnesis detallada, una exploración física completa y una analítica básica (hemograma, proteína C reactiva, velocidad de sedimentación globular, hormonas tiroideas y enzimas musculares) son suficientes para identificar a los enfermos. Los síntomas centrales son el dolor generalizado, la fatiga y las alteraciones del sueño, presentes durante al menos tres meses y que no puedan ser explicados por ninguna otra causa [3].

A pesar de no disponer de un tratamiento curativo suficientemente aceptado por la comunidad científica hay que comentar que hay diferentes estrategias que pueden reducir de manera significativa el sufrimiento de las personas afectadas. Entre estas diferentes estrategias la más aceptada es aquella que implica a varias disciplinas sanitarias: médicos de atención primaria, internistas, reumatólogos, personal de enfermería, fisioterapeutas y psicólogos, trabajando en conjunto con un mismo objetivo, que no es sino el de mejorar la calidad de vida de las personas afectadas. Al tratar a personas con FM, los profesionales deberían estar formados en el conocimiento de la enfermedad, mostrarse empáticos, abiertos y respetuosos, no demostrar actitudes negativas y practicar de forma conjunta la toma de decisiones para evitar el peregrinaje de médico en médico y el sentimiento de injusticia [3].

El tratamiento de la FM debe ser, como ya se ha indicado, multidisciplinar, y planificar las distintas modalidades de tratamiento de forma individual y personalizada. Los objetivos del mismo son aliviar el dolor, mantener o reestablecer el equilibrio emocional, mantener la funcionalidad, mejorar la calidad

del sueño, la capacidad física, la astenia y los problemas asociados. Los principios básicos son que el paciente adquiera conocimiento de su enfermedad, el tratamiento farmacológico, el tratamiento no farmacológico como técnicas de relajación, ejercicios aeróbico o físico moderados a diario y el tratamiento de soporte psicológico con terapia conductual [23].

Respecto al ejercicio aeróbico (caminar o nadar), éste va a ser la base de cualquier tratamiento físico de la FM [25]. Siempre ha de realizarse de manera moderada, progresiva y que sea tolerado por el paciente. La nutrición va a ser una de las principales aliadas para mejorar la sintomatología de la FM, tanto en cuanto al dolor, el cansancio o las alteraciones del aparato digestivo, muy frecuentes en las personas afectadas. Además, va a ser muy recomendable dejar de fumar, debido a los efectos secundarios que el tabaco produce en la percepción del dolor [7]. Y por supuesto, va a ser fundamental realizar una buena higiene del sueño con el fin de procurarse el mejor descanso.

El estudio de Plemman et al, 2019 [26] describe cómo la práctica de MF se asocia con un mejor bienestar psicológico, disminución del dolor y menor impacto en la CV de los pacientes con FM. El MF se ha descrito como una conciencia centrada en el presente, no elaborativa ni enjuiciadora, en la que cada pensamiento, sentimiento o sensación que surge en el campo atencional es reconocido y aceptado tal como es [27]. Permite a la persona modificar una tendencia de respuesta automática a ciertas experiencias emocionales, cuando observa, describe y participa de dicha experiencia emocional sin una implicación personal [28]. El MF se considera un entrenamiento mental que consigue una mayor conexión cuerpo-mente, así como cuerpo-mundo exterior [29].

A la práctica de MF se le han asociado efectos positivos en la neuroplasticidad del cerebro, en la autorregulación emocional y en la CV de las personas. De hecho, se han descubierto cambios positivos en los aspectos genéticos, epigenéticos, fisiológicos, neurobiológicos, psicológicos y espirituales en aquellos que practican meditación o MF, especialmente en lo vinculado con la reducción del estrés, la ansiedad y la recaída en depresión [30]. El programa Mindfulness de Reducción de Estrés (MBSR) se usa para mejorar la salud, la CV y el funcionamiento social [31].

Hace 10 años que se incorporó al mercado la primera app móvil y desde entonces su uso se ha ido extendiendo cada vez más a nivel mundial, hasta suponer en 2017 más del 80% del tiempo que se dedica al uso del móvil. El uso de apps móviles de salud podría acercar el tratamiento a quienes lo necesitan cuando más lo necesitan [32], ya que podrían ser utilizadas por muchas personas, en cualquier momento y lugar, y sin costo alguno para los usuarios [33]. Actualmente, la mayoría de los pacientes con FM, tienen acceso a internet y cuentan con redes sociales, y están ansiosos por mejorar el manejo de la enfermedad asumiendo un papel más activo en las decisiones relacionadas con su salud [34]. El uso de apps móviles de MF para mejorar la CV de los pacientes es un campo que sigue en estudio. Una app móvil de MF parece ser relevante en la

adherencia al entrenamiento, ya que podría actuar como elemento motivador y reforzador para la adherencia a la práctica en tiempo y frecuencia [28].

2. OBJETIVOS

El objetivo general de la tesis será comprobar los factores que más inciden en la CV de personas con FM, así como analizar los efectos sobre dicha CV de una intervención de MF realizada a través de app móvil.

Los objetivos específicos que se plantean son:

1. Realizar una revisión sistemática acerca de los conceptos de FM, CV, MF y apps móviles sobre MF para pacientes con FM.
2. Identificar qué factores inciden en mayor medida en la CV de las personas con FM.
3. Evaluar la eficacia de una intervención de MF a través de una app móvil en los pacientes diagnosticados de FM mediante el Five Facet Mindfulness Questionnaire (FFMQ).
4. Evaluar la eficacia de una intervención de MF a través de una app móvil para la mejora de la CV y el impacto de la enfermedad a corto plazo (2 meses).
5. Evaluar la eficacia de una intervención de MF a través de una app móvil para la mejora de la CV y el impacto de la enfermedad a medio plazo (6 meses)

3. METODOLOGÍA

3.1. Muestra

La muestra estará formada por los pacientes diagnosticados de FM de Castilla y León que quieran participar en el estudio. Teniendo en cuenta que la prevalencia en España se sitúa en el 2.37%, que la población del país en 2022 según la ONU asciende a 47.615.034 millones de personas, aplicando la fórmula del cálculo muestral de Rodríguez (1991) una muestra representativa que se aspira alcanzar es de $(n = 400 / 1 + (400/1.128.475))$, por lo que $n = 400 / 3,54 = 113$ personas.

El estudio se realizará en colaboración con las asociaciones de FM de Castilla y León (AMFAVI (Ávila), AFIBUR (Burgos), AMPAF (Miranda de Ebro), AFACIL (Palencia), AFIBROSAL (Salamanca), FIBROSEGOVIA (Segovia), FIBROAS (Soria), AFIZA (Zamora), AFIBE (Benavente), AFICROVALL (Valladolid)), así como los hospitales de referencia y las Gerencias de Atención Primaria de las áreas de salud de Castilla y León.

Los criterios de inclusión de los participantes serían los siguientes:

- Edades comprendidas entre los 18 y 75 años
- Diagnóstico de FM.
- Recibir asistencia sanitaria en la comunidad de Castilla y León.

- Poseer teléfono inteligente basado en el sistema operativo Android/Apple.
- Firma del consentimiento informado.

Criterios de exclusión:

- Que no entiendan el español.
- Que posean un deterioro cognitivo.

Las 113 personas con FM se distribuirán de la siguiente manera:

- La mitad formará parte del grupo que reciba la intervención, el Grupo Experimental (GE), quienes harán uso de la app móvil de MF durante 2 meses y tendrán que completar los instrumentos de evaluación pre y post intervención.
- La otra mitad constituirá el Grupo Control (GC), a los que únicamente se les administrarán los cuestionarios pre y post intervención.

3.2. Propuesta de diseño y/o procedimiento a seguir

Para analizar los efectos de una app móvil de MF (variable independiente) sobre el impacto de la FM y la CV (salud física, salud psicológica, nivel de independencia, relaciones sociales, creencias personales y relación con las características sobresalientes del entorno) en los pacientes diagnosticados (variables dependientes), se utilizará un diseño cuasi experimental con la medición pretest -post- test- seguimiento, con el GE y el GC.

Respecto a la recogida y análisis de datos, el diseño diferirá en función del estudio empírico: por un lado, será cuasi-experimental y transversal, por el otro lado, cuasi-experimental y longitudinal.

La tesis incluirá los siguientes capítulos:

a. Revisión sistemática:

- De la definición de FM, CV, MF y del empleo de app móviles de MF en el tratamiento de la FM.
- Se llevará a cabo una revisión y estudio de la literatura y las investigaciones, teniendo en consideración las apps móviles que se han empleado para tal fin y que hayan tenido unos resultados más satisfactorios.

b. Estudio transversal:

- Se evaluará cómo se relacionan diferentes variables con la CV de pacientes con FM: el tiempo de diagnóstico de la enfermedad, el sexo, la edad, etc.

c. Estudio longitudinal:

- Se evaluará la eficacia de una intervención de MF realizada a través una app móvil (Aire Fresco) para mejorar el impacto de la FM y la CV de los participantes.

Tras un periodo de 6 meses se aplicará la intervención con la APP de MF AIRE FRESCO también al GC.

El texto incluido en secciones o subsecciones deberá comenzar una línea después del título de la sección o subsección. No utilice tabuladores. Por favor no numere manualmente las secciones y subsecciones; la plantilla lo hace automáticamente.

3.3. Propuesta de instrumentos de medida

Como instrumentos de evaluación se utilizarán los siguientes:

1. El cuestionario Fibromyalgia Impact Questionnaire revisado (FIQ revisado). Es un cuestionario realizado específicamente para esta enfermedad y que ha sido adaptado y validado en nuestro país según Monterde S. et al, 2004 [35]. La puntuación total se sitúa entre 0-100, 0 representa la mejor capacidad funcional y CV y 100 la peor. Es fácil de aplicar y sensible a los cambios en la enfermedad. Se considera afectación vital leve con puntuaciones inferiores a 50%, moderada con puntuaciones entre 50 y 75% y severa con puntuaciones superiores a 75%. Este cuestionario determina el impacto que la sintomatología han tenido durante la última semana en la realización de tareas habituales, valorando aspectos diversos como la función física, estado de trabajo, el bienestar, el dolor, el sueño, la fatiga, la rigidez, la ansiedad y la depresión.

En cuanto a la evaluación, el FIQ revisado aporta un control fiable y válido de la evolución de la enfermedad, que permite ajustar los tratamientos en la medida que sea necesario. En el manejo del paciente, el abordaje multimodal aporta mejores resultados que medidas aisladas [36].

2. El cuestionario FFMQ, como indican Baer et al, 2006 [37] es un cuestionario de autorreporte que describe operacionalmente MF como un constructo multidimensional compuesto por las siguientes 5 facetas: observación; descripción; actuar con conciencia; no juicio hacia las experiencias, y no reactividad hacia las experiencias. Va a estar compuesto por 39 ítems agrupados en cinco dimensiones que se responden según una escala Likert de 5 alternativas desde 1 “nunca o rara vez” hasta 5 “muy a menudo o casi siempre verdad”. El FFMQ presenta adecuadas propiedades psicométricas y es ampliamente utilizado para evaluar MF.
3. El cuestionario de CV SF36. El Cuestionario de Salud SF-36 español es una escala genérica que proporciona un perfil del estado de salud y es aplicable tanto a los pacientes como a la población general. Ha resultado útil para evaluar la CVRS en la población general y en subgrupos específicos, comparar la carga de muy diversas enfermedades, detectar los beneficios en la salud producidos por un amplio

rango de tratamientos diferentes y valorar el estado de salud de pacientes individuales [38]. Los 36 ítems del instrumento cubren las siguientes escalas: Función física, Rol físico, Dolor corporal, Salud general, Vitalidad, Función social, Rol emocional y Salud mental. Adicionalmente, el SF-36 incluye un ítem de transición que pregunta sobre el cambio en el estado de salud general respecto al año anterior. Este ítem no se utiliza para el cálculo de ninguna de las escalas, pero proporciona información útil sobre el cambio percibido en el estado de salud durante el año previo a la administración del SF-36 [39].

3.4. Procedimiento

Se contactará con los responsables de las asociaciones de FM, los hospitales y las Gerencias de Atención Primaria de Castilla y León mediante carta de presentación para explicarles el proyecto y se les ofrecerá la posibilidad de participar en el estudio.

Una vez se hayan obtenido los participantes necesarios, se les administrará un consentimiento informado para que muestren su conformidad con la participación en el estudio, garantizando en todo momento el anonimato y confidencialidad de los datos recabados. Para ello, antes de evaluarlos se les pedirá que creen un código de identificación que solo ellos conocerán y que permitirá comparar los resultados obtenidos antes y después de la intervención sin identificar a los participantes.

La batería de cuestionarios se les administrará en formato digital a través de la aplicación Microsoft Forms.

3.5. Análisis de datos

Se realizarán correlaciones de Pearson, ANOVAs de un Factor, ANCOVAs, MANOVAs y MANOVAs utilizando el programa SPSS.

En cuanto al tratamiento y análisis de la información, esta se almacenará de forma anónima, garantizando en todo momento la confidencialidad de los datos y tratándolos solo.

4. TRANSFERENCIA DE LOS RESULTADOS

Respecto al interés y a la originalidad de la aportación científica, a través de este estudio se pretende actualizar los conocimientos relativos a los beneficios del MF en el impacto de la FM sobre la CV, contribuyendo a la propia formación y a la del resto de profesionales. Por otra parte, se aspira a mejorar los protocolos de intervención dirigidos a los pacientes que padecen FM. Así mismo, actualmente existen pocos estudios que evalúen el uso de aplicaciones móviles de MF en el tratamiento de pacientes con FM, por lo que también nos proponemos comprobar si las apps móviles pueden mejorar la adherencia al tratamiento y la práctica de MF, ya que hasta ahora la mayoría de las investi-

gaciones han utilizado intervenciones presenciales y con registros de lápiz y papel en lugar de cuestionarios online.

Con respecto a los posibles campos de aplicación, al tratarse de una app móvil, creemos que puede tener una amplia aplicación por la facilidad de llegar a los pacientes y su menor coste respecto a otras modalidades de intervención, ya que muchos pacientes con FM tienen teléfono móvil y están familiarizados con las nuevas tecnologías de la salud. Es una manera sencilla y económica de ofrecer a los pacientes un tipo de tratamiento que se ha demostrado eficaz en la mejora de la sintomatología de la FM. Se podría ofrecer en los centros de salud, en los hospitales, así como a los profesionales que trabajan a nivel privado.

REFERENCIAS

- [1] Sarzi-Puttini P, Giorgi V, Marotto D, Atzeni F. Fibromyalgia: An update on clinical characteristics, aetiopathogenesis and treatment. *Nat. Rev. Rheumatol.* 2020 16; 645–660. <https://doi.org/10.1038/s41584-020-00506-w>.
- [2] Méndez Y, Trinidad L, Rodríguez J, Santiago I, Rodríguez R. Llevando el dolor a cuestras: Ansiedad y depresión en pacientes con fibromialgia. *Revista Kálatos.* 2022 12(1), 45-72. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/366411412_Llevando_el_dolor_a_cuestras_ansiedad_y_depresion_en_pacientes_con_fibromialgia.
- [3] Roth Damas P, Floch Marín B, Sempere Manuel M, Palop Larrea V. Síndrome de fibromialgia 2021. Disponible en <https://www.fisterra.com/guias-clinicas/fibromialgia/>.
- [4] Galvez-Sánchez CM, Reyes Del Paso GA. Diagnostic Criteria for Fibromyalgia: Critical Review and Future Perspectives. *J Clin Med.* 2020 Apr 23;9(4):1219. <https://doi.org/10.3390/jcm9041219>.
- [5] Häuser W, Fitzcharles MA. Facts and myths pertaining to fibromyalgia. *Dialogues Clin Neurosci.* 2018 Mar;20(1):53-62. <https://doi.org/10.31887/dcms.2018.20.1/whauser>.
- [6] Molinari G, Vizcaíno Y, Herrero R, del Río E, Agustí A , García A. Potenciando las emociones positivas y la activación comportamental en pacientes con fibromialgia mediante la utilización de nuevas tecnologías. 2011 Forum de Recerca N° 16. Universitat Jaume I. Disponible en: https://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/77426/fr_2011_10_8.pdf?sequence=1.
- [7] Aubach LL, Roselló M, Montes-Curto P. Convivir con la fibromialgia. Manual para pacientes y familiares. Salut/GSS y Generalitat de Catalunya. Febrero 2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/349059223_Convivir_con_fibromialgia_Manual_para_pacientes_y_familiares.

- [8] Mas AJ, Carmona L, Valverde M, Ribas B; EPISER Study Group. Prevalence and impact of fibromyalgia on function and quality of life in individuals from the general population: results from a nationwide study in Spain. *Clin Exp Rheumatol*. 2008; 26(4):519-26. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18799079/>.
- [9] Carmona L, Ballina J, Gabriel R, Laffon A; EPISER Study Group. The burden of musculoskeletal diseases in the general population of Spain: results from a national survey. *Ann Rheum Dis*. 2001; 60(11):1040-45. Doi: 10.1136/ard.60.11.1040.
- [10] Sociedad Española de Reumatología. Estudio EPISER: Prevalencia e impacto de las enfermedades reumáticas en la población adulta española. Madrid. Sociedad Española de Reumatología. 2001. Disponible en: https://www.ser.es/wp-content/uploads/2018/06/Monografia_EPISER.pdf.
- [11] Branco JC, Bannwarth B, Failde I, Abello Carbonell J, Blotman F et al. Prevalencia de la fibromialgia: una encuesta en cinco países europeos. *Arthritis semin Rheum*. 2010; 39(6):448– 453. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0049017208002175>.
- [12] Aprendiendo a vivir con FM. Información para el paciente con FM. Sociedad Española de Reumatología: Unidad de Investigación (UI). Sociedad Española de Reumatología.Madrid.2020. Disponible en: https://www.ser.es/wp-content/uploads/2020/11/Informacion-pacientes_FM_WEB.pdf.
- [13] Estoque RC, Togawa T, Ooba M, Gomi K, Nakamura S, Hijioka Y, Kameyama Y. A review of quality of life (QOL) assessments and indicators: Towards a “QOL-Climate” assessment framework. *Ambio*. 2019 Jun;48(6):619-638. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1090-3>.
- [14] Villaverde ML, Fernández L, Gracia R, Morera A, Cejas R. Salud mental en la población institucionalizada mayor de 65 años en la isla de Tenerife. *Rev Esp Geriatr Gerontol*.2000;35(5):277-282. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6654099>.
- [15] Lopera-Vásquez JP. Calidad de vida relacionada con la salud: exclusión de la subjetividad. *Cien Saude Colet*. 2020 Feb;25(2):693-702. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232020252.16382017>.
- [16] Panzini RG, Mosqueiro BP, Zimpel RR, Bandeira DR, Rocha NS, Fleck MP. Quality-of-life and spirituality. *Int Rev Psychiatry*. 2017 Jun;29(3):263-282. <https://doi.org/10.1080/09540261.2017.1285553>.
- [17] Fajardo E, Córdoba L, Enciso J. Calidad de vida en adultos mayores: reflexiones sobre el contexto colombiano desde el modelo de Schalock y Verdugo. *Comunidad y Salud [Internet]*. 2016 Dic [citado 2023 Abril 24] ; 14(2): 33-41. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-32932016000200005&lng=es.

- [18] Soto M., Failde I. La calidad de vida relacionada con la salud como medida de resultados en pacientes con cardiopatía isquémica. *Rev. Soc. Esp. Dolor*.2004 Dic ;11(8):53-62. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-80462004000800004&lng=es.
- [19] Häuser W, Ablin J, Fitzcharles MA, Littlejohn G, Luciano JV, Usui C, Walitt B. Fibromyalgia. *Nat Rev Dis Primers*. 2015 Aug 13;1:15022. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2015.22>. PMID: 27189527.
- [20] Arnold LM, Crofford LJ, Mease PJ, Burgess SM, Palmer SC, Abetz L, Martin SA. Patient perspectives on the impact of fibromyalgia. *Patient Educ Couns*. 2008 Oct;73(1):114-20. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2008.06.005>.
- [21] Guía de debut en Fibromialgia. 2ª Edición. Comité Científico Asociación de Divulgación de Fibromialgia. 2016.Disponible en: <https://inforeuma.com/wp-content/uploads/2015/09/debut.pdf>
- [22] López P, Alcaraz T, López M. Efectividad del mindfulness como técnica complementaria en pacientes con fibromialgia: una revisión sistemática. *Therapeia*.2021;(14):79-111.Disponible en: <https://revistas.ucv.es/therapeia/index.php/therapeia/article/view/860>.
- [23] Documento de revisión. Guía de actualización en la valoración de fibromialgia, síndrome de fatiga crónica, sensibilidad química múltiple y electrosensibilidad”. 2ª Edición. Madrid.Coalición nacional de entidades de fibromialgia, síndrome de fatiga crónica, encefalomielitis miálgica, sensibilidad química múltiple y electrohipersensibilidad. Editorial.2019.
- [24] Collado A, Gomez E, Coscolla R, Sunyol R, Solé E, Rivera J et al. Work, family and social environment in patients with Fibromyalgia in Spain: an epidemiological study: EPIFFAC study. *BMC Health Serv Res*. 2014 Nov 11;14:513. <https://doi.org/10.1186/s12913-014-0513-5>.
- [25] Investigación sobre FM. Portal Clinic. [Internet]. Barcelona. [citado 2 de Mayo 2023]. Disponible en: <https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/enfermedades/fibromialgia/vivir-con-la-enfermedad>.
- [26] Pleman B, Park M, Han X, Price LL, Bannuru RR, Harvey WF, Driban JB, Wang C. Mindfulness is associated with psychological health and moderates the impact of fibromyalgia. *Clin Rheumatol*. 2019 Jun;38(6):1737-1745. <https://doi.org/10.1007/s10067-019-04436-1>. Epub 2019 Jan 14.
- [27] Puebla M, Pérez MC, Herrera P, García Campayo J. Efectividad de un programa de compasión basado en los modelos de apego de la universidad de Zaragoza para pacientes con fibromialgia. I Congreso Virtual Internacional de Psicología. 2017. Disponible en: <https://psiquiatria.com/trabajos/20M1x20COMU9PSICO2017.pdf>.
- [28] Horrillo B, Marín C, Abuín R. The influence of different monitoring means on the adherence to mindfulness meditation practice. *Clínica y Salud* [Internet]. 2019 [citado 2023 abril 25]; 30(2): 99-108.

Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1130-52742019000200006&lng=es. Epub 02-Nov-2020. <https://dx.doi.org/10.5093/clysa2019a15>.

Está ampliamente comprobado que los programas de entrenamiento de 8 semanas de MF son efectivos para el aumento de la atención y la conciencia en el momento presente. Sin embargo, los verdaderos efectos llegan con una práctica más prolongada en el tiempo. El uso de apps móviles de salud desde 2009 hace que se hayan convertido en un excelente método para este estudio, ya que, al utilizar una app móvil, por una parte, el paciente va a estar familiarizado con el dispositivo y los datos va a poder registrarse en tiempo real. Normalmente, los registros de la práctica diaria de MF en las investigaciones realizadas hasta ahora de venían realizando en formato papel. Por otra parte, la utilización de una app móvil por parte de los participantes, facilitaría la adherencia al entrenamiento en MF, ya que constituiría un factor motivador para el mismo. En definitiva, este artículo nos muestra como las intervenciones con apps móviles pueden aumentar la atención y la conciencia en el momento presente. Sin embargo, se deberían concretar los motivos y las tasas de abandono de los participantes en la práctica de MF.

- [29] Ascaso Adiego B. Terapias basadas en Mindfulness en pacientes con FM. [Trabajo Fin de Grado en Internet]. Zaragoza: Universidad de Zaragoza;2021[citada 25 abril 2023]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/111173/files/TAZ-TFG-2021-936.pdf>.

Esta investigación permite reunir en un único trabajo las intervenciones basadas en MF en los pacientes con FM. Se ha empleado una metodología sólida y rigurosa en la búsqueda y selección de los artículos, utilizando únicamente aquellos que constituían ensayos controlados aleatorios. Respecto a los resultados, se confirma que las intervenciones basadas en MF van a tener efectos beneficiosos en diferentes aspectos de la CV de los pacientes con FM. Esta revisión va a constituir un aliciente para continuar realizando nuevas investigaciones que incrementen la literatura científica en el ámbito de la FM y poder ofrecer así recursos eficaces a los pacientes con FM a través de la práctica de MF.

- [30] Demarzo M, Rodrigues OD, Palomo P, et al. Mindfulness, ciencia y arte: siguientes pasos. *Rev Mex Invest Psic.* 2018;10(2):132-135. Disponible en: <https://www.revistamexicanadeinvestigacionenpsicologia.com/index.php/RMIP/article/view/338/207>.
- [31] De Vibe, M., Bjørndal, A., Fattah, S., Dyrdal, G. M., Haalland, E., & Tanner-Smith, E. E. (2018, September 11). La práctica del Mindfulness o Atención Plena mejora la salud y la calidad de vida en adultos. Caracas: The Campbell Collaboration. Disponible en <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1262>.

- [32] De la Vega R, Miró J. mHealth: a strategic field without a solid scientific soul. a systematic review of pain-related apps. *PLoS one*, 2014;9(7). Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0101312>
- [33] Llorens-Vernet P, Miró J. Standards for Mobile Health-Related Apps: Systematic Review and Development of a Guide. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2020 Mar 3;8(3):e13057. <https://doi.org/10.2196/13057>.
- Este artículo pone de relevancia la necesidad de establecer una guía que contenga unos criterios que se puedan aplicar de manera general a apps móviles de salud o mhealth, concretamente de dolor crónico. Hasta ahora, las fuentes disponibles para evaluar la calidad de las apps móviles de salud existentes carecían de la validación necesaria y generaban una falta de confianza en los profesionales de salud. Va a ser el primero en constituir un guía que recoja los criterios y las categorías que deben cumplir las aplicaciones relacionadas con las mhealth. Para ello se ha basado en el análisis de los criterios publicados sobre las apps y las pautas y mejores prácticas sobre el dolor, lo recogido en las páginas web de las organizaciones profesionales y las regiones más importantes a nivel mundial del mercado de mhealth. Esta revisión estimula a llevar a cabo nuevas investigaciones que complementen la literatura científica ya existente acerca del tema y que den a conocer opciones efectivas para aumentar las apps móviles de salud para personas con FM.
- [34] Dantas LO, Carvalho C, Prando BC, McAlindon TE, da Silva Serrão PRM. Mobile health technologies for the management of rheumatic diseases: a systematic review of online stores in Brazil. *Clin Rheumatol*. 2021 Jul;40(7):2601-2609. <https://doi.org/10.1007/s10067-020-05561-y>. Epub 2021 Jan 3.
- [35] Monterde S, Dalvat I, Montull S, Fernández-Ballart J. Validación de la versión española del Fibromyalgia Impact Questionnaire. *Rev Esp Reumatol* 2004;31(9):507-13. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-reumatologia-29-articulo-validacion-version-espanola-delfibromyalgia-13068512>.
- [36] García DA, Martínez I, Saturno PJ. Abordaje clínico de la fibromialgia: síntesis de las recomendaciones basadas en la evidencia, una revisión sistemática. *Reumatología Clínica*.2016;12(2):65-71. Disponible en: <https://www.reumatologiaclinica.org/es-abordaje-clinico-fibromialgia-sintesis-recomendaciones-articulo-S1699258X15001102>.
- [37] Baer R, Smith A, Hopkins GT, Krietemeyer J et al. Using Self-Report Assessment Methods to Explore Facets of Mindfulness. *Assessment*. 2006; 13 (1): 27-45. <https://doi.org/10.1177/1073191105283504>.
- [38] Ware JE Jr. SF-36 health survey update. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000 Dec 15;25(24):3130-9. <https://doi.org/10.1097/00007632-200012150-00008>.

- [39] Ware JE Jr, Snow KK, Kosinski M, Gandek B. SF-36 Health Survey: manual and interpretation guide. New England Medical Center; Boston.1993. Disponible en : https://www.researchgate.net/publication/247503121_SF36_Health_Survey_Manual_and_Interpretation_Guide.

ANÁLISIS E INTERVENCIÓN DESDE EL CAMPO DE LA ENFERMERÍA PARA LA MEJORA DE LA ACTIVIDAD LABORAL Y CALIDAD DE VIDA EN LOS TRABAJADORES DE EMPRESAS PRIVADAS EN BURGOS

SOFÍA ÁLVAREZ ORTEGA¹, DIEGO SERRANO GÓMEZ²,
MARÍA JOSÉ SIERRA MEDINA³, JOSÉ LUIS GONZÁLEZ CASTRO⁴

¹ *Alumna de Tesis Doctoral en Ciencias de la Salud, Universidad de Burgos*

² *Doctor en Biología, Coodirector de la Tesis Doctoral, Profesor en el área de Enfermería, Universidad de Burgos*

³ *Doctora en Pedagogía política curricular y social, Profesora en el Área de Enfermería, Universidad de Burgos*

⁴ *Doctor en Filosofía y Ciencias de la educación, Sección Psicología, Director de la Tesis Doctoral, Profesor en el Área de Educación, Universidad de Burgos*

Resumen

Los adultos pasan largos periodos de su vida en los centros de trabajo, por lo que es el lugar idóneo para el desarrollo y realización de programas de promoción de la salud. Con la participación en estos programas se intenta conseguir unos buenos hábitos de vida que giren en torno a la alimentación, a la actividad física y al abandono de hábitos tóxicos con es el tabaco. El personal sanitario adecuado para la realización de estos programas es el/la médico y el/la enfermero/a, y en concreto aquellos que posean la especialidad de salud en el trabajo o con experiencia laboral en el sector.

Palabras clave: healthy organisation, health promotion, workplace, quality of life.

1. INTRODUCCIÓN

En el año 1996, la Red Europea de Promoción de la Salud (ENWHP) comenzó su actividad de manera oficial. Sus objetivos, tanto para los miembros como para los colaboradores, son mejorar la salud y el bienestar de los trabajadores, y disminuir el impacto de los daños relacionados con el trabajo. Además, es un organismo dedicado a la recopilación y la divulgación de buenas prácticas y procedimientos de salud en el entorno laboral a nivel mundial y los diferentes sectores económicos con la intención de ampliar los conocimientos en el continente europeo sobre las metodologías. Y también sirve

de plataforma con la finalidad de intercambiar información y vivencias entre todos los interesados en el área de promoción de la salud en el trabajo [1].

Un año después, en 1997, la Red Europea de Promoción de la Salud en el Trabajo creó la Declaración de Luxemburgo, informe en el que se redactaron los principios elementales de actuación y el marco de referencia sobre la buena gestión de la salud de los trabajadores en las empresas. La adhesión a la Declaración de Luxemburgo implica comprometerse como empresa u organización, aceptar e incorporar los objetivos esenciales de la promoción de la salud en el trabajo y dirigir la planificación hacia los principios de la promoción [2]. Además, puede solicitar su adhesión cualquier empresa u organización, independientemente del sector al que se dedique o de su tamaño [3]. En el año 2023 se han adherido a la Declaración de Luxemburgo 136 empresas españolas [4], y desde 2007 hasta la última actualización de la Declaración de Luxemburgo se han unido aproximadamente unas 971 empresas españolas [4].

A partir del trabajo efectuado por la Red Europea de Promoción de la Salud en el Trabajo (ENWHP), en el año 2013 el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) de España, elaboró la Red Española de Empresas Saludables y creó el proyecto “Empresas Saludables” con la finalidad de reconocer a las empresas el esfuerzo destinado a la mejora de la salud y el bienestar de sus empleados, además de promover la cultura de la salud e intercambio de experiencias entre las empresas [3].

El INSST definió que los principios para ser una “Empresa Saludable” es dirigir la salud de los trabajadores desde un enfoque integral e integrado, y tener en cuenta la salud en todas las políticas de la empresa. Además, para que una empresa pueda ser reconocida como “saludable” tiene que cumplir con la legislación vigente de prevención de riesgos laborales y, partiendo de ahí, instaurar intervenciones que vayan más allá de esta legislación [3]. Las intervenciones que realicen deben ir orientadas a la promoción de la salud en el trabajo con el objetivo de unificar los esfuerzos de los empresarios, los empleados y la sociedad para mejorar la salud y el bienestar de los trabajadores en el entorno laboral [5].

En la actualidad, la población está adquiriendo hábitos de vida poco saludables, siendo el principal factor de riesgo para desarrollar enfermedades crónicas [6]. La obesidad, la hipertensión y el hábito tabáquico son los principales factores de riesgo que contribuyen al desarrollo de enfermedades crónicas graves como pueden ser la diabetes, la hipertensión arterial, los accidentes cerebrovasculares, las enfermedades pulmonares y cardíacas, y los tumores [7–9]. Existe evidencia científica que manifiesta que la intervención en programas de promoción de la salud en el lugar de trabajo puede proporcionar amplios conocimientos y modificaciones en el ejercicio de comportamientos de la salud como efecto de los conocimientos adquiridos [10]. Gran parte de la población adulta pasa gran cantidad de tiempo de su vida en el trabajo,

esto hace que el entorno laboral sea el lugar idóneo para la participación en actividades de promoción de la salud [6,7,10]. Los estudios han determinado que los programas de promoción de la salud en el lugar de trabajo pueden mejorar la salud general de la población; con un aumento de la actividad física y cambios en los hábitos alimentarios se puede conseguir una disminución del peso, unas cifras óptimas de colesterol y glucosa en sangre y unos valores adecuados de tensión arterial [6,7]. La evidencia avala que con programas de promoción de la salud exitosos se pueden obtener efectos positivos para el empleador y para el trabajador, ya que se intenta reducir las enfermedades crónicas en los trabajadores y la reducción en los costes por incapacidad temporal y por discapacidad [8,10,11].

Los proveedores de la salud en el medio laboral son el/la médico y el/la enfermero/a, generalmente especializados en salud del trabajo, pero también pudiendo ser médicos y enfermeras con una amplia experiencia laboral en el sector sin necesidad de poseer dicha especialidad. Sus objetivos son educar y alentar a la población adulta trabajadora en asumir responsabilidades para disminuir los riesgos de seguridad y salud mediante la modificación de comportamientos y hábitos [8].

En España, la especialidad de “Enfermería del Trabajo” apareció tras la publicación del RD 450/2005, de 22 de abril, sobre las especialidades de enfermería [12]. En la Orden SAS/1348/2009, de 6 de mayo, se definió Enfermería del Trabajo como “una especialidad enfermera que aborda los estados de salud de los individuos en su relación con el medio laboral, con el objeto de alcanzar el más alto grado de bienestar físico, mental y social de la población trabajadora, teniendo en cuenta las características individuales del trabajador, del puesto de trabajo y del entorno socio-laboral en que ésta se desarrolla”. De esta definición se puede extraer que las enfermeras del trabajo realizan funciones heterogéneas y pueden actuar en diversos ámbitos. Ellas ven al trabajador desde una perspectiva holística e integrativa, visualizándole como un ser biopsicosocial [13].

Las competencias de la enfermera del trabajo abarcan seis áreas, que son: vigilancia de la salud, asistencia sanitaria y de urgencias, prevención de riesgos laborales, educación y la promoción de la salud de los trabajadores, gestión y planificación de la actividad preventiva, y formación continuada y la investigación [13].

2. OBJETIVOS

Objetivo principal de la tesis:

- Identificar las actividades de promoción de la salud más eficaces (estudio 1), reconocer si las empresas privadas de la provincia de Burgos las están llevando a cabo (estudio 2) y realizar una intervención enfermera, y su evaluación, (estudio 3) destinada a mejorar la salud de los trabajadores y beneficiar a las empresas en su producción.

Objetivo específico del meta-análisis (estudio 1):

- Analizar los resultados de las estrategias sanitarias que tienen como objetivo la mejora de la actividad laboral y la calidad de vida en los trabajadores de organizaciones laborales de los diferentes sectores (público o privado) y ámbitos de la empresa (primario, secundario o terciario).

Hipótesis del meta-análisis:

- Descubrir el peso específico de cada uno de los factores de riesgo y protectores que influyen en la calidad de vida de los trabajadores y su actividad laboral.

Objetivos específicos del estudio descriptivo exploratorio (estudio 2):

- Identificar las actividades de promoción de la salud desarrolladas por las empresas de la provincia de Burgos.
- Analizar la calidad de vida y la actividad laboral de los trabajadores de las empresas de la provincia de Burgos.
- Comparar si los empleados que trabajan en empresas que desarrollan actividades de promoción de la salud tienen una mejor calidad de vida e incrementan la actividad laboral que los trabajadores de aquellas empresas que no realizan actividades de promoción de la salud.

Hipótesis del estudio descriptivo exploratorio:

- La calidad de vida de los empleados que trabajan en empresas que llevan a cabo alguna actividad sanitaria de promoción de la salud es mejor que la de aquellos empleados que trabajan en empresas que no las realizan.

Objetivos específicos de la intervención sanitaria (estudio 3):

- Llevar a cabo una intervención sanitaria de promoción de la salud en el entorno laboral en varias empresas privadas del sector secundario en la provincia de Burgos.
- Comparar los datos obtenidos pre-intervención y post-intervención con el propósito de conocer si la intervención enfermera ha sido efectiva.

Hipótesis de la intervención sanitaria:

- Los datos post-intervención arrojarán resultados positivos al compararlos con los datos pre-intervención.

3. METODOLOGÍA

La tesis doctoral fue dividida en tres estudios complementarios que se están elaborando de manera secuencial, contando con la metodología apropiada para cada uno de ellos.

El primer estudio a desarrollar es un meta-análisis, cuyos objetivos son analizar los diferentes factores de riesgo que afectan a la actividad laboral

y a la salud de los trabajadores, y conocer las intervenciones sanitarias que promueven la productividad y rendimiento laboral, así como unos estilos de vida saludables.

Los criterios de inclusión que se emplearon en el desarrollo del meta-análisis fueron que los estudios estén escritos en los idiomas español o inglés, en el periodo temporal de los últimos 10 años (desde el 2013 hasta 2023, con una última actualización con fecha del 29 de febrero del 2024), que fueran estudios cuantitativos que proporcionen los datos estadísticos necesarios para realizar los análisis (medias, desviaciones típicas, odd ratio, correlaciones, etc.), siendo la población de estudio las empresas y sus trabajadores.

Para la búsqueda exhaustiva de los artículos inicialmente se utilizará Descriptores de Ciencias de la Salud (DeCS) y Medical Subject Headings (MeSH) para la obtención de las palabras clave. Algunas de las posibles palabras clave serán salud laboral – occupational health, promoción de la salud – health promotion, lugar de trabajo – workplace, enfermería del trabajo – occupational health nursing. La búsqueda bibliográfica de los estudios se realizará en las bases de datos Web of Science, Scopus y PubMed. Después de una selección inicial de los artículos, se utilizaron listas de verificación de Joanna Briggs (para estudios cuasi-experimentales, ensayos clínicos aleatorios y estudio de cohorte) [14], además, se siguieron los principios marcados desde el protocolo PRISMA [15]. Se está procediendo a obtener los datos numéricos necesarios, de los artículos seleccionados, para su inclusión en el programa estadístico Comprehensive Meta- Analysis (CAM) para su posterior interpretación.

El segundo estudio de carácter descriptivo exploratorio, analizará si en Burgos existe alguna empresa que pertenezca a la Red Española de Empresas Saludables y qué actividades de promoción de la salud en el trabajo desarrollan. Se abordará si alguna empresa, sin pertenecer a la Red Española de Empresas Saludables, están llevando a cabo alguna actividad de promoción de la salud. Se elaboró una herramienta de recogida de datos, formado por diferentes escalas validadas y fiabilizadas para conocer, de manera cuantificada, la calidad de vida relacionada con la salud, los estilos de vida de los trabajadores (alimentación, actividad física, hábitos tóxicos...). Se realizarán entrevistas a los trabajadores de las empresas seleccionadas para conocer las posibles limitaciones articulares y/o lesiones derivadas de la actividad laboral, sus hábitos de vida, su opinión sobre las actividades de promoción de la salud llevadas a cabo por la empresa (si las realiza) y qué actividades varían necesarias incluir, y con esta información se realizará un estudio cualitativo.

Los criterios de inclusión del estudio descriptivo serán que las empresas se localicen físicamente en la provincia de Burgos. La edad de los trabajadores de estas empresas deberá ser superior a los 18 años. Y el empleado deberá de llevar trabajando en esa empresa, al menos un año.

Una vez elaborada la herramienta de recogida de datos, se contactó con el departamento técnico de la FAE de Burgos (Confederación de Asociaciones Empresariales de Burgos), cómo vía y colaboración para contactar con el gerente, el jefe o el comité de la empresa para comentarle el estudio de investigación, y aquellas interesadas en el tema y desarrollo del estudio serán incluidas para el estudio descriptivo y, posterior, intervención sanitaria.

Por último, se llevará a cabo una intervención sanitaria en un número reducido de empresas. La intervención sanitaria será implementada por una enfermera que trabaja en un servicio de prevención de riesgos laborales. Esta intervención se construirá como resultados del análisis de los factores de riesgo y prevención obtenidos en el estudio 1, y los resultados del estudio descriptivo (estudio 2). Una vez realizada la intervención se evaluará su efectividad para conseguir una mejor calidad de vida de los trabajadores, modificar sus estilos de vida y mejorar simultáneamente su productividad y rendimiento laboral.

Este estudio será de tipo cuasi-experimental longitudinal (dos tiempos: pre y post-intervención) con un grupo control y otro experimental.

Los criterios de inclusión serán trabajadores de ambos sexos, con una edad superior a 18 años.

Un criterio de exclusión será la pluripatología en el trabajador por la complejidad a la hora de su valoración y porque llevará un seguimiento especial por sus profesionales sanitarios.

3.1. Procedimientos

A la hora de la recogida de datos, tanto en el estudio descriptivo como en la intervención sanitaria, no se solicitarán datos personales de los trabajadores ni el nombre la empresa. Sí que se solicitará datos sociodemográficos de los empleados, y en relación a la empresa, el sector (primario, secundario o terciario), el ámbito (privado o público) y a qué se dedica la empresa.

Se pedirá la autorización tanto a los comités de la empresa de las entidades implicados en el estudio (en función de su normativa legal vigente de protección de datos), así como el comité de bioética de la Universidad de Burgos.

3.2. Instrumentos de investigación

Cuestionario de Estilos de Vida, CEVS-II [16] in order to apply strategies to improve them. The aim of the study was to validate the Healthy Lifestyles Questionnaire (CEVS-II).

Cuestionario Nórdico Estandarizado de Percepción de Síntomas Musculoesqueléticos [17].

Escala de Estrés Percibido - PSS (10 ítems) [18].

Cuestionario de salud SF-12v2 [19].

3.3. Análisis de datos

Los análisis de datos a realizar en cada estudio serán los siguientes:

- Estudio 1: Obtención de tamaños del efecto (puntuaciones r), medias, desviaciones típicas, pruebas F (Anova), t -test, valores media r , valores X^2 , valores p , ratios y frecuencias. Posteriormente se obtendrá la Z de Fischer y la varianza de error. Finalmente se obtendrán los intervalos de confianza al 95% del efecto, el error standard de cada valor r , el estadístico Q_w statistic para obtener la heterogeneidad de los tamaños del efecto de la muestra, y la k o número de estudios.
- Estudio 2: Se obtendrán las puntuaciones medias, desviaciones típicas, pruebas F (Anova), t -test, valores media r , valores X^2 , valores p , ratios y frecuencias. Al ser un estudio en el que los niveles de análisis anidados corresponden tanto a las empresas como a los/as trabajadores/as, se llevará a cabo análisis multinivel (nivel 1: trabajadores/as, nivel 2: empresa) para comprobar el efecto de la pertenencia al nivel 2 de la respuesta en el nivel 1.
- Estudio 3: Se llevará a cabo en análisis de resultados pre-post por medio de Modelos Lineales Generalizados. Se obtendrán medias, desviaciones típicas, pruebas F (Anova), t -test, valores media r , valores X^2 , valores p , ratios y frecuencias, junto con las puntuaciones de cambio del tiempo 1 y tiempo 2 para comprobar el efecto de la intervención.

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Actualmente, no se obtienen resultados ni conclusiones para ninguno de los estudios.

REFERENCIAS

- [1] ENWHP| European Network For Workplace Health Promotion [Internet]. European Network for Workplace Health Promotion. [cited 2021 Jul 1]. Available from: <https://www.enwhp.org/>
- [2] Declaración Luxemburgo [Internet]. Ministerio de Trabajo y Economía Social. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. [cited 2021 Jul 1]. Available from: <https://www.insst.es/materias/transversales/promocion-de-la-salud/red-espanola-de-empresas-saludables/declaracion-luxemburgo>
- [3] Red Española de Empresas Saludables - INSST [Internet]. Ministerio de Trabajo y Economía Social. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. [cited 2024 Mar 30]. Available from: <https://www.insst.es/materias/transversales/promocion-de-la-salud/red-espanola-de-empresas-saludables>
- [4] Listado de empresas y organizaciones adheridas a la Declaración de Luxemburgo. Minist Trab y Econ Soc Inst Nac Segur y Salud

- en el Trab [Internet]. 2024 [cited 2024 Mar 15]; Available from: <https://www.insst.es/documents/94886/581928/Listado+de+empresas+y+organizaciones+adheridas+a+la+Declaración+de+Luxemburgo+%28mar+2024%29.pdf/f5a02a2b-f09a-a91b-dbac-6066422d8e4e?t=1710147550160>
- [5] Riesgos Laborales Promoción de la Salud - INSSST [Internet]. Ministerio de Trabajo y Economía. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. [cited 2024 Mar 30]. Available from: <https://www.insst.es/materias/transversales/promocion-de-la-salud>
- [6] Rongen A, Robroek SJW, Van Lenthe FJ, Burdorf A. Workplace Health Promotion: A Meta-Analysis of Effectiveness. *Am J Prev Med*. 2013 Apr 1;44(4):406–15.
- [7] Wolfenden L, Goldman S, Stacey FG, Grady A, Kingsland M, Williams CM, et al. Strategies to improve the implementation of workplace-based policies or practices targeting tobacco, alcohol, diet, physical activity and obesity. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2018 Nov 14 [cited 2021 Jul 9];2018(11). Available from: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD012439.pub2/full>
- [8] Campbell K, Burns C. Total Worker Health. <https://dx.doi.org/10.1177/2165079915576921> [Internet]. 2015 Jul 17 [cited 2021 Jul 9];63(7):316–9. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2165079915576921>
- [9] Groeneveld IF, Proper KI, Van Der Beek AJ, Hildebrandt VH, Van Mechelen W. Short and long term effects of a lifestyle intervention for construction workers at risk for cardiovascular disease: A randomized controlled trial. *BMC Public Health* [Internet]. 2011 [cited 2021 Jul 9];11. Available from: https://www.researchgate.net/publication/51757415_Short_and_long_term_effects_of_a_lifestyle_intervention_for_construction_workers_at_risk_for_cardiovascular_disease_A_randomized_controlled_trial
- [10] Abell CH, Main ME. Participants' Perceptions of Worksite Health-Promotion Educational Activities. *J Community Health Nurs* [Internet]. 2016 Oct 1 [cited 2021 Jul 9];33(4):190–5. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07370016.2016.1227212>
- [11] Goetzel RZ, Berko J, McCleary K, Roemer EC, Stathakos K, Flynn PR, et al. Framework for evaluating workplace health promotion in a health care delivery setting. *Popul Health Manag*. 2019 Dec 1;22(6):480–7.
- [12] Real Decreto 450/2005, de 22 de abril, sobre especialidades de Enfermería. [Internet]. Gobierno del Estado de España. 2005 [cited 2021 Jul 9]. Available from: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2005-7354>

- [13] Orden SAS/1348/2009, de 6 de mayo, por la que se aprueba y publica el programa formativo de la especialidad de Enfermería del Trabajo. Gob del Estado España. 2009;
- [14] JBI Critical Appraisal Tools | JBI [Internet]. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Instituto de Salud Carlos III. [cited 2023 Oct 1]. Available from: <https://jbi.global/critical-appraisal-tools>
- [15] Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Antes G, Atkins D, et al. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLOS Med [Internet]. 2009 Jul 1 [cited 2021 Jul 9];6(7):e1000097. Available from: <https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1000097>
- [16] Leyton-Román M, Mesquita S, Jiménez-Castuera R. Validation of the Spanish Healthy Lifestyle Questionnaire. Int J Clin Heal Psychol [Internet]. 2021 May 1 [cited 2023 Oct 5];21(2):100228. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1697260021000090?via%3Dihub>
- [17] Araya JI. Cuestionario Nórdico Estandarizado de Percepción de Síntomas Músculo Esqueléticos. Consideraciones acerca de la utilización del método en los ambientes laborales. 2020 [cited 2023 May 28]; Available from: <https://www.ispch.gob.cl/?s=nota+tecnica+79>
- [18] Campo-Arias A, Oviedo HC, Herazo E. Escala de Estrés Percibido-10: Desempeño psicométrico en estudiantes de medicina de Bucaramanga, Colombia. Rev la Fac Med [Internet]. 2014 [cited 2023 May 26];62(3):1–24. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-00112014000300010&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- [19] Cuestionario de Salud SF-12v2 [Internet]. 2002 [cited 2023 May 6]. Available from: <https://www.bibliopro.org/buscador/533/cuestionario-de-salud-sf-12v2-espana-4-semanas>

CHARACTERIZATION OF WHITE WINE POMACE CONTENT AND ITS BIOACTIVITY BY HPTLC

VÍCTOR GUTIÉRREZ GONZÁLEZ¹, ÁGNES M. MÓRICZ², GISELA GERARDI¹,
MÓNICA CAVIA-SAIZ¹, PILAR MUÑIZ¹

¹*Department of Biotechnology and Food Science. GIR ALTESA.
University of Burgos*

²*Plant Protection Institute, Centre for Agricultural Research,
Hungarian Research Network, Budapest, Hungary*

Abstract

White wine pomace is the main by-product of the winery industry with a high polyphenol and dietary fiber content. Recently, it has garnered interest for its potential health benefits against hypertension, hyperglycemia, endothelial dysfunction, infection... Since its functions depend on its composition, the characterization of bioactive molecules is fundamental to determine its potential healthy properties.

High-performance thin-layer chromatography (HPTLC) allows the separation of components from an extract on silica gel plates. Subsequently, these separated components can undergo different chemical derivatization and effect-direct analysis, allowing not only the characterization of groups of molecules but also the determination of their bioactivities. This approach was employed to evaluate methanol: water extracts of white wine pomace as well as the bioaccessible fractions obtained after gastrointestinal digestion and colonic fermentation of the pomace. Further characterization was achieved by HPTLC-MS.

The use of various –chemical reagents in the layers provided the determination of the chemical structure of the separated compounds present in the zones of interest. The results revealed that most of the bioactive compounds separated were lipophilic. However, zones exhibiting antioxidant activity were observed when highly polar mobile phases were used for separation. HPTLC combined with antibacterial and enzyme inhibition assays were performed to determine the bioactivity of the compounds separated. Several zones showed anti-lipase activity, as well as antibacterial effect against Gram positive bacteria (*Bacillus subtilis*).

These results contribute to the further characterization of white wine pomace, highlighting the bioactivity of its components and potential health properties.

The authors thank the financial support of Ministry of Science, Innovation and Universities, Spanish State Research Agency and European Regional Development Fund (Project PGC2018-097113-B-I00), the collaboration of Á.M. Móricz's research group in the Plant Protection Institute in Budapest, Hungary, and the Junta de Castilla y León for the pre-doctoral scholarship ORDEN EDU/875/2021 received by the student Víctor Gutiérrez González.

Key words: grape pomace, HPTLC, polyphenols, unsaturated fatty acids, bioactivity.

1. INTRODUCTION

Wine pomace is an important winery by-product, representing 20-30% of grape weight, with various alternatives for its revalorization proposed in recent years [1]. Wine pomace products (WPP) are an important source of minerals, polyphenols and dietary fiber that give the WPP antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory activities and other health benefits [2].

Several studies have showed effect of WPP against *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, and lactic acid bacteria [3], [4] as well as against enzyme activity of acetylcholinesterase, glucosidase, and tyrosinase [5]. These bioactive effects of pomace can be attributed to its polyphenol and dietary fiber contents. However, wine pomace composition varies between grape varieties [6], [7], [8], thus it is important to characterize the pomace and identify the components mainly responsible for the bioactivity.

Techniques like HPLC–DAD (high performance liquid chromatography–photodiode array detection) and GC–MS (gas chromatography–mass spectrometry) have been used to characterize grape seed and pomace extracts [9], [10]. But, to our knowledge, few studies have used high-performance thin-layer chromatography (HPTLC) or HPTLC–effect-direct analysis [11], [12] to study grape pomace composition, and from the ones that have, none have analyzed the bioaccessible fractions. Bioaccessibility of the WPP must be considered since the components have to reach the intestine in sufficient quantities to exert a beneficial effect, and losses or transformations might occur during the gastrointestinal digestion.

HPTLC is a less used analysis method that allows non-target analysis in complex samples. When coupled with effect-direct analysis (chemical, biochemical, biological) it allows to focus on relevant bioactive compounds present in active zones. It is a fast and cheap technique that can provide base information for further HPLC and HPLC–MS analysis of the zones of interest detected, as well as further characterization can be carried out by the use standards. Additionally, it enables the analysis of the full complex sample, and with an increasing interest in WPP as seasoning and a functional ingredient, it allows the biological and toxicological analysis of the unknown molecules of the sample compared to other methods [13].

In view of the above, the aim of this study was to explore the chemical composition and the bioprofiles (antimicrobial and enzyme inhibition) of the white wine pomace and its bioaccessible digested fractions. For that reason, we performed an *in vitro* gastrointestinal digestion and colonic fermentation to obtain the WPP bioactive fractions (WPGI and WPF). The WPP, WPGI and WPF were extracted with methanol and methanol: water, and their bioactive components were screened and characterized by HPTLC and TLC combined with chemical derivatization, and *Bacillus subtilis* and lipase inhibition assays. Further characterization was achieved by HPTLC-MS.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. White wine pomace product (wWPP)

The white wine pomace product was prepared in the University of Burgos from *Vitis vinifera* L. cv. Verdejo seedless white wine pomace provided by different local wineries. The pomace was dehydrated, heat-treated, and milled to exclude any microbial contamination by following a patented method (ES2524870 B2 Spain) [3].

2.2. *In vitro* gastrointestinal digestion and colonic fermentation of wWPP

In vitro gastrointestinal digestion of the wWPP was carried out mimicking human *in vivo* conditions following a previously described method with some modifications [14]. After an oral, gastric and intestinal phase two fractions were obtained, a liquid bioaccessible digested fraction (WPGI) and a solid non-bioaccessible one. Both were freeze dried and stored at 4°C for later use.

An *in vitro* colonic fermentation of the solid non-bioaccessible fraction obtained in the digestion was performed following a previously described method [10]. Rat caecal content was used to mimic *in vivo* human conditions and two fractions were obtained. The liquid bioaccessible fermented fraction (WPF) was freeze dried and stored at 4°C for later use.

2.3. Sample preparation

wWPP, WPGI and WPF (50 mg) were extracted with 1 ml of MeOH by sonication for 5 min and the liquid phase was filtrated to obtain the MeOH extract. 1 ml of H₂O: MeOH (1:1) was added to the remaining solid phase and the process was repeated to obtain the 50% aqueous MeOH extract.

2.4. (HP)TLC method

wWPP, WPGI and WPF extracts and standards (1-15 µL/band) were applied in glass- and aluminum-backed HPTLC and TLC silica gel 60 F₂₅₄ plates (Merck, Darmstadt, Germany) with an Automated TLC Sampler (ATS3, CAMAG, Muttenz, Switzerland) at 8 mm distance from the bottom of the plate. The plates were developed using different mobile phases (namely A: toluene – ethyl acetate – methanol (5:3:2, *V/V*) or B: toluene – isopropanol –

formic acid (75:20:5, *V/V*) or C: acetonitrile – water – formic acid (80:20:1, *V/V*) in a Twin Trough Chamber (CAMAG) up to a migration distance of 80 mm. The plates were then dried with a cold stream of air and the chromatograms were detected under a UV lamp (CAMAG) at 254 and 365 nm and documented with a digital camera (Cybershot DSC-HX60, Sony, Neu-Isenburg, Germany). Various tests were performed to determine the chemical structure of the zones separated. For terpenoids and steroids the plates were dipped in *p*-anisaldehyde for 1 s and heated at 110 °C for 5 min, the results were recorded under visible light and at UV 365 nm. For the detection of lipophilic compounds the plates were dipped in phosphomolybdic acid (PMA) for 1 s and heated for 5 min at 150 °C, the results were documented under visible light.

2.5. HPTLC– Effect-direct analysis

Effect-direct analyses were performed in the developed HPTLC and TLC plates to determine the bioactivity and composition of the separated zones. Chemical, biochemical and biological assays were performed [15], [16].

2.5.1. HPTLC—DPPH

To determine antioxidants the developed plates were dipped for 1 s in a DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) solution (0.2 mg/ml in methanol) and 10 min later the results were recorded under visible light.

2.5.2. HPTLC—lipase assay

To determine the bioactivity of the separated compounds, an enzymatic assay was performed for lipase. The developed and dried plates were dipped into ethanol solution of α -naphthyl acetate substrate (1 mg/ml) for 4 s, dried with a hairdryer, dipped for 8 s in lipase solution (0,8 mg/ml), incubated for 15 min in a humidity chamber at 37 °C and dipped in Fast Blue B Salt staining solution (1 mg/ml in water) before documentation under natural light.

2.5.3. HPTLC—*Bacillus subtilis* assay

To determine antibacterial activity against *Bacillus subtilis* F1276 (Gram positive bacteria), the layers were dipped for 8 s in the bacterial suspension (1×10^8 CFU/ml), incubated for 2 hours in a humidity chamber at 37 °C and dipped for 1 s in an MTT (3-[4,5-dimethylthiazol-2-yl]-2,5 diphenyl tetrazolium bromide) vital dye solution (1 mg/ml in water).

2.6. HTPLC–MS method

A TLC–MS Interface (CAMAG) with an oval elution head (4 mm \times 2 mm) between the HPLC pump and the MS was used to elute the compounds from the HPTLC zones with methanol (0.2 ml/min) and lead directly into an Orbitrap Exploris 120 high resolution mass spectrometer (Thermo Fisher Scientific, Bremen, Germany). The results were recorded and analyzed with the Xcalibur software version 4.7.69.37 (Thermo Fisher Scientific).

3. RESULTS AND DISCUSSION

To determine antioxidant activity of the samples HPTLC–DPPH test was performed. Methanol extracts did not show antioxidant effect, but 50% aqueous MeOH extracts, especially wWPP, contained detectable active compounds. Mobile phase A (toluene – ethyl acetate – methanol (5:3:2, *V/V*)) did not move the active compounds (remained in the application zone) and only the layers developed with highly polar mobile phases (mobile phase B (toluene – isopropanol – formic acid (75:20:5, *V/V*)) and mobile phase C (acetonitrile – water – formic acid (80:20:1, *V/V*)) could separate active zones (Fig. 1).

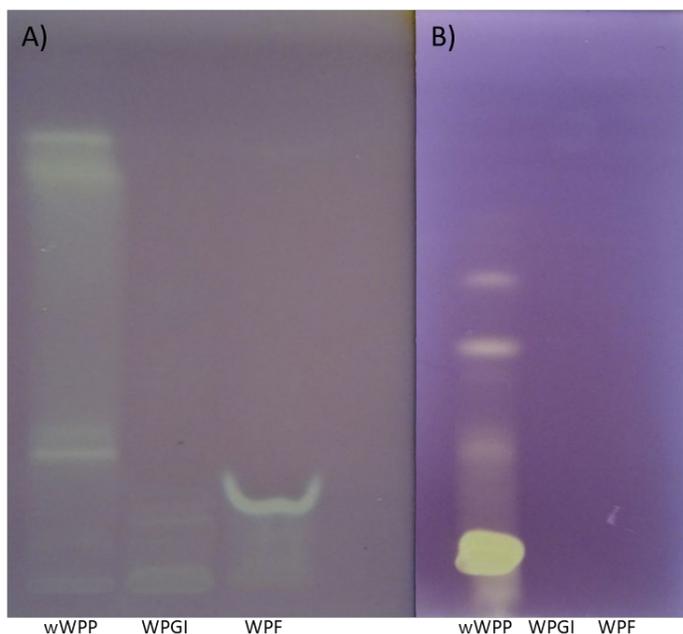


Figure 1. Zones with antioxidant activity. DPPH staining on glass-backed HPTLC silica gel 60 F₂₅₄ plate of the samples extracted with 50% aqueous MeOH. A) Mobile phase C (Acetonitrile:H₂O:formic acid (80:20:1)); B) Mobile phase B (Toluene:Ethyl acetate:formic acid (75:20:5)). wWPP: white wine pomace product; WPGI: bioaccessible digested fraction; WPF: bioaccessible fermented fraction.

These results concur with previous studies by our group that showed a high antioxidant capacity and polyphenol content in the wWPP [10], [17]. However, the fact that no zones were observed in WPGI and only one in WPF with the mobile phase C indicates that other extraction or developing methods are needed for the detection of all the antioxidant molecules present in the fractions since they have been reported to have a high impact in the polyphenol detection by this technique [18].

Nevertheless, in methanol extracts multiple non-phenolic zones were observed with mobile phase A development using other derivatization methods (Fig. 2). Firstly, derivatization with the universal *p*-anisaldehyde showed a big array of components, that can be observed as colorful zones in visible light (Fig. 2A) or under UV 365 nm (Fig. 2B). Several zones were observed (8 in the wWPP and WPF, and 4 in the WPGI) and the zone colors can be associated with the structure of the components present. The majority of the bands were purple, blue or red. Blue or red spots can be formed by amines, ketones, carbohydrates and esters. Monoterpenes, triterpenes and steroids can appear with blue or purple color under natural light and triterpenes can show a red or blue color under UV 365. It means that steroids and triterpenes were likely present in our samples. Phenols usually generate violet spots, which were not present in our samples. This concurs with the DPPH results that were negative for the methanol extracts and the mobile phase A [19], [20]. Neutral lipids and lipophilic compounds were derivatized with PMA (Fig. 2C). Most of the zones observed in Fig. 2A were revealed as bluish spot, which confirms the hypothesis of them being steroids and terpenoids. Other derivatization assays performed by the group showed low peptide content, which indicates that other separation or extraction methods are needed for analyzing peptide content [21].

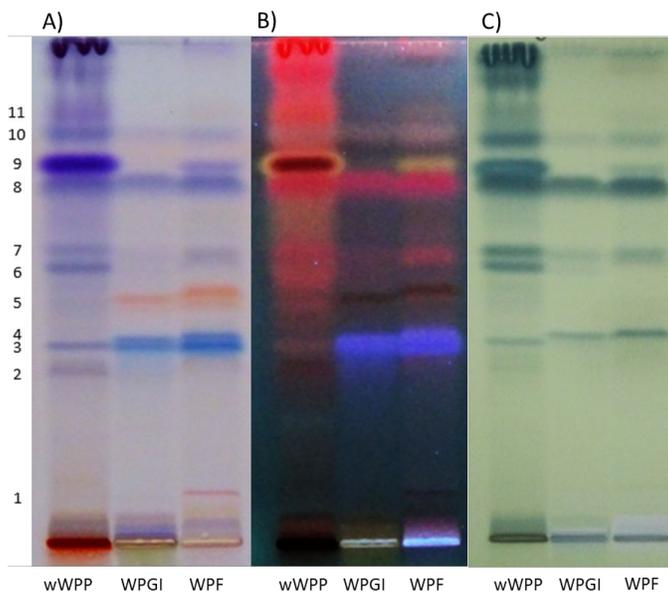


Figure 2. Chemical profiles of methanol extracts. HPTLC separation on aluminum-backed HPTLC silica gel 60 F₂₅₄ layer of the samples with toluene – ethyl acetate – methanol (5:3:2, *V/V*) mobile phase documented after derivatization with *p*-anisaldehyde under day light (A) and under UV 365 nm (B), and phosphomolybdic acid under day light (C). wWPP: white wine pomace product; WPGI: bioaccessible digested fraction; WPF: bioaccessible fermented fraction.

In parallel, biochemical and biological tests were performed to visualize the bioactivity of the zones markable in the derivatization tests (Fig. 3). The zone 8 previously observed was the one that showed higher bioactivity in both tests. It showed antibacterial activity against Gram positive *Bacillus subtilis* (Fig. 3C) and anti-lipase activity (Fig. 3D), which can be involved with pathogenic processes. Lipase inhibition is related to reduce fat and glucose absorption, which is beneficial for several diseases like hyperglycemia and Diabetes type II [22].

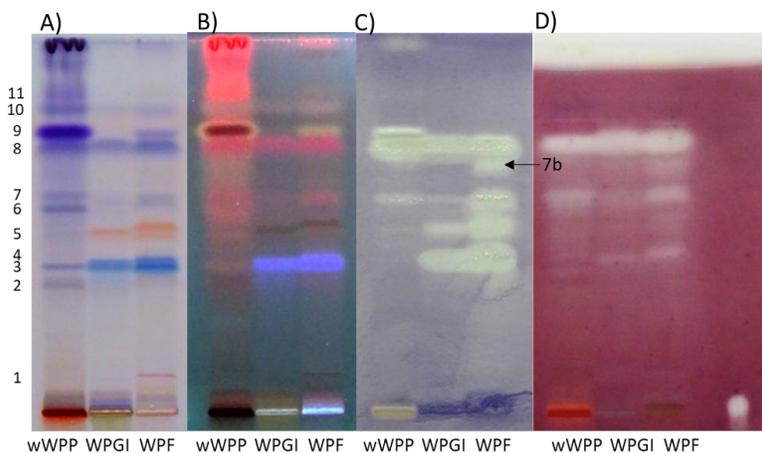


Figure 3. HPTLC– effect-direct analyses of methanol extracts. Chemical and bioprofiles of methanol extracts separated on aluminum-backed HPTLC silica gel 60 F₂₅₄ layer with toluene – ethyl acetate – methanol (5:3:2, V/V) mobile phase and documented after derivatization with *p*-anisaldehyde staining (A - under day light, B - under UV 365nm), and after bioassay detection (C - *Bacillus subtilis*, D - anti-lipase). wWPP: white wine pomace product; WPGI: bioaccessible digested fraction; WPF: bioaccessible fermented fraction

Zones 3, 4 and 7 also showed bioactivity in both tests, although for zone 3 the bioactivity was higher for the WPGI and WPF compared to wWPP. Also, wWPP under UV with *p*-anisaldehyde also has a different colour than WPGI and WPF, which shows that new compounds were released during the gastrointestinal digestion and fermentation. In zone 7 these bioeffects were more intense in wWPP and WPF. In the antibacterial assay a new zones appeared above zone seven in WPGI (zone 7b), this zone was not detected in any of the chemical derivatization studies, so the chemical group of its components is unknown.

4. CONCLUSIONS

wWPP and its bioaccessible digested fractions WPGI and WPF have a very diverse profile. Polyphenols, lipids, terpenoids, and steroids are present

and can be detected by HPTLC hyphenations. Coupling of effect-direct analysis methods with HPTLC allowed the partial characterization of the chemical profile of the fractions as well as the bioactivity of the compounds detected.

There were several compounds with different abundance and polarity that displayed antibacterial activity against Gram positive bacteria. Compounds present in the samples also showed activity against enzymes implicated in different pathogenesis lipase. Since the dysregulation of the lipase is involved with diseases related with lipid intake, the consumption of wWPP might have a positive health effect in its regulation via enzyme inhibition. Both the wWPP and the fractions, especially WPF, exhibited anti-lipase activity, so the potential healthy components were not lost or degraded during digestion.

REFERENCIAS

- [1] J. García-Lomillo, M. L. González-SanJosé, R. Del Pino-García, M. D. Rivero-Pérez, y P. Muñiz-Rodríguez, «A new seasoning with potential effect against foodborne pathogens», *LWT*, vol. 84, pp. 338-343, oct. 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.053>.
- [2] G. Gerardi, M. Cavia-Saiz, y P. Muñiz, «From winery by-product to healthy product: bioavailability, redox signaling and oxidative stress modulation by wine pomace product», *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, pp. 1-23, may 2021, doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1914542>.
- [3] J. García-Lomillo, M. L. González-SanJosé, R. Del Pino-García, M. D. Rivero-Pérez, y P. Muñiz-Rodríguez, «Antioxidant and Antimicrobial Properties of Wine Byproducts and Their Potential Uses in the Food Industry», *J. Agric. Food Chem.*, vol. 62, n.º 52, pp. 12595-12602, dic. 2014, doi: <https://doi.org/10.1021/jf5042678>.
- [4] Y. Xu, S. Burton, C. Kim, y E. Sismour, «Phenolic compounds, antioxidant, and antibacterial properties of pomace extracts from four Virginia-grown grape varieties», *Food Sci. Nutr.*, vol. 4, n.º 1, pp. 125-133, ene. 2016, doi: <https://doi.org/10.1002/fsn3.264>.
- [5] A. Mollica *et al.*, «Phenolic Analysis and In Vitro Biological Activity of Red Wine, Pomace and Grape Seeds Oil Derived from *Vitis vinifera* L. cv. Montepulciano d'Abruzzo», *Antioxidants*, vol. 10, n.º 11, p. 1704, oct. 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/antiox10111704>.
- [6] É. Szabó *et al.*, «Correlations between Total Antioxidant Capacity, Polyphenol and Fatty Acid Content of Native Grape Seed and Pomace of Four Different Grape Varieties in Hungary», *Antioxid. Basel Switz.*, vol. 10, n.º 7, p. 1101, jul. 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/antiox10071101>.
- [7] Y. Carmona-Jiménez, J. M. Igartuburu, D. A. Guillén-Sánchez, y M. V. García-Moreno, «Fatty Acid and Tocopherol Composition of Pomace and Seed Oil from Five Grape Varieties Southern Spain», *Mol. Basel*

- Switz.*, vol. 27, n.º 20, p. 6980, oct. 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/molecules27206980>.
- [8] M. Curiel-Fernández, M. Bueno-Herrera, Z. Guadalupe, B. Ayestarán, y S. Pérez-Magariño, «Chemical Characterization of Polysaccharide Extracts Obtained from Pomace By-Products of Different White Grape Varieties», *Mol. Basel Switz.*, vol. 28, n.º 19, p. 6770, sep. 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/molecules28196770>.
- [9] G. Carullo *et al.*, «Mantonico and Pecorello Grape Seed Extracts: Chemical Characterization and Evaluation of In Vitro Wound-Healing and Anti-Inflammatory Activities», *Pharm. Basel Switz.*, vol. 13, n.º 5, p. 97, may 2020, doi: <https://doi.org/10.3390/ph13050097>.
- [10] V. Gutierrez-Gonzalez *et al.*, «Influence of the packaging systems on the phenolic profile and antioxidant properties of wine pomace used as seasoning in chicken meat», *Food Chem.*, vol. 427, p. 136625, nov. 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136625>.
- [11] B. Corina, C. Ducu, I. Tabrea, y S. Moga, «HPTLC Profile of Phenolic Compounds Presents in Extracts Obtained from Different Varieties of White and Red Grape Pomace», *Malays. J. Med. Biol. Res.*, vol. 8, n.º 1, Art. n.º 1, ene. 2021, doi: <https://doi.org/10.18034/mjmbr.v8i1.534>.
- [12] G. E. Morlock, J. Heil, V. Bardot, L. Lenoir, C. Cotte, y M. Dubourdeaux, «Effect-Directed Profiling of 17 Different Fortified Plant Extracts by High-Performance Thin-Layer Chromatography Combined with Six Planar Assays and High-Resolution Mass Spectrometry», *Molecules*, vol. 26, n.º 5, Art. n.º 5, ene. 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/molecules26051468>.
- [13] G. E. Morlock, «High-performance thin-layer chromatography combined with effect-directed assays and high-resolution mass spectrometry as an emerging hyphenated technology: A tutorial review», *Anal. Chim. Acta*, vol. 1180, p. 338644, oct. 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2021.338644>.
- [14] M. Minekus *et al.*, «A standardised static in vitro digestion method suitable for food - an international consensus», *Food Funct.*, vol. 5, n.º 6, pp. 1113-1124, jun. 2014, doi: <https://doi.org/10.1039/c3fo60702j>.
- [15] Á. M. Móricz *et al.*, «Bioactive clerodane diterpenes of giant goldenrod (*Solidago gigantea* Ait.) root extract», *J. Chromatogr. A*, vol. 1635, p. 461727, ene. 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2020.461727>.
- [16] M. Baglyas *et al.*, «High-performance thin-layer chromatography – anti-bacterial assay first reveals bioactive clerodane diterpenes in giant goldenrod (*Solidago gigantea* Ait.)», *J. Chromatogr. A*, vol. 1677, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2022.463308>.

- [17] G. Gerardi *et al.*, «Wine Pomace Product Inhibit *Listeria monocytogenes* Invasion of Intestinal Cell Lines Caco-2 and SW-480», *Foods*, vol. 10, n.º 7, p. 1485, jun. 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/foods10071485>.
- [18] A.-M. Brezoiu *et al.*, «Polyphenols extract from grape pomace. Characterization and valorisation through encapsulation into mesoporous silica-type matrices», *Food Chem. Toxicol.*, vol. 133, p. 110787, nov. 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110787>.
- [19] S. Agatonovic-Kustrin, E. Kustrin, V. Gegechkori, y D. W. Morton, «High-Performance Thin-Layer Chromatography Hyphenated with Microchemical and Biochemical Derivatizations in Bioactivity Profiling of Marine Species», *Mar. Drugs*, vol. 17, n.º 3, p. 148, mar. 2019, doi: <https://doi.org/10.3390/md17030148>.
- [20] M. Paul, G. Brüning, J. Bergmann, y J. Jauch, «A thin-layer chromatography method for the identification of three different olibanum resins (*Boswellia serrata*, *Boswellia papyrifera* and *Boswellia carterii*, respectively, *Boswellia sacra*)», *Phytochem. Anal. PCA*, vol. 23, n.º 2, pp. 184-189, 2012, doi: <https://doi.org/10.1002/pca.1341>.
- [21] M. Iriti y F. Faoro, «Bioactivity of grape chemicals for human health», *Nat. Prod. Commun.*, vol. 4, n.º 5, pp. 611-634, may 2009.
- [22] X. Li *et al.*, «Free Linoleic Acid and Oleic Acid Reduce Fat Digestion and Absorption In Vivo as Potent Pancreatic Lipase Inhibitors Derived from Sesame Meal», *Molecules*, vol. 27, n.º 15, p. 4910, ago. 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/molecules271549><https://doi.org/10.3390/molecules271549>

ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO DEL VIRUS SARS-COV-2 A PARTIR DE MUESTRAS DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE BURGOS

LORENA CASADO-MARTÍN¹, NADINE YERAMIAN-HAKIM¹, DANIEL PÉREZ-ALONSO¹,
JORGE SANTAMARÍA-PALACIOS¹, DAVID RODRÍGUEZ-LÁZARO¹

¹*Universidad de Burgos. Área de Microbiología. One Health: Una Salud*

Resumen

El virus SARS-CoV-2 ha sido el responsable de la pandemia más reciente de nuestra historia, la COVID-19. El uso de aguas residuales para la monitorización de patógenos y otras sustancias es algo que se había empleado históricamente y ha sido de gran utilidad durante esta crisis sanitaria para conocer el estado de salud de la población. Es una herramienta que, en base a la buena correlación observada respecto de los casos clínicos, se puede plantear como una alternativa complementaria a la información clínica ya que presenta ciertas ventajas sobre esta.

Palabras clave: Epidemiología, Aguas Residuales, virus, SARS-CoV-2, COVID-19.

1. INTRODUCCIÓN

El virus SARS-CoV-2, denominado así por sus siglas en inglés *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2*, es el agente causante de la enfermedad conocida como COVID-19, por la que la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró una pandemia mundial el 11 de marzo del 2020. Esta enfermedad infecciosa ha sido la última gran amenaza de la salud pública global, siendo responsable de un total de 7.038.623 muertes reportadas desde el primer caso reconocido en diciembre de 2019^[1] hasta la fecha^[2].

SARS-CoV-2 es un virus ARN monocatenario encapsulado, en concreto un betacoronavirus, perteneciente a la familia *Coronaviridae*^[3]. Al igual que otros coronavirus, tiene la capacidad de provocar infecciones respiratorias severas en humanos. La enfermedad puede manifestarse de forma leve a moderada en un 80% de los casos, mientras que en otros casos puede ser grave, críticas e incluso producir la muerte, pero también puede tener carácter asintomático^[3]. Siendo esta última circunstancia la que ha dificultado notablemente los esfuerzos para controlar la propagación del virus entre la población.

La epidemiología basada en aguas residuales es una herramienta muy útil para monitorizar la evolución de las enfermedades infecciosas y conocer

la situación sanitaria real de la población. Muchos microorganismos entéricos y respiratorios son excretados a través de las heces, saliva y otros fluidos a las aguas fecales urbanas, por personas infectadas ya sean sintomáticas o asintomáticas^[4]. Es por este motivo que, esta aproximación ha sido utilizada históricamente para la vigilancia de patógenos como el causante de la poliomielitis y más recientemente para monitorizar la evolución de la pandemia COVID-19^[5].

Con el objetivo de conocer el progreso de la presencia del virus en la población y su comportamiento a lo largo del tiempo, se realizó una cuantificación de la concentración del virus SARS-CoV-2 en doce puntos de muestreo diferentes a lo largo de la ciudad de Burgos, durante un periodo aproximado de dos años entre 2021 y 2023.

2. METODOLOGÍA

Con el objetivo de monitorizar la concentración del material genético de este coronavirus en las distintas localizaciones para cada una de las recogidas, se implementó un protocolo detallado, tal como se esquematiza en la Figura 1.

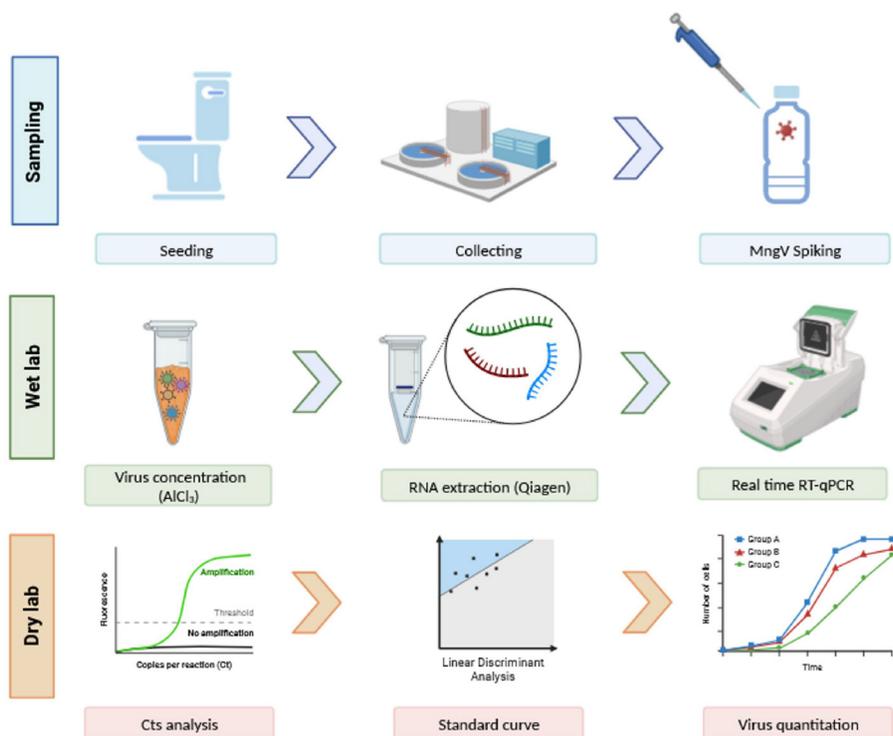


Figura 1. Flujo de trabajo en el análisis de virus a partir de muestras de agua residual mediante precipitación por cloruro de aluminio. Imagen creada en [BioRender.com](https://www.biorender.com).

En primer lugar, todas las muestras analizadas fueron inoculadas con una concentración conocida de Mengovirus (CECT), utilizado como estándar para evaluar la eficacia del proceso. Posteriormente, se llevó a cabo una precipitación mediante tricloruro de aluminio^[6] con el propósito de concentrar los virus presentes en las muestras. Seguidamente, se procedió a la extracción del ARN viral mediante el kit manual y comercial Qiamp® Viral RNA Mini kit. Finalmente, se estimó concentración de dos dianas genéticas, N1 y N2, de la nucleocápside del virus mediante la técnica RT-qPCR. Este proceso se realizó según el panel 2019-nCoV RUO Kit validado por el Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC por sus siglas en inglés *Centers for Disease Control and Prevention*)^[7].

Para cuantificar la presencia de SARS-CoV-2 se consideraron los diferentes factores de dilución aplicados a lo largo de todo el proceso, así como el porcentaje de recuperación del agente infeccioso, utilizando como referencia el virus control inoculada al inicio del procedimiento experimental. Cabe destacar, que durante el desarrollo de las técnicas se utilizaron los controles positivos y negativos pertinentes, para garantizar la fiabilidad y precisión de los resultados obtenidos.

3. RESULTADOS

Como resultado, hemos podido observar, una correlación entre las diferentes olas de casos clínicos reportadas durante el periodo estudiado y la concentración de virus presente en las muestras de aguas residuales, obtenida mediante la metodología anteriormente descrita.

Además, al tratarse de un proyecto a largo plazo que incluye parte del periodo pandémico y pospandémico, podemos comenzar a analizar y caracterizar el posible comportamiento futuro del virus, el cual continúa circulando entre la población. Previsiblemente, como es el caso de otros virus respiratorios como la gripe, su prevalencia es mayor en los meses de otoño e invierno.

4. CONCLUSIONES

La buena correlación observada entre la epidemiología clínica y la basada en aguas residuales sugiere que esta última puede ser una herramienta económica y complementaria para el estudio de la evolución de diversos patógenos que representan una amenaza para la salud pública. Este enfoque de monitorización nos brinda una visión más completa del estado de salud real de la población, al no depender exclusivamente de la presencia o ausencia de síntomas en los individuos, ni de su voluntad de acudir a un centro sanitario y ser sometido a pruebas más o menos invasivas para su diagnóstico.

Además, esta información puede ser de gran utilidad para las instituciones responsables de la salud pública ya que les proporciona datos precisos y oportunos para la toma de decisiones preventivas antes, durante o después de crisis sanitarias causadas por agentes infecciosos detectables mediante esta técnica. La capacidad de anticiparse a posibles brotes o de implementar me-

didadas de control de manera eficiente se ve fortalecida por la utilidad de la monitorización de aguas residuales como herramienta complementaria en la gestión de la salud pública.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por la Junta de Castilla y León a través de los fondos dedicados a las ayudas para financiar la contratación predoctoral de personal investigador, bajo la Orden de 12 de diciembre de 2019, de la Consejería de Educación, con la cofinanciación del Fondo Social Europeo.

Asimismo, queremos expresar nuestro agradecimiento por la colaboración brindada en el desarrollo de este trabajo, en virtud de los fondos acordados en el convenio de colaboración entre el Ayuntamiento de Burgos y la Universidad de Burgos, firmado en el año 2021; con la indispensable implicación de Aguas de Burgos.

REFERENCIAS

- [1] Hu B, Guo H, Zhou P, Shi ZL. Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19. *Nat Rev Microbiol*. 2021;19(3):141-54.
- [2] Number of COVID-19 deaths reported to WHO [Internet]. 2024. Disponible en: <https://data.who.int/dashboards/covid19/deaths?n=c>
- [3] Fernández-Pérez GC, Oñate Miranda M, Fernández-Rodríguez P, Velasco Casares M, Corral de la Calle M, Franco López Á, et al. SARS-CoV-2: what it is, how it acts, and how it manifests in imaging studies. *Radiologia*. 2021;63(2):115-26.
- [4] Pazda M, Kumirska J, Stepnowski P, Mulkiewicz E. Antibiotic resistance genes identified in wastewater treatment plant systems – A review. *Sci Total Environ*. 2019; 697:134023.
- [5] Singer AC, Thompson JR, Filho CRM, Street R, Li X, Castiglioni S, et al. A world of wastewater-based epidemiology. *Nat Water*. 2023;1(5):408-15.
- [6] Randazzo W, Cuevas-Ferrando E, Sanjuán R, Domingo-Calap P, Sánchez G. Metropolitan wastewater analysis for COVID-19 epidemiological surveillance. *Int J Hyg Environ Health*. 2020; 230:113621.
- [7] National Center for Immunization and Respiratory Diseases (U.S.). Division of Viral Diseases. 2019-novel coronavirus (2019-nCoV) real-time rRT-PCR panel primers and probes [Internet]. 2020. Disponible en: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/84525>.

PLANIFICACIÓN DE HORARIOS PARA PERSONAL SANITARIO CON ESTRATEGIAS EFICIENTES

PAULA ANTÓN MARAÑA¹, JOAQUÍN ANTONIO PACHECO BONROSTRO¹, JULIO CÉSAR PUCHE REGALIZA¹, SILVIA CASADO YUSTA¹

¹Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Burgos

Resumen

La planificación laboral adquiere especial relevancia en el ámbito sociosanitario, ya que la mayoría de los profesionales trabajan en turnos alternos, lo que dificulta la conciliación de la vida laboral y personal. En muchas ocasiones la asignación de horarios se hace considerando las preferencias de los trabajadores por trabajar o descansar en determinados turnos, mejorando su productividad y la calidad de la atención al paciente. Esto da lugar a modelos cuyos objetivos son maximizar la satisfacción de estas preferencias cumpliendo con las normas laborales. Normalmente, estos modelos incluyen dicha normativa en su formulación, siendo excesivamente complejos, y requieren de técnicas aproximadas para resolver instancias reales. En este trabajo proponemos una estrategia aplicada a un caso real de una residencia de la tercera edad en Burgos que consiste en generar todos los posibles conjuntos de turnos (patrón) que se pueden asignar a un profesional cumpliendo la normativa laboral; y posteriormente, diseñar un modelo simple de asignación de profesionales a patrones. La normativa laboral se satisface, aunque no aparece explícitamente, y el modelo resultante puede resolverse de forma exacta en instancias reales de gran tamaño.

Palabras clave: Recursos humanos sanitarios, programación laboral, optimización, modelos matemáticos eficientes.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación y contexto

La planificación laboral toma especial relevancia en el ámbito sanitario ya que la mayoría de profesionales trabajan en turnos alternos lo que supone una interferencia de la vida laboral con la personal [1]. Una de las prácticas habituales para facilitar al personal sanitario conciliar su trabajo con su vida personal es la asignación de horarios en función de las preferencias de los trabajadores, es decir, considerar sus turnos preferidos de trabajo y los días libres. De esta forma, se garantiza una asignación justa y equitativa [2] mejorando su rendimiento y su satisfacción laboral [3]-[5].

Además, la escasez de profesionales junto con el envejecimiento de la población ha impuesto una presión significativa en este sector [6], [7], especialmente en las residencias de la tercera edad. Debido a la mayor necesidad de servicios de cuidados de larga duración [8], es imprescindible poner el foco en la planificación de la mano de obra para conseguir mejorar la eficiencia y la distribución de la carga de trabajo [9], ofrecer un horario atractivo para hacer frente a la escasez de estos profesionales [10] y mejorar significativamente la calidad de vida de los residentes [11], [12]. A pesar de la problemática vivida durante la pandemia del Covid-19, la organización del personal de las residencias no ha sido un foco de estudio recurrente.

En definitiva, la planificación de horarios en centros sociosanitarios es crucial, contemplando numerosas normas y objetivos que generan modelos matemáticos complejos y, por ende, diversos enfoques de solución [13].

En este trabajo se aborda la planificación de los turnos en una residencia de Burgos (España), con el objetivo de maximizar la satisfacción de las preferencias de los profesionales sociosanitarios considerando reglas laborales y de cobertura. Estas reglas dan lugar a un modelo complejo, que se reformula con una estrategia eficiente haciéndolo más sencillo y compacto para que pueda ser resuelto de forma óptima en instancias reales.

1.2. Revisión de la literatura

La asignación de turnos a personal sociosanitario, es un tipo especial de *staff assignment* o *labor scheduling*, y consiste en el proceso de asignar turnos de trabajo a cada trabajador de tal forma que se cumplan un conjunto de requisitos operativos y normas para conseguir que el horario diseñado sea factible en un horizonte temporal típico de unas pocas semanas [14]. Entre las reglas más habituales destacamos la normativa laboral o del centro sanitario, los requisitos de cobertura de asistencia, la carga de trabajo, normas ergonómicas, las preferencias del personal y cualquier otro requisito específico del contexto [15].

Algunas de estas normas son de obligado cumplimiento (“reglas duras”), deben cumplirse para que la asignación de turnos sea válida y se consideran dentro de los modelos como restricciones. Otras normas pueden incumplirse, pero penalizan a la solución (“reglas blandas”) y, por ende, la función objetivo trata de minimizar el incumplimiento de estas [16].

Como recoge la revisión del estado del arte realizada por [13], desde hace décadas existe un importante interés en este campo. Los objetivos que se persiguen suelen ser minimizar el coste del personal o su exceso y escasez para atender a la demanda, el número de cambios de turno o de personal subcontratado, el incumplimiento de las restricciones blandas o maximizar la satisfacción de preferencias del personal por los turnos de trabajo. Este último se considera en la mayor parte de los trabajos, ya que se mejora la productividad laboral y la atención a los pacientes [1].

Sin embargo, los modelos matemáticos son tan complejos al considerar numerosas reglas que los autores acuden a estrategias heurísticas y metaheurísticas para obtener buenas asignaciones factibles en cortos periodos de tiempo como la Búsqueda de Vecindad Variable [16], Recocido Simulado [17], Búsqueda Tabú [18] y algoritmos genéticos [19], o incluso enfoques híbridos [20], estrategias mate-heurísticas [21] o hiperheurísticas [22].

Además, la mayor parte de estos estudios se han centrado en los hospitales. Pocos estudian la problemática de la planificación laboral en residencias usando modelos con numerosas restricciones y recurriendo a métodos aproximados para su resolución como [8], [23]-[25].

Otros autores con el propósito de simplificar el modelo plantean la generación de secuencias de turnos factibles (que cumplen la normativa) y su posterior asignación al personal. Sin embargo, muchos de ellos acaban recurriendo a estrategias heurísticas como en [26]-[28].

1.3. Contribución

A diferencia de los trabajos vistos en la revisión de la literatura, planteamos la construcción de una estrategia para construir modelos más eficientes en la programación laboral del personal de una residencia de la tercera edad. Proponemos generar todas las secuencias de turnos posibles (patrones), que consideran implícitamente las normas laborales y la equidad laboral, y reformular el problema sin incluir estas reglas explícitamente.

Esto da lugar a un modelo sencillo de asignación de patrones a profesionales sociosanitarios o auxiliares maximizando su satisfacción de preferencias por los turnos de trabajo con requisitos mínimos de cobertura. Además, puede resolverse de forma exacta para instancias reales de gran dimensión en tiempos de cálculo aceptables, frente a los modelos complejos que incorporan todas las normas y que solo consiguen resolver instancias de tamaño muy pequeño de forma aproximada.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El modelo que se considera en este trabajo está inspirado en el funcionamiento real de residencias de la ciudad de Burgos (España). Los periodos de planificación laboral para el personal sociosanitario que trabaja en cada residencia son de 35 días (5 semanas completas). Para cada periodo se consideran turnos de mañana (M), tarde (T) y noche (N). Los turnos son de 8 horas sin permitirse horas extras. Dentro de su horario no se consideran las horas de descanso o de comidas, por tanto, en este estudio no se tienen en cuenta la asignación de pausas. Obviamente también hay días de descanso (D). Los diferentes acuerdos y normativas laborales establecen las siguientes reglas:

- a. Debe de haber un número mínimo de auxiliares por turno para garantizar una calidad de servicio.
- b. Cada auxiliar no puede trabajar más de un turno por día.

- c. En cada periodo de planificación cada auxiliar trabaja 21 días y se descansan 14. Concretamente se trabaja en turno de mañana un lunes, un martes, un miércoles, un jueves, un viernes, un sábado y un domingo. No necesariamente esta secuencia es consecutiva ni en este orden. Lo mismo ocurre con los turnos de tarde y los de noche.
- d. El número mínimo de días trabajando de forma consecutiva en un turno (mañana, tarde o noche) no puede ser menos de 3 días. Lo mismo ocurre con los días de descanso.
- e. No se pueden trabajar más de 7 días consecutivos.
- f. No se puede trabajar más de 4 días consecutivos en turno de noche. Además, antes y después de estos días consecutivos trabajando de noche se debe descansar.

La primera regla se refiere a la calidad del servicio (asegurar un número mínimo de auxiliares en la residencia por turno), las siguientes reglas son de tipo laboral y afectan a cómo tiene que ser el conjunto de turnos que se asigne a cada auxiliar.

La gerencia de la residencia está apostando por políticas que aumenten la satisfacción laboral de sus trabajadores, y por ello, busca una herramienta que le permita planificar los turnos de 5 semanas a los auxiliares cumpliendo la anterior normativa. Esta asegura un equilibrio entre los trabajadores respecto a diferentes aspectos: mismo número de días trabajados (y descansados), mismo número de turnos de mañana, tarde o noche (7), mismo número de turnos trabajados en cada día de la semana (3), mismo número de turnos trabajados por día de la semana y turno (1). Por tanto, esta herramienta no plantea maximizar este equilibrio, porque implícitamente ya está garantizado. Lo que se busca con esta estrategia es maximizar la satisfacción de las preferencias de los auxiliares por los turnos específicos en los que prefiere no trabajar por asuntos personales esporádicos (vistas a médicos, celebraciones familiares, otros compromisos, etc.)

Para medir y maximizar estas preferencias cada trabajador dispone de 100 puntos, que “reparte” entre los turnos en los que prefiere descansar: cuanto más prefiera descansar en este turno mayor puntuación. El objetivo por tanto es maximizar la suma de las puntuaciones en los turnos de descanso en el periodo de planificación en el conjunto de todos los sociosanitarios.

3. METODOLOGÍA

La estrategia de construcción de las planificaciones consiste en dos fases. Primero, generar el conjunto de patrones factibles, es decir, que cumplan las diferentes normas laborales. Denominamos patrón a la secuencia de turnos de trabajo y de descanso que son asignados a un auxiliar a lo largo de un horizonte de planificación. Segundo, resolver problemas de asignación de patrones para maximizar el cumplimiento de las preferencias considerando la

restricción de cobertura para satisfacer el número mínimo de recursos necesarios por turno.

3.1. Estrategia para generar patrones factibles

Nos planteamos, partiendo de las reglas laborales especificadas en la sección 2, diseñar un mecanismo para generar todos los patrones posibles que pueden ser asignados a los auxiliares.

De la norma b), se deduce que en cada día concreto sólo se puede trabajar en un turno (mañana, tarde o noche) o descansar. Por tanto, definimos “bloque” como conjuntos de días consecutivos que se trabaja en un determinado turno (mañana, tarde o noche), o se descansa. Por tanto, hablaremos de bloques de mañana, tarde, noche o descanso.

De la norma c) se deduce que se trabajan 7 días en turnos de mañana. Por otra parte, los posibles bloques de mañana no pueden ser de menos de 3 días. Por tanto, solo pueden darse dos situaciones: 1) un bloque de 3 días y otro de 4; 2) un único bloque de 7 días. No puede haber un bloque de 5 y otro de 2; tampoco puede haber uno de 6 y otro de 1, etc. Por otra parte, la situación 2), un único bloque de 7 días, se puede considerar un caso particular de la situación 1) donde los bloques de 3 y 4 días están unidos (es decir aparecen de forma consecutiva). Por tanto, en un patrón factible debe haber un bloque de mañana de 3 días y otro de 4 días, que pueden aparecer unidos o separados. Lo mismo se puede concluir respecto de los bloques de tarde. De los bloques de noche también se puede concluir que debe haber uno de 3 y uno de 4, pero en estos bloques no pueden aparecer unidos ya que no se puede trabajar más de 4 días seguidos de noche.

Los bloques de descanso necesitan una discusión más detallada. La norma c) indica que hay 14 días de descanso. Estos 14 días no se pueden distribuir en 5 o más bloques ya que obligaría a que alguno fuera de menos de 3 días. Por otra parte, el mínimo número de bloques de descanso es 3. En efecto, por lo analizado anteriormente hay dos bloques de noche (uno de 3 y otro de 4). Estos bloques de noche sólo pueden ir precedidos o seguidos por días de descanso. Los otros 14 días trabajando (de mañana y tarde) se deben distribuir en al menos dos grupos. Estos dos grupos también deben ir precedidos o seguidos por días de descanso. Por tanto, hay al menos 4 grupos de días de trabajo, que estarían separados por (al menos) 3 bloques de descanso. La Fig. 1 ilustra esta situación. Obsérvese que los bloques de trabajo se han puesto en los extremos para permitir/forzar que haya menos bloques de descanso.

Mañana/Tarde	Descanso	Noche	Descanso	Mañana/Tarde	Descanso	Noche
--------------	----------	-------	----------	--------------	----------	-------

Figura 1. La distribución de los días de trabajo obliga a que haya al menos 3 bloques de descanso.

La tabla 2 muestra las 3 posibles distribuciones de todos los bloques según lo analizado anteriormente.

Tabla 2. Posibles distribuciones de los diferentes bloques.

#	Mañana	Tarde	Noche	Descanso	Total
A				3-3-3-5	3M-4M-3T-4T-3N-4N-3D-3D-3D-5D
B	3-4	3-4	3-4	3-3-4-4	3M-4M-3T-4T-3N-4N-3D-3D-4D-4D
C				4-5-5	3M-4M-3T-4T-3N-4N-4D-5D-5D

Así en la distribución A hay 10 bloques: 2 de mañana (1 de 3 días, 3M, y 1 de 4, 4M), 2 de tarde (3T y 4T), 2 de noche (3N y 4N) y 4 de descanso (3D, 3D, 3D y 4D). Obsérvese que estos 10 bloques se pueden considerar como un conjunto de 10 elementos en los que 1 se repite 3 veces (3D). De igual forma en la distribución B hay 10 bloques y se pueden considerar como un conjunto de 10 elementos en los que dos de ellos se repiten 2 veces cada uno (3D y 4D). Finalmente, en la distribución C hay 9 bloques y se pueden considerar como un conjunto de 9 elementos en los que uno de ellos se repite 2 veces (5D).

Una vez que se tienen las posibles distribuciones de patrones, se construye el conjunto de todos los patrones factibles siguiendo la siguiente estrategia:

- Para cada distribución se generan todas las posibles permutaciones de los elementos correspondientes.
- Para cada permutación se construye el patrón correspondiente.
- Si este patrón es factible se añade al conjunto de patrones factibles.

Con esta estrategia se han examinado 1.693.440 permutaciones (604.800 de la distribución A, 907.200 de la B y 181.440 de la C) y se han obtenido 492 patrones factibles. Para chequear la factibilidad de cada patrón se deben examinar las reglas c), e) y f) de la sección 2. No hace falta chequear la regla b) porque los patrones resultantes impiden que haya 2 turnos de trabajo el mismo día. Tampoco hace falta chequear la regla d) por el tamaño mínimo de cada bloque. En el caso de la regla c) por la composición de los bloques no hace falta chequear el número de días de trabajo ni de descanso; se debe chequear que para cada día de la semana se trabaje exactamente un turno de mañana, tarde y noche.

Para ilustrar esta estrategia consideramos un ejemplo de una permutación (distribución B) que resulta en un patrón factible: no hay más de 7 días de trabajo seguidos; no hay más de 4 días trabajando en turno de noche; los bloques de noche van precedidos y seguidos de día de descanso; y en cada día de la semana (lunes, martes, ...) se trabaja una vez de mañana, otra de tarde y otra de noche.

La Fig. 2 muestra el patrón correspondiente.

4M				3T			4D			3N			4D			3M			4T			3D			4N			3D							
M	M	M	M	T	T	T	D	D	D	D	N	N	N	D	D	D	D	M	M	M	T	T	T	T	D	D	D	D	N	N	N	N	D	D	D
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	

Figura 2. Patrón de turnos obtenidos de la permutación.

El método para generar patrones siguiendo la estrategia propuesta es un algoritmo sencillo. La implementación se ha hecho en lenguaje Object Pascal usando el compilador Delphi. La ejecución del mismo usó menos de un segundo. El método se ejecutó en un ordenador con procesador Intel(R) i9-10920X a 3.50GHz y 128 GB RAM.

3.2. Formulación modelo

Una vez construido el conjunto de todos los patrones factibles, es decir, las secuencias de turnos que cumplen las normas laborales definidas en la sección 2 y que pueden ser asignadas a un auxiliar se puede reformular el problema de una forma más compacta. Para ello se definen los siguientes términos:

I : conjunto de auxiliares sociosanitarios. Para simplificar tomamos $I = \{1, 2, \dots, m\}$, por tanto m es el número de auxiliares.

HT : conjunto de días en un horizonte temporal. $HT = \{p_1, p_2, \dots, p_{nd}\}$, por tanto nd es el número de días del periodo de planificación.

T : conjunto de turnos del horizonte temporal. $T = \{l_1, l_2, \dots, l_{ntt}\}$. Por tanto ntt es número de turnos. Como cada día hay 3 turnos (mañana, tarde y noche) entonces $ntt = 3 * nd$.

Π : conjunto de patrones factibles generados en la sección anterior; $\Pi = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$. Por tanto n es el número de patrones. Cada patrón P_j se puede considerar como un conjunto de turnos.

r_t : número de auxiliares necesarias en el turno l_t ; $t \in \{1, 2, \dots, ntt\}$

q_{it} : preferencia del auxiliar i por descansar el turno l_t ; $i \in I$; $t \in \{1, \dots, ntt\}$.

$\alpha = (\alpha_{jt})$ matriz de incidencia patrón/turno; donde $\alpha_{jt} = 1$ si el patrón P_j incluye el turno l_t y 0 en caso contrario; $j \in \{1, 2, \dots, n\}$, $t \in \{1, 2, \dots, ntt\}$

f_{ij} : preferencia del auxiliar i por el patrón factible P_j ; $i \in I$; $j \in \{1, 2, \dots, n\}$, es decir, la suma de las preferencias por los turnos de descanso que hay en ese patrón, se define como:

$$f_{ij} = \sum_{t=1}^{ntt} q_{it} \cdot (1 - \alpha_{jt})$$

Como variable de decisión se define, $\forall i \in I, \forall j \in \{1, 2, \dots, n\}$:

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el auxiliar } i \text{ tiene asignado el patrón } j \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

El problema se puede formular como:

$$\max \sum_{i \in I} \sum_{j=1}^n f_{ij} \cdot y_{ij} \quad (1)$$

sujeto a

$$\sum_{i \in I} \sum_{j=1}^n a_{jt} \cdot y_{ij} \geq r_t \quad \forall t \in \{1, 2, \dots, ntt\} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (3)$$

$$y_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, n\} \quad (4)$$

En la ecuación 1 se define el objetivo de maximizar el cumplimiento de las preferencias de los trabajadores con el patrón asignado, la ecuación 2 refleja que el número mínimo de auxiliares en cada turno de cada patrón debe estar cubierto y la ecuación 3 establece que cada auxiliar debe tener asignado un patrón.

De esta forma este nuevo modelo (llamado posteriormente modelo 2) formula el problema de forma más compacta y como se mostrará en la siguiente sección es más eficiente que un modelo matemático que recoja todas las reglas laborales definidas en la sección 2 como restricciones explícitas (llamado modelo 1).

4. RESULTADOS

En esta sección se van a mostrar los resultados de comparar ambos modelos en software comercial de optimización. Todas las pruebas se han realizado en un ordenador con procesador Intel(R) i9-10920X a 3.50GHz y 128 GB RAM.

4.1. Definición de instancias

Las instancias que se van a usar en las pruebas computacionales, se basan en los datos reales anteriormente descritos. Por tanto, para cada periodo de planificación hay $ntt = 105$. Como en el caso real r_t es contante, es decir, no depende del turno ($r_t = r$) y el número de turnos que trabaja cada auxiliar es 21 se necesitarían al menos 5 auxiliares en plantilla, por cada uno que se requiera por turno en la residencia, es decir, $m = 5 \cdot r$. Se van considerar instancias de diferente tamaño $m = 5, 10, 20, 30, 50, 70, 100$ y 160 (por tanto, $r = 1, 2, 4, 6, 10, 14, 20$ y 32). Para cada valor de m se van a generar 5 instancias. En total, se generan 40 instancias.

En el caso real, los auxiliares disponen de 100 puntos que reparten entre los turnos en los que prefieren descansar: a mayor puntuación más preferencia por descansar ese turno. Por tanto, las puntuaciones otorgadas a cada turno se

corresponden con los valores q_{it} . Para cada instancia los valores q_{it} se generan de forma aleatoria con tal de que sumen 100 para cada trabajador.

4.2. Pruebas computacionales

Con las 40 instancias se han realizado pruebas para contrastar los resultados de ambos modelos. De esta forma se puede analizar la eficacia y eficiencia de la estrategia propuesta de generar patrones factibles (Modelo 2). Para realizar esta comparación se han usado dos conocidos programas comerciales de optimización: CPLEX y HEXALY (anteriormente conocido como LocalSolver). Cada instancia ha sido probada en ambos modelos y en ambos programas. Se ha limitado el tiempo de computación a 3.600 segundos (para cada combinación de instancia, modelo y programa).

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos. Concretamente se muestra el valor de la función objetivo (Pref) y el tiempo de computación en segundos (C.T.).

Tabla 2. Resultados de ambos modelos con diferente software comercial.

Instancias		CPLEX				HEXALY			
		Modelo 1		Modelo 2		Modelo 1		Modelo 2	
<i>m</i>	#	Pref	C.T.	Pref	C.T.	Pref	C.T.	Pref	C.T.
5	1	431	5.08	431	0.31	431	404	431	0
	2	424	10.05	424	0.24	424	1192	424	1
	3	427	9.63	427	0.22	427	1671	427	0
	4	430	6.06	430	0.22	430	934	430	1
	5	424	10.77	424	0.22	424	635	424	1
10	1	859	> 3600	863	0.25	799	> 3600	863	0
	2	862	> 3600	867	0.41	836	> 3600	867	1
	3	847	> 3600	854	0.34	806	> 3600	854	1
	4	862	> 3600	869	0.23	853	> 3600	869	0
	5	849	> 3600	860	0.36	825	> 3600	860	1
20	1	-	> 3600	1736	0.72	1592	> 3600	1736	2
	2	-	> 3600	1755	0.62	1594	> 3600	1755	2
	3	-	> 3600	1745	0.64	1615	> 3600	1745	2
	4	-	> 3600	1742	0.75	1614	> 3600	1742	2
	5	-	> 3600	1750	0.62	1627	> 3600	1750	2
30	1	-	> 3600	2626	0.89	2375	> 3600	2626	3
	2	-	> 3600	2625	1	2401	> 3600	2625	4
	3	-	> 3600	2627	0.67	2399	> 3600	2627	0
	4	-	> 3600	2599	0.72	2397	> 3600	2599	1
	5	-	> 3600	2630	0.88	2427	> 3600	2630	4

50	1	-	> 3600	4395	1.48	4024	> 3600	4395	7
	2	-	> 3600	4384	1.52	4034	> 3600	4384	7
	3	-	> 3600	4378	1.55	4035	> 3600	4378	8
	4	-	> 3600	4362	1.69	4005	> 3600	4362	6
	5	-	> 3600	4404	1.59	4013	> 3600	4404	6
70	1	-	> 3600	6135	2.42	5643	> 3600	6135	9
	2	-	> 3600	6122	2.34	5625	> 3600	6122	10
	3	-	> 3600	6134	2.25	5621	> 3600	6134	8
	4	-	> 3600	6117	2.41	5648	> 3600	6117	9
	5	-	> 3600	6133	2.42	5635	> 3600	6133	10
100	1	-	> 3600	8796	4.12	8031	> 3600	8796	17
	2	-	> 3600	8774	3.05	8026	> 3600	8774	1
	3	-	> 3600	8791	4.62	8110	> 3600	8791	14
	4	-	> 3600	8780	3.95	8026	> 3600	8780	15
	5	-	> 3600	8784	3.7	8069	> 3600	8784	15
160	1	-	> 3600	14006	8.06	12827	> 3600	14006	35
	2	-	> 3600	14041	7.62	12795	> 3600	14041	29
	3	-	> 3600	14033	8.78	12937	> 3600	14033	33
	4	-	> 3600	13999	8.61	12807	> 3600	13999	30
	5	-	> 3600	14034	7.12	12928	> 3600	14034	30

De la tabla 2 se puede concluir lo siguiente:

- Si nos fijamos en los resultados de CPLEX, para instancias de tamaño muy pequeño (5 auxiliares en plantilla), ambos modelos finalizan en pocos segundos obteniendo el óptimo. Para 10 auxiliares, el modelo 1 no consigue finalizar en ninguna instancia en el tiempo establecido, mientras que con el modelo 2 se consigue el óptimo en menos de 1 segundo. No obstante, el modelo 1 obtiene soluciones razonablemente buenas si las comparamos con el óptimo. Para 20 o más auxiliares, el modelo 1 no es capaz de encontrar soluciones factibles, mientras que el modelo 2 consigue encontrar el óptimo para todos los tamaños e instancias en pocos segundos (en ningún caso superan los 9 segundos).

- Con respecto a los resultados de HEXALY para 5 auxiliares, ambos modelos finalizan obteniendo el óptimo. Pero mientras el modelo 2 lo hace en décimas de segundo (menos de 1 segundo) el modelo 1 emplea mucho más tiempo (de 404 a 1671 segundos). Para 10 o más auxiliares, el modelo 1 no consigue finalizar en ninguna instancia en el tiempo establecido, mientras que con el modelo 2 se consigue el óptimo en pocos segundos (menos de 36 segundos en la instancia donde más tiempo se emplea). No obstante, en estos casos, el modelo 1 obtiene soluciones factibles, aunque alejadas del óptimo.

- Analizando el comportamiento de ambos solvers en modelo 1, en instancias pequeñas parece funcionar mejor CPLEX (algo más rápido para 5 auxiliares, y mejores soluciones para 10 auxiliares). Pero en instancias mayores no es capaz de encontrar soluciones factibles, mientras que HEXALY sí. Con el modelo 2, los dos solvers obtienen soluciones óptimas, siendo más rápido CPLEX. Esta diferencia en los tiempos de computación se aprecia más según aumenta el tamaño de las instancias.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo propone una estrategia para un problema real de planificación de horarios de una residencia de la tercera edad en Burgos (España). Se propone una formulación más simple para el modelo matemático que pretende maximizar la satisfacción de las preferencias de estos profesionales teniendo en cuenta las normas laborales y de cobertura de servicio, frente a otros modelos muy complejos que incorporan en su formulación toda la normativa como restricciones. Como solución acuden a las estrategias de solución aproximadas para obtener buenas asignaciones factibles en cortos periodos de tiempo.

La estrategia propuesta para resolver este problema consiste en dos fases: primero, desarrollar un método para generar todas las secuencias de turnos (patrones) que cumplen la normativa laboral; y segundo, reformular el problema como un problema de asignación de patrones a profesionales con restricciones de cobertura.

En definitiva, esta estrategia es más eficiente y eficaz, al resolver de forma óptima instancias de gran tamaño y reales en pocos segundos.

Aplicar esta estrategia de planificación más eficiente permite ahorrar recursos en su ejecución optimizando la asignación, así como maximizar la satisfacción de las preferencias del personal por los turnos de trabajo mejorando su productividad y, por ende, la calidad de atención a los pacientes.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Agencia Estatal de Investigación (Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España) y Fondos FEDER (Proyectos de Generación de Conocimiento) a través del proyecto “Metodologías para la resolución de problemas con criterios económicos, sociales y ambientales. Aplicación a la gestión de recursos sanitarios” (ECOSOEN-SALUD, ref. subvención PID2022-139543OB-C44). También ha contado con el apoyo del Ministerio de Universidades español en el marco del Programa de Formación del Profesorado Universitario (FPU/00606-2021). Los autores agradecen profundamente el apoyo económico recibido.

REFERENCIAS

- [1] S. Hassan Helaly, H. Ismail Ali, K. Abdel Ghafar Ali, Z. Mohammed Aysha, y N. Elgharib Mohamed Mostafa Eldiasty, «Effect of Nursing Activities on the Quality of Work-life Balance, Absenteeism, and Job

- Satisfaction among Nurses at Intensive Care Units», *Egyptian Journal of Health Care*, vol. 13, n.º 1, pp. 2011-2029, mar. 2022, doi: <https://doi.org/10.21608/EJHC.2022.269778>.
- [2] P. D. G. K. Wijaya y I. G. M. Suwandana, «The Role of Job Satisfaction, Work-life Balance on the Job Performance of Female Nurses at Local General Hospital», *European Journal of Business and Management Research*, vol. 7, n.º 1, pp. 208-212, feb. 2022, doi: <https://doi.org/10.24018/EJBMR.2022.7.1.1268>.
- [3] H. Noda, «Work–Life Balance and Life Satisfaction in OECD Countries: A Cross-Sectional Analysis», *J Happiness Stud*, vol. 21, n.º 4, pp. 1325-1348, abr. 2020, doi: <https://doi.org/10.1007/s10902-019-00131-9>.
- [4] I. Rizany, Rr. T. S. Hariyati, E. Afifah, y Rusdiyansyah, «The Impact of Nurse Scheduling Management on Nurses’ Job Satisfaction in Army Hospital: A Cross-Sectional Research», *Sage Open*, vol. 9, n.º 2, p. 215824401985618, abr. 2019, doi: <https://doi.org/10.1177/2158244019856189>.
- [5] B. Sumanarathna y S. M. A. K. Samarakoon, «The Effect of Work-life Balance Policies on the Retention Intention of Executive Women Employee in Information Technology (IT) Industry in Sri Lanka», *Journal of Human Resource Management*, vol. 14, n.º 1, p. 1, jun. 2019, doi: <https://doi.org/10.4038/KJHRM.V14I1.63>.
- [6] Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud para Europa, «Health and care workforce in Europe: time to act», Copenhagen, 2022. Accedido: 8 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289058339>
- [7] Organización Mundial de la Salud, «Ageing and health». Accedido: 10 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
- [8] Y.P. Tsang, C. H. Wu, P. P. L. Leung, W. H. Ip, y W. K. Ching, «Blockchain-IoT-Driven Nursing Workforce Planning for Effective Long-Term Care Management in Nursing Homes», *J Healthc Eng*, vol. 2021, pp. 1-19, nov. 2021, doi: <https://doi.org/10.1155/2021/9974059>.
- [9] J. Buchan, H. Catton, y F. Shaffer, «Sustain and Retain in 2022 and Beyond», 2022. Accedido: 18 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.icn.ch/resources/publications-and-reports/sustain-and-retain-2022-and-beyond>
- [10] P. D. Wright y K. M. Bretthauer, «Strategies for Addressing the Nursing Shortage: Coordinated Decision Making and Workforce Flexibility», *Decision Sciences*, vol. 41, n.º 2, pp. 373-401, may 2010, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2010.00269.x>.

- [11] V. M. Boscart *et al.*, «The associations between staffing hours and quality of care indicators in long-term care», *BMC Health Serv Res*, vol. 18, n.º 1, p. 750, dic. 2018, doi: <https://doi.org/10.1186/s12913-018-3552-5>.
- [12] K. Stutte, S. Hahn, K. Fierz, y F. Zúñiga, «Factors associated with aggressive behavior between residents and staff in nursing homes», *Geriatr Nurs (Minneap)*, vol. 38, n.º 5, pp. 398-405, sep. 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2017.02.001>.
- [13] C. M. Ngoo, S. L. Goh, S. N. Sze, N. R. Sabar, S. Abdullah, y G. Kendall, «A Survey of the Nurse Rostering Solution Methodologies: The State-of-the-Art and Emerging Trends», *IEEE Access*, vol. 10, pp. 56504-56524, 2022, doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3177280>.
- [14] M. Rajeswari, J. Amudhavel, S. Pothula, y P. Dhavachelvan, «Directed Bee Colony Optimization Algorithm to Solve the Nurse Rostering Problem», *Comput Intell Neurosci*, vol. 2017, pp. 1-26, 2017, doi: <https://doi.org/10.1155/2017/6563498>.
- [15] R. M'Hallah y A. Alkhabbaz, «Scheduling of nurses: A case study of a Kuwaiti health care unit», *Oper Res Health Care*, vol. 2, n.º 1-2, pp. 1-19, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/J.ORHC.2013.03.003>.
- [16] M. Abdelghany, A. B. Eltawil, Z. Yahia, y K. Nakata, «A hybrid variable neighbourhood search and dynamic programming approach for the nurse rostering problem», *Journal of Industrial and Management Optimization*, vol. 17, n.º 4, p. 2072, 2021, doi: <https://doi.org/10.3934/JIMO.2020058>.
- [17] S. Ceschia, L. Di Gaspero, V. Mazzaracchio, G. Policante, y A. Schaerf, «Solving a real-world nurse rostering problem by Simulated Annealing», *Oper Res Health Care*, vol. 36, p. 100379, mar. 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2023.100379>.
- [18] R. Ramli, S. N. I. Ahmad, S. Abdul-Rahman, y A. Wibowo, «A tabu search approach with embedded nurse preferences for solving nurse rostering problem», *International Journal for Simulation and Multidisciplinary Design Optimization*, vol. 11, p. 10, 2020, doi: <https://doi.org/10.1051/SMDO/2020002>.
- [19] M. R. Hassani y J. Behnamian, «A scenario-based robust optimization with a pessimistic approach for nurse rostering problem», *J Comb Optim*, vol. 41, n.º 1, pp. 143-169, ene. 2021, doi: <https://doi.org/10.1007/S10878-020-00667-0/FIGURES/19>.
- [20] L. Huang, C. Ye, J. Gao, P.-C. Shih, F. Mngumi, y X. Mei, «Personnel Scheduling Problem under Hierarchical Management Based on Intelligent Algorithm», *Complexity*, vol. 2021, pp. 1-14, ene. 2021, doi: <https://doi.org/10.1155/2021/6637207>.
- [21] T. I. Wickert, A. F. Kummer Neto, M. M. Boniatti, y L. S. Buriol, «An integer programming approach for the physician rostering problem»,

- Ann Oper Res*, vol. 302, n.º 2, pp. 363-390, jul. 2021, doi: <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03552-5>.
- [22] A. Kheiri, A. Gretsista, E. Keedwell, G. Lulli, M. G. Epitropakis, y E. K. Burke, «A hyper-heuristic approach based upon a hidden Markov model for the multi-stage nurse rostering problem», *Comput Oper Res*, vol. 130, p. 105221, jun. 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2021.105221>.
- [23] R. Bekker, D. Moeke, y B. Schmidt, «Keeping pace with the ebbs and flows in daily nursing home operations», *Health Care Manag Sci*, vol. 22, n.º 2, pp. 350-363, jun. 2019, doi: <https://doi.org/10.1007/s10729-018-9442-x>.
- [24] S. Jiang, M. Li, K. Hyer, y N. Kong, «Optimal Nursing Home Shift Scheduling: A Two-Stage Stochastic Programming Approach», en *IEEE 16th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)*, IEEE, ago. 2020, pp. 132-137. doi: <https://doi.org/10.1109/CASE48305.2020.9216967>.
- [25] P. P. L. Leung, C. H. Wu, G. T. S. Ho, W. H. Ip, y W. L. Mou, «Workforce modelling, analysis and planning: A feasibility study in a local nursing home», en *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, IEEE, dic. 2015, pp. 1337-1341. doi: <https://doi.org/10.1109/IEEM.2015.7385865>.
- [26] N. Yabing, B. Wang, y H. Xingbao, «An adaptive method with local search for nurse rostering problem», en *34th Chinese Control Conference (CCC)*, 2015, pp. 2726-2731. doi: <https://doi.org/10.1109/ChiCC.2015.7260055>.
- [27] E. K. Burke, J. Li, y R. Qu, «A Pareto-based search methodology for multi-objective nurse scheduling», *Ann Oper Res*, vol. 196, n.º 1, pp. 91-109, 2012, doi: <https://doi.org/10.1007/s10479-009-0590-8>.
- [28] S. Haddadi, «Three-phase method for Nurse Rostering», *International Journal of Management Science and Engineering Management*, vol. 14, n.º 3, pp. 193-205, 2019, doi: <https://doi.org/10.1080/17509653.2018.1534619>.

SESIÓN DE PÓSTERS

EDUINA GRANDE DOMÍNGUEZ

Perceptual reasoning como endofenotipo de la Psicosis. Una revisión sistemática.

IRENE ROMO DÍEZ

Estudio geocronológico del Yacimiento de la Gran Dolina (Atapuerca, Burgos) mediante ESR (Resonancia Paramagnética Electrónica) y Paleomagnetismo.

PERCEPTUAL REASONING COMO ENDOFENOTIPO DE LA PSICOSIS. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.

EDUINA GRANDE-DOMÍNGUEZ¹, MARÍA-CAMINO ESCOLAR-LLAMAZARES² Y
RAFAEL RIVAS MORCILLO³

^{1,2}*Universidad de Burgos.*

³*Universidad Nacional de Educación a Distancia*

Resumen

Perceptual reasoning supone la capacidad de percibir, procesar e interpretar la información. Implica un control perceptivo para lo que resulta imprescindible contar con esquemas cognitivos (ej.: expectativas) o, conocimiento previo que facilite ese control. **Objetivo.** Analizar las evidencias aportadas en estudios previos y comprobar si resulta factible proponer a los esquemas cognitivos (englobando en estos al perceptual reasoning) como posibles endofenotipos de la psicosis. **Método.** Se ha llevado a cabo una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA (PROSPERO 2017 CRD42017080305) de los estudios empíricos encontrados en WOS y Scopus (adicionalmente en Google Scholar). **Resultados.** Se ha obteniendo un total de 18 estudios que han podido ser categorizados en tres niveles: expectativas, percepción y funciones ejecutivas. **Conclusiones.** Los resultados muestran una consistencia en la influencia de los esquemas cognitivos como factor de riesgo en alucinaciones y delirios. La influencia de estos en la psicosis no ha podido demostrarse de forma precisa, sino que es inferida a partir de los resultados de los estudios. Si bien parece que dicha influencia estaría condicionada por la progresión de la enfermedad.

Palabras clave. hallucinations, delusions, prior believes, perception, recognition

1. INTRODUCCIÓN

Una alteración en el procesamiento de predicciones subjetivas y el estímulo sensorial puede derivar en una afectación de la percepción y las inferencias subsiguientes en psicosis. No obstante, todavía se desconoce la naturaleza de la generación de estas expectativas en base al conocimiento previo, así como, el grado de variabilidad posible dentro del estado premórbido de la psicosis [1]. Por ello, es importante estudiar el fenómeno en los dos niveles que lo componen, tanto el cognitivo como el perceptual [2]. Ambos actúan en

una relación dinámica y sinérgica con importantes implicaciones en el modo en cómo se percibe el ambiente (externo o interno).

En los últimos años la confluencia de las diferentes ramas del saber está resultando muy fructífera. Existen cada vez más modelos que integran concepciones que van desde la fisiología, biología hasta la psicología o la física teórica en base a modelos [3,4]. Esto abre el campo de comprensión de una forma exponencial y aumenta la potencialidad de resolución de la ciencia.

Hasta ahora, los estudios se habían centrado en la alteración atencional de los esquizofrénicos. En los últimos años, se ha encontrado diversas alteraciones en las funciones ejecutivas a partir de estudios realizados desde el ámbito de la neuropsicología [5,6]. No obstante, ninguno se había adentrado en los posibles mecanismos dentro de dichas alteraciones.

El presente estudio tiene por objetivo analizar de forma sistemática las evidencias empíricas disponibles acerca de las formas de percepción, entendida como reconocimiento y no tanto como detección, en población clínica con psicosis (esquizofrenia). Estudiar la implicación de esquemas cognitivos, en concreto, las expectativas en los resultados diferencias de dicha población clínica (esquizofrenia) respecto a aquellos resultados realizados por el grupo control (línea base). Así como, esclarecer el rol de los esquemas cognitivos como marcador biológico o endofenotipo de la psicosis

2. METODOLOGÍA

En este trabajo se ha llevado a cabo una revisión sistemática de la literatura científica publica en materia de psicosis y en relación con dimensiones puramente cognitivas (esquemas cognitivos). En línea con modelos más enfocados a una perspectiva top-down, dentro de las teorías de orden superior (Higuer Order Theories, HOT).

Para su elaboración, se han seguido las directrices de la declaración PRISMA para la correcta realización de revisiones sistemáticas. Además, se contó con las directrices de protocolo obtenidas a partir de Prospero (PROSPERO 2017 CRD42017080305). A continuación, se describe el proceso de elaboración en sus diferentes fases.

2.1. Selección de estudios y criterios de elegibilidad

Para la selección de artículos se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

2.1.1. Inclusión

Se tuvieron en cuenta trabajos empíricos que estudien el control perceptual en personas adultas con diagnóstico de Psicosis o, familiares biológicos de primer grado de éstos, con grupo de control de sujetos sin patologías psiquiátricas. También se consideraron aquellos estudios que incluyan población

infantil sensible a padecer este tipo de sintomatología por considerarse a esta población de riesgo.

Se consideraron aquellos artículos científicos formado por participantes con participantes sin, aunque también se consideraron a personas dentro del espectro (trastorno esquizoafectivo, trastorno esquizofreniforme o trastorno delirante). Finalmente, se decidió considerar también demencias con delirio y alucinaciones (demencias severas).

- Se consideraron aquellos estudios que especifiquen grupo de control
- También se consideraron aquellos trabajos de rendimiento comparado en grupo con y sin diagnóstico psiquiátrico.
- Ser publicados en inglés o español.
- Ser publicados en open Access.
- Contar con datos estadísticos consistentes y adecuadamente desarrollados o presentados en el artículo, así como, adecuada presentación del mismo.

2.1.2. Exclusión

- No se tuvieron en cuenta para la presente revisión Revisiones sistemáticas, otros metaanálisis, tesis doctorales, capítulos de libros, estudios de caso, presentación de congresos ni aquellos que contarán con muestra animal.
- Se rechazaron aquellos estudios que presentan dudas en su presentación por insuficiencia de datos de interés para la presente revisión o, los mismos resulten confusos o poco claros. Para lo que se utilizó mecanismos como sistema CLADE para el análisis de la calidad de la evidencia y preguntas PICO como criterio de elegibilidad, junto con el uso de instrumentos para la lectura crítica de CASPe (Critical Appraisal Skills Programme en español, para revisiones sistemáticas).

El proceso de búsqueda queda descrito en el diagrama de flujo representada en la Figura 1.

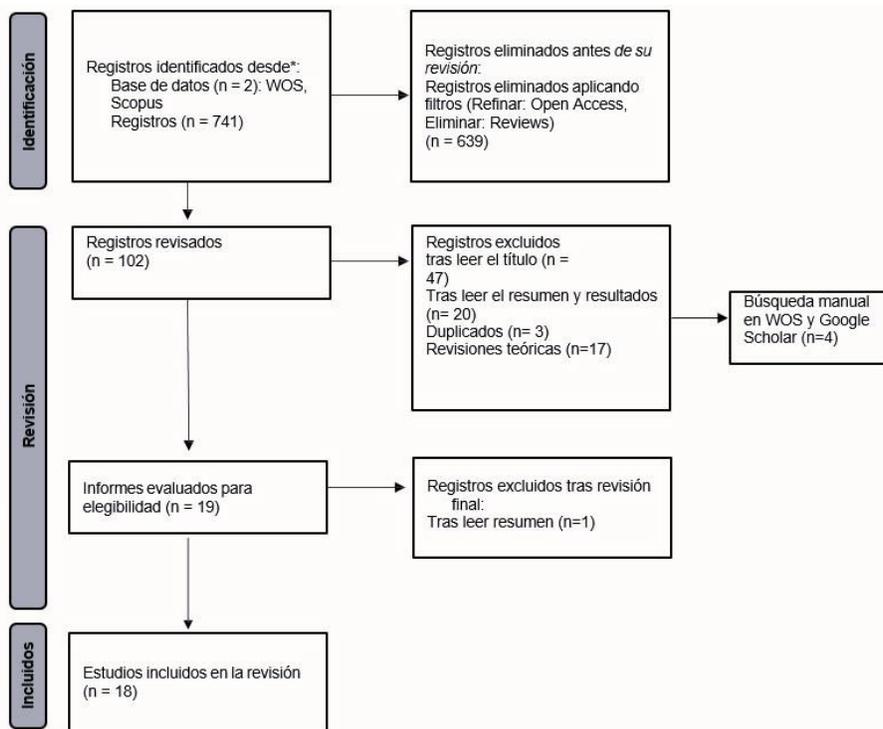


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA en cuatro niveles

Según los criterios establecidos, sólo con la lectura del título se eliminaron 47 artículos, 20 artículos debieron ser eliminados tras la lectura del resumen, pero, sobre todo, tras analizar los resultados (exposición de los resultados). En este proceso, 3 artículos fueron eliminados por estar duplicados y 17 artículos eliminados por tratarse de revisiones teóricas. Ante estos resultados en el proceso se decidió incorporar algunos artículos adicionales a través de búsqueda manual en Science Direct y Google Scholar. En estos buscadores se consiguieron aportar dos artículos de uno de los autores principales del campo objeto de estudio y otros dos artículos en lengua castellana. En el primer caso se consideraba que, al no aparecer incluido en la búsqueda uno de los autores estudiados sobre la materia objeto de estudio, se hacía pertinente su incorporación de manera manual. Los estudios de Seth son reconocidos y poseen un alto impacto en el ámbito científico, se consideraba imprescindible su incorporación al análisis de la investigación realizada hasta la fecha de la predicción en la psicosis.

De otra parte, los dos últimos artículos corresponden con estudios en castellano realizados en España. En el resultado de búsqueda no se recogió ningún artículo en línea con lo expuesto. Se consensó la pertinencia de in-

corporar estudios que también se estuvieran realizando en el país en el que se estaba realizando esta revisión sistemática. De otra parte, se considera que dicho análisis sería más objetivo y aportaría valor aditivo a las variables cuantitativas del mismo.

Tras el análisis de estas últimas incorporaciones y aplicando los criterios establecidos, se pudieron incorporar a los resultados dada su idoneidad. De igual forma, tras las búsquedas independientes, se utilizó un proceso de evaluación por pares. El acuerdo entre las dos evaluaciones (coeficiente kappa = .71) mostró un apreciable nivel de concordancia (evitando la necesidad de un tercer evaluador). Los estudios se clasificaron posteriormente a partir de las dimensiones estudiadas, susceptibles de suponer marcadores biológicos o endofenotipo. De este modo la clasificación quedo como sigue, expectativas como esquemas cognitivos, inferencias como interpretación de la percepción sensorial y monitorización como forma de integrar las principales dimensiones neuropsicológicas (memoria, control atencional, razonamiento, toma de decisiones).

3. RESULTADOS

El análisis posterior de dichos estudios permitió establecer tres dimensiones, pudiendo ser estos agrupados en las mismas. A continuación, se describe las dimensiones, elementos clave y los artículos adscritos a esas dimensiones.

Expectativas. Algunos de los estudios han encontrado diferencias significativas en las tareas de discriminación (enmascaramiento) entre pacientes esquizofrénicos respecto aquellos que sin presentar síntomas son considerados de alto riesgo [7]. De hecho, en estos estudios se llegó a establecer que la psicosis puede ser debido a una alteración a nivel perceptual (sensorial o bottom-up). Siendo compensada en niveles cognitivos (top-down), lo que puede derivar finalmente en una interpretación de la información que no ha podido ser correctamente transferida e interpreta y dar lugar a experiencias ilusorias o psicosis [8,9]. Esto explicaría porque se producen episodios psicóticos. Si la estrategia compensatoria resulta efectiva, el proceso cognitivo resulta funcional. Sin embargo, si se produce una compensación inefectiva, el proceso cognitivo resultante no es funcional y se produce el episodio psicótico. Estos planteamientos concuerdan con planteamiento previos [10,11]. Otros estudios, en esta misma línea de investigación, encontraron que las anomalías perceptivas y alucinaciones estaban asociados con cambios en las inferencias alcanzadas, no sólo desde la percepción sensorial sino también desde la influencia de las creencias previas [12,13]. De nuevo, una alteración en la percepción sensorial puede contribuir a una alteración en la inferencia probabilística posterior. Esto sugiere que una alteración perceptiva condicionada por experiencias previas condiciona las inferencias subsecuentes, lo que puede generar y estar en la base de las experiencias psicóticas [14]. Esto mismo puede afectar al paso previo a la toma de decisiones, lo que estaría en la base de la idiosincrática

respuesta de pacientes esquizofrénicos en tareas de percepción de pérdidas y ganancias [15].

Percepción. Otros estudios analizados usaban tareas más enfocadas a la percepción puramente. Mediante tareas sensoriales de tipo sensaciones propioceptivas se pudo demostrar la maleabilidad de la sensación de pertenencia corporal. Dicho de otro modo, a través de la manipulación cognitiva se podía condicionar la propia percepción corporal induciendo estados que no eran reales en población no clínica [16]. Incluso en otros estudios se intensificó la alteración de la experiencia mediante el uso de hipnosis. Los resultados fueron los esperados a partir de aquellas sugerencias inducidas por un contexto hipnótico. La respuesta hipnótica y las mediciones del fenómeno propioceptivo reflejaron rasgos diferenciados en el fenómeno de control experiencial. Esto puede ser explicado desde un procesamiento top-down, entre otros posibles mecanismos [17,18].

De otra parte, en otro estudio se demostró una mayor dificultad para describir sensaciones, así como una dificultad para identificar sensaciones junto con una diferencia en los razonamientos acerca de las percepciones del exterior, en población esquizofrénica respecto a población sin psicosis [19].

Funciones ejecutivas. En contraste con investigaciones previas en las que se asumía que los déficits encontrados en los procesos de selección están mediados genéticamente, algunos de los estudios analizados en esta revisión han mostrado resultados contradictorios en este sentido. En algunos estudios se han obtenido peores resultados en población de riesgo que en población clínica [20]. Esto es, se dan peores resultados en aquella población que todavía no manifiesta síntomas que en aquella otra que ya ha desarrollado por completo dichos síntomas. Esto pone en duda una base genética de fondo, pues los déficits deberían continuar manifestándose en estadios posteriores o, incluso, empeorar. Esto no es lo que se ha podido encontrar en estos análisis, parece que más bien se va produciendo una respuesta compensatoria del sistema nervioso central mediante. El cerebro parece realizar un esfuerzo por estabilizar el sistema o recuperar la homeostasis en trastornos mentales tipo esquizofrenia.

En las últimas décadas se entendía los déficits cognitivos en esquizofrenia como alteraciones perceptivas, concretamente, desde los niveles atencionales más elementales. Sin embargo, se ha podido comprobar que el deterioro se encuentra en niveles intermedios entre los más puramente perceptivos como son las respuestas atencionales y aquellas propiamente cognitivas, como son las funciones ejecutivas (razonamiento, resolución de problemas o toma de decisiones). Esto es lo que se ha podido contrastar a través de la búsqueda de patrones en tareas de reconocimiento facial y reconocimiento de emociones, donde no se produce tanto un problema de detección de patrones o reconocimiento de caras en sí, sino más bien una dificultad en la integración e interpretación de los datos [21,22,23]. Más concretamente, en otro estudio se

analizó funciones de monitorización obteniendo errores de atribución de fuentes externas en pacientes esquizofrénicos [24]. Lo mismo se pudo apreciar en otro estudio de categorías semánticas dónde se produjo una sobre atribución de categorías negativas en pacientes esquizofrénicos, manifestando una mayor sensibilidad a las valoraciones negativas [25]. También en estudios que analizaron alteraciones de memoria plantearon argumentos en esta misma línea [26].

No obstante, en otro estudio se pudo observar un deterioro cognitivo generalizado, tanto atencional como ejecutivo, en población con esquizofrenia [27].

4. DISCUSIÓN

Los esquemas cognitivos son un elemento fundamental para la adecuada gestión de la información. Estos están implicados en multitud de funciones cognitivas que tienen como principal objetivo la satisfacción de las demandas. Sin embargo, estos son pasados por alto en las investigaciones que tienen por fin la comprensión de determinados fenómenos conductuales.

Desde la dimensión de las expectativas, los resultados encontrados en los estudios han observado una correlación entre las respuestas erróneas y los procesos cognitivos disfuncionales. Específicamente, desde la elaboración de interpretaciones personales ante una información dada. Es a partir de una construcción previa, la experiencia, el individuo realiza inferencias, ósea, expectativas. Sin embargo, en pacientes con esquizofrenia existe una amplia documentación recogida hasta la fecha en dónde se refleja la disfuncionalidad en esa elaboración [28,29,30].

Desde la dimensión percepción, existe un número amplio de estudios que han encontrado un patrón de respuesta en tareas de percepción que muestran una idiosincrasia en este tipo de patologías. Aunque se ha concentrado el interés en mayor proporción en estudios de percepción visual, en especial la focalización rígida y sensible a ponderación negativa de determinados estímulos [31]. Más interesante todavía es el hecho de encontrar percepciones alteradas en diversas patologías que desembocan en un error de la propia autopercepción [32,33]. Además, en la población general se de una sensibilidad al reconocimiento de patrones faciales [34], siendo en el caso de pacientes esquizofrénicos de una mayor intensidad.

Por último, desde la dimensión de funciones ejecutivas, existen unos patrones de respuesta característico dentro de este tipo de patologías. Desde la neuropsicología se ha podido establecer un perfil patológico por diferentes trastornos y enfermedades. Por lo que es una dimensión muy estudiada, con un largo bagaje [35,36,37]. Igualmente, los resultados recogidos en la presente revisión son coincidentes con los estudios previos recogidos dentro de este ámbito. Se han encontrado respuestas típicas de esta población ante tareas

atencionales, de memoria y de lenguaje [38,39,40,41]. Todos ello coincide con lo reportado en los estudios recogidos en esta revisión.

5. CONCLUSIÓN

Los esquemas cognitivos, tales como las expectativas, muestran tener un papel importante dentro de la conducta disfuncional de pacientes con psicosis. Ya que un error en la construcción de estos implica una alteración conductual y, por tanto, una expresión fenotípica de ello. Es lo que se puede observar a través de las funciones ejecutivas. Esto puede ser igualmente aplicable para las alucinaciones como para los delirios. Se ha podido establecer una relación entre respuestas erróneas y esquemas disfuncionales en los estudios analizados. De hecho, se ha podido encontrar como las respuestas alteradas se encuentran ya en fases prodrómicas o en pacientes con alto riesgo. También se ha podido establecer la condición de sensibilidad ante manipulación mediante sugestión de dichos esquemas cognitivos.

Si bien estos son aspectos clarificadores que arrojan mayor información acerca de factores de tipo cognitivo y tienen una importante repercusión cara a las futuras intervenciones, huelga decir que aún son modelos explicativos incompletos. Falta establecer una cuarta dimensión si cabe, la construcción de significados o la narrativa del Self. Son pocas las investigaciones que se realizan desde esta perspectiva. Por tanto, son necesarios más estudios que analicen esta dimensión.

Además, faltaría otro aspecto a tener en cuenta, la integración de la evidencia recogida desde los diferentes ámbitos científicos. Por lo que una visión holística y multidisciplinar supone el siguiente paso lógico para la comprensión de la psicosis.

A partir de los estudios recopilados en esta revisión, además de un análisis estadístico sobre sus resultados, también se plantea completar esta investigación aportando esta cuarta dimensión a la que se aludía anteriormente, De tal forma, que se espera poder realizar estudios complementarios que aporten información acerca de la narrativa del Self con lo que poder establecer un modelo teórico completo e integrado a futuro.

5.1. Limitaciones

Dentro del sistema de búsqueda se pretendía estudiar aquellas otras enfermedades que resultan igualmente sensibles a la psicosis. De hecho, en los resultados se obtuvieron estudios acerca de demencias como Demencia de Cuerpos de Lewy dónde la psicosis es una de sus principales características [42]. También se obtuvo un estudio acerca del Parkinson, aunque no forma parte de su idiosincrasia es posible encontrar episodios psicóticos en fases avanzadas de la enfermedad [43]. En cualquier caso, no pudieron ser incluidos por no cumplir con los criterios de elegibilidad. Se confía que en próximas revisiones se pueda contar con un mayor número de investigaciones en este sentido.

Otro aspecto a considerar es la continua problemática acerca del tratamiento farmacológico. Siempre queda el dilema de cuáles son las implicaciones de esta condición sobre el funcionamiento observado en los pacientes. Debido a dos hechos, los pacientes esquizofrénicos son tratados con fármacos tras el diagnóstico y reciben este tratamiento de manera prolongada. Por lo que cabe plantearse que papel está jugando tal circunstancia en la respuesta que dan los pacientes en las tareas asignadas en el estudio.

Un último aspecto, es la falta de asunción del fenómeno como proceso gradual y no dicotómico. Es decir, se puede asumir que se trata de un hecho dimensional, a un lado lo funcional y al otro lo disfuncional. No obstante, se debe ser cautos al realizar estas asunciones. Cada vez más autores son partidarios de considerar dicho fenómeno como un proceso jerárquico o gradual. De modo que, una respuesta que en principio puede ser funcional no se vuelve repentinamente disfuncional si no que se ha producido una progresión en la degradación de los procesos cognitivos. Tal y como se observa en la demencia. Este no es un elemento baladí, ya que, a partir de esta mejor comprensión es más asumible una aplicación de la salud enfocada más a la prevención.

REFERENCIAS

- [1] Fett AK, Viechtbauer W, Dominguez MD, Penn DL, van Os J & Krabbendam L. (2011). The relationship between neurocognition and social cognition with functional outcomes in schizophrenia: A meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev.*, 35, 573-88.
- [2] Mathys C, Daunizeau J, Friston KJ, et al. (2011). A Bayesian foundation for individual learning under uncertainty. *Front Hum Neurosci*, 5, 39.
- [3] Bongard, J.& Levin, M. (2023). There's Plenty of Room Right Here: Biological Systems as Evolved, Overloaded, Multi-Scale Machines. *Biomimetics*, 8,110. <https://doi.org/10.3390/biomimetics8010110>
- [4] Hoffman, D.D., Prakash, C. & Prentner, R. (2023). Fusions of Consciousness. *Entropy*, 25,129. <https://doi.org/10.3390/e25010129>
- [5] Bora E, Yucel M & Pantelis C. (2009). Theory of mind impairment in schizophrenia: Meta-analysis. *Schizophr Res*, 109, 1-9.
- [6] Green MF, Kern RS & Heaton RK. (2004). Longitudinal studies of cognition and functional outcome in schizophrenia: Implications for MATRICS. *Schizophr Res*, 72, 41-51.
- [7] Teufel C, Subramaniam N, Dobler V, Perez J, Finnemann J & Mehta PR. (2015). Shift toward prior knowledge confers a perceptual advantage in early psychosis and psychosis-prone healthy individuals *PNAS*, 112(43), 13401-13406. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1503916112
- [8] Knolle F, Sterner E, Moutoussis M, Adams RA, Griffin JD & Haarsma J. (2023). Action selection in early stages of psychosis: an active infe-

- rence approach. *J Psychiatry Neurosci* February 21, 48(1). <http://doi.org/10.1503/jpn.220141>
- [9] Haarsma J, Knolle F, Griffin JD, Taverne H, Mada M & Goodyer IM. (2020). Influence of Prior Beliefs on Perception in Early Psychosis: Effects of Illness Stage and Hierarchical Level of Belief. *Journal of Abnormal Psychology*, 129(6), 581-598. <https://doi.org/10.1037/abn0000494>
- [10] Heinz, A., Murray, G. G., Schalagenhauf, F., Sterzer, P., Grace A. A. & Waltz, J.A. (2019). Towards a unifying cognitive and computational neuroscience account of schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 45, 1092-1100. <http://dx.doi.org/10.1093/schbul/sby154>
- [11] Sterzer, P., Adams, R.A., Fletcher, P., Frith, c., Lawrie, S. M., Muchli, L.,...Corlett, P.R. (2018). The predictive coding account of psychosis. *Biological Psychiatry*, 84, 634-643. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopsych.2018.05.015>
- [12] Irak M & Karahan A. (2023). Investigating False Memory and Illusory Pattern Bias in Schizophrenia Patients with and without Delusions. *Cognitive Therapy and Research*, 47, 865– 876. <https://doi.org/10.1007/s10608-023-10393-6>
- [13] Whalley HC, Gountouna V-E, Hall J, McIntosh A, Whyte M-C, Simonotto E & Job DE. (2007). Correlations between Fmri activation and individual psychotic symptoms in un-medicated subjects at high genetic risk of schizophrenia. *BMC Psychiatry*, 7, 61. <https://doi.org/10.1186/1471-244X-7-61>
- [14] Weilhhammer V., Röd L., Eckert A- L., Stuke H., Heinz A. & Sterzer P. (2020). Psychotic Experience in Schizophrenia and Sensivity to Sensory Evidence. *Schizophrenia Bulletin*,46(4), 927-936. <http://dx.doi.org/10.1093/schbul/sbaa003>
- [15] Van Leeuwen, T.M., Sauer A., Jurjut, A-M., Wibrat M., Uhlhass, P.J., Singer W. et al. (2020). Perceptual Gains and Losses in Synesthesia and Schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 47(3), 722-730. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbaa162>
- [16] Lush P, Seth AK & Dienes Z. (2021). Hypothesis awareness confounds asynchronous control conditions in indirect measures of the rubber hand illusion. *R. Soc. Open Sci*, 8, 210911. <https://doi.org/10.1098/rsos.210911>
- [17] Lush P, Botan V, Scott R.B., Seth A.K., Ward J. & Dienes Z. (2020). Trait phenomenological control predicts experience of mirror synaesthesia and the rubber hand illusion. *Nature Communications*, 11, 4853. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18591-6>
- [18] Connors MH, Barnier AJ, Coltheart M, Langdon R & Cox RE, Rivolta. (2014). Using hipnosis to disrupt face processing: mirrored-self mis-

- dentification delusion and different visual media. *Frontiers in Humans Neuroscience*, 8, 361. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00361>
- [19] Heshmati, R., Jafari E., Hoseinifar, J. & Ahmadi, M. (2010). Comparative study of alexithymia in patients with schizophrenia spectrum disorders, non-psychotic disorders and normal people. *Procedia Social and Behavioral Science*, 5, 1084-1089
- [20] Strauss GP, Datta R, Armstrong W, et al. (2021). Reinforcement learning abnormalities in the attenuated psychosis syndrome and first episode psychosis. *Eur Neuropsychopharmacol*, 47, 11- 9.
- [21] Mehl, S., Hesse K., Schmidt A.-C., Landsberg WL, Soll D., Bechfoll A. et al. (2020). Theory of mind, emotion perception, delusions and the quality of the therapeutic relationship in patients with psychosis- a secondary analysis of arandomized-controlled. *BMC Psychiatry*, 20, 59. <https://doi.org/10.1186/s12888-020-2482-z>
- [22] Sedes Baskak N, Ezerbolat Özateş M, Herdi O, Sonel E, Uluşan A & Baskak B. (2019). The Relation Between Functional Anatomy of the Face and Threat Perception Evoked by Facial Expression of Anger in Schizophrenia. *Arch Neuropsychiatry*, 56, 7-12. <https://doi.org/10.29399/npa.21632>
- [23] Tseng H-H, Chen S-H, Liu C-M, Howes O, Huang Y-L, et al. (2013). Facial and Prosodic Emotion Recognition Deficits Associate with Specific Clusters of Psychotic Symptoms in Schizophrenia. *PLoS ONE*, 8(6): e66571. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0066571>
- [24] Woodward TS, Menon M & Withman JC. (2007). Source monitoring biases and auditory allucinations. *Cognitive Neuropsychiatry*, 12(6), 477-494. <https://doi.org/10.1080/13546800701307198>
- [25] Lee SW, Jeong B, Park J-I, Chung GH, Lee HJ, Cui Y et al. (2019). Alteration of Semantic Networks during Swear Words Processing in Schizophrenia. *Clinical Psychopharmacology and Neuroscience*, 17(1), 64-73. <https://doi.org/10.9758/cpn.2019.17.1.64>
- [26] Brébion G, Amador X, Smith MJ, Malaspina D, Sharif Z & Gorman JM. (1999). Opposite links of positive and negative symptomatology with memory error in schizophrenia. *Psychiatry Research*, 88, 15-24.
- [27] Gavilán JM & García-Albea. (2015). La función ejecutiva en la esquizofrenia y su asociación con las habilidades cognitivas sociales (mentalistas). *Rev Psiquiatr Salud Ment (Barc.)*, 8(3), 119- 129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rpsm.2014.01.008>
- [28] Galderisi, S., DeLisi, L., & Borgwardt, S. (2019). *Neuroimaging of Schizophrenia and Other Primary Psychotic Disorders*. Cham: Springer International Publishing.

- [29] Evans, S. L., Averbeck, B. B., & Furl, N. (2015). Jumping to conclusions in schizophrenia. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 11, 1615–1624. <https://doi.org/10.2147/NDT.S56870>
- [30] Harvey, P. (2013). *Cognitive impairment in schizophrenia*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [31] Curtin A, Sun J, Zhao Q, Onaral B, Wang J, Tong S & Ayaz H. (2019). Visuospatial task-related prefrontal activity is correlated with negative symptoms in schizophrenia. *Sci Rep.*, 9(1):9575
- [32] Dienes, Z., Lush, P., Palfi, B., Roseboom, W., Scott, R., Parris, B., Seth, A., & Lovell, M. (2022). Phenomenological control as cold control. *Psychology of Consciousness: Theory, Research, and Practice*, 9(2), 101–116. <https://doi.org/10.1037/cns0000230>
- [33] Roseboom, W., & Lush, P. (2020). Serious problems with interpreting rubber hand “illusion” experiments. <https://doi.org/10.31234/osf.io/uhdzs>
- [34] Rolls ET. (2004). Invariant object and face recognition. En: Chalupa LM, Werner JS, editores. *The Visual Neurosciences*. Cambridge: The MIT Press; p. 1165–1178
- [35] Solms, M. (2015). Reconsolidation: turning consciousness into memory. *Behavioral and Brain Sciences*, 38, 40-41
- [36] Tirapu-Ustárroz J & Muñoz-Céspedes JM. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *Rev Neurol*, 41, 475-84.
- [37] Goldberg E. 2002. *El cerebro ejecutivo*. Barcelona: Crítica Drakontos.
- [38] Zhu, B., Chen, C., Loftus, E. F., Dong, Q., Lin, C., & Li, J. (2018). Intellectual factors in false memories of patients with schizophrenia. *Psychiatry Research*, 265, 256–262. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.05.007>
- [39] Zeljic, K., Xiang, Q., Wang, Z., Pan, Y., Shi, Y., Zhou, Z., Wang, Z., & Liu, D. (2021). Heightened perception of illusory motion is associated with symptom severity in schizophrenia patients. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 104, 110055. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2020.110055>
- [40] Carolus, A. M., Schubring, D., Popov, T. G., Popova, P., Miller, G. a., & Rockstroh, B. S. (2014). Functional cognitive and cortical abnormalities in chronic and first-admission schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 157(1-3), 40–47.
- [41] Caparrós, B., Barrantes-Vidal, N., Viñas, F., & Obiols, J. (2008). Attention, memory and verbal learning and their relation to schizotypal traits in unaffected parents of schizophrenic patients. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 8(1), 37–52.

-
- [42] Nagahama Y, Okina T, Suzuki N & Matsuda M. (2010). Neural correlates of psychotic symptoms in dementia with Lewy Bodies. *Brain A J Journal of Neurology*, 133, 557-567. <http://doi.org/10.1093/brain/awp295>
- [43] Hermanowicz N, Jones SA & Hauser RA. (2019). Impact of non-motor symptoms in Parkinson's disease: a PMD Alliance survey. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 15, 2205-2212.

ESTUDIO GEOCRONOLÓGICO DEL YACIMIENTO DE GRAN DOLINA (ATAPUERCA, BURGOS) MEDIANTE RESONANCIA PARAMAGNÉTICA ELECTRÓNICA Y PALEOMAGNETISMO

I. ROMO-DÍEZ¹, J. M. PARÉS¹, M. DUVAL¹

¹ CENIEH, Paseo Sierra de Atapuerca 3, 09002 Burgos, España
– irene.romo@fa.cenieh.es

Resumen

El yacimiento de Gran Dolina, en la Sierra de Atapuerca, incluye el registro sedimentario del homínido más antiguo identificado en el oeste de Europa, *Homo antecessor*, asociado a industria lítica de Modo 1. Los estudios paleodosimétricos (luminiscencia y ESR) y magnetoestratigráficos se emplean en datación de sedimentos en este y otros yacimientos, pero ciertas incógnitas como la caracterización de los granos de cuarzo empleados en ESR o los óxidos de hierro portadores de la señal magnética están aún por resolver. El objetivo de la tesis doctoral que esta comunicación introduce es resolver estas y otras cuestiones metodológicas aplicadas a los yacimientos de la Sierra de Atapuerca.

Palabras clave: Sierra de Atapuerca, Gran Dolina, ESR, paleomagnetismo.

1. INTRODUCCIÓN

El paleomagnetismo y la datación por ESR (Resonancia Paramagnética Electrónica) son dos técnicas geocronológicas ampliamente usadas en los yacimientos de la Sierra de Atapuerca. Estos yacimientos, situados al este de la ciudad de Burgos, fueron declarados Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en el año 2000, y los descubrimientos arqueológicos llevados a cabo desde que comenzaron las campañas de excavación continúan aportando valiosa información sobre la evolución del género *Homo* en el continente europeo. Las técnicas de datación y estudio del contexto geológico que se emplean en este trabajo de investigación para estudiar estos yacimientos se basan en diferentes aspectos del magnetismo mineral: el paramagnetismo (ESR) y el ferromagnetismo (paleomagnetismo). El trabajo se centra en el yacimiento de la Gran Dolina (GD), probablemente el mejor estudiado de la Sierra a nivel geocronológico, y en particular de paleomagnetismo y ESR, que presenta una secuencia sedimentaria de casi 1 millón de años. Desde el descubrimiento de los primeros fósiles humanos en los años 90, el yacimiento ha proporcionado

numerosos hallazgos en forma de fósiles animales, industria lítica y más de 170 restos de homínidos tan solo en el nivel TD6.

Las últimas dataciones llevadas a cabo en GD parten de la existencia de la inversión magnética Matuyama-Brunhes en el nivel TD7, y se centran en confinar cronológicamente la base de los estratos TD4-5. Según [1] y posteriormente [2], las dataciones de los niveles TD1-2 dentro de la denominada Main Section se corresponden al Pleistoceno Inferior, con cronologías de entre 1.30 ± 0.14 Ma (TT-OSL) y 1.05 ± 0.12 Ma (ESR). Esto, junto a los resultados paleomagnéticos, permite correlacionar de manera tentativa la deposición del techo de los niveles TD1-2 con el subcron Jaramillo, constriñendo los niveles TD4 hasta el TD6 entre los 0.77 y 0.89 Ma. Estos estudios evidencian la importancia de complementar diversas técnicas de datación como las que se emplean en la presente tesis doctoral, y también plantean preguntas sobre las características de los sedimentos estudiados y la necesidad de llevar a cabo un trabajo de caracterización que permita mejorar la calidad y precisión de las dataciones geocronológicas.

2. METODOLOGÍA

La datación por ESR es una técnica paleodosimétrica basada en el estudio del cuarzo y esmalte dental, principalmente, capaz de determinar cuánto tiempo ha pasado una determinada muestra de sedimento protegida de la radiación solar. Las características de transporte y deposición de estos sedimentos determinan el grado de blanqueamiento previo de la señal estudiada. Esta tesis doctoral pretende estudiar esos fenómenos en el contexto de GD, permitiendo dataciones más precisas y caracterizando el origen de los sedimentos del relleno kárstico del yacimiento.

El paleomagnetismo, por otra parte, estudia los efectos del campo magnético terrestre en minerales magnéticos como los óxidos de hierro, permitiendo llevar a cabo un registro comparable con referencias geomagnéticas globales. Las características de esta magnetización y los portadores de la señal magnética son objeto de estudio de esta tesis doctoral, pretendiendo ampliar el conocimiento sobre las propiedades de estos minerales y sus implicaciones en las dataciones y estudios magnetoestratigráficos.

3. CONCLUSIONES

En esta comunicación se realizará una presentación de los últimos resultados obtenidos sobre la cronología de los depósitos de Gran Dolina (Atapuerca), con especial énfasis en la importancia de caracterizar los minerales portadores de las señales ESR y paleomagnética medidas en el sedimento. Concretamente, la mejora de los métodos de datación pasa por una mejor comprensión del origen y formación de las señales analizadas, y en particular por el estudio (1) del blanqueamiento de la señal ESR y el origen de los cuarzos del interior de las cavidades kársticas de yacimientos como el de

Gran Dolina y (2) de los portadores de magnetización remanente primaria y secundaria utilizados para establecer cronologías paleomagnéticas.

REFERENCIAS

- [1] Parés, J.M., Álvarez, C., Sier, M., Moreno, D., Duval, M., Woodhead, J.D., Ortega, A.I., Campaña, I., Rosell, J., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2018). *Chronology of the cave interior sediments at Gran Dolina archaeological site, Atapuerca (Spain)*. Quaternary Science Reviews 185, pp. 1-16
- [2] Duval, M., Arnold, L.J., Demuro, M., Parés, J.M., Campaña, I., Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M. (2022). *New chronological constraints for the lowermost stratigraphic unit of Atapuerca Gran Dolina (Burgos, N Spain)*. Quaternary Geochronology 71, pp. 101292

CUARTA SESIÓN

NEREA HURTADO ALONSO

Comportamiento a compresión de mezclas de hormigón con adiciones simultáneas de triturado de palas de aerogenerador y áridos reciclados de hormigón.

JAVIER MANSO MORATO

Hormigón sostenible con altos porcentajes de triturado de pala de aerogenerador.

CARLA HERNANDO MUÑOZ

Citotoxicidad modulable de conjugados depsipeptídicos fluorescentes y su utilidad como transportadores de macromoléculas con función farmacológica.

DAVID CASTRO REIGÍA

Técnicas quimiométricas y espectroscopía NIR en la industria alimentaria. Aplicaciones en la monitorización de procesos del sector lácteo y de la panificación.

ROBERTO LAGE SOCASTRO

Yacimiento de A Piteira (Toén, Ourense): un ejemplo de tecnología lítica del Paleolítico medio en el curso medio del río Miño.

COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CON ADICIONES SIMULTÁNEAS DE TRITURADO DE PALAS DE AEROGENERADOR Y ÁRIDOS RECICLADOS DE HORMIGÓN

NEREA HURTADO-ALONSO¹, JAVIER MANSO-MORATO²,
VÍCTOR REVILLA-CUESTA², MARTA SKAF¹

¹Departamento de Construcciones Arquitectónicas e Ingeniería de la Construcción y del Terreno, Universidad de Burgos, 09001, España

²Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Burgos, 09001, España

Resumen

El desarrollo de materiales más sostenibles para el sector de la construcción comienza con el uso óptimo de los recursos naturales y el reciclaje adecuado de los residuos producidos al final del ciclo de vida de las infraestructuras. En los próximos años, se dismantelarán muchos parques eólicos, lo que proporcionará grandes cantidades de Triturado de Palas de Aerogenerador (TPA). Estos residuos pueden ser una oportunidad para descarbonizar la industria de la construcción, que causa enormes emisiones de gases de efecto invernadero cada año, poniendo en peligro el medio ambiente. Los residuos generados durante la demolición de elementos de hormigón se han utilizado en los últimos años para la fabricación de hormigón estructural en forma de Áridos Reciclados de Hormigón (ARH). La viabilidad de la combinación de ARH con TPA aún no se ha estudiado en mezclas de hormigón. Este estudio tiene como objetivo analizar el uso simultáneo de ARH y TPA para producir una mezcla de hormigón más verde como un esfuerzo para transformar una industria hasta ahora considerada contaminante en una más sostenible. Con este fin, se fabricaron tres mezclas de hormigón con diferentes combinaciones en volumen de cada residuo: 0% de TPA y 0% de ARH; 5% de TPA y 50% de ARH; y 10% de TPA y 100% de ARH. La resistencia a compresión, el módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson se han evaluado todos a una edad de 28 días. Los resultados muestran que una dosificación adecuada de ambos tipos de residuos puede dar como resultado una mezcla de hormigón estructural que conserva las propiedades básicas de resistencia a la compresión al mismo tiempo que proporciona una salida para una gran cantidad de residuos generados tanto en la construcción como en el sector de la energía eólica.

Palabras clave: hormigón, Áridos Reciclados de Hormigón (ARH), Triturado de Palas de Aerogenerador (TPA), resistencia a compresión.

1. INTRODUCCIÓN

El hormigón se establece como el material artificial más utilizado en el sector de la construcción, con más de 14 mil millones de m³ consumidos en 2022 [1]. Sus propiedades en términos de resistencia, durabilidad, trabajabilidad y coste lo convierten en el material ideal para el desarrollo de una amplia gama de infraestructuras. Sin embargo, todas sus propiedades se ven eclipsadas por su significativo impacto medioambiental. Por un lado, dado que sus principales componentes son áridos naturales, cemento y agua; el hormigón es un gran consumidor de recursos naturales. Por otro lado, el cemento es el segundo recurso más utilizado en la Tierra después del agua, con una producción de 4,2 mil millones de toneladas a nivel global cada año [1]. Para 2050, se espera que la demanda de cemento haya aumentado un 45% si el crecimiento continúa con las tendencias actuales [2]. El crecimiento de la población a nivel global, nuevas infraestructuras en países en desarrollo y nuevos patrones de urbanización están entre los factores que contribuyen a este aumento. Este aumento del consumo de cemento es un claro riesgo medioambiental, ya que los procesos involucrados en la producción de cemento lo convierten en una de las mayores fuentes de emisiones de CO₂ a la atmósfera, representando el 8% de las emisiones totales cada año a nivel mundial [3]. Por lo tanto, existe una necesidad urgente de buscar alternativas para reducir el impacto medioambiental del hormigón.

Además de los problemas medioambientales relacionados con la producción de hormigón, la demolición de estructuras de hormigón una vez alcanzado el final de su ciclo de vida plantea un nuevo problema respecto al tratamiento de los residuos derivados del sector de la construcción. La opción tradicional de su depósito en vertederos ya no es viable debido al problema de escasez de ubicación de los mismos [4]. Dada la insuficiencia de áridos naturales para la producción de hormigón, el uso de Áridos Reciclados de Hormigón (ARH) es una forma alternativa de dar a este material una segunda vida y reducir significativamente el consumo de materias primas.

La literatura existente sobre el uso de ARH en mezclas de hormigón presenta varios desafíos en cuanto al diseño de las mezclas. En primer lugar, el tamaño máximo del árido, la tipología, la forma, la textura superficial y la relación agua/cemento (a/c) de la mezcla de hormigón original de la que se obtiene el ARH, son factores que condicionan tanto la trabajabilidad como la fluidez de la mezcla [5]. El uso de ARH como reemplazo de los áridos naturales resulta en una reducción en los valores de trabajabilidad del hormigón debido a la naturaleza porosa del material, lo que requiere un aumento en el contenido de agua de la mezcla para lograr la trabajabilidad deseada. Se han adoptado nuevos procedimientos, como la saturación de ARH antes del proceso de dosificación en lugar de usar áridos secos como se hace en el hormigón convencional [6], para compensar la pérdida de trabajabilidad al añadir este residuo. La alta capacidad de absorción de ARH supone que el agua adicional

requerida por la mezcla aumente ligeramente la relación a/c. Por lo tanto, la adición de ARH requiere un diseño de mezcla adecuado para no afectar la resistencia del material.

Los esfuerzos del sector de la construcción por explorar alternativas para el desarrollo de hormigón sostenible también incluyen el uso de diferentes tipos de fibras para mejorar su rendimiento mecánico. En Europa, el desmantelamiento de un gran número de parques eólicos que alcanzarán el final de su vida útil en los próximos años está provocando la aparición de un nuevo residuo, las palas de los aerogeneradores. Su composición compleja dificulta su reciclaje y tratamiento. La fibra de carbono, fibras de vidrio, poliuretano y madera de balsa están entre algunos de los componentes [7], que, tras un proceso de trituración no selectivo adecuado, generan lo que se conoce como Triturado de Palas de Aerogenerador (TPA). Este residuo está compuesto fundamentalmente por fibras de polímero reforzado con fibra de vidrio.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es analizar la viabilidad de producir hormigón estructural al agregar los dos tipos de residuos definidos anteriormente: ARH grueso y TPA. Con este fin, se prepararon tres mezclas de hormigón con diferentes contenidos de residuos, para evaluar posteriormente su comportamiento tras un curado de 28 días. En primer lugar, se estudian las propiedades de ambos residuos y demás materias primas, junto con el proceso de mezcla y el programa experimental seguido. Después de evaluar las propiedades en fresco, se analiza el comportamiento a compresión y la rigidez. Finalmente, se alcanzan conclusiones de acuerdo con el objetivo inicial de la investigación.

2. CAMPAÑA EXPERIMENTAL

2.1. Materiales

Para la producción de las tres mezclas de hormigón, se utilizó CEM II/A-L 42.5 R (EN 197-1[8]). Además del agua suministrada por la red de abastecimiento de la ciudad de Burgos, se utilizaron dos tipos de aditivos para lograr los valores deseados de trabajabilidad. En cuanto a los áridos empleados, se utilizaron diferentes fracciones: áridos de naturaleza caliza como la arena fina 0/2 mm y áridos de naturaleza silíceo de las fracciones 0/4 mm, 4/12 mm y 12/22 mm. En la Fig. 1 queda reflejada la granulometría de las fracciones utilizadas en las mezclas. Para cada una de las fracciones mencionadas anteriormente, se realizó una caracterización completa para determinar los valores de densidad de acuerdo con la norma EN 933-1 [8]. Se midieron densidades alrededor de 2,60-2,65 kg/dm³. Los valores de absorción de agua en 24 horas fueron alrededor de 0,10-0,50%.

Con el fin de determinar la viabilidad de incorporar el ARH grueso, mostrado en la Fig. 2, y el TPA en la mezcla de hormigón, se analizaron sus características físicas. El tamaño de fracción para el ARH utilizado en este estudio fue de 4/22 mm con una densidad real de 2,48 kg/dm³. En cuanto al

2.2. Diseño de la mezcla

Se diseñaron tres mezclas con diferentes contenidos de ARH grueso y TPA. Una primera mezcla, considerada como la mezcla de referencia, se realizó con 0% de ARH y 0% de TPA y se etiquetó como W0CRA0 (por sus siglas en inglés). Luego se produjo una mezcla de 50% de ARH y 5% de TPA, llamada W5CRA50. Finalmente, se fabricó una mezcla que contenía 100% de ARH y 10% de TPA (W10CRA100). Para cada mezcla, la cantidad de cemento se mantuvo constante con un valor de 320 kg/m^3 , siendo la adición de TPA considerada como un suplemento al cemento y el ARH grueso reemplazando al árido natural grueso. La relación a/c efectiva fue de aproximadamente 0,42 en todas las mezclas. Finalmente, los dos aditivos utilizados correspondieron al 1% de la masa de cemento. La proporción óptima de cada árido se definió según la curva de Fuller.

2.3. Preparación de muestras y procedimiento de ensayo

El proceso de fabricación utilizado para la producción de las tres mezclas constó de tres etapas. En la primera fase, las cuatro fracciones de árido natural se introdujeron en la hormigonera junto con el ARH y el 30% del agua. Después de tres minutos, se añadió el cemento junto con la cantidad correspondiente de TPA y la cantidad restante de agua determinada en la dosificación. Finalmente, después de un período de tres minutos, se agregaron las cantidades de ambos aditivos junto con medio litro de agua específicamente reservada para esta fase. La mezcla se completó tres minutos después del paso previamente definido.

Las pruebas realizadas en estado fresco se enumeran a continuación: asentamiento (EN 12350-2[8]), densidad en estado fresco (EN 12350-6 [8]) y contenido de aire (EN 12350-7 [8]). Tras estos ensayos, se procedió al llenado de los moldes para la fabricación de probetas de diferentes tamaños de acuerdo con las especificaciones de cada norma. Se produjeron tres probetas cilíndricas, de 100 mm de diámetro y 200 mm de altura, para ensayos de resistencia a compresión (EN 12390-3 [8]) a los 28 días, y otras tres probetas con las mismas características se fabricaron para la evaluación de la rigidez mediante el módulo de elasticidad (EN 12390-13 [8]).

3. RESULTADOS

3.1. Propiedades en estado fresco

En términos de los valores de asentamiento obtenidos, se arrojaron los siguientes valores: 147 mm, 136 mm y 125mm para W0CRA0, W5CRA0 y W10CRA100 respectivamente. De acuerdo con la norma EN 206 [8], todas las mezclas fueron clasificadas como clase S3, observándose una ligera reducción en la trabajabilidad para la mezcla W10CRA100 debido al alto contenido de ARH. Esto podría explicarse por la alta capacidad de absorción de agua del ARH en la mezcla [11].

Para el caso de la densidad en estado fresco, la adición de ambos tipos de material reciclado resultó en una disminución de esta propiedad comparación con la mezcla de referencia que obtuvo un valor de $2,42 \text{ kg/dm}^3$. Esta disminución se debió a los valores de densidad aparente del material reciclado, tanto de la fibra de pala de aerogenerador como del árido reciclado, que eran mucho más ligeros que los otros componentes de la mezcla.

Finalmente, los valores de contenido de aire mostraron un ligero aumento para la mezcla W5CRA50 (2,38 %) y un aumento mucho más notable para la mezcla W10CRA100 (5,30%) en comparación con la mezcla de referencia (2,20%). Esto pudo deberse en parte debido a la alta porosidad del ARH [9], aunque la influencia del alto contenido de madera de balsa y poliuretano encontrado en el TPA también pudo ser relevante.

3.2. Resistencia a compresión

Los valores de resistencia a compresión obtenidos para las mezclas de hormigón se muestran en la Fig. 3. Todos alcanzaron el mínimo de 25 MPa [12] requerido para un hormigón estructural convencional. Se puede observar que la adición de ARH grueso como reemplazo de parte de los áridos naturales junto con un 5% de TPA redujo ligeramente la resistencia (12%) sin comprometer su comportamiento mecánico. A porcentajes más elevados de TPA (10%), esta pérdida de resistencia a compresión fue mucho mayor y pudo deberse a que la presencia de una gran cantidad de poliuretano y madera de balsa llevó a una menor adherencia entre este material y la matriz cementicia [13].

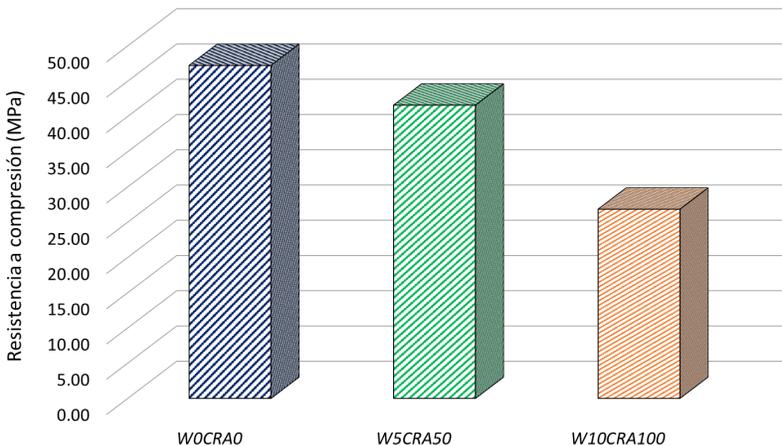


Figura 3. Evaluación de la resistencia a compresión.

3.3. Evaluación de la rigidez

El efecto de la adición de residuos en el módulo de elasticidad se muestra en la Fig. 4. Además de los valores experimentales obtenidos, la figura muestra una representación gráfica de la estimación de esta propiedad me-

cánica según el Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón (EC-2 [12]) y el Código Estructural (CE) después de 28 días. Se puede observar que la rigidez elástica de la mezcla con 100% de ARH y 10% de TPA se redujo significativamente en un 48% en comparación con la muestra de referencia. Como se mencionó en la sección anterior, esto se debió al hecho de que un alto porcentaje de TPA resultó en altas proporciones de madera de balsa y partículas de poliuretano que, debido a su alta deformabilidad [14], tuvieron este efecto en el hormigón.

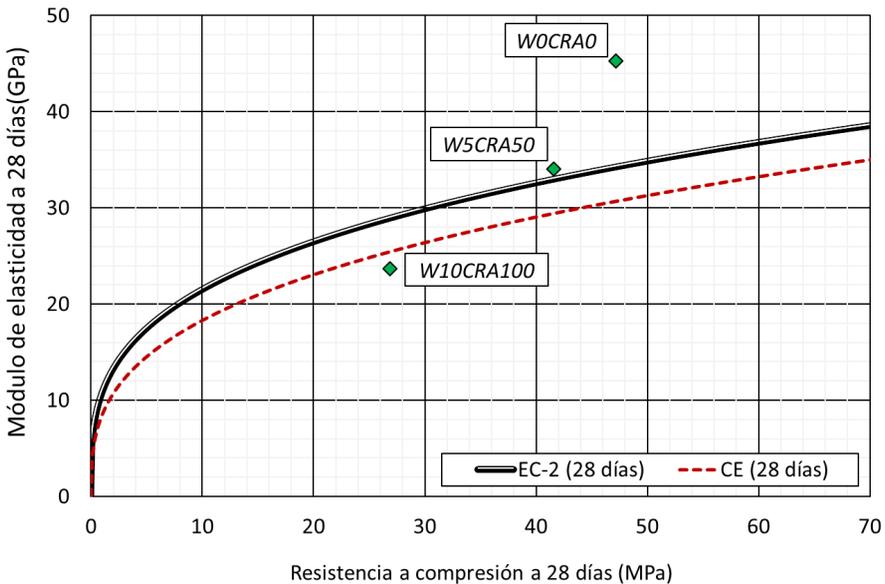


Figura 4. Relación entre los módulos de elasticidad estimados y experimentales según EC-2/CE [12] a 28 días.

Se encontró un comportamiento diferente en los resultados del coeficiente de Poisson en comparación con los valores obtenidos para el módulo de elasticidad. Se obtuvieron los siguientes valores para cada mezcla: 0,167 (W0CRA0), 0,157 (W5CRA50) y 0,182 (W10CRA100). El aumento del 8% en el coeficiente de Poisson para la mezcla con 10% de TPA reflejó un comportamiento opuesto del ARH grueso y las partículas de madera de balsa y poliuretano al causado habitualmente por la presencia de fibras en el hormigón, cuyo efecto de cosido reduce la deformabilidad del hormigón [15].

4. CONCLUSIONES

En la presente investigación, se ha evaluado el comportamiento a compresión de mezclas de hormigón con adiciones simultáneas de ARH grueso y TPA en un intento por desarrollar un material de construcción sostenible. Se pueden extraer las siguientes conclusiones de este estudio:

- El hormigón experimentó una reducción en los valores de asentamiento y densidad en estado fresco de los hormigones causada por la menor densidad de los materiales reciclados. No obstante, en todos los casos se alcanzó la trabajabilidad requerida, ya que todas las mezclas presentaron una clase de asentamiento S3.
- En comparación con la mezcla de referencia, la mezcla con un contenido del 5% de TPA mostró una buena resistencia a compresión, con una pérdida muy poco significativa. Para un contenido de residuo más alto, la pérdida fue de hasta el 43%, lo que puede explicarse por la presencia de una proporción mayor de componentes de TPA diferentes de las fibras (poliuretano y madera de balsa).
- En la mezcla con contenido del 100% de ARH grueso, la rigidez de esta se deterioró, agravada por la presencia del material TPA, alcanzando pérdidas de hasta el 48% en comparación con la mezcla de referencia en su módulo de elasticidad. Por lo tanto, las cantidades de ambos residuos en las mezclas de hormigón deben estar definidas con precisión.

Los resultados de esta investigación muestran que la combinación precisa de materiales reciclados tanto del sector de la construcción como de la energía eólica, y un procedimiento adecuado para su incorporación en mezclas de hormigón, puede resultar en un material que cumple con los requisitos existentes de sostenibilidad y rendimiento mecánico.

Agradecimientos

Este trabajo de Investigación fue financiado por el Ministerio de Universidades, MICINN, AEI, UE, FEDER y NextGenerationEU/PRTR [PID2020-113837RB-I00; PID2023-146642OB-I00; 10.13039/501100011033; TED2021-129715B-I00; FPU21/04364]; la Junta de Castilla y León y FEDER [UIC-231; BU033P23; BU066-22]; y, finalmente, la Universidad de Burgos [SUCONS, Y135.GI].

REFERENCIAS

- [1] Global Cement and Concrete Association. About cement & concrete. Global cement and concrete association. n.d., (n.d.). <https://gccassociation.org/>.
- [2] World Economic Forum., Net-zero industry tracker - 2022 edition. Geneva: World Economic Forum; 2022., (2022).
- [3] Lehne J., Preston F., Making concrete change: innovation in low-carbon cement and concrete., The Royal Institute of International Affairs, London, 2018.
- [4] C.S. Poon, A.T.W. Yu, L.H. Ng, On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong, Resour Conserv Recycl 32 (2001) 157–172. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(01\)00052-0](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(01)00052-0).

- [5] M. Behera, S.K. Bhattacharyya, A.K. Minocha, R. Deoliya, S. Maiti, Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete – A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review, *Constr Build Mater* 68 (2014) 501–516. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2014.07.003>.
- [6] K.P. Verian, W. Ashraf, Y. Cao, Properties of recycled concrete aggregate and their influence in new concrete production, *Resour Conserv Recycl* 133 (2018) 30–49. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2018.02.005>.
- [7] J. Joustra, B. Flipsen, R. Balkenende, Structural reuse of wind turbine blades through segmentation, *Composites Part C: Open Access* 5 (2021) 100137. <https://doi.org/10.1016/J.JCOMC.2021.100137>.
- [8] EN-Euronorm, European Committee for Standardization, Rue de Stassart, 36. Belgium-1050 Burssels, 2020.
- [9] C.S. Poon, Z.H. Shui, L. Lam, Effect of microstructure of ITZ on compressive strength of concrete prepared with recycled aggregates, *Constr Build Mater* 18 (2004) 461–468. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2004.03.005>.
- [10] 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>.
- [11] M. Etxeberria, E. Vázquez, A. Marí, M. Barra, Influence of amount of recycled coarse aggregates and production process on properties of recycled aggregate concrete, *Cem Concr Res* 37 (2007) 735–742. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONRES.2007.02.002>.
- [12] Eurocode 2, Design of Concrete Structures. Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings (EN 1992-1-1), CEN (European Committee for Standardization), 2010.
- [13] N. Saikia, J. De Brito, Mechanical properties and abrasion behaviour of concrete containing shredded PET bottle waste as a partial substitution of natural aggregate, *Constr Build Mater* 52 (2014) 236–244. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2013.11.049>.
- [14] L. Gu, T. Ozbakkaloglu, Use of recycled plastics in concrete: A critical review, *Waste Management* 51 (2016) 19–42. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.005>.
- [15] H.R. Pakravan, M. Latifi, M. Jamshidi, Hybrid short fiber reinforcement system in concrete: A review, *Constr Build Mater* 142 (2017) 280–294. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2017.03.059>.

HORMIGÓN SOSTENIBLE CON ALTOS PORCENTAJES DE TRITURADO DE PALA DE AEROGENERADOR

JAVIER MANSO-MORATO¹, NEREA HURTADO-ALONSO², VÍCTOR REVILLA-CUESTA¹,
VANESA ORTEGA-LÓPEZ¹

*¹Departamento de Ingeniería Civil,
Universidad de Burgos, 09001, España*

*²Departamento de Construcciones Arquitectónicas e Ingeniería de la
Construcción y del Terreno,
Universidad de Burgos, 09001, España*

Resumen

Una gran cantidad de aerogeneradores tendrán que ser desmantelados y reemplazados en un corto periodo de tiempo, debido a que se están acercando al final de su vida útil. Estos aerogeneradores, en especial sus palas, tendrán que ser reciclados, para evitar los importantes problemas medioambientales que conlleva su transporte a vertedero. Sin embargo, los métodos actuales de reciclaje se postulan como altamente demandantes, tanto económica como medioambientalmente. Por lo tanto, en la presente investigación se estudia la idoneidad de añadir al hormigón triturado de las palas de aerogenerador (TPA), para así poder favorecer la sostenibilidad de los parques eólicos españoles, a la vez que emplear este residuo para fabricar hormigón reforzado con fibras (HRF) con menor contaminación asociada, pero manteniendo sus características mecánicas. Debido al gran número de palas de aerogenerador que hay que reciclar, se propone la incorporación del TPA en altos porcentajes (0%, 5% y 10% en volumen como adición al cemento de la mezcla) en el hormigón, favoreciendo así su reciclaje continuo. Los resultados de la presente investigación resaltaron la necesidad de ajustar la cantidad de agua y plastificantes para asegurar una correcta trabajabilidad en fresco de las mezclas, lo cual se pudo observar en el descenso de la densidad en fresco de la mezcla y el aumento del contenido de aire ocluido a medida que aumentó el porcentaje de TPA. Sin embargo, de cara al comportamiento a compresión de las mezclas, los resultados de los ensayos realizados a 7 y 28 días permitieron dilucidar la sobrada capacidad mecánica de todas las mezclas para su uso estructural. Por lo tanto, la campaña experimental de la presente investigación dejó ver que se pueden incorporar altos porcentajes de TPA al hormigón, manteniendo las características necesarias tanto en estado fresco como endurecido para su uso en cualquier aplicación posible, siendo así una solución real, aplicable y efectiva

para los problemas de sostenibilidad del sector tanto de la construcción y del hormigón como del sector eólico y del reciclaje.

Palabras clave: Sostenibilidad, Hormigón Reforzado con Fibras (HRF), alto porcentaje de Triturado de Palas de Aerogenerador (TPA), comportamiento en fresco, resistencia a compresión.

1. INTRODUCCIÓN

El hormigón es uno de los materiales más usados a nivel mundial. Su gran habilidad para adaptarse a cualquier requerimiento estructural y/o estético le permite ser de gran utilidad, que junto con sus importantes capacidades mecánicas lo convierten en un material con el que es posible construir cualquier tipo de elemento [1]. Además, el hormigón con sus diferentes variedades puede solucionar disyuntivas diversas. El hormigón en masa se utiliza cuando se necesitan grandes volúmenes de este material sometido a altas cargas compresivas y muy bajas flexotracciones, como en pavimentos, cimentaciones, muros o presas [2,3]. Sin embargo, este hormigón se puede reforzar de varias maneras, ya sea mediante armaduras de acero para obtener hormigón armado y resistir cargas de flexotracción [4], o añadiendo fibras para crear un refuerzo tridimensional homogéneamente distribuido por toda la masa del elemento a fabricar, obteniendo hormigón reforzado con fibras (HRF) [5].

Estas fibras pueden ser de muy diversos orígenes, dependiendo su elección de los requerimientos que tenga el elemento a reforzar [6]. Sus funciones principales son las de mejorar el comportamiento frente a la flexotracción, ya que cosen la matriz cementicia evitando la creación y propagación de fisuras, y ayudar a reducir los efectos de la retracción en el hormigón, reteniendo el acortamiento de la matriz cementicia al evaporarse el agua tras el fraguado [7,8]. Sin embargo, estas fibras también tienen ciertos aspectos negativos, ya que su implementación dentro de la masa de hormigón tiene un impacto negativo respecto a la trabajabilidad en estado fresco y, por lo tanto, su puesta en obra [9].

Las líneas actuales de investigación procuran mejorar lo más posible las características mecánicas del hormigón al añadirse fibras, y sin que resulten determinantes para su comportamiento en estado fresco [10]. Hay gran variedad de fibras que ya han sido estudiadas durante largos periodos de tiempo y en gran detalle, como pueden ser las fibras metálicas, poliméricas, de vidrio, de carbono o algunos tipos de fibras naturales [6]. Por otro lado, hay nuevas líneas de investigación que se basan en el uso de fibras recicladas y sostenibles, las cuales buscan mejorar la sostenibilidad del HRF. Estas fibras pueden provenir de distintos plásticos o metales [11,12], o de palas de aerogenerador desmanteladas [9,13], las cuales serán empleadas y estudiadas en el presente documento.

El triturado de pala de aerogenerador (TPA) procede de palas de aerogeneradores que han sido desmanteladas debido a la finalización de su vida útil [14]. La gran cantidad de turbinas que hay que reciclar, alrededor de 2500 antes de 2029 en España, en gran cantidad de parques eólicos está creando la necesidad imperante de encontrar formas para reciclar sus palas [15]. Estas palas de aerogenerador estas compuestas por una mezcla de fibras de carbono o vidrio con resinas poliméricas, madera de balsa y elementos poliméricos, que crean un compuesto difícil de tratar y reciclar [16].

En el presente artículo, se versa sobre la incorporación de altos porcentajes de TPA (0%, 5% y 10% en volumen), el cual presenta un elevado contenido de fibras, procedentes de palas de aerogenerador en las mezclas de hormigón, para intentar reciclarlas en tiempo y cantidad adecuadas, y manteniendo la cantidad de cemento constante entre todas las mezclas. De esta forma, se procederá a hacer una descripción de los materiales y métodos usados (**Sección 2**), seguido de los resultados en estado fresco respecto al asiento, densidad y porcentaje de aire ocluido (**Sección 3.1**) y ensayos en estado endurecido de resistencia a compresión (**Sección 3.2**).

Por lo tanto, en esta línea de investigación se pretende evaluar la posibilidad e idoneidad de la incorporación de cantidades elevada de TPA en el hormigón [4], para así poder convertirse en una opción realista y sostenible de cara al reciclaje de los parques eólicos en conjunto con la industria constructora. De esta forma, se podrán obtener grandes avances hacia una economía más verde y circular.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materias primas

En esta investigación se utilizó cemento CEM II/A-L 42.5 R (EN 197-1 [17]), áridos silíceos y calizos, agua y dos aditivos plastificantes diferentes para poder asegurar un correcto comportamiento en fresco, además de TPA. Los áridos silíceos fueron de los tamaños 12/22 mm, 4/12 mm y 0/4 mm, mientras que los áridos calizos fueron de tamaño 0/2 mm.

El TPA es denominado así por su proceso de obtención [13]. Para su producción, palas de aerogenerador de diferentes tamaños que han sido desmanteladas de los parques eólicos debido a que han alcanzado el final de su vida útil, se cortan en formas regulares, como se puede observar en la Figura 1. Después, se introducen estas piezas en un molino de cuchillas para realizar un corte no selectivo, el cual da lugar a un conjunto de fibras de distintos tamaños mezcladas con otros elementos. Este residuo fue añadido a las mezclas de hormigón manteniendo la cantidad de cemento constante, mientras que este residuo se añadió en porcentajes crecientes.



Figura 1. Trozo de pala de aerogenerador cortado para después ser introducido al molino de cuchillas.

El TPA ya ha sido caracterizado anteriormente en investigaciones por estos autores [9,13], y se ha determinado que está compuesto por macrofibras de vidrio (69% en peso), microfibras de vidrio (14% en peso), elementos poliméricos (8% en peso), madera de balsa (6% en peso) y elementos no separables de tamaños reducidos (5% en peso). Su densidad real es de 1.63 kg/dm^3 , pudiendo destacar su bajo peso respecto a su alto volumen tras el proceso de corte y machaqueo no selectivo.

2.2. Diseño de las mezclas

Las mezclas se diseñaron para incorporar porcentajes crecientes de TPA. La primera mezcla, tomada como mezcla de referencia, no incorporó TPA y se denominó W0. Dos mezclas más se realizaron con un 5% y un 10% en volumen de TPA, respectivamente (W5 y W10), manteniendo el contenido de cemento constante y variando la cantidad de áridos de las mezclas. Las tres dosificaciones que se realizaron siguieron valores estándar de los materiales según las normativas aplicables [2,4], incorporando además 37.7 kg/m^3 de TPA en el caso de la W5 y 74.4 kg/m^3 de TPA en la mezcla W10.

Para conseguir compensar la pérdida de trabajabilidad de las mezclas con altos contenidos de fibras [18], se adaptó el contenido de agua y aditivos para las dos mezclas que introdujeron TPA, como se puede ver en la **Figura 2**. La mezcla W5 tan solo necesitó añadir agua a la mezcla, mientras que W10 requirió añadir cantidades mayores de agua y aditivo que las dos mezclas anteriores, ya que las fibras impidieron el movimiento libre del resto de componentes del hormigón durante las fases de hormigonado y vibrado y el ensayo de asentamiento no cumplía los valores requeridos [9]. Para la mezcla de referencia W0, la relación agua/cemento (a/c) fue 0.40, para la W5 0.44 y para la W10 0.48.

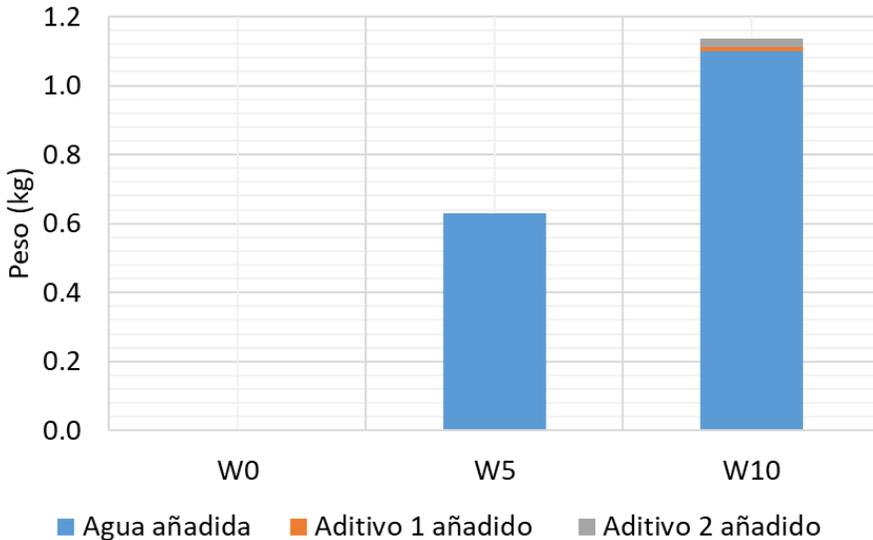


Figura 2. Cantidades de agua y aditivos añadidos a mayores en las distintas mezclas para amasada de 45 litros.

Además, para asegurar una correcta homogeneidad e hidratación de los materiales durante la mezcla, es habitual el desarrollo de procesos específicos de mezcla para incorporar y amasar estos materiales [9]. El proceso se desarrolló en tres fases diferenciadas, con una fase previa (Fase 0) de preparación y una fase final (Fase F) en la que se aseguró un correcto asentamiento mediante el ensayo del Cono de Abrams (EN 206 [17]), que se explica en la **Figura 3**.

2.3. Campaña experimental

En primer lugar, después del proceso de mezcla se evaluaron las características del estado fresco de los hormigones realizados. Un ensayo de asentamiento se realizó justo después del proceso de mezcla, verificando la categoría S3 (EN 206 [17], asentamiento entre 100-150 mm), además de mediciones de densidad en fresco y porcentaje de aire ocluido (EN 12350-6 [17]).

Para el estado endurecido, se hormigonaron seis probetas de altura 200 mm y relación diámetro/altura de 2, para realizar ensayos de resistencia a compresión tras permanecer en cámara húmeda (EN 12390-3) y ser ensayadas tres probetas a los 7 días y las otras tres a los 28 días.



Figura 3. Proceso de amasado utilizado en la presente investigación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Estado fresco

Los resultados de los ensayos de asentamiento (EN 206 [17]) se pueden ver en la **Figura 4**. Como se puede observar, todas las mezclas fueron clasificadas como S3 [17]. A medida que mayores contenidos de TPA fueron añadidos a las mezclas, los valores de asentamiento fueron disminuyendo, de manera que se necesitaron las cantidades crecientes de agua y plastificantes mencionadas para asegurar esta trabajabilidad, ayudados por el proceso de mezcla específicamente diseñado [9].

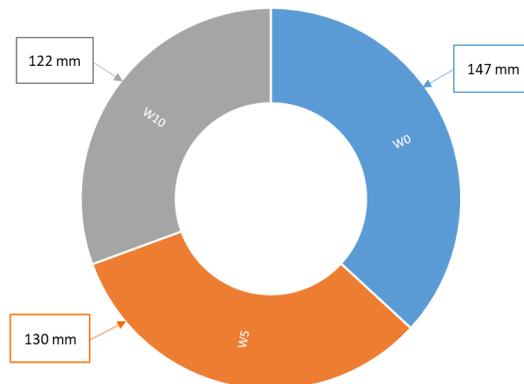


Figura 4. Resultados del ensayo de asentamiento.

Durante la evaluación de la densidad en fresco (EN 12350-6 [17]), se obtuvieron los resultados graficados en la **Figura 5**. Como se puede ver por la regresión dibujada en la figura, el comportamiento de esta propiedad siguió una tendencia muy lineal, con una caída de hasta el 7.26% para la mezcla W10 respecto a la mezcla W0, pero alcanzándose en todos los casos valores habituales para este tipo de hormigones [4]. Este fenómeno pudo ser explicado por la baja densidad del TPA, especialmente de las partículas poliméricas y de madera de balsa, que pudieron mantener el volumen de la mezcla mientras se redujo su peso [9].

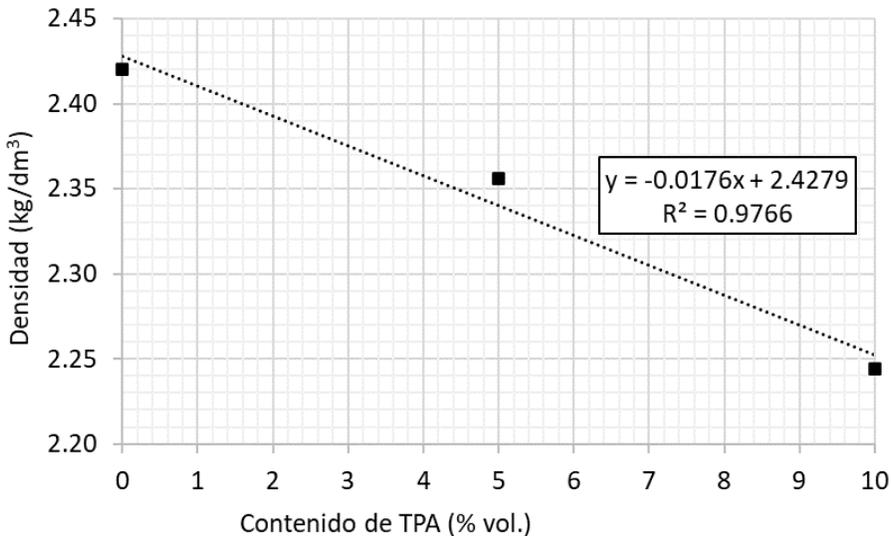


Figura 5. Resultados de ensayos de densidad en fresco y regresión lineal.

Respecto al porcentaje de aire ocluido (EN 12350-6 [17]), también se obtuvo una tendencia lineal, pero esta vez creciente, tal y como se puede observar en la **Figura 6**. A mayores cantidades de TPA, mayores cantidades de aire quedaron atrapadas en el interior de la mezcla, debido a la capacidad de las fibras para retener este aire, casi duplicándose el valor de la mezcla W0 en la mezcla W10. Además, este fenómeno fue ayudado por la gran porosidad de ciertos materiales presentes en este residuo, como puede ser la madera de balsa o las partículas poliméricas [9]. A pesar de las variaciones de los valores, los resultados de estos ensayos fueron aceptables y dentro de rangos normales para este tipo de materiales [19].

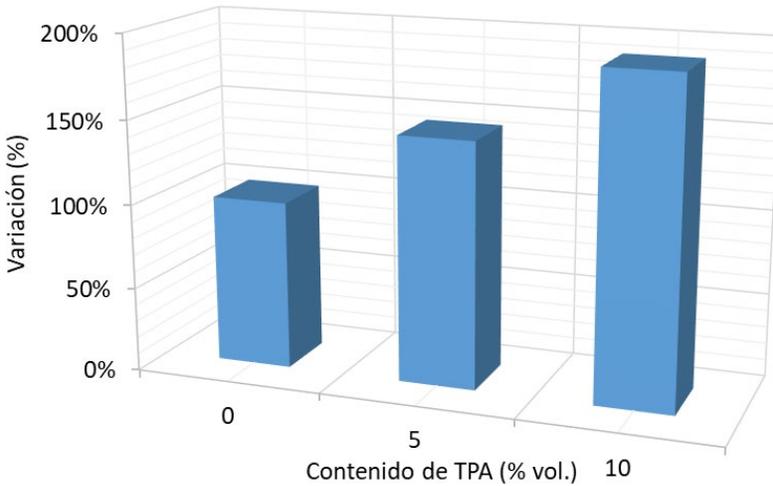


Figura 6. Variación de resultados de ensayo de aire ocluido en el hormigón fresco.

3.2. Estado endurecido

Tras su curado durante 7 o 28 días, las probetas hormigonadas fueron sometidas a ensayos de resistencia a compresión (EN 12390-3 [17]), y sus resultados se expresan en **Figura 7a**. La variación de los resultados respecto a la mezcla de referencia a las distintas edades se puede ver reflejada en la **Figura 7b**. Todos estos resultados fueron adecuados ampliamente para el uso estructural [4], pero hubo tendencias decrecientes debido al aumento de TPA en las mezclas.

Para los 7 días, las mezclas W0 y W5 dieron resultados muy parecidos, mientras que la W10 experimentó pérdidas de alrededor de 13.50%. Por lo tanto, la matriz cementicia se vio afectada al añadir TPA en contenidos altos, ya que la adherencia de materiales como la madera de balsa o elementos poliméricos es reducida en comparación con el resto de materiales utilizados [9,20]. Además, las relaciones a/c también fueron mayores y se incrementó la cantidad de aditivos, lo cual pudo resultar en pérdidas de resistencia que no pudieron ser compensadas por el efecto de cosido de las fibras y microfibras presentes en el TPA [18,21].

Observando el comportamiento a los 28 días, los mejores resultados fueron obtenidos por la mezcla W0, donde la hidratación de la matriz cementicia tuvo lugar de manera óptima. Sin embargo, se puede ver que este comportamiento fue afectado por la tendencia de la madera de balsa y las partículas poliméricas de absorber agua [20], resultando en una zona de transición intersticial de menor calidad que redujo la resistencia a compresión. Para la mezcla W5, se obtuvo una pérdida de 13.36%, mientras que para la mezcla W10 fue del 16.71%. Así, se ve que a grandes cantidades de TPA,

no decrece linealmente la resistencia a compresión, sino que tiene tendencias asintóticas, pudiendo ser factible la incorporación en altas cantidades de TPA en las mezclas.

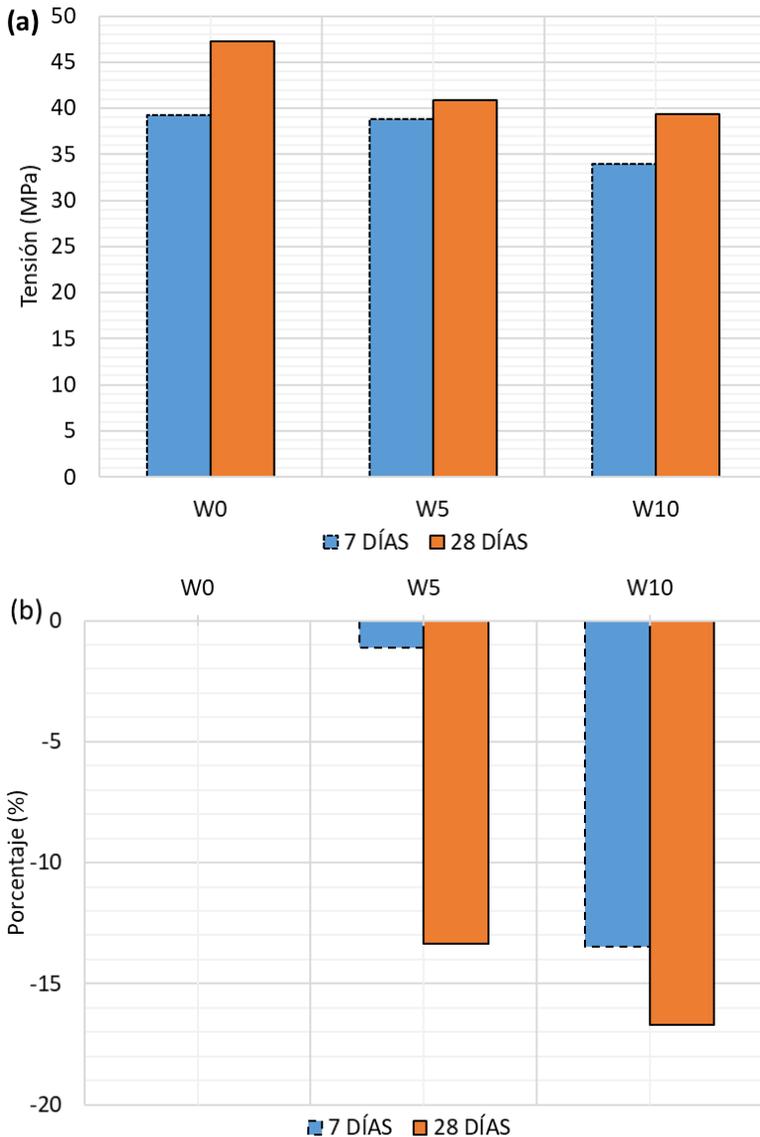


Figura 7. Ensayos de resistencia a compresión a 7 y 28 días: (a) resultados de los ensayos; (b) variación de resistencia a compresión respecto a la mezcla de referencia.

4. CONCLUSIONES

En la presente investigación, se produjo hormigón reforzado con fibras (HRF) mediante la incorporación de triturado de palas de aerogenerador (TPA) en altos contenidos, para estudiar la viabilidad de su adición y evaluar su comportamiento. Los HRFs realizados fueron más sostenibles, ya que se consiguió reducir la cantidad de áridos a añadir a la mezcla y dar una salida factible a los residuos procedentes del sector eólico español, mientras que se mantuvieron valores adecuados para cualquier uso.

De los resultados, se pudo concluir que el proceso de mezcla fue adecuado, ya que se consiguió una distribución homogénea e hidratación de las materias primas añadidas a estos HRFs. Durante este proceso de mezcla, se tuvieron que ajustar los contenidos de agua y de plastificantes necesarios para mantener el asentamiento de diseño, sin perjudicar de manera importante las características mecánicas de los hormigones. En los ensayos en fresco, se obtuvieron resultados con tendencias similares para la densidad en fresco y porcentaje de aire ocluido, explicados por la naturaleza del TPA, pero sin sufrir variaciones determinantes respecto a los valores de la mezcla de referencia W0. Para el estado endurecido, las variaciones fueron siempre inferiores al 17%, ocasionadas por la peor calidad de los materiales poliméricos y madera encontrada en el TPA, mayores relaciones a/c y mayores cantidades de plastificante, contrarrestadas en menor manera por la capacidad de cosido de las fibras contenidas en este residuo.

Este estudio por lo tanto arroja resultados en estado fresco y endurecido que demuestran la viabilidad de incorporación de altos porcentajes de TPA en las mezclas de hormigón, que resultan en HRF. Por lo tanto, se puede ver que añadir TPA en el hormigón permite obtener materiales más sostenibles, ya que se reciclan las problemáticas palas de aerogenerador de los parques eólicos y se reducen las altas cantidades de áridos a añadir en los hormigones, apuntando hacia una economía circular más eficiente y verde.

Agradecimientos

Este trabajo de Investigación fue financiado por el Ministerio de Universidades, MICINN, AEI, UE, FEDER y NextGenerationEU/PRTR [PID2020-113837RB-I00; 10.13039/501100011033; TED2021-129715B-I00; PID2023-146642OB-I00; FPU21/04364]; la Junta de Castilla y León y FEDER [UIC-231; BU033P23; BU066-22]; y, finalmente, la Universidad de Burgos [SUCONS, Y135.GI].

REFERENCIAS

- [1] ANEFHOP, 2022. Guide for the Carbon Footprint reduction in the Prepared Concrete Industry (GUÍA PARA LA REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN PREPARADO), 2022. www.anefhop.com.

- [2] Ministry of Infrastructures of the Spanish Government, Spanish Structural Code (Código Estructural de España), 2021.
- [3] J. Calavera, Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón: en masa, armado, pretensado, 2ª ed., Instituto Técnico de Materiales y Construcciones, Madrid, 2008.
- [4] CEN (European Committee for Standardization), Eurocode 2, Design of Concrete Structures. Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings (EN 1992-1-1), 2010.
- [5] B. Ali, H. Ahmed, H. Hafez, A. Brahmia, M.H.E. Ouni, A. Raza, Life Cycle Impact Assessment (Cradle-to-Gate) of Fiber-Reinforced Concrete Application for Pavement Use: A Case Study of Islamabad City, *Int. J. Pavement Eng* 16 (2023) 247–263. <https://doi.org/10.1007/s42947-021-00129-8>.
- [6] C. Zhao, Z. Wang, Z. Zhu, Q. Guo, X. Wu, R. Zhao, Research on different types of fiber reinforced concrete in recent years: An overview, *Constr Build Mater* 365 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130075>.
- [7] M. Amran, S.-S. Huang, A.M. Onaizi, N. Makul, H.S. Abdelgader, T. Ozbakkaloglu, Recent trends in ultra-high performance concrete (UHPC): Current status, challenges, and future prospects, *Constr Build Mater* 352 (2022) 129029. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129029>.
- [8] V. Ortega-López, V. Revilla-Cuesta, A. Santamaría, A. Orbe, M. Skaf, Microstructure and Dimensional Stability of Slag-Based High-Workability Concrete with Steelmaking Slag Aggregate and Fibers, *J. Mater. Civ. Eng.* 34 (2022). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0004372](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004372).
- [9] 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). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107160>.
- [10] F. Soltanzadeh, A.E. Behbahani, K. Hosseinmostofi, C.A. Teixeira, Assessment of the Sustainability of Fibre-Reinforced Concrete by Considering Both Environmental and Mechanical Properties, *Sustainability (Switzerland)* 14 (2022). <https://doi.org/10.3390/su14106347>.
- [11] M. Pawelska-Mazur, M. Kaszynska, Mechanical Performance and Environmental Assessment of Sustainable Concrete Reinforced with Recycled End-of-Life Tyre Fibres, *Materials* 14 (2021) 256. <https://doi.org/10.3390/ma14020256>.
- [12] C. Signorini, S. Marinelli, V. Volpini, A. Nobili, E. Radi, B. Rimini, Performance of concrete reinforced with synthetic fibres obtained from

- recycling end-of-life sport pitches, *J. Build. Eng.* 53 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104522>.
- [13] J. Manso-Morato, N. Hurtado-Alonso, V. Revilla-Cuesta, M. Skaf, V. Ortega-López, J.M. Manso, Caracterización e idoneidad de la utilización de triturado de palas de aerogenerador en la producción de hormigón (Characterization and suitability for use of crushed wind-turbine blade in concrete production), in: II International Córdoba Eco-Concrete Conference, Universidad de Córdoba (UCOPress), Córdoba, 2023: pp. 16–20. eISBN: 978-84-9927-761-5.
- [14] World Wind Energy Association, WWEA, 2022. Statistics for the Global wind-energy sector., (2022).
- [15] Asociación Empresarial Eólica, AEE, 2022. Statistics of the Spanish wind-energy sector., (2022). <https://aeolica.org/> (accessed March 29, 2023).
- [16] J. Joustra, B. Flipsen, R. Balkenende, Structural reuse of wind turbine blades through segmentation, *Composites Part C: Open Access* 5 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2021.100137>.
- [17] EN-Euronorm, European Committee for Standardization, Rue de Stassart, 36. Belgium-1050 Bursseles, 2020.
- [18] A. Garcia-Llona, V. Ortega-Lopez, I. Piñero, A. Santamaría, M. Aguirre, Effects of fiber material in concrete manufactured with electric arc furnace slag: Experimental and numerical study, *Constr Build Mater* 316 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125553>.
- [19] F. López-Gayarre, P. Serna, A. Domingo-Cabo, M.A. Serrano-López, C. López-Colina, Influence of recycled aggregate quality and proportioning criteria on recycled concrete properties, *Waste Management* 29 (2009) 3022–3028. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.07.010>.
- [20] V. Revilla-Cuesta, F. Faleschini, C. Pellegrino, M. Skaf, V. Ortega-López, Water transport and porosity trends of concrete containing integral additions of raw-crushed wind-turbine blade, *Dev. Built Environ.* (2024) 100374. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100374>.
- [21] V. Revilla-Cuesta, J. Manso-Morato, N. Hurtado-Alonso, M. Skaf, V. Ortega-López, Mechanical and environmental advantages of the revaluation of raw-crushed wind-turbine blades as a concrete component, *J. Build. Eng.* 82 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.108383>.

CITOTOXICIDAD MODULABLE DE CONJUGADOS DEPSIPEPTÍDICOS FLUORESCENTES Y SU UTILIDAD COMO TRANSPORTADORES DE MACROMOLÉCULAS CON FUNCIÓN FARMACOLÓGICA.

CARLA HERNANDO MUÑOZ, IRENE ABAJO CUADRADO, ANDREA REVILLA CUESTA, TOMÁS TORROBA PÉREZ¹.

¹ Grupo SUPRABUR, dpto. Química, facultad de ciencias, Universidad de Burgos, 09001, España.

Resumen

En la siguiente comunicación se presentan una serie de moléculas orgánicas fluorescentes derivadas del naftaleno sintetizadas en el grupo SUPRABUR (química Orgánica) de la Universidad de Burgos; concretamente son naftalenomonoimidias (NMIs) a las que se les ha anclado una o dos cadenas de aminoácidos lineales con tendencia al autoensamblaje (*Fig. 1*). Estas estructuras se caracterizan porque los anillos aromáticos del naftaleno, en mezclas de agua con una pequeña cantidad de disolvente orgánico, pueden apilarse a través de interacciones π - π entre sus anillos aromáticos y así formar superagregados que presentan el fenómeno de emisión inducida por agregación (AIE).

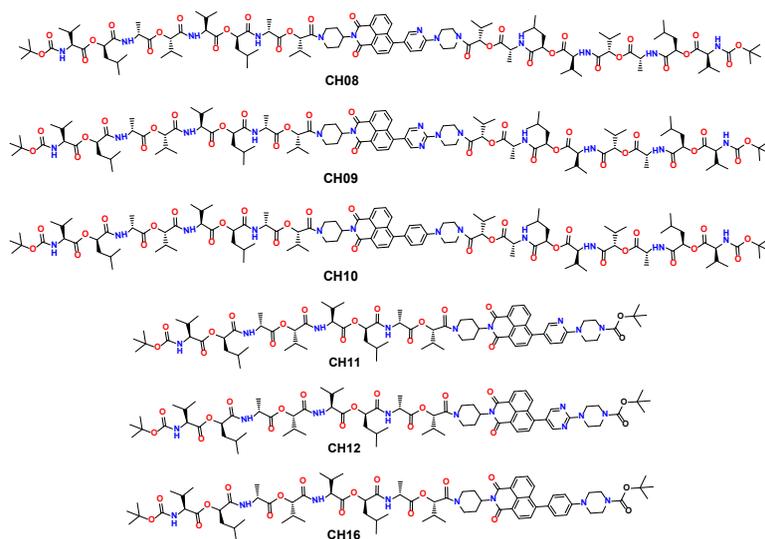


Figura 1. Derivados depsipeptídicos de naftalenomonoimidias.

La solubilidad y emisión de estos compuestos químicos en mezclas acuosas, resulta de interés por su posible entrada en células y la posterior determinación del destino celular, ya que en el orgánulo específico donde se concentren, se produce un incremento de la fluorescencia debido a la agregación mencionada.

Además, los derivados se han estudiado mediante técnicas de microscopía electrónica y forman nanovesículas, que podrían ser rellenas con cualquier fármaco o macromolécula que desee transportarse hasta el destino celular, a la vez que son monitorizadas por técnicas de fluorescencia.

Sabiendo esto, estudios recientes han revelado que la biocompatibilidad de los compuestos varía en función de número de cadenas depsipeptídicas unidas a la naftalenomonoimida central.

Por otra parte, se sabe que el factor de implantación (PIF) es un péptido natural que, en células β -pancreáticas, actúa sobre una enzima degradante de insulina y aumenta la sensibilidad celular a la insulina, por lo que se cree que su administración puede tener un papel importante en el control y tratamiento de la diabetes tipo II. Así, las estructuras depsipeptídicas recién mencionadas se anclaron al PIF con el objetivo de evaluar si pueden servir como transportadores biocompatibles de éste.

Este estudio es solo una pequeña parte de lo que será el Proyecto de doctorado completo. Esta investigación seguirá avanzando, mediante la funcionalización con diferentes marcadores específicos celulares y mediante el estudio del transporte, en las nanovesículas, de agentes antitumorales, hormonas u otras macromoléculas con función farmacológica, de forma que sean vehiculizadas selectivamente a regiones concretas en el interior celular, pudiendo resultar en una innovadora y selectiva forma de tratar ciertas enfermedades.

1. MARCO TEÓRICO.

1.1. Propiedades de la fluorescencia.

Hay dos formas principales de fotoluminiscencia: fluorescencia y fosforescencia. El primero se observa cuando ciertas sustancias absorben energía de una fuente de radiación y la usan para excitar electrones a un estado excitado singlete. Seguidamente, los electrones regresan al estado fundamental emitiendo el exceso de energía en forma de luz. Esta transición ($S^* \rightarrow S_0$) está permitida porque no hay cambio en la multiplicidad de espín. Hay que añadir que el tiempo entre la absorción y la emisión de luz es de unos 10^{-8} segundos. [1] Por el contrario, cuando se produce el fenómeno de la fosforescencia (normalmente por la presencia de átomos pesados en la estructura), antes de la transición electrónica tenga lugar, se produce un cruce entre estados excitados singlete a triplete (este proceso implica un cambio de multiplicidad). En consecuencia, la vida de la fosforescencia es más larga que la de la fluorescencia y requiere entre 10^{-3} y 1 s.

Cabe añadir que la energía del fotón absorbido es siempre mayor que la energía del emitido (Desplazamiento de Stokes). Esta pérdida de energía es causada por procesos de relajación no radiante que compiten con la fotoluminiscencia. [2] Los más frecuentes son la relajación vibracional y la conversión interna:

Las características de la fotoluminiscencia están muy relacionadas con la estructura molecular. De esta forma, la fluorescencia suele observarse en especies aromáticas y rígidas en las que los procesos de relajación no radiante están impedidos.

1.2. Naftalenomonoimidaz y el fenómeno de emisión inducida por agregación.

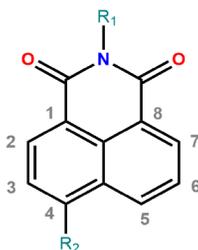


Figura 2. Estructura común de las NMIs

En la *figura 2* se presenta la estructura compartida por todas las naftalenomonoimidaz que se ven en este documento. Estas especies, a diferencia de los fluoróforos tradicionalmente empleados en el campo de la biología, presentan el fenómeno de emisión inducida por agregación (AIE), el cual se explicará en esta sección.

Los colorantes orgánicos más usados en las últimas décadas en el estudio de sistemas celulares presentan estructuras del tipo de la BODIPY, las rodaminas o las cianinas entre otras. [3] Sin embargo, éstos presentan coeficientes de absorción bajos y son poco sensibles. [4] Cabe añadir, que estos fluoróforos convencionales en disoluciones diluidas tienen una emisión muy brillante, pero al aumentar su concentración, los anillos aromáticos interactúan entre sí produciéndose apilamientos π - π intermoleculares (*Fig.3*) que desactivan su fluorescencia. [5]

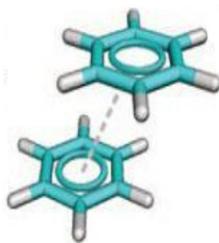


Figura 3. Apilamientos π - π entre anillos aromáticos.

Este fenómeno recibe el nombre ACQ por sus siglas en inglés (aggregation caused quenching) y se observa principalmente en medios polares como es el agua o el medio intracelular, donde las especies aromáticas se agregan fácilmente. [6] Por otra parte, aunque no es habitual, existen especies que prácticamente no son fluorescentes a bajas concentraciones, pero cuando forman agregados, su emisión aumenta considerablemente. Este comportamiento es lo que se conoce como emisión inducida por agregación (AIE) y se debe a la restricción del movimiento intramolecular que provocan estos apilamientos. Como resultado, las moléculas excitadas no pierden su exceso de energía a través de vías no radiantes, [7] por lo que se observa un aumento de la fluorescencia (*Fig. 4*).

De esta forma, en los últimos años, los emisores de luz inducida por agregación (AIEgens) se utilizan cada vez más como métodos de detección, debido a sus ventajas sobre otros métodos, como son los bajos límites de detección, su alta selectividad y rápida respuesta, su notable fotoestabilidad y la gran biocompatibilidad. [8] Todo esto hace que sean excelentes candidatos para las aplicaciones biomédicas en las que se centra este estudio.

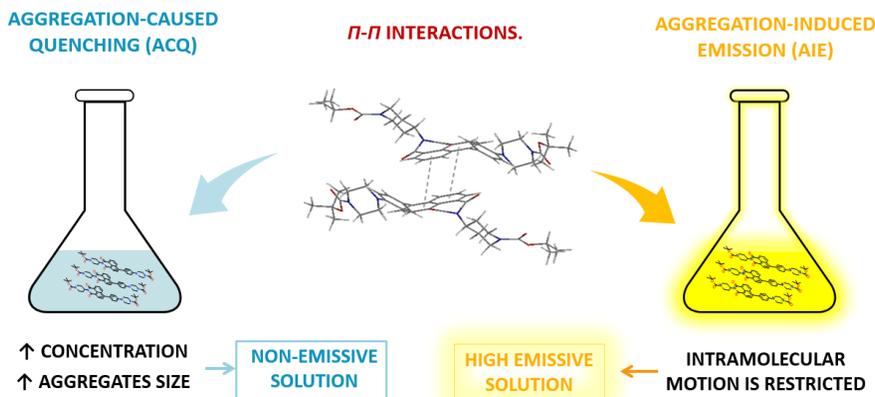


Figura 4. Esquema-resumen de los efectos AIE y ACQ.

1.3. Aplicaciones biomédicas de las 1,8-naftalenomonoimididas.

La salud humana es una de las principales preocupaciones en la sociedad actual; por lo tanto, el desarrollo de nuevas técnicas diagnósticas y terapéuticas se ha convertido en un tema central para la medicina. Las técnicas que actualmente se conocen, y que comúnmente se emplean para el diagnóstico médico son el escáner de ultrasonidos, la tomografía computarizada (TC), los rayos X y la resonancia magnética (RM). [8] Sin embargo, estas técnicas tienen algunos inconvenientes; Por ejemplo, tanto los rayos X como la TC pueden tener efectos perjudiciales para el organismo debido a la radiación ionizante asociada. Por otra parte, la resonancia magnética no es adecuada para tejidos donde haya circulación sanguínea, y los ultrasonidos muestran una

resolución relativamente baja. Además, la sensibilidad de todas esas técnicas es limitada, lo que dificulta la obtención de diagnósticos precisos. [9] Por lo tanto, la alta resolución de la fluorescencia de los AIE-gens, su rápida respuesta en tiempo real y su baja invasividad, les confiere un gran potencial para ser utilizados en el desarrollo de nuevas técnicas de imagen tisular; [10] Además representan un método innovador y atractivo en la monitorización de especies químicas en entornos biológicos, facilitando diagnósticos clínicos y terapias. [11] De esta manera, las naftalenomonoimidias aquí descritas son candidatas ideales para esta aplicación. Concretamente, una atractiva aplicación se describe brevemente en el siguiente apartado.

1.3.1. Naftalenomonoimidias como biomarcadores y transportadores fluorescentes útiles en el tratamiento de la diabetes.

Hoy en día, la prevalencia de la obesidad y la diabetes tipo II está aumentando a un ritmo alarmante. La diabetes es una enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no puede producir insulina o cuando el cuerpo no puede usarla correctamente. Dado que la insulina es la hormona responsable de regular los niveles de azúcar en la sangre, la hiperglucemia es un efecto habitual en una diabetes no controlada y, con el tiempo, los niveles altos y mantenidos de glucosa pueden dañar los vasos sanguíneos y los nervios.

En este contexto, se plantea aplicar nuevas técnicas farmacológicas que permitan manipular la respuesta de la insulina en las células pancreáticas, empleando como principio activo un péptido natural llamado Factor de Preimplantación (PIF). Así, se pretende desarrollar un AIE-gen que actúe como colorante y que al unirse a una secuencia de péptido pueda ser utilizado como portador del PIF hasta su destino celular, donde será liberado y actuará farmacológicamente. [12] Este portador con tendencia al autoensamblaje tiene que ser soluble en agua y biocompatible, para después poderse inyectar en células β -pancreáticas lesionadas y observar, gracias a la emisión fluorescente del portador, cómo el PIF interactúa con los diferentes orgánulos celulares, comprobando si esta molécula puede ser útil para ayudar al esquema general del tratamiento de la diabetes. Debe añadirse que el portador debe autoensamblarse para restringir los movimientos intramoleculares y así aumentar la emisión fluorescente del biomarcador. Por lo tanto, en este documento se estudian las propiedades de derivados de NMI unidos a la siguiente secuencia de péptido: Boc-(L-Val-D-O-Leu-D-Ala-L-O-Val-L-Val-D-O-Leu-D-Ala-L-O-Val)-OH (unión covalente mediante enlace amida).

2. ANÁLISIS DE LA FLUORESCENCIA EN MEZCLAS DISOLVENTE-AGUA

A continuación, se estudia la emisión de los derivados de NMI en mezclas de agua-disolvente orgánico. Se seleccionó el THF como el disolvente más adecuado para este estudio. De esta forma, se prepara una solución madre 0.2 mM de cada NMI en THF. A continuación, se hacen once diluciones para

cada uno añadiendo cantidades crecientes de agua (0-90%). Finalmente, estas mezclas se observan bajo luz ultravioleta de 366 nm para determinar si los productos presentan el fenómeno de emisión inducida por agregación (*tabla 1*). Dado el elevado número de compuestos, se presenta el estudio de la emisión de dos de ellos (uno con una única cadena depsipeptídica, y otro con dos) que sirven como modelo de los demás.

Tabla 1. Pruebas de porcentaje de agua de dos modelos de NMIs empleando luz UV (366 nm).

Estructura	Mezclas THF-H ₂ O
 <p>CH08</p>	
 <p>CH11</p>	

En las fotografías puede observarse como la intensidad de la emisión va variando a medida que se modifica la proporción de agua. En mezclas con bajos porcentajes de agua (inferiores al 60 %) la emisión de fluorescencia es muy débil debido al efecto de apagado. Sin embargo, con una mayor proporción de agua (por encima del 70 %), las especies experimentan un aumento repentino de la emisión de fluorescencia debido a la mayor aglomeración y la formación de nanopartículas más grandes. Por lo tanto, este ensayo confirma que, a altas proporciones de agua, estos fluoróforos forman nanoagregados lo suficientemente grandes como para exhibir el efecto AIE ya descrito, por el cual los procesos de relajación no radiante están restringidos debido a la rigidez estructural de los agregados. [13]

3. ESTUDIO DE LAS ESTRUCTURA POR MICROSCOPIA ELECTRÓNICA.

En este apartado se incluyen diferentes fotografías obtenidas en el centro I+D+I/CIBA (Universidad de Burgos). Las técnicas empleadas fueron la microscopía de fuerza atómica (AFM), y la microscopía electrónica de barrido (SEM), que han mostrado como en mezclas acuosas forman nanovesículas.

Dentro de las seis especies sintetizadas, aquí se recogen las dos cuyas estructuras son las más atractivas para la aplicación biomédica, que son CH08, CH09 (dos cadenas dpeptide) y CH11 (una única cadena).

Se observa que CH08 forma estructuras huecas (*Tabla 2*). Resulta interesante añadir que se han medido nanopartículas de hasta 1,52 micras de diámetro (*Tabla 2, Fig. b*). También se observó que algunas cavidades son tan grandes que contienen nanopartículas más pequeñas en su interior (*Tabla 2, Fig. d*). Además, destaca CH09 por la formación de numerosas nanovesículas agregadas que parecen collares de perlas. Aunque en las imágenes obtenidas

por SEM las partículas parecen macizas, con microscopía electrónica de barrido se pudo contrastar, y verificar que en realidad son nanopartículas huecas susceptibles de rellenarse. (Tabla 3)

Por otra parte, los compuestos con una única cadena de aminoácidos, como es CH11, también forman nanovesículas rellenables (Tabla 4).

Tabla 2. Imágenes de AFM (a) y SEM (b,c,d) de CH08 al 80 % de agua

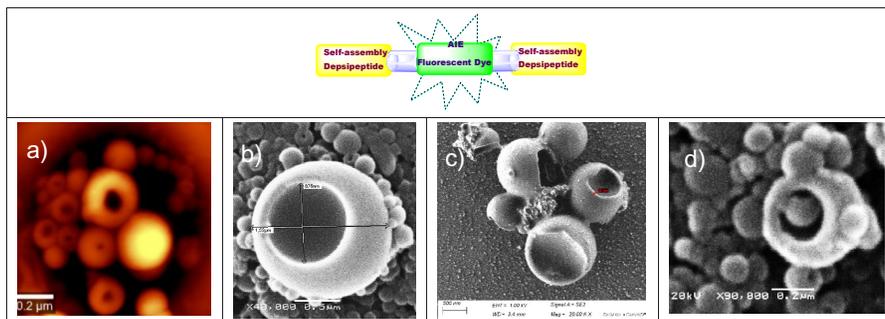


Tabla 3. Imágenes de AFM (a) y SEM (b,c,) de CH09 al 70 % de agua

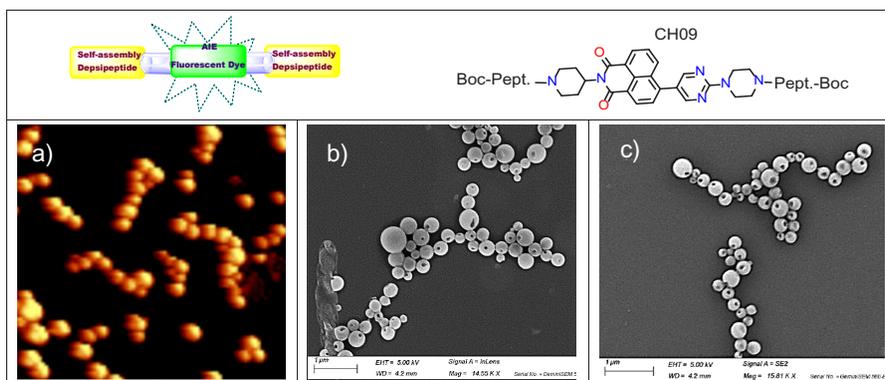
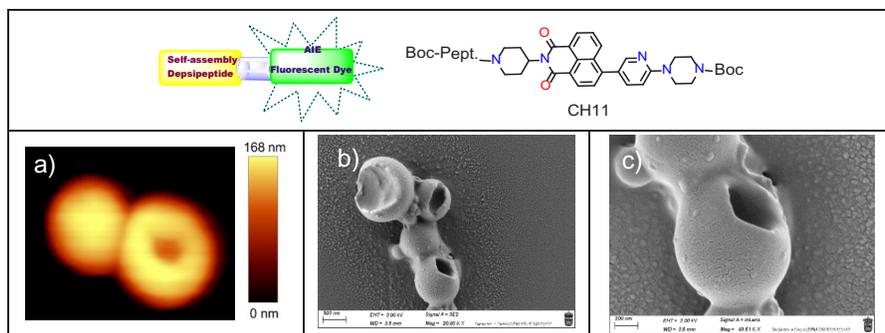


Tabla 4. Imágenes de AFM (a) y SEM (b) de CH11 al 70 % de agua



3.1. Relación entre la nanoestructura de las NMIs y sus aplicaciones.

Se ha medido el tamaño de los huecos de las nanopartículas y muchos de ellos alcanzan un diámetro de casi 600 nm y una profundidad de 120 nm. Por otra parte, se sabe que los anticuerpos, antígenos, hormonas... son proteínas de alto peso molecular y tamaño, por lo que, si se desea transportarlos dentro de las cavidades, estas deben ser lo suficientemente grandes para albergar las macromoléculas biológicas o cualquier fármaco deseado. Los tamaños de los huecos recién mencionados cumplirían con los requisitos.

Por otra parte, es deseable que las nanoestructuras sean blandas y flexibles debido a la posibilidad de colisionar con células u otras partículas en los fluidos corporales y romperse. Afortunadamente, las nanopartículas de estos productos son muy blandas, ya que se ha utilizado un microscopio de fuerza atómica para el cual, la punta normalmente no resiste alturas superiores a los 300 nm, a menos que la muestra sea muy blanda y deformable. Los agregados de CH12 alcanzan alturas de 400 nm y se pudieron medir sin dañar la punta del equipo. Estas observaciones hacen que estas nanopartículas sean atractivas para aplicaciones biológicas.

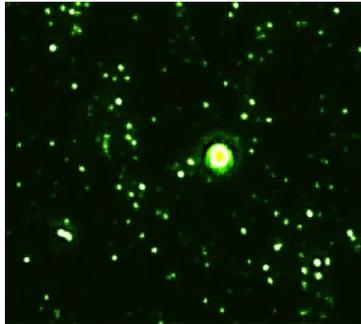


Figura 5. Fluorescencia de las nanopartículas de CH12 formadas a un 80% de agua.

Finalmente, es interesante mencionar que la fluorescencia de las nanopartículas aumenta con su tamaño (*Fig.5*). Por tanto, si el objetivo es utilizar las NMIs como sondas intracelulares fluorescentes, es muy importante que los agregados tengan una fluorescencia intensa y medible que permita distinguir cuándo las moléculas se están agregando en un compartimento específico de la célula. Si el péptido o fármaco transportado tuviera un orgánulo diana, los agregados ahí formados serían muy grandes; mientras que, si no lo tuviera, los agregados serían más pequeños y dispersos, por lo que la emisión de fluorescencia se volvería más débil. Las NMIs aquí estudiadas también cumplen con este requisito, ya que, al acoplar al AFM un fluorímetro, se ha confirmado que las NMIs muestran un gran aumento de la intensidad de emisión a medida que crecen los agregados.

4. UNIÓN DEL PIF A LOS COLORANTES.

Una vez visto que las NMIs estudiadas pueden ser útiles en estudios de biomedicina, se hacen algunas modificaciones estructurales que permiten su anclaje al PIF mediante una reacción química click (azida + triple enlace). Se observa que, a pesar de dichas modificaciones, los derivados depsipeptídicos mantienen la estructura de nanovesículas (*Fig. 6*).

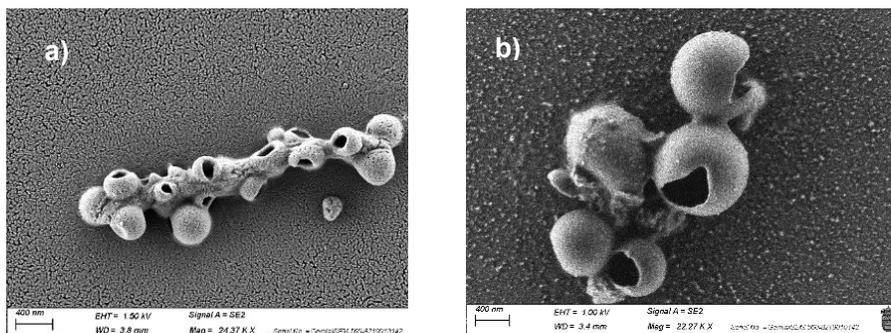


Figura 6. Imágenes de SEM de algunas NMIs modificadas antes de unirse al PIF.

Seguidamente las NMI modificadas se hacen reaccionar con dos secuencias de PIF, obteniéndose los productos deseados, cuyos modelos estructurales son dos, en función del número de ramas depsipeptídicas unidas al colorante. (*Fig. 7*).

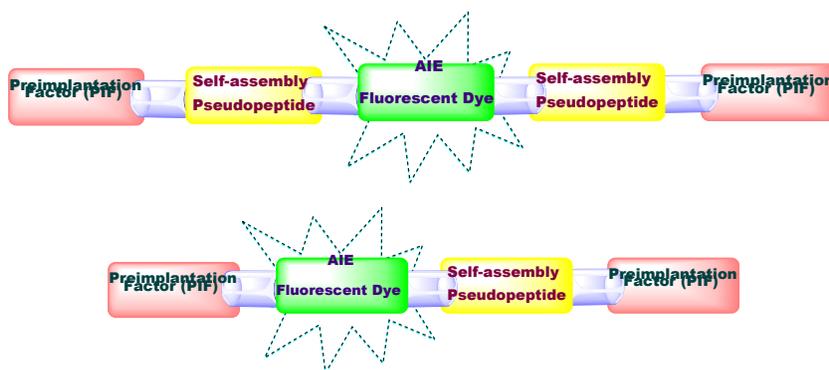


Figura 7. Modelo estructural de los biomarcadores y transportadores de especies con función farmacológica de a) dos ramas depsipeptídicas y b) una única cadena.

4.1. Entrada del biomarcador sintetizado en células.

Se ha visto, mediante el uso de la microscopía confocal, como estos compuestos sí son capaces de atravesar la membrana celular. El disolvente biocompatible empleado fue una mezcla de dimetilsulfóxido (0,5%) y agua (99,5 %), mezcla en la que los compuestos mantienen sus propiedades de

AIEgens. Los ensayos fueron realizados sobre células tumorales de pulmón y se agregaron tintes específicos de mitocondria, núcleo y retículo endoplasmático. Se vio como el destino celular es el retículo endoplasmático (*Fig.8*). También se vio que aquellos con dos ramas depsipeptídicas (*Fig 7a*) eran biocompatibles con el paso del tiempo, por lo que se convierten en ideales transportadores de PIF.

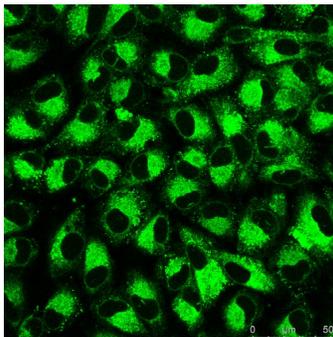


Figura 8. Biomarcador en retículo endoplasmático.

5. CONCLUSIONES

Los seis portadores se han sintetizado con buenos rendimientos y, además, como se pretendía, todos ellos presentan el fenómeno de emisión inducida por agregación en mezclas de disolvente biocompatible con un alto porcentaje de agua.

Por otra parte, el estudio de las especies mediante distintas técnicas de microscopía permite concluir que las especies cuya nanoestructura presenta una hendidura central, son muy atractivas para el transporte y liberación selectiva de macromoléculas con función farmacológica.

Se ha visto como las especies con dos cadenas depsipeptídicas son totalmente biocompatibles incluso a altas concentraciones, y una vez unidas al PIF, también son biocompatibles. Cuando estas especies entran en las células, el enlace con el PIF fisiológicamente activo se degrada fácilmente, por lo que el péptido queda totalmente libre para realizar su función terapéutica. Por tanto, el siguiente paso será estudiar el comportamiento de las especies sintetizadas en células beta pancreáticas.

Dado que las NMIs con dos ramas depsipeptídicas son biocompatibles, podrían ser ancladas a otras especies con función farmacológica, y, una vez liberadas en el destino celular deseado, la NMI que queda en la célula se degradará con el tiempo sin provocar una apoptosis celular. Todo ello sería monitorizado mediante técnicas de fluorescencia gracias a la propiedad de AIE de los transportadores (*Fig.9*).

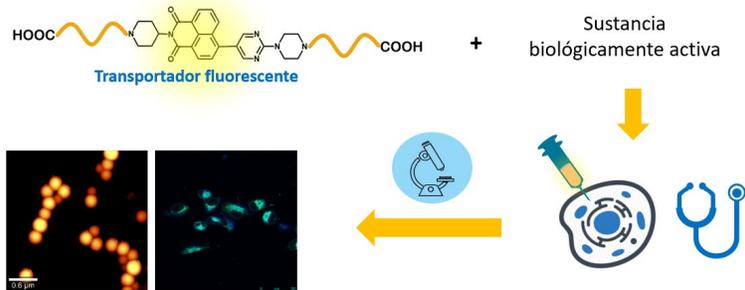


Figura 9. Esquema representativo de la monitorización de las NMIs en el interior celular por técnicas de fluorescencia.

Ante estos resultados, el siguiente paso del Proyecto de doctorado es unir químicamente a las NMIs (con estructura de nanovesícula), un antígeno u hormona característica de un determinado tipo celular, como puedan ser ciertas series tumorales, y transportar selectivamente en el interior de las cavidades agentes antitumorales específicos. Actualmente se están haciendo pruebas con células de cáncer de próstata donde las nanovesículas son vehiculizadas selectivamente por la unión de una hormona específica a los derivados de péptidos fluorescentes presentados en este documento.

REFERENCIAS

- [1] J. R. Lakowicz, *Principles of Fluorescence Spectroscopy*, Springer Science + Business Media, Singapore, third edition, **2006**; chapter 1, pp. 1-26.
- [2] J. Zhang, K. Hoshino, *Molecular Sensors and Nanodevices: Principles, Designs and Applications in Biomedical Engineering*; Second Edition, **2018**; chapter 5.
- [3] N. Boens, V. Leen, W. Dehaen, *Chem. Soc. Rev.* **2012**, *751*, 1130–1172.
- [4] M. J. Ruedas-Rama, J. D. Walters, A. Orte, E. A. H. Hall, *Anal. Chim. Acta*, **2012**, *751*, 1–23.
- [5] N. Meher, P. K. Iyer, *Nanoscale* **2017**, *9*, 7674-7685.
- [6] Y. Hong, J. W. Y. Lam, B. Z. Tang, *Chem. Commun.* **2009**, 4332–4353.
- [7] J. Wu, W. Liu, J. Ge, H. Zhang, P. Wang, *Chem. Soc. Rev.* **2011**; *40*, 3483-3495.
- [8] D. Ding, Aggregation-Induced Emission Luminogens for Biomedical Applications. In: Y Tang., B. Tang (eds), Springer Nature Switzerland, **2019**; Chapter 19, pp. 457-479.
- [9] C. Hernando Muñoz. *Estudio de la fluorescencia inducida por agregación en naftaleno-monoimidadas diseñadas para el marcaje de péptidos activos*. Trabajo de Fin de Grado, Universidad de Burgos. **2020**.

- [10] C. Zhu, R. T. K. Kwok, J. W. Y. Lam, B. Z. Tang, *ACS Appl. Biol. Mater.* **2018**; *1*, 6, 1768-1876.
- [11] G. Saito, D. Velluto, M. Resmini, *R. Soc. Ciencia abierta.* **2018**; *5*, 1721-1737.
- [12] G. M. Perdomo Hermádez, T. Torroba Pérez, *New approaches in obesity and type 2 diabetes mellitus treatment using the preimplantation factor (pif) in pre-clinical mice models (diabo-pif)*. Fundación La Caixa-UBU, **2019**
- [13] X. Yu, X. Ge, H. Lan, L. Yajuan, G. Lijun, Z. Xiaoli, T. Yi, *ACS Appl. Mamá. Interfaces.* **2015**; *7*, 24312-21.

TÉCNICAS QUIMIOMÉTRICAS Y ESPECTROSCOPIA NIR EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA. APLICACIONES EN LA MONITORIZACIÓN DE PROCESOS DEL SECTOR LÁCTEO Y DE LA PANIFICACIÓN

D. CASTRO-REIGÍA^{1,2}, I. GARCÍA², S. SANLLORENTE¹, M.C. ORTIZ¹

¹*Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Burgos;
Plaza Misael Bañuelos s/n, Burgos, España*

²*AOTECH (Advanced Optical Technologies S.L.), Escuela Ing. De Bilbao;
Plaza Ingeniero Torres Quevedo, 1, 2º, 48013, Bilbao, España*

Resumen

La realización de una tesis con mención de doctorado industrial tiene como fin primordial estimular la participación de las empresas en los programas de doctorado y garantizar los lazos entre el mundo académico y el mundo empresarial. En este caso el trabajo que a continuación se resume, se desarrolla en colaboración entre el Grupo de Quimiometría y Cualimetría de la UBU y la empresa AOTECH (spin-off del Grupo de Fotónica Aplicada de la Universidad del País Vasco). El control de la calidad alimentaria en la industria es complejo debido a que su materia prima es multicomponente y variable según el origen y la época del año, y además, los procesos productivos están ligados a dicha materia prima. Por ello, las empresas del sector agroalimentario demandan, cada vez más, sensores avanzados y económicamente asequibles que permitan medir variables químicas relacionadas con la calidad de la materia prima, así como de los productos fabricados. En este contexto, se han utilizado dispositivos instrumentales que permiten realizar medidas de infrarrojo cercano (NIR) en línea para su implementación, desarrollando a su vez, nuevos procedimientos quimiométricos que permitan evaluar mejor las características específicas de procesos y/o productos en el campo de la industria alimentaria. La investigación se ha centrado, hasta el momento de redacción de este trabajo, en las industrias de la panificación y láctea. Concretamente, en el primer caso, se ha conseguido monitorizar el proceso de fermentación en barras de pan at-line, consiguiendo, a través de la toma de espectros NIR, conocer el estado de fermentación y decidir adecuadamente como proceder en los siguientes pasos de su elaboración. También ha sido posible detectar *in-situ* deficiencias en el amasado de masas de galletas durante dos procesos industriales distintos durante su fabricación y conocer parámetros fisicoquímicos en tiempo real en masas de empanada.

Por otro lado, en el caso del sector lácteo, se ha conseguido establecer un método para mejorar el proceso de fabricación en línea de yogures, reduciendo la variabilidad entre distintos lotes de fabricación y cumpliendo con los límites del contenido de proteína y grasa deseados por el productor. En definitiva, la investigación realizada ha encontrado soluciones a retos de la sociedad y de las industrias en el ámbito del control de procesos, mejorándolos en algunos casos, permitiendo detectar deficiencias, y dotando de mayor fiabilidad a los resultados obtenidos. La combinación de las técnicas experimentales descritas con herramientas quimiométricas y computacionales genera procesos químicos sostenibles propiciados por el uso en línea de la espectroscopia NIR, además de tratarse de procesos no destructivos que redundan en el ahorro del coste de estos análisis.

Palabras clave: panadería, innovación, espectroscopia NIR, quimiometría, sector lácteo, digitalización, medidas en línea

1. INTRODUCCIÓN

Los productos suministrados por la industria láctea y el sector de la panificación representan una gran parte del consumo alimentario español. De hecho, el gobierno de España estima que en 2022, el consumo promedio de pan por habitante ha sido de 28 kilos, mientras que, el consumo de leche y derivados lácteos se encuentra de media en unos 101 litros per cápita en 2022 [1]. Estos datos demuestran la necesidad de una elevada calidad en estos productos, y por tanto, un control exhaustivo durante sus proceso de fabricación, ya que es un factor crucial que no sólo afecta económicamente, sino que también repercute en la salud de los ciudadanos.

Teniendo en cuenta lo anterior y el marco teórico en el que se encuadra el desarrollo de la tesis doctoral, se realizaron diferentes análisis empleando espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) y herramientas quimiométricas en distintas empresas del sector lácteo y de la panificación, consiguiendo mejoras importantes en los procesos de fabricación de varios alimentos. La idea fundamental es monitorizar y automatizar los procesos de fabricación *in-situ*, de tal forma que se evite la continua necesidad de supervisión de personal cualificado que garantice en todo momento la calidad de las materias primas y los productos finales, y en su lugar, pueda hacerse empleando un sensor basado en medidas NIR. Téngase en cuenta que el modelo quimiométrico ha aprendido de la experiencia acumulada durante años de supervisión humana, lo que aporta fiabilidad al resultado de aplicarlo.

La espectroscopia NIR es una técnica atractiva en la industria alimentaria, donde se demandan de manera continua nuevos métodos para la evaluación de la calidad final de los productos. Una de las ventajas principales de la espectroscopia NIR, es su capacidad de generar gran cantidad de información en un corto período de tiempo. Utilizada en la propia línea de producción en la industria, proporciona medidas no destructivas sin necesi-

dad de preparación previa de las muestras, permitiendo la determinación de múltiples parámetros de manera simultánea y/o la monitorización de la evolución de procesos (como el de fermentación) en alimentos. En este sentido, se realiza una monitorización de la evolución del alimento de una forma continua, verificando en todo momento las propiedades tanto de la materia prima, como las especificaciones del producto final, asegurando su calidad con un control más estricto.

Para extraer la información relevante de los espectros NIR obtenidos en el análisis de alimentos, se ha demostrado la eficiencia y potencialidad de algunas técnicas quimiométricas, como mínimos cuadrados parciales (PLS, por sus siglas en inglés) [2]. Una técnica como esta, combinada con espectroscopía NIR, es de gran utilidad para la determinación de parámetros fisicoquímicos de los alimentos, como la grasa o la proteína. Si se habla de métodos de clasificación, ampliaciones de PLS, como el PLS-DA, o más recientemente, PLS2-CM [3], son también útiles para establecer una correcta clasificación de distintas muestras en diferentes categorías. Pero cuando se trabaja con espectroscopía NIR, es esencial, antes de utilizar estas técnicas, aplicar el preprocesado matemático adecuado que nos permita el correcto análisis de los datos espectrales. Métodos como el suavizado de señales, correcciones de línea base, o de dispersión, son utilizados normalmente para corregir artefactos en las señales analíticas, y dependen fuertemente de los datos y del propósito del análisis en cada caso. Ciertamente, mientras que es complicado encontrar el mejor preprocesado para señales NIR, es de facto posible usar un preprocesado erróneo. Realmente, aunque haya recomendaciones de cómo aplicar métodos de preprocesado de datos, siempre hay que estudiar en cada caso particular que preprocesado es el mejor para los datos concretos de un estudio [4].

En este trabajo se han aplicado las diferentes técnicas quimiométricas mencionadas a los espectros NIR obtenidos en cuatro situaciones diferentes. Las investigaciones se centran, fundamentalmente, en la industria de la panificación, donde se ha “reproducido” el trabajo de personal cualificado en el sector. Por un lado, se ha monitorizado el proceso de fermentación en barras de pan, sabiendo en cada momento su estado de fermentación a través de un sensor NIR (y corroborado por el Maestro panadero). Esto se llevó a cabo aplicando una clasificación mediante PLS-DA y una toma de decisiones secuencial, separando primero en dos clases las barras no fermentadas de las demás, y posteriormente las fermentadas de las sobrefermentadas. En otro estudio se han monitorizado, también a través de la toma de espectros NIR, dos procesos implicados en la manufactura de galletas, el amasado y el laminado, permitiendo detectar durante su transcurso masas correctamente amasadas, con falta de agua, con exceso de agua o con poco tiempo de amasado. En este sentido, la detección de estos defectos se llevó a cabo mediante una clasificación de cada uno de los tipos de masa en su respectiva clase a través de PLS2-CM evaluando los resultados con el índice “Diagonal Modified

Confusion Entropy” (DMCEN, por sus siglas en inglés). En un tercer caso, se tomaron espectros NIR en línea (en la propia cinta transportadora de producción) de masas de empanada para comprobar las cantidades de proteína, grasa, sodio y sal empleando un modelo PLS antes de ser horneadas. De esta forma, en los tres casos se consigue simular a través de un sensor NIR y la correcta integración de los modelos quimiométricos, las decisiones que toman generalmente expertos del sector. Además, en un último trabajo, esta vez, en el sector lácteo, se mejoró la receta de yogures estableciendo un método para reducir la variabilidad de los contenidos de grasa y proteína en la fabricación entre diferentes lotes. Esto se llevó a cabo mediante la medición en línea de la grasa y proteína de la leche cruda empleada en su fabricación mediante espectros NIR y modelos PLS.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Equipo AONIR y sistemas de medida

Tal y como se ha mencionado en la introducción, en este trabajo se presentan los avances alcanzados en diferentes empresas del sector alimentario. En todos los casos, el procedimiento experimental se ha llevado a cabo con la solución integrada para medidas NIR en tiempo real de AONIR (AOTECH S.L. [5]), incluyendo un sensor NIR, una plataforma de medidas y el software necesario para integrar el hardware con el resultado de los modelos quimiométricos para monitorizar y controlar los procesos descritos en cada caso o, en su defecto, los parámetros fisicoquímicos correspondientes.

Para los trabajos relacionados con el seguimiento de la fermentación de las barras de pan, el de amasado y laminado en masas de galletas y el de la mejora de la receta de yogures, el sensor se configuró para registrar la reflectancia NIR en un rango de longitudes de onda desde 900 a 1670 nm (125 longitudes de onda, con una resolución espectral de 6 nm), 50 lecturas por espectro con un tiempo de integración de 10.8 ms.

Para el caso de las masas de empanada, la reflectancia fue medida en el mismo rango de longitudes de onda, pero registrando un espectro NIR cada 10 segundos con un tiempo de adquisición de 30 ms y 10 espectros promediados.

2.2. Métodos quimiométricos

En cuanto a las técnicas quimiométricas empleadas, tal y como se ha mencionado en la sección de introducción, se basan en todos los casos en la utilización de PLS. PLS es una técnica multivariante que construye combinaciones lineales (variables latentes) de las variables predictoras, \mathbf{X} , buscando las direcciones de mayor varianza en el bloque de las \mathbf{X} , pero evitando las direcciones no correlacionadas con la respuesta, y . Cuando las variables predictoras, en este caso, los espectros NIR son altamente colineales, PLS es especialmente útil, ya que no es posible emplear una regresión por mínimos

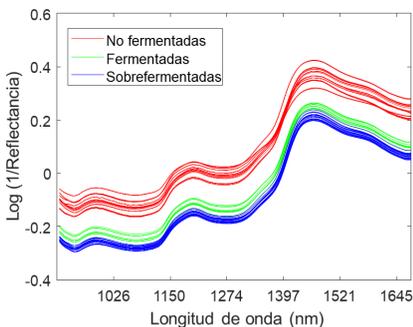
cuadrados ordinarios. Por esta razón, PLS es ampliamente utilizado con datos obtenidos con técnicas espectroscópicas [2].

Dado que también se han aplicado métodos de clasificación (PLS-DA y PLS2-CM), es de suma importancia la definición de los términos de sensibilidad y especificidad, pues serán los parámetros que nos permitan evaluar el rendimiento de los modelos PLS en cada caso y los resultados finales obtenidos. Cuando se habla de modelado, se entiende por sensibilidad del modelo la capacidad para reconocer sus propios objetos, mientras que la especificidad, se refiere a la capacidad que presenta para rechazar objetos ajenos, es decir objetos que no son de su clase o categoría. Explicado de otra forma, la sensibilidad se estima como la proporción de objetos que, perteneciendo a la categoría, son reconocidos correctamente por el modelo matemático construido para ella, y la especificidad, se estima como la proporción de objetos que, no siendo de la categoría, son correctamente rechazados por el modelo. En el caso de la monitorización del proceso de fabricación de galletas, se ha utilizado además DMCEN para comprobar el desempeño de los resultados. El funcionamiento de este índice puede ser consultado en la ref. [6]. Su valor varía entre cero y uno, y, cuanto menor sea el valor del DMCEN, mejor es la clasificación que aplica el modelo.

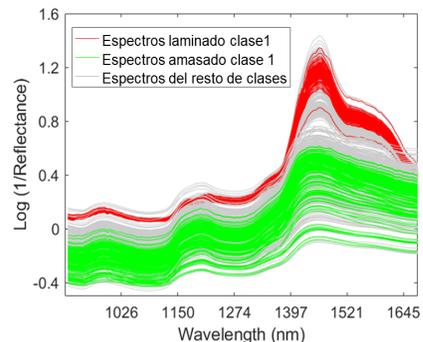
2.3. Espectros NIR

La técnica instrumental empleada en el estudio de los cuatro casos descritos fue la espectroscopía NIR. En la Fig. 1 se muestra, a modo de ejemplo, una representación de los espectros obtenidos en cada uno de los cuatro problemas abordados. Tal y como se puede observar, no parece que haya demasiadas diferencias en los espectros registrados a pesar de provenir de muestras totalmente diferentes, sin embargo, las técnicas quimiométricas aplicadas, permiten modelar perfectamente la información para cada caso en función de los objetivos de cada trabajo.

a)



b)



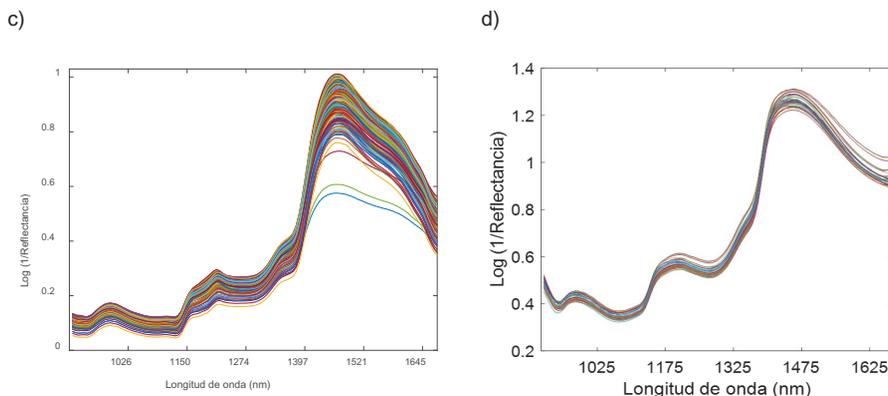


Figura 1. Espectros NIR registrados en cada uno de los cuatro casos objeto de estudio. a) Espectros de barras de pan, b) Espectros de masas de galletas, c) Espectros de masas de empanada, y d) Espectros de muestras de leche.

La información espectral contenida en cada uno de los espectros está relacionada con los enlaces de las moléculas que componen las materias primas, ya que la espectroscopía NIR es capaz de registrar sobre tonos y vibraciones de moléculas y combinaciones de moléculas que contienen principalmente grupos $-CH$, $-NH$ u $-OH$, indicativos del contenido en grasa o proteína en las muestras, así como de la cantidad de agua, lo que va a permitir en cada uno de los cuatro casos de estudio, o bien monitorizar los procesos de fermentación, amasado y laminado a través de la evolución de estos componentes, o bien determinarlos directamente de manera cuantitativa en el caso de las masas de empanada o leche.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Monitorización del proceso de fermentación en barras de pan

Las medidas se llevaron a cabo en cuatro días distintos para explorar mejor las posibles variaciones en la manufactura de las barras de pan. Cada día, se tomaron espectros de la evolución de tres barras en los tres posibles estados en los que se pueden encontrar durante el proceso de fermentación evaluados con la ayuda de un Maestro panadero, teniendo así, medidas de barras todavía no fermentadas (Fig. 2a), de barras fermentadas (Fig. 2b), y de masas de barras sobrefermentadas (Fig. 2c). Las imágenes muestran la diferencia en el estado de las masas de barras de pan durante el proceso de fermentación, al menos, en términos de su volumen. Las medidas se tomaron aproximadamente cada 3 minutos, registrando 3 espectros cada vez. Los espectros se organizaron para aplicar PLS-DA en tres clases distintas, correspondientes a cada uno de los tres estados de fermentación descritos.

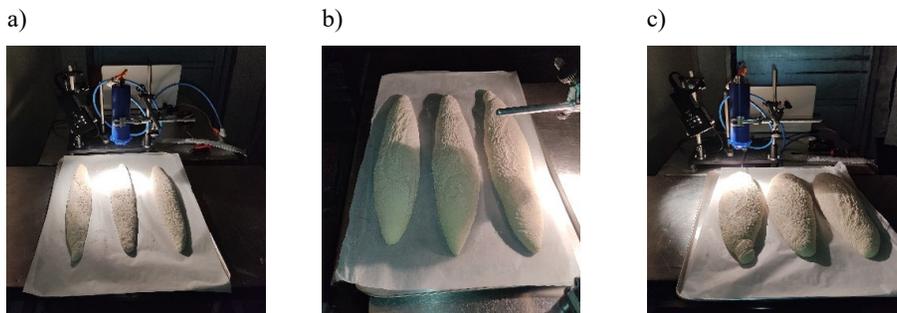


Figura 2. Sistema de medida y muestras a) Masas de barras no fermentadas, b) Masas de barras fermentadas y c) Masas de barras sobrefermentadas

Para el modelado de los espectros, se construyeron dos modelos PLS-DA, tomando dos decisiones. Primero se decidió que barras estaban todavía no fermentadas, y seguidamente, se diferenció entre correctamente fermentadas y sobrefermentadas. El modelo para el caso de la primera decisión se construyó utilizando una matriz de datos de 678×125 , siendo 678 el número de espectros y 125 las longitudes de onda para el conjunto de calibración y 342×125 para el caso de predicción, mientras que para la segunda decisión las dimensiones en el caso de la calibración fueron 359×125 , y 186×125 para la predicción.

Para el análisis de los resultados, en este caso, en lugar de construir el modelo y el conjunto de calibración externa con todos los espectros de cada una de las barras de pan, se seleccionaron espectros independientes de diferentes barras de pan. Analizando los resultados recogidos en la Tabla 1, se puede concluir que, con este estudio, se ha demostrado la eficiencia de aplicar una decisión secuencial y una selección de espectros considerando la secuencialidad de los objetos y la aplicación real del procedimiento. Con la metodología aplicada, en predicción, se ha obtenido una sensibilidad para la clase 1 (barras no fermentadas) de un 88 %, y para las clases 2 (fermentadas) y 3 (sobrefermentadas) de un 86 % en ambas. Para las especificidades, en todos los casos los valores obtenidos superaron el 86 %.

Con estos resultados, es posible detectar y evitar en gran medida posibles defectos en la elaboración de las barras de pan. Por ejemplo, las barras fermentadas se hornearán en el momento oportuno y por el contrario las barras cuya masa está sobrefermentada, que no son aptas para su comercialización, no serán horneadas, reduciendo de forma considerable los gastos derivados del proceso de producción. Además, si el sensor NIR detectase de manera continuada numerosas barras sobrefermentadas, revelaría que las condiciones de la cámara de fermentación son inadecuadas, indicando que las condiciones de humedad y/o temperatura deberían disminuirse para evitar que siga ocurriendo. Algo similar ocurriría con el caso de las barras no fermentadas, pero

en este caso, se incrementarían, si fuese necesario, la humedad y/o la temperatura, evitando que esas barras no fermentadas entraran al horno hasta que no alcanzasen el punto óptimo de fermentación.

Tabla 1. Sensibilidades y especificidades para las clases definidas en el proceso de fermentación.

Decisión 1			
		Clase predicha	
		No fermentadas	Fermentadas + Sobrefermentadas
Clase real	Calibración		
	No fermentadas	0.9313	0.9313
	Fermentadas + Sobrefermentadas	0.9162	0.9162
	Predicción		
	No fermentadas	0.8788	0.8788
	Fermentadas + Sobrefermentadas	0.9091	0.9091
Decisión 2			
		Clase predicha	
		Fermentadas	Sobrefermentadas
Clase real	Calibración		
	Fermentadas	0.9167	0.9167
	Sobrefermentadas	0.8621	0.8621
	Predicción		
	Fermentadas	0.8642	0.8642
	Sobrefermentadas	0.8571	0.8571

De esta manera, es posible reproducir el conocimiento de un panadero experto facilitando su trabajo y reduciendo los costes de producción. Con este sistema, es posible incluso reducir los costes en las materias primas (levaduras y harinas), reajustando las cantidades en la línea de producción dependiendo de la progresión del proceso de fermentación.

3.2. Detección de defectos en el proceso industrial de amasado

El proceso de amasado en la industria panadera consiste en la mezcla de todos los ingredientes que conforman el producto final hasta alcanzar una masa lo más homogénea posible. Entre los defectos más habituales que se pueden producir durante este proceso se encuentran, masas con exceso de agua, con déficit de agua y masas con poco tiempo de amasado. Disponer de un sensor que detecte este tipo de defectos en masas destinadas a la fabricación de galletas es importante para reducir la cantidad de productos no conformes. Con este objetivo, se tomaron espectros NIR desde el inicio (mezcla de ingredientes) hasta la obtención de la masa final. Después del proceso de amasado, las masas se dejaron fermentar durante una hora, y a continuación,

se laminaron para darles la forma de la galleta final. Durante el laminado de la masa también se tomaron espectros de manera continua. En todo momento, una persona experta supervisó de manera continua el transcurso de los procesos. Para realizar el estudio, se monitorizó una masa correcta (Clase 1), y se prepararon otras 3 masas con los tres tipos de defectos previamente mencionados (Clase 2, masa con exceso de agua; Clase 3, masa con déficit de agua; y, Clase 4, masa con poco tiempo de amasado). Se registraron un total de 576 espectros NIR para el proceso de amasado y 431 para el laminado. La distribución de espectros para cada clase se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Número de espectros por clase registrados durante los procesos de amasado y de laminado.

	Clases			
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Proceso de amasado				
Número de espectros	129	128	154	165
Calibración	90	90	108	116
Validación	39	38	46	49
Proceso de laminado				
Número de espectros	126	126	110	119
Calibración	88	88	77	83
Validación	38	38	33	36

Los resultados obtenidos se presentan a continuación para cada uno de los dos procesos por separado:

3.2.1. Proceso de amasado

Durante el proceso de amasado es común que se presenten defectos en la masa como exceso o falta de agua y amasado insuficiente. Disponer de un sensor capaz de detectar estos defectos es fundamental. Con este objetivo, se construyó con los datos registrados un modelo PLS2 con 7 variables latentes, obteniendo un valor de DMCEN en ajuste igual a 0.1378 y en predicción, de 0.1232. Las correspondientes matrices de sensibilidad y especificidad se muestran en la Tabla 3.

Las sensibilidades en ajuste varían de 0.9333 a 0.9556 y en predicción de 0.9744 a 1.0000, es decir el modelo de cada clase acepta correctamente los espectros que son de esa clase, tanto en ajuste como en predicción. Los modelos de la clase 1 (amasado correcto) y 4 (poco tiempo de amasado) son completamente específicos en predicción, es decir no aceptan ningún espectro de las clases restantes y en ajuste sólo la especificidad de la clase 4 respecto de la clase 2 es distinta de 1. De hecho acepta, incorrectamente, un espectro de la clase 2. En resumen, el amasado correcto y el amasado con déficit de tiempo están perfectamente modelados por el modelo construido.

Tabla 3. Matrices de sensibilidad y especificidad para el proceso de amasado a) en calibración y b) en predicción, del modelo de 4 clases utilizando los espectros NIR obtenidos durante el proceso de amasado. Un 1 indica una sensibilidad/especificidad del 100 %, representándose las sensibilidades en la diagonal principal de la tabla y siendo los demás valores las especificidades

a) Calibración					b) Predicción					
	Clase predicha					Clase predicha				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
Clase real	C ₁	0.9333	1.0000	1.0000	1.0000	C ₁	0.9744	1.0000	1.0000	1.0000
	C ₂	1.0000	0.9556	0.2000	0.9889	C ₂	1.0000	0.9737	0.0789	1.0000
	C ₃	1.0000	0.8611	0.9352	1.0000	C ₃	1.0000	0.8043	1.0000	1.0000
	C ₄	1.0000	1.0000	1.0000	0.9483	C ₄	1.0000	1.0000	1.0000	0.9796

C1, masa correcta. C2, masa con exceso de agua. C3, masa con falta de agua. C4, masa con poco tiempo de amasado.

No ocurre lo mismo para la especificidad de las otras dos clases entre sí: el amasado con exceso o con déficit de agua (clase 2 y clase 3 respectivamente). El modelo del amasado con exceso de agua acepta espectros correspondientes al amasado con déficit de agua. Pero de forma completamente asimétrica el modelo del amasado con déficit de agua acepta incorrectamente gran parte de los espectros con exceso de agua. Dicho de otro modo 76 espectros de los 90 que forman la clase 2 han sido asignados también a la clase 3 pero sólo 13 de 108 de la clase 3 han sido asignados también a la clase 2. El mismo efecto, pero mucho más acusado se tiene en predicción.

En resumen, las masas correctas y las que tienen poco tiempo de amasado se modelan perfectamente, lo que permitirá que las masas correctas sean llevadas a la cámara de fermentación para poder continuar con el proceso de fermentación, y aquellas cuyo tiempo de amasado no sea suficiente, se seguirán amasando durante más tiempo para corregir esa deficiencia, esperando que los problemas con la cantidad de agua sean solucionados durante el proceso del laminado.

3.2.2. Proceso de laminado

El modelo PLS2 en este caso necesitó tres variables latentes, siendo los valores de DMCEN de 0.0142 en calibración y 0 en predicción. Asimismo, ninguna clase incluye espectros asignados a otra clase, como ocurría con los espectros obtenidos durante el amasado. Las especificidades del modelo de cada clase respecto a las otras tres, es igual a 1. De esta forma, los modelos obtenidos con PLS2-CM y los espectros NIR distinguen por completo las cuatro clases: amasado correcto, o con deficiencias, y en cada caso, cada una de las deficiencias (poco agua, mucho agua, o poco tiempo de amasado) de las demás.

En definitiva, en el proceso de elaboración de galletas, con los espectros NIR registrados durante el proceso de amasado, los modelos de clase permiten distinguir completamente el amasado correcto de los otros tres defectuosos con una especificidad igual a 1 y también el modelo de amasado con poco tiempo es completamente específico respecto de los otros tres. Por el contrario, el modelo del amasado con déficit de agua acepta un porcentaje muy alto (92 %) de los espectros correspondientes al amasado con exceso de agua. Sin embargo, después de la fermentación, en el laminado, los mismos tipos de masa se modelan con completa especificidad. Esto último, permitirá solucionar los posibles defectos en las masas de galletas (en caso de que existiesen) antes de darles forma y hornearlas. Una vez identificado cada defecto, el exceso de agua se solucionaría adicionando más harina, mientras que si faltase agua, la masa se descartaría y sería reutilizada en un segundo amasado (se asume que si el tiempo de amasado fuese poco, este problema se hubiese solucionado ya en el paso anterior). Todo ello conlleva un significativo ahorro energético y económico al prevenir en su mayoría la elaboración de productos defectuosos y facilitando el trabajo del personal involucrado.

3.3. Cuantificación de parámetros de calidad en masas de empanada

El objetivo de este estudio fue evaluar los parámetros de calidad en masas de empanadas (proteína, grasa, sodio y sal). Se realizaron medidas de reflectancia al inicio, en el centro y en la parte final de las masas de empanada a medida que pasaban por una cinta transportadora (Figura 3).

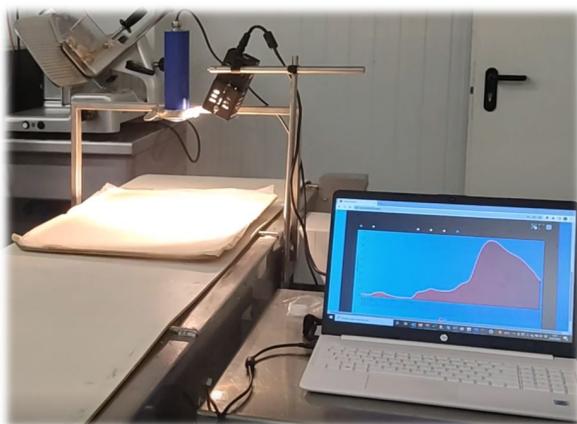


Figura 3. Sistema de medida y de muestreo para las masas de empanada.

El procedimiento de medida se repitió un total de cuatro veces, registrando espectros de la misma masa de empanada por cuadruplicado en tres zonas distintas de las masas, obteniendo una matriz de datos final de 156 x 125, correspondiéndose 156 con el número de espectros y 125 con el número de longitudes de onda.

Para realizar el estudio los parámetros a analizar se determinaron en un laboratorio externo utilizando métodos de referencia certificados. Estos valores serán la referencia a contrastar respecto a los valores predichos con PLS.

Tras realizar las medidas correspondientes, con la matriz de datos de dimensiones 156 x 125, se construyeron regresiones PLS para cada uno de los parámetros estudiados en las tres zonas de medidas de las masas por separado. Con estos modelos (ver Tabla 4), se concluyó que las medidas más estables eran las que se tomaban en el centro de las masas de empanada debido al setup industrial. En este sentido, finalmente, tan solo se consideraron las medidas tomadas en el centro de las masas.

Tabla 4. Coeficiente de determinación de los modelos obtenidos para cada parámetro en las diferentes zonas de la masa.

	R ²	Inicio	Centro	Final
Proteína	Calibración	0.901	0.945	0.959
	CV	0.596	0.902	0.721
Grasa	Calibración	0.986	0.952	0.922
	CV	0.862	0.927	0.815
Sodio	Calibración	0.980	0.968	0.950
	CV	0.964	0.960	0.923
Sal	Calibración	0.974	0.974	0.954
	CV	0.953	0.968	0.923

Como se puede observar en la Tabla 5, los modelos resultantes presentaron errores bajos tanto en calibración como en crovalidación, permitiendo la rápida y eficaz determinación de los parámetros estudiados. Esto, se verifica con el cálculo de errores relativos tomando como valores de referencia los suministrados por el laboratorio de análisis, obteniendo valores inferiores al 6 %.

Tabla 5. Resultados para el modelo final en el centro

	R ² C	R ² CV	RMSEC (%)	RMSECV (%)
Proteína	0.980	0.953	0.065	0.102
Grasa	0.934	0.906	0.317	0.379
Sodio	0.977	0.968	0.065	0.076
Sal	0.983	0.971	0.137	0.180

3.4. Mejora en la receta de yogures

El trabajo se dividió en dos partes, una primera, donde se registraron los espectros de muestras de leche, y una segunda, donde se midieron muestras de yogur. Las medidas NIR se tomaron en el primer caso durante un período de 5

meses para recoger la mayor variabilidad posible entre diferentes muestras de leche y sus valores nutricionales.

La Fig. 4 representa el sistema de medida y muestreo empleado: la producción diaria de leche se almacena en grandes tanques, desde los cuales, la leche es transportada a través de una tubería hasta el sistema de pasteurización correspondiente. A través de ese flujo, las muestras son recolectadas y medidas. Tanto el sensor NIR (cilindro azul) como el outlet para el muestreo (indicado con un círculo rojo en la imagen) están instalados en la propia tubería. Cuando está llena, se registra un espectro NIR e inmediatamente después, se recogen 40 mL de leche para analizar con un método de referencia certificado.



Figura 4. Sistema de medida y de muestreo para las muestras de leche.

El sistema para el control *in-line* de la composición de leche en las muestras, se consiguió ajustando modelos PLS para predecir la cantidad de grasa y proteína en las muestras, obteniendo coeficientes de determinación de 0.99 y 0.80 respectivamente. Con estos modelos, fue posible determinar la cantidad de ambos parámetros en tiempo real de nuevas muestras de leche, pudiendo así reajustar la cantidad del resto de ingredientes (leche en polvo y nata) empleados en la manufactura de los yogures. Esta estrategia permitió mejorar la homogeneidad del producto final, reduciendo la variabilidad de los valores nutricionales en más de un 70 % con respecto de la receta tradicional (ver Tabla 6). Además, mediante un test de hipótesis, se verifica que se han alcanzado los valores target de acuerdo con los productores de yogures, de un 10 % para el caso de la grasa, y un 5 % para el caso de la proteína.

Tabla 6. Media y desviación estándar para los contenidos de grasa y proteína.

	RECETA TRADICIONAL		AONIR	
	Contenido de grasa en los yogures	Contenido de proteína en los yogures	Contenido de grasa en los yogures	Contenido de proteína en los yogures
Media (%)	8.85	4.40	8.72	4.43
Desviación estándar	0.91	0.54	0.26	0.14
RSD (%)	10	12	3	3

4. CONCLUSIÓN

La investigación realizada en diferentes empresas del sector alimentario ha proporcionado soluciones a los desafíos a los que se enfrentan las industrias en el ámbito del control de procesos, mediante el uso de la espectroscopía NIR combinada con técnicas quimiométricas. En algunos casos, los procesos de producción han experimentado mejoras significativas, permitiendo detectar deficiencias en el proceso, u obteniendo de manera directa parámetros de calidad de las materias primas, y dotando de mayor fiabilidad a los resultados obtenidos. Todo ello, ha generado un gran conocimiento y avance en este tipo de métodos, y al mismo tiempo ha permitido la reducción de costes de producción y energéticos. Además, en ciertos casos, ha contribuido a prevenir el desperdicio alimentario al identificar de manera más precisa y oportuna los problemas en el proceso de producción. Por lo tanto, la combinación de las técnicas experimentales descritas con herramientas quimiométricas y computacionales genera procesos químicos sostenibles. Estos métodos no destructivos no solo contribuyen al ahorro de costos en los análisis, sino que también promueven prácticas más eficientes y respetuosas con el medio ambiente en la industria alimentaria.

REFERENCIAS

- [1] Informe de consumo de España en 2022. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/informe-consumo-2022-baja-res_tcm30-655390.pdf (último acceso, marzo de 2024)
- [2] Geladi, P & Kowalski, B. R. (1986). Partial least-squares regression: a tutorial. *Anal. Chim. Acta* (186).
- [3] Valencia, O.; Ortiz, M.C.; Ruiz, S.; Sánchez, M. S. & Sarabia, L. A. (2022). Simultaneous class- modelling in chemometrics: a generalization of Partial Least Squares class modelling for more than two classes by using error correcting output code matrices, *Chemometr. Intell. Lab. Syst.* (227), pp. 104614.

-
- [4] Rinnan, Å.; Van Den Berg, F. & Engelsen, S. B. (2009). Review of the most common pre-processing techniques for near-infrared spectra. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 28(10), pp. 1201-1222.
- [5] AOTECH. Advanced Optical Technologies. <https://www.aotech.es/> (último acceso, marzo de 2024).
- [6] Valencia, O.; Ortiz, M.C.; Sánchez, M. S. & Sarabia, L. A. (2021). A modified entropy-based performance criterion for class-modelling with multiple classes, *Chemometr. Intell. Lab. Syst.* (217), pp. 104423.

YACIMIENTO DE A PITEIRA (TOÉN, OURENSE): UN EJEMPLO DE TECNOLOGÍA LÍTICA DEL PALEOLÍTICO MEDIO EN EL CURSO MEDIO DEL RÍO MIÑO

ROBERTO LAGE SOCASTRO¹

*1Escuela Interuniversitaria de Posgrado en Evolución Humana,
Universidad de Burgos.*

Resumen

En la década de los 70 se excavó el yacimiento de A Piteira (Toén, Ourense), recuperándose un conjunto de industria lítica próximo a las 3000 piezas. Un primer análisis manifestaba la aparente tosquedad, la dificultad para encuadrarlas tipológicamente, y una heterogeneidad que parecía denotar una mezcla de estilos arcaicos y recientes. Todo esto abría la discusión respecto a su adscripción cronocultural: Achelense Superior, Musteriense de tradición Achelense, o Paleolítico Medio de transición al Paleolítico Superior. La colección, actualmente depositada en el Museo Provincial de Ourense, ha sido objeto de dos análisis parciales que no han contribuido a esclarecer esta controversia.

En este trabajo exponemos los resultados del análisis morfotipológico completo, que comprende la totalidad de artefactos que componen el conjunto. Las conclusiones extraídas, aun manteniendo aspectos coincidentes, difieren notablemente respecto a los trabajos citados. Así mismo, la investigación realizada nos ha permitido adscribir este tecnocomplejo en los márgenes de un marco temporal coherente, establecer las estrategias tecnológicas seguidas, inferir la funcionalidad y modelo ocupacional del yacimiento.

Palabras clave: Industria lítica, Paleolítico Medio, Miño, A Piteira, Galicia.

1. ANTECEDENTES DE LAS INVESTIGACIONES DEL PALEOLÍTICO ANTIGUO EN EL NOROESTE PENINSULAR

El Paleolítico Antiguo no gozó de especial predilección en la investigación arqueológica gallega del s. XX. El análisis historiográfico refleja que el arraigado sentimiento nacionalista, iniciado a finales del s. XIX, centró la corriente investigadora en la reafirmación de un espíritu identitario vinculado a las culturas atlánticas y al ciclo céltico, fomentando el desinterés por etapas precedentes [1].

En este contexto, la investigación del Paleolítico gallego arranca con el descubrimiento de los primeros materiales líticos de procedencia presumiblemente paleolítica en Camposancos (Pontevedra), [2]; al que pronto se sumarían nuevos enclaves documentados en ambas márgenes del río Miño. En esta etapa se refleja una situación de dependencia respecto a las investigaciones y planteamientos metodológicos del país vecino, situación que variaría en 1961 con el descubrimiento del paradigmático yacimiento de Gándaras de Budiño (O Porriño, Pontevedra), [3]. Tal vez la controversia surgida en torno a este yacimiento motivó que entre los años 60-90 las investigaciones sobre esta etapa quedaran relegadas, salvo excepciones puntuales, a un segundo plano, [4]. Así, no será hasta finales del s. XX cuando un equipo multidisciplinar, encabezado por Cano Pan y Emiliano Aguirre, dé un impulso definitivo a las investigaciones, focalizadas nuevamente en el curso del Bajo Miño, estableciendo un modelo de ocupación humana acorde a la identificación de una secuencia cronoestratigráfica de 8 terrazas [5].

Esta tradición investigadora centrada en el área suroeste y Bajo Miño, a su paso por la provincia de Pontevedra, lejos de estancarse ha reflejado notables avances en estas dos últimas décadas. Así, cabe mencionar la actualización del modelo ocupacional establecido por Cano y Aguirre, realizándose un completo estudio geoarqueológico y cronológico de las formaciones sedimentarias presentes en los últimos 82 Km de dicho tramo [6]. También se han realizado nuevas investigaciones en el yacimiento de Gándaras de Budiño que reconducen la polémica relativa a su contexto estratigráfico y cronológico [7], [8]. Finalmente, se han descubierto nuevos yacimientos como el de Arbo (concello epónimo), [9]; y, especialmente, el de Porto Maior (As Neves, Pontevedra), que documenta el primer poblamiento humano en esta área [10], [11].

Por el contrario, la investigación del Paleolítico en el curso Medio del Miño, provincia de Ourense, no ha seguido un desarrollo paralelo. No será hasta la década de los 70-80 que se amplíe el área geográfica de estudio prolongándose desde el Bajo Miño hacia el norte, abarcando el entorno orensano. Si bien se realizan ciertas intervenciones de envergadura, como la del propio yacimiento de A Piteira (1974), o la de Pazos (1976), la mayor documentación corresponde con hallazgos superficiales propiciados por la Arqueología de Gestión.

Estas intervenciones han constatado la importancia de esta área al evidenciar un gran número de localizaciones paleolíticas, excepción hecha del área suroeste. Ahora bien, el común denominador a todas las intervenciones es el carácter inédito de las publicaciones, únicamente conocidas a través de referencias indirectas [12] o, en aquellos casos en que sí son publicadas, los datos son confusos e incompletos en cuanto a procedencia y contexto de los materiales [13].

2. EL YACIMIENTO PALEOLÍTICO DE A PITEIRA

2.1. Situación e historiografía

El yacimiento, con una extensión estimada de 150x40m, fue descubierto por Rodríguez Gracia en 1974, y se encuentra en la localidad de Moreiras (Toén), a escasos 7 Km de Ourense. Se trata de una pequeña depresión, propensa aún en la actualidad a los encharcamientos, situada en una zona elevada (480m) respecto a los valles interfluviales de los ríos Miño (80m) y Barbaña, distando aproximadamente 5Km de las terrazas fluviales de ambos.

Ante las evidencias de una elevada presencia de materiales paleolíticos, y notificado al Departamento de Prehistoria de la Universidad de Santiago, se realizarían dos campañas de excavación ese mismo año a cargo de Alonso del Real y Vázquez Varela. De dichos trabajos, en los que se recuperarían unas 3000 piezas, solo consta una breve publicación [14]. En ella, el propio autor indica que se trata de unas breves anotaciones en que se describe de forma somera el yacimiento, abordando superficialmente el contexto y la industria. Posteriormente se realizarían dos trabajos de investigación y síntesis de los cuales resulta más exhaustivo el de Rosa Villar (1997), [15], realizado sobre 885 elementos; mientras que el segundo aborda el aspecto tecnológico, empleando como herramienta el Sistema Lógico Analítico, aplicado a 388 útiles [16].

Ya en el momento de su descubrimiento el yacimiento se encontraba afectado por la acción antrópica; trazado de caminos, canalizaciones, y parcialmente destruido por la acción de canteras para la extracción de granito y “sobre”; arenas gruesas graníticas muy empleadas en la construcción local. En la actualidad el yacimiento ha desaparecido fruto de dicha industria extractiva, tal como se confirmó en las labores de prospección y sondaje realizadas en una reciente actuación arqueológica [17].

2.2. Contexto estratigráfico

Ateniéndonos a las citadas publicaciones [14], [15], estratigráficamente se aprecian 4 niveles que, de suelo a techo, son los siguientes. Un estrato basal (A), de material granítico cuya meteorización dio lugar a la formación de saprolitas, posiblemente durante el Terciario. Sobre este descansa un estrato sedimentario, horizonte (B), constituido por materiales reposicionados y erosionados procedentes de las saprolitas del nivel inferior, proceso gradual de duración extensa que tendría lugar durante el Cuaternario. Incluido en este nivel, el subnivel inferior (B1), con un espesor entre 25-40cm, constituye el nivel arqueológicamente fértil, compuesto por paquetes de gravas, limos y arenas gruesas fruto de la degradación del estrato basal. Estos materiales serían erosionados y sedimentados en condiciones de estabilidad y una gran saturación de agua, desarrollándose suelos, subniveles (B2) y (B3), caracterizados por altos contenidos de componente férrico y orgánico, respectiva-

mente. Sobre estos, los niveles (C) y (D) se corresponden con suelos sujetos a procesos edáficos recientes.

La localización de la industria en bolsadas, situadas en las zonas bajas del nivel B, permiten suponer un desplazamiento de muy corto recorrido de los materiales, lo que permite considerarla *in situ*.

3. OBJETIVOS Y MÉTODOS

Nuestros objetivos contemplaban un estudio completo de la totalidad del conjunto, desde la perspectiva morfotipológica, y su comparación respecto a los datos publicados. También, en función de los resultados obtenidos, encuadrar la industria en un marco temporal coherente, así como esclarecer la percepción de atipicidad que parece definirla. Finalmente, contextualizar el conjunto, a escala local, respecto a las industrias del ámbito geográfico orensano y, a mayor escala, establecer relaciones de semejanza con las presentes en otras áreas de la región y peninsulares. Otro de los objetivos era determinar la génesis del yacimiento, así como su estratigrafía y su relación con el registro arqueológico, objetivo que no pudo realizarse por los motivos expuestos en el apartado anterior. En esta exposición presentaremos los resultados correspondientes a los dos primeros objetivos, estando en proceso de investigación la determinación de afinidad con otros conjuntos regionales y peninsulares.

La metodología es la común a la desarrollada para el estudio de tecnología lítica del Paleolítico Antiguo europeo, [18], enriquecida por nociones complementarias de uso común en la disciplina [19], [20], [21], [22], [23]; entre otros. En cuanto a los atributos métricos obtenidos, clasificaciones tipológicas, variables tafonómicas, alteraciones... fueron gestionados mediante una base de datos creada específicamente al efecto, y estos datos exportados a tablas para su tratamiento estadístico.

4. LA INDUSTRIA

4.1. Características generales

La colección, depositada en el Museo Arqueológico Provincial de Ourense, se compone de 2556 piezas. De estas han sido excluidas 545 piezas por tratarse de desechos de talla, así como otras 229 por presentar evidencias claras de exposición en superficie, siendo analizados un total de 1782 elementos.

Las materias primas empleadas son la cuarcita (69,84%), el cuarzo (27,69%), y una variedad de sílex hidrotermal de escasa calidad (1,56%), junto a otras indeterminadas (0,77%). (Tabla 1).

Tabla 1. Categorías y su relación con materias primas

CATEGORÍAS	Cuarcita		Cuarzo		Sílex		Otras		TOTAL	TOTAL %
Núcleos	75	4,20%	22	1,23%	2	0,11%		0,00%	99	5,54%
Cantos	16	0,89%		0,00%		0,00%		0,00%	16	0,89%
Percutores/yunques	21	1,17%	1	0,05%		0,00%		0,00%	22	0,94%
Lascas (> 100 mm)	14	0,78%		0,00%		0,00%		0,00%	14	0,78%
Lascas (30–100 mm)	823	46,18%	296	16,61%	21	1,17%	12	0,67%	1152	64,63%
Lascas (< 30 mm)	138	7,74%	129	7,23%	4	0,22%		0,00%	271	15,19%
Útiles (< 100 mm)	81	4,54%	31	1,73%		0,00%	1	0,05%	113	6,32%
LCT: Útiles (> 100 mm)	23	1,29%		0,00%		0,00%		0,00%	23	1,29%
LCT: bifaces	2	0,11%		0,00%		0,00%		0,00%	2	0,11%
LCT: hendedores	1	0,05%		0,00%		0,00%		0,00%	1	0,05%
LCT: triedros	1	0,05%		0,00%		0,00%		0,00%	1	0,05%
Fragmentos útiles	1	0,05%		0,00%		0,00%		0,00%	1	0,05%
LCT: fragmentos (base)	3	0,16%		0,00%		0,00%		0,00%	3	0,16%
LCT: fragmentos (punta)	5	0,28%		0,00%		0,00%		0,00%	5	0,28%
Lascas reavivado	5	0,28%		0,00%		0,00%		0,00%	5	0,28%
Diversos	37	2,07%	15	0,84%	1	0,06%	1	0,05%	54	3,03%
TOTAL GENERAL	1246	69,84%	494	27,69%	28	1,56%	14	0,77%	1782	100,00%

La procedencia de dichos materiales puede considerarse local, si bien la cuarcita procede del entorno de las terrazas de los ríos Miño-Barbaña, que distan aproximadamente 5 Km del yacimiento. Métricamente, si consideramos los valores medios de longitud y peso relativo, el conjunto refleja la habitual diferenciación entre las categorías principales, mostrando índices más elevados en la cuarcita (60,23 x 53,77 x 20,88mm; 109,05g), que en el cuarzo (37,75 x 36,01 x 16,89 mm; 31,09).

Externamente, su aspecto se halla fuertemente condicionado por el contexto húmico y la meteorización, afectando a su color y textura. Así, de forma generalizada el conjunto presenta un alto grado de rodamiento que, en muchos casos, dificulta su lectura; a la vez que muchas piezas presentan una fuerte pátina rojiza en sus áreas corticales. En 88 elementos esta pátina afecta a la totalidad de la pieza y pudiera deberse a una alteración térmica, más que a procesos de meteorización. En 46 elementos se ha constatado un grado medio de eolización.

4.2. Soportes

Se han identificado 99 elementos (5,54%) del conjunto. La cuarcita se halla presente en 75 de ellos, 22 se corresponden con diversas variedades de cuarzo, y 2 en sílex. En cuanto a su matriz soporte, no ha podido determinarse en 77 elementos, mientras que 14 están elaborados sobre lasca y 8 son núcleos sobre canto. Cabe destacar que en dos elementos se ha constatado

un claro reaprovechamiento del soporte tras su agotamiento, siendo reutilizados como útiles.

Los índices métricos muestran una clara heterogeneidad en cuanto a tamaño y peso, claramente superiores en los confeccionados en cuarcita (132,88 x 75,23 x 44,79mm; 418,41g), que en el cuarzo (56,41 x 48,87 x 39,43mm; 135,05g). Esto repercute en las longitudes medias de los negativos; 39,03 x 29,58mm en la cuarcita, y 17,57 x 14,66mm en el cuarzo.

Las estrategias de gestión son heterogéneas, aunque con un claro predominio de las monopolares (36,36%) sobre el resto que, en conjunto, reflejan porcentajes parejos de menor proporcionalidad. En todo caso, no se aprecia una elección de gestión en función de la materia prima empleada salvo en el caso de las ortogonales unificiales, en que resulta predominante el cuarzo.

El grado de aprovechamiento general es elevado, mostrando 38 elementos un índice medio de explotación del 75%, mientras que sólo 15 manifiestan un índice escaso que promedia el 35%. Las estrategias monopolares, las más empleadas, indican el uso de matrices cuarcíticas de gran tamaño, constatable en la longitud media de los negativos (57,98 x 37,16mm), respecto a la media (37,12 x 26,08mm). Sin embargo, el mayor grado de aprovechamiento (82,30%) se evidencia en las estrategias centripetas bifaciales, con una media de 11,83 negativos respecto a los 6,83 del resto del conjunto. Por el contrario, los índices correspondientes a las matrices gestionadas de forma desordenada manifiestan el menor índice de extracciones (3,80), a la vez que menor longitud de estas (18,42 x 14,46mm).

Cabe reseñar también la presencia de 16 cantos tallados, 14 unifacialmente y 2 bifacialmente; todos en cuarcita. La heterogeneidad de tamaños y pesos concuerda con los constatados en los núcleos, aunque guardan uniformidad en cuanto a índices métricos, con medias de 101,40 x 82,83 x 47,30mm; 514,28g. La media de aprovechamiento es baja (29%), con una media de 3,92 negativos que no suelen afectar a más del 25% de la superficie. El modo de talla suele ser simple, de tipo directo y extensión marginal. (Figura 1).

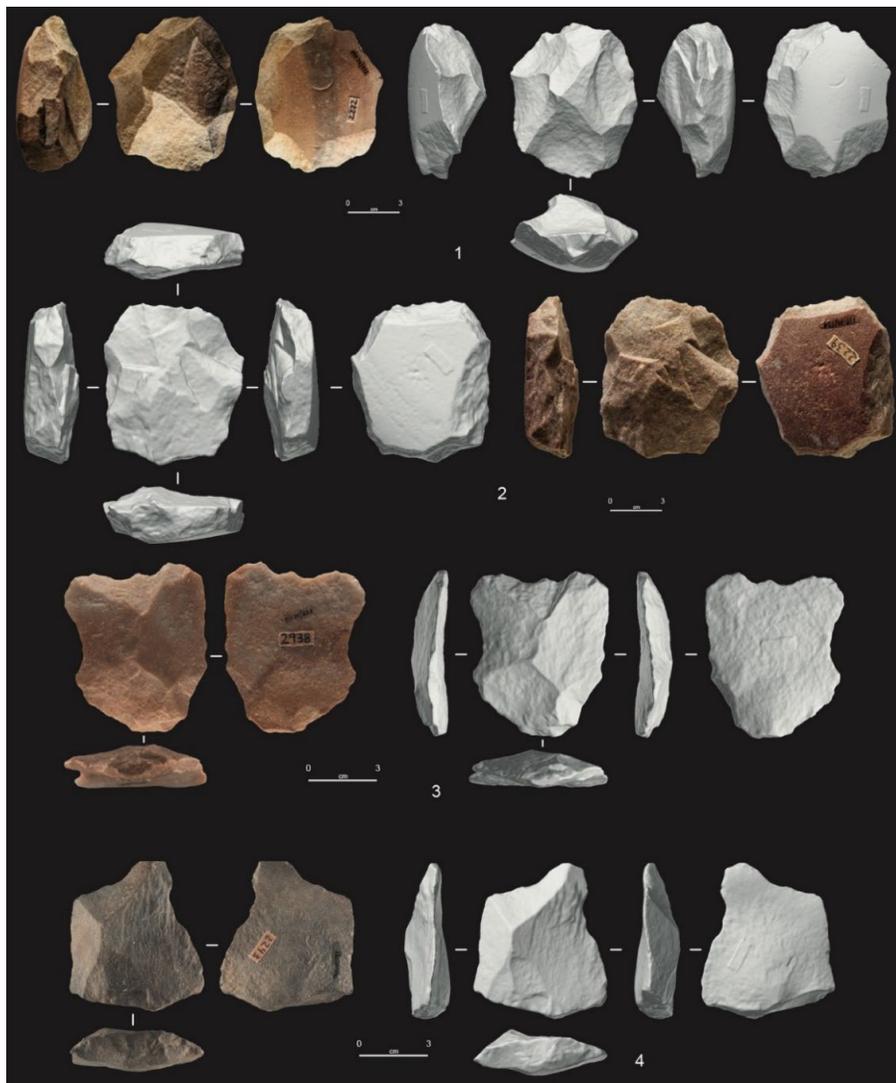


Figura 1. Fotografía y modelos 3D. Núcleos discoide (1) y Levallois (2), y lascas Levallois (3-4)

4.3. Percutores

Se han identificado 22 percutores (0,94%), todos ellos en cuarcita a excepción de uno en cuarzo. No obstante, se evidencian marcas de percusión en otros 13 elementos; núcleos (3), cantos tallados (3), y diversos útiles o lascas corticales (7).

Los índices métricos reflejan una gran variabilidad en cuanto al peso, oscilando entre un máximo de 809g y un mínimo de 127g; siendo más homogéneos en el resto, cuya media es de 85,45 x 73,59 x 46,58mm. Las marcas tienden a formas aplanadas, de intensidad media-baja y se sitúan en el extremo de la pieza afectando en torno al 25% de la superficie.

4.4. Lascas completas

Esta constituye la categoría más representada del conjunto (80,60%), constando de 1437 elementos. Dentro de la categoría, sobresalen las lascas de tamaño medio (80,16%) y las de <30mm (18,85%), mientras que las de gran tamaño (>100mm) suponen tan solo un 0,97%. En cuanto a materias primas sobresale la cuarcita (67,84%) frente al cuarzo (29,57%). Como elementos característicos cabe mencionar un número destacable de lascas discoideas (5,08%), mientras que la presencia de elementos Levallois resulta apenas relevante (2,01%).

La relación numérica entre elementos corticales y no corticales resulta equilibrada. Entre los primeros cabe destacar una proporción notable de lascas de descortezado (8,91%), así como la presencia de talones corticales en el 25,05% de los casos. En cuanto a las lascas no corticales, predominan los talones lisos (35,58%), y los facetados (20,19%); siendo estos últimos los únicos que se muestran de forma proporcional tanto en cuarcita como cuarzo (10,28% y 8,29%), respectivamente. En 98 elementos (6,11%), el talón no ha podido determinarse.

Las formas se reparten homogéneamente entre convexas (26,13%), rectas (23,60%), y cóncavas (21,53%). La presencia de bulbos desarrollados se da en el 57,78% de los casos, asociada de forma generalizada a la cuarcita, mientras que resultan difusos (28,12%) o indeterminados (6,59%) en el resto, afectando principalmente al cuarzo. Los accidentes de talla más característicos son los de tipo Siret, que afecta al 8,69% del conjunto, asociado mayormente a la cuarcita (83,20%).

En cuanto a índices métricos, los valores obtenidos en los núcleos conferirían una forma ligeramente alargada a las extracciones (39,03 x 29,58mm en la cuarcita, y 17,57 x 14,66mm en el cuarzo). Estos índices se contraponen a los observables en las lascas, que adquieren formas claramente cuadrangulares; 48,50 x 47,98mm en la cuarcita, y 36,47 x 35,48mm para el cuarzo.

4.5. Retocados de pequeño formato

Se trata de un conjunto muy homogéneo que supone el 6,32% de la colección, donde predomina la cuarcita (71,68%). No obstante, se observa un tratamiento distintivo de la materia prima en cuanto a la confección de perforadores (19,46%), todos ellos en cuarzo. En su elaboración se aprecia una gran regularidad métrica, con medias en torno a 44,41 x 29,09 x 17,02mm; 33,27g.

Hallamos la misma regularidad entre los denticulados (15,92%), donde los de tipo convexo (8) y recto (9), tienen similares proporciones (71,07 x

59,96 x 25,94mm; 155,15g), distinguiéndose ligeramente del único ejemplar de tipo cóncavo (69,80 x 58,60 x 12,70mm; 62g). El índice de configuración es del 52%, con una media de 5,87 extracciones que afectan aproximadamente al 25% de la superficie.

La presencia de escotaduras es poco significativa (6,19%), a la vez que son los elementos de menor tamaño (53,21 x 52,43 x 22,46mm; 80,14g) y menor configuración (43%), con una media de 3 negativos.

Ahora bien, el elemento más representativo son las raederas (47,78%), mostrando una gran variedad tipológica entre las que sobresalen las de tipo convexo (57,40%) y las rectas (18,51%). El índice de configuración es elevado (63%), con una media de 7,40 negativos.

A esta categoría (113 elementos), debemos añadir otros dos útiles, una raedera simple cóncava y otra doble cóncava convexa, configurados a partir del reaprovechamiento de dos núcleos agotados, uno de gestión desordenada y otro discoide. El grado de configuración es del 100% en el primero y el 81% en el segundo, con 11 y 8 extracciones, respectivamente. La materia prima en ambos es la cuarcita.

En el conjunto, el retoque generalizado es el simple, de tipo directo o inverso y extensión marginal.

4.6. Retocados masivos (>100 mm)

Su representación es poco significativa, contando solo con 23 elementos, (1,29%). Todos están elaborados en cuarcita, sobre lascas corticales o soportes rodados, en los que los talones observados son mayormente de tipo cortical y forma convexa o lisa. El gran tamaño de las matrices se refleja en el promedio de los índices métricos (202,77 x 134,35 x 40,38mm; 512,22g).

Identificamos la presencia minoritaria de 3 cuchillos con dorso, 2 bec y 2 denticulados, pero el conjunto se halla dominado, nuevamente, por las raederas. Sus índices, al igual que los observados en las raederas de <100mm, reflejan un alto grado de configuración, con una media de 8,41 extracciones que afectan al 60% del perímetro, del que un 33% corresponde a la regularización del borde útil. En cuanto a dimensiones medias, sus índices se hallan sobredimensionados por los altos valores de 2 raederas rectas, cuyo promedio es de 1006,05 x 638,30 x 42,10mm; 916,50g. Al igual que lo observado en la categoría de útiles de menor tamaño, predominan de nuevo las de tipo convexo (58,33%).

En el conjunto, el modo de talla predominante es el retoque simple-semiabruto, de tipo alterno y extensión marginal.

4.7. Utillaje bifacial

La presencia de grandes configurados característicos del Achelense de grandes lascas resulta marginal, identificándose 2 bifaces, 1 triedro y 1 hendedor; todos en cuarcita.

Los bifaces son irregulares y toscos, de configuración expeditiva resuelta con un total de 17 extracciones, en el caso del tipo amigdalóide, y 13 en el de tendencia micoquiense, con una configuración del 59% y 35% respectivamente que afecta al 50-75% de la superficie.

Las medidas son de 112,20 x 80,20 x 47,40mm; 354g en el primero, y 160,00 x 96,50 x 57,50mm; 954g en el micoquiense. Este último cuenta con la base reservada, y está elaborado sobre una lasca de descortezado con talón cortical, recto. La estrategia de configuración es secuencial inversa y secuencial directa, respectivamente.

El triedro se ha confeccionado sobre una lasca de descortezado, contando con talón cortical recto y unas medidas de 127,60 x 81,50 x 47,80mm; 637g. Su base es reservada y la corteza ocupa todo el reverso, con un índice de configuración del 74%. La estrategia de talla es de tipo directo.

En cuanto al hendedor (122,30 x 80,30 x 50,60mm; 479g), está confeccionado sobre lasca con talón y bulbo suprimidos, presentando menos del 25% de corteza en su zona dorsal. Resuelto con un total de 9 extracciones, su extremo es de bisel cóncavo y base cortante, de sección biconvexa y silueta irregular.

Directamente asociado con este grupo, debemos citar 14 fragmentos relacionados bien con roturas accidentales, bien con procesos de configuración o reavivado. Respecto a las roturas casuales, producidas por uso o accidentes de talla, destacamos un posible fragmento de base reaprovechado como percutor, con evidentes marcas de empleo en el extremo. En relación con procesos de reavivado, identificamos 2 *coup de tranchet*, que presentan talones diedro y facetado, y bulbos bien desarrollados.

5. DISCUSIÓN

El yacimiento de A Piteira resulta de especial interés por su funcionalidad evidente como taller, estando presentes todas las fases de las cadenas operativas. De ellas, predomina la correspondiente a la fase de producción, donde los elementos configurados tienen una representación significativa (7,61%), mientras que los productos de lascado, núcleos y lascas, sin contar desechos de talla, alcanza el 86,14%. Dicho porcentaje resulta muy significativo si contamos que, en los yacimientos gallegos, los porcentajes asociados a esta cadena suponen siempre el 40-50% [24].

La materia prima predominante, como suele ser habitual en la mayoría de los yacimientos atlánticos, es la cuarcita que, en el conjunto de 2327 elementos de A Piteira -teniendo en cuenta los desechos de talla- supone el 70,09%. Vinculado a esta, aunque generalmente en menor proporción, también suele estar presente el cuarzo en diferentes variedades, en nuestro caso, cuarzo filoniano (22,81%) y cuarzo hialino o cristal de roca (3,86%). Por último, contamos con una proporción mínima de sílex hidrotermal (1,50%), junto a otros como lilitas, riolitas o calcedonias (1,59%). Estos datos, aunque con

una gran variabilidad de porcentajes, concuerdan con los reflejados en estudios previos.

La captación de recursos puede considerarse de tipo local o inmediato, aun teniendo en cuenta que los cantos cuarcíticos, en forma de soportes rodados procedentes de las cargas fluviales próximas, se localizan a unos 5Km del yacimiento. La misma procedencia pudiera tener una mínima proporción de sílex con presencia de neocórtex fluvial, aunque para el resto no se ha localizado ningún depósito o afloramiento en las proximidades. En cuanto a los cuarzos, cuarcitas de grano grueso y otros, como las liditas, parecen proceder del entorno del propio yacimiento. Según se infiere del gran porcentaje de lascas con restos corticales, los soportes cuarcíticos fueron introducidos en bruto en el yacimiento para su posterior explotación y transformación.

Abordando el aspecto tecnológico encontramos discrepancias claras respecto a los trabajos realizados sobre el yacimiento, y ya referenciados. Así, nosotros identificamos sistemas de explotación que tienden a esquemas elementales con un predominio claro de patrones monopolares. Estos son identificados tanto en el retoque de lascas simples como en los núcleos, donde suponen el sistema de gestión más empleado (36,36%). A este siguen los patrones discoides (17,20%) y centrípetos (15,20%). También de Lombera [16], apunta a estrategias de configuración unificiales y bifaciales, con tendencia centrípeta en el primer caso, y discoide en el segundo. Ahora bien, el trabajo de Villar [15], identifica un predominio de sistemas organizativos de tipo informe (40,00%), que nosotros interpretamos como aquellos de gestión desordenada y/o multipolar, seguido de los tipos Levallois o pseudo Levallois (21,00%). En nuestro caso, dichos sistemas únicamente representan el 6,06% y 10,10%, respectivamente.

Referido a estos últimos resulta de interés la observación realizada por de Lombera [16], en cuanto a la semejanza morfológica de productos centrípetos con los obtenidos mediante técnicas Levallois, de los cuales se diferencian por la presencia de talones corticales o unifacetados. Este dato resulta de interés dado que los índices de elementos Levallois referidos en los trabajos de referencia podrían hallarse sobredimensionados respecto a su presencia real. Esta representa un 11,00% [14], y un 8,11% [15], y tan solo un 2,02% en nuestro estudio. Ahora bien, esa desproporción se atenúa si tomamos en consideración las lascas discoides, con lo que los índices serían más parejos (7,10%). En todo caso, técnicamente se aprecia una tendencia al empleo de procesos estandarizados de explotación. En el proceso de retoque se emplea la percusión directa con percutor duro, con retoque generalmente simple que suele combinarse con el semiabrupto en el caso de los útiles de mayores proporciones. No hemos detectado retoque de inclinación plana ni apariencia de regularización con percutor blando. El tipo generalizado es directo o inverso, y prevalece la extensión marginal. Dicha extensión suele comprender el 25-50% de la superficie en los útiles, que parecen resolverse de forma expeditiva

con una escasa modificación del soporte y un claro predominio de la utilidad frente a la forma.

También existen claras divergencias en el ámbito morfotipológico en cuanto a los elementos propios de la fase de consumo; discrepancia que afecta principalmente a tipos e índices numéricos. Los retocados más habituales son las raederas (54,32%), siguiéndole en importancia los perforadores y denticulados que, en conjunto, suponen un 17,89%. Otros elementos presentes, aunque escasamente caracterizados, son las escotaduras y los cuchillos con dorso. A este respecto hallamos coincidencias con el inventario de Rodríguez Gracia [14]. Este resalta la gran proporción de raederas, que cifra como numerosas y en torno al 18,00% del conjunto, en contraste con un 6,00% de denticulados y una pequeña proporción de muescas y escotaduras. En contraposición, el análisis de Villar [15], identifica una amplia representación de utillaje que supone aproximadamente el 22,00% de los 885 elementos analizados, con dominio de los denticulados (5,31%) y escotaduras (3,95%) respecto a las raederas (3,38%).

La presencia de utillaje bifacial resulta escasa (0,22%), lo que coincide con el análisis de ambos investigadores a pesar de la disparidad de cálculo. Los 13 bifaces identificados por Villar [15] supondrían un 28% del utillaje masivo, compuesto por 53 elementos excluyendo núcleos, al que se añadiría un 17% correspondiente a los hendedores. Rodríguez Gracia [14] cifra un porcentaje aproximado del 2% para ambas categorías.

6. CONCLUSIONES

La destrucción del yacimiento ha imposibilitado abordar aspectos de importancia respecto a su formación, o la posible obtención de dataciones absolutas. No obstante, los datos obtenidos resultan significativos al permiten resolver algunas de las cuestiones que parecían caracterizar su industria; principalmente, en cuanto a su supuesta heterogeneidad y su adscripción cronocultural.

Entre las principales características que dan uniformidad al conjunto figura el elevadísimo número de lascas, con presencia de tipos discoides y Levallois, que denotan el empleo de sistemas organizados de explotación. También destaca una significativa proporción de útiles retocados de tamaño medio, con dominio de raederas y perforadores frente a denticulados. Estas categorías son también apreciadas en el utillaje de gran formato, si bien la presencia de este en el inventario resulta apenas relevante.

Todo ello parece encajar con el Musteriense identificado en otros yacimientos próximos geográficamente como los niveles inferiores de Cova Eirós (Triacastela, Lugo). En cuanto a su marco temporal, y estando pendiente la realización de nuevas investigaciones, situamos el yacimiento en momentos previos a la transición del Paleolítico Medio al Superior, con una cronología relativa estimada en los 40000-30000 años.

REFERENCIAS

- [1] Vázquez, J. M. V. (1984). Paleolítico y mesolítico en Galicia: Estado actual de la cuestión: Problemas y perspectivas. *Portvgalia: Revista de Arqueología do Departamento de Ciencias e Técnicas do Patrimonio da FLUP*, 4, 21-25.
- [2] Fontes, J. (1925). La estación paleolítica de Camposancos. *Boletín da la Comisión Provincial de Monumentos Históricos y Artísticos de Orense*, VII, 241-254.
- [3] Aguirre, E. (1964). *Las Gándaras de Budiño Porriño (Pontevedra)*. Ministerio de Educación Nacional.
- [4] Senín, I. J. F. (1995). A investigación do Paleolítico en Galicia: Revisión bibliográfica. Edicións do Castro.
- [5] Cano, J. A. P., Aguirre, E., Pacheco, F. G., Gracia, J. P., Santiago, A. P., Mata, E. A., Gutiérrez, J. M. L., Díaz del Olmo, F., Baena, R. E., & Borja, F. B. (1997). Evolución del Pleistoceno en la cuenca baja del Miño, sector La Guardia-Tuy: Secuencia de los primeros poblamientos humanos y registro arqueológico. En J. V. Rodríguez (Ed.), *Cuaternario Ibérico* (pp. 201-212). Asociación Española para el Estudio del Cuaternario.
- [6] Méndez-Quintas, E., Santonja, M., Pérez-González, A., Arnold, L. J., Demuro, M., & Duval, M. (2020)a. A multidisciplinary overview of the lower Miño River terrace system (NW Iberian Peninsula). *Quaternary International*, 566-567, 57-77. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.022>.
- [7] de Lombera, A. H., López, M. del M. C., Cerqueiro, D. L., Díaz-Rodríguez, M., Ameijenda, A. I., Rodríguez-Alvarez, X. P., & Fábregas, R. V. (2018). As Gándaras de Budiño: Nuevos datos para una revisión. En R. Blanco, F. Castillo, M. Costa, J. Horacio, & M. Valcárcel (Eds.), *Xeomorfoloxía e paisaxes xeográficas: Catro décadas de investigación e ensino. Homenaxe a Augusto Pérez Alberti* (pp. 137-164). Universidade de Santiago de Compostela.
- [8] Méndez-Quintas, E., Santonja, M., Pérez-González, A., Arnold, L., Cunha Ribeiro, J., Demuro, M., Díaz-Rodríguez, M., Duval, M., Gomes, A., & Meireles, J. (2018)a. *El yacimiento achelense de As Gándaras de Budiño: Síntesis y perspectivas después de 50 años de desencuentros*.
- [9] Méndez-Quintas, E. (2020)b. El poblamiento humano del NW peninsular durante el Paleolítico Antiguo: Un yacimiento achelense de finales del Pleistoceno Medio en Arbo (Pontevedra). *Servizo de Publicacións da Universidade de Vigo*.
- [10] Demuro, M., Arnold, L. J., Duval, M., Méndez-Quintas, E., Santonja, M., & Pérez-González, A. (2020). Refining the chronology of Acheulean deposits at Porto Maior in the River Miño basin (Galicia, Spain) using

- a comparative luminescence and ESR dating approach. *Quaternary International*, 556, 96-112.
- [11] Méndez-Quintas, E., Santonja, M., Pérez-González, A., Duval, M., Demuro, M., & Arnold, L. J. (2018)b. First evidence of an extensive Acheulean large cutting tool accumulation in Europe from Porto Maior (Galicia, Spain). *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21320-1>.
- [12] Cano, J. A. P. (1993). Análisis historiográfico del Paleolítico en Galicia. *SEMATA. Ciências Sociais e Humanidades*, 5, 29-52.
- [13] López, M. del M. C. (1998). Aproximación a la problemática del Paleolítico Inferior gallego: Estudio de la cuenca media del Miño. *Gallaecia: revista de arqueoloxía e antigüidade*, 17, 49-68.
- [14] Rodríguez-Gracia, V. (1976). Notas sobre el yacimiento paleolítico de A Piteira (Toén. Orense). *Boletín Avriense*, 6, 25-42.
- [15] Villar, R. Q. (1996). El yacimiento paleolítico de A Piteira (Toén), Ourense. *Boletín Auriense*, 26, 9-26.
- [16] de Lombera, A. H. (2005). Aplicación del sistema lógico analítico al estudio de un yacimiento gallego: La industria lítica de A Piteira (Toén,Ourense). *Gallaecia: revista de arqueoloxía e antigüidade*, 24, 7-33.
- [17] Méndez-Quintas, E., Lage Socastro, R., Rodríguez Álvarez, L., Álvarez Vázquez, M. A., Comendador Rey, B (2024): “Os primeiros poboadores da provincia de Ourense: o xacemento paleolítico da Piteira (Toén, Ourense)”. Proxectos INOU 2023. Universidade de Vigo.
- [18] Bordes, F. (1961). Typologie du Paléolithique ancien et moyen. *Publications de l'Institut de Préhistoire de l'Université de Bordeaux*, 1, 1-85.
- [19] Debénath, A., & Harold, L. (1994). *Handbook of Paleolithic Typology: Lower and middle paleolithic of Europe* (Vol. 1). UPenn Museum of Archaeology.
- [20] Inizan, M.-L., Reduron-Ballinger, M., Roche, H., & Tixier, J. (1999). *Technology and terminology of knapped stone* (Vol. 5). Cercle de Recherches et d'Etudes Préhistoriques.
- [21] Merino, J. M. (1994). *Tipología lítica* (3ª edición). Sociedad de Ciencias Aranzadi.
- [22] Mourre, V. (2003). Implications culturelles de la technologie des hache-reaux. En *Département d'Ethnologie, de Sociologie comparative et de Préhistoire: Vol. Tesis*. Département d'Ethnologie, de Sociologie comparative et de Préhistoire, Université Paris.
- [23] Querol, M. A. F., & Santonja, M. (1978). Sistema de clasificación de cantos trabajados y su aplicación en yacimientos del Paleolítico Antiguo de la

Península Ibérica. *SAGVNTVM. Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, 13, 11-38.

- [24] Méndez-Quintas, E., Pérez González, A., Ledo Bernárdez, M., & Serodio Domínguez, A. (2018)c. La industria lítica del yacimiento achelense de Arbo (Pontevedra). Variables del Paleolítico Inferior de Galicia en el contexto peninsular. *Zephyrus*, 82.

ISBN 978-84-18465-83-3



9 788418 465833



**UNIVERSIDAD
DE BURGOS**

**Servicio de Publicaciones e
Imagen Institucional**