
*DOSIER: CINCO SIGLOS DE CULTURA MARÍTIMA Y EPISTEMOLOGÍA ARTESANAL
/ FIVE CENTURIES OF MARITIME CULTURE AND ARTISANAL EPISTEMOLOGY*

EDGAR ZITSEL Y EL MOMENTO IBÉRICO. UNA CONCEPCIÓN ARTESANAL DE LA CULTURA MARÍTIMA

Antonio Sánchez

Universidad Autónoma de Madrid, España

E-mail: antonio.sanchezm@uam.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8323-634X>

Henrique Leitão

Universidade de Lisboa, Portugal

E-mail: leitao.henrique@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8355-9288>

Recibido: 30-05-2023; Aceptado: 24-07-2024; Publicado: 16-01-2025.

Cómo citar este artículo / Citation: Sánchez, Antonio; Leitão, Henrique (2024), "Edgar Zitel y el momento ibérico una concepción artesanal de la cultura marítima", *Asclepio*, 76 (2): e22. DOI: <https://doi.org/10.3989/asclepio.2024.22>

RESUMEN: La llamada 'tesis de Zitel' es un marco explicativo amplio de carácter sociológico que atribuye la emergencia de la ciencia moderna a una serie de transformaciones políticas y económicas que llevaron a la eliminación de las barreras sociales que separaban a los eruditos universitarios de los artesanos. Ante la nueva oleada de trabajos sobre culturas artesanales que hoy recuperan las ideas de Zitel, este artículo sostiene que invocar las ideas del filósofo e historiador austríaco requiere no ya identificar casos locales y aislados de interacción entre ambas comunidades de conocimiento, sino de un fenómeno social a gran escala que efectivamente ponga de relieve una colaboración estable y duradera entendida como un proceso colectivo. Creemos que la cultura marítima y las prácticas cosmográficas desarrolladas en el mundo ibérico en la primera fase de la expansión marítima europea representan una respuesta plausible a la tesis de Zitel. Un análisis de las transformaciones epistemológicas que se produjeron en el seno de los imperios marítimos portugués y español durante el siglo XVI revela que no solo se crearon las condiciones necesarias para la interacción entre artesanos y eruditos, sino que además esas condiciones estuvieron cuidadosamente diseñadas y reguladas por las coronas ibéricas a través de un rígido marco normativo.

Palabras clave: Expansión marítima; Cambio social; Interacción; Marco normativo; Profesionales intermedios.

EDGAR ZITSEL AND THE IBERIAN MOMENT. AN ARTISANAL CONCEPTION OF MARITIME CULTURE

ABSTRACT: The so-called 'Zitel thesis' is a broad sociological explanatory framework that attributes the emergence of modern science to a series of political and economic causes that led to the removal of the social barriers separating university scholars from artisans. In the face of a new wave of work on artisanal cultures that recaptures Zitel's ideas, this article argues that invoking the Austrian philosopher and historian's ideas requires no longer identifying local and isolated cases of interaction between the two knowledge communities, but of a large-scale social phenomenon that effectively highlights a stable and enduring collaboration understood as a collective process. We believe that the maritime culture and cosmographical practices developed in the Iberian world in the first phase of European maritime expansion represent a plausible response to Zitel's thesis. An analysis of the epistemological transformations that took place within the Portuguese and Spanish maritime empires during the 16th century reveals that not only were the conditions for interaction between artisans and scholars created, but also that these conditions were carefully designed and regulated by the Iberian crowns through a rigid normative framework.

Keywords: Maritime expansion; Social change; Interaction; Normative framework; Intermediate professionals.

EDGAR ZISEL Y LA HISTORIOGRAFÍA DE LA CIENCIA

En las últimas dos décadas hemos asistido a un progresivo aumento de estudios sobre culturas artesanales, estudios que no conocen de límites cronológicos ni geográficos¹. Desde los estudios de la ciencia y la tecnología, algunos de estos trabajos han examinado la influencia de las culturas artesanales en determinadas etapas históricas de nuestro pasado y han analizado la naturaleza y características del conocimiento artesanal, tanto desde una dimensión social como epistémica. Uno de los trabajos pioneros en este ámbito fue el que realizó Edgar Zisel en los años treinta y cuarenta del siglo XX, donde esgrimía los factores sociales que estimularon la emergencia de la ciencia moderna en Europa. No por casualidad, las ideas de Zisel acerca de lo que podríamos denominar una epistemología artesanal están siendo hoy recuperadas e, incluso, rejuvenecidas a la luz de nuevos estudios de caso y de nuevas categorías de análisis que no han hecho sino reforzar lo que el filósofo vienés solo anunciaba de forma programática. Los historiadores de la ciencia moderna han sido los intelectuales que con más perseverancia han revisado los límites y virtudes de los argumentos ziselianos acerca de las raíces artesanales de la ciencia moderna. Han sido ellos los que han revigorizado lo que hoy conocemos como la “tesis de Zisel”, una tesis de carácter sociológico (Shapin, 1981, p. 450).

Edgar Zisel (1891-1944) fue un filósofo, historiador y sociólogo de la ciencia austriaco de origen judío vinculado al Círculo de Viena y al positivismo lógico. Sus ideas, desarrolladas entre las dos guerras mundiales, estuvieron profundamente influenciadas por el austromarxismo de Max Adler y Otto Bauer. La mayoría de esas ideas serían publicadas en su exilio estadounidense, donde huyó en 1939 junto a su familia como consecuencia de la represión nazi. Sus principales trabajos combinaban el análisis filosófico con la investigación histórica. Esta combinación y su percepción de la unidad de la ciencia —pieza clave del programa positivista— le hizo mantener siempre una relación ambivalente de cercanía y distancia con los principales miembros del Círculo de Viena. Mientras Zisel creía posible la unificación de las humanidades y las ciencias naturales a través de una demostración empírica de las

causas históricas y sociales del conocimiento científico, el positivismo lógico dirigió sus esfuerzos a demostrar la unidad de la ciencia por medio del análisis lógico del lenguaje (de la física)². A pesar de las diferencias, Zisel estuvo siempre en la órbita de este movimiento filosófico participando incluso activamente en algunas de sus actividades con más proyección internacional. Así, lo encontramos entre la nómina de autores que contribuyeron a uno de los principales proyectos editoriales del Círculo de Viena, la *Internacional Encyclopedia of Unified Science* (Zisel, 1941a). Su complicada trayectoria académica y vital acabaría el 11 de marzo de 1944, día en el que Zisel se quitaría la vida en su despacho del Mills College de Oakland a los cincuenta y dos años³.

La llamada tesis de Zisel es una interpretación amplia, pero al mismo tiempo seductora, sobre las condiciones sociales que hicieron posible el nacimiento de la ciencia moderna en Europa hacia finales del siglo XVI y principios del siglo XVII. Zisel formuló por primera vez sus ideas en el 5.º Congreso Internacional para la Unidad de la Ciencia organizado por el Instituto Internacional para la Unidad de la Ciencia y celebrado en la Universidad de Harvard entre el 3 y el 9 de septiembre de 1939⁴. La versión más completa de su tesis vería la luz pocos años después en una revista norteamericana de sociología (Zisel, 1942. Reproducido en Raven, Krohn y Cohen, 2000, pp. 7-21). Según Zisel, la ciencia moderna —que él identifica con el trabajo de los padres de la Revolución Científica, como Galileo o Bacon, entre otros— emergió cuando se desvanecieron las barreras sociales que separaban a los hombres cultos de los hombres prácticos, a los eruditos de los artesanos, en definitiva, al método racional del método experimental. Dicho de otra manera, la separación de artesanos y hombres cultos en diferentes estratos sociales impidió la aparición de la ciencia moderna antes de 1600. Zisel sostiene que en el siglo XVI hubo un acercamiento entre ambos mundos en el ámbito de las artes mecánicas y las matemáticas aplicadas que redujo e, incluso, anuló las diferencias sociales que existían entre artesanos y eruditos. En esta época, las ciencias tuvieron que superar los prejuicios

2 Sobre Zisel y su relación con el Círculo de Viena y el positivismo lógico véase Krohn y Raven, 2000; y Raven, 2003.

3 Para conocer más detalles de la vida de Zisel véase Raven, Krohn y Cohen, 2000, pp. xix-xxiii; y Romizi, Wulz y Nemeth, 2022, pp. 3-19.

4 Su intervención llevaba por título “The Social Roots of Science”. El texto de su conferencia sería publicado muchos años después bajo ese mismo título en Pauer-Studer, 1994, pp. 305-308. Reproducido en Raven, Krohn y Cohen, 2000, pp. 3-6.

1 Los nuevos estudios sobre el saber artesanal no solo evocan el pasado más remoto, sino que también analizan el presente más inmediato. Asimismo, entre los trabajos más recientes encontramos análisis de culturas artesanales tanto orientales como occidentales. Véase la revisión historiográfica de Antonio Sánchez y Javier Ordóñez en este número.

contra el trabajo manual para establecer una alianza entre el progreso tecnológico, la experiencia artesanal y la razón científica. Había nacido, en palabras de Zisel, la ciencia moderna.

En el periodo que va de 1300 a 1600 hay que distinguir tres estratos de actividad intelectual: los eruditos universitarios, los humanistas y los artesanos. Tanto los universitarios como los humanistas tenían una formación racional [...] Tanto los profesores como los humanistas distinguían las artes liberales de las artes mecánicas y despreciaban el trabajo manual, la experimentación y la disección. Los artesanos fueron los pioneros del pensamiento causal en este periodo. Ciertos grupos de trabajadores manuales superiores (artistas-ingenieros, cirujanos, fabricantes de instrumentos náuticos y musicales, topógrafos, navegantes, artilleros) experimentaban, diseccionaban y utilizaban métodos cuantitativos [...] Los artesanos, sin embargo, carecían de formación intelectual metódica. Así, los dos componentes del método científico estaban separados por barreras sociales: la formación lógica estaba reservada a los eruditos de clase alta; la experimentación, el interés causal y el método cuantitativo quedaba en manos de los artesanos más o menos plebeyos. La ciencia nació cuando, con el progreso de la tecnología, el método experimental acabó superando el prejuicio social contra el trabajo manual y fue adoptado por los eruditos con formación racional. Esto se logró hacia 1600 (Gilbert, Galileo, Bacon). Al mismo tiempo, el método escolástico de disputa y el ideal humanista de gloria individual fueron sustituidos por los ideales de control de la naturaleza y de avance del saber mediante la cooperación científica. De manera algo diferente, sociológicamente, se desarrolló la astronomía moderna. Todo el proceso estuvo imbuido por el avance de la sociedad capitalista temprana, que debilitó la mentalidad colectiva, el pensamiento mágico y la creencia en la autoridad, y fomentó el pensamiento mundano, causal, racional y cuantitativo (Zisel, 1942, p. 544)⁵.

Como se lee hacia el final del texto de Zisel, él atribuyó esa alianza científica y la subsecuente emergencia de la ciencia moderna a un fenómeno social de mayor envergadura, el primer capitalismo europeo. De acuerdo con su tesis, las condiciones sociales que favorecieron el nacimiento de la ciencia moderna estaban directamente relacionados con las progresivas transformaciones sociales que tuvieron lugar en la transición del mundo feudal al temprano mundo capitalista. Entre ellas, Zisel identifica cuatro que le parecen ineludibles: la sustitución de los castillos y los monasterios por las ciudades como nuevos escenarios culturales donde se situaban los nuevos espacios del conocimiento; el fomento del pensamiento causal asociado a la progresiva invención tecnológica y la utilización

5 Traducción de los autores.

de máquinas para la producción de bienes y artefactos para la guerra; el paso de un sistema económico de carácter gremial a otro dominado por la competitividad y el espíritu emprendedor del individuo; y la emergencia de sociedades gobernadas no ya por la tradición y las costumbres, sino por procedimientos racionales relacionados con el desarrollo de métodos cuantitativos y de medición (Zisel, 1942, pp. 545-547)⁶. Según Zisel, estas transformaciones generaron las condiciones sociales necesarias para que se produjese el contacto y cooperación entre dos formas de producir conocimiento. El encuentro entre ambos mundos estuvo mediado, e incluso impulsado, por lo que Zisel denominaba “artesanos superiores”, individuos que escribían en lengua vernácula para otros artesanos y que representaban a los predecesores inmediatos de la ciencia. Estos mediadores, tales como el cartógrafo Abraham Ortelius, el navegante Robert Norman o el médico William Gilbert –los ejemplos son de Zisel– vehicularon la transición de la filosofía natural de tradición escolástica hasta las matemáticas aplicadas y la experimentación (Zisel, 1945, p. 341). La transición se completaría en el siglo XVII, un momento crucial para la historia de la ciencia (Zisel, 1941b, p. 30).

El tono excesivamente esquemático con el que Zisel formuló su tesis y la lectura materialista sobre la que estaba fundada le canjearon una recepción marginal y a veces crítica por parte de la historiografía de la ciencia (Keller, 1950; Hall, 1962). El principal problema de aceptación al que tuvo que enfrentarse su trabajo fue la escasa evidencia empírica que aportó para ilustrar la colaboración entre artesanos y eruditos, una evidencia que le hubiera hecho superar el muro de la mera intuición (Cohen, 1994, pp. 341-342; Renn y Valleriani, 2001; Jardine, 2003). No obstante, y a pesar de las críticas, las ideas de Zisel nunca fueron completamente abandonadas, pues desde muy pronto recalcaron en un selecto grupo de historiadores de la ciencia que dialogaron con su tesis e incluso reconocieron estar en deuda con ella⁷. Algo semejante está ocurriendo en los últimos años, en los que venimos asistiendo a un renovado y explícito interés por la tesis de Zisel y el conocimiento artesanal. Esta recuperación ha dado

6 Aquí se hace patente la influencia que sociólogos y teóricos de la economía como George Simmel, Max Weber y Werner Sombart tuvieron en las ideas de Zisel.

7 Entre ellos encontramos autores de generaciones pasadas como Joseph Needham, Paolo Rossi, John H. Randall Jr. y Richard S. Westfall, pero también historiadores de hoy como William R. Newman, William Eamon, Lawrence M. Principe, Mario Biagioli, Deborah Harkness, John Henry, Antonio Barrera-Osorio, Tara E. Nummedal, Paola Bertucci y Margaret E. Schotte, entre otros.

excelentes resultados que han llevado la tesis de Zinsel a una nueva dimensión, menos social y más epistemológica⁸. Sin embargo, creemos que estos trabajos han pasado por alto una de las premisas implícitas y a la vez cardinales de la mirada zinseliana, a saber, la escala y magnitud del cambio social. Zinsel estaba ofreciendo una explicación social a un fenómeno de mudanza científica de grandes dimensiones –la emergencia de la ciencia moderna– que a su vez se presentaba como un síntoma de un acontecimiento aún mayor –el nacimiento del primer capitalismo moderno–.

Este artículo defiende que invocar la tesis de Zinsel requiere identificar primero, situaciones sociales, políticas o económicas a gran escala que permitieran, e incluso, favorecieran la interacción entre académicos y artesanos en la temprana Europa moderna; para después analizar en detalle esas circunstancias. Recuperar la tesis de Zinsel sobre el cambio científico a la luz de casos particulares esporádicos o entornos profesionales específicos de corta duración y no como un comportamiento colectivo y temporalmente inalterable contradice la propuesta zinseliana y tiene efectos contraproducentes en la reivindicación de los colectivos artesanales. Zinsel no pretendía reducir la modernidad científica a la genialidad y excepcionalidad de un solo individuo o a otros argumentos de carácter intelectual, sino más bien todo lo contrario. El marco sociológico esbozado por Zinsel obliga a repensar acontecimientos sociales amplios y suficientemente estables cuya estructura posibilitara una colaboración perdurable entre colectivos que de no ser por esos acontecimientos hubieran permanecido separados. La tesis de Zinsel no apela a interacciones locales, individuales y aisladas, sino a procesos colectivos en el que participaron cientos de personas durante un largo período de tiempo. Solo un proceso global, normalizado y sostenido en el tiempo puede dar cuenta del cambio. Se trata, en resumen, de reconocer las instituciones, los espacios, las prácticas y los círculos de sociabilidad en los que tuvieron lugar los encuentros e intercambios de conocimiento, pero también de descifrar cómo esas condiciones redujeron las distancias sociales, implicaron a un gran número de personas, se mantuvieron en el tiempo, modificaron la práctica científica y dieron lugar a nuevos conceptos⁹.

⁸ Véase la siguiente selección de publicaciones: Smith, 2004; Long, 2011, 2015; Cormack, 2017; Zanetti, 2017; Eamon, 2018 y Romizi, Wulz y Nemeth, 2022.

⁹ Este argumento fue defendido con más profundidad en un trabajo anterior, motivo por el cual no será desarrollado aquí. Véase Leitão y Sánchez, 2017.

LA TESIS DE ZINSEL Y LA EXPANSIÓN MARÍTIMA EUROPEA

Las condiciones sociales que reclama la tesis de Zinsel parecen ponerse de manifiesto en la primera fase de la expansión marítima europea, muy especialmente en el ámbito de la cultura marítima y la cosmografía que se desarrolló en el mundo ibérico a partir de la segunda mitad del siglo XV. Resulta difícil imaginar que el fenómeno expansionista hubiera tenido lugar sin la interacción entre hombres teóricos y hombres prácticos, y viceversa. No es necesario insistir en la idea de que la construcción de imperios globales, el establecimiento de rutas comerciales transoceánicas, los movimientos masivos de individuos como consecuencia de los procesos de colonización y la abrumadora dimensión industrial que todo ello generó cambiaron para siempre las sociedades modernas. Estos cambios a gran escala alteraron ineludiblemente las formas de estudiar la naturaleza, provocando, entre otras novedades, la aparición de nuevas prácticas empíricas, la creación de instituciones de ciencia aplicada para la enseñanza técnica y la gestión de información, la participación de personas de toda condición social en la producción de conocimiento, la habilitación de espacios artesanales con capacidades industriales de fabricación, el surgimiento de ‘artesanos superiores’ o profesionales intermedios situados entre los eruditos y los artesanos, el crecimiento de literatura científica en lengua vernácula y la invención de artefactos cosmográficos originales en forma de modelos cartográficos, instrumentos náuticos, instrucciones para pilotos y cuestionarios geográficos; por no aludir a la reacción crítica contra la autoridad de los antiguos que estas circunstancias estimularon entre navegantes, exploradores, naturalistas y cartógrafos¹⁰. Este nuevo escenario se concretó por primera vez en Portugal y España a lo largo del siglo XVI y se trasladó después a otros lugares de Europa.

Entre las transformaciones más destacadas que la expansión marítima provocó en la cultura marítima ibérica se encuentra, sin duda, la creación de instituciones que controlaban las redes de información de larga distancia del imperio portugués y español. Los *Armazéns da Guiné e Índia* de Lisboa –creados en la segunda mitad del siglo XV– y la Casa de la Contratación de Sevilla –fundada en 1503– constituyen los primeros casos de organismos establecidos y patrocinados por

¹⁰ Estudios recientes han intentado revalorizar algunos de estos factores a la luz del lugar que ocupó el conocimiento empírico en la cultura moderna con anterioridad a las alabanzas baconianas. Véase Barrera-Osorio, 2006; y el libro más reciente de Brendecke, 2016.

la Corona para recoger, clasificar, estandarizar y distribuir conocimiento procedente de todas las partes del mundo a una escala global (Turnbull, 1996, p. 7; Law, 1986). La novedad reside en situar el diseño de estas instituciones en un marco normativo amplio puesto en marcha por la Corona no para responder a necesidades locales, sino más bien para regular una red global de circulación de conocimiento. Sendas instituciones sirvieron, además, como espacios de encuentro e intercambio entre artesanos y eruditos, cuya colaboración quedó materializada en la construcción de artefactos cosmográficos como el Padrón Real o los *padrões d'el-Rei*¹¹. Los *Armazéns* y la Casa funcionaron como zonas de intercambio globales (Sánchez, 2018).

La interacción en el seno de estas instituciones marítimas estuvo siempre mediada por una categoría profesional intermedia típicamente ziseliana, posiciones y oficios técnicos como el Piloto Mayor o el *Cosmógrafo-Mor* que encarnaban a los 'artesanos superiores' a los que se refería Zisel. Este fenómeno –que recuperaremos en la última sección de este artículo– constituye una de las transformaciones más características de la estructura administrativa de los imperios ibéricos. Se trataba de puestos ocupados por individuos cualificados y bien formados cuya responsabilidad profesional les obligaba a interactuar diariamente con artesanos de niveles inferiores, tales como marineros, cartógrafos y constructores de instrumentos náuticos. Dicho de otra manera, un cosmógrafo en el mundo ibérico gozaba del reconocimiento social y la competencia científica de un hombre culto, y a su vez tenía que trabajar con hombres técnicos¹². La capacidad multifacética de estas personas –pues hay que recordar que impartían clases, examinaban instrumentos y asesoraban en debates científicos– les hacía transitar entre diferentes espacios sociales de conocimiento, como la corte, la universidad, el taller del artesano, la casa del cartógrafo, el puerto y el astillero¹³. Entre ellos encontramos a las figuras más representativas de la ciencia ibérica, como pueden ser Vespucio, Caboto, Nunes, Chaves, Zamorano, Lavanha, Céspedes, etc. Estas posiciones, que a lo largo del siglo XVI se fragmentaron en otras semejantes, demuestran la existencia de un com-

plejo y a la vez sofisticado entorno institucional que eliminó la distancia social entre técnicos y eruditos durante un prolongado período de tiempo. El marco normativo diseñado por la Corona forzó a ambos colectivos a mirar hacia el mismo objeto de estudio, el mundo de los viajes oceánicos.

El encuentro institucional y regulado entre ambas comunidades generó, además, su propia literatura, una literatura escrita en lengua vernácula. La relación pedagógica que se estableció entre cosmógrafos y pilotos obligó a los primeros a traducir textos latinos al portugués y al español y a producir tratados originales sobre el arte de navegar. El mundo ibérico fue prolífico en este último campo, generando varias decenas de libros náuticos. Fue así como en este ámbito técnico del conocimiento la lengua dejó de ser un elemento diferenciador entre ambas comunidades. La propia interacción entre hombres cultos y hombres iletrados sin conocimientos de latín engendró un vasto corpus de literatura técnica en lengua vernácula, lo que parece ser una respuesta clara a la numerosa participación de estratos bajos de la sociedad en actividades científicas. Esta literatura estaba destinada a hombres técnicos y por eso pueden ser considerados artefactos culturales híbridos con un lenguaje claro y un estilo secuencial directo dirigidos a fines prácticos. Estos tratados son, en última instancia, el fruto de la interacción entre artesanos y eruditos. La capacidad de estos textos para ilustrar problemas náuticos concretos le canjeó un éxito visible más allá del mundo ibérico, ya que muchos de ellos serían posteriormente traducidos a otras lenguas europeas (López Piñero, 1986). Esta literatura náutica llegaría a su estado de madurez en Inglaterra y los Países Bajos a partir de los siglos XVII y XVIII¹⁴.

Parte de esa literatura técnica, junto a los varios tratados de historia natural que la expansión generó, cuestionó a veces inconscientemente la autoridad científica de los autores clásicos de la antigüedad por considerar que incurrieran no solo en una visión incompleta, sino también incorrecta del mundo. La experiencia y la observación directa, así como la llegada continua de información procedente de nuevos mundos desafió los medios tradicionales de transmitir e imponer conocimiento sobre la naturaleza. Las nuevas formas de adquisición de conocimiento, articuladas ahora por hombres prácticos, forzaron como afirmaba Zisel la renegociación y redistribución de la autoridad, antes atribuida únicamente a los textos antiguos procedentes

11 Véase el trabajo de Long sobre "trading zones" (zonas de intercambio), que ella plantea como una solución al dilema ziseliano sobre la interacción. Long, 2015.

12 La tesis doctoral de Sandman ha arrojado mucha luz sobre los encuentros y desencuentros entre hombres prácticos y hombres teóricos. Véase Sandman, 2001. Véase también el trabajo clásico de Lamb, 1995.

13 Para el caso español merece una mención especial el trabajo de Portuondo, 2009.

14 Véase el artículo de Schotte en este número, así como su libro reciente de 2019.

de la tradición greco-romana. La jerarquía en torno a la autoridad del saber se vio profundamente alterada a lo largo del siglo XVI. El reconocimiento se convirtió en un valor social compartido entre hombres cultos y hombres iletrados, pero con experiencia. En el caso de estos últimos —especialmente cartógrafos y pilotos de Indias (de larga distancia)—, el reconocimiento se tradujo en un aumento de su estatus social, pues eran testigos de un mundo nuevo. El trabajo experimental de estos hombres y su consecuente revuelta contra la autoridad de los antiguos a través del descubrimiento directo de nuevas realidades geográficas engendró su propia idea de progreso, un concepto explorado por Zilsel (Zilsel, 1945)¹⁵. Sin ir más lejos, autores de la talla de Pedro Nunes vincularon el éxito de los viajes transoceánicos portugueses y la grandeza imperial a la posesión de mayores capacidades técnicas, al progreso científico y tecnológico, lo que generó un sentimiento generalizado de autoconfianza y admiración entre los contemporáneos. Nunes estaba convencido de que el progreso dependía de la articulación precisa y rigurosa entre el conocimiento práctico y el conocimiento teórico, lo que en el ámbito náutico se traduciría en la matematización del arte de navegar. La asociación noniana entre imperio, técnica y progreso —una de las primeras que se conocen— merecería un estudio más profundo.

EL PODER REAL, EL MARCO NORMATIVO Y LA INTERACCIÓN EPISTÉMICA

Como ya se ha dicho, uno de los grandes problemas de la tesis de Zilsel fue demostrar cómo y bajo qué condiciones se había producido históricamente la interacción a gran escala entre eruditos y artesanos que dio origen a la modernidad científica. En el apartado anterior hemos descrito algunas de las transformaciones que la expansión marítima europea provocó en el mundo ibérico como un ejemplo fértil, estable y duradero desde el que dar respuesta a este problema; es decir, hemos identificado el escenario histórico que Zilsel necesitaba. Creemos que fueron precisamente esas transformaciones las que crearon las condiciones de posibilidad de la colaboración entre pilotos y cosmógrafos, comunidades epistémicas social y culturalmente separadas antes de la expansión. En esta sec-

¹⁵ Para un estudio sobre este debate entre antiguos y modernos y su relación con el progreso en la historiografía ibérica véase el clásico de José Antonio Maravall, 1966. Véase también el trabajo más reciente del historiador francés Marc Fumaroli (2000), traducido al español en 2008. De una u otra forma, este debate ha quedado plasmado en diversos trabajos de historiadores de la ciencia como José María López Piñero, Víctor Navarro, José Pardo-Tomás y Juan Pimentel, entre otros.

ción explicaremos en qué circunstancias se dio dicha colaboración y defenderemos que no fue un encuentro fortuito o contingente, sino una situación promovida y regulada por las coronas ibéricas a través de un complejo aparato normativo en forma de leyes y reglamentos. Este análisis no solo afronta el punto débil de la tesis de Zilsel, sino que también aumenta el poder explicativo de su propuesta.

Ya en el siglo XV encontramos varios episodios históricos de gran relevancia donde se establecieron fructíferos contactos entre cualificados matemáticos y astrónomos, por un lado, y marineros y hombres de mar, por otro lado. Entre estos eventos destacan el proceso de hibridación de teorías astronómicas antiguas con técnicas náuticas modernas que dio lugar al desarrollo de la navegación astronómica; el establecimiento de la línea de demarcación durante las negociaciones del Tratado de Tordesillas (1494); o, incluso, los cálculos para la determinación de la latitud asociados a la primera llegada de los europeos a Brasil. En el primer caso, son varios los testimonios de exploradores portugueses de finales del siglo XV que remiten a un esfuerzo común entre matemáticos, astrólogos y hombres prácticos para la fabricación de astrolabios náuticos y el cálculo de la latitud a través de la medición de la altura de las estrellas (Albuquerque, 1988). Probablemente con la finalidad de favorecer la creación de entornos estables de colaboración entre eruditos y artesanos se creó bajo el reinado de Juan II la llamada ‘Junta de Matemáticos’, destinada a resolver problemas náuticos (Barros, 1552 [1778], p. 134). Desde su primera etapa, el fenómeno expansionista requirió de la interacción entre matemáticos y navegantes.

En el segundo caso, el establecimiento de la posición exacta del meridiano que separaba virtualmente la zona de influencia portuguesa de la castellana precisó nuevamente de la cooperación entre teóricos y prácticos, como indicaba de forma explícita el propio documento del tratado¹⁶. Ambas partes contaban con diez meses para establecer una línea de demarcación que cruzase el Atlántico de polo a polo y que estuviese situada a 370 leguas al oeste de la isla más occidental del archipiélago de Cabo Verde. Los trabajos de medición los llevarían a cabo astrónomos y pilotos experimentados. El tercer y último caso está relacionado con una situación habitual en los barcos portugueses desde finales del siglo XV, a saber, la presencia de matemáticos y astrónomos a bordo de los viajes de exploración. Por su dimensión geoestratégica, la carta

¹⁶ *Tratado de Tordesillas*, 1494. Archivo General de Indias, Sevilla, Patronato, 1, n. 6, r. 2.

enviada por un tal maestro João, astrónomo, al rey Manuel I desde Brasil en abril de 1500 donde le informaba de haber medido la altura del Sol a mediodía junto al piloto Sancho de Tovar, tiene un valor especial (Albuquerque, 1965, pp. 66-67). No obstante, se trata tan solo de un ejemplo de un fenómeno generalizado. En las tres situaciones, la estrecha proximidad entre los eruditos y los artesanos inducidas por las necesidades de la expansión marítima está claramente documentada. Todas ellas confirman una situación que ya había tomado forma en el siglo XV y que se ampliaría en las décadas siguientes, una colaboración monitorizada y estructurada por el poder real.

En efecto, en los primeros años del siglo XVI las interacciones entre eruditos y artesanos tienen lugar en entornos cada vez más institucionalizados y regulados por la administración monárquica. Desde una perspectiva zilseliana que apela al ‘contacto’, las ya mencionadas Casa de la Contratación y *Armazéns da Guiné e Índia* pueden ser descritas como puntos oficiales de encuentro entre cosmógrafos y matemáticos, por un lado, y pilotos, cartógrafos y constructores de instrumentos, por otro lado. Tomando prestada de la historiadora Pamela O. Long el nuevo uso de la noción *trading zone*, sendas instituciones constituían espacios para el intercambio epistémico entre individuos o comunidades de individuos con procedencias, formaciones, habilidades, conocimientos y objetivos diferentes (Long, 2015). Las coronas ibéricas habilitaron lugares físicos concretos con marcos normativos específicos que estimularon, incluso forzaron, el contacto de decenas de personas durante períodos de tiempo significativamente largos. En síntesis, lo que tratamos de decir es que la construcción del imperio portugués y el imperio español estuvo directamente unida a la creación de mecanismos institucionales que situaban a los diferentes agentes –astrónomos, cosmógrafos, matemáticos, cartógrafos, pilotos– en un mismo nivel epistémico, en un espacio físico y jurídico efectivo que permitía a sendas coronas controlar sus actividades y aprovechar sus diferentes habilidades para el mantenimiento de sus imperios. El encuentro fue forzado normativamente porque era crucial para las políticas imperialistas. Se podría afirmar, en términos zilselianos, que la quiebra de barreras procedía de arriba, tenía sello real.

ORDENANZAS, REGIMIENTOS Y PROFESIONALES INTERMEDIOS

Las manifestaciones más claras de esta interacción en el contexto institucional antes descrito las

encontramos en los puestos científicos de nueva creación y en una de las principales responsabilidades asociadas a estos oficios, a saber, la fabricación de modelos cartográficos como el Padrón Real o las *cartas padroes d’el-Rei*. El Piloto Mayor de la Casa y el *Cosmógrafo-Mor* de los *Armazéns* eran los ejes en torno a los cuales se articulaba el contacto y la colaboración. Se trataba, en la mayoría de los casos, de individuos con formación universitaria y una avanzada competencia matemática. Algunos de ellos gozaban de una alta posición social y ejercían una notable influencia en la Corte. El matemático Pedro Nunes, nombrado *Cosmógrafo-Mor* en 1547, representa el caso más notorio, aunque no el único. En términos zilselianos, lo verdaderamente significativo es que las obligaciones del cargo y las ordenanzas reales exigían a estas personas entrar en contacto con pilotos y cartógrafos, es decir, con hombres de estratos sociales mucho más bajos y con competencias técnicas muy diferentes; una suerte de profesionales intermedios entre el mundo práctico de la navegación oceánica y el mundo teórico de la cosmografía de gabinete. La necesidad de elaborar planisferios y el objetivo de producir cartas de mejor calidad generaron constantes interacciones entre profesionales de diversas procedencias sociales. El ejercicio recíproco de intercambio de saberes se intensificaba y resultaba especialmente crucial en aquellas ocasiones –bien documentadas– en las que se llevaba a cabo una reforma de los modelos cartográficos o se realizaba uno nuevo¹⁷. Estas figuras intermedias reflejan el reconocimiento imperial de una serie de barreras técnicas que era necesario ultrapasar. Sin barcos más seguros, mapas e instrumentos náuticos más precisos y técnicas de navegación más depuradas, los beneficios del imperio se verían obstaculizados. La aparición de estos profesionales intermedios revela, a fin de cuentas, una clara conciencia de la existencia de barreras técnicas que había que vencer, y que forzaba a su vez la interacción. Sin la colaboración conjunta de pilotos y astrónomos no se puede entender, por ejemplo, que hacia el último cuarto del siglo XV se dispusiera de cartas náuticas de todo el litoral atlántico de África con un alto nivel de exactitud en lo que respecta a los valores de la latitud. Esto no pudo ser fruto del trabajo aislado de un individuo, ni siquiera de un grupo de hombres prácticos. Construir un barco pudo ser una tarea puramente artesanal, pero la navegación oceánica no lo era, excedía el ámbito de lo artesanal y requería conectar con ambientes y círculos más teóricos.

17 Un estudio detallado de estas reformas en el caso español se encuentra en Cerezo, 1994; Sandman, 2007; Sánchez, 2013; y García Redondo, 2018. Para el caso portugués véase Teixeira da Mota, 1969; Sánchez, 2016 y 2018.

Estas colaboraciones, en apariencia esporádicas y espontáneas, se fueron progresivamente normativizando sobre un marco legal más formal y sólido hacia mediados del siglo XVI. Son varios los documentos de este período que ofrecen una amplia confirmación de la persistencia de estas formas de colaboración. En 1559, la corona portuguesa puso en marcha un nuevo reglamento de las obligaciones y funciones del *Cosmógrafo-Mor* con la intención de reducir las ambigüedades administrativas a las que estaba sometido el cargo. Se trataba del *Regimento do Cosmógrafo-Mor*¹⁸. Este nuevo conjunto de reglas no era un caso aislado, sino que formaban parte de un esfuerzo legislativo mucho más amplio destinado a regular el comercio, las instituciones y los cargos públicos de la monarquía (Sousa, 1785). Los reglamentos de este tipo establecieron un vínculo jurídico formal entre artesanos y eruditos. En el contexto marítimo, la colaboración entre ambos grupos no fue el resultado de encuentros aleatorios, preferencias personales o circunstancias casuales; más bien al contrario, era el resultado directo de procesos institucionales normativizados y promovidos enérgicamente por la corona. Algo semejante había ocurrido con el puesto de Piloto Mayor de la Casa desde su creación en 1508 hasta su reforma en 1552. Las *Ordenanzas* reales publicadas a lo largo de estos años insistían en la necesidad de estrechar lazos entre la cosmografía y la navegación¹⁹. Incluso en las *Instrucciones* dadas a los pilotos durante sus viajes a las Indias encontramos una continua demanda de información, cuya circulación y análisis requería de la colaboración entre hombres prácticos y eruditos, una colaboración que les situaba en el mismo nivel epistémico y reducía sus diferencias sociales al mínimo²⁰. Las únicas diferencias eran establecidas por la experiencia y por la capacidad que cada uno tenía para resolver problemas técnicos concretos. En resumen, se puede afirmar que la estrecha colaboración y el trabajo conjunto de cosmógrafos y navegantes –cuyas

desavenencias desembocaron en ocasiones en sonadas polémicas– es un rasgo muy claro de las actividades relacionadas con el ámbito marítimo en el mundo ibérico del siglo XVI²¹. Incluso cuando esas colaboraciones acabaron en pleitos y litigios, estos solo pudieron surgir a partir de la existencia de una tarea común. En el caso de la construcción de cartas con múltiples escalas de latitudes para corregir los efectos de la declinación magnética –uno de los fenómenos más litigantes de la cosmografía ibérica– tanto unos como otros miraban hacia el mismo objeto.

Estos hechos llaman especialmente la atención cuando son observados desde una perspectiva artesanal como la de Zilsel. Las condiciones que permitieron la realización de los grandes viajes oceánicos de la época moderna generaron formas de colaboración totalmente nuevas. Era tal la complejidad de los problemas técnicos y científicos involucrados en el contexto náutico que la colaboración entre diferentes grupos sociales se convirtió en una condición sine qua non para lograr metas y alcanzar resultados. El éxito de las expediciones y la buena salud del comercio marítimo marcaban el ritmo. En ese entorno de intereses a la vez imperiales, marítimos y comerciales a gran escala, el poder real estimuló la mitigación de las barreras sociales entre eruditos y artesanos promoviendo normativamente la colaboración. Como ya se ha dicho, esta política de control se fue aplicando progresivamente mediante la creación de instituciones y puestos profesionales intermedios, pero también de reglamentos y ordenanzas que regulaban las distintas actividades ligadas a la navegación oceánica. Las monarquías ibéricas habilitaron los lugares y los modos para el encuentro estable y productivo de estos dos grupos sociales y profesionales. En este caso, las barreras a las que aludía Zilsel no desaparecieron como consecuencia de una serie de condiciones generales que imperaron en la Europa moderna, sino por la acción decidida, perseverante e incesante de dos monarquías afanadas en superar las dificultades técnicas que impedían el acceso y la explotación de las riquezas de los territorios ultramarinos. Esto no implica, sin embargo, que las clases sociales o la pertenencia a diferentes grupos sociales cambiaran o desaparecieran. Los pilotos siguieron siendo hombres prácticos con poca formación y escasos recursos; y los cosmógrafos continuaron siendo hombres teóricos con más privilegios.

18 Biblioteca da Ajuda, Lisboa, 44/XIII/56, f. 188-196v. Para un estudio del *Regimento do Cosmógrafo-Mor* véase Teixeira da Mota, 1969 y Sánchez, 2016.

19 Véase por ejemplo el testimonio del visitador Juan Suárez de Carbajal en las *Ordenanzas* de 1536. AGI, Patronato, 251, r. 33, f.13r.; o la ordenanza número 127 de las *Ordenanzas* de 1552. Lyra, 1647.

20 Para el caso español véase “Instrucción de lo que se ha de averiguar acerca del Padrón de la carrera de las Indias”. Reproducido en Vicente Maroto y Esteban, 1991, p. 447. Para el caso portugués véase “Ordem que os Pilotos devam guardar na viagem da Carreira da Índia”, Arquivo Nacional da Torre do Tombo (Lisboa), Coleção de S. Vicente, livro 12, fls. 244-246. Publicado por primera vez en Teixeira da Mota, 1974.

21 Sin anular el aspecto colaborativo, Lamb se refirió a la cosmografía española del siglo XVI como una ciencia litigante. Véase Lamb, 1969.

CONCLUSIONES

No es posible comprender las condiciones de posibilidad de la ciencia moderna sin asumir que para ello fue necesario un trabajo de colaboración entre personas con formación académica y personas técnicas, y no el resultado de una serie de transformaciones en el contenido de las teorías, objetos e ideas científicas. Zisel lo sabía muy bien. Por eso su tesis, a pesar de su sencillez y de algunas críticas, ha mantenido su frescura y originalidad a lo largo de sus ochenta años de vida. Uno de los grandes aciertos y contribuciones de Zisel a los estudios de la ciencia fue no relacionar la modernidad científica con un fenómeno intelectual —o al menos no solo—, sino con renegociaciones sociales más amplias. Zisel era plenamente consciente de lo difícil que era explicar en términos históricos la forma que la ciencia adquirió en Europa a partir del siglo XVII sin reconocer que se vio profundamente afectada por alteraciones sociales. Al hilo de este posicionamiento, un segundo acierto de Zisel, más específico, reside a nuestro modo de ver en advertir que el cambio y la reestructuración social permitieron el contacto entre dos grupos sociales y profesionales hasta entonces separados.

Este artículo ha intentado poner de manifiesto que las inferencias básicas de la tesis de Zisel sobre los orígenes sociales de la ciencia moderna, pero sobre todo su recuperación de los artesanos (superiores) y de la colaboración de estos con los eruditos aún desprende hoy una extraordinaria vitalidad y un sugestivo poder explicativo. No obstante, en su estado original la propuesta del malogrado filósofo austríaco demandaba ciertas matizaciones. La primera de ellas tiene que ver con los espacios y contextos de interacción entre hombre prácticos y hombres universitarios. Invocar a una tesis sociológica sobre la emergencia de la modernidad científica nos exhorta a identificar acontecimientos históricos que tuvieron consecuencias sociales de grandes dimensiones donde se hiciera patente una colaboración estable y duradera entre ambas comunidades de conocimiento; y no casos particulares y aislados. La primera fase de la expansión marítima europea constituye un caso visible y reconocido a gran escala de cambio social donde la cooperación entre matemáticos, astrónomos y cosmógrafos, por un lado, y exploradores, pilotos y cartógrafos, por otro lado, existió de forma sostenida en el tiempo y en el espacio.

La segunda de las matizaciones de la tesis de Zisel que hemos defendido en este texto tiene que ver

precisamente con la naturaleza de esa cooperación, que según nuestra interpretación no se dio de forma fortuita, sino que fue solícitamente delineada por las coronas ibéricas mediante un complejo entramado institucional y un rígido marco normativo. Fueron la monarquía portuguesa y la monarquía española las que promovieron y forzaron la colaboración desde las primeras décadas de la expansión. El tercer y último matiz, entendido como una prolongación del anterior, es que dicho marco normativo adoptó la forma concreta de ordenanzas, reglamentos y leyes que materializaban y legislaban la colaboración gracias a la creación —única en Europa— de figuras intermedias situadas entre los artesanos y los eruditos. Nada de esto, es decir, nada acerca de esta visión de conjunto en tres partes que desgranar el corazón de la tesis de Zisel, ha sido defendido en los trabajos más recientes sobre el filósofo austríaco, el mundo ibérico y el conocimiento artesanal.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos aquí nuestro agradecimiento a los evaluadores anónimos de este texto, cuyos comentarios han contribuido a mejorar la versión final del artículo.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores de este artículo declaran no tener conflictos de intereses financieros, profesionales o personales que pudieran haber influido de manera inapropiada en este trabajo.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

La investigación que ha dado lugar a este trabajo ha contado con el apoyo parcial del Consejo Europeo de Investigación (ERC) en el marco del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea (RUTTER AdG, acuerdo de subvención n.º 833438); así como del proyecto “Cultura marítima ibérica y prácticas oceanográficas en el Mediterráneo y el Atlántico: conocimiento tácito, estandarización, conocimiento práctico y geopolítica” (PID2019-111054GB-I00) apoyado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Antonio Sánchez: Investigación, Redacción, Revisión y Edición; Henrique Leitão: Investigación, Redacción, Revisión y Edición.

BIBLIOGRAFÍA

- Albuquerque, Luís de (1965), *Os guias náuticos de Munique e Évora*, Lisboa, Junta de Investigações do Ultramar.
- Albuquerque, Luís de (1988), *Astronomical Navigation*, Lisboa, Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimientos Portugueses.
- Barrera-Osorio, Antonio (2006), *Experiencing Nature: The Spanish American Empire and the Early Scientific Revolution*, Austin, University of Texas Press.
- Barros, João de (1552 [1778]), *Décadas da Ásia*, Lisboa, Na Régia Officina Typografica.
- Brendecke, Arndt (2016), *The empirical empire: Spanish colonial rule and the politics of knowledge*, Berlín, De Gruyter Oldenbourg.
- Cerezo, Ricardo (1994), *La cartografía náutica española en los siglos XIV, XV y XVI*, Madrid, CSIC.
- Cohen, Hendrik Floris (1994), *The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry*, Chicago y Londres, The University of Chicago Press.
- Cormack, Lesley B. (2017), "Handwork and Brainwork: Beyond the Zinsel Thesis". En: Cormack, Lesley B.; Walton, Steven A.; Schuster, John A. (eds.), *Mathematical Practitioners and the Transformation of Natural Knowledge in Early Modern Europe*, Dordrecht, Springer, pp. 11-35.
- Eamon, William (2018), "Corn, cochineal, and quina: The 'Zinsel Thesis' in a colonial Iberian setting", *Centaurus* 60, 3, pp. 141-158.
- Fumaroli, Marc (2008), *Las abejas y las arañas: las querellas entre los antiguos y los modernos*, Barcelona, Acontilado.
- García Redondo, José María (2018), *Cartografía e Imperio: El Padrón Real y la representación del Nuevo Mundo*, Madrid, Ediciones Doce Calles.
- Hall, A. Rupert (1962), "The Scholar and the Craftsman in the Scientific Revolution". En: Clagett Marshall (ed.), *Critical Problems in the History of Science*, Madison, University of Wisconsin Press, pp. 3-23.
- Jardine, Nicholas (2003), "Zinsel's Dilemma", *Annals of Science*, 60, pp. 85-94.
- Keller, A. C. (1950), "Zinsel, the Artisans, and the Idea of Progress in the Renaissance," *Journal of the History of Ideas*, 11, 2, pp. 235-240.
- Krohn, Wolfgang y Raven, Diederick (2000), "The 'Zinsel Thesis' in the Context of Edgar Zinsel's Research Programme", *Social Studies of Science* 30, 6, pp. 925-933.
- Lamb, Ursula (1969), "Science by Litigation: A Cosmographic Feud", *Terrae Incognitae*, 1, pp. 40-57.
- Lamb, Ursula (1995), *Cosmographers and Pilots of the Spanish Maritime Empire*, Hampshire, Variorum.
- Law, John (1986), "On the Methods of Long-Distance Control: Vessels, Navigation and the Portuguese Route to India", *Sociological Review Monograph*, 32, pp. 234-263.
- Leitão, Henrique y Sánchez, Antonio (2017), "Zinsel's Thesis, Maritime Culture, and Iberian Science in Early Modern Europe", *Journal of the History of Ideas*, 78(2), pp. 191-210.
- Long, Pamela O. (2011), *Artisan/Practitioners and the Rise of the New Sciences, 1400-1600*, Corvallis, Oregon State University Press.
- Long, Pamela O. (2015), "Trading zones in early modern Europe", *Isis*, 106(4), pp. 840-847.
- López Piñero, José María (1986), *El arte de navegar en la España del Renacimiento*, Barcelona, Labor.
- Lyra, Francisco de (1647), *Ordenanzas Reales para la Casa de la Contratación de Sevilla y para otras cosas de Indias, y de la navegación y contratación de ellas*, Sevilla.
- Maravall, José Antonio (1966), *Antiguos y modernos. La idea de progreso en el desarrollo inicial de una sociedad*, Madrid, Sociedad de Estudios y Publicaciones.
- Pauer-Studer, Herlinde (eds.) (1994), *Norms, Values, and Society*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 305-308.
- Portuondo, Maria (2009), *Secret Science: Spanish Cosmography and the New World*, Chicago, University of Chicago Press.
- Raven, Diederick (2003), "Edgar Zinsel's Research Programme: Unity of Science as an Empirical Problem". En: Stadler, Friedrich (ed.), *The Vienna Circle and Logical Empiricism: Re-evaluation and Future Perspectives*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 225-234.
- Raven, Diederick; Krohn, Wolfgang y Cohen, Robert S. (eds.) (2000), *Edgar Zinsel: The Social Origins of Modern Science*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Renn, Jürgen y Valleriani, Matteo (2001), "Galileo and the Challenge of the Arsenal", Max Planck Institute for the History of Science, *Preprint*, 179, pp. 1-32.
- Romizi, Donata; Wulz, Monika; Nemeth, Elisabeth (eds.) (2022), *Edgar Zinsel: Philosopher, Historian, Sociologist*, Viena, Springer.
- Sánchez, Antonio (2013), *La Espada, la cruz y el Padrón. Soberanía, fe y representación cartográfica en el mundo ibérico bajo la Monarquía Hispánica, 1503-1598*, Madrid, CSIC.
- Sánchez, Antonio (2016) "Science by Regimento: Standardising Long-Distance Control and New Spaces of Knowledge in Early Modern Portuguese Cosmography", *Early Science and Medicine*, 21, pp. 133-155.
- Sánchez, Antonio (2018), "Charts for an empire. A global trading zone in early modern Portuguese nautical cartography", *Centaurus*, 60, pp. 173-188.
- Sandman, Alison D. (2001), *Cosmographers versus Pilots: Navigation, Cosmography, and the State in Early Modern Spain*, Tesis doctoral inédita, University of Wisconsin.
- Sandman, Alison D. (2007), "Spanish Nautical Cartography in the Renaissance". En: Woodward, David (ed.), *The History of Cartography: Cartography in the European Renaissance*. vol. 3. Chicago, The University of Chicago Press, pp. 1095-1142.
- Schotte, Margaret E. (2019), *Sailing School: Navigating Science and Skill, 1550-1800*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Shapin, Steven (1981), "Zinsel thesis", En: Bynum, W. F.; Browne, E. J.; Porter, Roy (eds.), *Dictionary of the History of Science*, Basingstoke & London, Macmillan.

- Smith, Pamela H. (2004), *The Body of the Artisan: Art and Experience in the Scientific Revolution*, Chicago, University of Chicago Press.
- Sousa, Joseph R. Monteiro de Campos Coelho e (1785), *Systema ou Collecção dos Regimentos Reaes* (Tomo III), Lisboa, Na Officina Patriarcal de Francisco Luiz Ameno.
- Teixeira da Mota, Avelino (1969), "Os regimentos do Cosmógrafo-Mor de 1559 e 1592 e as origens do ensino náutico em Portugal", *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa*, 13, pp. 1-69.
- Teixeira da Mota, Avelino (1974), "Instruções náuticas para os pilotos da Carreira da Índia nos começos do século XVII", *Separata de Colectânea de Homenagem ao Prof. Damião Peres*, Junta de Investigações do Ultramar 93, pp. 5-18.
- Turnbull, David (1996), "Cartography and Science in Early Modern Europe: Mapping the Construction of Knowledge Spaces", *Imago Mundi*, 48, pp. 5-24.
- Vicente Maroto, María Isabel y Esteban, Mariano (1991), *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del Siglo de Oro*, Salamanca, Junta de Castilla y León.
- Zanetti, Cristiano (2017), *Janello Torriani and the Spanish Empire. A Vitruvian Artisan at the Dawn of the Scientific Revolution*, Leiden & Boston, Brill.
- Zilsel, Edgar (1939 [2000]), "The Social Roots of Science". En: Raven, Diederick; Krohn, Wolfgang; Cohen, Robert S. (eds.), *Edgar Zilsel: The Social Origins of Modern Science*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 3-6.
- Zilsel, Edgar (1941a), "Problems of Empiricism". En: Santillana, George y Zilsel, Edgar, "The Development of Rationalism and Empiricism", *International Encyclopaedia of Unified Science*, Chicago, The University of Chicago Press, II (8), pp. 53-94.
- Zilsel, Edgar (1941b), "The Origins of William Gilbert's Scientific Method", *Journal of the History of Ideas*, 2(1), pp. 1-32.
- Zilsel, Edgar (1942), "The Sociological Roots of Science", *American Journal of Sociology*, 47(4), pp. 544-62.
- Zilsel, Edgar (1945), "The Genesis of the Concept of Scientific Progress", *Journal of the History of Ideas*, 6, pp. 325-349.