

El uso de las artes escénicas para abordar y comunicar temas de física teórica: un estudio exploratorio

The use of the performing arts to explore and communicate ideas from theoretical physics: An exploratory study

Sarah Stearns

Universitat de Barcelona / sarahstearnsss@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4529-6077>

Isidora Sáez-Rosenkranz

Universitat de Barcelona / isidora.saez@ub.edu
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7453-609X>

RESUMEN: Este estudio exploratorio analiza las técnicas y los planteamientos que utilizan siete obras de teatro y danza estrenadas en Europa entre 2000 y 2020 para abordar temas de la física teórica y sus posibilidades comunicativas para un público adulto. A través del análisis documental de las obras, se determinan los temas de física teórica que abordan las dimensiones escénicas con las cuales se comunican y la recepción del público del contenido científico de las obras. Se encuentra que el contenido científico se tiende a comunicar a través de múltiples dimensiones escénicas y que la interacción activa entre el reparto y el público está relacionada con una recepción más positiva. Esta investigación exploratoria sugiere que las artes escénicas ofrecen la educación experiencial de ideas complicadas de física teórica. Para lograr esta educación interdisciplinaria, la participación de profesionales tanto de las artes como de la física en la creación de la obra es un factor clave.

PALABRAS CLAVE: Física teórica; artes escénicas; educación científica.

ABSTRACT: This exploratory study analyzes the techniques and approaches used by seven theater and dance pieces premiered from the year 2000 to 2020 in Europe to explore themes from theoretical physics and communicate them to adult audiences. Through document analysis of the shows, the ideas of theoretical physics that the shows explore, the theatrical dimensions used to explore them, and the audience reception of the scientific content are determined. It was found that scientific content tended to be communicated through multiple theatrical dimensions and that the direct interaction between the performers and the audience was related to a more positive reception of the scientific content. This exploratory research suggests that the performing arts can offer experiential education of the complicated ideas of theoretical physics. To achieve this kind of interdisciplinary education, the participation of professionals from both the arts and physics in the creation of the show is a key factor.

KEYWORDS: Theoretical physics; performing arts; science education.

1. INTRODUCCIÓN

En este estudio se abordan los temas de física teórica presentes en siete obras de teatro y danza para analizar la manera en que obras escénicas pueden trabajar sobre y comunicar información científica. Partimos de la premisa de que la educación científica funciona cuando cobra relevancia para la persona que aprende, construyendo sobre su propia curiosidad, y aparecen problemas cuando las ideas científicas se presentan sin conexión a experiencias reales del público al cual se dirigen (Galili y Zinn, 2007; Hidalgo, 2015; Izadi, 2017; Pavlidou et al., 2019). En este estudio se plantea un primer acercamiento a la idea de que las artes escénicas pueden convertir en experiencial los modelos teóricos de la física, circunvalando los lenguajes técnicos y matemáticos al momento de educar y comunicar sus temas a través de una experiencia artística.

La física teórica busca definir el funcionamiento más fundamental de nuestro universo: su origen y trayectoria, los materiales que lo componen y las reglas que definen su comportamiento. Muchas veces utiliza un lenguaje matemático altamente especializado y complejo para públicos generales al construir modelos de los fenómenos que estudia (Ashley-Smith, 2000). Su objeto de estudio normalmente no es perceptible: las partículas fundamentales, por ejemplo, son demasiado pequeñas para observar (Coates y Demers, 2019; Madsen y West, 2003). En cambio, las artes, especialmente las artes escénicas, son necesariamente experienciales y pueden jugar con los mismos temas de movimiento, energía, tiempo y espacio muchas veces en la realidad y también a través de la metáfora (Coates y Demers, 2019; Morgenroth, 2010) permitiendo su público experimentarlos en vez de solo entenderlos a través de la teoría.

Un reto de la educación científica es la falta de transdisciplinariedad en su enseñanza, debido a la brecha entre disciplinas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemática, por sus siglas en inglés) y las artes. El contraste entre los dos campos como si fueran opuestos impide muchas veces las situaciones experienciales e interactivas en las cuales se aprende mejor la ciencia (Frazzetto, 2002, Galili y Zinn, 2007, Izadi, 2017, Zhu y Goyal, 2018). Las artes escénicas sirven como un estudio *embodied*, “corporizado”, que transmite conocimiento al mundo real a través de la experiencia o la práctica (Coates y Demers, 2019; Contreras, 2013). La danza y el teatro pueden abordar la física teórica, incluso sus temas más abstractos, haciendo vivencial lo abstracto y lo intangible. Esta posibilidad hace de las artes escénicas una herramienta potente para explorar y divulgar ideas teóricas sobre los mismos temas y para sumergir e involucrar a un público no especializado en las ciencias. Con el análisis de siete obras

que abordan tales ideas, se plantea una base desde la cual se podría explorar estas posibilidades con más profundidad.

En las últimas décadas, centros de estudio sobre la física han abierto sus puertas a colaboraciones con artistas, y en el ámbito escénico han incorporado temas de física teórica en sus trabajos. Desde 2011, el CERN, por ejemplo, acoge artistas en una variedad de residencias y colaboraciones con sus equipos de investigación. Las posibilidades didácticas de tal eje tan específico fueron exploradas por Nikolopoulos y Pardalaki (2020), un físico y una bailarina que crearon una obra de danza, *The Neutrino Passoire*, sobre el comportamiento de partículas en 2015. En base a la obra, lanzaron un taller modelando el proceso de creación para estudiantes preadolescentes. Estos ejemplos muestran un interés por parte tanto de artistas como de científicos/as, de utilizar las artes en el ámbito de la física. A continuación, se definen cuáles son los lenguajes escénicos para analizar cómo se pueden aprovechar para la comunicación y exploración de las teorías de la física.

1.1 Marco teórico

Las artes escénicas se diferencian de otros tipos de arte por su apreciación en el tiempo, lo que las hace experienciales. La audiencia experimenta la obra en un intervalo específico determinado por el/la artista (Frisk y Karlsson, 2011), y la obra en directo requiere la presencia de un público (Brockett y Hildy, 2014), cuyo papel es activo y experiencial. Brecht conceptualizó el teatro como un proceso investigativo en el cual el público servía como testigo y Artaud como el compartir una experiencia (Fülle, 2017). Bogart (2001) presenta esta experiencia como un viaje que se regala al público. En consecuencia, las artes escénicas son una manera no solo de comunicar, sino de involucrar a un público en una experiencia real. Por lo tanto, si las ideas que comunica una obra de arte escénica son científicas, la obra puede servir para la educación experiencial de estas ideas.

Algunas dimensiones que se analizarán en las obras recopiladas se pueden definir *a priori*. El concepto occidental del teatro se basa en gran parte en la tradición griega y los principales aspectos del teatro todavía se trazan en el libro de Aristóteles, compuesto en 335 a.C., *Poética* (335 a.C./2004) (Brockett y Hildy, 2014). Aristóteles (335 a.C./2004) delinea seis elementos principales de la obra teatral: el argumento, los personajes, el pensamiento (el planteamiento sobre bien y mal de la obra), la dicción, la música (que incluye el ritmo y sonido de la obra) y el espectáculo, lo que literalmente pasa en el escenario. Brockett y Hildy (2014) ofrecen los principales elementos de “actividades performativas” como tiempo, lugar, participantes (tanto artistas como público), escenario (que incluye el objetivo, texto y/o reglas del evento), vestuario, sonido (incluido la música

y el habla), movimiento (gesto y danza) y la función o propósito de la actividad. Así, se conceptualiza un marco de los elementos básicos a través de los cuales una obra escénica comunica. En este estudio estos se llamarán dimensiones escénicas.

1.1.1 Retos de la educación científica y soluciones de las artes: la transdisciplinariedad

En las últimas décadas ha aparecido un nuevo escrutinio y escepticismo hacia la ciencia por parte del público y un acceso más amplio debido a la comunicación globalizada (Madsen y West, 2003). A pesar de este acceso expandido, el contenido científico puede parecer inalcanzable por la especialización extrema (Ashley-Smith, 2000). ¿De qué manera puede el arte, en combinación con la ciencia, apoyar a que todo el mundo acceda a esta educación tan fundamental?

Más allá de la representación ilustrativa, el físico Nikolopoulos insiste en que “lo que llamamos proceso creativo en las artes es justamente lo que llamamos investigación en las ciencias”¹ (Roberts, 2020). En las artes escénicas, uno de estos procesos es la producción de conocimiento desde la práctica a partir del cuerpo (Contreras, 2013). Superando la división platónica de mente sobre cuerpo, el cuerpo puede incluso servir como “análisis transversal que permite la convergencia y diálogo entre disciplinas disímiles” (Contreras, 2013, p. 73). De esta manera, la interdisciplinariedad en la investigación sirve para hacer preguntas a las que no se puede responder a través de una sola disciplina (Coates y Demers, 2019). Contreras (2013, p. 74) ofrece el trabajo corporal como “capaz de generar conocimientos que exceden el lenguaje verbal y las codificaciones matemáticas”. Este último planteamiento es importante para este trabajo ya que, como argumentaremos a continuación, las artes escénicas transforman ideas científicas expresándolas fuera del lenguaje verbal y matemático.

A lo largo del tiempo hemos visto cómo científicos han nutrido el conocimiento científico con el arte. Niels Bohr se inspiró en el cubismo para definir la naturaleza del electrón (Schinckus, 2017). Esta tendencia artística, más allá del realismo de una forma concreta, le abrió la puerta a entender al electrón como un halo, imposible de localizar en un punto concreto. Otro ejemplo del mundo de la física teórica viene del físico Kip Thorne. Él aprovechó su rol de consultor de la película *Interstellar* (2014) para desarrollar las ecuaciones de la distorsión de luz alrededor de un agujero negro. Compartió sus datos con el estudio de efectos visuales que los convirtió en imágenes. Thorne, al ver las imágenes de la película, pudo observar elementos que le permitieron avanzar en el conocimiento sobre el tema.

¹ Traducción de la autora del inglés. Original: “*What we call the creative process in art is just what we call research in science*”.

La transdisciplinariedad puede aportar esta visión plural a más personas, accediendo al conocimiento científico desde perspectivas alternativas.

2. DESARROLLO

2.1 Metodología

2.1.1 Alcance y perspectiva de la investigación

Se adopta la metodología de un estudio exploratorio con una perspectiva cualitativa para analizar cómo las artes escénicas pueden transformar los modelos de la física teórica para facilitar el acceso educativo a sus temas complejos para públicos adultos. El estudio analiza obras de arte y sus contenidos en una pequeña muestra de obras ya realizadas, lo cual se podría explorar más a profundidad en base a este trabajo. Las obras estudiadas pueden utilizar una gran variedad de lenguajes y acercamientos. Por estas razones, la flexibilidad de las metodologías cualitativas y el alcance de una metodología exploratoria se adecuan más al tema de estudio.

2.1.2 Corpus

El corpus de este estudio es un catálogo de obras de teatro y danza que se han estrenado en Europa desde el año 2000 y que tienen su documentación en línea compuesta por al menos tres fuentes documentales diferentes.

De treinta obras consideradas, siete reunieron estos criterios metodológicos. Tres obras son de danza y cuatro son de teatro. Las obras se concentran en dos periodos de pocos años dentro del rango propuesto de 2000-2020. Dos se estrenaron en 2000-2002 y las otras cinco se estrenaron entre 2012 y 2015. Representan tres países de origen: dos de las obras se estrenan en Francia, dos en Italia y tres en Reino Unido.

La mayoría de las obras han sido montadas varias veces. En el caso de obras de teatro de texto, incluso han sido representadas por varias compañías y artistas. Este estudio, cuando es posible, se ha enfocado en la versión del estreno de la obra. También se ha intentado incluir una grabación de la obra entera dentro del corpus documental.

Las fuentes que se analizan se resumen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Resumen del corpus documental consultado	
<i>Le Chat de Schrödinger</i> (2000) de Karole Armitage y Ballet de Lorraine	2 reseñas de prensa, 1 publicación en una revista académica, 1 grabación de secciones de la obra
<i>Infinities</i> (2002) de John D. Barrow y Luca Ronconi	1 reseña de prensa, 1 publicación en una revista académica, 1 notas del

	dramaturgo, 1 archivo de 47 fotos
<i>Constellations</i> (2012) de Nick Payne	1 guion, 2 reseñas de prensa, 1 videoentrevista con el reparto
<i>Quantum</i> (2013) de Gilles Jobin, Julius von Bismarck y Carla Scaletti	1 grabación entera de la obra, 1 entrevista escrita con el equipo artístico, 1 publicación en una revista académica, 1 audio de una entrevista de radio con el artista
<i>The Principle of Uncertainty</i> (2013) de Andrea Brunello	2 reseñas de prensa, 1 grabación de la obra, 1 notas del dramaturgo
<i>Wanna Dance With Somebody! Or, A Guide To Managing Social Anxiety Using Theoretical Physics</i> (2015) de Josh Lucas y Running Dog Theatre	1 notas del dramaturgo, 2 reseñas de prensa, 1 videotrailer de la obra, 1 guion
<i>The Neutrino Passoire</i> (2015) de Kostas Nikolopoulos y Mairi Pardal	1 publicación en una revista académica, 1 entrevista escrita con un creador de la obra, 1 grabación de la obra, 1 guion, 1 audio de una entrevista en radio con un creador

(Fuente: elaboración propia.)

2.1.3 Instrumento y procedimiento

Una vez establecido un corpus documental, se recogió información de cada documento de acuerdo con los elementos del cuadro 2. La información se iba catalogando en una matriz para poder compararla y analizarla después. El instrumento se organiza en tres dimensiones, la de información contextual, la que registra la presencia de la física teórica y la que registra las posibles reacciones del público. Se hace un análisis de contenido manual de la información recogida.

Cuadro 2. Matriz de vaciado de información	
Aspecto	Descripción
Datos identificativos de la obra	La información contextual que se recoge es la básica que nos permite conocer la obra. Por ejemplo, artistas, lugar y año de estreno, etc.

Presencia de la física teórica - Temas de la física teórica - Con cuáles dimensiones escénicas se representa	La presencia de la física teórica en la obra se mide definiendo cuál tema o temas aborda la obra Se suma, además, en cuáles dimensiones escénicas está presente cada tema de la física teórica en la obra. Las dimensiones son las siguientes: ○ Contenido ▪ Texto ▪ Argumento ▪ Movimiento ▪ Caracterización/personajes ▪ Interpretación ▪ Elementos visuales: decorado/luces/vestuario ▪ Música/sonido ○ Forma ▪ Temporal: estructura del guion/ la narrativa • Repetición • <i>Timing</i>/ritmo • Secuencia • Sincronicidad ▪ Espacial: el escenario/espectáculo • Distribución (de intérpretes, del público) • Forma y tamaño del espacio escénico o público • Orientación/punto de vista • Recorrido/estructura de la experiencia ▪ Escala ▪ Reglas de juego/formato de la obra ▪ Proceso o manera de crear
Recepción y nivel de interactividad con el público	Se recoge la recepción del público a través de las palabras que ponen las fuentes para describir el impacto de la obra y la comunicación de ideas científicas. Se mide también la interacción que se observa entre el reparto de la obra y su público.

(Fuente: elaboración propia.)

Las dimensiones del instrumento han sido fruto de interacciones con expertos en los campos de la educación artística e investigación en las artes. Además, han sido evaluadas por tres profesionales de las artes escénicas quienes han concurrido en su efectividad para valorar la presencia y comunicación de la física teórica en obras escénicas.

2.2 Resultados

A continuación, se presentan los resultados del estudio que sirven como aproximaciones iniciales para un debate e investigaciones futuras sobre la forma en la que las artes escénicas contribuyen y dialogan con campos de conocimiento, aparentemente distantes, como en este caso, la física teórica.

2.2.1 Temas de la física teórica

Los temas de la física teórica vistos en más obras han sido la teoría del multiverso cuántico y la historia o la descripción de la física, cada uno representado en cuatro de las siete obras (Figura 1). Según el crítico teatral Du Sautoy (2003), muchas veces se encuentra la historia y la descripción de la ciencia en el teatro como apoyo narrativo. Du Sautoy critica que los y las “dramaturgos/as simplemente saquean historias científicas por nuevas ideas raras, personajes y argumentos”² y que no consiguen equilibrar las teorías reales con su uso como recurso narrativo. Aunque comunican hechos históricos, en los casos que ilustra Du Sautoy sus impactos educativos no serían de facilitar el acceso al contenido científico.

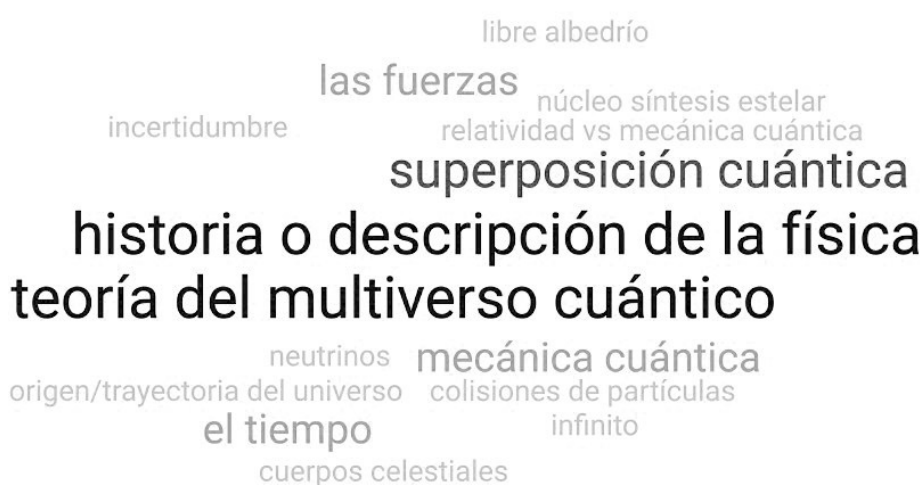


Figura 1. Temas principales de las obras. (Fuente: elaboración propia.)

² Traducción de la autora del inglés. Original: “...playwrights simply plunder scientific stories for new, weird ideas, characters and plots”.

En las obras aquí analizadas, la historia y la descripción de figuras y teorías de la física se utilizan como inspiración en el momento de la creación. Ello se observa en la obra *Quantum* (2013) donde el coreógrafo Gilles Jobin genera movimiento a través de los diagramas de Richard Feynman, inspirándose en su manera de investigar; o también en *Infinities* (2002), que utiliza la figura de Georg Cantor para inventar un diálogo en el cual se explican sus teorías. De este modo, la historia de los avances en la física sirve para resaltar el contenido científico, en lugar de solo como recurso narrativo, como propone Du Sautoy (2003).

Aparte de la historia y descripción de la física, los otros temas más comunes son el multiverso cuántico en cuatro de las obras, la superposición cuántica en tres y la mecánica cuántica, las fuerzas y el tiempo apareciendo cada uno en dos de las obras.

Un punto interesante es lo abstracto que son la mayoría de los temas tratados por las obras. Los humanos, desde la prehistoria, hemos buscado respuestas a las preguntas más fundamentales de nuestra existencia en el cielo, representando la luna, los planetas y las estrellas en el arte. Pero solo una obra de las siete trataba de cuerpos celestes. Los temas más comunes de estas siete obras son temas que no son tan fáciles de representar visualmente.

La idea de la física teórica presente en más obras (aparte de la historia y la descripción de la física), la teoría del multiverso cuántico es de las más abstractas. A continuación, se analizan las dimensiones escénicas con las que se comunica esta idea.

2.2.2 Dimensiones escénicas con las cuales se comunican temas de la física

El cuadro 3 muestra la cantidad de obras que utiliza cada dimensión escénica para comunicar los seis temas de la física. En el cuadro se observa que el texto escrito de los diálogos o monólogos es el recurso más utilizado para expresar todos los temas recopilados de toda la muestra de obras.

Cuadro 3. Frecuencia de uso de cada dimensión artística para comunicar temas seleccionados de la física teórica						
	Multiverso Cuántico	Super-posición Cuántica	Historia o descripción	Mecánica Cuántica	Fuerzas	Tiempo
Contenido - Argumento	2	0	1	0	0	2
Contenido - Texto	4	2	3	1	1	2
Contenido - Movimiento	2	2	1	1	1	1

Contenido - Personajes	1	0	1	0	0	0
Contenido - Sonido	1	2	0	2	0	0
Contenido - Elementos Visuales	2	2	0	2	2	1
Contenido - Interpretación	2	1	0	0	0	0
Forma - Temporal	3	1	0	1	0	1
Forma - Espacial	2	1	0	0	1	1
Forma - Escala	0	1	0	1	0	0
Forma - Reglas del juego	2	0	0	0	1	1
Forma - Creación	1	0	3	0	0	0

(Fuente: elaboración propia.)

Coates y Demers (2019), Contreras (2013) y Morgenroth (2010) sitúan a las representaciones escénicas como una manera de vivir conceptos científicos que son complicados de explicar a través de la matemática o el lenguaje textual o verbal. Que las ideas científicas se expresan con palabras más que con cualquier otra dimensión escénica, ¿derrumba esta propuesta de lo experiencial? Es decir, ¿las obras aquí estudiadas simplemente explican las ideas científicas a través de palabras y no ofrecen una educación experiencial? La realidad es que la mayoría de los temas se representan con diversas dimensiones escénicas utilizadas en conjunto para su comunicación experiencial.

El multiverso cuántico se representa en cuatro obras a través del texto (cuadro 3), en muchos casos hablando directamente de la posibilidad de múltiples universos. Pero, además del texto, se utilizan casi todas las otras dimensiones escénicas para representarla, muchas veces utilizando múltiples dimensiones en combinación. Por ejemplo, en la obra *Infinities* (2002), actores igualmente vestidos y con máscaras idénticas repiten las mismas frases para representar la idea de múltiples universos. En este caso la idea se representa no solo a través del texto sino también a través de la repetición, que es, a la vez, un aspecto formal de la obra. Como *Infinities*, otras tres obras utilizan aspectos formales de repetición, secuencia o *timing* en combinación con el texto para comunicar la idea del multiverso. En estos casos, para comunicar la idea de múltiples universos, se combina el recurso textual con la dimensión temporal, ofreciendo así al público la posibilidad de comprender el tema a través de lenguajes escénicos experienciales.

Quantum (2013) nos ofrece otro ejemplo de combinar dimensiones escénicas de forma con las de contenido para ilustrar otro tema científico. Uno de sus temas principales es la mecánica cuántica. Tal como se ve en el cuadro 3, este tema se representa a través de varias dimensiones escénicas. En *Quantum*, la iluminación consiste en unas lámparas colgadas del techo, programadas a columpiarse. La música se desarrolló en función de la energía generada por colisiones entre partículas fundamentales. El movimiento de los y las bailarines se basa en movimientos de partículas ilustrados por el científico Richard Feynman. Pero es la asincronía (una dimensión formal de la obra) entre luces, música y movimiento que genera una atmósfera impredecible y perturbante, reflejando la impresión del coreógrafo Gilles Jobin de que “la física cuántica es totalmente contraintuitiva y resolutamente abstracta”³ (Bouquet, 2013). Al final, estos tres elementos de contenido (diseño visual, musical, y movimiento) se juntan con la dimensión formal del tiempo de la obra para comunicar el concepto de la mecánica cuántica.

Todos los ejemplos hasta ahora utilizaban dimensiones de forma y de contenido en conjunto. En cambio, la superposición cuántica se representa mayormente a través del contenido y no tanto en los elementos formales. La superposición cuántica es la capacidad de las partículas de estar en muchos lugares simultáneamente, cogiendo todos los posibles caminos para llegar a un punto. Madsen y West (2003) y Galfard (2015) entre otros/as autores señalan las ideas de la mecánica cuántica como contraintuitivas. Describen lo que pasa a escalas extremadamente pequeñas y entre ellas la superposición es una de las ideas más difíciles de concebir a escala humana. Coates y Demers (2019, p. 119) sobre la representación del comportamiento de partículas a la escala humana dicen “tú [como bailarín/a] eres demasiado grande para servir como más que una analogía cuando se habla de indagar sobre la naturaleza de la materia a la escala atómica”⁴. Morgenroth (2010) propone que el arte puede representar la física con experimentos reales o con metáforas. En este caso parece ser que la superposición se suele representar a través de la metáfora ya que reproducirla a nivel real es complicado. Los múltiples universos se pueden mostrar con la repetición y el desdoblamiento, pero la superposición se tiene que explicar a través del contenido y no de la forma de la obra. De todos modos, en ambos casos, y en el caso de la mayoría de temas, se expresan con una combinación de varias dimensiones escénicas trabajando en conjunto para comunicarlos al público.

³ Traducción de la autora del francés. Original: “...la physique quantique est totalement contre-intuitive et résolument abstraite”.

⁴ Traducción de la autora del inglés. Original: “...you are far too big to serve as more than an analogy when it comes to probing the nature of matter on an atomic scale”.

¿Cuáles modos de representación más facilitan la comprensión de tales ideas para un público general? A continuación, se recoge la recepción del público para entender las posibilidades educativas de las obras.

2.2.3 Recepción del público

La dimensión de la recepción del público se centra en la interactividad entre público y reparto disponible en reseñas y en descripciones de la recepción de la obra que aparecen en críticas. Aquí se puede visualizar el potencial educativo de las artes escénicas para comunicar contenido científico. Entre las descripciones de la recepción de las obras por parte del público, destaca el caso de la obra *The Principle of Uncertainty* (2013), en la cual fallos artísticos ofuscaron ideas científicas. Dos reseñas externas criticaron que al no poder integrar la ciencia artísticamente, la obra falló a nivel comunicativo.

El hecho de fallar a nivel artístico hace que la obra no consiguiera educar, a pesar de ser fiel a su contenido científico. Esta obra es una de las dos piezas analizadas que tienen elementos explícitamente educativos, como proyecciones didácticas, formato de lectura científica o charlas posrepresentaciones. El efecto perjudicial de los fallos artísticos sobre las posibilidades educativas de la obra refuerza el planteamiento de que lo experiencial de las artes escénicas es el elemento más útil para la educación. Un punto interesante es que *The Principle of Uncertainty* (2013), es la única obra aquí analizada cuyo creador es profesional exclusivamente del mundo de la ciencia. De las siete obras, tres son colaboraciones entre artistas y científicos, dos han sido creadas por artistas sin colaboración científica, y solo esta es creación de un científico sin colaboración artística, lo cual reforzaría la necesidad de trabajo interdisciplinar para equilibrar las dimensiones de conocimiento y arte.

También es interesante observar estas críticas en el contexto de la aserción de Pavlidou y otros (2019), señalando estudios que muestran que los encuentros esporádicos entre el arte y la ciencia no tienen tanto éxito a nivel educativo, como aquellos proyectos continuos que ponen en práctica la transdisciplinariedad. En este caso se puede observar que es necesario equilibrar y entrelazar los elementos de las distintas disciplinas para conseguir un éxito educativo. Además, parece ser clave que en el acercamiento al proceso de creación la obra incluya perspectivas de ambas disciplinas.

Se compararon las obras que consiguieron algún objetivo educativo, según la descripción de su recepción, con aquellas que fallaron en sus objetivos educativos. Estas categorías no son excluyentes, ya que tres de las obras recibieron críticas contradictorias: según algunas reseñas, consiguieron educar, y según otras, no. No se

encontró ninguna relación entre la consecución de objetivos educativos y los temas que se abordaban ni las dimensiones escénicas que se utilizaron para comunicar estos temas. Se veía en el apartado anterior que los temas se solían abordar con una combinación de dimensiones escénicas. Es posible entonces que la manera de utilizar cada dimensión escénica y de combinarlas es más importante en la comunicación de los temas, que cualquier dimensión escénica por sí sola.

Otro componente llamativo de la recepción ha sido que dos obras recibieron críticas que destacaron su relación cercana con el público, mientras otra recibió críticas sobre su inaccesibilidad. De las que tenían cercanía con el público, en *Infinities* (2002) “el público y los/las actores/actrices se entrelazan de nuevas formas”⁵ (Barrow, 2002) y en *Wanna Dance With Somebody! Or, A Guide To Managing Social Anxiety Using Theoretical Physics* (2015) “los momentos en los cuales interacciona directamente con el público son dulces, tiernos y ejecutados perfectamente. Volvemos parte de su sistema solar”⁶ (Bain, 2017). Ambas obras utilizan la interactividad como estrategia comunicativa, pidiendo que el público participe directamente en la obra y ambas reciben comentarios sobre el aprendizaje que han conseguido impartir. Sobre la primera se comenta “¿Aprendemos algo de la matemática? Sí”⁷ (Hoffman y Coyaoud, 2002), y sobre la otra se dice “la ciencia no es demasiado complicada y se explica bien... habrás aprendido algo cuando salgas”⁸ (Bain, 2017). En cambio, la obra que se clasifica como inaccesible se describe como “conflictiva”, añadiendo además que los y las bailarines tratan al público con “desdén” (Mackrell, 2001). Otra reseña comenta que el objetivo de “querer *shockear* el público”, en esta obra “no se consigue” (Matamoros, 2003). De hecho, en *Schrödinger’s Cat* (2000) la mayoría del reparto lleva velos negros que les tapan la cara, impidiendo una conexión entre público y reparto. Es interesante hacer notar que esta obra no contaba con la colaboración de un/a científico/a, sino que ha sido creación de profesionales de las artes.

Más allá de los temas sobre los cuales trata cada obra y las dimensiones escénicas que se utilizan para comunicar estos temas, la relación entre público y reparto parece tener un efecto importante sobre la transmisión de la información científica. Se ha planteado que un posible beneficio de las artes escénicas es el poder involucrar al público en ideas científicas de manera experiencial. En este contexto, que una relación “entrelazada” como dice Barrow (2002) aporte a la educación tiene sentido. También se

⁵ Traducción de la autora del inglés. Original: “*The audience and the actors are entwined in new ways.*”

⁶ Ídem. Original: “*The moments where he directly engage with the audience are sweet, tender and perfectly executed. We become part of his solar system...*”

⁷ Ídem. Original: “*Do we learn any mathematics? Yes.*”

⁸ Ídem. Original: “*The science is not too complicated and is explained well... You will also have learnt something by the time you leave.*”

podría sostener que las colaboraciones entre artistas y científicos son las que más consiguen comunicar ideas científicas, ya que las tres obras que evitan cualquier crítica negativa sobre la consecución de objetivos educativos son las tres colaboraciones. Esto coincide con el consejo de Madsen y West (2003) que anima a las personas dedicadas a la ciencia a que colaboren con profesionales de la comunicación al momento de publicar sus descubrimientos. Los autores hacen referencia a estudios que muestran que tales colaboraciones hacen más probable que el público reciba y entienda la información científica de forma correcta. Parece ser que al colaborar con artistas escénicos/as, no solo se comunica mejor la información, sino que el público tiene la oportunidad de vivirla.

3. CONCLUSIONES

Conforme con los objetivos del trabajo, se han identificado siete obras de danza y teatro integrando la física teórica y después se han podido describir las temáticas, los planteamientos y las técnicas utilizados para acercar las ideas de la física a un público más amplio a través de estas obras. Se ha encontrado que los temas más comunes en estas obras han sido la teoría del multiverso y la superposición cuántica, junto con la descripción de figuras y descubrimientos históricos de la física. Al final, se ha observado que cada tema de la física teórica que se abordaba se solía comunicar a través de múltiples dimensiones escénicas, por ejemplo, la repetición de diálogo para mostrar la posibilidad de múltiples universos o el ritmo de la coreografía contrastado con el del sonido para crear el ambiente perturbador del mundo cuántico. No se veía una relación entre las dimensiones escénicas utilizadas para comunicar los temas y la recepción positiva o negativa al nivel educativo por parte del público.

En cambio, el nivel de interactividad entre público y reparto y la mezcla de contenido científico con ingenio artístico sí estaban relacionados con una recepción más positiva sobre el éxito de la obra a nivel educativo. A partir de la investigación, se concluye que las técnicas y los planteamientos que se utilizan para acercar la física teórica a un público amplio incluyen un buen entrelazamiento de varias dimensiones escénicas junto con ideas científicas, sin sacrificar el contenido científico para fines artísticos ni viceversa. Las obras aquí analizadas tenían más posibilidades de conseguir esto cuando eran colaboraciones entre profesionales del mundo artístico y el mundo científico.

Al ser un estudio pequeño realizado dentro de un tiempo limitado, el estudio se enfrenta con algunos límites de orden técnico y otros derivados de la naturaleza del objeto de estudio. Se realizó sobre obras ya hechas en función de los documentos disponibles en línea, lo cual hace que la información recogida siempre sea mediada por

otra persona. Una posible ampliación sería la observación en directo de obras abordando la física teórica y complementarla con análisis documental de contenidos relacionados o incluso con cuestionarios para una muestra del público sobre sus impactos educativos.

Este estudio también podría generar una ampliación sobre la importancia de la colaboración entre científicos/as y artistas al momento de comunicar ideas científicas a públicos generales. Sería interesante, además, observar el nivel de flexibilidad para comunicar tales ideas en otros lenguajes artísticos. En estas obras de danza y teatro siempre se ha utilizado múltiples dimensiones escénicas para comunicar cada tema. Se podría repetir el estudio sobre piezas de música, obras visuales u otro tipo de arte para comprobar si la capacidad de las artes de comunicar sin lenguaje técnico ni matemático trasciende disciplinas.

Obras citadas

- Aristóteles (2004). *Poética*. Madrid: Alianza Editorial. (Original publicada: ca. 335 a.C.)
- Ashley-Smith, J. (2000). Science and Art: Separated by a Common Language? *Conservation Journal* (36), Victoria and Albert Museum. <http://www.vam.ac.uk/content/journals/conservation-journal/issue-36/science-and-art-separated-by-a-common-language/>
- Bain, G. (2017). Wanna Dance With Somebody! Or, A Guide to Managing Social Anxiety Using Theoretical Physics. [Reseña de *Wanna Dance with Somebody! Or, A Guide To Managing Social Anxiety Using Theoretical Physics*]. *Broadway Baby*. <https://broadwaybaby.com/shows/wanna-dance-with-somebody-or-a-guide-to-managing-social-anxiety-using-theoretical-physics/721555>
- Barrow, J. (2002). Where Things Happen That Don't: Staging the Infinite. *Thales + Friends*. https://thalesandfriends.org/wp-content/uploads/2012/03/barrow_paper.pdf
- Bogart, A. (2001). *A Director Prepares*. Abingdon: Taylor and Francis.
- Bouquet, S. (2013). Quantum [Reseña de *Quantum*]. *Theatre Online*. <https://www.theatreonline.com/Spectacle/Quantum/44972#infospectacle>
- Brocket, O. y Hildy, F. (2014). *History of the Theatre*. London: Pearson Education Limited.
- Brunello, A. (2013). Writer's Notes. Jet Propulsion Theatre. https://www.jetpropulsiontheatre.org/prod_theprincipleofuncertainty.html
- Brunello, A. The Principle of Uncertainty [Video]. Por cortesía del artista.
- Cie Gilles Jobin. (2014). Quantum@Valparaiso Live [Video]. <https://vimeo.com/120388187>
- Coates, E. y Demers, S. (2019). *Physics and Dance*. New Haven: Yale University Press.
- Contreras, M. J. (2013). La práctica como investigación: nuevas metodologías para la academia latinoamericana. *REVISTA POIÉSIS* 14(21-22), 71-86. <https://doi.org/10.22409/poiesis.1421-22.71-86>
- Duparc, V. (2018). Le Chat De Schrödinger Jennifer Blasek. [Video]. <https://m.youtube.com/watch?v=-3o-rmlasqw>
- Du Sautoy, M. (2003). To infinity and beyond. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/stage/2003/nov/05/theatre.italy>
- Frisk, H. y Karlsson, H. (2011). Time and Interaction: research through non-visual arts and media. En M. Biggs y H. Karlsson (Eds.) *The Routledge Companion to Research in the Arts* (pp. 277-291). Abingdon: Routledge.

- Frazzetto, G. (2002). Science on the stage. *European Molecular Biology Organization* 3(9), 818-820. <https://dx.doi.org/10.1093%2Fembo-reports%2Fkvf190>
- Fülle, H. (2017). A Theatre for Postmodernity in Western European Theatrescapes. En M. Brauneck (Ed.) *Independent Theatre in Contemporary Europe: Structures Aesthetics Cultural Policy* (pp. 275-320). Transcript Verlag. <https://doi.org/10.1515/9783839432433>
- Galfard, C. (2015). *The Universe in Your Hand: A journey through space, time and beyond*. London: Macmillan.
- Galili, I. y Zinn, B. (2007). Physics and Art – A cultural symbiosis in physics education. *Sci Educ* 16, 441–460. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9006-1>
- Hidalgo Guzmán, J. L. (2015). La enseñanza de las ciencias en la educación básica. *Ciencias 115-116*, 16-25. <https://www.revistacienciasunam.com/es/199-revistas/revista-ciencias-115-116/1912-la-ense%C3%B1anza-de-las-ciencias-en-la-educaci%C3%B3n-b%C3%A1sica.html>
- Hoffman, R. y Coyaud, S. (2002). Infinite Ideas: A Theatrical Contemplation of Infinity Makes Full Use of Industrial Space. *Nature* 416, 585. <https://doi.org/10.1038/416585a>
- Izadi, D. (2017). Arts in science education. *Canadian Journal of Physics* 95(7), xliii-xlvi. <https://doi.org/10.1139/cjp-2016-0590>
- Lucas, J. (2017). Wanna Dance With Somebody! Or, A Guide to Managing Social Anxiety Using Theoretical Physics Edinburgh 2017 Trailer [Video]. Cortesía del artista.
- Lucas, J. (2020). Josh Talks About Why He Wrote Wanna Dance with Somebody! Blog Running Dog Theatre Cic. <https://www.runningdogtheatre.com/blog/why-wanna-dance>
- Mackrell, J. (2002). Ballet De Lorraine [Reseña de *Schrödinger's Cat*]. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/stage/2002/nov/01/dance.artsfeatures>
- Madsen, C., West, R.M. (2003). Public Communication of Astronomy. En Heck, A., Madsen, C. (Eds.) *Astronomy Communication* (pp. 3-18). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0801-2_1
- Marier, H. (2020). The Dancing Particles [Audio]. European Research Commission. <https://erc.europa.eu/projects-figures/stories/dancing-particles>
- Matamoros, E. (2001). Pobres Bailarines [Reseña de *Le Chat de Schödinger*]. *Mundo Clásico*. <https://www.mundoclasico.com/articulo/2141/pobres-bailarines>
- Morgenroth, J. (2010). Physics in Performance: Three Choreographic Adaptations. *Dance Chronicle* 33(3), 353–387. <http://doi.org/10.1080/01472526.2010.517494>
- Nikolopoulos, K. y Pardalaki, M. (2020). Particle dance: particle physics in the dance studio. *Physics Education* 55(2), 1-6. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab6952>
- Norbeth, M. (2002). Infinities 2001-02 [Archivo de Fotos de la Producción]. The Archives of the Piccolo Teatro. <https://archivio.piccoloteatro.org/eurolab/?provenienza=1#a>
- Pardalaki, M. (2020). The Neutrino Passoire [Video]. Por cortesía de la artista.
- Pavlidou, M., Butcher, G., y Izadi, D. (2019). Workshop report: Physics education—strategies for engaging female students in physics. *AIP Conference Proceedings* 2109(1), 1-3. <https://doi.org/10.1063/1.5110074>
- Payne, N. (2012). *Constellations*. New York City: Dramatists Play Service, Inc.
- Purcell, A. (2013). All In A Spin! Dance Work Shows How Physics and Art Collide@Cern. *New Scientist*. 220 (2938), 51. [https://doi.org/10.1016/s0262-4079\(13\)62444-6](https://doi.org/10.1016/s0262-4079(13)62444-6)
- Roberts, J. (2020). Q&A: In a picture – dancing about particle physics. *Horizon: The EU Research and Innovation Magazine*. <https://horizon.scienceblog.com/1412/qa-in-a-picture-dancing-about-particle-physics/>

- Schinckus, C. (2017). From Cubist Simultaneity to Quantum Complementarity. *Found Sci* 22, 709-716.
<https://doi.org/10.1007/s10699-016-9494-7>
- Thorne, K. (2014). *The Science of Interstellar*. New York City: W. W. Norton & Company.
- Zhu, L. y Goyal, Y. (2018). Art and science: Intersections of art and science through time and paths forward.
EMBO Reports 20. <https://doi.org/10.15252/embr.201847061>