



Diseño participativo de experimentos de ciencia ciudadana

Participatory design of citizen science experiments

- Enric Senabre es Investigador Predoctoral del Instituto Interdisciplinar de Internet (IN3) en la Universitat Oberta de Catalunya en Barcelona (España) (esenabre@uoc.edu) (<http://orcid.org/0000-0002-6169-6676>)
- Dra. Núria Ferran-Ferrer es Profesora Contratada Doctora en los Estudios de Ciencias de la Información y la Comunicación de la Universitat Oberta de Catalunya en Barcelona (España) (nferranf@uoc.edu) (<http://orcid.org/0000-0002-9037-8837>)
- Dr. Josep Perelló es Profesor Contratado Doctor en el Departamento de Física de la Materia Condensada de la Universitat de Barcelona (España) (josep.perello@ub.edu) (<http://orcid.org/0000-0001-8533-6539>)

RESUMEN

Este artículo describe y analiza el diseño colaborativo de un proyecto de investigación de ciencia ciudadana a través de la co-creación. Tres grupos de estudiantes de centros de educación secundaria y un equipo de científicos idearon de forma participada tres experimentos sobre comportamiento humano y capital social en espacios públicos y urbanos. El objetivo del estudio es abordar cómo pueden integrarse en una investigación científica el trabajo interdisciplinar y la atención a preocupaciones y necesidades sociales, así como la construcción colectiva de preguntas de investigación. Los 95 estudiantes participantes en el proyecto respondieron una encuesta para evaluar su percepción sobre las dinámicas y herramientas utilizadas en el proceso de co-creación de cada experimento, y los cinco científicos respondieron a una entrevista semi-estructurada. Los resultados de las encuestas y entrevistas demuestran cómo la ciencia ciudadana puede alcanzar una modalidad «co-creada» más allá del paradigma habitual «contributivo», el cual únicamente suele implicar al público o amateurs en la recopilación de datos. Esta modalidad de ciencia más colaborativa con la ciudadanía fue posible gracias a la adecuación de materiales y mecanismos de facilitación, así como al fomento de aspectos clave en una investigación como pueden ser la confianza, la creatividad y la transparencia. Los resultados apuntan también hacia la posibilidad de adoptar estrategias similares de co-diseño en otros contextos de colaboración científica y generación colaborativa de conocimiento.

ABSTRACT

This article describes and analyzes the collaborative design of a citizen science research project through co-creation. Three groups of secondary school students and a team of scientists conceived three experiments on human behavior and social capital in urban and public spaces. The study goal is to address how interdisciplinary work and attention to social concerns and needs, as well as the collective construction of research questions, can be integrated into scientific research. The 95 students participating in the project answered a survey to evaluate their perception about the dynamics and tools used in the co-creation process of each experiment, and the five scientists responded to a semi-structured interview. The results from the survey and interviews demonstrate how citizen science can achieve a “co-created” modality beyond the usual “contributory” paradigm, which usually only involves the public or amateurs in data collection stages. This type of more collaborative science was made possible by the adaptation of materials and facilitation mechanisms, as well as the promotion of key aspects in research such as trust, creativity and transparency. The results also point to the possibility of adopting similar co-design strategies in other contexts of scientific collaboration and collaborative knowledge generation.

PALABRAS CLAVE | KEYWORDS

Ciencia ciudadana, co-creación, co-diseño, conocimiento, herramientas, interdisciplinariedad, participación, ciencia abierta. Citizen science, co-creation, co-design, knowledge, toolkit, interdisciplinarity, participation, open science.



1. Aproximación al objeto de estudio y objetivo de análisis

La ciencia ciudadana representa un modelo de investigación participada que involucra al público en proyectos científicos (Irwin, 1995; Hand, 2010; Gura, 2013), habitualmente para la recolección de datos (Cohn, 2008) y en algunos casos para la interpretación colectiva de resultados (Delfanti, 2016). En la última década las prácticas de ciencia ciudadana han experimentado un creciente reconocimiento en la literatura académica (Follet & Strezov, 2015), desarrollándose principalmente en ámbitos de ciencias naturales y experimentales (Ferran-Ferrer, 2015) y transformando la forma de investigar en los citados campos (Wylie, Jalbert, Dosemagen, & Ratto, 2014).

El modelo más extendido de ciencia ciudadana suele considerar las formas de colaboración entre científicos y participantes «amateurs» meramente como «sistemas de contribución» (Wiggins & Crowston, 2015). Sin embargo, existe un número creciente de casos en los que esa colaboración supone una implicación más estrecha de la población en diferentes etapas de una investigación (Shirk & al., 2012; Delfanti, 2016), al igual que sucede en otros procesos colectivos de generación de conocimiento desde una perspectiva de innovación abierta (Yañez-Figueroa & al., 2016). Según Follet y Strezov (2015), los proyectos de ciencia ciudadana pueden clasificarse en función de su tipo de participación voluntaria en:

- Proyectos contributivos: los participantes contribuyen en la recopilación de datos y puntualmente ayudan a analizarlos y difundir resultados.
- Proyectos colaborativos: los participantes también analizan muestras y en ocasiones ayudan a diseñar el estudio, interpretar los datos, sacar conclusiones o difundir los resultados.
- Proyectos co-creados: los participantes colaboran en todas las etapas del proyecto, incluyendo definición de preguntas, desarrollo de hipótesis, discusión de resultados y respuesta a nuevas preguntas.

Autores como Bonney y otros (2009a) apuntan a la necesidad de rebasar el modelo contributivo de ciencia ciudadana, para así involucrar a los voluntarios en el proceso de diseño de la investigación de modos más deliberativos y facilitados. Sin embargo, en comparación con literatura académica y recursos generados en torno a las modalidades contributivas y colaborativas de ciencia ciudadana, en forma de guías (Tweedle & al., 2012) o materiales de facilitación (Bonney & al., 2009b), a día de hoy existe escasa evidencia detallada de los mecanismos empleados para el diseño deliberado de un modelo co-creado de ciencia ciudadana.

Más allá de experiencias pioneras de participación tecno-científica como Public Lab (Wylie & al., 2014), de marcos conceptuales para la implicación del público en la investigación científica (Shirk & al., 2012) o de metodologías basadas en modelos lógicos para la participación cívica (W.K. Kellogg Foundation, 2004), en claro contraste con otros ámbitos de generación co-creada de conocimiento (Manzini & Coad, 2015) actualmente existen pocos recursos prácticos de facilitación para el co-diseño de procesos de investigación, exceptuando casos como algunos experimentos de cartografía urbana (Mindell & al., 2017).

El presente estudio aborda cómo el co-diseño puede contribuir a que la ciencia se lleve a cabo de forma colaborativa con la sociedad. En este caso, se perfila desde una concepción de la modalidad co-creada de ciencia ciudadana como «ciencia participada» o «ciencia cívica» (Wylie & al., 2014), promoviendo la apropiación tanto de los medios que la hacen posible como del conocimiento generado fruto de una investigación colectiva. Esta aproximación conecta con desafíos metodológicos y pragmáticos para un «marco co-produccionista» o «lenguaje de co-producción» en la investigación, siguiendo los planteamientos de Jasanoff (2004) y lo que la autora denomina el «giro participativo» de los estudios científicos (2003).

Con ese ánimo, se analiza el proceso de co-diseño de tres experimentos colectivos de ciencia ciudadana, a cargo de un equipo científico con experiencia previa en haber co-facilitado y analizado experimentos similares en el espacio público (Sagarra & al., 2016) bajo modalidades colaborativas y contributivas (Perelló & al., 2017). El caso de estudio, cuya secuencia se describe en la tercera sección del artículo, parte de una distinción conceptual importante en el pensamiento de diseño entre «co-creación» (proceso genérico de creatividad colectiva) y «co-diseño» (conjunto de técnicas específicas de diseño participativo), siendo este último un ámbito específico dentro del más amplio de la co-creación (Sanders & Stappers, 2008).

Nuestro análisis trata de avanzar en las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Puede contribuir la co-creación a una ciencia más colaborativa con la ciudadanía?
- ¿Cómo puede integrar la ciencia necesidades y preocupaciones sociales en su diseño y dinámicas de comunicación?
- ¿Cómo se puede coordinar el trabajo interdisciplinar para una construcción colaborativa del conocimiento?
- ¿Cómo se desarrolla el conocimiento en experiencias de co-creación de ciencia ciudadana?

2. Metodología del estudio

El caso analizado se enmarca dentro de la iniciativa STEMForYouth (stem4youth.eu), un proyecto europeo del programa Horizon 2020 para fomentar las carreras de ciencia y tecnología entre la juventud, donde se organizaron experiencias de co-creación para diseñar experimentos de ciencia ciudadana con tres grupos diversos de estudiantes (un total de 95), de diferentes centros de educación secundaria del área de Barcelona (España) con contextos socio-demográficos diferenciados.

Para asegurar que el proyecto de investigación fuese realmente participado y co-creado, se implicó a los participantes desde la fase de diseño de la investigación. El proceso de co-diseño de los experimentos, basado en un conjunto de materiales o toolkit desarrollado para tal fin, comprendió desde la definición conjunta de la temática, objetivos y preguntas de investigación, hasta los métodos y logística para realizar el trabajo de campo¹.

En este artículo se presenta la evaluación de dicha fase de diseño co-creado de la investigación, para la que se utilizaron encuestas y entrevistas sobre las preguntas de investigación del estudio. Se optó por ambos métodos dado el carácter exploratorio de nuestro estudio, en el marco aún novedoso de la ciencia ciudadana, siguiendo el ejemplo de otros avances en este campo (Bela & al., 2016). Los aspectos clave abordados mediante ambos

Preguntas investigación	Conceptos clave relacionados	Ciencia ciudadana (Shirk & al., 2012)	Co-diseño (Sanders y Stappers, 2008)	Pregunta de la encuesta	Tratado en entrevistas
¿Puede contribuir la co-creación a una ciencia más colaborativa con la ciudadanía?	Motivación	X	X	Q11	X
	Generación de opciones (divergencia)		X	Q8	X
	Calidad de los resultados	X		Q5	X
¿Cómo puede integrar la ciencia necesidades y preocupaciones sociales en su diseño y dinámicas de comunicación?	Implicación	X		Q1	X
	Confianza y credibilidad	X		Q6	X
¿Cómo se puede coordinar el trabajo interdisciplinar para una construcción colaborativa del conocimiento?	Secuenciación coherente	X	X	Q7	X
	Roles de facilitación		X	Q4	X
¿Cómo se ha desarrollado el conocimiento en esta experiencia de co-creación de ciencia ciudadana?	Calidad de la participación	X		Q10	X
	Toma de decisiones (convergencia)		X	Q9	X
	Relaciones de poder	X		Q3	X

métodos proceden tanto de revisión de literatura relativa a ciencia ciudadana (Shirk & al., 2012) como a procesos de co-diseño (Sanders & Stappers, 2008), tal como indica la Tabla 1.

2.1. Encuestas a los alumnos participantes

Tras las sesiones de co-diseño de cada uno de los tres proyectos de ciencia ciudadana se realizó una encuesta online anónima a todos los participantes (un universo de 95 individuos de entre 13 y 17 años, con un balance de género equilibrado, del cual 79 respondieron la totalidad de las cuestiones planteadas (81,4% de representatividad).

2.2. Entrevistas al equipo científico

Se realizaron cinco entrevistas semiestructuradas, cubriendo el total de miembros del equipo de investigadores, para reforzar los datos de la encuesta con un análisis de percepción sobre la interacción durante el proceso de co-diseño. Se procedió a realizar un análisis del contenido a partir de las categorías expuestas en la Tabla 1.

Los investigadores entrevistados fueron MC: Investigador principal, varón, 42 años; RS: Investigadora y manager de proyecto, mujer, 41 años; AC: Investigadora en formación, mujer, 27 años; AF: Investigador en formación, varón, 24 años; CP: Investigadora y diseñadora, mujer, 32 años.

La codificación fue realizada por otros dos investigadores, uno que había conducido las entrevistas (en este caso, además como facilitador de las sesiones de co-diseño) y otro que no había participado ni en las entrevistas ni en el proceso de co-diseño. A continuación se realizó el test de fiabilidad para cada categoría, permitiendo comprobar el índice de acuerdo entre ambos codificadores. En este estudio la fiabilidad en su conjunto (0,86) está por encima de los índices recomendados por Krippendorff (1990) e incluso por encima de 0,80 (alpha), nivel que permite llegar a conclusiones sólidas y fundamentadas, más allá de especulaciones.

3. Descripción del proceso de co-diseño

Para conseguir un diseño de investigación co-creado se siguió una dinámica de «design thinking» en la que se desarrollaron secuencias de interacción entre los diferentes grupos de participantes. Se partió de la única premisa de iniciar las sesiones explicando un ejemplo previo de experimento de ciencia ciudadana ubicado en el espacio público, así como la condición de centrar el nuevo experimento en algún ámbito del comportamiento humano.

En los tres centros educativos tuvieron, con leves variaciones y adaptaciones, una serie de sesiones que constituyeron cuatro etapas para el co-diseño de cada experimento: (a) problemática a abordar, (b) preguntas de investigación, (c) diagrama conceptual y (d) planificación de tareas para ejecutar el experimento (Tabla 2). Se realizaron un total de 12 sesiones, de entre 1-2 horas de duración cada una.

Para ello se creó un conjunto de herramientas de facilitación o toolkit, que sirvió de base para la mayoría de dinámicas de generación de conocimiento. Ese material clave² fue sometido a una serie de versiones preliminares y discusiones durante su utilización

por parte del equipo de investigadores, tratando de encontrar un equilibrio entre usabilidad y rigor, con el fin de crear un toolkit de co-diseño útil para el propósito de generación colectiva de conocimiento en un marco de ciencia ciudadana.

Durante las cuatro etapas, la utilización guiada del toolkit contó con el equipo de investigadores como co-facilitadores, actuando como conectores de conceptos y para aclarar dudas, mientras la figura de un facilitador principal pautaba el trabajo para lograr modos informa-

La co-creación, mediante la adopción de materiales visuales y técnicas de diseño participativo, que permitan la generación y selección de ideas, contribuye con resultados de calidad a una ciencia más abierta y colaborativa con la ciudadanía. Muy especialmente, la co-creación se percibe como un factor fundamental para la motivación y compromiso de los participantes, un aspecto clave en proyectos de ciencia ciudadana.

les pero concretos de generar y presentar información visual, acordes con las prácticas del diseño participativo (Kensing & Blomberg, 1998).

En cada sesión se trató de seguir una secuencia de divergencia y otra de convergencia (Brown & Katz, 2011). Esto es, para generar ideas y posibilidades de forma participativa (secuencia de divergencia: normalmente mediante la formación de subgrupos) y a continuación seleccionar conjuntamente opciones (secuencia de convergencia: mediante puestas en común y mecanismos de toma de decisiones).

- Etapa A: Identificación de la problemática colectiva a abordar. Inicialmente, para promover la diversidad de habilidades en cada subgrupo de trabajo (formado por entre 6 y 8 participantes), se plantearon un conjunto de insignias identificativas, para las cuales los participantes tuvieron que seleccionar entre diferentes perfiles o roles de investigación.

Posteriormente se invitó a los estudiantes a expresar mediante una lluvia de ideas los tipos de problemática donde un experimento sobre el comportamiento humano generase evidencias para activar acciones de mejora de un barrio o de una ciudad. Los parámetros utilizados para llegar a un consenso dentro de cada grupo-clase fueron conceptos como «viabilidad» del experimento, «impacto social» de los resultados o «motivación» para llevarlo a cabo. Las opiniones de los alumnos se reflejaban y comparaban en termómetros específicos ubicados en la pared.

- Etapa B: Generación de preguntas de investigación. Para la co-creación de preguntas específicas de investigación, cada subgrupo utilizó una plantilla donde ubicar «postits», mediante los cuales articular cooperativamente al menos tres oraciones siguiendo la misma estructura. Así completaron sintagmas predefinidos (¿Qué pasaría si...? ¿Cuál es la relación entre...? ¿Cómo...?), que contenían de manera modular diferentes opciones para una pregunta de investigación: descriptiva, comparativa y relacional (Onwuegbuzie & Leech, 2006). Posteriormente, un momento de convergencia basado en la discusión y selección visual de las mejores opciones ayudó a filtrar las preguntas de investigación más relevantes para todo el grupo.

- Etapa C: Diagrama conceptual del experimento. La tercera etapa del co-diseño llevó las preguntas de inves-

tigación seleccionadas en cada grupo a un modo más exploratorio y creativo, enlazando una secuencia de conceptos en torno al experimento como flujo de acciones a lo largo de un cronograma. Dicha dinámica siguió la premisa de que el diseño de la investigación debería ser detallado colectivamente desde sus primeros pasos, para asegurar así el compromiso y la alineación de todos los implicados (Barnes & al., 2006). Los participantes seleccionaron iconos de un gran conjunto de imágenes que reflejaban aspectos clave en torno a un posible experimento: métodos de investigación; logística; conceptos o variables clave; participantes; y otros elementos a visualizar. Tales «diagramas densos» activaron nuevamente discusiones y conversaciones sobre factibilidad y motivación, para así seleccionar un co-diseño de experimento entre varios «finalistas».

• Etapa D: Planificación de tareas y logística. Partiendo de los objetivos y secuencias finalmente seleccionadas (una relacionada con percepciones sobre el espacio público e infraestructuras en la ciudad, otra con el género y la discriminación y, por último, un tercer concepto de experimento centrado en la igualdad y la inmigración), cada sesión trató de pasar del paradigma de co-diseño a uno de planificación preliminar. Así se pudo plantear la logística y las tareas necesarias para la ejecución de cada experimento, garantizando tanto su debido rigor científico como la obtención de datos y resultados relevantes para todos los agentes implicados. Para ello, el toolkit proporcionó una superficie dividida en diferentes columnas como tablero «kanban» básico, invitando a hacer ágiles y explícitas tareas que de otro modo podrían pasar inadvertidas (Hines & al., 2004). Cada columna enfocaba una categoría de tareas derivadas de los iconos utilizados en el prototipo seleccionado, donde los participantes realizaron una última lluvia de ideas sobre lo que creían necesario para llevar a cabo el experimento (cuya ejecución, tras las etapas posteriores de participación enumeradas en la Tabla 2, tuvo lugar en distintos espacios públicos).

4. Resultados

A través de las encuestas a los estudiantes y las entrevistas al equipo científico, presentamos los principales resultados del estudio. A su vez, los resultados enlazan las preguntas de investigación con los fundamentos teóricos y conceptos clave de ciencia ciudadana y co-diseño (Tabla 1) siguiendo la secuencia de co-diseño en cuatro etapas arriba descrita (Tabla 2).

4.1. ¿Puede contribuir la co-creación a una ciencia más colaborativa con la ciudadanía?

Los investigadores estaban convencidos de que era imprescindible la participación de los estudiantes en el diseño de la investigación desde el primer momento. Expusieron durante las entrevistas una posición crítica con el rol del experto en ciencia ciudadana (entrevistados RS, MC) y una voluntad de «hacer ciencia participada de verdad» (LD). Aunque también manifestaron preocupaciones iniciales sobre si el tema escogido por los participantes acabaría siendo en un ámbito en que ellos como investigadores estuvieran suficientemente capacitados (RS).

Antes de empezar el proceso de co-diseño, la intención de los científicos en aumentar la participación de otros actores en el diseño de la investigación iba acompañada de ciertas dudas: elaborar de forma colaborativa preguntas de investigación (RS) puede ser un proceso más complicado que llevarlo a cabo solo por parte de los investigadores (RS, LD); la

complejidad de no saber cómo puede evolucionar y acabar una experiencia de co-creación (LD); las casuísticas de las escuelas así como de las poblaciones, que podían volver más compleja en algunos momentos la gestión de las actividades

Tabla 2. Etapas de co-diseño de los experimentos		
(Secuencia de divergencia)	>>	(Secuencia de convergencia)
Etapa A: Definición de problemática a abordar		
Presentación + Acreditación participantes según roles y aptitudes		
Lluvia de ideas sobre temas de preocupación a nivel local	>>	Agrupación, discusión y selección en base a termómetros de conceptos (impacto social, viabilidad, motivación)
Etapa B: Generación de preguntas de investigación		
Formulación estructurada de preguntas según modelos: descriptivas, comparativas o de relación	>>	Selección por subgrupos según votaciones, puesta en común y agrupación de preguntas
Etapa C: Diagrama conceptual del experimento		
Prototipado / cronograma de pasos del experimento: conceptos clave, desarrollo temporal y métodos a emplear	>>	Presentación por cada grupo y discusión previa a votación individual
Etapa D: Planificación de tareas y logística		
Lluvia de ideas sobre tareas logísticas, de difusión y definición del experimento	>>	Puesta en común y procesamiento posterior para realizar el experimento
Etapas posteriores: Asignación de tareas por grupos > Producción de herramienta digital y «setting» del experimento > Obtención de datos > Análisis de resultados > Difusión y publicación académica.		

(MC, LD). Sin embargo, tras las diferentes etapas de co-diseño hubo consenso en que se superaron las expectativas iniciales (RS, CP, MC), y que la motivación resultaba marcadamente superior contando con la implicación del no-experto desde un inicio (AF, LD). La motivación y el compromiso logrados mediante la co-creación también se refleja en las respuestas del conjunto de 79 participantes en la encuesta (Figura 1, pregunta Q11), y conecta claramente con valoraciones expresadas como que el «engagement» de los ciudadanos con proyectos de ciencia ciudadana es clave para asegurar el éxito y sostenibilidad de los proyectos (RS).

También se analizó la ayuda aportada por los materiales visuales que componían el toolkit de co-diseño de investigación. Adaptados a la necesidad de cada fase de discusión (MC, CP), cumplieron con el objetivo principal de permitir un lenguaje común (LD) que reflejara ideas para posteriormente seleccionarlas (AF, RS). Un material que el 49% de los participantes también percibió como clave para idear los experimentos, y un 35% incluso relevante para ayudar a la adquisición de nuevo conocimiento, frente a un 15% que lo encontró parcialmente útil, y un 0% de ninguna utilidad (pregunta Q8).

En cuanto a la calidad de los resultados, según los entrevistados se había conseguido democratizar la investigación (AF, CP), al tiempo que se dio con perspectivas que no se tenían en mente (RS), incluyendo circunstancias no previstas: «los alumnos tienen mucho espíritu crítico, más de lo que yo esperaba» (LD). Además de los niveles de satisfacción de los participantes con el grado de definición del diseño del experimento (Figura 1, pregunta Q5), todos los miembros del equipo científico manifestaron que el proceso fue enriquecedor, al tiempo que evidenciaban (en comparación con otros modos de diseñar la investigación) el reto de continuar con ese espíritu de co-creación y transparencia en las siguientes fases colaborativas de producción, realización y análisis de resultados (RS, LD, MC).

Pese a discrepancias en el grado de definición de algunos de los mapas conceptuales finales (CP, AF) o el nivel de detalle de las tareas a llevar a cabo identificadas colectivamente (MC), de las entrevistas se desprende también que fruto del co-diseño junto a los estudiantes se lograron unas temáticas, preguntas de investigación y una preparación del experimento útiles (LD), en algunos casos con un nivel de detalle no esperado (RS).

4.2. ¿Cómo puede integrar la ciencia necesidades y preocupaciones sociales en su diseño y dinámicas de comunicación?

En las entrevistas al equipo de investigadores se evidencia que el método colaborativo descrito ayudó a integrar en la investigación las preocupaciones locales (RS, LD, CP). Por ejemplo, el participante RS expresaba que «el proceso de diseño nació en el momento que se decidió la temática y surgió de una inquietud real, la conexión con los problemas locales ha sido muy clara».

En las encuestas, la mayoría de estudiantes consideraba que había podido implicarse aportando su punto de vista personal (Figura 2, pregunta Q1). También se desprende de las entrevistas que la implicación conseguida, con un tema próximo a sus preocupaciones e intereses, incrementó su compromiso con llevar a cabo el experimento (RS, LD, AF). Asimismo, se destacó la utilidad del toolkit para discutir y contrastar dichas preocupaciones (RS, CP), y cómo el resultado de las dinámicas que se establecieron para acotar las temáticas de los experimentos «estaba muy relacionado con la forma en que los participantes perciben la sociedad y los problemas de su entorno» (CP).

La generación de un clima de credibilidad y confianza mutua se consideraba clave para las diferentes etapas de co-creación (CP, MC), puesto que el dinamizador y los científicos podían percibirse como intrusos en el entorno del aula y frenar la motivación y por ende las aportaciones. Al respecto, en las encuestas (Figura 2, pregunta Q6)

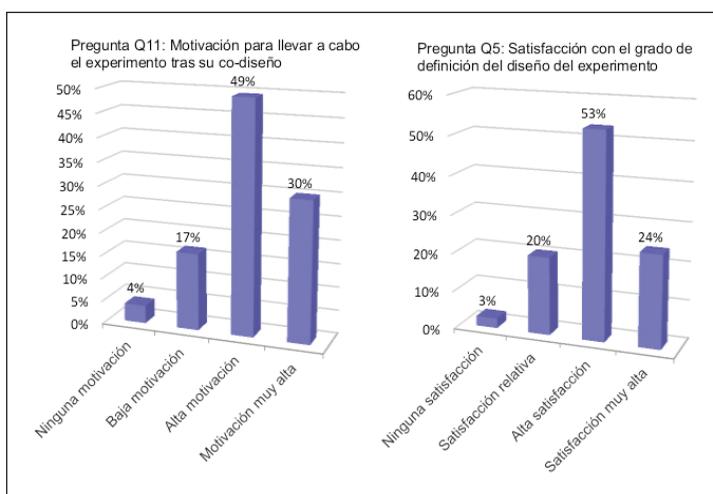


Figura 1. Motivación para realizar el experimento y satisfacción con su co-diseño.

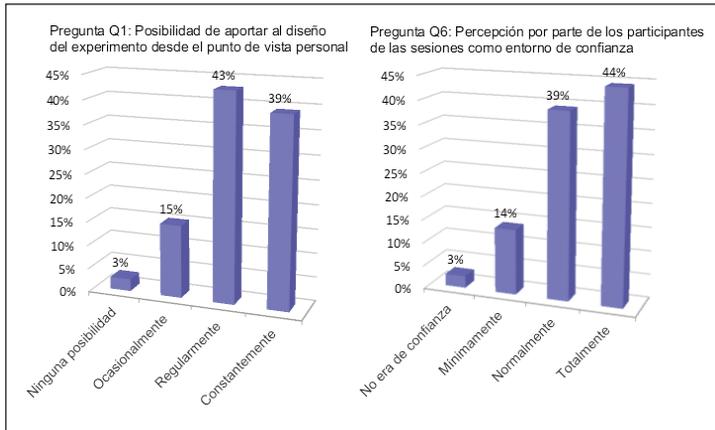


Figura 2. Percepción de los estudiantes sobre su integración en el co-diseño.

tomar distancia respecto a sus disciplinas y se puede establecer un diálogo de igual a igual» (RS), «muchas personas con diferentes puntos de vista han generado conocimiento juntos, más allá de un solo campo disciplinar» (LD). También se valoró especialmente la puesta en común por parte de los investigadores después de cada una de las sesiones (RS, LD, CP), en que se ordenaban resultados preliminares y se anticipaba el detalle de las siguientes, aportando coherencia. La impresión de que las diferentes fases del proceso de co-diseño estaban conectadas como una secuencia ordenada fue confirmada por la mayoría de los participantes (Figura 3, pregunta Q7).

Cabe destacar que los miembros del equipo científico entrevistados se consideraron en rigor co-facilitadores de las sesiones, como un rol de apoyo para aclarar dudas (LD, AF, CP), desbloquear discusiones en grupos concretos (RS) mediante presentaciones iniciales para ayudar a contextualizar la investigación (MC). Resulta relevante el hecho de que los estudiantes no apreciaron diferencias entre la influencia de la figura del dinamizador principal y la de co-facilitadores por parte del equipo científico (Figura 3, pregunta Q4). Esta apreciación apunta también a la cuestión interdisciplinar, y la importancia de combinar en la práctica los conocimientos científicos con determinadas habilidades de facilitación para la co-creación.

Asimismo, el equipo de investigadores coincide mayoritariamente en que estas técnicas de co-creación son trasladables a cualquier diseño de proyecto científico (RS, LD) o que pueden ayudar a canalizar discusiones científicas (AF), aunque la mayoría aprecia la necesidad de un grado de experiencia y competencia para conducir dinámicas de co-creación en ciencia ciudadana. «Al final se trata de encontrar un punto de equilibrio entre democratizar la ciencia y la experiencia de los científicos» (AF), donde respecto al trabajo interdisciplinar se mencionó que «no se establecía una jerarquía de saber de los investigadores por encima de los estudiantes» (LD).

4.4. ¿Cómo se ha desarrollado el conocimiento en esta experiencia de co-creación de ciencia ciudadana?

El desarrollo colaborativo de conocimiento se ha basado en la participación clave de los estudiantes. El investigador RS lo sintetizó calificando el proceso como un diseño «validado por los propios participantes». Respecto a la relación entre equipo científico y estudiantes, describían dicha experiencia como un proceso adaptativo (RS, CP) de gran flexibilidad (LD) y eminentemen-

la mayoría de los estudiantes manifestó no haber tenido problema en expresar libremente sus opiniones, y solo una minoría afirmó sentirse insegura.

4.3. ¿Cómo se puede coordinar el trabajo interdisciplinar para una construcción colaborativa del conocimiento?

Diferentes apreciaciones durante las entrevistas consideraron que gracias a este tipo de co-diseño puede facilitarse un trabajo interdisciplinar y la elaboración colaborativa de conocimiento: «cada individuo puede

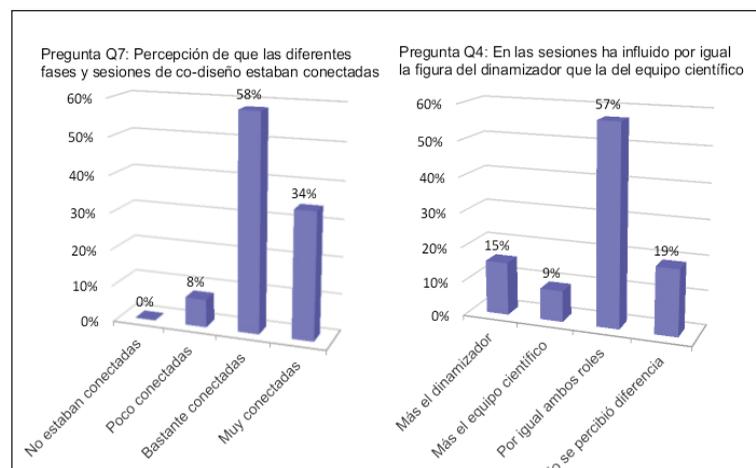


Figura 3. Valoración sobre la secuencia y facilitación de las sesiones.

te cíclico: «cuando empiezas las sesiones te das cuenta de que no es bueno ser tan lineal, y sí en cambio dejarles cierto rango de libertad, y abrir opciones y pensar que hasta el último momento se pueden introducir cosas. Mantener este margen de maniobra es un acierto» (MC).

Volviendo a los materiales, se consideró también por parte del equipo científico que la combinación de actividades del toolkit y su facilitación «generó diálogo y debate integrando la diversidad a través del co-diseño, captando las diferentes opiniones y poniéndolas en discusión creando momentos de reflexión» (CP). La observación conecta con el resultado de la encuesta a la pregunta relacionada con la calidad de la participación: una clara mayoría de participantes respondió afirmativamente que el proceso permitió momentos de discusión y debate (Figura 4, pregunta Q10).

Pese a que algunos entrevistados también expresaron la complejidad de llevar a cabo decisiones colectivas y de gestionar su necesidad con las limitaciones de tiempo de cada sesión, percibidas como muy intensas (RS, MC, AF), la implicación con las dinámicas co-facilitación y los materiales del toolkit asociados se tradujo en que todo el proceso fuera más abierto (RS), que se lograra una «visualización de conceptos difíciles» (LD) y en general la necesaria adecuación de los materiales y mecanismos para tomar decisiones (AF, CP), lo cual nuevamente fue respaldado por las encuestas (Figura 4, pregunta Q9).

Coincidiendo en que para las siguientes etapas de la investigación sería necesario seguir procesando los resultados del co-diseño (RS, MC, LD), otro aspecto clave a destacar es la coincidencia de opinión en que el diseño del experimento, tal y como se pretendía, reflejaba en cada caso fielmente lo trabajado entre todos los participantes, muy lejos de una influencia única o posición de poder por parte del equipo científico (LD, CP, AF). Esa percepción fue respaldada por el resultado de la encuesta (pregunta Q3), en que un 77% de los encuestados afirmó que el diseño del experimento reflejaba lo trabajado entre todos los participantes en las sesiones de trabajo junto al equipo científico, frente a un 23% que opinó que dicho diseño estaba muy influido por el equipo científico (y un 0% que opinaba que los resultados eran solo resultado del trabajo del equipo científico). Algo que conecta con la cuestión recurrente del grado de influencia de los expertos durante las sesiones, respecto a lo que CP afirmaba: «la temática no fue influenciada por el equipo científico, algo muy positivo para que los participantes se sintieran parte del proceso».

Por último, otro aspecto destacable fue la percepción generalizada por parte del equipo científico de que las técnicas de co-diseño aplicadas podrían trasladarse a otras formas de ciencia ciudadana (RS, MC, LD) e incluso a otro tipo de proyectos de investigación científica (RS, CP). En ese sentido, se puede entender el co-diseño de los experimentos como otro experimento en sí mismo, en este caso de participación y generación de consenso (MC) y como una buena experiencia de partida en el modelo co-creado de ciencia ciudadana (RS, LD), cuyos resultados permiten explorar aún mayores niveles de participación en el diseño colaborativo de una investigación (CP).

Por último, otro aspecto destacable fue la percepción generalizada por parte del equipo científico de que las técnicas de co-diseño aplicadas podrían trasladarse a otras formas de ciencia ciudadana (RS, MC, LD) e incluso a otro tipo de proyectos de investigación científica (RS, CP). En ese sentido, se puede entender el co-diseño de los experimentos como otro experimento en sí mismo, en este caso de participación y generación de consenso (MC) y como una buena experiencia de partida en el modelo co-creado de ciencia ciudadana (RS, LD), cuyos resultados permiten explorar aún mayores niveles de participación en el diseño colaborativo de una investigación (CP).

5. Discusión y conclusiones

Mediante la descripción del proceso y el análisis de los resultados de este caso de estudio se ha tratado de dar respuesta a cómo la colaboración en ciencia ciudadana puede fortalecerse mediante diseños de investigación co-creados, prestando atención a intereses diversos y aunando objetivos sociales y científicos (Bonney & al., 2014). Enumeramos los mecanismos que permitieron determinar objetivos claros y específicos de cada experimento, identificando a través de procesos iterativos de diseño diferentes posibilidades (Dickinson & al., 2012). Por ejemplo, describimos cómo las preguntas de investigación pudieron formarse como un proceso impulsado por el propio grupo de participantes, en

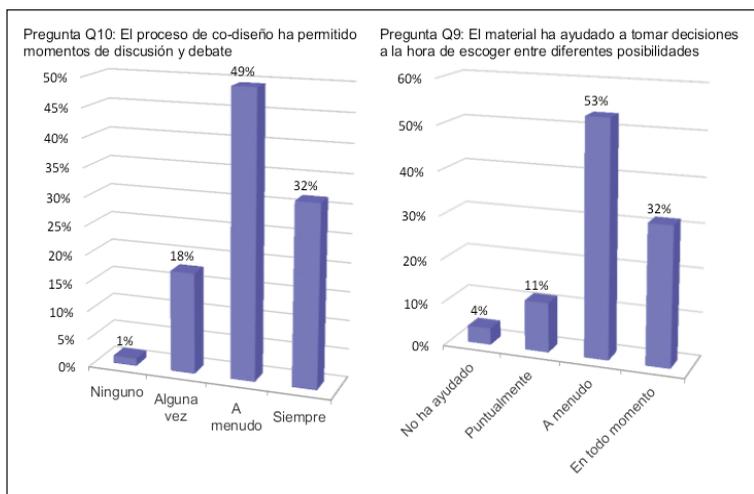


Figura 4. Claves del desarrollo de conocimiento durante el co-diseño.

vez de seguir el esquema habitual «top-down» exclusivamente dictado por el experto científico (Newman & al., 2012).

Respecto a las preguntas de investigación del estudio, los datos obtenidos apuntan a las siguientes conclusiones:

- La co-creación, mediante la adopción de materiales visuales y técnicas de diseño participativo, que permitan la generación y selección de ideas, contribuye con resultados de calidad a una ciencia más abierta y colaborativa con la ciudadanía. Muy especialmente, la co-creación se percibe como un factor fundamental para la motivación y compromiso de los participantes, un aspecto clave en proyectos de ciencia ciudadana.
- La ciencia ciudadana puede integrar necesidades y preocupaciones sociales en su diseño y dinámicas de comunicación si, al inicio de un proceso de co-creación, fomenta con transparencia la confianza de los actores en dicho proceso. Abrir los mecanismos de decisión preliminares a una investigación es valorado por los participantes como un aspecto importante para una integración exitosa.
- La adecuada coordinación de un trabajo interdisciplinar deviene muy relevante para llevar a buen fin una elaboración colaborativa del conocimiento. En este contexto, dicha coordinación requiere de una secuenciación coherente de diferentes fases de co-diseño, donde el experto científico se integre plenamente y complemente su «expertise» con roles de facilitación de dinámicas de grupo.
- Una cuestión clave es el correcto equilibrio de relaciones de poder durante todo el proceso, cediendo la iniciativa a los participantes amateurs de manera estructurada pero en equilibrio con el rol del experto científico, como guía y punto de referencia en momentos clave, con el apoyo de mecanismos y materiales de reflexión y debate.

En cuanto al toolkit, los resultados sugieren que funcionó adecuadamente como soporte de técnicas de diseño para integrar de modo visual diversidad de puntos de vista y opiniones (Brown & Wyatt, 2015). Según atestiguan tanto las encuestas como las entrevistas, dicho material también sirvió para fomentar la interdisciplinariedad y canalizar la co-creación sobre un lienzo o canvas estructurado y visual, algo que salvo contadas excepciones (Nagle & Sammon, 2016) constituye una aportación innovadora de este estudio en el diseño de procesos de investigación.

Entre las limitaciones y necesidad de mayor análisis del tipo de co-creación ensayado en esta experiencia de ciencia ciudadana, cabe mencionar las complicaciones de gestión de tiempo que implica el desarrollo por fases de co-diseño. De manera recurrente se mencionó en las entrevistas la complejidad de gestionar cada sesión en comparación a procesos tradicionales de diseño de investigación, en especial para combinar adecuadamente momentos de generación de ideas con la toma colectiva de decisiones. También durante el análisis se identificaron carencias puntuales de facilitación en determinadas secuencias de co-diseño, como en la identificación inicial por roles (no suficientemente aprovechada para la formación de grupos), o en la dedicación durante las fases finales a definir con mayor detalle la interfaz y protocolo de los experimentos. Futuras investigaciones que analicen dinámicas similares de co-creación en el diseño de la investigación, ya sea en el ámbito de ciencia ciudadana u otros de participación pública en la generación del conocimiento, deberían considerar dichos aspectos a la hora de planificar el desarrollo de actividades de co-diseño. Además de las preguntas clave planteadas al inicio de este estudio, de las respuestas del equipo científico se deriva también la posibilidad de que este tipo de co-diseño sea extrapolable a ámbitos científicos y académicos interdisciplinares donde no intervenga el público general, el no-experto o los denominados amateurs, sino expertos de campos diversos. Esto es, la posibilidad de adoptar dinámicas similares de co-creación para el diseño de proyectos de investigación en el seno de equipos profesionales ante diferentes retos científicos.

Notas

¹ Es importante resaltar que el análisis se centra en la fase inicial de co-creación de dichos experimentos de ciencia ciudadana, previa a las de organizar y llevar a cabo posteriormente cada uno de estos, también con la participación directa de los adolescentes.

² La versión del toolkit empleado es accesible online para consulta o uso por terceros, y promover así la reproducibilidad del proceso de co-diseño de experimentos: <https://goo.gl/liEjCj>.

Apoyos

Este estudio ha recibido apoyo del Programa Horizon 2020 de la Unión Europea, con contrato nº 710577 (StemForYouth), de la Agencia Estatal de Investigación (AEI) del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) (FIS2016-78904-C3-2-P), del Ministerio de Ciencia e Innovación con el proyecto «Acceso abierto a la ciencia en España» (CSO2014-52830-P) y del Grupo Dimmons IN3/UOC.

Referencias

- Barnes, T.A., Pashby, I.R., & Gibbons, A.M. (2006). Managing collaborative R&D projects development of a practical management tool. *International Journal of Project Management*, 24(5), 395-404. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.03.003>
- Bela, G., Peltola, T., Young, J. C., Balázs, B., Arpin, I., Pataki, G., ... & Keune, H. (2016). Learning and the transformative potential of citi-

- zen science. *Conservation Biology*, 30(5), 990-999. <https://doi.org/10.1111/cobi.12762>
- Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J., & Wilderman, C.C. (2009a). *Public Participation in scientific research: Defining the field and assessing its potential for informal science education. A CAISE Inquiry Group Report*. Online Submission. (<https://goo.gl/wsZYQn>)
- Bonney, R., Cooper, C.B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K.V., & Shirk, J. (2009b). Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience*, 59(11), 977-984. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- Bonney, R., Shirk, J.L., Phillips, T.B., Wiggins, A., Ballard, H.L., Miller-Rushing, A.J., & Parrish, J.K. (2014). Next steps for citizen science. *Science*, 343(6178), 1436-1437. <https://doi.org/10.1126/science.1251554>
- Brown, T., & Katz, B. (2011). Change by design. *Journal of Product Innovation Management*, 28(3), 381-383. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2011.00806>
- Brown, T., & Wyatt, J. (2015). Design thinking for social innovation. *Annual Review of Policy Design*, 3(1), 1-10. (<https://goo.gl/pguci>)
- Cohn, J.P. (2008). Citizen science: Can volunteers do real research? *BioScience*, 58(3), 192-197. <https://doi.org/10.1641/B580303>
- Delfanti, A. (2016). Users and peers. From citizen science to P2P science. *Cell*, 21, 01. <https://doi.org/10.1641/B580303>
- Dickinson, J.L., Shirk, J., Bonter, D., Bonney, R., Crain, R.L., Martin, J., ... & Purcell, K. (2012). The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), 291-297. In G. Papadopoulos (Ed.), *Proceedings of the 9th International Conference KICSS*. Limassol, Cyprus, 6-8 Nov 2014, 446-451. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-27478-2>
- Ferran-Ferrer, N. (2015). Volunteer participation in citizen science projects. *El Profesional de la Información*, 24, 6, 827-837. <https://doi.org/10.3145/epi.2015.nov.15>
- Follett, R., & Strezov, V. (2015). An analysis of citizen science based research: Usage and publication patterns. *PLoS One*, 10(11), e0143687. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143687>
- Gura, T. (2013). Citizen science: Amateur experts. *Nature*, 496(7444), 259-261. <https://doi.org/10.1038/nj7444-259a>
- Hand, E. (2010). People power. *Nature*, 466(7307), 685-687. <https://doi.org/10.1038/466685a>
- Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(10), 994-1011. <https://doi.org/10.1108/01443570410558049>
- Irwin, A. (1995). *Citizen science: A study of people, expertise and sustainable development*. London: Taylor & Francis. <https://doi.org/10.4324/9780203202395>
- Jasanoff, S. (2003). Technologies of humility: Citizen participation in governing science. *Minerva*, 41(3), 223-244. <https://doi.org/10.1023/A:1025557512320>
- Jasanoff, S. (Ed.). (2004). *States of knowledge: The co-production of science and the social order*. London: Routledge. (<https://goo.gl/xBNB3C>)
- Kellogg, W.K. (2004). *Using logic models to bring together planning, evaluation, and action: Logic model development guide*. Battle Creek, Michigan: WK Kellogg Foundation. (<https://goo.gl/pCPB52>)
- Kensing, F., & Blomberg, J. (1998). Participatory design: Issues and concerns. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 7(3-4), 167-185. <https://doi.org/10.1023/A:1008689307411>
- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido: teoría y práctica*. Barcelona: Planeta.
- Manzini, E., & Coad, R. (2015). *Design, when everybody designs: An introduction to design for social innovation*. Cambridge, MA: The MIT Press (<https://goo.gl/FRJv3B>)
- Mindell, J.S., Jones, P., Vaughan, L., Haklay, M., Scholes, S., Ancaes, P., & Dhanani, A. (2017). *Street Mobility Project: Toolkit*. (<https://goo.gl/yxDuXk>)
- Nagle, T., & Sammon, D. (2016). The development of a Design Research Canvas for data practitioners. *Journal of Decision Systems*, 25(sup1), 369-380. <https://doi.org/10.1080/12460125.2016.1187386>
- Newman, G., Wiggins, A., Crall, A., Graham, E., Newman, S., & Crowston, K. (2012). The future of citizen science: Emerging technologies and shifting paradigms. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), 298-304. <https://doi.org/10.1890/110294>
- Onwuegbuzie, A.J., & Leech, N.L. (2006). Linking research questions to mixed methods data analysis procedures 1. *The Qualitative Report*, 11(3), 474-498. (<https://goo.gl/dJZ7An>)
- Perelló, J., Ferran-Ferrer, N., Farré, S., & Bonhoure, I. (2017). Secondary school rubrics for citizen science projects. In C. Heredotouand, E. Scanlon, & M. Sharples, (Eds.), *Citizen inquiry: Synthesising science and inquiry learning*. London: Taylor and Francis. [In press].
- Sagarra Pascual, O. J., Gutiérrez-Roig, M., Bonhoure, I., & Perelló, J. (2016). Citizen Science Practices for Computational Social Science Research: The Conceptualization of Pop-Up Experiments. *Frontiers in Physics*, 3(93), 1-14. <https://doi.org/10.3389/fphy.2015.00093>
- Sanders, E. (2006). Design serving people. *Cumulus Working Papers*, 28-33. (<https://goo.gl/JXqodm>)
- Sanders, E., & Stappers, P.J. (2008). Co-creation and the new landscapes of design. *Co-design*, 4(1), 5-18. <http://doi.org/10.1080/15710880701875068>
- Shirk, J., Ballard, H., Wilderman, C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., ... & Bonney, R. (2012). Public participation in scientific research: A framework for deliberate design. *Ecology and Society*, 17(2). <https://doi.org/10.5751/ES-04705-170229>
- Tweddle, J.C., Robinson, L.D., Pocock, M.J.O., & Roy, H.E. (2012). *Guide to citizen science: developing, implementing and evaluating citizen science to study biodiversity and the environment in the UK*. London: Natural History Museum and NERC Centre for Ecology & Hydrology for UK-EOF. (<https://goo.gl/9QSBHr>)
- Wiggins, A., & Crowston, K. (2015). Surveying the citizen science landscape. *First Monday*, 20(1). <https://doi.org/10.5210/fm.v20i1.5520>
- Wylie, S.A., Jalbert, K., Dosemagen, S., & Ratto, M. (2014). Institutions for civic technoscience: How critical making is transforming environmental research. *The Information Society*, 30(2), 116-126. <https://doi.org/10.1080/01972243.2014.875783>
- Yañez-Figueroa, J.A., Ramírez-Montoya, M.S., & García-Peñalvo, F.J. (2016). Systematic mapping of the literature: Social innovation laboratories for the collaborative construction of knowledge from the perspective of open innovation. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 795-803). ACM. <https://doi.org/10.1145/3012430.3012609>