



«No todo es sargazo»: Aprendizajes en un proyecto de ciencia ciudadana marino-costera

«Not Everything is Sargassum»: Learning from a Marine-Coastal Citizen Science Project

Ana I. Benavides Lahnstein
*Angela Marmont Centre for UK Nature,
Natural History Museum,
Londres, Reino Unido*

Arely A. Paredes Chi
*CONAHCYT, Facultad de Ciencias, UMDI
Sisal,
Escuela Nacional de Estudios Superiores,
Unidad Mérida, Universidad Nacional
Autónoma de México, Yucatán, México*

Ameyalli Ríos Vázquez
*Escuela Nacional de Estudios Superiores,
Unidad Mérida, Universidad Nacional
Autónoma de México, Yucatán, México*

María del Carmen Galindo-De Santiago
*Escuela Nacional de Estudios Superiores,
Unidad Mérida,
Facultad de Ciencias, UMDI Sisal,
Universidad Nacional Autónoma de México,
Yucatán, México*

Kaysara Khatun
*Natural Resources Institute, Faculty
of Engineering & Science, University of
Greenwich. Londres. Reino Unido*

Erika Vázquez Delfin
*Escuela Nacional de Estudios Superiores,
Unidad Mérida, Universidad Nacional
Autónoma de México, Yucatán, México
Centro de Investigación y de Estudios
Avanzados del Instituto Politécnico Nacional
(Cinvestav, Unidad Mérida), Yucatán,
México*

Lucy Robinson
*Angela Marmont Centre for UK Nature,
Natural History Museum,
Londres, Reino Unido*

Juliet Brodie
*Science, Natural History Museum,
Londres, Reino Unido*

Jessica Wardlaw
*Angela Marmont Centre for UK Nature,
Natural History Museum,
Londres, Reino Unido*

RESUMEN • Los efectos de la llegada abundante de macroalgas, como el sargazo, a la península de Yucatán motivó el monitoreo de los arribazones por medio de un proyecto de ciencia ciudadana dirigido a poblaciones afectadas o interesadas. Por medio de cuestionarios y entrevistas semiestructuradas, se analizaron los aprendizajes de 18 participantes (de 16 a 18 años) de la primera etapa del proyecto. Entre los hallazgos, destacó la interrelación de los nuevos aprendizajes disciplinares sobre las macroalgas y los procedimentales del trabajo de campo. Los participantes mostraron actitudes renovadas y positivas hacia la ciencia y el arribazón. Se reflexiona sobre qué factores impulsaron sus aprendizajes y habilidades para la investigación al atender los objetivos científicos, entre ellos: la relevancia del problema, el taller introductorio y la socialización entre las científicas y los participantes.

PALABRAS CLAVE: Cambio climático; Ciencia comunitaria; Formación científica; Ciencia ciudadana; Sargazo.

ABSTRACT • The effects of the abundant arrival of macroalgae, such as Sargassum, to the Yucatan Peninsula motivated the monitoring of beach-cast seaweeds through a citizen science project aimed at affected and interested populations. Questionnaires and semi-structured interviews were employed to analyse the learning outcomes of 18 participants (16 to 18 years) in the project's first stage. Among the findings, the interrelation of new disciplinary learning about macroalgae and skills for fieldwork stood out. Participants showed renewed and positive attitudes toward science and beach-cast seaweeds. We reflect on which factors drove their learning and research skills when addressing the scientific objectives, including the relevance of the problem, the introductory workshop, and the socialisation between the scientists involved and the participants.

KEYWORDS: Climate change; Community science; Scientific training; Citizen science; Sargasso.

Recepción: abril 2023 • Aceptación: septiembre 2023 • Publicación: marzo 2024

Benavides Lahnstein, A. I., Paredes Chi, A., Ríos Vázquez, A., Galindo-De Santiago, M. C., Khatun, K., Vázquez Delfin, E., Robinson, L., Brodie, J. y Wardlaw, J. (2024). «No todo es sargazo»: Aprendizajes en un proyecto de ciencia ciudadana marino-costera. *Enseñanza de las Ciencias*, 42(1), 105-123.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5940>

INTRODUCCIÓN

Los efectos del cambio climático, como el incremento de las temperaturas de los océanos (Marx et al., 2021), están relacionados con eventos que enmarcan la llegada abundante de macroalgas pelágicas del género *Sargassum* (sargazo) a la península de Yucatán, en México (García-Sánchez et al., 2020; Robledo et al., 2021; Vázquez-Delfin et al., 2021). Las macroalgas ofrecen servicios ecosistémicos, pero las acumulaciones abundantes afectan a otros ecosistemas como los arrecifes o las praderas de pastos marinos, y perjudican las actividades económicas en la región (Rosellón-Druker et al., 2022; Robledo et al., 2021). Los arribazones son acumulaciones de macrófitos en las playas causadas por corrientes, oleaje y viento, y pueden monitorearse por medio de ciencia ciudadana (CC) marino-costera (o ambiental) para generar información de línea base más amplia de lo que es comúnmente posible para grupos de investigación en la academia (Theobald et al., 2015). La CC invita al público a participar en estudios científicos apoyados por profesionales y su contribución varía según los niveles de participación que van desde la generación de datos hasta la inmersión completa en procesos de investigación (Cigliano y Ballard, 2018). Bonney et al. (2014) y Eitzel et al. (2017), ofrecen amplias perspectivas sobre la terminología, la definición y la progresión del campo.

La CC ambiental también puede ser una oferta complementaria para la educación científica formal (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine [NASEM], 2018). Quizá por ello la implementación de proyectos de CC ambiental en contextos curriculares y extracurriculares ha ido en aumento (Rautio et al., 2022). El monitoreo de los arribazones a través de la CC promete experiencias situadas y formativas en ciencia que pueden darle un sentido funcional a la educación científica (Ryder, 2001). También puede ser una oferta complementaria para la educación científica formal y para abordar problemas socioambientales y acciones en torno al cambio climático (Cruz Sánchez et al., 2020; Hadjichambi et al., 2023; Hernández Velásquez et al., 2018), que en el currículo de la educación básica en México usualmente carece de relevancia con respecto a las problemáticas específicas de una región (González y Meira, 2020). No obstante, la participación o los aprendizajes alcanzados por el público infantil y juvenil son temas poco investigados (Kelemen-Finan et al., 2018; Rautio et al., 2022), incluyendo aquellos implementados en el sur global (Gouet Hiriart et al., 2022).

Dentro del proyecto *The Big Seaweed Search, Mexico: A Citizen Science Approach to Resolve Local Environmental and Societal Challenges in a Time of Global Climate Crisis*, se realizó la adaptación e implementación en México de *The Big Seaweed Search*, un programa de CC marino-costera de Reino Unido en operación desde el 2009. A la par, se desarrollaron dos líneas adicionales de investigación: un análisis socioeconómico del impacto del fenómeno en la región y una investigación educativa sobre los aprendizajes de jóvenes en el proyecto de CC. La adaptación del proyecto de CC se nombró *Ciencia en Acción: Ciudadanos navegando en el arribazón* (de aquí en adelante, lo llamaremos *Ciencia en Acción*) y promovió el monitoreo de arribazones en playas de Sisal, en Yucatán, y de Puerto Morelos, en Quintana Roo, ambos estados de México. Se invitó a ciudadanos locales y, en la primer etapa y enfoque de este estudio, principalmente a jóvenes de entre 16 y 18 años. Este artículo presenta la investigación educativa sobre los aprendizajes científicos y los cambios de actitudes de la juventud que participó en el primer periodo.

POTENCIAL DE LA CIENCIA CIUDADANA PARA EL APRENDIZAJE CIENTÍFICO

Los beneficios de aprendizaje de la CC se han documentado en contextos formales educativos (Kelemen-Finan et al., 2018; Lüsse et al., 2022) y en espacios informales como museos y programas extraescolares (Ballard et al., 2017; Wardlaw et al., 2022). Dos revisiones sistemáticas de estudios sobre CC ambiental publicados entre 2009 y 2017 resumen que aprender sobre las especies o ecosistemas bajo estudio y

habilidades científicas están entre los resultados individuales o colectivos de los científicos ciudadanos, junto a percepciones de mayor autoeficacia y motivación, así como cambios de actitud positivos (Peter et al., 2019; Stepenuck y Green, 2015). En contraste con las investigaciones en la didáctica de las ciencias (Osborne et al., 2003), los aprendizajes afectivos, como el cambio de actitudes y la curiosidad, se han reportado con menor frecuencia en CC (Gouet Hiriart et al., 2022; Stepenuck y Green, 2015). El enfoque afectivo se ha concentrado en factores de motivación para la participación en CC.

Las oportunidades de aprendizaje en CC dependen del individuo o las comunidades involucradas, pero también de los niveles de participación y de los roles disponibles (Davis Stylinski et al., 2020). Por ejemplo, la participación en la obtención de datos científicos puede desarrollar habilidades científicas al observar, medir, clasificar e identificar los objetos de estudio (García Bedoya et al., 2018). Dentro de la CC, también existe potencial para indagar o generar una hipótesis hacia el manejo o resolución de una problemática (Bruckermann et al., 2022). Dichas habilidades son necesarias para el razonamiento crítico y el trabajo científico (Padilla, 1990), así como para problematizar o razonar sobre conexiones causales, teorizar y elaborar explicaciones objetivas (Tolmie et al., 2016). Usar habilidades científicas y explorar creencias epistemológicas sobre la ciencia están implícitas al involucrarse en la CC (Bruckermann et al., 2022); no obstante, es posible participar en proyectos científicos sin profundizar en la naturaleza y métodos de la investigación (Lederman et al., 2019). Por otro lado, ser parte de una investigación puede impulsar el interés de los jóvenes hacia carreras relacionadas con las ciencias (NASEM, 2018) y hacia el desarrollo profesional en investigación (Pitt y Schultz, 2018).

Históricamente, las experiencias y aprendizajes de niñas, niños y jóvenes participantes en CC han sido poco estudiadas (Kelemen-Finan et al., 2018; Rautio et al., 2022). Estudios de caso sobre CC ambiental, dos en los Estados Unidos y uno en Chile, reportan que la juventud participante obtuvo aprendizajes disciplinares ambientales y ampliaron su comprensión del problema ambiental bajo estudio (Ballard et al., 2017; Pitt y Schultz, 2018; Wichmann et al., 2020). Uno de estos estudios también reportó muestras de autoeficacia y autonomía en la toma de roles y ejemplos selectos de agencia ambiental (Ballard et al., 2017). En estos programas, la interacción entre jóvenes y profesionales de la ciencia o manejo ambiental supuso una mejor participación y generó oportunidades para el aprendizaje en ciencias, además de ofrecer otra forma de enriquecer la cultura ecológica de los participantes (Rodríguez Jiménez et al., 2022). Si bien estos estudios han sentado un precedente, es necesario continuar explorando el potencial de aprendizaje de la CC en temas diversos, así como en otras regiones y contextos socioambientales.

METODOLOGÍA

Preguntas de investigación

Ciencia en Acción es un estudio de caso único examinado por medio de su primera etapa de implementación en dos sitios en una misma región (Yin, 2018). La investigación educativa atiende las siguientes preguntas:

1. ¿Qué aprendizajes sobre macroalgas, sus servicios ecosistémicos y posibles usos adquirieron las y los jóvenes participantes?
2. ¿Qué aprendizajes y habilidades sobre el trabajo científico para el estudio de los arribazones adquirieron las y los jóvenes participantes?
3. ¿Cuál es el potencial transformador del proyecto para la alfabetización científica y ambiental a nivel comunitario local?

El caso se analiza a partir de los aprendizajes alcanzados por jóvenes que fueron participantes en la primera etapa del proyecto de CC, considerando la influencia de un taller de introducción y las actividades científicas de campo en acompañamiento. Con énfasis en el enfoque cualitativo e influenciado por un paradigma interpretativo-constructivista (Cohen et al., 2018; Creswell, 2013), la investigación educativa se concentró en el estudio de las ideas, conocimientos y experiencias de quienes participaron en ella para encontrar las evidencias de aprendizaje.

Adaptación e implementación de «*Ciencia en Acción*»

Ciencia en Acción se basó en *The Big Seaweed Search* (<https://bigseaweedsearch.org>), este último desarrollado en el año 2009 por el Museo de Historia Natural de Londres y la Sociedad de Conservación Marina en Reino Unido. Por su parte, *Ciencia en Acción* generó información de línea base para estudiar la composición y la variación estacional de especies vegetales en los arribazones en la península de Yucatán, atendiendo a la presencia y abundancia relativa de 45 y 28 especies/taxones de macroalgas y pastos marinos en Puerto Morelos y Sisal, respectivamente. La implementación se llevó a cabo en tres etapas durante 10 meses y, aunque se contó con la colaboración de dos centros escolares de bachillerato, la participación de los jóvenes fue extraescolar. Siguiendo las recomendaciones de LEARN CitSci (<https://education.ucdavis.edu/ccs-learn-citsci>), un proyecto educativo previo que, entre otros programas, estudió *The Big Seaweed Search* durante 2017-2022 (Wardlaw et al., 2022), se integró un taller introductorio¹ al inicio de cada etapa de colecta en la playa (determinada por factores estacionales del clima) y se promovió la interacción entre científicos expertos y ciudadanos.



Fig. 1. Participantes de Sisal durante la etapa de identificación de material vegetal después de la primera sesión de campo en la playa.

1. Para acceder a una versión condensada del taller de introducción de *Ciencia en Acción*, sígase este enlace: <http://hdl.handle.net/10141/623061>.

En cada ocasión, el taller abarcó ocho horas a lo largo de una semana y ofreció: *a*) una introducción a las algas y los arribazones (incluyendo los arribos excesivos del sargazo y su ruta), al tema y al proyecto; *b*) apoyo y entrenamiento para el uso del protocolo de colecta o investigación, la guía de identificación de especies y otros materiales para el trabajo científico (figuras 1 y 2); *c*) una sesión de campo inicial para herborizar macroalgas en acompañamiento. Los monitoreos mensuales, cada uno de 2-3 horas, se iniciaban en un recinto académico, donde se formaban equipos y se repartían materiales para luego dirigirse al sitio de estudio. Tanto los ciudadanos como el equipo académico interactuaron constantemente durante el taller y en los monitoreos mensuales.



Fig. 2. Participantes de Puerto Morelos utilizando la guía de investigación en la primera sesión de campo en la playa.

Los datos obtenidos por los ciudadanos se registraron en papel y fueron recogidos y verificados *in situ* por el equipo académico, dado que la mayoría de quienes participaron no contaban con dispositivos móviles e internet en las playas. La verificación *in situ* permitió dar retroalimentación y reforzar conocimientos en tiempo real. Esta práctica de registrar los datos en papel también fue efectiva con jóvenes participantes de *The Big Seaweed Search* en Reino Unido (Wardlaw et al., 2022). Al final de las tres etapas, *Ciencia en Acción* sumó 112 participantes (niños, jóvenes y adultos) de ambos sitios de implementación.

Los participantes de esta investigación

La investigación educativa solo pudo realizarse con jóvenes (entre 16 y 18 años) que participaron en la primera etapa (entre marzo y julio del 2022) y que cumplieron con los criterios de inclusión: estar vacunado contra la COVID-19, participación voluntaria, tener consentimiento firmado de sus padres o tutores, participar en el taller de capacitación y participar en al menos tres sesiones de monitoreo en campo. En total, 18 jóvenes (9 de cada sitio de trabajo) decidieron participar de forma voluntaria (tabla 1) y cumplieron con los criterios de inclusión, 12 fueron del género femenino, 5 del masculino y uno prefirió omitir esta información. De este total, 7 indicaron ser de origen indígena (maya: 4,

tonaca: 1, zapoteca: 1 y sin especificar: 1); 8 se reconocieron como parte de la comunidad de Sisal y 7, de Puerto Morelos. Para esta investigación se obtuvo la autorización del comité de ética de las dos universidades involucradas en el proyecto (folios UREC/21.2.7.16 y 001/INV/2022) y los directivos y docentes de escuelas de bachillerato mediaron el acercamiento a la juventud participante en cada sitio.

Instrumentos y toma de datos

La obtención de datos se realizó antes y después de la intervención, administrando dos cuestionarios², uno previo y otro posterior a la participación en el taller de capacitación; así como una entrevista semiestructurada³ para quienes participaron en tres sesiones de colecta de macroalgas en la playa. Las encuestas y entrevistas del estudio LEARN CitSci (<https://education.ucdavis.edu/ccs-learn-citsci>) fueron adaptadas para esta investigación. En LEARN CitSci, los instrumentos se diseñaron a partir de una revisión de literatura (no publicada) sobre el aprendizaje de las ciencias en contextos informales y fueron validados mediante el pilotaje extensivo durante un año y revisados por los investigadores educativos y expertos en CC involucrados. En la adaptación de dichos instrumentos al presente proyecto educativo, se implementaron tres estrategias adicionales de validación recomendadas por Creswell (2013): *a*) se revisó la interrelación del contenido de las preguntas en los cuestionarios y en la entrevista; *b*) se pilotearon los instrumentos con miembros del proyecto cercanos al contexto de implementación; y *c*) se discutieron los instrumentos finales con miembros del equipo académico.

Para este proyecto, los cuestionarios se pilotearon en una escuela de la cabecera municipal de Sisal, con jóvenes que tenían características similares a los participantes del proyecto. Los cuestionarios se administraron de forma impresa en Sisal y por Google Forms para Puerto Morelos. El precuestionario está integrado por 28 preguntas abiertas, cerradas y de opción múltiple; y recabó experiencias en proyectos similares, conocimientos previos sobre las algas y la ciencia, así como su disposición inicial hacia la ciencia y la naturaleza. El poscuestionario contiene 45 preguntas que incluyen ítems abiertos, cerrados, de opción múltiple, explora aspectos de participación y refleja los contenidos del precuestionario. La entrevista también retomó y exploró con más profundidad los temas cubiertos por los cuestionarios y se apoyó en notas tomadas de las respuestas a los cuestionarios.

Tabla 1.
Resumen de datos recolectados para la investigación educativa

<i>Sitio de trabajo en campo</i>	<i>Precuestionario</i>	<i>Poscuestionario</i>	<i>Entrevista (-25 min)</i>
Sisal, Yucatán, México	9	9	5
Puerto Morelos, Quintana Roo, México	9	8	6
Total	18	17	11

También se generó un registro de las decisiones metodológicas y la implementación de los instrumentos y un registro y una evaluación de los riesgos potenciales. Estos también se emplearon como herramientas de comunicación para los miembros del equipo que apoyaron las actividades en campo de la investigación educativa. Además, se llevaron a cabo varias sesiones formativas con el equipo en campo para discutir y explicar los procesos de obtención de datos.

2. Para acceder a una versión condensada de los instrumentos que se usaron para la recolección de datos, sígase este enlace: <http://hdl.handle.net/10141/623061>.

3. <http://hdl.handle.net/10141/623061>

Análisis de datos

Dentro del proceso de análisis (tabla 2), destaca la codificación del cuerpo de datos cualitativos (hecho en Dedoose 9.0.54) y el análisis interpretativo consecuente (Cohen et al., 2018). El libro de códigos fue generado a través de una revisión de literatura extensiva, que pasó por seis ciclos de revisión y fue editado por seis investigadores educativos involucrados en LEARN CitSci (aunque no publicado, se obtuvo permiso para usarlo). Los códigos deductivos incluyen los componentes del aprendizaje agéntico científico-ambiental propuesto por Ballard et al. (2017) y los pasos hacia la generación de un registro biológico a través de la CC propuesto por Lorke et al. (2021). Se agregaron códigos inductivos y más específicos sobre la clasificación de las algas, nociones de biodiversidad y servicios ecosistémicos, entre otros.

Tabla 2.
Secuencia resumida del proceso de análisis

<i>Etapas</i>	<i>Descripción</i>
<i>Procesamiento</i>	Transcripción y familiarización del cuerpo de datos.
<i>Preparación del libro de códigos</i>	El libro de códigos de LEARN CitSci fue revisado por la transcriptor y las analistas para incluir códigos inductivos informados por las lecturas iniciales de los datos.
<i>Codificación de datos</i>	Codificación de los datos cualitativos de cada grupo (Sisal y Puerto Morelos) y doble codificación en ciego de tres cuestionarios para reducir la subjetividad en la aplicación de los códigos (Campbell, 2013).
<i>Triangulación de datos</i>	Se usó una guía de análisis interpretativo con base en cada pregunta de investigación. También se generaron matrices para aislar conjuntos de datos de un individuo, de todos los participantes en un grupo (Sisal o Puerto Morelos) y de ambos. De forma paralela y complementaria, se analizaron las narrativas en los cuestionarios y entrevistas, resaltando conocimientos y descripciones de actitudes, comportamiento y práctica de habilidades.
<i>Reporte</i>	El reporte de resultados agrupa los hallazgos de los jóvenes en ambos lugares (Sisal y Puerto Morelos), ya que no se encontraron diferencias notables en los análisis hechos por separado para el grupo de participantes de cada sitio.

La validación del análisis se fortaleció con varias estrategias sugeridas por Creswell (2013) y Flick (2018): contar con una guía de análisis, un libro de códigos revisado por varios expertos, codificar en ciego y examinar los datos obtenidos por cada instrumento de manera complementaria. También se organizaron reuniones mensuales con el equipo de investigación educativa del proyecto para discutir el progreso del análisis.

Se buscaron evidencias de aprendizaje científico y la adquisición de conocimientos relacionados con la temática del proyecto de CC, como se ha sugerido en otras investigaciones (por ejemplo, en Ballard et al., 2017; Kelemen-Finan et al., 2018; Lüsse et al., 2022; Wardlaw et al., 2022). Se identificaron aprendizajes en torno a las habilidades científicas puestas en práctica (Davis Stylinski et al., 2020), el uso de vocabulario científico (NASEM, 2018) y los cambios de actitud sobre la ciencia en general, la naturaleza y las macroalgas. Como se ha encontrado en otros proyectos (NASEM, 2018; Stepenuck y Green, 2015), estos cambios incluyen expresiones de entusiasmo por la ciencia, ideas positivas o propositivas sobre el sargazo y el interés por la naturaleza o la ciencia. También, como hicieron Ballard et al (2017), se identificaron aspectos metacognitivos de competencia y autoeficacia.

RESULTADOS

Adquisición de conocimientos disciplinares sobre las macroalgas y sus servicios ecosistémicos

En el precuestionario, las y los jóvenes mostraron conocimientos limitados acerca de las algas marinas. La mayoría no conocía ningún tipo, aunque cinco jóvenes mencionaron el sargazo (Sisal, $n = 3$ y Puerto Morelos, $n = 2$), mientras que otro par mencionó las algas verdes y rojas. En el poscuestionario se les preguntó «¿Qué tipo de algas marinas conoces ahora?» y 17 participantes mencionaron múltiples ejemplos, de modo que mostraron la adquisición de nuevos conocimientos sobre las macroalgas.

Al hablar de sus observaciones en el campo, mencionaron especies como las «Filamentosas y pelágicas» (PMS2, Puerto Morelos, poscuestionario) y las «*[Sargassum] fluitans*, *[S.] natans* 1[I], *[S.] natans* 8[VIII] y *Thalassia testudinum*» (PMS6, Puerto Morelos, poscuestionario). Otros comentarios describen cómo: «[Ahora] conozco algunas algas rojas, verdes y pardas» (SS1, Sisal, entrevista) o «...Y a mí la que me gustó es la Jania y la que parece gelatinosa.» (SS13, Sisal, entrevista). En las encuestas y entrevistas, 6 participantes recordaron y usaron correctamente términos científicos específicos de las guías para el trabajo del campo, pero el resto utilizó descripciones menos específicas.

En menor grado se mencionaron categorías taxonómicas de primer orden (por ejemplo, el género), la textura y consistencia y el hábitat: «Algas verdes, algas rojas, *[S.] natans* 1[I], *[S.] natans* 8 [VIII], *[Sargassum] fluitans*, *Turbinaria turbinata*, algas filamentosas, pastos marinos» (PMS4, Puerto Morelos, poscuestionario). Otro joven apuntó: «En los libros [guía de identificación] estaban divididas cada especie de las algas. Estaban las pelágicas, bentónicas, carnosas creo que se llamaban también, que esas eran las que no habían aquí» (PMS2, Puerto Morelos, poscuestionario). De manera general, los participantes no diferenciaron entre los niveles de clasificación taxonómica con gran detalle, pero sí mostraron conocimientos taxonómicos básicos.

Tanto los comentarios realizados en la entrevista como las respuestas a las preguntas abiertas de los cuestionarios mostraron que algunos reconocieron nuevos aprendizajes: «Antes no sabía de la importancia del arribazón y por qué es necesario saber de las algas. Antes pensaba que, no sé, son [plantas] que se echaron a perder o algo así» (SS12, Sisal, entrevista). Otra joven mencionó: «Pues ahora conozco más y entiendo como preservar estas especies y eso también transmitirlo a mis familiares» (PMS3, Puerto Morelos, poscuestionario). También se mencionó la adquisición de conocimientos sobre la diversidad de algas marinas en los arribazones. Por ejemplo, un joven afirmó:

Yo no sabía casi nada, o sea, sí sabía del sargazo, pero no sabía que eso que le llamamos «sargazo» era un arribazón. O sea, yo me imaginaba solo el sargazo y que [todo] es sargazo, pero, ya viendo bien el arribazón pues ya hay diversidad de algas (SS5, Sisal, entrevista).

La comparación de los cuestionarios mostró que también ampliaron sus ideas iniciales sobre los servicios ecosistémicos. En un inicio, de manera general reconocieron que las algas contribuyen al soporte de la vida marina, pero después 17 jóvenes mencionaron servicios ecosistémicos más específicos como los de provisión. Entre sus comentarios se encuentra el que especifica que «[Las algas] se pueden utilizar como fertilizante natural, componente de medicinas o cosméticos» (PMS1, Puerto Morelos, poscuestionario) y que «Tienen distintas funciones: hay algas que se comen, se utilizan para crear compuestos» (SS12, Sisal, poscuestionario). La herborización de macroalgas en el taller también motivó a un par de jóvenes de Sisal a reconocer el potencial artístico de las macroalgas, atribuyéndoles un valor estético, sociocultural e incluso económico.

Aprendizajes y habilidades científicas alcanzadas

Poner en práctica el protocolo para la colecta de datos en la playa creó oportunidades para el desarrollo del pensamiento y habilidades científicas de los participantes. Al estudiar sus respuestas en los cuestionarios y las entrevistas, 13 afirmaron que mejoraron su habilidad para la observación, la medición o la identificación de diferentes tipos de macroalgas. Por ejemplo, una joven dijo: «Puedo identificar 3 tipos de *Sargassum* y 2 pastos» (PMS6, Puerto Morelos, poscuestionario) y otro joven confesó que desarrolló un «Mayor conocimiento sobre [las macroalgas], y más rapidez al identificarlas» (SS1, Sisal, poscuestionario). Otros participantes reconocieron que mejoraron su destreza para usar la guía de investigación, la balanza y otros materiales que se emplearon para el trabajo de campo en la playa. El poscuestionario y las entrevistas no presentaron evidencia de otras habilidades como inferir, predecir y comunicar resultados.

En el poscuestionario, 12 jóvenes describieron el tipo de datos que recopilaron: «... Las diferentes macroalgas, tipos, sus partes, cómo se conservan, características» (SS5, Sisal, poscuestionario), «Los nombres científicos, características de las algas, cantidades, tipos de algas, etc.» (PMS4, Puerto Morelos, poscuestionario) y la ubicación, las condiciones climáticas y la abundancia del arribazón. Estas evidencias están relacionadas con sus ideas sobre el uso de los datos. Por ejemplo, un participante comentó:

[Los datos] formarán parte de un registro. O sea, como para ver qué cantidad de algas hay en un cierto mes, de qué especie o qué, y si el clima o las condiciones en sí afectan [...] Por ejemplo, puede ser que en un día soleado haya mucha alga, pero no haiga (sic) abundancia de especies, o sea, probablemente haiga dos especies. Y, por ejemplo, si está nublado o hay frío, puede ser que haiga otras [especies]. (SS10, Sisal, entrevista)

En el precuestionario, 14 jóvenes respondieron que el objetivo de *Ciencia en Acción* era aprender sobre las macroalgas, aunque este fue solo uno de los objetivos específicos. Después de participar, 17 participantes señalaron que el proyecto podría: contribuir al conocimiento sobre la composición o abundancia del arribazón; mejorar métodos de investigación similares o relacionados; analizar el aprendizaje de las y los científicos ciudadanos; informar al público sobre este fenómeno natural; o generar propuestas de manejo de los arribazones. Por ejemplo, un joven mencionó que sus datos se usarían para «Saber un aproximado del arribazón que llega y en qué tiempo» (SS1, Sisal). Los participantes mostraron incertidumbre sobre el uso de los resultados, aunque estas nociones fueron más apegadas a los objetivos iniciales.

El potencial transformador del proyecto para la alfabetización científica en la comunidad

Al responder a la pregunta «¿Cómo ha cambiado tu forma de pensar acerca de la ciencia?» en el poscuestionario (la misma pregunta se repitió para la naturaleza), 15 participantes expresaron nuevas actitudes positivas hacia la ciencia, las macroalgas o la naturaleza. Sus expresiones incluyeron un entusiasmo renovado hacia la ciencia y dijeron que la entendían mejor. Sus comentarios incluyeron: «[Ahora] creo que no todo es aburrido, y es que sí tenía esa idea de que la ciencia es aburrida» (PS9, Puerto Morelos, poscuestionario). Sobre la naturaleza y las macroalgas, sus comentarios incluyen: «Cuidar el ambiente del cual también dependemos» (PS8, Puerto Morelos, poscuestionario) y «[Cambió] de una manera bien, llamándome la atención sobre las funciones que tienen las macroalgas» (SS4, Sisal, poscuestionario). Algunas personas indicaron que las macroalgas no son «basura» o necesariamente peligrosas (las mismas que afirmaron lo contrario antes del proyecto), y a veces les atribuyeron un valor estético. Un joven de Puerto Morelos, donde se presenta la problemática del sargazo con mayor intensidad, mencionó que su actitud había cambiado al darse cuenta de que «No todo es sargazo, existen

otros tipos de vida» (PS9, Puerto Morelos, poscuestionario). Por ejemplo, una joven dijo que su visión de la naturaleza cambió al ya «No ver de manera negativa a las macroalgas» (SS4, Sisal, poscuestionario) y otro joven explicó que:

No tenía mucho conocimiento de [algas]. Yo pensaba que el arribazón pues solo era [sic] el sargazo y ya. Jamás me había puesto a verlo detenidamente y solo [pensaba] «Es sargazo y ya. Es sargazo». No veía muy interesante el sargazo ¿ya? Entonces me acerqué, nos empezaron a dar estos talleres, el curso y todo eso, y pues ya fui cambiando mi forma de pensar. Veo que [las algas] sirven para muchas cosas: para comer, para cosas del hogar o algo así. (SS5, Sisal, entrevista)

En Sisal, los eventos de sargazo no son tan intensos como los de Puerto Morelos (el segundo lugar de investigación); no obstante, sus ideas muestran que las creencias compartidas del fenómeno han llegado a otras regiones también. Algunos de los comentarios muestran brevemente sus creencias e historias locales sobre las algas:

Sí porque acá la gente pues como que le da más o menos asco el acercarse al arribazón y tocarlo. Porque hay algunas [algas] que te dan un poco de comezón. Entonces, la gente al estar mayormente desinformada pues lo ignoró. Antes yo hacía eso porque **de chiquito siempre me decían**, cuando me iba a bañar al mar, «¡No estés tocando el sargazo!», me decían. (SS1, Sisal, entrevista)

Hay evidencias en las entrevistas y en el poscuestionario de que también comenzaron a usar lo aprendido durante el proyecto en su vida cotidiana. Por ejemplo, una joven mencionó: «He aprendido a identificarlas [macroalgas] y enseñé a algunos amigos sobre esto» (PMS2, Puerto Morelos, poscuestionario). Siete jóvenes también narraron que compartieron sus experiencias y aprendizajes sobre la diversidad de los arribazones con familiares u otras personas en sus círculos cercanos para promover una mejor comprensión del arribazón. Un joven relató: «Pues le enseñé a mi familia lo que aprendí para que así sepan que no todo es sargazo» (PMS4, Puerto Morelos, poscuestionario). A la par, cuatro jóvenes buscaron o identificaron macroalgas en su tiempo libre; aunque no se mencionó que usaran algún protocolo para la observación. También una joven apuntó que a veces lee la guía de identificación en su tiempo libre y otra dijo:

Cuando empecé el curso, mi primo y yo fuimos a la playa y empezamos a buscar algas, pero no sabíamos todavía su nombre. Cuando llegamos a nuestra casa, llevamos el alga, la agarramos, y fui a buscar el librito y busqué su nombre. (SS13, Sisal, entrevista)

Les pareció importante que otros miembros de sus comunidades tengan más información sobre el arribazón; 8 jóvenes visualizaron que la comunidad podría verse beneficiada de aprender sobre las macroalgas y su posible aprovechamiento. También destacó que uno de los jóvenes empezó a trabajar en la generación de abono para plantas usando macroalgas como fuente de nutrientes, minerales y carbono. Cinco jóvenes indicaron que planean participar en otras actividades relacionadas con la ciencia o la naturaleza: «Planeo participar en proyectos que involucren a la ciencia y mi comunidad» (SS1, Sisal, poscuestionario). De estos, 4 no habían tenido experiencias similares previamente, lo cual sugiere que el proyecto estimuló su interés para explorar este tipo de proyectos en otros contextos.

DISCUSIÓN

Conocimientos y prácticas para estimular la alfabetización científica

El desarrollo del mismo proyecto en dos sitios diferentes (Sisal y Puerto Morelos) demostró que la participación en CC impulsó el aprendizaje científico sobre los temas abordados en la mayoría de los

participantes. Estudios previos han reportado que la participación en CC motiva la adquisición de conocimientos sobre el objeto principal de estudio (Peter et al., 2019; Pitt y Schultz, 2018; Stepenuck y Green, 2015; Wardlaw et al., 2022). No obstante, la clara interrelación entre los aprendizajes disciplinares y prácticos, la poca disponibilidad de CC en Yucatán y Quintana Roo, así como las barreras para la comunicación oral y escrita de las y los participantes atribuyen importancia a sus avances para aprender sobre la diversidad de las macroalgas y los procesos de monitoreo en la playa.

Unido a la adquisición de conocimientos disciplinares de la mayoría, el taller y el trabajo de monitoreo en la playa impulsó a las y los participantes a aprender qué observar para distinguir la diversidad en la materia vegetal en el arribazón. La «ceguera por las plantas» (Achurra, 2022) o la disparidad en la apreciación por las plantas (Parsley, 2020) sugiere que las personas notamos más a los animales que a estas; y esto fue evidente en las ideas iniciales sobre las algas que tenía la mayoría. Desde el punto de vista biológico, Achurra (2022) explica que las plantas crean un panorama visual homogéneo verde, y para el ojo humano esto puede dificultar la diferenciación de especies. Aunque las macroalgas no son plantas, normalmente siguen un patrón homogéneo dentro del arribazón, lo que supone una barrera para ser percibidas por el ser humano y un fenómeno que podría investigarse en participantes de CC.

Entre los hallazgos, destacó la interrelación y reciprocidad que se produjo entre los conocimientos disciplinares y las habilidades científicas para el trabajo de campo, un proceso que cimentó sus aprendizajes y podría investigarse más a fondo en otros proyectos. Por ejemplo, la identificación de macroalgas y otras especies vegetales impulsó su conocimiento taxonómico. De forma similar, Bruckermann et al. (2022) concluyeron que las habilidades para el razonamiento científico pueden ser aprendizajes que, en paralelo, estimulen la adquisición de conocimiento disciplinar. Por otro lado, verse a sí mismo, y por otros, como competente en los temas abordados puede estimular o fortalecer su identificación con la ciencia y manifestaciones de agencia ambiental (Ballard et al., 2017).

Por otro lado, el razonamiento lógico para ligar los objetivos científicos y las actividades prácticas en el protocolo de investigación fue limitado. Fueron parte de un proceso científico y adquirieron aprendizajes, aún sin tener una comprensión profunda de por qué se implementó ese proceso para la obtención de los datos. Abrahams et al. (2011) encontraron que el trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias en la escuela puede ser más mecánico que mental, por lo que el andamiaje para el trabajo conceptual puede estar ausente. Por otro lado, en *Ciencia en Acción*, los objetivos no estuvieron enfocados en hacer ese acompañamiento conceptual explícitamente, aunque es una oportunidad latente para iniciativas de CC que impulsan la participación del público a través de la recolección de datos.

El desarrollo de habilidades y la aplicación del rigor científico sugerido influyen en la generación de datos confiables para la investigación (Theobald et al., 2015). También influye la percepción de los participantes sobre el potencial de los datos para la investigación (Wardlaw et al., 2022). En este sentido, las y los jóvenes obtuvieron información biológica que fue útil para desarrollar una base de datos inicial y un artículo de investigación científica (en prensa), lo que potenció una participación efectiva en CC (Lorke et al., 2021). No obstante, la sola obtención de los datos tiene menos incidencia sobre habilidades como inferir, analizar datos y comunicarlos, así como poder ser parte de la comunidad científica del proyecto (Cigliano y Ballard, 2018; Rautio et al., 2022).

En CC, además del contexto científico de las prácticas y el andamiaje, la clara comunicación del marco científico es vital (Wardlaw et al., 2022). Es importante invitar al público a tomar parte en procesos cocreativos, explícitos y reflexivos sobre lo hecho en la investigación (Lederman et al., 2019; Rautio et al., 2022), tomando los principios de la investigación-acción participativa (Senabre Hidalgo et al., 2021). En una revisión sobre cómo se enseña a hacer ciencia, Ezquerro et al. (2019) encontraron que el 58 % de los estudios escogió la investigación participativa con estudiantes y docentes; sin embargo, este estudio demuestra que también la CC puede impulsar el aprendizaje en ciencias y, a través de ella, abordar temas sociocientíficos y situarlos en contextos relevantes.

En México, la Ley General de Cambio Climático reconoce que la formación de la ciudadanía y el fomento de la investigación en temas relativos al cambio climático son instrumentos para la mitigación y el manejo de los riesgos (Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, 2012). En este sentido, las y los participantes contribuyeron a investigar sobre un tema relacionado con los efectos del cambio climático (en prensa), y generaron preguntas y propuestas básicas para atender la crisis (Cruz Sánchez et al., 2020), sumándose a los casos de CC que impulsan la participación ciudadana en iniciativas proambientales (Hadjichambi et al., 2023). En conjunto, la adquisición de conocimientos disciplinares, el desarrollo de ideas sobre la naturaleza de la ciencia y las habilidades para el razonamiento científico pueden estimular el sentido funcional de la educación científica (Ryder, 2001). En contextos en los que los recientes eventos climáticos se asocian a crisis socioambientales, la educación científica es necesaria para comprender sus consecuencias y poder usar el conocimiento disponible para tomar acciones hacia la recuperación ecológica y la resiliencia socioambiental.

El potencial transformador de la alfabetización científica y ambiental a nivel comunitario local

La adquisición de conocimientos disciplinares sobre las macroalgas también motivó cambios en las creencias y actitudes previas sobre el arribazón. En un inicio, las ideas de las y los jóvenes sobre el arribazón, especialmente entre los de Puerto Morelos, eran de desagrado y desconexión con la posibilidad de incidir positivamente en la problemática y el manejo ambiental responsable del sargazo. Reconocer las percepciones sociales sobre un recurso natural para planear e implementar procesos educativos representa un camino y una oportunidad para la conservación de los recursos costeros (Bennett, 2016; Mendoza-González et al., 2020). Al conocer más sobre los servicios ecosistémicos de las algas y los posibles alcances de la investigación en este proyecto, también ampliaron su cultura ecológica en un contexto relevante (Rodríguez Jiménez et al., 2022) y la utilizaron en procesos de socialización, que son necesarios para su conservación socioambiental (Castillo-Burguete et al., 2019) y para los planes de respuesta y resiliencia frente a los efectos del cambio climático (Hernández Velásquez et al., 2018). Partiendo de esto, otros proyectos de CC ambiental y marina podrían amplificar su impacto al movilizar el intercambio de conocimientos entre redes inter e intracomunitarias y explorar el conocimiento local de las comunidades impactadas y aledañas a los efectos del cambio climático.

CONCLUSIONES

Este estudio planteó que un proyecto de CC, enfocado en el monitoreo de arribazones de macroalgas marinas en la península de Yucatán, puede estimular la educación científica de sus participantes. La mayoría de las y los jóvenes invitados a ser parte de este estudio aprendieron sobre las macroalgas y su diversidad en los arribazones y mostraron actitudes más positivas hacia la ciencia y la naturaleza. Destacó la interrelación entre los conocimientos disciplinares adquiridos y las habilidades para el trabajo y el pensamiento científico como parte de los procesos de aprendizaje. El potencial educativo de este proyecto de CC se fortaleció a través de un taller, el acompañamiento de las científicas en el trabajo de campo y la orientación facilitada por las guías de investigación. El desarrollo del estudio *in situ* y sobre problemas locales fueron factores que impulsaron el interés y la participación. En particular, la juventud en la península de Yucatán se enfrenta a diversas barreras para acceder a una formación científica de calidad; los resultados de este estudio sugieren que los proyectos de CC marina o ambiental pueden ampliar su rango de oportunidades para la educación científica y para la educación sobre el cambio climático en la región.

LIMITACIONES

Siguiendo las recomendaciones del comité de ética, solo se invitó a jóvenes vacunados contra el virus COVID-19. En el momento en el que se condujo esta investigación, únicamente los jóvenes mayores de 15 años tenían acceso a la vacunación. Esto limitó la posibilidad de invitar a participantes más jóvenes. También, durante el trabajo de campo en la playa, el equipo de investigación observó múltiples ejemplos de aprendizaje que no pudieron ser sistemáticamente documentados. Esto significa que esta investigación ofrece una mirada parcial del potencial educativo del proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros 18 jóvenes participantes de investigación, a los facilitadores, científicos y a otros voluntarios que apoyaron el proyecto.

FINANCIAMIENTO

Esta investigación fue financiada por «Knowledge Frontiers: Programa Internacional de Investigación Interdisciplinaria 2021» de la Academia Británica (número de subvención KF5210269).

REFERENCIAS

- Abrahams, I., Reiss, M. y Sharpe, R. (2011). Getting practical – the evaluation. *School Science Review*, 93(342), 37-44. <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10024056>
- Achurra, A. (2022). Plant blindness: A focus on its biological basis. *Frontiers in Education*, 7, 963448. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.963448>
- Ballard H. L., Dixon, C. y Harris, E. (2017). Youth-focused citizen science: examining the role of environmental science learning and agency for conservation. *Biological Conservation*, 208, 65-75. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.024>
- Bennett, N. (2016). Using perceptions as evidence to improve conservation and environmental management. *Conservation Biology*, 30(3), 582-592. <https://doi.org/10.1111/cobi.12681>
- Bonney, R., Shirk, J. L., Phillips, T. B., Wiggins, A., Ballard, H. L., Miller-Rushing, A. J. y Parrish, J. K. (2014). Next steps for citizen science. *Science*, 343(6178), 1436-1437. <https://doi.org/10.1126/science.1251554>
- Bruckermann, T., Greving, H., Schumann, A., Stillfried, M., Börner, K., Kimmig, S. E., Hagen, R., Brandt, M. y Harms, U. (2022). Scientific reasoning skills predict topic-specific knowledge after participation in a citizen science project on urban wildlife ecology. *Journal of Research in Science Teaching*, 1-27. <https://doi.org/10.1002/tea.21835>
- Campbell, J., Quincy, C., Osserman, J. y Pedersen, O. (2013). Coding in-depth semistructured interviews: problems of unitization and intercoder reliability and agreement. *Sociological Methods & Research*, 42(3), 294-320. <https://doi.org/10.1177/0049124113500475>

- Castillo-Burguete, M. T., Martínez-Mateos M. y Viga-de Alva, M. D. (2019). Natural resources knowledge socialization in Yucatan, Mexico: promoting a mutually beneficial society-nature relationship. *Ecology and Society*, 24(3), 1-26.
<https://doi.org/10.5751/ES-11016-240321>
- Cigliano, J. y Ballard, H.L. (2018). The promise of and the need for citizen science for coastal and marine conservation. En J. Cigliano y H. L. Ballard (Eds.), *Citizen Science for Coastal and Marine Conservation* (pp. 3-15). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781315638966>
- Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8.ª ed.). Routledge.
- Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos. (2012). Ley General de Cambio Climático. *Diario Oficial de la Federación*, 13 de julio de 2018. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5301093
- Creswell, J. (2013). *Qualitative inquiry and research design*. SAGE Publications.
- Cruz Sánchez, G., Maldonado González, A. y Bello Benavides, L. (2020). Paradigmas mixtos: interpretativo y crítico en estudios sobre cambio climático. *Revista de Investigación Educativa de la Rediech*, 11(E712), 1-21.
https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v11i0.712
- Davis Stylinski, C. D., Peterman, K., Phillips, T., Linhart, J. y Becker-Klein, R. (2020). Assessing science inquiry skills of citizen science volunteers: a snapshot of the field. *International Journal of Science Education, Part B*, 10(1), 77-92.
<https://doi.org/10.1080/21548455.2020.1719288>
- Eitzel, M. V., Cappadonna, J. L., Santos-Lang, C., Duerr, R. E., Virapongse, A., West, S. E., Kyba, C. C., Bowser, A., Cooper, C. B., Sforzi, A., Metcalfe, A., N., Harris, E., Thiel, M., Haklay, M., Ponciano, L., Roche, J., Ceccaroni, L., Shilling, F. M., Dörler, D.,... (2017). Citizen Science Terminology Matters: Exploring Key Terms. *Citizen Science: Theory and Practice*, 2(1):1, 1-20.
<https://doi.org/10.5334/cstp.96>
- Ezquerro, A., Mafokozi Ndabishibije, J., Campillejo, A., Benítez Villamor, A. y Morcillo Ortega, J. (2019). Tendencias de las investigaciones sobre la ciencia presente en la sociedad: una revisión sistemática. *Enseñanza de las ciencias*, 37(3), 31-47.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2727>
- Flick, U. (2018). *Doing triangulation and mixed methods*. Londres: SAGE Publications Ltd.
- García Bedoya, N. M., Paca Vallejo, N. K., Bonifaz Valdez, B., Gómez Arteta, I. I. y Arista Santisteban, S. M. (2018). Investigación formativa en el desarrollo de habilidades comunicativas e investigativas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(1), 125-136.
<https://doi.org/10.18271/ria.2018.336>
- García-Sánchez, M., Graham, C., Vera, E., Escalante-Mancera, E., Álvarez-Filip, L. y Van Tussenbroek, B. I. (2020). Temporal changes in the composition and biomass of beached pelagic Sargassum species in the Mexican Caribbean. *Aquatic Botany*, 167(103275).
<https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2020.103275>
- Gouet Hiriart, C., Salazar Rodríguez, D., Riquelme Maulén, W., Rojo Almarza, A. y Opazo Bunster, D. (2022). The EXPLORA model of citizen science at schools: design and implementation in the intercultural south of Chile. *Tapuya: Latin American Science, Technology and Society*, 5(1), 211-249.
<https://doi.org/10.1080/25729861.2022.2117492>
- González Gaudiano, É. J. y Meira Cartea, P. Á. (2020). Educación para el cambio climático: ¿Educar sobre el clima o para el cambio? *Perfiles educativos*, 42(168), 157-174.
<https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.168.59464>

- Hadjichambi, D., Hadjichambis, A., Adamou, A. y Georgiou, Y. (2023). A systematic literature review of K-12 environmental Citizen Science (CS) initiatives: unveiling the CS pedagogical and participatory aspects contributing to students' environmental citizenship, *Educational Research Review*, 39. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100525>
- Hernández Velásquez, D., Cruz Sánchez, G. E. y Bello Benavides, L. O. (2018). Representaciones sociales de vulnerabilidad frente a fenómenos hidrometeorológicos de jóvenes de bachillerato. El caso de dos escuelas del Estado de Veracruz. *Trayectorias, Revista de Ciencias Sociales de la Universidad de Nuevo León*, 20(47), 103-125. <https://trayectorias.uanl.mx/public/anteriores/47/pdf/5.pdf>
- Kelemen-Finan, J., Scheuch, M. y Winter, S. (2018). Contributions from citizen science to science education: an examination of a biodiversity citizen science project with schools in Central Europe. *International Journal of Science Education*, 40(17), 2078-2098. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1520405>
- Lederman, J., Lederman, N., Bartels, S., Jimenez, J., Akubo, M., Aly, S., Bao, C., Blanquet, E., Blonder, R., Bologna Soares de Andrade, M., Buntting, C., Cakir, M., EL-Deghaidy, H., ElZorkani, A., Gaigher, E., Guo, S., Hakanen, A., Hamed Al-Lal, S., Han-Tosunoglu, C., ... (2019). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 56, 486-515. <https://doi.org/10.1002/tea.21512>
- Lorke, J., Ballard, H. L., Miller, A. E., Swanson, R. D., Pratt-Taweh, S., Jennewein, J. N., Higgins, L., Johnson, R. F., Young, A. N., Khanaposhtani, M. G. y Robinson, L. D. (2021). Step by step towards citizen science — deconstructing youth participation in BioBlitzes. *Journal of Science Communication*, 20(4), 1-21. <https://doi.org/10.22323/2.20040203>
- Lüsse, M., Brockhage, F., Beeken, M. y Pietzner, V. (2022). Citizen science and its potential for science education. *International Journal of Science Education*, 44(7), 1120-1142. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2067365>
- Marx, U., Roles, J. y Hankamer, B. (2021). Sargassum blooms in the Atlantic Ocean – From a burden to an asset. *Algal Research*, 54, 102188. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102188>
- Mendoza-González, G., Paredes-Chi, A., Méndez-Funes, D., Giraldo, M., Torres-Irineo, E., Arancibia, E. y Rioja-Nieto, R. (2021). Perceptions and social values regarding the ecosystem services of beaches and coastal dunes in Yucatán, Mexico. *Sustainability*, 13(7), 3592. <https://doi.org/10.3390/su13073592>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM). (2018). *Learning through citizen science: enhancing opportunities by design*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25183>.
- Osborne, J., Simon, S. y Collins, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Padilla, M. J. (1990). Science process skills, research matters to the science teachers-NARST. Página web. <https://narst.org/research-matters/science-process-skills> Visitado el 18-08-2021.
- Parsley, K. (2020). Plant awareness disparity: A case for renaming plant blindness. *Plants, People, Planet*, 2(6), 598-601. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10153>

- Peter, M., Diekötter, T. y Kremer, K. (2019). Participant outcomes of biodiversity citizen science projects: a systematic literature review. *Sustainability*, 11(10), 2780.
<https://doi.org/10.3390/su11102780>
- Pitt, A. N. y Schultz, C. A. (2018). Youth-based citizen science monitoring: case studies from three National Forests. *Journal of Forestry*, 116(2), 109-116.
<https://doi.org/10.1093/jofore/fvx008>
- Rautio, P., Tammi, T., Aivelo, T., Hohti, R., Kervinen, A. y Saari, M. (2022). «For whom? By whom?»: critical perspectives of participation in ecological citizen science. *Cultural Studies of Science Education*, 17, 765-793.
<https://doi.org/10.1007/s11422-021-10099-9>
- Rodríguez Jiménez, I., Miranda Rodríguez, A. y Miranda Rodríguez, L. (2022). La relevancia de la educación ambiental en el nivel medio superior en México. *Humanidades, Tecnología y Ciencia, del Instituto Politécnico Nacional*, 27.
- Rosellón-Druker, J., Calixto-Pérez, E., Escobar-Briones, E., González-Cano, J., Masiá-Nebot, L., y Córdova-Tapia, F. (2022). A review of a decade of local projects, studies and initiatives of atypical influxes of pelagic Sargassum on Mexican Caribbean coasts. *Phycology*, 2, 254-279.
<https://doi.org/10.3390/phyco2030014>
- Robledo, D., Vázquez-Delfin, E., Freile-Peigrín, Y., Vázquez-Elizondo, E., Qui-Minet, Z. y Salazar-Garibay, A. (2021). Challenges and opportunities in relation to Sargassum events along the Caribbean Sea. *Frontier in Marine Science*, 8(699664), 1-13.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2021.699664>
- Ryder, J. (2001). Identifying science understanding for functional scientific literacy. *Studies in Science Education*, 36, 1-44.
<https://doi.org/10.1080/03057260108560166>
- Senabre Hidalgo, E., Perelló, J., Becker, F., Bonhoure, I., Legris, M. y Cigarini, A. (2021). Participation and Co-creation in Citizen Science. En K. Vohland et al., *The Science of Citizen Science*. Cham: Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_11
- Stepenuck, K. E. y Green, L. T. (2015). Individual and community-level impacts of volunteer environmental monitoring: a synthesis of peer-reviewed literature. *Ecology and Society*, 20(3), 19.
<http://dx.doi.org/10.5751/ES-07329-200319>
- Theobald, E. J., Ettinger, A. K., Burgess, H. K., DeBey, L. B., Schmidt, N. R., Froehlich, H. E., Wagner, C., HilleRisLambers, J., Tewksbury, J., Harsch, M. A. y Parrish, J. K. (2015). Global change and local solutions: tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research. *Biological Conservation*, 181, 236-244.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.10.021>
- Tolmie, A. K., Ghazali, Z. y Morris, S. (2016). Children's science learning: a core skills approach. *British Journal of Educational Psychology*, 86(3), 481-97.
<https://doi.org/10.1111/bjep.12119>
- Vázquez-Delfin, E., Freile-Peigrín, Y., Salazar-Garibay, A., Serviere-Zaragoza, E., Méndez-Rodríguez, L., Robledo, D. (2021). Species composition and chemical characterization of Sargassum influx at six different locations along the Mexican Caribbean coast. *Science of The Total Environment*, 795(148852), 0-11.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148852>

- Wardlaw, J., Benavides-Lahnstein, A., Robinson, L., Lorke, J., Pratt-Taweh, S., Ghadiri Khanaposhtani, M., Ballard, H. y Burton, V. (2022). Citizen science framing and delivery models: impacts on young people's environmental science learning. *Connected Science Learning*, 4(5). <https://www.nsta.org/connected-science-learning/connected-science-learning-september-october-2022/citizen-science>
- Wichmann, C., Fischer, D., Geiger, S. M., Honorato-Zimmer, D., Knickmeier, K., Kruse, K., Sundermann, A. y Thiel, M. (2020). Promoting pro-environmental behavior through citizen science? A case study with Chilean schoolchildren on marine plastic pollution. *Marine Policy*, 141, 105035. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105035>
- Yin, R. (2018). *Case study research and applications. Design and methods* (6.^a ed.). SAGE Publications.

«Not Everything is Sargassum»: Learning from a Marine-Coastal Citizen Science Project

Ana I. Benavides Lahnstein
Angela Marmont Centre for UK
Nature,
Natural History Museum,
Londres, Reino Unido

Arely A. Paredes Chi
CONAHCYT, Facultad de Ciencias,
UMDI Sisal,
Escuela Nacional de Estudios Superiores,
Unidad Mérida, Universidad
Nacional Autónoma de México,
Yucatán, México

Ameyalli Ríos Vázquez
Escuela Nacional de Estudios Superiores,
Unidad Mérida, Universidad
Nacional Autónoma de México,
Yucatán, México

María del Carmen Galindo-De
Santiago
Escuela Nacional de Estudios Superiores,
Unidad Mérida.
Facultad de Ciencias, UMDI Sisal,
Universidad Nacional Autónoma de
México, Yucatán, México

Kaysara Khatun
Natural Resources Institute, Faculty
of Engineering & Science, University
of Greenwich. Londres, Reino Unido

Erika Vázquez Delfin
Escuela Nacional de Estudios Superiores,
Unidad Mérida, Universidad
Nacional Autónoma de México,
Yucatán, México
Centro de Investigación y de Estudios
Avanzados del Instituto Politécnico
Nacional (Cinvestav, Unidad
Mérida), Yucatán, México

Lucy Robinson
Angela Marmont Centre for UK
Nature,
Natural History Museum,
Londres, Reino Unido

Juliet Brodie
Science, Natural History Museum,
Londres, Reino Unido

Jessica Wardlaw
Angela Marmont Centre for UK
Nature, Natural History Museum,
Londres, Reino Unido

Since 2011, the abundant arrival of macroalgae, such as Sargassum, to the Yucatan Peninsula has caused severe damage to various ecosystems and the economic activities. To support future studies, biological-environmental monitoring of beach-stranded seaweed is needed. Learning opportunities to understand more about this phenomenon are also essential, especially for the youth living in the area and that face barriers to accessing quality scientific education. Shifting the existing negative views about beach-stranded seaweed and promoting a scientific understanding of the issue among locals could strengthen the actions taken towards ecological recovery and building socio-environmental resilience.

The Big Seaweed Search, Mexico: A Citizen Science Approach to Resolve Local Environmental and Societal Challenges in a Time of Global Climate Crisis addressed this issue from the perspective of citizen science (CC) and the socioeconomic and educational aspects. It featured the adaptation of *The Big Seaweed Search* (BSS) in Mexico, a UK-based marine-coastal CC programme operating since 2009. In CC, members of the public collaborate with professional scientists in a range of activities designed to support ambitious scientific studies.

During the three stages and ten months of fieldwork in Sisal, Yucatán, and in Puerto Morelos, Quintana Roo, *Ciencia en Acción: Ciudadanos Navegando en el Arribazón* (the adaptation of BSS in Mexico) went beyond particular scientific goals. This article features the science learning outcomes and attitude changes of 18 youth (aged 16-18) who participated in the first phase of the study. The youth is at the core of this educational investigation since this group is still under-researched in CC, especially in CC projects from the Global South.

Ciencia en Acción is a single case study that was implemented in two places and was guided by the following research questions: 1) What did the participants learn about seaweeds and its ecosystem services? 2) What did the participants learn regarding the scientific work they conducted? 3) What is the project's transformative potential for scientific and environmental literacy at the local community level? Pre and post-questionnaires and semi-structured interviews were employed to analyse the participants' learning outcomes.

The overall learning outcomes and attitude changes were promising. Initially, students showed limited knowledge about seaweeds. However, after the project, their responses to the post-questionnaire and the interviews showed that most of them acquired essential disciplinary knowledge related to seaweeds and the scientific focus of *Ciencia en Acción*. The positive interrelation and reciprocity between the disciplinary knowledge and

the scientific skills for fieldwork stood out among the findings. For example, the participants used knowledge about seaweed diversity and scientific skills for the monitoring work on the beach in unison, creating loops of learning to practice what to observe, how to notice the diversity of vegetal matter in the beach-stranded masses of seaweed and seagrass, and how to record their observations. Most participants also showed renewed and positive attitudes towards science and beach-stranded seaweed, including a renewed enthusiasm for science. They shifted their initially negative perspectives of beach-stranded seaweed. Some participants started using the identification guides and what they learned for other personal projects, and some said they talked to others in their community to promote more informed views of the phenomenon.

Focusing on sites and local problems relevant to participants drove interest and participation. The educational potential of this CC project was strengthened by the introductory workshop, a chance to socialise and collaborate with professional scientists, and the design of the identification and research guides. Overall, the results of this study suggest that marine and environmental CC projects can expand the range of opportunities for scientific and climate change education in the Yucatan Peninsula and serve as example for other future marine-coastal CC initiatives.

