







ÍNDICE

| El gran reto de la comunicación del Cambio Climático - Albert Bosch | 3 |
|---|------|
| El fetichismo por el PIB. Pescando con dinamita - David Padrón Marreno | 7 |
| Y el planeta sobrevivió - Davinia Moreno | 11 |
| Ciencia ciudadana: conexión entre los actores del medioambie para alcanzar la sostenibilidad - Estefanía Martín Moreno y Rocío Espada Ruíz | ente |
| Sea Clearly: una herramienta para entender las conexiones entre la contaminación marina por plásticos y la acuicultura d abierto - L.Gómez Navarro, C. Pierard, D. Lobelle, O. Zavala-Ro C. Jongedijk, D. Manral, M. Kaandorp, V. Onink, J. Richardson | |
| Océano y cambio climático antropogénico - Maria De La Fuente | 25 |
| Malasia: Concienciando a través de la experiencia y la acción - Maria Marcos | 30 |
| El impacto de los cambios climáticos en la evolución humana - Mario Modesto-Mata | 34 |
| Cambio Climático: La importancia de conectarnos en red - A. G. González, J.M. Santana- Casiano, M. González-Dávila, | |

D. González-Santana, D. Curbelo-Hernández y A. Castro-Álamo

38



Albert Bosch, Aventurero y Experto en Liderazgo

El 17 de mayo de 2010 estaba en la cima del Everest. Había conseguido culminar el proyecto "7 Summits" escalando la montaña más alta de cada continente, y alcanzar la cima del mundo.

Aparte de la satisfacción por el logro personal, sentí una intensa y auténtica responsabilidad por todo lo que tenía bajo mis pies. Todo lo que llamamos "Tierra" quedaba por debajo de mí, y suposo un cambio crucial en mi relación con el planeta.

Allí recogí toda mi evolución en consciencia ambiental, y me comprometí radicalmente en que toda mi actividad futura evitaría el impacto negativo directo en el medioambiente, conectándome al máximo con una forma de vivir sostenible y contribuyendo en todo lo que pudiera a expandir esa actitud hacia la sociedad.

Desde entoces he ido activando muchos cambios y renuncias. La primera fue mi actividad en el mundo del motor. Aparte del alpinismo, llevaba casi toda mi vida pilotanto motos o coches, y ya había participado en 9 rallies Dakar. Pero ya no podía seguir vinculado a una actividad directamente relacionada con los combustibles fósiles y otros impactos negativos en lla naturaleza. Era una actividad que me divertía enormemente y que formaba parte de mi trayectoria deportiva, de mis patrocinios, de mis amigos y de mi marca personal; pero debía renunciar a ella. No fue fácil de asumir, pero sí fue coherente y, al fin, una fuente de energía, felicidad y sentido en mi compromiso ambiental.

Solo incumplí una vez, al volver a correr el Dakar en 2015, pero en este caso para poner mi compromiso al servicio de la divulgación de la movilidad más sostenible y las energías limplias, pilotanto el primer coche 100% eléctrico en la carrera de motor más extrema del mundo (Figura 2).



Figura 2: Albert Bosch en el podio de salida del Rally Dakar 2015, siendo el primer piloto de la historia con un coche 100% eléctrico.

Esta historia personal sirve para que me tengáis situado, y también para entender un punto básico de la comunicación ambiental. Sin coherencia y ejemplaridad, será muy difícil comunicar con credibilidad e impacto real. Todas las organizaciones e instituciones se están subiendo ahora al carro de la sostenibilidad en sus mensajes, pero deberíamos diferenciar mucho entre la publicidad y el marketing o greenwashing, de la comunicación seria y creíble.

Todas mis actividades tienen como factor común la necesidad de definir y comunicar bien los conceptos para llegar a los buenos resultados. Desde esta posición aportaré aquí mi punto de vista sobre el tema que nos afecta:

¿DÓNDE FALLAMOS AL COMUNICAR?

Tenemos clarísimos los datos científicos, estudios de tendencias y posibles escenarios. Tenemos el apoyo de grandes organizaciones reconocidas por todo el mundo, como la propia ONU. Y tenemos incluso evidencias claras en nuestro día a día de la afectación del Cambio Climático en nuestra realidad.

Pero gran parte de la población continúa externa a este problema. O está totalmente despreocupada y desinteresada en el tema, o incrédula cuando no posicionada en contra. Y de la parte de los que sí lo tienen en cuenta, suele ser más a nivel teórico que aplicando realmente rectificaciones en sus hábitos o diámicas diarias.

Es un tema muy complejo de analizar, pero podemos

identificar unos puntos claros dónde falla el mensaje y/o la manera de transmitirlo:

Es una comunicación básicamente informativa y alarmista. En parte es lógico que sea así, pues hay que informar sobre la realidad y compartir con la información la gravedad de la situación.

Somos seres básicamente emocionales, y aunque los mensajes ambientales deben tener siempre una estricta base científica, deberían trabajarse mejor a nivel emocional.

Pero tanta información y miedo llega a saturar y a crear rechazo. Los humanos somos muy buenos autojustificándonos y procrastinando, y a pesar de que nos gustan los grandes mensajes y la visión del futuro, en realidad lo que nos preocupa es el corto plazo y el bienestar inmediato. A la gente normal no le interesa sentirse culpable, vivir amargada y renunciar ahora a su bienestar para una hipotética solución futura.

Somos seres básicamente emocionales, y aunque los mensajes ambientales deben tener siempre una estricta base científica, deberían trabajarse mejor a nivel emocional. El gran reto comunicativo debería enfocarse en reconocer la realidad del problema y convertirla en un enfoque de acción en positivo que persiga involucrar y empoderar más a la ciudadanía.

COMUNICAMOS CON ADICTOS

Para comunicar un reto tan inmenso, aparte de los datos científicos, debemos tener también de un conocimiento preciso del destinatario de los mensajes.

Haciendo una analogía algo radical, creo que primero deberíamos ser conscientes de que estamos dirigiéndonos a una sociedad adicta al crecimiento, y que su droga es la energía y el consumo desmedido.

Y lo primero que siempre hace un drogadicto es negar su adicción, disimularla y aparentar que está sano; rechazando y protegiéndose de cualquier mensaje que le pueda hacer sentir mal o culpable, y pretenda modificaciones en su conducta.

Pretendemos que la población en general entienda y se comprometa con la salud del planeta, cuando una inmensa mayoría de personas no se compromete ni con la salud de su propio cuerpo.

En el Cambio Climático trabajamos una problemática con efectos a medio y largo plazo, con datos científicos que se entienden racionalmente pero suelen ir en contra de las emociones; y nos dirigimos a una sociedad adicta a todo lo que es acelerador de la crisis y contrario a la solución.

COMO ENFOCAR LA COMUNICACIÓN

Lógicamente no hay una fórmula mágica para comunicar con éxito este gran reto, pero podríamos mejorar con un enfoque más segmentado y aproximado a la realidad, dejando de hablar de "Comunicación" en general y viendo los objetivos concretos que tenemos con ella.

350 años antes de cristo, Aristóteles ya dijo que para tener una buena retórica y comunicar bien, debían tenerse en cuenta los tres niveles del funcionamiento de la mente humana: el logos, el ethos y el pathos. Esto es la mente más lógica y racional (Logos), la mente

1) "LOGOS" PARA PREPARAR Y ACEPTAR.

Usar la comunicación racional con información y datos científicos para que las personas vayan entendiendo la magnitud del problema y, con ello, se vayan preparando para siguientes niveles de acción, y estén a punto par aceptar determinadas decisiones globales futuras (políticas, regulaciones, economía, emergencias, etc)

Esta comunicación debe destilarse por múltiples canales, pero debería llegar al detalle de que se informe en cada acto de consumo de productos o servicios de la huella de emisiones e impacto en el Cambio Climático o ambiental. Por ejemplo, igual que muchos productos deben llevar informaciones específicas sobre su origen, características o de peligros para la salud, podrían llevar información sobre algunos parámetros como las emisiones acumuladas, el consumo de agua que suponen, la deforestación que han provocado, etc. De este modo la comunicación racional o de datos científicos, no solo estaría en el nivel general, sino también en el concreto en cada momento que vayan a consumir.



más emocional (Pathos) y la mente más ética, creíble y basada en valores, confianza y credibilidad (Ethos)

Propongo usar esta clasificación clara y concreta de nuestro querido Aristóteles, para apuntar tres niveles de comunicación sobre el Cambio Climático:

2) "PATHOS" PARA RESPONSABILIZAR:

Dirigirse a las emociones para que las personas se motiven y actúen responsablemente en los máximos factores posibles relacionados con el Cambio Climático

Debemos ser muy buenos en este nivel de comunicación, que ya es mucho más sofisticado que comunicar puros datos para la mente racional.

Aquí podemos usar muchos elementos propios del márketing para ser eficientes. No podemos llegar a las emociones del público general con informes de expertos, gráficas, estadísticas o visiones del colapso que nadie quiere ver.

Con seriedad y rigor, pero sabiendo usar las herramientas actuales de comunicación tanto en medios tradicionales como en redes sociales, a través de embajadores, influencers, famosos, deportistas, etc (Figura 4). Hay personas, medios o formatos de comunicación que llegan y dan credibilidad al público general, y no podemos permitirnos no usarlos para nuestro fin.



Figura 4: Las redes sociales pueden convertirse en grandes aliados comunicativos también para el Cambio Climático.

Tenemos que conseguir, por ejemplo, que sea más atractivo y "tendencia" hacer Paddle surf en el mar que no ir en lancha motora; que se vea mejor un coche eléctrico que un gran 4x4 contaminante; que sea más "guay" ir en bicicleta por la ciudad que hacer grandes colas y pagar un dineral de parkings; que poner placas fotovoltaicas en el tejado sea una decisión inteligente por coste y por ser más ecológico; o que usar el tren en medias distancias sea visto como más lógico y moderno que coger el avión.

Gestionando las emociones de las personas podemos conseguir grandes resultados en el propósito de tener ciudadanos y líderes cada vez más responsables en sus hábitos cotidianos

3) "ETHOS" PARA COMPROMETERSE:

El tercer nivel de la comunicación sería enfocarse a conseguir ciudadanos altamente conscientes y comprometidos con la Crisis Climática.

Aquí se puede aprender mucho de otros movimientos sociales que han conseguido un altísimo compromiso en su causa, como el feminismo, el veganismo o el colectivo LGTBI. En temas sociales hemos conseguido grandes resultados, y ahora debemos aplicarlo a los temas ambientales

En este nivel la filosofía, el debate ético, las grandes preguntas y el "coaching" colectivo, es tan importante como la propia ciencia, y todas las disciplinas deben combinarse. Pero debemos ser conscientes de que esta comunicación no será eficiente con un enfoque masivo, y será siempre más lenta y selectiva. Aunque también debemos entender que las grandes tendencias y los cambios realmente importantes siempre han venido provocados por una minoría consciente y comprometida de la sociedad.

Por ello es bueno diferenciar entre estos tres niveles de comunicación, para poder ser eficientes en cada uno de ellos, y sabiendo que son totalmente complementarios y necesarios para llegar a resultados concretos que sumen al propósito global de generar cambios sociales, políticos y empresariales alineados con la solución, mitigación o adaptación al gran reto del Cambio Climático.

El fetichismo por el PIB. Pescando con dinamita.

David Padrón Marrero, Universidad de La Laguna, España

El conjunto de la humanidad enfrenta un complejo mosaico de riesgos interconectados de muy diversa naturaleza: ambientales, sociales, económicos, tecnológicos, de gobernanza, etc. Desafíos que afectan a todos los territorios sin excepción, y que demandan, por tanto, una acción mínimamente consensuada y coordinada a escala internacional. La naturaleza multidimensional, multisectorial, multinivel y multiactor reclama de enfoques participativos y holísticos, integrales. Las recetas parciales están abocadas, en el mejor de los casos, a ofrecer resultados muy tímidos.

Aunque las causas de este laberinto al que nos enfrentamos son variadas, no cabe duda de que entre los factores que lo han alimentado se encuentra la obsesión por el crecimiento económico, esto es, por el avance del Producto Interior Bruto (PIB). Esta macromagnitud la hemos convertido en la más destacada, cuando no única, medida del éxito de una sociedad.

PERO...¿QUÉ ES EL PIB?

El PIB o, mejor dicho, los Sistemas de Cuentas Nacionales son una cuestión relativamente reciente, moderna. En efecto, fue en 1932 cuando el Senado de Estados Unidos encargó al Departamento de Comercio, y éste a Simon Smith Kuznets, que estimase el valor del ingreso nacional. Poco después, en 1934, estas cuentas verían la luz, y se convertirían en la antesala de lo que hoy conocemos como el PIB y que, a través de la directiva *Employment Act* de 1946, pasaría a convertirse en la macromagnitud sacrosanta de la política oficial en Estados Unidos.

Y todo esto a pesar de la advertencia que lanzó, ya en 1934, el propio Kuznets a los congresistas de Estados Unidos en su primer reporte: "El bienestar de una nación difícilmente puede inferirse a partir de la medición del ingreso nacional tal como ha sido definido aquí".

Veintiocho años más tarde, en 1968, Simon Kuznets volvería a insistir en un discurso pronunciado en el Congreso estadounidense: "Hay que tener en cuenta las diferencias entre cantidad y calidad del crecimien-

to, entre sus costes y sus beneficios, y entre el corto y el largo plazo. (...) Los objetivos de más crecimiento deberían especificar de qué y para qué".

Kuznets sería distinguido en 1971 con el Nobel de Economía por sus investigaciones sobre el crecimiento económico. Pero a pesar de sus advertencias, la tasa de variación del PIB, normalmente en términos per cápita y a precios constantes para evitar el efecto distorsionador de la inflación, suele interpretarse, de manera errónea, como una medida de la prosperidad y bienestar de una sociedad.



Imagen: I Encuentro Canarias Sostenible. Avance de la Agenda Canaria 2030

La constatación de que estamos ante un escenario complejo en el que se han ido acumulando, tanto por acción como por omisión, un buen número de retos o desequilibrios de muy distinta naturaleza e interconectados, justifica el imperativo de ampliar nuestra función objetivo y superar la estrechez de miras de quiénes intentan medir el bienestar y el progreso de una sociedad, exclusivamente, a través de su PIB y su ritmo de variación a lo largo del tiempo. Por la vía de los hechos, cada vez son más las personas que

entienden la urgencia de articular agendas levantadas sobre enfoques holísticos e integrales, alejados de la idea equivocada de que la única dimensión relevante es la estrictamente económica, y dentro de ésta, el crecimiento.

CAMBIO CLIMÁTICO vs PIB

La comunidad científica internacional lleva muchos años, demasiados quizá, advirtiendo de la intensificación y proliferación de los desequilibrios ambientales asociados directamente a la acción del ser humano. Una evidencia incontestable que ha llevado a un número creciente de personas a tomar consciencia de la situación crítica en la que nos encontramos. De esta suerte, si hace unos años hablábamos de la emergencia climática como el gran reto ambiental a enfrentar, en la actualidad parece más acertado hablar de emergencia ambiental.

Entre los riesgos ambientales que suscitan una mayor preocupación figuran los eventos meteorológicos extremos, el fracaso en la lucha contra el cambio climático, los desastres naturales derivados de la acción del ser humano y la pérdida de biodiversidad. Curioso observar, además, cómo en los últimos años, antes incluso de la irrupción de la pandemia de la Covid-19, muchos expertos llamaban la atención sobre la creciente probabilidad de ocurrencia de grandes pandemias, cuya vinculación con la dimensión ambiental (pérdida de biodiversidad) la comunidad científica no se cansa de repetir.



Imagen de Kelly Sikkema

Los riesgos de naturaleza social también llevan tiempo ocupando un lugar destacado en los informes que tratan de analizar y comprender las principales tendencias y riesgos que enfrenta el conjunto de la humanidad. Aunque su incidencia depende mucho de las características del contexto, también se trata de problemas que enfrentamos todas las sociedades. Entre los más citados se encuentran la creciente desigualdad en ingresos y, sobre todo, en riqueza, la creciente polarización social, las implicaciones del creciente envejecimiento de la población, los movimientos migratorios involuntarios a gran escala, las crisis hídricas y, más recientemente, la proliferación de enfermedades infecciosas.

Entre los riesgos globales apuntados por los expertos, también figuran los de naturaleza puramente económica. Con todo, este listado suele presentar menos regularidades que los anteriores, viéndose alterado el inventario de riesgos económicos en función de la coyuntura de cada momento.

Pese a la dificultad de identificar regularidades en el listado de riesgos globales y megatendencias de naturaleza estrictamente económica, sí es verdad que se pueden entresacar algunos por encima del resto, a saber: el desempleo y subempleo, la volatilidad de los precios de alimentos y materias primas, incluidas las energéticas, el comercio ilícito, y los desequilibrios fiscales crónicos.

Con todo, hemos de subrayar que no son los problemas económicos los que ocupan los primeros puestos en los principales análisis de evaluación de riesgos. Son los de naturaleza ambiental y social, por ese orden, los que suelen copar las primeras posiciones. Por debajo, los expertos llevan años subrayando los riesgos de naturaleza tecnológica (cada vez más presentes ante el avance de las TICs y la digitalización) y de geopolítica. En quinta posición se sitúan los económicos. Un hecho, que no debe llevarnos a subvalorar la importancia de los retos y desafíos de naturaleza económica; pero que sí debe hacernos tomar consciencia de la existencia de otros que deberían recibir al menos la misma atención. Más aún, son cada vez más las voces que comparten la idea de que ha sido precisamente el habernos centrado sólo en el crecimiento económico a corto plazo lo que ha provocado la emergencia de este mosaico de riesgos planetarios.

PESCANDO CON DINAMITA

Una peligrosa obsesión por el PIB que podemos equiparar a la pesca con dinamita. Y para que se entienda, conviene aclarar a los menos familiarizados con los Sistemas de Cuentas Nacionales que esta macromagnitud no es más que una estimación del valor monetario de la corriente de bienes y servicios finales que se produce en el interior de una economía durante un período de tiempo determinado. El PIB y sus componentes (como son, por ejemplo, el consumo, la formación bruta de capital o inversión, y las exportaciones e importaciones de bienes y servicios) son, por tanto, variables flujos. Es decir, que se generan durante un determinado período de tiempo, por ejemplo, durante un trimestre (PIB trimestral) o durante un año (PIB anual).

Ese flujo que es el PIB, como lo son también la inversión o los ingresos, son generados a partir de la base patrimonial de una economía, esto es, de su riqueza o stock de capital territorial. Por su parte, el capital territorial es el conjunto de activos que, si logramos potenciar, cristalizarán en una mejora de los estándares de desarrollo y bienestar; pero si lo desatendemos, estaremos sembrando las bases del declive, de la mengua de los estándares de bienestar de la población a futuro.



"Yes, the planet got destroyed. But for a beautiful moment in time we created a lot of value for shareholders."

Imagen de Tom Toro

Esa base patrimonial sobre la que se asienta el bienestar de una sociedad la integran su capital natural, cultural y paisajístico, su capital institucional, social y relacional, así como otros activos más tradicionales, como las infraestructuras o los bienes de equipo y el capital humano. Por lo tanto, incluso para aquellas personas que solo aspiran a perpetuar el avance del PIB, debería ser una obsesión evitar que su proceso de generación no termine por minar los activos territoriales, incluidos los naturales, pues estarían poniendo en jaque la capacidad futura de seguir obteniendo flujos de producción y rentas. La pesca con dinamita puede lucir muy buenos resultados en términos de PIB (capturas) en el muy corto plazo (unos pocos años). Pero a medio y largo plazo la caída del PIB (las capturas) será inevitable y duradera, debido al daño irreversible infligido a la base patrimonial (el fondo marino, su biodiversidad, etc.).

De lo anterior se desprende otra enseñanza, a saber: que la elección de los objetivos a alcanzar y de los indicadores precisos para saber si los estamos consiguiendo es una cuestión de suma importancia. Y así nos lo recordaron hace ya más de una década Joseph E. Stiglitz, Amartya Sen, Jean-Paul Fitoussi en su libro *Medir nuestras vidas. Las limitaciones del PIB como indicador de progreso:* "Las estadísticas reflejan nuestros valores sociales y aspiraciones; lo que medimos afecta a lo que hacemos, y si medimos las cosas equivocadas, haremos cosas igualmente erradas".

Más recientemente, en el libro *El valor de las cosas*. Quién produce y quién gana en la economía global, Mariana Mazzucato vuelve a recordarnos que no sólo hemos de escoger bien lo que medimos, sino también cómo lo medimos. Insiste, además, en la idea, adelantada ya en 1969 Edward J. Mishan, que el crecimiento no sólo es una cuestión de ritmo (tasa de variación), sino también de sentido (orientación). No vale cualquier tipo de crecimiento. Y explica al lector menos familiarizado con la metodología de cálculo y los criterios contables que están detrás de la estimación del PIB, las limitaciones de los Sistemas de Contabilidad Nacional.

EN CONCLUSIÓN...

Con todo, lo anterior no debe ser interpretado como que estamos insinuando que el PIB no sirva para nada, que haya que desterrarlo. Pero sí deseamos dejar claro que entendemos que esta macromagnitud sólo debe ser utilizada para tratar de aproximarnos al valor monetario de lo que produce una economía. Y que, incluso para esta finalidad, este método de estimación tiene numerosas lagunas o puntos débiles. Además, entendemos que el PIB no puede emplearse

como el único criterio a la hora de valorar el éxito o desempeño de las sociedades. Ni siquiera debe emplearse como el indicador más importante. Más aún, compartimos con muchos expertos que ha sido precisamente esta especie de ceguera o fetichismo por el PIB lo que nos ha llevado a enfrentar un complejo mosaico de riesgos globales e interconectados de muy diversa naturaleza: sociales, ambientales, etc.

El PIB no puede emplearse como el único criterio a la hora de valorar el éxito o desempeño de las sociedades. Ni siquiera debe emplearse como el indicador más importante.

Necesitamos, en definitiva, ampliar nuestra función objetivo y, consecuentemente, hemos de dotarnos de un conjunto más amplio de indicadores, y de otras metodologías de cálculo. Ante la compleja maraña de retos y desafíos que no hemos sido capaces de atender en el transcurso de los últimos lustros, se hace complicado sobrevalorar la importancia de definir y medir el progreso de las sociedades de una manera diferente a como hemos venido haciéndolo hasta aho-

ra. La Agenda 2030 de la ONU, con sus 17 objetivos de desarrollo sostenible, sus 169 metas y su batería de indicadores pueden ser una oportunidad en este sentido.

PARA SABER MÁS

Stiglitz, J.E., Sen, A., Fitoussi, J.P. (2013). Medir nuestras vidas. Las limitaciones del PIB como indicador de progreso. Editorial RBA

Stout, Lynn (2012). The Shareholder Value Myth: How Putting Shareholders First Harms Investors, Corporations, and the Public. Berrett Keohler Publications

Mazzucato, M. (2019). El valor de las cosas. Quién produce y quién gana en la economía global, vuelve a recordarnos que no sólo hemos. Editorial Taurus

Autor de Correspondencia: David Padrón Marrero, profesor contratado doctor en la Universidad de La Laguna y Director General de Investigación y Coordinación del Desarrollo Sostenible del Gobierno de Canarias, San Cristóbal de La Laguna, España.

Email: dpadron@ull.edu.es

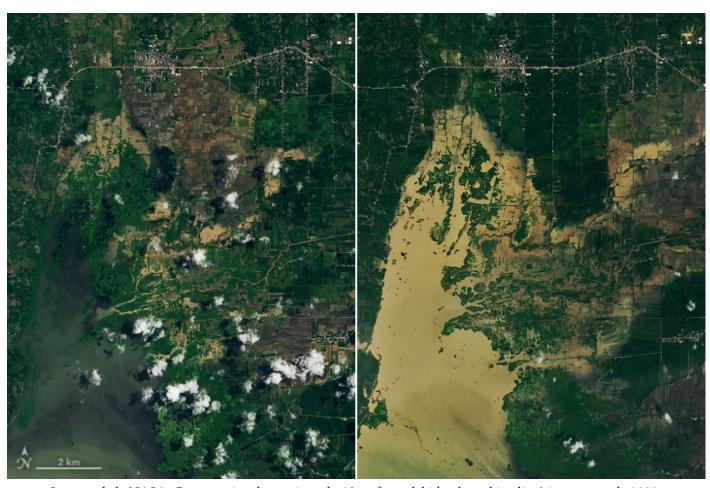


Imagen de la NASA: Comparativa de una inundación, efecto debido al cambio climático, agosto de 2022.

Y el planeta sobrevivió

Davinia Moreno, Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH), Burgos (España)

Alexander von Humboldt fue el primer científico del mundo en estudiar el efecto de la actividad humana en el medioambiente hace ya más de 200 años. Por primera vez en la historia, alguien relacionó las palabras cambio climático con ser humano y advirtió de los riesgos para el planeta, en general y, para la humanidad, en particular. Un siglo después, a finales del siglo XIX, un físico y químico sueco llamado Svante Arrhenius comenzó a estudiar la relación entre la concentración de CO2 en la atmósfera y la temperatura de la Tierra. Este científico llegó a la conclusión de que la disminución de la concentración de CO2 atmosférico provocaría un descenso de la temperatura global del planeta. Pero advertía también del efecto contrario e identificaba a la actividad industrial como la principal causa de emisión de CO2 a la atmósfera. Sus conclusiones fueron publicadas en 1896 en la revista Philosophical Magazine and Journal of Science. En aquella época, la comunidad científica no dio ninguna importancia a estas conclusiones puesto que se pensaba que los océanos podían captar el CO2 emitido por la actividad humana de forma ilimitada. Tampoco ayudó que el propio Arrhenius estimase que el planeta tardaría unos 3000 años en aumentar su temperatura en 5 ó 6 °C.

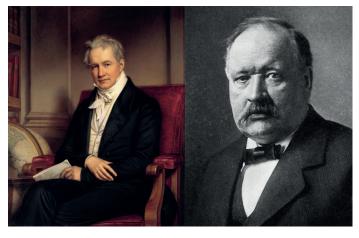


Imagen: Alexander von Humboldt (izq) y Svante Arrhenius (dcha). Fuente: Wikipedia

Sin embargo, desde principios del siglo XIX, la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo o el gas se ha convertido en el motor principal del cambio climático actual. Estas actividades han provocado un aumento de 1,1 °C con respecto a la temperatura registrada en el planeta hace un siglo, así como grandes problemas medioambientales que van más allá del calentamiento global. En pleno siglo XXI, muy pocos ponen en duda que el ser humano es el causante de esta aceleración del cambio climático y cada vez hay más activistas que luchan por revertir los efectos de nuestras actividades bajo el lema ¡Salvemos el planeta!. Pero quizá son mis ojos de geóloga o, mejor dicho, de geocronóloga, los que me hacen ver las cosas desde otra perspectiva y provocan en mí un ligero rechazo hacia ese manido lema. ¿Por qué hay que salvar el planeta? ¿Tan importantes nos creemos los humanos como para pensar que el planeta necesita que nosotros le salvemos? Somos nosotros, y las especies que conviven con nosotros, los que están en problemas, los que merecen y deben ser salvados. De no hacerlo, el planeta sobrevivirá, con o sin nosotros.

Pero no quiero alarmar a nadie ni que os creáis lo que os digo porque sí. Os propongo un viaje en el tiempo para que lleguéis a vuestras propias conclusiones. Abrochémonos los cinturones e imaginemos que vamos cómodamente sentados en un dron que sobrevuela la historia de nuestro planeta. Observemos qué pasó antes de que el ser humano comenzase a quemar combustibles fósiles y aprendamos de las lecciones del pasado para entender nuestro presente y, así, poder prepararnos mejor para el futuro.

¿QUÉ ES EL CAMBIO CLIMÁTICO?

Antes de comenzar este viaje necesitamos conocer algunas cosas para ser capaces de reconocerlas cuando las veamos. Por ejemplo, necesitamos saber qué es un cambio climático. Un cambio climático se define como la variación del sistema climático terrestre (hidrosfera, atmósfera, biosfera y geosfera) que perdura durante períodos de tiempo suficientemente largos como para alcanzar un nuevo equilibrio.

Los cambios climáticos son un fenómeno natural que

ha existido desde el inicio de la historia de la Tierra. Éstos han sido graduales o abruptos y se han originado por diversas causas como, por ejemplo, cambios en los parámetros orbitales, variaciones de la radiación solar, la tectónica de placas, periodos de vulcanismo intenso o impactos de meteoritos, entre otras causas.

LAS BIG FIVE DE LAS EXTINCIONES

A lo largo de la historia, el planeta ha sufrido cinco grandes extinciones masivas. Se las conoce como las BIG FIVE de las extinciones porque, en menos de 2,8 millones de años, han desaparecido más de las tres cuartas partes de las especies del planeta. Vamos a ver cómo se produjeron y qué consecuencias tuvieron para la Tierra cada una de ellas.

Primera extinción global (Ordovícico - Silúrico) - 443 millones de años

Hace 540 millones de años, durante el período Cámbrico, se produjo una explosión de vida en el planeta conocida como la *explosión cámbrica*. Apareció una increíble diversidad biológica en los océanos aunque, en tierra firme apenas había organismos vivos debido a la escasez de oxígeno en nuestra atmósfera. 100 millones de años después, hace unos 443 millones de años, en el límite entre los períodos Ordovícico y Silúrico, se produjo la primera extinción global del planeta.



Imagen: Primera extinción global (Ordovícico – Silúrico) – 443 millones de años. Fuente: Wikipedia

En menos de 1 millón de años, desaparecieron el 85% de las especies del planeta. Las especies de grandes invertebrados fueron las más afectadas. Parece que una glaciación podría haber cubierto de hielo al supercontinente Gondwana provocando un descenso del nivel de los océanos. Aunque también se baraja la

posibilidad de la explosión de una supernova que habría irradiado el planeta con rayos gamma. Sea cual fuese la causa, los más beneficiados de la desaparición de los grandes invertebrados fueron los primeros peces. Éstos encontraron una gran cantidad de nichos biológicos vacíos que ocuparon hasta convertirse en la forma de vida más avanzada en el periodo siguiente, el Devónico.

La conquista de la Tierra (Devónico - Carbonífero) - 367 millones de años

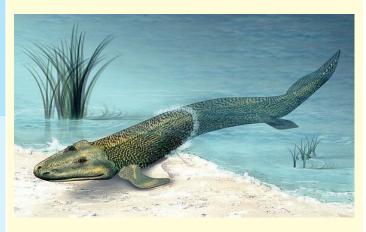


Imagen: La conquista de la Tierra (Devónico-Carbonífero) – 367 millones de años. Fuente: Wikipedia

El período Devónico es conocido como el período de los peces. En esta época, los peces se diversificaron hasta colonizar todos los ambientes acuáticos. También es el momento en el que algunos vertebrados intentaron aventurarse en tierra seca y abandonar, poco a poco, las aguas. Pero si hay algo característico de este período geológico es que el planeta se hizo verde. La colonización de la Tierra por plantas en un mundo sin herbívoros que las consumieran parece que fue la causa de la segunda gran extinción masiva del planeta. Esta explosión de vida vegetal favoreció una disminución del CO2 atmosférico que redujo el efecto invernadero y provocó un enfriamiento global. Además, las raíces de estas plantas habrían liberado nutrientes hacia los océanos, favoreciendo el crecimiento de algas que absorberían el oxígeno del agua, condenando la vida animal marina.

Durante unos 3 millones de años, en los que se sucedieron varias fases de extinción, más del 82% de las especies animales desparecieron. Las especies marinas fueron las más afectadas, así como aquellas que vivían en las latitudes más tropicales.

La gran extinción (Pérmico - Triásico) - 252 millones de años

La conocida como la *gran extinción* se produjo hace 252 millones años y fue tan devastadora que ha marcado el fin de una era. La gran extinción indica el final del Paleozoico (tierra antigua) y el comienzo del Mesozoico (tierra media). Esta tercera extinción casi acaba con la vida del planeta. El 90% de las especies marinas y el 70% de los vertebrados terrestres desaparecieron en menos de 1 millón de años.



Imagen: La gran extinción (Pérmico – Triásico) – 252 millones de años. Fuente: Wikipedia

Los avances científicos sugieren que una intensa actividad volcánica liberó a la atmósfera unos 3 billones de toneladas de CO2 provocando un cambio climático a escala global. Algunos estudios más recientes, apuntan hacia una proliferación de bacterias y algas que convirtió los océanos en sopas tóxicas e inhabitables.

El planeta sufrió muchísimo y tardó 4 millones de años en recuperarse y recuperar un mínimo de biodiversidad. Los arrecifes de coral, de sobra conocidos por todos por su fragilidad, tardaron hasta 14 millones de años en recuperar su esplendor perdido. Sin embargo, a pesar de tanto sufrimiento... ¡el planeta sobrevivió!

Extinción Triásico - Jurásico - 210 millones de años

Y, a pesar de haber sobrevivido, apenas 50 millones de años, el planeta volvió a sufrir otra gran extinción. Cuando la vida comenzaba recuperarse de la extinción anterior, un nuevo cataclismo volcánico evacuó inmensas cantidades de CO2 provocando un calentamiento del planeta y una acidificación de los océanos que fueron devastadores para la biosfera.



Imagen: Extinción Triásico - Jurásico - 210 millones de años. Fuente: Wikipedia

En el periodo Triásico, los reptiles eran la forma de vida dominante pero, en esta gran extinción, desaparecieron el 80% de las especies, permitiendo que los dinosaurios supervivientes a la extinción, se convirtieran en los reyes del Jurásico.

Extinción de los dinosaurios (Cretácico – Terciario) – 65 millones de años

Y llegamos a la extinción del planeta más famosa de la historia. Al fin y al cabo, es la que acabó con los dinosaurios. Está ampliamente aceptado que esta extinción se produjo debido al invierno nuclear que generó el impacto del asteroide Chicxulub al colisionar junto a la actual península de Yucatán. Este impacto equivaldría a la potencia de 10.000 millones de bombas atómicas y provocó un enfriamiento y oscurecimiento global que acabó con las tres cuartas partes de la vida del terrestre, especialmente con los animales de gran tamaño como los dinosaurios. Actualmente, se piensa que una actividad volcánica también pudo incrementar este enfriamiento global.



Imagen: Extinción de los dinosaurios (Cretácico – Terciario) – 65 millones de años. Fuente: Wikipedia

Pero no todo fue catastrófico. Como ya hemos dicho anteriormente, el planeta y algunas especies sobrevivieron. De hecho, gracias a la desaparición de los dinosaurios, estamos nosotros hoy aquí. Sí, has entendido bien. Tras la desaparición de los grandes reptiles, los mamíferos, animales muy pequeños que vivían bajo tierra, tuvieron la oportunidad para salir a la superficie, crecer, multiplicarse y poblar el planeta, hasta dar lugar al ser humano.

Gracias a la desaparición de los dinosaurios, estamos nosotros hoy aquí.

EN CONCLUSIÓN

En este viaje hacia el pasado hemos visto que la Tierra ha sobrevivido en cinco ocasiones a grandes cambios climáticos que, prácticamente, acabaron con la vida en el planeta. Hemos aprendido que de las cenizas resurge la vida. Es más, podríamos decir que nosotros, el ser humano, somos hijos del cambio climático. Es irónico pensar que, una especie surgida gracias a la desaparición de las tres cuartas partes de la vida en el planeta, se haya convertido en la única especie capaz de iniciar por sí misma otra gran extinción, a un ritmo mucho más acelerado de lo que la naturaleza jamás ha conseguido. Pero todavía es más irónico ver cómo esta especie no tiene miedo de las consecuencias de dejar libre y sin control a este monstruo que ha generado. Asusta pensar que muchos de nuestros congéneres ni siquiera se lo creen y lo niegan.

Esta ceguera global nos puede costar la existencia. Somos nosotros los que estamos poniendo a prueba nuestra capacidad de adaptación al cambio climático. Nosotros nos estamos convirtiendo en nuestro propio meteorito. ¿Realmente queremos protagonizar la sexta extinción masiva de la Tierra?

Pero todavía hay hueco para la esperanza. El escenario actual es muy distinto del que se dio en el pasado. Por primera vez, nos hallamos ante una crisis climática que estamos viendo venir y que podemos, si no frenar, al menos mitigar. Para ello, necesitamos la concienciación general de la población, el compromiso firme de las administraciones y el consenso global entre naciones para tomar medidas eficaces e inminentes.

PARA SABER MÁS

Hernández, J.M (2016) Cambio climático y geología. Interacciones y consecuencias a escala global. Conama2016.

Rivera-Olmos, S., Gómez-Espinosa, C., Vargas-Izquierdo, C., Tapia-Zavala, A & Guadarrama-Cruz, F.J. (2011) *Cambio climático global a través del tiempo geológico.* Investigación Universitaria Multidisciplinaria 10, 114-122



Ciencia ciudadana: conexión entre los actores del medioambiente para alcanzar la sostenibilidad

Estefanía Martín Moreno, Ecolocaliza, La Línea España Rocío Espada Ruíz, Laboratorio de Biología Marina. Universidad de Sevilla. España



Imagen del proyecto de Ciencia Ciudadana de Ecolocaliza.

La Real Academia Española define el medio ambiente como el conjunto de circunstancias o condiciones exteriores a un ser vivo que influyen en su desarrollo y en sus actividades, por tanto, el medioambiente es todo aquello que nos rodea. Una playa, un sendero de montaña y un río son parte del medioambiente, pero también lo son las ciudades y pueblos en las que vivimos. ¿Y quiénes podemos considerar los actores del medioambiente? A muy grandes rasgos podríamos decir que los actores del medioambiente son: la ciudadanía que vive y depende de él, la comunidad científica quién lo investiga para ampliar su conocimiento en distintas áreas, la comunicación quién transmite la información de todo lo relacionado con él y la política, quien toman las decisiones para gestionarlo. Pero si lo piensas detrás de todos ellos solo hay personas y si conseguimos conectar personas conseguiremos adquirir un compromiso real hacia la sostenibilidad.

Alcanzar esta conexión es un reto del siglo XXI, pero solo si se escuchan y se tienen en cuenta los avances científicos, los ciudadanos comprenderán hacia dónde nos dirigimos y votarán de forma consciente obligando a los políticos a tomar decisiones más efectivas. La ciencia ciudadana es una buena herramienta para combatir el desafío que supone esta unión.

LA CIENCIA CIUDADANA COMO HERRAMIENTA DE CONEXIÓN

Según el White Paper on Citizen Science for Europe, la ciencia ciudadana permite involucrar al público general en actividades de investigación científica en las que los ciudadanos contribuyen activamente con el aporte de su esfuerzo intelectual, el conocimiento de su entorno, o sus propias herramientas y recursos." Pero no es algo reciente. Surgió hace muchos años.

En el siglo XIX famosos científicos como Charles Darwin realizaron muchos de sus avances científicos gracias a la contribución de cientos de personas que aportaron sus observaciones obtenidas durante sus excursiones en la naturaleza y le sirvieron a Darwin para recopilar información y redactar, por ejemplo, su teoría de la evolución. Sin embargo, ha sido en el siglo XXI cuando la ciencia ciudadana ha tomado impulso por diversas razones.

La ciencia ciudadana es una forma muy rentable de obtener una gran cantidad de datos tanto espacial como temporalmente y facilita la detección de eventos raros. El acceso de la mayoría de las personas a un teléfono móvil con cámara y Gps permite disponer

de información veraz y fiable en tiempo real. Por otro lado, permite involucrar a las personas en los problemas ambientales de su entorno local, incluso calmar su preocupación por los problemas ambientales que el ser humano está causando y hacerlas formar parte de la solución. Además, promueve la evaluación pública de la investigación, desarrolla oportunidades para la transformación social y facilita la participación en la toma de decisiones políticas a través de contribuciones científicas.

En resumen, crea un escenario abierto, en red y transdisciplinar para mejorar la interacción entre los actores del medioamiente ciencia-sociedad-política, que conduce a una investigación más democrática.

¿Qué características debe tener un proyecto de ciencia ciudadana?

Cualquier proyecto que involucre ciencia y ciudadanía no se puede considerar un proyecto de ciencia ciudadana, debe cumplir una serie de aspectos que están bien definidos en el modelo de Pocock, Choosing and using citizen science de 2014 y que describimos a continuación:

- Debe ajustarse al método científico y por tanto debe responder a una pregunta científica bien definida.
- Debe haber un compromiso real de los participantes en la recopilación de datos. En muchas ocasiones se involucra a las personas simplemente con el objetivo de educarlas y concienciarlas sobre una temática concreta y esto no se podría considerar ciencia ciudadana.
- Se deben tener claros los recursos de los que depende el proyecto y el acceso a ellos. En caso negativo valorar la posibilidad de colaborar con otras entidades.
- Se debe valorar el número de voluntarios que se necesitan en el proyecto y que escala caracteriza el muestreo.
- Se debe valorar como de complejo es el método científico y sí los ciudadanos podrán participar en él de forma activa.
- Se deben valorar las razones que tendría una persona para motivarse e involucrarse con el proyecto.

UN EJEMPLO REAL: Proyecto Rorcual Común del Estrecho Oriental

Cada día crece el número de proyectos de ciencia ciudadana en diversos ámbitos y la experiencia del camino recorrido puede servir de inspiración y ejemplo para otros. Por ello vamos a contar el nuestro en el Estrecho de Gibraltar. Con el objetivo de inspirar y animar a las personas a que se involucren en proyectos de este tipo e incluso a aquellos científicos que tengan proyectos acordes con la ciencia ciudadana para que los lleven a cabo.

Las playas de La Línea de la Concepción son testigos, cada año, de un acontecimiento único. Decenas de individuos de rorcual común, la segunda ballena más grande del mundo migra desde el Mar Mediterráneo hacia el océano Atlántico deleitando a todo aquel que este en la playa preparado para vivir el momento.

Hace alrededor de 5 años, nuestro equipo comenzó una campaña de investigación con el objetivo de estudiar estas ballenas y registrar su migración. Ante la mirada curiosa de paseantes, deportistas y sobre todo niños, pasábamos horas y horas, sentadas en la playa o el paseo marítimo, prismáticos en mano, esperando el sorprendente soplo de 8 metros que caracteriza a un rorcual, una aleta o alguna evidencia de su presencia en la zona.



Rorcuales migrando por el Estrecho. Imagen de Rocío Espada.

Tal fue el interés y entusiasmo mostrado por los ciudadanos por lo que hacíamos que en 2020 decidimos crear un proyecto en el que pudiesen involucrarse personas voluntarias y nos ayudarán a ampliar esfuerzos. Así surgió el proyecto Rorcual Común del Estrecho Oriental.

Al inicio de cada temporada nuestras voluntarias adquieren los conocimientos sobre la biología y conservación de la especie, además de aprender cómo poner en práctica la metodología asociada al proyecto de investigación a través de una formación. Para que una persona no científica se pueda involucrar con la ciencia, debe tener una formación básica que la cualifique, independiente de su vida profesional y que acredite que está preparada para asumir la responsabilidad que requiere el proyecto. En esta formación los nuevos voluntarios descubren datos relevantes que incrementan su compromiso con el proyecto. Por ejemplo, que la subpoblación mediterránea de la especie a la que van a estudiar está catalogada en peligro de extinción desde marzo de este año por la organización Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y por tanto su ayuda es un impulso a favor de su conservación

proyecto un éxito. Pero no todo ha sido fácil. A lo largo de los meses nos hemos enfrentado a numerosos retos. El primero de todos es la falta de financiación para cubrir los gastos del proyecto, como los sueldos de los investigadores o el mantenimiento del material. Este proyecto se desarrolla de forma altruista por nuestro equipo. Por otro lado, es difícil mantener el número de voluntarios en el tiempo y difícil cubrir todos los turnos de avistamiento, por tanto, el esfuerzo en los muestreos se reduce. Y finalmente, debemos reconocer que en muchas ocasiones hay momentos de frustración. Aunar ciencia y ciudadanía es un proceso lento, que requiere perseverancia y tener muy claro los objetivos por los que estás luchando. Se debe tener muy claro, que los voluntarios, como su nombre indica apoyan altruistamente la producción científica y en la mayoría de las veces van cambiando con el tiempo.



Observación de cetáceos desde la costa.

Retos hasta el momento

Jornadas intensas entre sol y sombra, aprendizaje constante y sobre todo compartir las emociones de observar la segunda ballena más grande del mundo en su migración por el Estrecho han hecho de este



Voluntarios durante una formación.

Resultados: enseñar a observar

En el ámbito de la investigación ha sido posible registrar una media de 200 rorcuales entre la primavera y el verano y al menos 250 avistamientos de otras especies como el delfín común. Estos datos junto a toda la información registrada durante el proyecto forman parte de una tesis doctoral y numerosas publicaciones científicas, que se están desarrollando actualmente y que pondrán sobre la mesa las amenazas a las que se enfrentan las ballenas durante su migración y en el mismo hábitat de los delfines. Estos resultados tienen como objetivo la propuesta de mejoras de su estado de conservación a través del incremento del grado de protección en una zona catalogada como zona de especial conservación (ZEC Estrecho Oriental).

El proyecto está dando otros resultados muy valiosos. Hemos enseñado a las personas a observar tanto a los voluntarios ya formados que participan de forma activa en el proyecto, como a todas las personas que han pasado por allí diariamente, las cuales han descubierto un nuevo recurso natural en su ciudad, interesándose por conocerlo y protegerlo. Ahora están alerta, durante sus paseos por la playa observan, pudiendo avistar cetáceos y lo más importante: son capaces de detectar si están en problemas. Por otro lado, es especialmente gratificante cuando la gente del mar se acerca a ti; personas mayores que te cuentan sus vivencias y que te agradecen el trabajo que estás haciendo porque cuando ellos trabajaban en el mar, veían muchos cetáceos y ahora, te dicen: "ya todo está cambiando".



Rorcual común. Imagen de Estefanía Martín.

Y entre esos ciudadanos, también hemos conseguido atraer la atención de la prensa local, incluso a algunos de nuestros políticos que ya están interesados, al menos, en informarse del tema. Por tanto, en nuestro caso, las ballenas han sido un nexo de unión entre los distintos actores del medioambiente, pero realmente hay muchos otros temas que también pueden actuar conectando personas, aunando ciencia, sociedad, comunicación y política. Es una cuestión de ganas.

CONCLUSIONES

La ciencia demuestra lo que está pasando con evidencias científicas que deben ser traducidas a un lenguaje que cualquier persona puede comprender. Por consiguiente, podrá ejercer presión a favor de la sostenibilidad en base a una opinión bien argumentada, forzando a los políticos a que tomen decisiones sensatas y eligiendo a los medios de comunicación que se apoyen en información veraz y con base científica.

Aunque por desgracia, esto no ocurra la mayoría de las veces por falta de libertad en el periodismo.

A través de la ciencia ciudadana cualquier persona puede acceder a la ciencia, experimentarla en primera persona y entenderla.

En nuestro caso, ya no somos solo dos biólogas estudiando ballenas o decenas de publicaciones científicas dando evidencias de lo que está pasando. Ahora es una comunidad de personas cualificadas en el tema, defendiendo la conservación de las ballenas que migran por sus playas, defendiendo sus playas e incluso los recursos naturales de su ciudad. Y si nosotras lo estamos haciendo aquí, tú también puedes hacerlo desde donde estes, como voluntario o como líder de un proyecto de ciencia ciudadana.



PARA SABER MÁS

Pocock, M. J., Chapman, D. S., Sheppard, L. J., & Roy, H. E. (2014). Choosing and Using Citizen Science: a guide to when and how to use citizen science to monitor biodiversity and the environment. NERC/Centre for Ecology & Hydrology.

Serrano S. F, Holocher-Ertl T, Kieslinger B, Sanz García F, Silva CG. (2014) White Paper on citizen science for Europe. http://www.zsi.at/object/project/2340/attach/White Paper-Final-Print.pdf>. Socientize consortium.



Laura Gómez Navarro, Utrecht University, Países Bajos
Claudio Pierard, Utrecht University, Países Bajos
Delphine Lobelle, Utrecht University, Países Bajos
Olmo Zavala-Romero, Florida State University, Estados Unidos
Cleo Jongedijk, Imperial College London, Reino Unido
Darshika Manral, Utrecht University, Países Bajos
Mikael Kaandorp, Utrecht University, Países Bajos
Victor Onink, Bern University, Suiza
Joey Richardson, Utrecht University, Países Bajos

LA PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINA-CIÓN MARINA POR PLÁSTICO

La contaminación por plástico es una amenaza para los ecosistemas marinos. Cada vez encontramos más plástico en el mar, el cual afecta a las especies marinas (e indirectamente a los humanos). Se espera que la cantidad de plástico que entra en aguas marinas aumente aún más durante los próximos años. Si continuamos con la tendencia actual, se estima que la emisión de plástico a los ecosistemas acuáticos se duplique en los próximos 10 años [1]. Consecuentemente, los impactos de esta alta presencia de plásticos en los ecosistemas marinos es un importante tema de investigación, no solo para entender cómo afecta a las especies marinas, sino también su impacto en las industrias que dependen del mar como la acuicultura. Con la importancia creciente de las granjas de acuicultura como fuente de alimentos marinos, aumenta también la relevancia de entender los impactos del plástico en las especies marinas cultivadas y del plástico de las granjas de acuicultura en los ecosistemas marinos. Por ejemplo, en las Islas Canarias, el número de instalaciones de granjas de acuicultura ha aumentado en los últimos años, especialmente en Gran Canaria y Tenerife. Ya en 2002 había 11 nuevos proyectos acuícolas esperando la autorización gubernamental para la misma localidad: Adeje (Tenerife) [2], y hoy en día hay más de 50 instalaciones en todo el archipiélago [3].

La mayor concentración de plástico marino se encuentra en zonas costeras [4]. Al mismo tiempo, el impacto del plástico marino en aguas costeras es alto, ya que es donde reside la mayor parte de la población mundial, donde hay una alta actividad económica (por ejemplo, turismo) y donde se encuentra la mayoría de la biodiversidad marina. Las partes interesadas son muchas y diversas: especies marinas protegidas, actividades turísticas y actividades relacionadas con la economía azul, incluyendo la industria de la acuicultura marina. Todas ellas operan en el mismo espacio limitado, normalmente cerca de la costa.

Durante un tiempo, la contaminación por plástico se vio como una preocupación estética para el turismo costero y como un riesgo para la vida marina; por ejemplo, animales marinos enredados en desperdicios plásticos o partes de plásticos bloqueando su sistema digestivo.

Por otro lado, recientemente se ha descubierto que la contaminación por plástico marino supone distintas amenazas para la vida marina, y consecuentemente, para la industria de la acuicultura marina. Dado que el plástico permanece en el medio marino durante mucho tiempo, puede viajar con las corrientes marinas cientos y hasta miles de kilómetros por muchas zonas del mundo. Estos plásticos duraderos que llegan a las granjas pueden por lo tanto contener contaminantes, como los contaminantes orgánicos persistentes.

Sin embargo, la llegada de partículas de plástico de zonas lejanas no son la única amenaza para las granjas. Residuos farmacéuticos y pesticidas [5], pueden ser adsorbidos por estas partículas y afectar a las especies marinas cultivadas en las granjas. Un estudio científico descubrió efectos negativos en la función reproductiva de las ostras que ingirieron partículas de microplásticos hechas de poliestireno [6]. Por lo tanto, poder identificar las regiones marinas con un riesgo alto de contaminación por plástico es clave para la industria de la acuicultura en mar abierto, no solo para proteger el ecosistema dónde están las jaulas instaladas, sino también para proteger la calidad de las especies cultivadas y la sostenibilidad económica de las empresas.



Figura 2. Montones de basura en la orilla (Fuente: Lucien Wanda, www.pexels.com).

Aunque los medios más conocidos por dónde ingresa el plástico al océano son terrestres, por ejemplo, ríos, puertos y playas, las granjas de acuicultura probablemente no son solo víctimas de esta contaminación, sino también una fuente de plásticos. Esto ocurre en granjas que son mal gestionadas e insostenibles. Algunos ejemplos de fuentes de plásticos de las instalaciones de las granjas de acuicultura son: equipo perdido, aditivos del alimento acuático y productos de salud para las especies cultivadas [7].

En algunas zonas de alta actividad de la industria de la acuicultura, a veces se puede observar que un alto porcentaje de los plásticos encontrados en playas cercanas se pueden rastrear hasta las granjas. Por ejemplo, un estudio realizado en una playa de la costa atlántica francesa encontró que un 70% de los plásticos recogidos provenían de una granja de ostras cercana [5]. Afortunadamente, esto no ocurre en todas las zonas donde hay granjas de acuicultura. El cultivo de pescado y marisco sostenible y de cero impacto ambiental es importante con la creciente demanda a causa del aumento de la población global.

Todos los estudios mencionados anteriormente muestran que no hay duda de que para todas las partes implicadas sería beneficioso tener acceso a buen método para identificar el riesgo y la propagación de la contaminación por plástico en el medio marino. Esto incluye tanto la industria de la acuicultura como las personas encargadas de la gestión del medio marino.

EL BLUE-CLOUD HACKATHON

Por todo esto nació el proyecto de Sea Clearly. Nuestro grupo de investigación en la Universidad de Utrecht (Países Bajos) lleva más de 5 años estudiando la contaminación marina por plástico a una escala global, y hemos desarrollado un amplio conocimiento de cómo se mueven los plásticos en el océano y cuáles son las fuentes y los factores que afectan el destino de los plásticos (por ejemplo, el viento, el oleaje, las corrientes, y otros como el tamaño y el tipo de plástico), tanto en mar abierto como en la costa. Decidimos entonces participar en el *Blue-Cloud* hackathon como una oportunidad para aplicar nuestros conocimientos científicos a una problemática con relevancia social y medioambiental directa, y que pudiese también ayudar a divulgar nuestra investigación.

La *Blue-Cloud* es una plataforma de ciencia abierta para desarrollar soluciones para los ecosistemas marinos combinando múltiples bases de datos. Contiene aproximadamente 10 millones de series de datos de

las principales infraestructuras europeas de bases de datos marinos. Blue-Cloud proporciona herramientas, productos y un espacio de desarrollo tecnológico, todo de acceso libre en forma de 'Laboratorios Virtuales', donde se pueden analizar datos en línea y realizar tareas de investigación de manera colaborativa. A principios de noviembre del 2021, Blue-Cloud anunció un hackathon online que consistiría en 3 semanas para desarrollar ideas y sesiones de formación para presentar la plataforma a las personas participantes. Formamos un equipo joven e internacional de científicos/as/ques de plástico marino de la Universidad de Utrecht (Países Bajos), Imperial College London (Reino Unido), la Universidad de Bern (Suiza) y Florida State University (E.E.U.U.). El evento principal del hackathon tuvo lugar del 7 al 9 de febrero del 2022. Después de 3 días intensos de hackeo, interacciones con los y las mentoras y de presentación de entregables, nuestro proyecto, Sea Clearly, ganó el primer premio del jurado de €25,000 y el premio Blue-Skies gracias al voto del público.



Figura 3. Parte del equipo de Sea Clearly visitando las instalaciones de las granjas de acuicultura en Toulon (Francia).

Creamos el prototipo de una solución que se centra en las necesidades de las partes interesadas en el mundo de la acuicultura en zonas costeras y que se ven afectadas por la contaminación marina por plástico. Hemos co-diseñado un proyecto de ciencia abierta llamado Sea Clearly que tiene como objetivo estimar el origen y el destino de los contaminantes inertes que interactúan con las jaulas de acuicultura en el Mediterráneo. Nuestro estudio de caso del hackathon se centró en la contaminación por microplásticos (partículas de plástico con un tamaño entre 0,002 y 5 mm), sin embargo, posteriormente desarrollamos aún más nuestra

herramienta para que se pudiesen usar también datos de otros contaminantes (inertes) disponibles en la plataforma *Blue-Cloud*.

EL RESULTADO FINAL

La tecnología que aceleramos durante el hackathon propone una solución para este desafío, identificando la probabilidad de que las granjas de acuicultura en lugares específicos se vean afectadas por contaminantes provenientes de la costa mediterránea. También analizamos las posibles trayectorias de los contaminantes o partículas de plástico liberados desde las granjas de acuicultura, para rastrear su destino y prevenir la contaminación futura en las áreas cercanas (especialmente las áreas marinas protegidas).

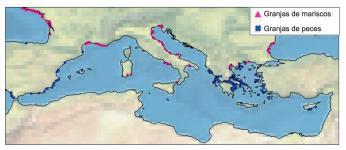




Figura 4: Ubicaciones de granjas de acuicultura en el mar Mediterráneo (panel superior) y propagación de los plásticos que llegan a una granja de acuicultura (cruz) en la región del noroeste del Mediterráneo (panel inferior).

Implementamos nuestra solución a través de la representación de las partículas de plástico y sus trayectorias con partículas virtuales mediante simulaciones de computadora, utilizando OceanParcels (www. oceanparcels.org), un marco de seguimiento de partículas de acceso libre. En las simulaciones seguimos las partículas emitidas desde la costa o desde las granjas acuícolas para estimar su impacto en la región. Liberamos estas partículas en las playas y ríos, según las últimas estimaciones de las concentraciones de plástico en el Mediterráneo [8, 9, 10]. Realizamos las simulaciones durante al menos un año para tener en cuenta los efectos estacionales. Cuando una partícula entra en contacto con una jaula de acuicultura, lo registramos como un consumo potencial por parte de las especies marinas cultivadas. Con base en esto, rea-

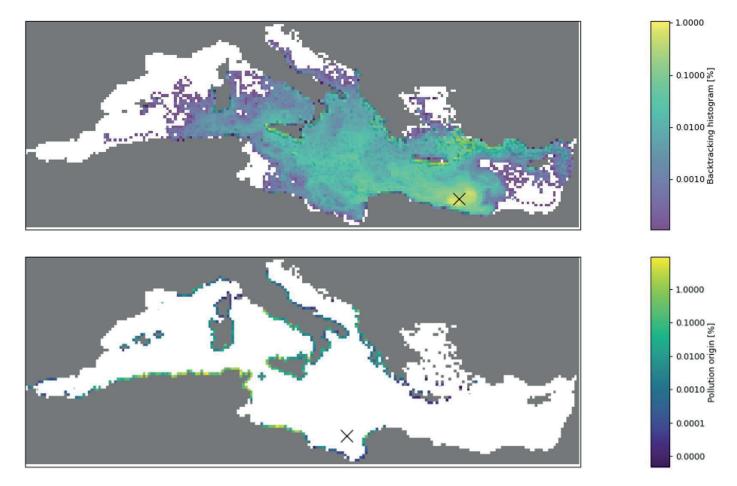


Figura 5: Ubicación potencial seleccionada para una granja de acuicultura (cruz) con el origen potencial de la contaminación calculado a partir de las corrientes oceánicas (panel superior) y las fuentes de contaminación más probables que se originan desde la costa hasta otra ubicación potencial de una granja (panel inferior).

lizamos un análisis de probabilidad para proporcionar el origen más probable de las partículas que llegan a las granjas de acuicultura. Finalmente, repetimos todo este proceso con las granjas de acuicultura como origen de la contaminación por plástico para indicar los impactos de éstas en los ecosistemas marinos cercanos.

Para dar a las partes interesadas una oportunidad completa de utilizar todo el conocimiento que adquirimos durante este proceso, también trabajamos en desarrollar una herramienta de escenarios más completa en la que se pueden seleccionar ubicaciones en el Mediterráneo y se puede realizar una evaluación del riesgo de contaminación, ya sea para una granja existente o una futura instalación que se quiera evaluar. Esto se puede utilizar para explorar ubicaciones potenciales para futuras granjas de acuicultura y proporciona información detallada sobre el doble riesgo de contaminación para los productos acuícolas, así como la contaminación de la granja a las áreas marinas protegidas locales y regionales.

Un sitio web interactivo que muestra trayectorias simuladas de contaminación por microplásticos que interactúan con granjas de acuicultura en el Mediterráneo está disponible en este momento. Este sitio web es una herramienta prototipo en continuo desarrollo que proporciona información sobre la ubicación geográfica de las granjas acuícolas en el Mediterráneo, junto con visualizaciones dinámicas del movimiento de la contaminación por microplásticos que afecta a estas granjas.

Nuestra herramienta prototipo está disponible en www.seaclearly.io y utiliza el software de visualización lagrangiana de código abierto ParticleViz. Esta herramienta además de poder ayudar a las personas del sector de la acuicultura o de gestión del medio marino, también sirve como herramienta de divulgación científica. Se pueden visualizar las trayectorias marinas que pueden tener lugar en el mar Mediterráneo, y entender que la contaminación en nuestras costas locales puede llegar a afectar más a otras que se encuentran muy lejanas.

Nuestro proyecto contribuye a la estrategia y acción de innovación de la Comisión Europea *Mission Starfish 2030*. Específicamente apoya los objetivos de 1) restaurar nuestros ecosistemas marinos y de agua dulce y 2) alcanzar una contaminación cero antes de 2030. No dude en ponerse en contacto con nosotros en <u>info.sea</u>. <u>clearly@gmail.com</u>.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a *Blue-Cloud* por financiar y apoyar este proyecto. *Blue-Cloud* fue financiado por el programa *Horizon* de la Unión Europea, convocatoria BG-07-2019-2020, tema: [A] 2019 – *Blue Cloud services*, bajo acuerdo de subvención número de 862409.

REFERENCIAS

- [1] Borrelle, S. B., Ringma, J., Law, K. L., Monnahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., ... & Rochman, C. M. (2020). Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science*, 369(6510), 1515-1518.
- [2] Pascual, J. J. (2004). Littoral fishermen, aquaculture and tourism in the Canary Islands: Attitudes and economic strategies. *Contesting the Foreshore*, 61.
- [3] Weiss, C. V., Ondiviela, B., Guinda, X., del Jesus, F., González, J., Guanche, R., & Juanes, J. A. (2018). Co-location opportunities for renewable energies and aquaculture facilities in the Canary Archipelago. *Ocean & Coastal Management*, 166, 62-71.
- [4] Morales-Caselles, C., Viejo, J., Martí, E., González-Fernández, D., Pragnell-Raasch, H., González-Gordillo, J. I., ... & Cózar, A. (2021). An insho-

- re-offshore sorting system revealed from global classification of ocean litter. *Nature Sustainability*, 4(6), 484-493.
- [5] Bringer, A., Le Floch, S., Kerstan, A., & Thomas, H. (2021). Coastal ecosystem inventory with characterization and identification of plastic contamination and additives from aquaculture materials. *Marine Pollution Bulletin*, 167, 112286.
- [6] Sussarellu, R., Suquet, M., Thomas, Y., Lambert, C., Fabioux, C., Pernet, M. E. J., ... & Huvet, A. (2016). Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proceedings of the national academy of sciences*, 113(9), 2430-2435.
- [7] Zhou, A., Zhang, Y., Xie, S., Chen, Y., Li, X., Wang, J., & Zou, J. (2021). Microplastics and their potential effects on the aquaculture systems: a critical review. *Reviews in Aquaculture*, *13*(*1*), 719-733.
- [8] Kaandorp, M. L., Dijkstra, H. A., & van Sebille, E. (2020). Closing the Mediterranean marine floating plastic mass budget: inverse modeling of sources and sinks. *Environmental science & technology*, 54(19), 11980-11989.
- [9] Meijer, L. J., van Emmerik, T., van der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Science Advances*, *7*(18), eaaz5803.
- [10] Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, *347*(6223), 768-771.

<u>Autor de Correspondencia:</u> Laura Gómez Navarro, Utrecht University, Utrecht, Países Bajos. Email: <u>l.gomeznavarro@uu.nl</u>





Maria De La Fuente, BGeoSys, Department Geoscience, Environment & Society (DGES), Université Libre de Bruxelles, 1050 Brussels, Belgium

Desde la década de 1800, el principal motor de cambio climático ha sido la emisión de gases de efecto invernadero asociado a la actividad humana (principalmente la quema de combustibles fósiles, Figura 1). Las mediciones de la NASA señalan que las concentraciones en atmósfera de dióxido de carbono y metano han aumentado desde entonces aproximadamente en un 40% y un 150%, respectivamente. El problema, es que a medida que estas aumentan, también lo hace la temperatura superficial del planeta. De hecho, en los últimos 100 años las mediciones científicas revelan un aumento inusualmente rápido de las temperaturas promedio, superando ya los 1,2 °C por encima de niveles preindustriales (1).

OCÉANOS AL RESCATE

Los océanos, junto con la biodiversidad que los habita, son un eficiente sumidero de dióxido de carbono⁽²⁾ y calor atmosférico, y representan el mayor regulador climático del planeta. Estos ecosistemas permiten regular la concentración en atmósfera de varios de los gases de efecto invernadero, almacenan cantidadescríticas del calor, y contribuyen significativamente en el transporte de energía, agua dulce y carbono, dentro del sistema climático (Figura 2).

¿Pero cómo mitigan los océanos el cambio climático?

La capacidad de los océanos para mitigar el cambio climático puede atribuirse, de manera muy simplifica-

Figura 1: Emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

da, a 3 mecanismos: (i) absorción de energía térmica (o calor)⁽³⁾, (ii) captura de dióxido de carbono atmosférico y (iii) circulación oceánica (Figura 3).

Para mantener el equilibrio natural con la atmósfera, los océanos absorben más del 90% del exceso de calor asociado a las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero. Esta capacidad se debe a que, a diferencia del aire en atmosfera, el agua líquida tiene una elevada capacidad calorífica. Esto permite a los océanos almacenar grandes cantidades de calor sin calentarse demasiado. De hecho, durante la última década, la energía acumulada en los primeros metros (a kilómetros) de la columna de agua oceánica se puede comparar con la energía generada por cinco bombas de Hiroshima explosionando cada segundo desde 1990⁽⁴⁾. Sin embargo, el aumento de la temperatura promedio de los océanos ha sido de 0,1°C en comparación con los más de 1,2°C registrados en la interfaz océano-atmosfera.

Por otro lado, los océanos capturan alrededor del 30% del dióxido de carbono antropogénico. Este proceso puede darse a través de la absorción química del gas en el agua, o bien, a través de la fotosíntesis de fitoplancton (algas microscópicas). Cuando el dióxido de carbono se disuelve en el océano, este reacciona con el agua formando ácido carbónico (H₂CO₃), que en disociar-se, libera iones de hidrógeno (H⁺). Estos iones pueden combinarse con el carbonato (CO₃²⁻) disuelto

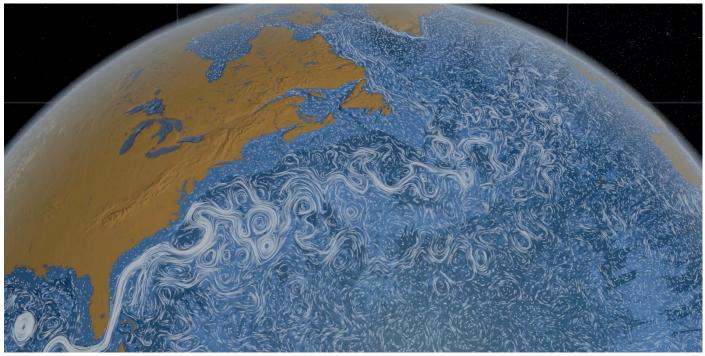


Figura 2: Circulación de corrientes oceánicas superficiales en modelo 3D de alta resolución diseñado por la NASA.

en el agua para formar bicarbonato (HCO₃-), una forma de carbono que difícilmente escapa de nuevo a la atmósfera. Por otro lado, la fotosíntesis del fitoplancton convierte el dióxido de carbono en azúcar para poder crecer al mismo tiempo que producir oxígeno. Gran parte de esta materia orgánica se recicla en la superficie del océano, ya que el fitoplancton sirve de alimento a una amplia variedad de animales marinos. En digerirlo, estos animales producen gránulos fecales que se hunden en el océano alimentando a otros animales y bacterias en profundidad. De esta manera, además de por la muerte y acumulación en el fondo oceánico de dichos animales, el carbono inicialmente atrapado por el fitoplancton llega al fondo del océano, aislándose de la atmósfera durante siglos.

Finalmente, la circulación oceánica permite transportar por todo el mundo tanto el calor como el carbono secuestrados en los océanos. La circulación oceánica, caracterizada por una componente superficial (rápida y enérgica), principalmente impulsada por el viento, y una componente profunda (y lenta), dominada por diferencias de densidad (circulación termohalina), asegura que las aguas de todo el mundo se mezclen continuamente y contrarresta la distribución desigual de radiación solar que llega a la superficie terrestre. Inicialmente las corrientes superficiales transportan agua cálida desde el ecuador hacia el norte. Esta agua se enfría a medida que avanza hacia latitudes más altas, y cuanto más se enfría más densa se vuelve, tendiendo a hundirse. Al hacerlo, el agua transporta en profundidad una importante cantidad de carbono disuelto.

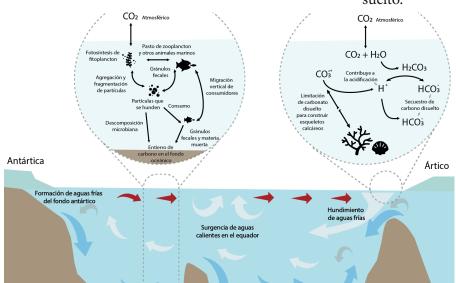


Figura 3: Principales mecanismos de regulación climática por parte de los océanos (no a escala).

Inspirado en https://ocean-climate.org/en/aware-ness/ocean-circulation

GRANDES ALIADOS CLIMÁTICOS, ¿PERO A QUÉ PRECIO?

Océanos cada vez más calientes

A medida que los océanos absorben calor, la temperatura de sus aguas aumenta. Este aumento provoca la expansión térmica del agua, que a su vez puede explicar hasta un tercio del aumento global del nivel del mar observado desde 2004. El calentamiento de los océanos también acelera el derretimiento de capas de hielo, ralentiza la absorción de dióxido de carbono atmosférico (a mayor temperatura del agua menor solubilidad del dióxido de carbono) e intensifica la evaporación de agua (favoreciendo fenómenos meteorológicos extremos). En cuanto a la vida marina, el calentamiento de los océanos pone en riesgo la supervivencia de muchos ecosistemas, entre ellos los corales, considerados los hábitats con mayor biodiversidad del océano. Por otro lado, el calentamiento de los océanos reduce la cantidad de oxígeno disuelto, pudiendo llevar a la aparición de zonas muertas (o con hipoxia). Finalmente, este calentamiento facilita la estratificación de los océanos, bloqueando el movimiento de aguas superficiales ricas en oxígeno y carbono disuelto hacia mayor profundidad. Sin una mezcla vertical de aguas, el acceso a oxigeno por parte de ciertos organismos marinos puede ser difícil o inexistente. Además, el agua superficial puede saturarse en carbono disuelto, limitando la capacidad del océano para seguir absorbiendo dióxido de carbono atmosférico.

Océanos cada vez más ácidos

La liberación de iones de hidrógeno (H⁺) durante la absorción química de dióxido de carbono (Figura 3), ha causado que desde la Revolución Industrial, el pH de los océanos haya disminuido en 0.1 unidades, o lo que es equivalente, haya aumentado su tasa de acidez en un 26%. La acidificación de los océanos pone en riesgo la supervivencia de muchos ecosistemas marinos e interfiere, por ejemplo, en el desarrollo y crecimiento de especies que construyen caparazones o esqueletos de carbonato cálcico (CaCO₃), como los corales (Figura 4). La acidificación puede afectar también a tipos de plancton, que constituyen la base de la cadena trófica de inmensurables ecosistemas marinos y son los principales responsables de la generación de oxígeno a nivel planetario. Se estima, que a finales de siglo, al menos si no se reducen las emisiones, las aguas superficiales del océano presenten niveles de acidez casi un 150% más elevado que el nivel actual.

Océanos cada vez menos predecibles

Las corrientes oceánicas son altamente sensibles al cambio climático ya que los factores que las dominan, como temperatura y salinidad del agua o fuerza de los vientos superficiales, también lo son. Recientes investigaciones revelan que el cambio climático amenaza con colapsar uno de los sistema de corrientes más importantes del Océano Atlántico⁽⁵⁾. El conocido



Figura 4: Blanqueamiento de corales debido al aumento de temperaturas y acidificación de las aguas en la Isla de Heron (Australia).

como AMOC (Circulación de Vuelco Meridional del Atlántico) es una sección de la Corriente del Golfo que transporta agua cálida desde los trópicos hacia el norte y agua fría desde el Atlántico Norte hacia el sur. La ralentización del AMOC sucede porque, al mismo tiempo que aumenta la temperatura de la superficie del océano, la capa de hielo de Groenlandia se derrite, aportando una cantidad significativa de agua dulce al Atlántico Norte. Tanto el calentamiento del agua como la disminución de su salinidad, reducen su densidad e inhiben el hundimiento de aguas superficiales, ralentizando la circulación. Ralentizar el AMOC es particularmente importante porque el ecuador recibe más energía solar que los polos. Si el océano no puede transportar dicho exceso de calor hacia el norte, entonces la atmósfera debe transportarlo a través de procesos climáticos más extremos en latitudes medias y desplazando aire frío de los polos hacia latitudes más bajas (alcanzando incluso la frontera sur de los Estados Unidos).



Figura 5: Vista aérea de lanchas pesqueras flotando en aguas sumamente contaminadas.

OCÉANOS SALUDABLES COMO GARANTIA DE SUPERVIVENCIA

Como se puede deducir a estas alturas, la evolución del clima del planeta en los próximos años dependerá, en gran medida, de la salud y el comportamiento de los océanos, que hasta el momento son poco predecibles. Es evidente, que la solución general para mitigar el cambio climático y dar un respiro a nuestros océanos en su batalla por mitigarlo, pasa por reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero. No obstante, y de manera simultánea, es necesario eliminar cualquier otra amenaza o estrés adicional a la que se vean sujetos estos ecosistemas. Desgraciadamente en la mayor parte del mundo, la conservación marina se ve obstaculizada por la oposición de los intereses de la pesca (Figura 5), el petróleo, la minería y el comercio internacional. De hecho, a día de hoy solo el 7% de los océanos del mundo tiene algún tipo de protección (aunque en su mayoría reglas débiles y con múltiples excepciones), y solo el 2,5% está altamente protegido, al menos, contra la explotación. Fuera de estas zonas, la historia del océano es de continuo agotamiento y decaimiento.

A día de hoy solo el 7% de los océanos del mundo tiene algún tipo de protección y solo el 2,5% está altamente protegido, al menos, contra la explotación.

Hasta el momento, el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 14 es la única hoja de ruta acordada universalmente para conservar y gestionar de forma sostenible nuestros mares y océanos. Bajo este paraguas de acción, el 2030⁽⁶⁾ se sitúa como el año para el cual el 30% de los océanos deberían estar totalmente protegidos (un área aproximadamente del tamaño de América del Sur, América del Norte, Europa y Rusia juntas). Pero, ¿estamos a tiempo de proteger el 30 % de los océanos para entonces?, y más importante aún, ¿es el 30% realmente suficiente para salvarlos, y salvarnos?



NO PUEDES OLVIDAR...

Las últimas investigaciones científicas revelan que, como consecuencia directa del cambio climático, las temperaturas de los océanos han alcanzado un máximo histórico, las costas se inundan con mayor regularidad y las especies marinas luchan por adaptarse a condiciones más extremas (aguas más cálidas y acidas y con menor cantidad de oxígeno). Cambios, que comprometen la salud del ecosistema y su capacidad de seguir mitigando el cambio climático.

No obstante, los océanos han estado ausentes durante demasiado tiempo en las discusiones globales sobre cambio climático y esto debe cambiar. Además, no hay que olvidar que los océanos son también un importante motor de la economía mundial, ya que permiten el transporte de más del 90% del comercio mundial y sustentan al 40% de la humanidad que vive a menos de 100 km de la costa. Reconociendo esto, es imperativo colocar los de los océanos como eje principal de la política y acción climática (Figura 6).

PARA SABER MÁS:

- (1) Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change (ipcc.ch)
- (2) Los océanos, el almacén mundial de CO2 (nationalgeographic.com.es)
- (3) Past and future ocean warming | Nature Reviews Earth & Environment
- (4) How Long Can Oceans Continue To Absorb Earth's Excess Heat? Yale E360
- (5) Climate impacts of a weakened Atlantic Meridional Overturning Circulation in a warming climate | Science Advances
- (6) The Ocean Decade The Science we need for the Ocean we want

AGRADECIMIENTOS:

Mi agradecimiento a la Universidad Libre de Bruselas (ULB, Bélgica) y al proyecto de investigación FNRS, FIESTA (ID: 9617), por el apoyo y financiación durante el desarrollo de este artículo divulgativo.

Autor de Correspondencia: Maria De La Fuente, BGeoSys, Department Geoscience, Environment & Society (DGES), Université Libre de Bruxelles, 1050 Brussels, Belgium.

Email: maria.de.la.fuente.ruiz@ulb.be

Malasia: Concienciando a través de la experiencia y la acción.

María Marcos, Bióloga marina y divulgadora ambiental especializada en Gestión y Conservación de Espacios Naturales Protegidos y Rehabilitación de Corales en Malasia.



En el mundo hay más personas de las que creemos que se preocupan por el bienestar del Planeta. Muchas veces están desperdigadas, pero en el momento en el que se ofrece una plataforma en la que compartir sus inquietudes, se demuestra que somos más de las que pensamos. Así es como ha ocurrido en el estrecho de Malacca -en Malasia- donde la creación de una nueva comunidad concienciada con su medio natural, está introduciendo un cambio en esta ciudad.

Malasia es un país que está creciendo de forma desorbitada, a muchos les sorprendería encontrar toda la tecnología e infraestructuras tan avanzadas y modernas que se pueden encontrar aquí. Todo esto mezclado con sus tradiciones, haciendo un entorno un tanto peculiar. Pero la extracción de sus recursos va de la mano de la destrucción del hábitat, lo que supone la mayor amenaza para la biodiversidad que alberga este país.

Y es que si en occidente la educación ambiental o la clasificación de residuos se puede decir que es "limitada", en este lado del mundo es sencillamente inexistente. Hay que entender que, sin concientización y sensibilización ante el entorno natural es imposible proteger ninguna especie, porque la conservación del entorno depende de la educación de las personas. Teniendo esta premisa en mente, me propuse intentar crear una comunidad que perdure en el tiempo para que las personas que viven en este lado del mundo empiecen a valorar la riqueza natural que abunda en su país.

Millas y Orillas: Uniendo ciencia y comunicación

Durante el FORO INTERNACIONAL DE CIEN-CIA, COMUNICACIÓN Y DESARROLLO SOSTE-NIBLE, fui invitada a contar mi experiencia en la Jornada 2 "Océanos y ciencia ciudadana" que tuvo lugar en Las Palmas de Gran Canaria. Aproveché la ocasión para comentar como empecé a unir la profesión a la que quería dedicarme de pequeña que era el periodismo, con la Biología, profesión a la que me ha dirigido la vida y que además se ha convertido en la filosofía de mi existencia. La Biología me dio conceptos que si hubiese estudiado solo periodismo no hubiese podido entender. Además uno de los dos masters que tengo es en Periodismo Ambiental. En el 2012 creé la web de millasyorillas.com con la finalidad de acercar el mundo natural al público en general. Entendí que había muchos conocimientos que no se traspasan a la población, porque existe una brecha entre los conocimientos y los hábitos. Para romper esta brecha se necesita la colaboración de los medios de comunicación, para que traduzcan la ciencia y nos ayuden a divulgar.

Muchas de las noticias que rellenan minutos deberían ser las que abrieran los telediarios.

Empecé esta web ya que estaba "cansada de suavismos". Las noticias relacionadas con el medio natural son tratadas (aún a día de hoy) en los medios como noticias comodín de relleno de minutos. Muchas de las noticias que rellenan minutos deberían ser las que abrieran los telediarios. La ciencia lleva advirtiendo durante años sobre la necesidad de poner más atención en ciertos temas como la acidificación de los océanos, cambio climático, expoliación de recursos, pérdida de hábitat... porque esto sí tiene una relación directa con nuestra vida en un futuro. Por este motivo empecé a hacer fotorreportajes y artículos que publicaba en la web.



Observando que en estos tiempos cada vez se lee menos, decidí encontrar una forma con la que interactuar con el público no cautivo, a través de conferencias, charlas, cursos... acercando los conceptos de los artículos y creando un vínculo con las personas. Además de crear exhibiciones de fotografías subacuáticas con la idea de sacar a las superficie el arte acuático que se esconde debajo de las aguas del mar. Y a parte de todo esto, como entiendo que solo se puede proteger aquello que se conoce de primera mano -aquello que se vive- acercó a las personas a lugares naturales para que vivan la experiencia y sientan la naturaleza con todos los sentidos, en las expediciones que organizo.



ESPECIES OCULTAMENTE A LA VISTA

Cuando me mudé a vivir a Malasia en el 2015, ansiada nuevas experiencias descubrí que cerca de donde vivo existe un centro de conservación de tortugas. Investigando descubrí que tengo el privilegio de vivir en uno de los puntos más importantes de toda la península de Malasia, ya que las playas del estrecho de Malacca es uno de los lugares elegidos por la tortuga carey para venir a poner sus huevos. Pero lo que más me sorprendió, es que los habitantes de Malacca desconocían esta información. Es por este motivo que han permitido llevar a cabo megaproyectos de construcción, eliminando las playas de anidación de estas tortugas y los manglares costeros. Actualmente, estos megaproyectos han sepultado en arena -extraída de otros lugares- grandes extensiones de arrecifes de corales, praderas marinas y ecosistemas importantes como los manglares. La pérdida de hábitat, provoca la pérdida de la zona de cría de muchas especies marinas, así como la ruptura de la cadena alimenticia y el ciclo de los nutrientes. Las consecuencias directas pueden ser observadas ya: aumento de los daños por las inundaciones y la ausencia de peces, como de otra vida marina, según testifican los pescadores del lugar.

EN BUSCA DE COCODRILOS EN EL MANGLAR

Durante la cuarentena muchas especies se atrevieron a dejarse ver por zonas que normalmente eran ocupadas por los humanos. Fue así como empezaron aparecer los cocodrilos de agua salada por los ríos de la ciudad. Yo como fan número uno de los reptiles, me moría por ver un cocodrilo en su hábitat natural y después de mucho preguntar, organizamos -con WWF y un pescador- una expedición para encontrarlos. Y no solo encontramos cocodrilos, encontramos una cantidad de fauna alucinante y una diversidad de flora que nubla los sentidos. Fue cuando me propuse acercar esta experiencia a las personas de Malacca organizando tours para que las personas sintieran y aprendieran apreciar este lugar tan cerca de sus casas. Durante esta ruta vemos el atardecer viendo como miles y miles de pájaros vuelven de su rutina diaria a sus nidos encima de los árboles en donde se encuentran a salvo de cualquier predador. Pero no acaba aquí el espectáculo, cuando volvemos por el río de noche vamos siendo guiados por las estrellas en el cielo y las luciérnagas en la ribera del río. Cientos de luciérnagas brillan a nuestro paso, convirtiéndo este momento en un show de la naturaleza. A su vez, vemos el reflejo de los ojos de los cocodrilos que nos observan desde las raíces de los manglares en la oscuridad de la noche.



DAR LA OPORTUNIDAD DE SER CIENTÍFICO POR UN DÍA

Lo bonito es ver cómo muchas personas repiten, se lo cuentan a sus familiares y amigos e invitan a más personas a vivir la experiencia, porque como muchos dicen "se reconectan con su naturaleza".

La ciencia parece que siempre está alejada de la gente

de a pie, por eso me propuse intentar acercar como los científicos toman datos para luego ofrecer resultados y recomendaciones a las administraciones. Así que cada vez que vamos en el viaje de los cocodrilos, les explico cómo deben tomar y anotar los datos, que servirá para ofrecer esta información a las partes interesadas. De esta forma se convierten en científicos por un día, y están atentos a cualquier movimiento que suceda alrededor de nuestra barca.

Mi intención es que las personas de Malacca aprendan a respetar su naturaleza, porque es la única forma de protegerla. Si la población conoce a qué amenazas se enfrenta sus especies a diario, son ellos los que tomarán acciones para evitarlo. Pero primero tienen que entender el porqué es importante la naturaleza para nosotros. Luego son ellos mismos los que proponen soluciones y entienden cuánto están dejándose perder, simplemente por desconocimiento y pasividad.



SUNGAI PROJECT - Creando una comunidad que pasa a la acción.

En el 2017 surge la idea, junto a un grupo de personas locales, de crear una comunidad de guardianes de los océanos para concienciar al máximo de personas posibles. La respuesta a esta iniciativa está siendo tan

positiva que el proyecto está tomando tanta fuerza que nos hace sentir que mereció la pena empezar. Esto está siendo la demostración de que somos más de los que creemos, los que queremos tener un impacto positivo sobre nuestro entorno.

Si queremos conservar nuestro entorno natural, debemos concienciar a las personas. Porque la conservación de las especies se basa en la educación de las personas.

Empezamos organizando limpiezas de playa, algo que a pesar de ser muy necesario no era habitual en esta ciudad. Empezamos primero un grupo de amigos, luego empezamos a postearlo para que se pudiera unir más gente y la sorpresa es que actualmente vienen muchísimas personas de diferentes edades, ámbitos y grupos sociales a ayudar. Además las personas hacen nuevos contactos, crean lazos con personas que están en la misma sintonía y se van a casa sabiendo que no están solos protegiendo el mundo natural. Eso crea unos vínculos tan fuertes que la comunidad ha crecido tanto que hace que estemos muy orgullosos

de Malacca. Pero lo más bonito es el resultado, la misión es concienciar y las personas que acuden a las limpiezas de playa, no solo se dan cuenta de la cantidad de plástico innecesario que consumimos los humanos, sino que se lo transmiten luego a sus familiares, amigos y compañeros de trabajo, creando unos buenos hábitos para la ciudad.

Obviamente, las playas nunca dejan de estar sucias, porque no hay servicio de limpieza como en España, porque el consumo de plástico no cesa y porque mucho llega flotando del mar. Pero nuestra intención es concienciar a las personas para que sean parte de la solución. Y parece, que funciona. Por eso animo a todo el mundo hacer cualquier mínima acción en su comunidad, porque se comprueba que las buenas acciones crecen y más personas de alrededor se unirán. Si en una ciudad como Malacca, se está consiguiendo concienciar a través de la acción, estoy segura que en otras partes del mundo se puede cambiar la mentalidad de la mayoría. Si queremos conservar nuestro entorno natural, debemos concienciar a las personas. Porque la conservación de las especies se basa en la educación de las personas.



El impacto de los cambios climáticos en la evolución humana

Mario Modesto-Mata,

Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH), Burgos (España)

Existe una relación íntima entre la evolución humana y los cambios climáticos que nos han afectado. Es más, sería imposible comprender cómo hemos llegado hasta aquí sin entender cómo nuestros antepasados se adaptaron por selección natural a las presiones impuestas por los cambios climáticos. Por lo tanto, vamos a emprender un viaje de los últimos 35 millones de años lleno de extinciones, adaptaciones y supervivencia.

TIEMPOS DE CALMA

El Fayum es un yacimiento egipcio con una antigüedad de 35 millones años (entre el Eoceno y Oligoceno). Esta región presentaba entonces más de 10 géneros de primates de diferente tamaño, como *Apidium, Parapithecus, Aegyptopithecus* o *Propliopithecus*. Tanto el clima como la fauna fueron relativamente estables hasta hace unos 20 millones de años, cuando se conectaron la placa tectónica africana y la euroasiática. Durante este tiempo se originan nuevos géneros de primates como *Micropithecus, Turkanapithecus, Proconsul* o *Afropithecus*. La conexión de los continentes permitió que primates como *Pliopithecus* o *Moropithecus* salieran de África, originando tiempo después en España a *Pierolapithecus*, un posible antepasado común de orangutanes, gorilas, chimpancés y humanos.



Bosque de laurisilva de Madeira. Imagen de Andrei Dimofte, CC BY 2.0

Los ecosistemas europeos del Mioceno (20-7 millones de años) eran similares a las laurisilvas asiáticas. Es decir, bosques con árboles de hoja perenne, y algunos otros asociados a climas más templados. Este paisaje permaneció invariable hasta hace unos 10 millones de años, momento en el que se dio uno de los mayores índices de biodiversidad en Europa debido a la interacción de faunas asiáticas, africanas y europeas. Por ejemplo, aparecieron primates como *Dryopithecus*, *Oreopithecus* o *Ouranopithecus* en Europa, *Ankarapithecus*, *Sivapithecuso Lufengpithecus* en Asia.

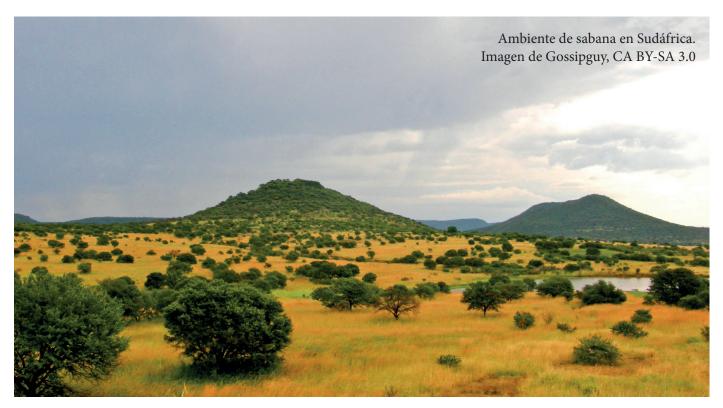
LA CORDILLERA DEL HIMALAYA

Entre hace 10 y 9 millones de años se reducen a la mitad los primates antropomorfos. Solo sobreviven *Oreopithecus* en Italia, y *Sivapithecus* y *Lufengpithecus* en el Extremo Oriente. Esta reducción se asocia a la disminución de zonas boscosas y al avance de las zonas áridas sobre Europa central y occidental, aumentando en consecuencia los espacios más abiertos.



Vista satelital de la Cordillera del Himalaya, donde se observa el desierto al norte y la selva al sur. Imagen de la NASA.

Hace 9 millones de años, la vegetación indicaba que la mitad de las especies eran ya de hoja caduca. Los inviernos eran más secos y fríos, por lo que los árboles



perdían las hojas y frutos que alimentaban a buena parte de los primates. Sin embargo, este cambio climático que convierte bosques de laurisilva perenne en bosques templados caducifolios se debió a elevación de la Cordillera del Himalaya durante el choque de la placa india con la asiática. Esta colisión aridificó el norte de la cordillera y mantuvo condiciones tropicales en el sur, lo que provocó cambios climáticos significativos en el hemisferio norte. La cordillera del Himalaya siguió creciendo y el clima se fue aridificando paulatinamente.

Entre hace 8 y 7 millones de años, el paisaje de bosques con árboles y arbustos va cambiando hacia otros dominados por gramíneas y herbáceas, abriéndose enormes praderas en todos los continentes. En este momento vivió el último antepasado común que tenemos junto con los chimpancés, por lo que la expansión de las sabanas en África fue decisiva para marcar nuestra propia línea evolutiva. Candidatos en este momento están Sahelanthropus u Orrorin, aunque el más conocido es Ardipithecus, ya dentro de nuestra línea. Esta última especie, de unos 4.4 millones de años, presentaba una combinación mixta de características bípedas (como la forma de la pelvis y la entrada de la columna vertebral en el cráneo) y arborícolas (como brazos proporcionalmente largos y el hallux o dedo gordo del pie separado del resto).

Durante el Plioceno, entre 4.2 y 2.6 millones de años, aparecen los *Australopithecus*. El clima se sigue ari-

dificando y la sabana se extiende, reduciéndose la cantidad de bosques en África. Los *Australopithecus* ya muestran unas adaptaciones más marcadas al ambiente de sabana, como es el alineamiento del *hallux* con el resto de los dedos del pie. Sin embargo, siguen mostrando proporciones de brazos y falanges curvadas adaptadas a una vida arborícola.

LAS GLACIACIONES

Hace 2.6 millones de años, en el inicio del Pleistoceno, comienzan las primeras glaciaciones como consecuencia del cambio en la inclinación del planeta sobre su eje. En el hemisferio norte se dan las fases glaciales e interglaciales, mientras que en África se dan las fases áridas y húmedas. En el hemisferio norte la estepa fría sustituyó a los bosques templado-cálidos, mientras que en el sur, el clima se hizo más estacional y el bosque mediterráneo sustituyó a las laurisilvas.

En África, la sabana y el desierto ocupaban cada vez más extensión, haciendo que los refugios arbóreos de los australopitecos estuviesen cada vez más aislados. Esto originó dos estrategias adaptativas que originaron dos grupos de homininos muy diferentes. Por un lado, aparecen los parántropos, homininos con dientes muy gruesos adaptados para la ingesta de semillas y gramíneas. Corporalmente idénticos a los australopitecos, poseían un cráneo con unas crestas muy marcadas adaptadas para mover una mandíbula con dientes enormes. En segundo lugar aparecieron los

primeros representantes del género *Homo* (como *H. habilis*), quienes poseían una dieta bastante más omnívora y variada que la presente en parántropos. La introducción de la carne mediante estrategias carroñeras permitió aumentar el cerebro y el desarrollo de herramientas de piedra.

Hace algo menos de 2 millones de años, la crisis climática se agravó debido a grandes pulsos glaciales. Aparecieron grandes extensiones de hielos en el norte de Europa, por lo que la estepa fría fue reemplazada por los bosques templados. En África se amplió la sabana seca y el desierto, por lo que las masas de bosque asociadas a la sabana entraron en regresión. Esto propició que apareciera en África un hominino diferente, H. ergaster, con unas adaptaciones plenas a ambientes de pradera abierta y una estructura corporal mucho más similar a la nuestra.

LAS SALIDAS DE ÁFRICA

La *primera salida* de África se produjo hace 1.8 millones de años, como atestigua el yacimiento georgiano de Dmanisi. El clima de esta región era moderadamente árido y con marcada estacionalidad, asociado a paisajes abiertos y con diversidad de hábitats, muy similar al que se encontraba en África. Desde el Cáucaso se desplazaron el oeste, originando a *H. antecessor*, y hacia el este, originando a *H. erectus*. Es decir, estas especies humanas serían típicamente endémicas, la primera de Europa, y la segunda de Asia.

La segunda salida de África se produjo hace unos 500.000 años. Estos humanos se agrupan en *H. heidelbergensis* o preneandertales, y su origen es también africano. Los preneandertales originan con el tiempo a los neandertales. Recientemente se ha reivindicado que la zona del Próximo Oriente pueda ser una zona de generación de especies que se distribuyan por Europa, Asia, pero también hacia África.

Por último, la *tercera salida* la protagoniza nuestra especie, *H. sapiens*. Hace unos 175.000 años salió de este continente para dispersarse por todo el planeta. Es posible que, igual que durante la segunda salida, la zona del Próximo Oriente tenga un papel relevante en el origen de nuestra especie. Sin embargo, a diferencia de todas las salidas anteriores en las que la dispersión fue realizada siguiendo los mismos ecosistemas, la salida de H. sapiens implicó atravesar diversos tipos de ecosistemas.



Campos de trigo en Finlandia. Imagen de kallerna, CC BY-SA 4.0

Hace 12.900 años cambió el clima como consecuencia del vaciado del gran lago interior americano llamado Agassiz hacia el Océano Atlántico. Esto alteró la cinta de distribución de calor del océano provocando una reorganizacion del clima. Este cambio hizo que las poblaciones se concentraran cerca de los ríos, momento en el cuál aprendieron a cultivar las semillas, iniciando la revolución Neolítica.

LITERATURA RECOMENDADA

- Agustí, J., & Antón, M. (2011). La gran migración: La evolución humana más allá de África (1st ed.). Barcelona: Editorial Crítica.
- Carbonell, E. (Ed.). (2009). *Homínidos: Las primeras ocupaciones de los continentes*. Ariel.
- Cela Conde, C. J., & Ayala, F. J. (2013). *Evolución humana: El camino hacia nuestra especie* (1st ed.). Madrid: Alianza.
- Dartnell, L. (2019). *Orígenes: Cómo la historia de la Tierra determina la historia de la humanidad* (1st ed (mayo 2019), 1ª reimpresión (junio 2019)). Barcelona: Penguin Random House Grupo Editorial España.



Cambio Climático: La importancia de conectarnos en red

Aridane G. González, J. Magdalena Santana-Casiano Melchor González-Dávila, David González-Santana David Curbelo-Hernández, Adrián Castro-Álamo

Instituto de Oceanografía y Cambio Global, IOCAG. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, ULPGC.

El cambio climático es el mayor reto para la humanidad en materia ambiental y social. La contundencia de los datos científicos mostrados por la comunidad internacional es indiscutible y se pueden ver resumidos o agrupados en los informes del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, de sus siglas en inglés). Sin embargo, la acción climática no es la prioridad de los gobiernos (a todos los niveles) para poder actuar en mitigación y en adaptación, reduciendo los niveles de dióxido de carbono (CO2) en la atmósfera y, a la vez, actuar frente a los impactos demostrados y evaluados.

Es importante describir qué se conoce como mitigación y adaptación al cambio climático. Se puede resumir la mitigación como toda actividad que tenga como resultado una disminución en la emisión de los Gases de Efecto Invernadero (GEIs) o en su concentración. Ejemplos muy sencillos son la producción energética a partir de fuentes renovables. También el aumento de los sumideros de carbono, como pueden ser los bosques o zonas verdes. Por otro lado, hablar de adaptación significa actuar en el territorio para minimizar los impactos generados por el cambio cli-

mático, y en general, sobre la vulnerabilidad del territorio. Tomar medidas de mitigación y adaptación al mismo tiempo generan mejores resultados para los territorios. Sin embargo, como en el cambio climático sus resultados no son inmediatos.

Diferencias entre emisión de gases efecto invernadero (GEIs) y concentración en la atmósfera

Para entender qué es el cambio climático y poder encontrar soluciones debemos definir claramente la diferencia entre emisión y concentración de GEIs en la atmósfera. Desde la revolución industrial, hace ya más de 200 años, la actividad humana se ha basado en la quema indiscriminada de combustibles fósiles, emitiendo a la atmósfera enormes cantidades de GEIs, principalmente dióxido de carbono (CO2). En cantidad, la humanidad emitía en 1900 menos de 5 mil millones de toneladas de CO2. En la actualidad esos valores se han multiplicado por más de 7, alcanzado valores superiores a los 35 mil millones de toneladas de CO2. Esto lo podemos observar en el registro de datos OurWorldinData (Figura 1).

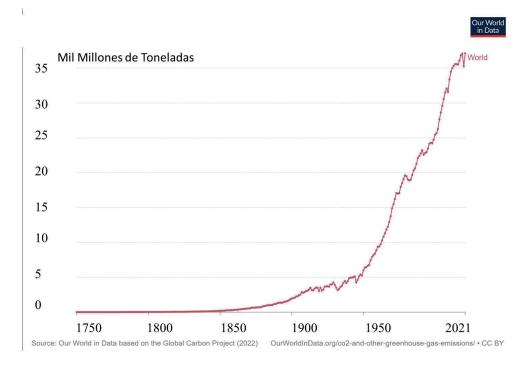


Figura 1. Emisiones anuales de CO2 en el mundo. Modificada desde Our World in Data based on the Global project.

La COVID-19, a pesar de sus dramáticas consecuencias, ofreció la oportunidad única de hacer un experimento global: ¿cuánto somos capaces de disminuir nuestras emisiones? Aquí es importante destacar que en gran parte del planeta, la energía que tenemos en casa proviene de la quema de esos combustibles fósiles. En pleno confinamiento se observó que las emisiones podían disminuir, sin embargo, a la par se alcanzaron valores máximos en la concentración de CO2 en la atmósfera (Figura 2). ¿Por qué?, pues muy simple. Las medidas de CO2 en la atmósfera reflejan valores homogéneos del gas en todo el planeta, que responde al tiempo de almacenamiento de dicho gas en la atmósfera y que es superior a los 100 años.

gcurve.ucsd.edu/), se refleja que desde hace 800 mil años la Tierra no ha experimentado nunca un cambio tan brusco de la concentración de CO2 atmosférico. Por lo tanto, no solo se trata de un problema de cantidad de GEIs sino de la combinación de eso con la velocidad del cambio que ha producido el ser humano. Con ello, los ecosistemas no tienen la capacidad de respuesta a todos los impactos asociados a ese aumento de la concentración de CO2.

El océano se convierte en esencial para amortiguar ese impacto. Una parte del CO2 que se ha emitido a la atmósfera se transfiere al océano, convirtiéndose en el gran reservorio de carbono del planeta. Así, cada año

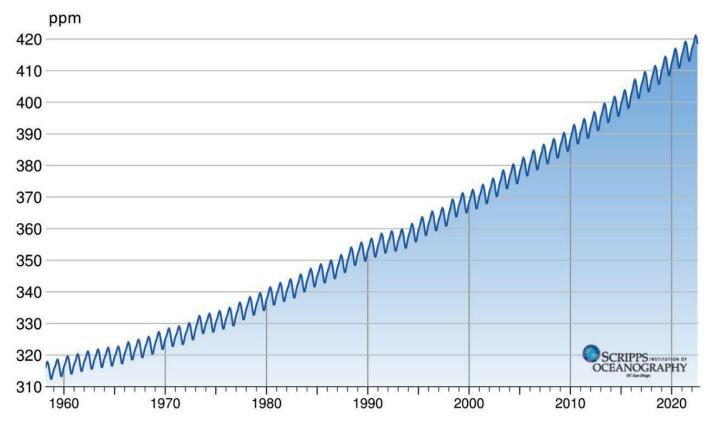


Figura 2: Evolución de la concentración de CO2 en la atmósfera. Modificada desde el Programa Scripps CO2.

Como resultado mundial, se mostró que las acciones de diminución de GEIs no pueden ser de corto plazo, tienen que ser estrategias a largo plazo para poder tener resultado en la disminución de la concentración de CO2 en la atmósfera global. No se pueden implementar solo con medidas singulares aisladas, debe haber una coordinación sistémica que englobe a países y regiones del planeta.

Si observamos el registro de CO2 en la atmósfera a partir de datos medidos desde la década de los 50 en Hawaii, junto a los reconstruidos a través de medidas en registros de hielo (por ejemplo, en <a href="https://keelin-particular.com/https://ke

se actualiza el Inventario Global del Carbono (Global Carbon Budget). El más reciente ha sido publicado este mismo año (Friedlingstein et al., 2022). Sin embargo, este papel del océano no es gratuito y tiene consecuencias muy importantes debido a que en el agua de mar se dan lugar multitud de frágiles equilibrios que definen los ciclos naturales. Para poder evaluar este impacto del cambio climático es fundamental desarrollar series de medidas de muchos parámetros físicos, químicos y biológicos que den información científica. Así, se hace fundamental observar el sistema del dióxido de carbono en el océano en largos periodos de tiempo.

Medir el cambio climático: una cuestión de redes de observación durante largos periodos de tiempo

Cuando se habla de cambio climático lo primero que debemos entender es la escala temporal a la que nos referimos. Es vital diferenciar entre tiempo y clima. El primero se refiere a la situación meteorológica putual de un lugar en un momento concreto. El segundo hace referencia a largos periodos y por ello, cuando queremos saber y conocer el impacto del cambio climático o su relación con algún fenómeno concreto, es muy importante tener medidas en largos periodos. No se puede medir en unos años para considerar que es cambio climático. Relacionar un fenómeno localizado y concreto con cambio climático es imposible sin conocer las tendencias temporales.

Así, se habla de Estaciones de Series Temporales (Time Series en inglés), que son las series de observaciones de diversos parámetros científicos en el tiempo. En el caso terrestre son lugares de referencia con diferentes sensores que miden los diferenes parámetros de interés climático en el tiempo. En el caso marino, estos sensores se suelen instalar en dos infraestructuras como son las boyas oceanográficas y los Barcos Voluntarios de Observación (VOS de sus siglas en in-

glés). Las labores de instalación y mantenimiento de los equipos técnicos en el ámbito marino son mas tediosas debido a que el océano es un medio hostil.

El gran reto científico es poder tener un número importante de series de observación en periodos de tiempo lo más largo posible para poder entender los procesos naturales y los que se deben al cambio climático. De hecho, el último informe de IOC (Integrated Ocean Carbon Research de UNESCO – Arico et al., 2021) indica que es necesario mantener las observaciones del sistema de CO2 y acidificación en el tiempo, además de generar nuevas tecnologías de observación y promover el intercambio de datos, con el fin de conocer cómo es la absorción en los océanos, su evolución en el tiempo y el impacto real en los ecosistemas.

Existen diferentes tipos de redes e infraestructuras que aglutinan medidas en el planeta, aunque en este artículo se van a resaltar algunas de ellas, especialmente las que tienen mucho interés en materia del sistema del CO2 en el mar y la acidificación océanica.

En Europa existe un programa internacional donde se van incluyendo todas las estaciones relevantes para conocer la evolución del CO2 tanto a nivel atmosfé-

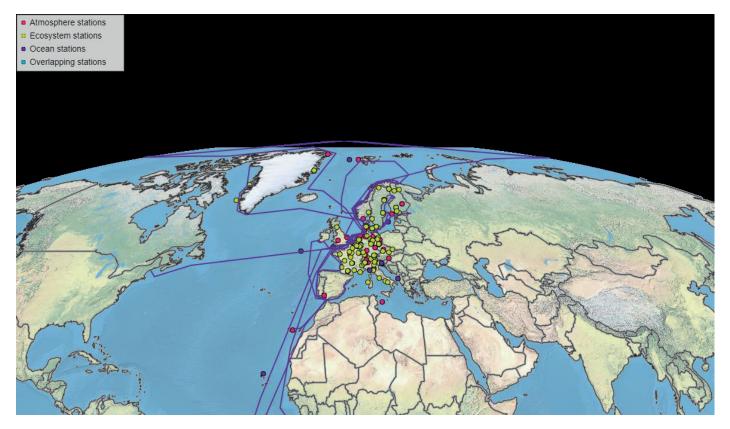


Figura 3. Mapa de estaciones y líneas de observación en el programa ICOS (https://www.icos-cp.eu/observations/station-network)



Figura 4: Red de Observación del Sistema de CO2 y Acidificación del Océano en Canarias. Financiada a través de diferentes programas como CanOA (CanBIO entre Gobierno de Canarias y Fundación Loro Parque), PLANCLIMAC (Programa Interreg MAC), GRAFCAN y PLOCAN.

rico, terrestre como marino. Esta red se llama ICOS (Integrated Carbon Observing System). Esta infraestructura europea se encarga de estandarizar los datos científicos de gases efecto invernadero. Este programa ofrece el uso de datos a la comunidad científica y a los políticos para actuar y tomar decisiones en materia de cambio climático. Destacar que esta infraestructura alberga alrededor de 140 estaciones de 14 países europeos.

En el caso de Canarias, es importante destacar la existencia de las dos estaciones más importantes de Europa. Por la parte atmosférica, la estación de Izaña (gestionada por la Agencia Estatal de Meteorlogía, AEMET) y en el océano, ESTOC (Estación de Series Temporales en el Océano de las Islas Canarias, operada por la Plataforma Oceánica de Canarias y donde el grupo QUIMA del IOCAG, ULPGC, es responsable de las medidas de CO2). Gracias al esfuerzo científico en ESTOC se han podido publicar diversos artículos científicos (Bates et al., 2014; González-Dávila et al., 2010; Santana-Casiano et al., 2011)

En los últimos años, el mismo grupo de investigación ha puesto en marcha una red de observación en Canarias a través de diferentes proyectos como CanOA (en el marco de CanBIO financiado por Fundación Loro Parque y Gobierno de Canarias) o acciones puntuales del Gobierno de Canarias (Consejería de Transición Ecológica, Lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial) o proyectos como PLAN-

CLIMAC (del programa Interreg MAC 2014-2020 Cooperación Territorial y Fondos FEDER). Esta red permitirá conocer la evolución del sistema del CO2 y la acidifcaión en las zonas costeras, que tienen una alta importancia ecológica y socio-económica.

Los datos marinos de CO2 se albergan en la plataforma SOCAT (Surface Oceano CO2 Atlas, en inglés). Para reflejar la importancia de las redes de observación, en la zona de Canarias exitían aproximadamente 27 mil datos recogidos en los últimos 30 años. Eso se ha multiplicado por 4, alcanzando aproximadamente 120 mil datos con la implantación de la red que dirije el grupo QUIMA (IOCAG, ULPGC).

En el caso de la acidificación océanica, debida a la entrada de CO2 desde la atmósfera al océano, la investigación se contempla dentro de la red GOA-ON (Global Ocean Acidificatión Observing Network, en inglés). Es una red internacional que tiene tres objetivos muy concretos: mejorar el conocimiento de la acidificación océanica global, mejorar el conocimiento sobre la respuesta de los ecosistemas a la acidificación oceánica, adquirir e intercambiar datos y conocimiento para optimizar los modelos de la acificación océanica y sus impactos. Dentro de esta red hay una enorme cantidad de boyas y líneas de observación como se ve en el mapa siguiente (Figura 5).

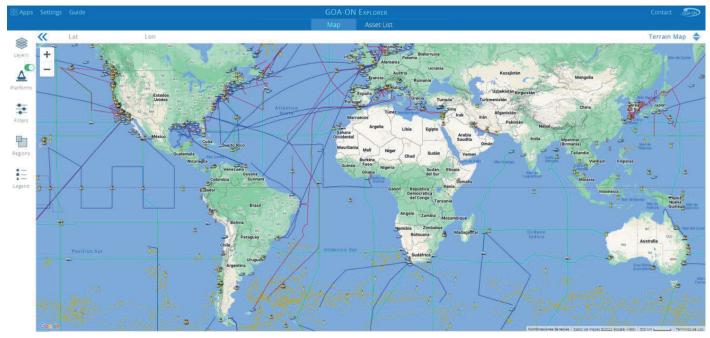


Figura 5: Mapa de estaciones de observación en la red GOA-ON (http://portal.goa-on.org/Explorer).

EN RESUMEN:

El ser humano ha provocado que las emisiones de CO2 hayan aumentado en la atmósfera a un ritmo que nunca antes se ha visto en la Tierra. Eso tiene impactos en el planeta, especialmente en los océanos. Sin embargo, para poder conocer la evolución, los impactos y poder generar medidas de gobernanza se necesitan redes internacionales. En otras palabras, conectar a través de la ciencia a todas las regiones del planeta con la sociedad y las administraciones públicas. En el caso del CO2, existen diversas redes que se han descrito aquí, donde España en general y Canarias en particular se tornan esenciales para Europa.

BIBLIOGRAFÍA

Arico, S., Wanninkhof, R., & Sabine, C. (2021). *Integrated ocean carbon research: A summary of ocean carbon research, and vision of coordinated ocean carbon research and observations for the next decade.*UNESCO-IOC. Paris, France.

Bates, N. R., et al. (2014). A time-series view of changing surface ocean chemistry due to ocean uptake of anthropogenic CO₂ and ocean acidification. *Oceanography, 27*(1), 126-141.

Friedlingstein, P., et al. (2022). Global Carbon Budget 2022. Earth System Science Data, 14(11), 4811-4900.

González-Dávila, M., et al. (2010). The water column distribution of carbonate system variables at the ESTOC site from 1995 to 2004. *Biogeosciences*, 7(10), 3067-3081.

Santana-Casiano, J. M., & González-Dávila, M. (2011). pH decrease and effects on the chemistry of seawater. In *Oceans and the atmospheric carbon content* (pp. 95-114). Springer, Dordrecht.

Autor de Correspondencia:

Aridane G. González. Instituto de Oceanografía y Cambio Global, IOCAG. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, ULPGC.

Email: aridane.gonzalez@ulpgc.es





ORGANIZA:

CON EL APOYO DE:

TRANSPORTISTA OFICIAL:























