registrar no significa ceder:
ecopedagogía digital, monitoreo costero comunitario y gobernanza de datos en costa viva

registrar não significa ceder:
ecopedagogia digital, monitoramento costeiro comunitário e governança de dados costa viva

recording does not mean surrendering:
digital ecopedagogy, community coastal monitoring, and data governance in costa viva

Carlos Busón Buesa
Professor visitante
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)
Campo Grande, MS
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-1446-2252
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.23768303

Resumen: Este artículo analiza COSTA VIVA, una aplicación web progresiva, abierta y *local first* diseñada para apoyar el monitoreo comunitario de cambios costeros con teléfonos móviles. El estudio adopta un enfoque de investigación mediante diseño sociotécnico y combina revisión estructurada de antecedentes, comparación funcional con herramientas de ciencia ciudadana y captura digital de datos, el análisis de requisitos y una validación técnica temprana en dispositivos reales. La propuesta integra observación repetible, puntos permanentes, mediciones documentadas, incertidumbre explícita, almacenamiento local e informes comunitarios. Su principio central, «registrar no significa ceder», traduce la gobernanza de datos en decisiones técnicas concretas. El pilotaje comunitario permanece en curso y este trabajo no presenta métricas de adopción, testimonios sistematizados ni resultados de impacto como evidencia concluyente.

Palabras clave: 1) Ciencia comunitaria; 2) Erosión costera; 3) Ecopedagogía digital; 4) Soberanía de datos; 5) Tecnología social.

Resumo: Este artigo analisa a COSTA VIVA, um aplicativo *web* progressivo, aberto e *local-first*, desenhado para apoiar a monitorização comunitária de alterações costeiras através de celulares. O estudo adota uma abordagem de pesquisa baseada no *design* sociotécnico e combina uma revisão estruturada de antecedentes, a comparação funcional com ferramentas de ciência cidadã e captura digital de dados, a análise de requisitos e uma validação técnica preliminar em dispositivos reais. A proposta integra a observação repetível, pontos permanentes, medições documentadas, incerteza explícita, armazenamento local e relatórios comunitários. O seu princípio central, "registar não significa ceder", traduz a governança de dados em decisões

técnicas concretas. O projeto-piloto comunitário continua em curso, razão pela qual este trabalho não apresenta métricas de adoção, testemunhos sistematizados nem resultados de impacto como evidência conclusiva.

Palavras-chave: 1) Ciência comunitária; 2) Erosão costeira; 3) Ecopedagogia digital; 4) Soberania de dados; 5) Tecnologia social.

Abstract: This article analyzes COSTA VIVA, an open, local first Progressive Web App designed to support community monitoring of coastal change using ordinary mobile phones. The study adopts a sociotechnical design research approach and combines a structured review of precedents, a functional comparison with citizen science and digital data collection tools, requirements analysis, and early technical validation on real devices. COSTA VIVA integrates repeatable observation, permanent reference points, documented measurements, explicit uncertainty, local storage, and community generated reports. Its core principle, "recording does not mean surrendering," translates data governance into concrete technical choices. Community piloting remains ongoing, and this study does not yet present adoption metrics, systematically collected testimonies, or impact outcomes as conclusive evidence.

Keywords: 1) Community science; 2) Coastal erosion; 3) Digital ecopedagogy; 4) Data sovereignty; 5) Social technology.

Introducción

Las costas constituyen territorios dinámicos en los que confluyen procesos geomorfológicos, oceanográficos, climáticos, sociales y políticos. En regiones donde la capacidad institucional de observación es discontinua o insuficiente, la erosión, la inundación costera y otras transformaciones territoriales pueden ser percibidas cotidianamente por quienes habitan esos espacios mucho antes de quedar incorporadas a series técnicas sistemáticas. Esta asimetría entre experiencia territorial y capacidad formal de documentación adquiere especial relevancia en comunidades con recursos limitados, donde el acceso sostenido a *GNSS* profesional [1], estaciones totales, drones o equipamientos oceanográficos no está distribuido de manera homogénea.

La expansión de los teléfonos móviles ha colocado cámaras, geolocalización, almacenamiento y capacidades de registro en manos de una parte creciente de la población. Sin embargo, la disponibilidad tecnológica por sí sola no resuelve el problema. Una colección de fotografías, coordenadas y vídeos dispersos no constituye automáticamente una serie comparable. La repetibilidad exige referencias, descripción del método, procedencia e incertidumbre. Al mismo tiempo, la producción digital de información plantea una segunda cuestión menos visible, pero decisiva: ¿quién controla los datos después de generarlos?

La ciencia ciudadana y el monitoreo ambiental comunitario han mostrado capacidad para ampliar la cobertura de observación y complementar sistemas institucionales, aunque también enfrentan desafíos relacionados con calidad, sostenibilidad, gobernanza y traducción de los resultados en procesos decisorios (CONRAD & HILCHEY 2011). En el ámbito costero, la participación digital puede favorecer inclusión y continuidad cuando las interfaces y los protocolos reducen barreras y hacen explícitas sus limitaciones (LUCREZI 2021).

Existen antecedentes tecnológicos especialmente relevantes. *CoastSnap* utiliza teléfonos móviles y puntos fotográficos estandarizados para construir series temporales costeras. El programa alcanzó alrededor de 200 estaciones en 21 países y demostró que imágenes comunitarias correctamente estandarizadas pueden alimentar análisis científicamente útiles de cambios de costa (HARLEY & KINSELA 2022). *CoastSat* adopta una estrategia distinta y utiliza imágenes *Landsat* y *Sentinel* para extraer series históricas de posición de línea de costa (VOS *et al.* 2019). Paralelamente, plataformas generalistas como *KoboToolbox*, *ODK* y *Epicollect5* ofrecen formularios, *GPS*, multimedia y trabajo *offline*, normalmente dentro de flujos de recolección asociados a proyectos y servidores.

[1] *GNSS* profesional se refiere al uso de equipos y métodos de posicionamiento por satélite de alta precisión orientados al mercado técnico y de ingeniería.

Estos desarrollos confirman que utilizar teléfonos comunes para producir datos ambientales no constituye una práctica marginal. Sin embargo, dejan abierta una pregunta diferente: ¿cómo diseñar un flujo específicamente costero que permita producir observaciones repetibles y, simultáneamente, evite que la propia arquitectura tecnológica presuponga que los registros deben abandonar el dispositivo y quedar bajo control de un proyecto externo?

La cuestión resulta especialmente sensible cuando la información se refiere a pueblos indígenas, territorios colectivos o lugares con valor cultural. Los principios *CARE*[2] para la gobernanza de datos indígenas proponen atender al beneficio colectivo, la autoridad para controlar, la responsabilidad y la ética, complementando principios centrados en propiedades técnicas de los datos como *FAIR*[3] (CARROLL *et al.* 2020; WILKINSON *et al.* 2016). En el monitoreo ambiental comunitario se ha advertido igualmente que la expansión de dispositivos móviles debe acompañarse de una discusión explícita sobre custodia, acceso, devolución y reutilización de la información (REYES-GARCÍA *et al.* 2022).

COSTA VIVA surge en la intersección de ambos problemas. Es una aplicación *web* progresiva, abierta y *local-first* diseñada para trabajar con teléfonos móviles comunes. No pretende sustituir levantamientos profesionales ni automatizar diagnósticos de erosión. Busca proporcionar

[2] *CARE*:

- *Collective Benefit*: Los datos deben ser utilizados de una manera que genere beneficios colectivos para los pueblos indígenas, apoyando su bienestar, desarrollo y toma de decisiones de forma directa.
- *Authority to Control*: Se reconoce el derecho y la autoridad de los pueblos indígenas para determinar cómo se recopilan, almacenan, gestionan y utilizan los datos sobre ellos, sus tierras y sus recursos (Soberanía de Datos Indígenas).
- *Responsibility*: Quienes utilicen estos datos tienen la responsabilidad de establecer relaciones transparentes y respetuosas con las comunidades de origen, demostrando cómo su uso apoya activamente las capacidades y metas de los indígenas.
- *Ethics*: El procesamiento y uso de la información debe guiarse por la ética, priorizando los derechos, el respeto mutuo, la minimización de daños y el bienestar futuro de las generaciones indígenas.

[3] *FAIR*:

- *Findable*: Los datos y sus metadatos deben ser fáciles de encontrar. Para lograrlo, deben tener un identificador único y persistente (como un DOI) y estar registrados en un buscador o catálogo público.
- *Accesibles*: Una vez que se encuentran los datos, debe quedar claro cómo se puede acceder a ellos. Esto significa que deben almacenarse mediante protocolos de comunicación estándar y abiertos (saber si son públicos, bajo registro, etc.).
- *Interopables*: Los datos deben poder integrarse y combinarse con otros conjuntos de datos. Para ello, deben utilizar un lenguaje común, formatos abiertos y terminologías estándar que compartan científicos de todo el mundo.
- *Reusables*: Los datos deben estar tan bien descritos (con metadatos claros y una licencia de uso explícita) que otros investigadores puedan usarlos en el futuro para nuevos análisis o réplicas de experimentos.

una infraestructura mínima para documentar observaciones costeras repetibles, conservarlas localmente, compararlas en el tiempo y transformarlas en informes que la propia comunidad pueda gestionar.

Su origen social se encuentra en trabajos previos realizados en La Guajira colombiana. Estudios desarrollados junto con actores comunitarios documentaron vulnerabilidad costera, resiliencia y formas locales de seguimiento en Cachaca III y el entorno de Arroyo Guerrero (BUSÓN *et al.* 2024, 2025). En una dimensión complementaria, Pérez Mendoza & Busón Buesa (2021) analizaron la percepción de la falta de agua en comunidades Wayuu mediante huellas discursivas en redes sociales, mostrando el potencial y también la mediación inherente al uso de tecnologías digitales para interpretar problemas ambientales. Pérez Mendoza, Busón Buesa & Carabalí Angola (2022) abordaron además la valoración social y cultural de territorios marino-costeros de Mayapo desde prácticas y usos vinculados a la comunidad Wayuu.

Posteriormente, «Medir para resistir» describió una práctica de monitoreo basada en mediciones periódicas con cinta, observación directa, comparación temporal y construcción de un archivo colectivo (BUSÓN BUESA 2025). Un trabajo posterior sobre Arroyo Guerrero amplió la discusión hacia agua, territorio y resistencia indígena (BUSÓN BUESA 2026d). Estas experiencias son anteriores al software y no se presentan como impactos producidos por COSTA VIVA. Constituyen el antecedente empírico que permitió identificar la necesidad de sistematizar digitalmente procedimientos sencillos sin desplazar el control de la información fuera de la comunidad.

El objetivo de este trabajo es analizar el diseño sociotécnico de COSTA VIVA como propuesta de ecopedagogía digital, monitoreo costero comunitario y gobernanza local de datos. Se plantean tres preguntas:

- qué espacio ocupa frente a herramientas consolidadas de ciencia ciudadana, observación remota y recolección digital;
- cómo se convierten principios metodológicos y de gobernanza en decisiones concretas de software, y
- qué fortalezas, límites y riesgos aparecen durante su pilotaje comunitario temprano.

La hipótesis de trabajo sostiene que democratizar el monitoreo ambiental no consiste únicamente en abaratar la captura de información. Requiere también diseñar cómo se construye la comparabilidad, quién controla los registros, en qué condiciones circulan y de qué forma pueden convertirse en memoria territorial y evidencia comprensible para quienes los producen.

Monitoreo comunitario, aprendizaje situado y gobernanza

De participar a construir conocimiento

El monitoreo comunitario puede cumplir simultáneamente funciones científicas, educativas y territoriales. La participación en una observación sistemática modifica la relación del participante con aquello que observa. Seleccionar una referencia estable, regresar periódicamente al mismo lugar, distinguir una estimación de una medición, registrar condiciones ambientales y reconocer los límites de un instrumento constituyen procesos de aprendizaje y alfabetización territorial. Esta lógica dialoga con la pedagogía problematizadora de Freire (1970), con la tradición latinoamericana de investigación participativa asociada a Fals Borda (1987) y con la ecopedagogía de Gadotti (2000). Conocer no equivale únicamente a recibir información, sino también a producirla desde problemas concretos del territorio y relacionarla con capacidad de acción. En COSTA VIVA el teléfono funciona como mediador de esa práctica, no como sustituto de la experiencia territorial.

La investigación reciente sobre monitoreo costero cocreado refuerza esta perspectiva. Bustos & Ferrelli (2026) analizaron una experiencia desarrollada durante tres años en 24 localidades y aproximadamente 1.500 kilómetros de costa de la provincia de Buenos Aires, con más de 200 participantes. Identificaron liderazgo local, diseño adaptativo, protocolos sencillos, credibilidad técnica y apropiación comunitaria como condiciones relevantes para la continuidad del sistema. Esta evidencia ayuda a situar la ecopedagogía digital más allá de una plataforma de contenidos.

En COSTA VIVA el aprendizaje pretende producirse mediante una práctica situada de lectura del territorio. El teléfono funciona como mediador de la observación, no como centro pedagógico.

De la ciencia abierta a la soberanía de datos

La ciencia abierta ha impulsado la disponibilidad y reutilización de información científica. Los principios FAIR proponen que los datos sean localizables, accesibles, interoperables y reutilizables (WILKINSON *et al.* 2016). Sin embargo, un dato técnicamente reutilizable no es necesariamente un dato cuya apertura resulte legítima en todos los contextos. Los principios CARE desplazan la atención hacia las personas y finalidades, especialmente cuando los datos están relacionados con pueblos indígenas (CARROLL *et al.* 2020). Tengö *et al.* (2021) advierten además que los conocimientos indígenas y locales deben entenderse como sistemas de conocimiento en sí mismos y no únicamente como fuentes de datos para sistemas científicos externos.

Esta distinción resulta fundamental para COSTA VIVA. El código puede ser abierto. La metodología puede ser reproducible. El esquema de datos

puede documentarse. Pero ninguna de estas decisiones obliga a publicar la coordenada de un lugar sensible ni las fotografías producidas por una comunidad. El principio «registrar no significa ceder» expresa precisamente que el acto de producir un registro no equivale a autorizar su transferencia automática a investigadores, universidades, administraciones o empresas.

Local-first como decisión sociotécnica

El paradigma *local-first* propone recuperar la agencia del usuario frente a sistemas en los que la nube constituye el lugar primario de custodia del trabajo (KLEPPPMANN *et al.* 2019). COSTA VIVA adapta esta idea a una *PWA*[4] comunitaria. Los registros se almacenan inicialmente en el dispositivo mediante *IndexedDB*[5]*.* No existe una cuenta obligatoria ni un *backend* del proyecto al que se transmitan automáticamente las observaciones.

Esta decisión produce ventajas y responsabilidades. Reduce la extracción automática de datos, pero traslada al usuario parte de la responsabilidad de conservar copias. Por ello el diseño incorpora exportaciones abiertas, paquetes ZIP, una carpeta visible cuando el navegador lo permite, indicadores de almacenamiento y recomendaciones de respaldo. La soberanía local no puede confundirse con abandono técnico. Si los datos permanecen con la comunidad, el sistema debe ayudar también a conservarlos.

Metodología

El estudio adopta un enfoque de investigación mediante diseño sociotécnico (**Figura 1**). El objeto de análisis no es todavía el impacto social de COSTA VIVA, sino la correspondencia entre problemas de monitoreo comunitario, principios de gobernanza, requisitos funcionales y decisiones observables de arquitectura e interfaz. El procedimiento combina revisión de antecedentes, comparación funcional, análisis de requisitos, documentación de decisiones de diseño y validación técnica temprana. El pilotaje comunitario continúa en curso y se mantiene metodológicamente separado de una futura evaluación de apropiación, aprendizaje o impacto.

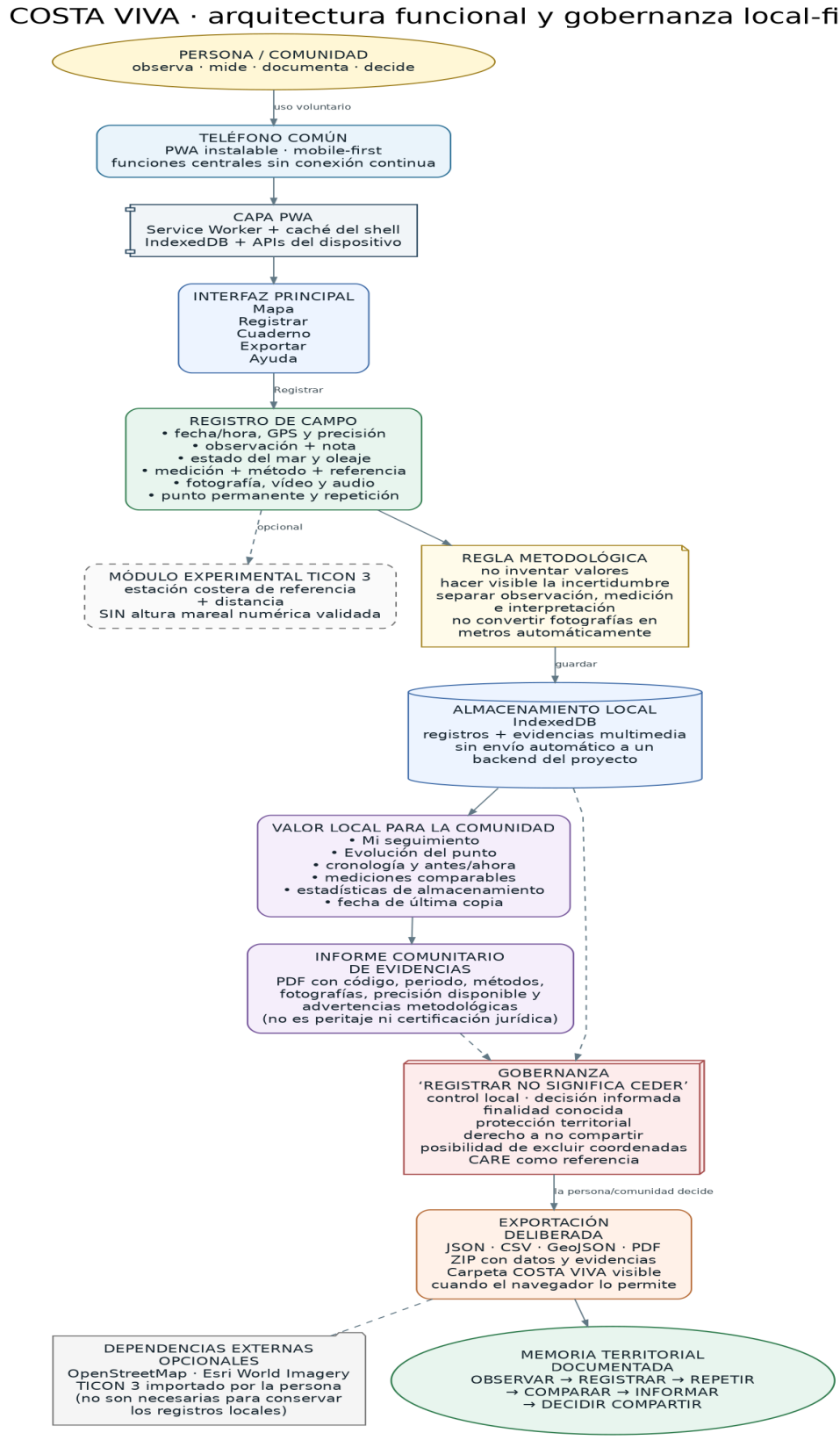
---

[4] *PWA* Comunitaria:

- *Progressive Web Application*: Es un sitio web que se comporta y se siente como una aplicación nativa de teléfono (como las que descargas de *Google Play* o *App Store*). Se puede instalar en la pantalla de inicio, funciona sin conexión a internet (*offline*) y puede enviar notificaciones.
- Comunitaria: Significa que la aplicación está creada por, para o beneficio de una comunidad específica, en lugar de ser un producto comercial de una gran empresa.

[5] *IndexedDB* es la tecnología clave que permite a las *PWA*s funcionar sin conexión a internet (*offline*). Al guardar los datos directamente en el dispositivo del usuario, la aplicación puede cargarse instantáneamente y seguir funcionando, aunque el usuario pierda la cobertura o el *Wi-Fi.*

Figura 1 - Arquitectura funcional y de gobernanza de COSTA VIVA.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación y su documentación técnica.

La primera fase consistió en una revisión estructurada de literatura y documentación técnica relacionada con monitoreo costero ciudadano, tecnologías de bajo costo, ciencia ciudadana, recolección offline y gobernanza de datos. La revisión se utilizó para identificar problemas de diseño y referencias de comparación. No se presenta como una revisión sistemática exhaustiva y esta delimitación se mantiene para no atribuir al procedimiento una cobertura que no tuvo.

La segunda fase construyó un *benchmark* funcional de cinco referencias: *CoastSnap, CoastSat, KoboToolbox, ODK* y *Epicollect5*. La comparación evita una lógica competitiva simplista. Estas herramientas tienen objetivos diferentes y algunas funciones pueden implementarse mediante configuración adicional. El propósito es localizar el espacio específico de COSTA VIVA dentro de un ecosistema tecnológico ya maduro.

La tercera fase vinculó problemas metodológicos y éticos con requisitos de *software*. Se consideraron accesibilidad, conectividad, repetibilidad, incertidumbre, almacenamiento, control de datos, exportación, devolución e inteligibilidad de resultados. Cada principio debía materializarse en una decisión observable de arquitectura o interfaz.

La unidad analítica utilizada en esta fase fue la relación entre un problema identificado y su respuesta de diseño. Cada relación debía poder expresarse como una cadena trazable formada por necesidad, requisito, implementación y límite conocido. Este criterio permite evaluar el diseño sin convertir la mera presencia de una función en evidencia de impacto. La **Tabla 2** sintetiza esas relaciones y la sección de resultados documenta los casos en los que las pruebas tempranas obligaron a modificar el flujo previsto.

La cuarta fase corresponde al pilotaje comunitario temprano y a pruebas técnicas en dispositivos reales. Para evitar confundir funcionamiento del *software* con apropiación social, el análisis distingue ambos planos. Las pruebas técnicas buscan identificar fallos de compatibilidad, persistencia, almacenamiento, exportación y circulación de archivos. La validación comunitaria deberá examinar posteriormente, mediante un protocolo específico y consentido, si personas externas al desarrollo pueden realizar de forma autónoma la secuencia completa de uso, registrar, recuperar sus datos, regresar a puntos de observación, comparar registros, generar un informe y conservar una copia.

COSTA VIVA no utiliza telemetría para registrar centralmente quién abre la aplicación. Los indicadores de adopción solo pueden obtenerse cuando las personas o comunidades deciden comunicar voluntariamente información sobre las pruebas. Por ello el presente artículo no infiere cifras de usuarios a partir de accesos a la *web* ni presenta tasas de retención o testimonios como resultados mientras no exista una recogida sistemática y documentada.

Para la reproducibilidad técnica, el código fuente se distribuye bajo licencia MIT y la documentación metodológica original bajo CC BY 4.0. La versión pública v0.5.0 fue archivada en Zenodo con DOI 10.5281/zenodo.22113035 (BUSÓN BUESA 2026a). El repositorio público conserva documentación de arquitectura, esquema de datos, pruebas, metodología y licencias (BUSÓN BUESA 2026b), mientras la aplicación desplegada puede consultarse mediante *GitHub Pages* (BUSÓN BUESA 2026c).

La descripción funcional de este borrador corresponde a la línea de desarrollo 0.5.x en pilotaje temprano. Antes de la versión definitiva del manuscrito deberá fijarse una versión de corte reproducible.

Resultados

Un nicho distinto dentro de herramientas consolidadas.

La comparación muestra que COSTA VIVA no ocupa el mismo nicho que las herramientas de fotogrametría ciudadana, teledetección o captura general de formularios. *CoastSnap* es el comparador más próximo porque demuestra que fotografías tomadas con teléfonos comunes pueden integrarse en un programa costero riguroso. Su diseño estandariza el punto de captura y utiliza una base centralizada para recibir las imágenes y producir resultados derivados (HARLEY & KINSELA 2022; *CoastSnap* 2026).

CoastSat aporta una capacidad histórica y espacial distinta a partir de observación satelital (VOS *et al.* 2019). *KoboToolbox*, *ODK* y *Epicollect5* superan ampliamente a COSTA VIVA como plataformas generales de construcción y gestión de formularios. COSTA VIVA renuncia deliberadamente a esa generalidad para preconfigurar un flujo de seguimiento costero bajo control local.

Tabla 1 - Comparación funcional orientativa

Dimensión	CoastSnap	CoastSat	Kobo / ODK / Epicollect5	COSTA VIVA
Problema principal	Fotografía costera repetida	Línea de costa satelital	Recolección general de datos	Seguimiento comunitario costero
Teléfono como instrumento	Sí	No como instrumento principal	Sí	Sí
Trabajo *offline*	Según flujo	No es el foco	Sí, normalmente con sincronización posterior	Núcleo local sin conexión continua
Punto permanente	Fundamental	Transectos / análisis espacial	Configurable	Fundamental

Serie temporal costera	Sí	Sí	Configurable	Sí
Incertidumbre explícita	Según producto derivado	Control técnico específico	Configurable	Integrada en el registro
Informe comunitario local	No es el núcleo	No	No es el núcleo	Sí
***Backend* central obligatorio para el flujo principal**	Sí	Servicios externos	Normalmente orientado a servidor/proyecto	No
Decisión explícita sobre qué exportar	No es el foco	No aplica	Configurable	Central

Fuente: Elaboración propria.
OBS: La tabla sitúa propósitos y arquitecturas, no establece una jerarquía de calidad entre herramientas.

Principios convertidos en arquitectura

El primer resultado del análisis de diseño es la trazabilidad entre conceptos abstractos y comportamientos concretos del sistema. La accesibilidad se traduce en una *PWA mobile first*. La conectividad limitada conduce al almacenamiento local. La incertidumbre se conserva mediante la precisión reportada por el dispositivo cuando está disponible. La gobernanza se traduce en ausencia de subida automática y exportación deliberada. La devolución se materializa en seguimiento, evolución e informes. La **Tabla 2** no pretende demostrar impacto comunitario. Muestra qué decisiones del *software* pueden ser inspeccionadas y discutidas frente a los principios metodológicos que las originaron. La **Figura 1** resume esta arquitectura.

Tabla 2 - Traducción de principios metodológicos y de gobernanza en decisiones observables de diseño.

Problema o principio	Decisión en COSTA VIVA
Acceso con recursos limitados	*PWA mobile-first*, navegador y teléfono común
Conectividad irregular	Caché del *shell* y funciones centrales *local-first*
No confundir teléfono con equipo profesional	Precisión GPS visible y ausencia de valores inventados
Repetibilidad	Puntos permanentes y referencias físicas

Diferenciar calidad de medición	Método registrado: cinta, pasos, estimación u otros
Evitar inferencias automáticas	Separación entre observación, medición e interpretación
Memoria territorial	Línea del tiempo, evolución y puntos revisitados
Devolución útil	Informe comunitario de evidencias
Control local	*IndexedDB* y ausencia de subida automática al proyecto
Compartir no significa entregar todo	Selección de contenidos y posibilidad de excluir coordenadas
Riesgo de pérdida local	ZIP, carpeta visible y estadísticas de almacenamiento
Reproducibilidad del software	*GitHub*, licencia MIT, documentación y DOI de release

Fuente: Elaboración propria.

Del registro aislado a la evolución

Un segundo resultado de diseño corresponde al problema de comparabilidad temporal. Uno de los problemas que motivó COSTA VIVA fue la existencia de fotografías temporalmente valiosas pero difíciles de comparar. La incorporación de puntos permanentes intenta convertir esas observaciones aisladas en series. El principio no es nuevo. Emery (1961) mostró que procedimientos muy sencillos pueden producir perfiles de playa repetibles cuando las referencias y el método permanecen claros.

CoastSnap demuestra igualmente la importancia de fijar el punto de captura. La contribución de COSTA VIVA consiste en integrar esa lógica dentro de un flujo móvil comunitario asociado a gobernanza local, manteniendo visibles método e incertidumbre.

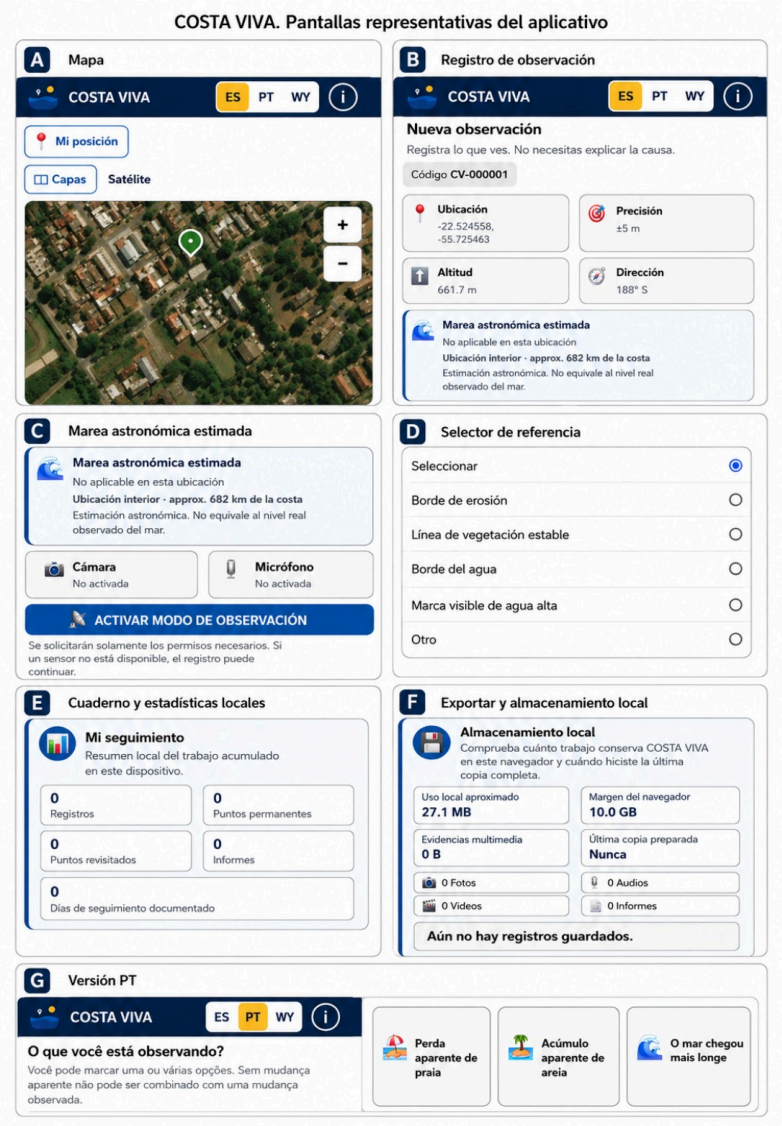
La aplicación diferencia métodos de medición. Una estimación, un recorrido por pasos y una medición con cinta no se convierten silenciosamente en observaciones equivalentes. Del mismo modo, una fotografía repetida no se transforma automáticamente en metros de erosión. Los gráficos de evolución deben construirse únicamente cuando existen mediciones metodológicamente comparables. Esta restricción es deliberada. El teléfono ayuda a documentar, pero no debe fingir una exactitud que no posee.

El informe como devolución

Una innovación reciente es el informe comunitario de evidencias. Su finalidad no es producir un peritaje ni atribuir causalidad. Organiza registros seleccionados en un documento con identificador, periodo observado, fotografías, mediciones, método, precisión disponible, cronología y motivo de presentación.

Este resultado modifica el sentido del flujo. Un *CSV* es útil para un investigador y un *GeoJSON* es útil para un sistema de información geográfica, pero ninguno constituye necesariamente una devolución comprensible para quien produjo los registros. El informe puede ser conservado por la comunidad y, si así lo decide, presentado ante una autoridad, organización o equipo técnico. El documento declara sus límites y no se presenta como certificación jurídica. Desde una perspectiva ecopedagógica, la participación no termina al pulsar «enviar». La comunidad puede observar lo acumulado, reconocer continuidad temporal y convertir su registro en memoria organizada.

Figura 2 - Secuencia funcional representada mediante pantallas de COSTA VIVA en dispositivo móvil.



Fuente: Capturas del aplicativo, elaboración propia.
OBS: Las capturas ilustran cómo observación, registro, memoria temporal, conservación y devolución se integran en un mismo flujo local. No constituyen por sí mismas evidencia de adopción o impacto comunitario.

Validación técnica temprana y diseño a partir del fallo

Las pruebas técnicas tempranas muestran que el funcionamiento real de una *PWA* depende también de decisiones de navegador y sistema operativo. Un caso documentado fue el intento de compartir paquetes ZIP mediante *Web Share* en *Android.* La generación del ZIP funcionaba, pero el navegador no garantizaba su entrega directa al menú de compartir. El resultado relevante no es una respuesta de usuarios ni una medida de impacto, sino la detección de una incompatibilidad entre el flujo previsto y el comportamiento real del entorno de ejecución.

El rediseño mantuvo el objetivo principal y modificó el mecanismo. El ZIP quedó como formato universal de conservación, se incorporó una carpeta COSTA VIVA visible cuando la *API* disponible permite seleccionarla y se explicó que el archivo puede adjuntarse posteriormente desde correo o mensajería. El caso aporta una evidencia concreta de iteración de diseño. La prueba reveló un fallo, el requisito de control local se mantuvo y la solución técnica fue modificada sin introducir una transferencia automática de datos.

Otro problema asociado al mismo paradigma es el almacenamiento. Fotografías y vídeos pueden ocupar mucho más espacio que la base estructurada. La aplicación incorpora por ello estadísticas locales, fecha de última copia y solicitud de persistencia cuando el navegador lo soporta. La herramienta debe mostrar no solo cuánto trabajo se ha registrado, sino si existe una copia de respaldo. En la **Figura 2** puede observarse este componente de seguimiento y almacenamiento.

La interfaz experimental en *wayuunaiki* constituye otra limitación explícita. COSTA VIVA incorpora un borrador lingüístico para facilitar revisión, pero no lo declara validado. Las equivalencias deben corregirse con hablantes y especialistas locales antes de presentarse como interfaz lingüísticamente consolidada.

Alcance de la evidencia comunitaria en este corte

En el corte actual del manuscrito no se presentan como resultados científicos el número total de usuarios, tasas de retorno, testimonios directos ni cambios de comportamiento asociados a COSTA VIVA. Esa ausencia no debe interpretarse como evidencia de que tales procesos no existan, sino como una delimitación del material que puede sostenerse documentalmente en esta fase.

Los antecedentes comunitarios de La Guajira explican el origen del problema y del diseño, mientras que los resultados atribuibles al aplicativo se restringen aquí a comparación funcional, trazabilidad de decisiones y validación técnica temprana. La futura evaluación comunitaria deberá incorporar evidencia obtenida con consentimiento y un protocolo explícito que permita distinguir observaciones informales, dificultades de uso,

aprendizajes, apropiación y cambios solicitados por las propias comunidades.

Discusión

La sencillez como decisión de diseño

Una lectura superficial podría considerar COSTA VIVA tecnológicamente simple frente a sistemas de teledetección, drones, fotogrametría o sensores especializados. Sin embargo, esa sencillez es deliberada. El propósito no es construir el sistema técnicamente más sofisticado, sino identificar la infraestructura mínima necesaria para que una persona pueda abrir un enlace, utilizar un teléfono ya disponible y comenzar una práctica de observación documentada.

La revisión reciente de Riaz & Gharbia (2026) muestra el potencial de combinar observación terrestre, sensores de bajo costo, ciencia ciudadana, teledetección y aprendizaje automático. COSTA VIVA no se opone a esas tecnologías. Ocupa una capa de observación local en la que el acceso a instrumentación y conectividad puede ser limitado. Sus registros podrían complementar campañas técnicas o información satelital siempre que quienes los producen decidan compartirlos.

En este sentido, la baja complejidad tecnológica puede entenderse como una decisión de apropiabilidad y no como una carencia. La sofisticación está en el método y no en exigir equipos costosos. Esta formulación no niega la importancia del instrumento. Exige, por el contrario, mantener visibles sus límites.

De *crowdsourcing* a capacidad comunitaria

El contraste con *CoastSnap* permite precisar la contribución. *CoastSnap* demuestra que la participación masiva puede producir imágenes utilizables científicamente mediante estandarización fotográfica y procesamiento especializado (HARLEY & KINSELA 2022). COSTA VIVA no intenta reproducir esa precisión fotogramétrica. Su pregunta central es diferente: qué ocurre si el objetivo primario no es alimentar una base científica central, sino fortalecer la capacidad local de observar, conservar y movilizar evidencia propia.

Ese desplazamiento modifica también las métricas relevantes. El número de registros enviados al proyecto deja de ser la medida principal. Importan la capacidad de regresar al mismo punto, comprender la incertidumbre, conservar copias, generar un informe y decidir qué información sale del dispositivo. En el estado actual estas dimensiones funcionan como criterios de validación y no como logros comunitarios ya demostrados. Esta lógica se aproxima a los resultados de Bustos & Ferrelli (2026), quienes destacan apropiación, liderazgo local y adaptabilidad como

condiciones para sostener monitoreo costero comunitario. La arquitectura puede favorecer autonomía, pero el *software* no produce por sí mismo *cocreación.* Esa condición solo puede demostrarse mediante participación efectiva de las comunidades en el pilotaje, interpretación y rediseño.

La experiencia acumulada en La Guajira refuerza esta dimensión. El trabajo de Pérez Mendoza & Busón Buesa (2021) utilizó redes sociales para analizar percepciones asociadas a la falta de agua en comunidades *Wayuu*. Esa investigación mostraba que la tecnología digital puede ampliar el acceso a discursos y evidencias, pero también que esos datos quedan mediados por plataformas externas.

COSTA VIVA avanza en otra dirección. La herramienta no extrae por defecto la observación del territorio hacia una infraestructura administrada por el investigador. La comparación entre ambos momentos permite observar el desplazamiento desde analizar datos disponibles en plataformas hacia diseñar condiciones para que quienes producen registros mantengan control sobre ellos.

Abrir el código no obliga a abrir el territorio

Una contribución conceptual relevante consiste en separar apertura tecnológica y apertura de datos. El código de COSTA VIVA es abierto. La metodología es reutilizable. El esquema de datos puede documentarse. Sin embargo, ninguna de estas decisiones obliga a publicar coordenadas, fotografías u observaciones territoriales de una comunidad.

Esta separación permite articular *FAIR* y *CARE* sin tratarlos como principios incompatibles. Los productos públicos del proyecto pueden aspirar a reproducibilidad e interoperabilidad, mientras los registros territoriales mantienen reglas de acceso definidas por sus productores. La soberanía no se implementa mediante una declaración abstracta dentro de la aplicación, sino reduciendo por diseño la extracción automática.

El modelo tiene un costo metodológico. Al no existir telemetría central, el equipo no puede conocer por defecto cuántas personas utilizan la herramienta. La evaluación de adopción e impacto debe apoyarse en participación voluntaria, fichas de pilotaje y métricas que las comunidades decidan comunicar. Esta limitación es aceptada como parte del modelo de gobernanza y no debería resolverse introduciendo silenciosamente mecanismos de seguimiento incompatibles con el propósito original.

Ecopedagogía desde el territorio

El vínculo con la ecopedagogía no reside en enseñar conceptos de erosión mediante una pantalla. Aparece cuando el propio acto de registrar obliga a observar. Qué referencia permanece estable, desde dónde se tomó la fotografía anterior, si la distancia fue estimada o medida, qué puede

concluirse de una fotografía y qué no, o si un desplazamiento resulta significativo frente a la incertidumbre del *GPS* son preguntas que transforman un dispositivo cotidiano en mediador de un proceso de alfabetización (*literacidad crítica*) territorial.

La herramienta puede mediar entre conocimiento cotidiano y procedimientos de documentación sin sustituir una interpretación local por una explicación técnica automática. La experiencia previa en La Guajira había mostrado ya cómo la medición sencilla podía convertirse en archivo colectivo y práctica de justicia climática (BUSÓN BUESA 2025). COSTA VIVA sistematiza esa experiencia en una infraestructura abierta, pero su legitimidad futura dependerá de que las comunidades puedan modificarla, rechazar componentes o apropiarse de ella según sus necesidades.

La investigación de Pérez Mendoza, Busón Buesa & Carabalí Angola (2022) sobre comunidades *Wayuu* de Mayapo mostró la centralidad de prácticas, usos y valoraciones vinculadas al territorio marino-costero. COSTA VIVA debe leerse desde esa continuidad. El dispositivo solo adquiere sentido si puede integrarse a formas locales de observar y nombrar el territorio, no si pretende sustituirlas.

Limitaciones y agenda de validación

Primero: el *GPS* de un teléfono común no sustituye *GNSS* profesional. La precisión depende de dispositivo, entorno y navegador. La aplicación conserva el valor de precisión reportado cuando existe y no debe utilizarse para afirmar desplazamientos inferiores a la incertidumbre observada.

Segundo: las fotografías repetidas no permiten por sí mismas cuantificar metros de erosión. La cuantificación requiere referencias y métodos comparables. Los módulos de evolución deben evitar mezclar observaciones heterogéneas.

Tercero: el almacenamiento local introduce riesgo de pérdida si se borran datos del navegador o se pierde el dispositivo. Las copias ZIP y de carpeta reducen, pero no eliminan, este riesgo.

Cuarto: determinadas funciones dependen de *API* que no están disponibles de forma uniforme, como acceso a carpetas, sensores de orientación o compartición de archivos. La validación necesita una matriz de dispositivos y navegadores reales.

Quinto: las bases cartográficas externas implican solicitudes a terceros cuando se utilizan. La opción «Sin mapa» es relevante tanto para funcionamiento *offline* como para contextos donde la privacidad territorial sea prioritaria.

Sexto: el módulo de marea basado en *TICON 3*, conjunto de constantes de marea derivado de registros *GESLA-3* (HART-DAVIR, DETTMERING & SEITZ 2022), permanece experimental. La aplicación puede identificar una estación de referencia importada, pero no presenta una altura astronómica numérica

como resultado validado mientras no exista un motor armónico científicamente verificado para ese propósito.

Séptimo: el wayuunaiki incorporado es provisional. Su presencia facilita un proceso de revisión y no constituye evidencia de adecuación lingüística validada.

Octavo: todavía no existe evidencia suficiente para atribuir a COSTA VIVA efectos institucionales, mejoras de adaptación, aprendizajes comunitarios consolidados o cambios en políticas públicas. Los antecedentes de Arroyo Guerrero son anteriores al *software* y deben permanecer separados de los futuros resultados del pilotaje. Del mismo modo, cualquier cita directa, tasa de uso o indicador de permanencia deberá incorporarse únicamente cuando proceda de una recogida documentada y consentida.
La agenda inmediata debe priorizar estabilidad sobre expansión funcional.

La prueba crítica consiste en que personas externas al desarrollo puedan instalar, registrar, cerrar el dispositivo, recuperar datos, regresar a un punto, comparar, generar un informe y conservar una copia sin asistencia permanente. Solo después será posible evaluar de manera más robusta la transferibilidad entre comunidades y contextos costeros.

Conclusiones

COSTA VIVA muestra la viabilidad técnica de articular monitoreo costero comunitario, funcionamiento *local-first* y gobernanza explícita de datos en una herramienta *web* ligera. Su contribución no reside en sustituir instrumentación profesional ni en automatizar diagnósticos de erosión. Reside en combinar procedimientos repetibles, incertidumbre visible, memoria temporal, devolución mediante informes y control local sobre la circulación de los registros.

La comparación con *CoastSnap, CoastSat* y plataformas generales de captura muestra que el proyecto ocupa un espacio específico. No busca competir con sistemas especializados de fotogrametría, teledetección o gestión de formularios. Propone una capa de infraestructura comunitaria orientada a que el registro permanezca útil para quien lo produce antes de convertirse, si así se decide, en insumo de una institución o investigación.

El principio «registrar no significa ceder» resume esta arquitectura. La democratización tecnológica no se alcanza únicamente cuando más personas pueden producir datos, sino también cuando pueden comprenderlos, conservarlos, contextualizar sus limitaciones y decidir su circulación.

El pilotaje comunitario temprano deberá establecer hasta qué punto estas decisiones son apropiables, sostenibles y transferibles. Esa validación no puede inferirse de la calidad del código. Dependerá de uso real, correcciones comunitarias y evidencia transparente sobre qué funciona y qué no. En ese sentido, COSTA VIVA debe entenderse menos como un

producto cerrado que como una infraestructura abierta cuya calidad científica y social se construirá en la relación entre método, territorio y gobernanza.

Referencias

BUSÓN BUESA, C.; CASTRO-BUITRAGO, E.; FONSECA, C.; SERNA, A.; CATAÑO GÓMEZ, P.A. & ARISTIZÁBAL ISAZA, A. (2025). "Resiliencia comunitaria: iniciativas para combatir la erosión costera en La Guajira, Colombia", *Actas del Simposio Latinoamericano de Estudios de Desarrollo Regional*, v. 4, n. 4. https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/slaedr/article/view/26843

BUSÓN, C.; FONSECA, C.; ARISTIZÁBAL ISAZA, A.; SERNA, A.; CASTRO-BUITRAGO, E. & CATAÑO GÓMEZ, P.A. (2024). "Los guardianes del territorio: trazando una ruta de lucha y esperanza hacia la resiliencia climática frente a la erosión costera en la Comunidad Cachaca III — La Guajira — Colombia", *Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação*, v. 7, n. 1. https://periodicos.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/20701

BUSÓN BUESA, C. (2025). "Medir para resistir: monitoramento comunitário e práticas de justiça climática em La Guajira", *Letramento SocioAmbiental*, v. 3, n. 2: 472-503. https://doi.org/10.5281/zenodo.17458149

BUSÓN BUESA, C. (2026a). *COSTA VIVA* (Version v0.5.0) [*Software*]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.22113035

BUSÓN BUESA, C. (2026b). *COSTA VIVA: código fuente y documentación* técnica [Repositorio de *software*]. GitHub. https://github.com/cbuson/costa-viva

BUSÓN BUESA, C. (2026c). *COSTA VIVA: cuaderno comunitario de observación costera* [Aplicación web progresiva]. https://cbuson.github.io/costa-viva/

BUSÓN BUESA, C. (2026d). "Más allá de la infraestructura: agua, territorio y resistencia indígena en Arroyo Guerrero", *Letramento SocioAmbiental*, 4(1): 109-133. https://doi.org/10.5281/zenodo.20260613

BUSTOS, M.L. & FERRELLI, F. (2026). "Co-created citizen science as an approach to sustainable coastal monitoring and governance", *Ocean & Coastal Management*, 279: 108263. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2026.108263

CARROLL, S.R. *et al.* (2020). "The CARE Principles for Indigenous Data Governance", *Data Science Journal*, 19: 43. https://doi.org/10.5334/dsj-2020-043

CONRAD, C.C. & HILCHEY, K.G. (2011). "A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities"; *Environmental Monitoring and Assessment*, 176: 273-291. https://doi.org/10.1007/s10661-010-1582-5

COASTSNAP (2026). "How it works". https://www.coastsnap.com/explore/how-it-works

EMERY, K.O. (1961) "A simple method of measuring beach profiles", *Limnology and Oceanography*, 6, n. 1: 90-93. https://doi.org/10.4319/lo.1961.6.1.0090

FALS BORDA, O. (1987). *Ciencia propia y colonialismo intelectual: los nuevos rumbos.* Bogotá: Carlos Valencia Editores, 3ª ed. https://books.google.com/books?id=KeyiPwAACAAJ

FREIRE, P. (1970). *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra. https://books.google.com/books?id=rLYQAAAAYAAJ

GADOTTI, M. (2000). *Pedagogia da terra*. São Paulo: Peirópolis.

HARLEY, M.D. & KINSELA, M.A. (2022). "CoastSnap: A global citizen science program to monitor changing coastlines", *Continental Shelf Research*, 245: 104796. https://doi.org/10.1016/j.csr.2022.104796

HART-DAVIS, M.G.; DETTMERING, D. & SEITZ, F. (2022). *TICON-3: Tidal Constants based on GESLA-3 sea-level records from globally distributed tide gauges including gauge type information* [Dataset]. PANGAEA. https://doi.org/10.1594/PANGAEA.951610

KLEPPMANN, M.; WIGGINS, A.; VAN HARDENBERG, P. & MCGRANAGHAN, M. (2019). "Local-first software: You own your data, in spite of the cloud", *Proceedings of the 2019 ACM SIGPLAN International Symposium on New Ideas, New Paradigms, and Reflections on Programming and Software*: 154-178. https://doi.org/10.1145/3359591.3359737

KOBOTOOLBOX. (2026). *Documentation*. https://support.kobotoolbox.org/

LUCREZI, S. (2021). "Remote Public Engagement in Coastal Citizen Science: A Systematic Scoping Review", *Journal of Coastal Research*, 37, n. 6: 1271-1287. https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-21-00034.1

ODK. (2026). *Documentation*. https://docs.getodk.org/

PÉREZ MENDOZA, K. & BUSÓN BUESA, C. (2021). "La percepción de la falta de agua en las comunidades Wayuu en La Guajira (Colombia). Una propuesta para el uso de las redes sociales como herramienta de análisis de desarrollo", *Desenvolvimento em Questão*, 19(57): 278-290. https://doi.org/10.21527/2237-6453.2021.57.12107

PÉREZ MENDOZA, K.; BUSÓN, C. & CARABALÍ ANGOLA, Alexis. (2022). "El turismo cultural en La Guajira y los pueblos originarios, una posibilidad de desarrollo para los tiempos de la postpandemia", *Revista Desenvolvimento Social*, 28(1): 221-246. https://doi.org/10.46551/issn2179-6807v28n1p221-246

EPICOLLECT5. (2026). *User Guide*. https://docs.epicollect.net/

REYES-GARCÍA, V.; TOFIGHI-NIAKI, A.; AUSTIN, B. J. & BENYEI, P. *et al.* (2022). "Data Sovereignty in Community-Based Environmental Monitoring: Toward Equitable Environmental Data Governance", *BioScience*, 72, n. 8: 714-717. https://doi.org/10.1093/biosci/biac048

RIAZ, H. & GHARBIA, S. (2026). "A systematic review of integrated remote sensing and low-cost technologies for data-driven coastal monitoring", *Ocean & Coastal Management*, 278: 108231. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2026.108231

TENGÖ, M.; AUSTIN, B.J.; DANIELSEN, F. & FERNÁNDEZ-LLAMAZARES, Á. (2021). "Creating Synergies between Citizen Science and Indigenous and Local Knowledge", *BioScience*, 71(5): 503-518. https://doi.org/10.1093/biosci/biab023

VOS, K.; SPLINTER, K.D.; HARLEY, M.D.; SIMMONS, J.A. & TURNER, I.L. (2019). "CoastSat: A Google Earth Engine-enabled Python toolkit to extract shorelines from publicly available satellite imagery", *Environmental Modelling & Software*, 122: 104528. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104528

WILKINSON, M.D. *et al.* (2016). "The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship", *Scientific Data*, 3: 160018. https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18

Sobre el autor

Carlos Busón Buesa es profesor visitante sénior en el Programa de Posgrado en Comunicación de la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul, en Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. Es doctor en Comunicación y Educación

en Entornos Digitales por la UNED (2011). Tiene un máster en Comunicación y Educación en Redes por la UNED (2010) y posee el DEA (Diploma de Estudios Avanzados) en Geografía Humana y Económica por la UNED (2003—2007). Es licenciado en Ciencias Geológicas por la Universidad Complutense de Madrid (1990). Realizó un posdoctorado en Desarrollo Territorial y Sistemas Productivos en la Universidad Estatal de Mato Grosso do Sul. Su investigación se centra en comunicación digital, educación, cultura contemporánea y transformaciones sociotécnicas. Integra las humanidades digitales con el análisis de datos, la minería de textos y las metodologías reproducibles. Desarrolla estudios sobre la percepción social de la inteligencia artificial y la conversación pública en plataformas digitales. Trabaja bajo los principios de la ciencia abierta. Ha participado en iniciativas vinculadas a proyectos de humanidades digitales en el contexto universitario. Colabora en agendas de digitalización y patrimonio cultural con un enfoque pedagógico y comunitario en América Latina como consultor de la OEI. Impulsa propuestas de innovación educativa orientadas al diálogo, al pensamiento crítico y al aprendizaje situado.