

Energía undimotriz en las costas pacíficas de Sudamérica: Clasificación morfogenética e inventario de sitios con viabilidad de aprovechamiento energético¹

Wave energy on the Pacific Coasts of South America:
Morphogenetic classification and inventory of sites with
viability for energy use

Energia das ondas nas Costas do Pacífico da América do
Sul: Classificação morfogenética e inventário de locais com
viabilidade de uso energético

José Ramón Hernández Santana²
Ana Patricia Méndez Linares³



Resumen

El trabajo presenta la clasificación morfogenética de las costas del Pacífico sudamericano, con el fin de proponer sitios idóneos para el emplazamiento de convertidores “onshore” de energía undimotriz a eléctrica, cercanos a asentamientos humanos, como beneficiarios del uso energético. Para la propuesta de sitios favorables, se interpretaron y clasificaron las costas por su morfología y su proceso genético formativo, mediante el análisis de imágenes satelitales de *Google Earth* (2023, 2024); los datos poblacionales se obtuvieron de los censos nacionales de los países. El reconocimiento propone 79 sitios (50 en Chile, 21 en Perú y 8 en Ecuador); en el Pacífico colombiano existen condiciones en gran parte de sus costas, pero la ausencia o poca densidad de población

- 1 Este trabajo fue parcialmente financiado por el Proyecto 249795 “Centro Mexicano de Innovación en Energía Oceánica (CEMIE-Océano)” del CONAHCYT-SENER y por el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México
- 2 Doctor en Ciencias Geográficas, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, Unidad Académica de Estudios Territoriales de Yucatán, Mérida, México. Correo-e: santana@geografia.unam.mx. <https://orcid.org/0000-0002-1375-2776>.
- 3 Maestra en Ciencias y Maestra en Análisis Espacial, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, Unidad Académica de Estudios Territoriales de Yucatán, Mérida, México. Correo-e: patyml@geografia.unam.mx. <https://orcid.org/0000-0002-7853-7938>

determinan la inviabilidad para aprovechar el recurso. Estos resultados contribuyen a la microlocalización de conversores energéticos “onshore”, lo que abre una esperanza al desarrollo y acceso energético sustentable en las regiones costeras.

Palabras clave: energía undimotriz; morfogénesis costera; Sudamérica; costas del Pacífico.



Abstract

The work presents the morphogenetic classification of the coasts of the South American Pacific, in order to propose suitable sites for the location of onshore wave energy converters to electricity, close to human settlements, as beneficiaries of energy use. For the proposal of favorable sites, the coasts were interpreted and classified through the analysis of satellite images from [Google Earth \(2023, 2024\)](#); the population data were obtained from the national censuses of the countries. The survey proposes 79 sites (50 in Chile, 21 in Peru and 8 in Ecuador); in the Colombian Pacific there are conditions on most of its coasts, but the absence or low population density determine the inviability to take advantage of the resource. These results contribute to the microlocation of “on shore” wave energy converters, which opens up hope for sustainable energy development and its access in coastal regions.

Keywords: wave energy; coastal morphogenesis; South America; Pacific coasts.



Resumo

O trabalho apresenta a classificação morfogenética das costas do Pacífico Sul-Americano, com o objetivo de propor locais adequados para a localização de conversores de energia das ondas “onshore” para eletricidade, próximos a assentamentos humanos, como beneficiários do uso energético. Para a proposição de sítios favoráveis, as costas foram interpretadas e classificadas quanto à sua morfologia e ao seu processo genético formativo, através da análise de imagens de satélite do [Google Earth \(2023, 2024\)](#); os dados populacionais foram obtidos dos censos nacionais dos países. O estudo propõe 79 locais (50 no Chile, 21 no Peru e 8 no Equador); No Pacífico colombiano existem condições na maior parte de suas costas, mas a ausência ou baixa densidade populacional determinam a inviabilidade do aproveitamento do recurso. Esses resultados contribuem para a microlocalização de conversores de energia “on shore”, o que abre esperança para o desenvolvimento e acesso à energia sustentável em regiões costeiras.

Palavras-chave: energia das ondas, morfogênese costeira, América do Sul, costas do Pacífico.

Introducción

Desde la segunda mitad del siglo XX, la búsqueda de fuentes alternativas a los hidrocarburos ha ganado terreno en las políticas públicas gubernamentales ([Shrimali y Kniefel, 2011](#); [Lacasa et al., 2019](#)), en la eficiencia energética corporativa ([Energy Action, 2025](#)) y en la comunidad

científico-ingenieril, gracias a los esfuerzos encaminados a garantizar una producción compatible con el medio ambiente (Martínez *et al.*, 2017; Selman-Caro *et al.*, 2024). Por su parte, se ha avanzado en el desarrollo de diseños de convertidores para todos los recursos energéticos renovables y recientemente para el oceánico (Subhashish *et al.*, 2022).

Para la agenda energética mundial, ya son altamente valoradas las características de las energías de origen oceánico, entre ellas la undimotriz, por ser renovable, abundante (Lacasa *et al.*, 2019), por su densidad de potencia, por su predictibilidad, por su bajo impacto visual y ambiental (Henfridsson *et al.*, 2007; Iglesias *et al.*, 2009), además, por ser limpia y barata. En este sentido, muchos países han optado por la innovación para aprovechar la energía oceánica, destacando España (Lacasa *et al.*, 2019), Portugal (Majidi *et al.*, 2025) y Reino Unido (García *et al.*, 2022), en el viejo continente; China (Yage *et al.*, 2012), en el continente asiático; Estados Unidos de América (Lehmann *et al.*, 2016) y México (Contreras *et al.*, 2022), en Norteamérica; Brasil (Bastos *et al.*, 2023) y (Castillo *et al.*, 2018), en Sudamérica; y Australia (Lancaster, 2022), en Oceanía.

El enorme potencial teórico bruto de la energía del oleaje en el planeta, revelado por Mørk *et al.* (2010), con valores de 3,7 TW, resulta una esperanza para satisfacer la demanda energética global. Mørk *et al.* (2010) reportaron 325 GW para la región del Pacífico sudamericano, solo por debajo de Australia y Nueva Zelanda, con 590 GW; del noroeste de Europa, con 381 GW; y del Sudeste Asiático, con 356 GW.

Esta evaluación del recurso energético del oleaje ubica a esta región como una de las principales regiones para su aprovechamiento. Sin embargo, a pesar de la alta clase energética del recurso (Fairley *et al.*, 2020), y del valor medio global de la potencia de las olas, mayores a 80 kW/m (Martínez y Iglesias, 2020), la región no ha aprovechado dicha realidad; aunque en el año 2022, el MERIC creó el primer laboratorio alimentado por energía de las olas, en Las Cruces (MERIC, 2022, p. 43) y Green Power Chile instaló el primer convertidor de energía undimotriz en sus costas (Energía Renovables, 2021). Por otra parte, Brasil ya opera la central “onshore” de Puerto Pecém, generando 100 kW para abastecer el puerto y a unas 60 familias (Ecoinventos Green Technology, 2014).

Una parte de la comunidad energética considera que los convertidores undimotrices cercanos (“nearshore”) o en la costa (“onshore”) son más

viabiles por su mantenimiento y su barata conexión a la red eléctrica (Giannini *et al.*, 2024), así como para abastecer a pueblos e industrias locales (Iglesias *et al.*, 2009). Asentamientos costeros del Pacífico sudamericano poseen las condiciones climáticas del oleaje, del sustrato resistente para las obras civiles y de las geoformas del relieve, que exponen las huellas de la modelación abrasiva intensa del oleaje, por su concentración energética en promontorios y acantilados.

Los beneficios del aprovechamiento de la energía undimotriz son indiscutibles, pero no escapan de diversos efectos negativos al medio ambiente. Martínez *et al.* (2021) y García (2014) registraron impactos potenciales a la vida marina y su entorno, como el ruido, las colisiones de las especies con los dispositivos, los cambios de hábitat, las variaciones en el régimen hidro-sedimentario y en el campo electromagnético, la calidad del agua y otros, que requieren de investigaciones, dado que la explotación de la energía undimotriz está en sus inicios (Iglesias *et al.*, 2009; Lacasa *et al.*, 2019).

Otro de los problemas son los diseños ingenieriles de los convertidores para garantizar su resistencia frente al oleaje de tormentas (Giannini *et al.*, 2024), los huracanes (Ulloa *et al.*, 2023) y los fuertes sismos, con el diseño de estructuras sismorresistentes, que encarecerían la producción comercial.

Los sistemas de electrificación autónomos basados en energías renovables son adecuados para electrificar zonas y comunidades rurales aisladas (Juanpera *et al.*, 2021). Por ello, el emplazamiento de convertidores en la costa (“*onshore*”) es importante para las poblaciones costeras, muchas veces carentes de electricidad. En tal sentido, el objetivo del presente trabajo fue interpretar y clasificar las costas del Pacífico sudamericano, desde el punto de vista geomorfológico, con el fin de proponer sitios idóneos para el enclave de convertidores undimotrices en la costa (“*onshore*”), cercanos a asentamientos humanos, como beneficiarios de su explotación.

Área de estudio y situación energética actual

El potencial del régimen del oleaje del Pacífico sudamericano determinó el estudio de las costas de los cuatro países que lo integran: Chile, Perú, Ecuador y Colombia. El espectro de las fuentes energéticas en estos países, según Datos Mundial (2024a, b, c, d), reporta un promedio regional de 33,98 % proveniente de energías fósiles, 2,85 % de solar, el 2,66 % de

eólica, el 56,1 % de hidroenergía, el 0,08 % de geotermia y el 2,0 % de biomasa. Los registros internacionales aún no ofrecen datos sobre las fuentes de energía marina. Esta ausencia refleja lo poco avanzado, al colocar al subcontinente casi “de espaldas” al potencial del océano.

Estos cuatro países cuentan con 113 termoeléctricas: 35 en Colombia (Herrera *et al.*, 2008), 21 en Ecuador (Sucre, Instituto Superior Universitario, 2021), 28 en Perú (Rumbo Minero, 2016) y 29 en Chile (Chile Sustentable, 2017). Como se puede apreciar, una de las vías para el crecimiento económico y el bienestar social sostenibles es la asimilación de energías limpias del océano y abandonar la infraestructura del carbono.

Marco teórico-conceptual

La mayoría de los autores, como Kofoed *et al.* (2006), Martínez e Iglesias (2020) y otros, coinciden en que las mejores condiciones para el régimen del oleaje con fines energéticos se localizan en las latitudes medias, entre los 30° y 60°, particularmente en el hemisferio sur por la estabilidad del recurso (Mørk *et al.*, 2010, p. 3), debido a que los Vientos del Oeste transfieren una mayor cantidad de energía y a la escasez de masas terrestres en sus latitudes altas (Martínez y Iglesias, 2020, p. 3). Una consulta sobre el clima marino global (NOAA/NCEP Ocean Modeling Branch, 2010) muestra valores de altura de ola significativa proveniente del W-SW, entre 6 y 8 m, en la región sur de Chile, y entre 5 y 6 m, en su parte norte; mientras que en Perú y Ecuador alcanzan entre 2,5 y 3 m, disminuyendo hacia Colombia, con un rango entre 1,5 y 2,0 m.

Recientemente, Fairley *et al.* (2020) en la evaluación de la energía del oleaje, asignaron a las costas de Perú, Ecuador y Colombia una energía moderada bajo la influencia de oleaje de larga distancia, mientras que para Chile indicaron olas de mayor energía, con condiciones variables, y a su extremo meridional, olas típicas de mayor energía, debido a grandes marejadas y tormentas de largo período.

La clasificación energética de Martínez e Iglesias (2020), tomando el criterio de la potencia media de las olas, obtuvo cinco clases: para la costa meridional chilena asignaron las clases IV (típica de los océanos de latitudes medias a altas) y V (referidas al Océano Austral), con potencias de 40 a 80 kW/m y mayores a 80 kW/m, respectivamente. Para el norte chileno y las costas peruanas y ecuatorianas, los valores se asocian a la clase III

(característica de los océanos de latitudes medias y medias a bajas), con potencia entre 20 y 40 kW/m; por último, las potencias más bajas, entre 10 y 20 kW/m de la clase II (típica de los océanos tropicales), se localizan en las costas colombianas, con alturas significativas de las olas entre 1,5 y 2,5 m.

Otra de las condiciones para la asimilación undimotriz es que el régimen del oleaje sea constante, sin cambios estacionales, independientemente de su intensidad, como establecen [Folley y Whittaker \(2009, pp. 1709 y 1715\)](#). En general, las condiciones energéticas más favorables se concentran en las latitudes medias a altas chilenas, disminuyendo hacia Colombia, en mares tropicales donde la fuerza del oleaje es menor.

Los estudios de factibilidad para la selección de los sitios adecuados son multifactoriales y contemplan la proximidad a puertos, a rutas de navegación o a áreas de acuicultura y pesca, sitios arqueológicos marinos, áreas de interés militar ([Iglesias et al., 2009](#)), ciudades, áreas de conservación natural, entre otros, lo cual obliga la participación de los sectores gubernamentales, de los actores sociales y de la comunidad científica e ingenieril, en aras de identificar los sitios más idóneos y prioritarios. Para el emplazamiento de convertidores, otro de los factores son las condiciones geólogo-geomorfológicas de los sitios, no solo por la consolidación litológica y la resistencia geotécnica, sino por la evidencia del modelado abrasivo de su relieve debido al oleaje.

Marco metodológico

Para la clasificación morfogenética del relieve costero e identificar los sitios con potencial para el aprovechamiento de las olas, se utilizaron imágenes satelitales de [Google Earth \(2023, 2024\)](#) y mapas geológicos ([Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico de Perú, 2016](#); [Gómez Tapias et al., 2019](#)). Los tipos morfogenéticos identificados fueron costas marinas abrasivas, abrasivo-acumulativas, marinas acumulativas, marinas acumulativas con aislados promontorios abrasivos, marinas acumulativas, con notable aporte fluvial, y las fluvio-deltaicas (**Figura 1**), según criterios del levantamiento geomorfológico costero de [Bustamante et al. \(2016\)](#). Los datos poblacionales fueron tomados de los censos nacionales de Perú ([INEI, 2017](#)), Chile ([INE, 2019](#)) y Ecuador ([INEC, 2022](#)).

Figura 1. Algunos tipos morfogenéticos de las costas, identificados en el reconocimiento geomorfológico con las imágenes de *Google Earth* (2023, 2024)



Fuente: Elaboración propia con las imágenes satelitales de *Google Earth* (2023 y 2024).

En el reconocimiento geomorfológico de las costas para la propuesta de sitios adecuados, se consideraron tres criterios: (a) la existencia de costas abrasivas o abrasivo-acumulativas, como evidencia de la concentración de la energía de las olas en la modelación del relieve costero, expresada en diferentes geoformas acantiladas, (b) el carácter del substrato geológico regional y local, y (c) la presencia cercana de asentamientos humanos, como beneficiarios potenciales de la energía transformada, tanto en la etapa experimental de instalación y prueba, como en la etapa de conexión a las redes eléctricas de cada país.

Resultados y discusión

Los países costeros del Pacífico sudamericano se extienden a lo largo de la cordillera de Los Andes y su población totaliza los 125 060 424 habitantes ([WORLDOMETERS, 2024](#)), con una población urbana promedio del 77,63 %, de la cual un 63 % aproximadamente se distribuye en sus costas ([Resourcewatch, 2024](#)), que se extienden por casi 13 052 km ([World Population Review, 2024](#)). El presente reconocimiento localizó 43 ciudades y pueblos costeros con más de 5 000 habitantes, beneficiarios de la energía undimotriz.

La posición geográfica de Sudamérica en el hemisferio sur posee condiciones privilegiadas para el aprovechamiento de la energía undimotriz ([Mørk *et al.*, 2010, pp. 1 y 7](#); [Martínez e Iglesias, 2020, pp. 5-6](#)). El margen occidental de este subcontinente está enclavado en el eje geotectónico interactivo de las placas oceánicas Nazca y Antártica con la continental de Sudamérica, determinando la formación de la extensa cuenca del Océano Pacífico, escenario para el oleaje de larga distancia; y ubicada en la faja de los Vientos del Oeste, que garantizan un régimen de oleaje la mayor parte del año ([Fairley *et al.*, 2020, p. 11](#)).

Por otra parte, en la cuenca oceánica del Pacífico Sur, se desarrolla el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO, según sus siglas en inglés), considerado como un impulsor principal del clima global de olas ([Barnard *et al.*, 2015, p. 5](#)), con una variabilidad en sus señales interanuales entre 2,7 y 5 años ([Stopa y Cheung, 2014, p. 5582](#)) y aumentando la potencia del oleaje en las zonas templadas con repercusión en los trópicos ([Timmermans *et al.*, 2018, pp. 8-9](#); [Odériz *et al.*, 2020, pp. 9 y 12](#)). En este sentido, [Nada *et al.* \(2015, pp. 353 y 368](#); [Odériz *et al.*, 2020, p. 12](#)) también reportan un aumento de la altura significativa de las olas durante La Niña, que en invierno alcanzan hasta 34 kW/m, lo cual demuestra que el clima local de las olas responde a ENSO ([Selman-Caro *et al.*, 2024, p. 1](#)). Indiscutiblemente, ambos fenómenos meteorológico-oceánicos influyen en el comportamiento del oleaje durante su período de ocurrencia, tanto a nivel global como regional, como es el caso del Pacífico sudoriental.

Estas condiciones geográficas determinan que Chile posea uno de los mayores potenciales undimotrices del mundo, con una potencia media de las olas que aumenta de 7 a 107 kW/m, de norte a sur ([Castillo Villagra](#)

et al., 2018). Unido a esto, la presente investigación reporta un predominio de las costas abrasivas y abrasivo-acumulativas, que desde el punto de vista geomorfológico favorecen las instalaciones de conversores undimotrices, no solo por las características de los acantilados y las terrazas marinas, sino por el aprovechamiento del oleaje directo de altamar en plataforma (*shelf*) estrecha e incluso de la energía de las olas incidentes en la costa (Folley y Whittaker, 2009, p. 1; Lenee-Bluhm *et al.*, 2011, p. 1). Por otra parte, la potencia energética del oleaje en Chile alcanza valores mayores a 80 kW/m, con alturas significativas de las olas mayores a 3,8 m (Martínez y Iglesias, 2020, p. 5), típicas de zonas de medias a altas latitudes; en la Tierra del Fuego, entre 1980 y 2008, se presentó un mayor aumento de la altura extrema de las olas en el verano austral (Izaguirre *et al.*, 2013, p. 1).

Otra región con altas potencialidades es la costa norte de España, con 13 kW/m en el verano y 70 kW/m en el invierno (Lacasa *et al.*, 2019, p. 2) y con valores máximos promedio de 30 kW/m en la costa cantábrica y superiores a 35 kW/m en la gallega (Esteban *et al.*, 2019, p. 15). En esta región se ha evaluado la factibilidad de conversores en tierra (*onshore*) del tipo de columna oscilante de agua sobre rompeolas en los puertos de La Coruña, Gijón y Bilbao, como estructuras principales para incorporar convertidores de energía undimotriz (Esteban *et al.*, 2019), estimándose un 85 % de satisfacción de la demanda eléctrica en el Puerto de La Coruña (Lacasa *et al.*, 2019, p. 20). Una experiencia exitosa es la planta de energía undimotriz de Mutriku, en el País Vasco, que desde el 2011 ha funcionado con éxito, y ha generado 2,4 GWh de electricidad a la red (Tethys, s. f., *en línea*). El Reino Unido, también en esta zona noroeste europea, ha obtenido experiencias, pero en alta mar, con el conversor Pelamis, con una aplicación comercial internacional (Hangfei *et al.*, 2022).

Las costas sudoccidentales australianas también poseen potenciales undimotrices similares al Pacífico sudamericano, valorados entre los 25 y los 35 kW/m (Hughes y Heap, 2010); a fines del 2024, el centro *Marine Energy Research Australia* (MERA), junto con la Universidad de Manchester, completó la fabricación del prototipo M4 (*Moored MultiModal Multibody*) para registrar los datos de las olas, la respuesta del dispositivo, la energía producida y su impacto ambiental (Ocean Energy Systems, 2023, p. 72). Como se puede apreciar, existen avances en diversos países,

pero la extensión comercial de estos conversores aún depende de muchas fases de prueba y de financiamiento para su desarrollo.

En el caso chileno, la **Tabla 1** y las **Figuras 2, 3 y 4** muestran los 50 sitios identificados como idóneos para el establecimiento de conversores, 18 localizados en costas abrasivas sobre terrazas marinas y promontorios acantilados, como estructuras de geoformas estables y resistentes al embate del oleaje, mientras otros 29 en costas abrasivo-acumulativas, con condiciones similares, lo cual podría garantizar la factibilidad de las instalaciones. Como beneficiarios a futuro resaltan Santiago de Chile, Antofagasta, Iquique, Arica, Puerto Coquimbo-La Serena, San Antonio y Valparaíso, para un total de 8 237 737 habitantes.

Tabla 1. Sitios potencialmente idóneos, desde el punto de vista morfoenergético costero, para el aprovechamiento undimotriz “*onshore*” en las costas pacíficas de Chile

Sitios idóneos para conversores undimotrices y coordenadas geográficas (*)	Sectores costeros, según la morfogénesis costera y coordenadas geográficas (*)	Tipo morfoenergético de costa (*) y constitución geológica del sector costero (**)	Localidad beneficiaria de la generación de energía undimotriz a eléctrica (*) / Población 2017 (***)
1. La Lisera (18° 29' 30" S, 70° 19' 45" W)	De ex Isla de Alacrán (18° 28' 42" S, 70° 19' 31" W) a Punta Negra (20° 10' 34" S, 70° 08' 35" W).	Costa abrasiva marina. Intrusivos jurásicos.	Urbanización La Lisera (menos de 301 hab.) y Ciudad Arica (202 131 hab.)
2. Huay Quique (20° 16' 27" S, 70° 08' 00" W)	De Punta Negra (20° 10' 34" S, 70° 08' 35" W) a Huay Quique (20° 17' 20" S, 70° 07' 59" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina. Intrusivos jurásicos.	- Ciudad Iquique y poblado Huay Quique (188 003 hab.).
3. Cuchumata (20° 32' 15" S, 70° 11' 56" W)	De Huay Quique (20° 17' 20" S, 70° 07' 59" W) a Michilla (22° 48' 15" S, 70° 18' 56" W).	Costa abrasiva marina. Intrusivos jurásicos.	- Aerop. Intern. “Diego Aracena” (39 638 hab.) - Caserío Chanavayita (603 hab.). - Caserío 500 m al norte (menos de 301 hab.). - Ciudad Tocopilla (24 521 hab.).
4. Chanavayita (20° 42' 25" S, 70° 11' 29" W)			
5. Caleta Lobos (21° 01' 24" S, 70° 10' 41" W)			
6. Tocopilla (22° 04' 59" S, 70° 11' 50" W)			
7. La Chimba (23° 33' 32" S, 70° 24' 34" W)	De Punta Angamos (23° 01' 27" S, 70° 31' 02" W) a Punta de Choros (29° 14' 50" S, 71° 28' 08" W).	Costa abrasiva marina. Intrusivos jurásicos.	- Pueblo La Chimba (3 944 hab.). - Antofagasta (348 517 hab.). - Ciudad Taltal (10 933 hab.). - Caserío Puerto Flamenco (menos de 301 hab.). - Ciudad Caldera 47 072 hab.). - Ciudad portuaria Huasco (7 071 hab.). - Caserío Punta de Choros (231 hab.).
8. Piedra del Lobo (23° 37' 24" S, 70° 23' 46" W)			
9. Taltal (25° 23' 22" S, 70° 28' 40" W)			
10. Puerto Flamenco (26° 34' 41" S, 70° 42' 13" W)			
11. Caldera (27° 03' 59" S, 70° 51' 04" W)			
12. Islote Panulcillo (28° 27' 48" S, 71° 13' 58" W)			
13. Pta. de Choros (29° 14' 50" S, 71° 28' 08" W)			

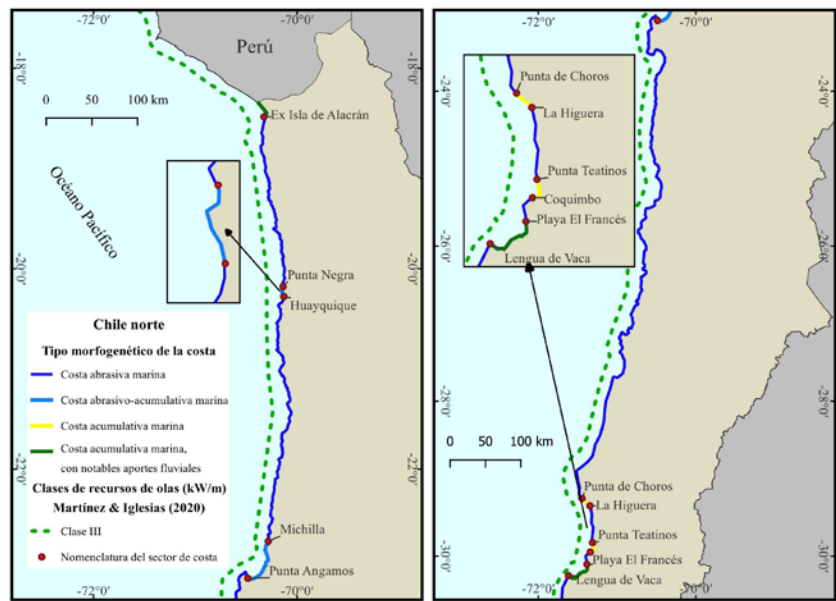
Sitios idóneos para conversores undimotrices y coordenadas geográficas (*)	Sectores costeros, según la morfogénesis costera y coordenadas geográficas (*)	Tipo morfo-genético de costa (*) y constitución geológica del sector costero (**)	Localidad beneficiaria de la generación de energía undimotriz a eléctrica (*) / Población 2017 (***)
14. Fuerte de Coquimbo (29° 55' 58" S, 71° 20' 14" W)	De Punta Teatinos (29° 49' 24" S, 71° 17' 25" W) a Coquimbo (29° 55' 58" S, 71° 20' 14" W).	Costa acumulativa marina. Sedimentos marinos cuaternarios e intrusivos jurásicos.	- Ciudad portuaria de Coquimbo-La Serena (399 450 hab.).
15. Los Vilos (31° 54' 29" S, 71° 30' 55" W).	De Playa Ñagué (31° 51' 04" S, 71° 31' 35") a Los Vilos (31° 54' 29" S, 71° 30' 55")	Costa abrasivo-acumulativa marina. Intrusivos jurásicos.	- Ciudad Los Vilos (13 816 hab.).
16. Totalillo (32° 02' 04" S, 71° 31' 32" W)	De Los Vilos (31° 54' 29" S, 71° 30' 55") a Cachagua (32° 34' 54" S, 71° 27' 27" W).	Costa abrasiva marina. Intrusivos jurásicos.	- Totalillo (307 hab.). - Aldea Pichidanguí (menos de 2 000 hab.). - Aldea Los Molles (648 hab.). - Pueblo Papudo (6 356 hab.). - Aldea Zapallar (3 700 hab.). - Aldea Cachagua (1 414 hab.).
17. Pichidanguí (32° 08' 13" S, 71° 32' 18" W)			
18. Los Molles (32° 14' 33" S, 71° 31' 01" W)			
19. Punta Pite (32° 29' 59" S, 71° 28' 00" W)			
20. Punta Zapallar (32° 33' 05" S, 71° 28' 18" W)			
21. Cachagua (32° 34' 54" S, 71° 27' 27" W)			
22. Cau Cau (32° 42' 40" S, 71° 30' 33" W)	De Cachagua (32° 34' 54" S, 71° 27' 27" W) a Laguna Verde (33° 05' 30" S, 71° 39' 48" W)	Costa abrasivo-acumulativa marina. Intrusivos jurásico-cretácicos.	- Aldea Cau Cau (menos de 2 000 hab.). - Pueblo Puchuncavi (5 271 hab.). - Ciudad Quintero (26 247 hab.). - Ciudad Concón (39 245 hab.). - Ciudad Valparaíso (251 177 hab.). - Pueblo Laguna Verde (3 686 hab.).
23. Puchuncavi (32° 44' 29" S, 71° 29' 56" W)			
24. Quintero (32° 46' 18" S, 71° 32' 23" W)			
25. Concón (32° 56' 29" S, 71° 33' 09" W)			
26. Mirador Córdoba (33° 01' 12" S, 71° 38' 48" W)			
27. Laguna verde (33° 05' 30" S, 71° 39' 48" W)			

Sitios idóneos para conversores undimotrices y coordenadas geográficas (*)	Sectores costeros, según la morfogénesis costera y coordenadas geográficas (*)	Tipo morfogénico de costa (*) y constitución geológica del sector costero (**)	Localidad beneficiaria de la generación de energía undimotriz a eléctrica (*) / Población 2017 (***)
28. Quintay (33° 11' 57" S, 71° 42' 29" W)	De Laguna verde (33° 05' 30" S, 71° 39' 48" W) a	Costa abrasivo-acumulativa marina.	- Aldea Quintay (749 hab.).
29. Punta Tunquen (33° 16' 33" S, 71° 40' 25" W)	Mirasol (33° 19' 22" S, 71° 39' 07" W).	Intrusivos mesozoicos y oligoceno-pliocénicos.	- Caserio Tunquen (menos de 301 hab.).
30. El Yeco (33° 18' 37" S, 71° 39' 16" W)			- Urbanización EL Yeco (menos de 2 000 hab.).
31. El Quisco (33° 22' 25" S, 71° 41' 48" W)	De Mirasol (33° 19' 22" S, 71° 39' 07" W) a San Antonio (33° 34' 23" S, 71° 37' 41" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina.	- Ciudad El Quisco (14 769 hab.).
32. El Tabo (33° 27' 27" S, 71° 40' 19" W)		Intrusivos jurásicos (granitos).	- Ciudad El Tabo (6 982 hab.).
33. Punta Lacho (33° 30' 10" S, 71° 38' 04" W)			- Ciudad Las Cruces (5 490 hab.).
34. San Antonio (33° 34' 23" S, 71° 37' 41" W)			- Ciudad San Antonio (86 239 hab.).
35. Topocalma (34° 05' 22" S, 71° 58' 18" W)	Bobadillo (33° 50' 35" S, 71° 49' 16" W) a Playa Infernillo (34° 49' 51" S, 72° 08' 41" W).	Costa abrasivo- acumulativa marina. Intrusivos jurásicos y metamórficos paleozoicos.	- Topocalma (menos de 301 hab.).
36. Pichilemu (34° 23' 21" S, 72° 01' 28" W)			- Ciudad Pichilemu (12 776 hab.).
37. Punta Los Maquis (36° 04' 52" S, 72° 48' 38" W)	De Constitución (35° 20' 56" S, 72° 26' 28" W) a Playa Mina Costa (37° 37' 51" S, 73° 40' 51" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina.	- Aldea Buchupureo (menos de 2 000 hab.).
38. Punta Pingual (36° 31' 15" S, 72° 55' 59" W)		Intrusivos oligo-pliocénicos, rocas metamórficas paleozoicas y sedimentarias silíceas del Cretácico-Paleógeno.	- Balneario Pingual (menos de 2 000 hab.).
39. Punta Montecristo (36° 36' 30" S, 72° 58' 50" W)			- Ciudad Tomé (42 312 hab.).
40. Punta Lobos (36° 42' 41" S, 73° 09' 42" W)			- Ciudad Talcahuano (43 272 hab.).
41. Punta Lota (37° 05' 20" S, 73° 10' 28" W)			- Ciudad Lota (5 014 hab.).
42. Laraquete (37° 09' 41" S, 73° 11' 28" W)			- Ciudad Laraquete (20 961 hab.).
43. Playa Mina Costa (37° 37' 51" S, 73° 40' 51" W)			- Poblado Lebu (23 722 hab.).

Sitios idóneos para conversores undimotrices y coordenadas geográficas (*)	Sectores costeros, según la morfogénesis costera y coordenadas geográficas (*)	Tipo morfogénico de costa (*) y constitución geológica del sector costero (**)	Localidad beneficiaria de la generación de energía undimotriz a eléctrica (*) / Población 2017 (***)
44. La Puntilla (38° 14' 34" S, 73° 29' 36" W)	De Playa Mina Costa (37° 37' 51" S, 73° 40' 51" W) a La Puntilla, Quidico (38° 14' 34" S, 73° 29' 36" W).	Costa acumulativa marina. Sedimentos marinos holocénicos sobre rocas paleo-mesozoicas.	- Pueblo Quidico (1 017 hab.).
45. Punta Curíñanco (39° 43' 00" S, 73° 24' 41" W)	Nigue Norte (39° 17' 49" S, 73° 13' 36" W) a Punta Piojo (39° 52' 26" S, 73° 24' 02" W).	Costa abrasivo-acumulativa. Rocas metamórficas paleo-mesozoicas.	- Aldea Curíñanco (1 103 hab.).
46. Punta Hueicolla (40° 09' 47" S, 73° 41' 01" W)	De Punta Falsa (39° 57' 53" S, 73° 40' 39" W) a Punta Quillagua (41° 34' 55" S, 73° 47' 09" W)	Costa abrasiva marina, pequeños sectores acumulativos marinos. Rocas metamórficas paleo-mesozoicas.	- Caserío Hueicolla (menos de 301 hab.). - Caserío Balneario Pucatrihue (menos de 301 hab.). - Aldeas Bahía Mansa (1 170 hab.). - Aldea Maicolpué (902 hab.).
47. Pucatrihue (40° 31' 28" S, 73° 43' 21" W)			
48. Punta B. Mansa (40° 35' 11" S, 73° 44' 52" W)			
49. Pta. Maicolpué (40° 36' 10" S, 73° 45' 41" W)			
50. Punta Carelmapu (41° 44' 28" S, 73° 45' 46" W)	De Punta Quillagua (41° 34' 55" S, 73° 47' 09" W) a Punta Corona (41° 46' 53" S, 73° 52' 49" W)	Costa acumulativa marina. Sedimentos marinos holocénicos.	- Pueblo de Carelmapu (3 982 hab.).

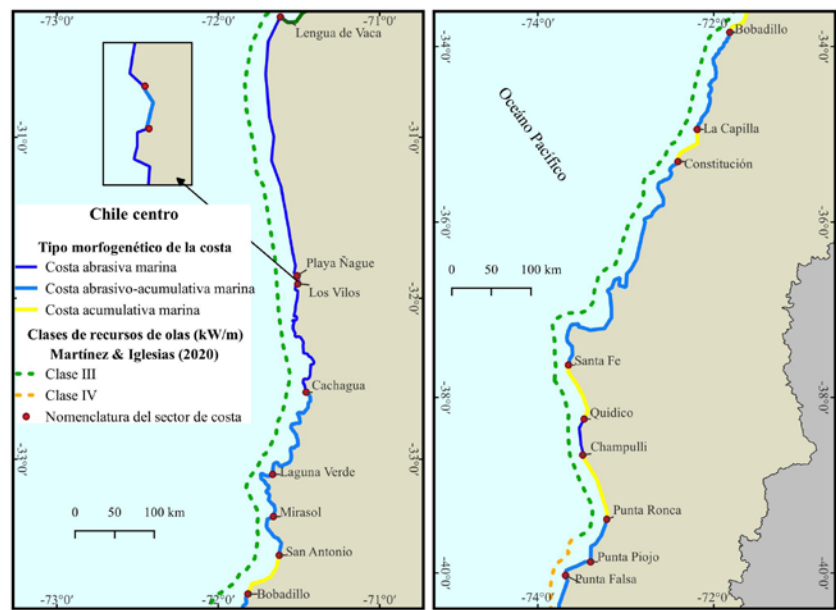
Fuente: (*) Elaboración propia; (**) Aspectos geológicos de Gómez Tapias *et al.* (2019); (***) Poblacionales de INE (2019).

Figura 2. Tipos morfofogenéticos de las costas chilenas (sector norte)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Tipos morfofogenéticos de las costas chilenas (sector central)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Tipos morfogenéticos de las costas chilenas (sector sur)



Fuente: Elaboración propia.

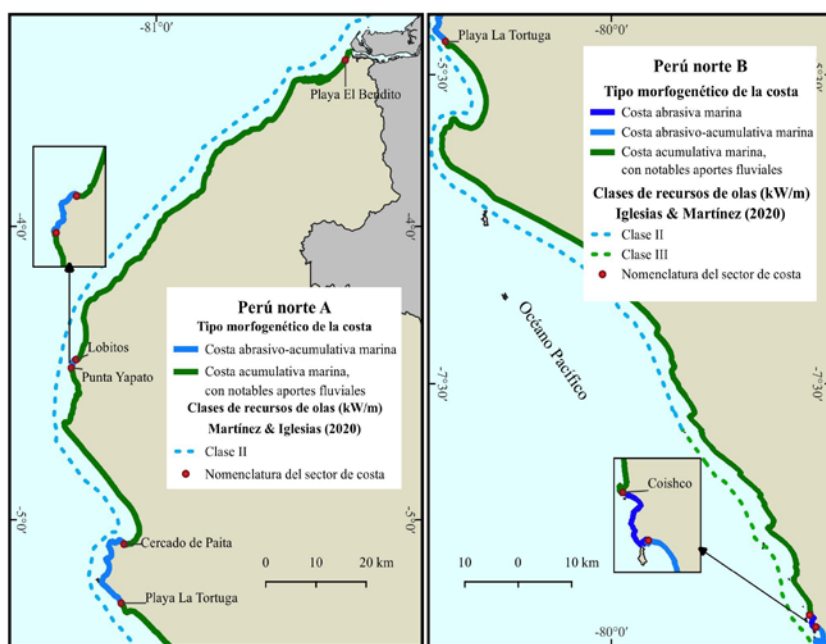
Las costas peruanas presentan un régimen de oleaje de intenso a moderado para la instalación de convertidores, pues según [Martínez e Iglesias \(2020, p. 4\)](#) alcanzan valores de entre 20 y 40 kW/m de potencia media del oleaje y con alturas significativas de las olas entre 2,0 y 3,3 m. Resultados similares obtuvieron [Barnard et al. \(2015, p. 2\)](#), con valores promedio entre 2, 0 y 2,7 m durante el período 1996-2005.

La clasificación morfogenética del relieve costero y su valoración reportan la presencia de 21 sitios con condiciones idóneas (**Tabla 2; Figuras 5, 6, 7**), que favorecerían a 10 843 787 habitantes. En las costas centro-meridionales peruanas prevalecen las costas abrasivas con alta concentración

de energía del oleaje, pero muy poco pobladas, así como en el norte chileno, debido a las condiciones áridas de la región (**Figura 7**). Con valores energéticos cercanos a los de Perú, se localizan las costas sudoccidentales de África, con una potencia de 40 kW/m (Joubert, 2008, p. 1).

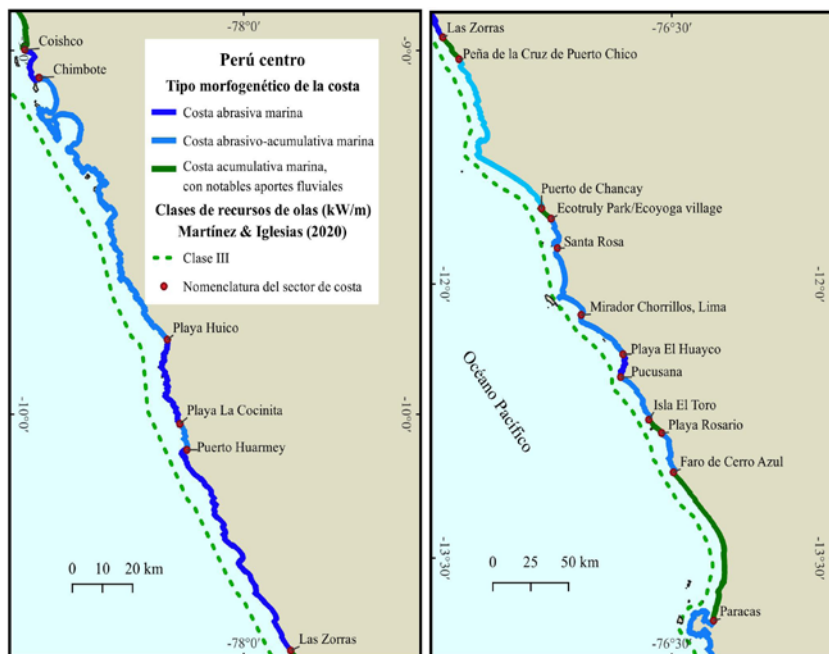
Joubert (2008, pp. 5-4) y Oliver *et al.* (2022, p. 12) identificaron y evaluaron áreas de alta concentración de energía de las olas para el emplazamiento futuro de convertidores undimotrices, pero no concretamente en la microlocalización en tierra (“onshore”) de los dispositivos, siguiendo criterios geólogo-geomorfológicos. De acuerdo con Ocean Energy Systems (2014, p. 110), este país posee las experiencias y la infraestructura necesarias para la investigación, pero el bajo financiamiento ha determinado la reducción de avances en materia de energía del océano, en general.

Figura 5. Tipos morfogenéticos de las costas peruanas (sector norte)



Fuente: Elaboración propia.

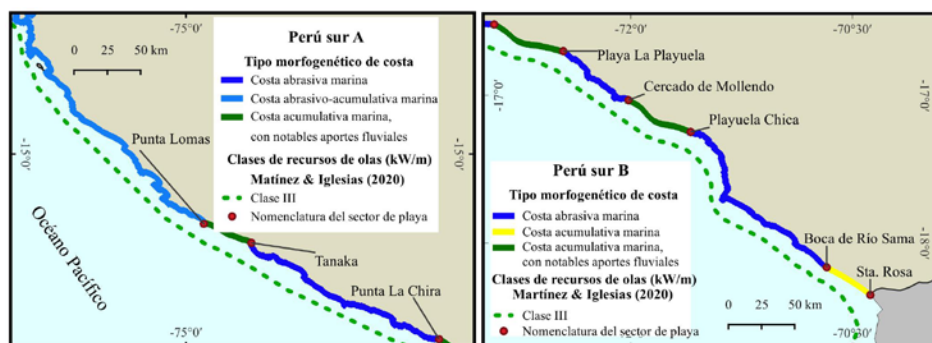
Figura 6. Tipos morfogenéticos de las costas peruanas (sector central)



Fuente: Elaboración propia.

La posición tropical de Ecuador determina la influencia de olas con altura significativa promedio entre 1,5 y 2,0 m (Barnard *et al.*, 2015, p. 2), régimen que pudiera incrementarse en los tiempos de El Niño (Odériz *et al.*, 2020, p. 12). El valor promedio de la energía de las olas en las costas ecuatorianas es de 20 a 25 kW/h (Martínez e Iglesias, 2020, p. 4), con alturas entre 2,0 y 2,5 m (Rodríguez-Santos y Chimbo-Campuzano, 2017, p. 24), superiores a la costa brasileña de 5 a 10 kW/m, donde ya existe un conversor en la costa (“onshore”), en el puerto Pecém, con resultados positivos de acuerdo con su escala de generación.

Figura 7. Tipos morfogenéticos de las costas peruanas (sector sur)



Fuente: Elaboración propia.

En sus costas se localizan las ciudades La Libertad y Guayaquil, esta última enclavada en la llanura fluvio-deltaica de los ríos Babahayo-Guayas, sin posibilidades para el aprovechamiento, debido a la nula potencialidad del oleaje en ese ambiente sedimentario somero; algo similar ocurre en la ciudad de Manta (**Tabla 3**). No obstante, existen algunas ciudades y pueblos ubicados en las costas abrasivo-acumulativas, donde los conversores permitirían el suministro de electricidad. En la **Tabla 3**, se señalan los ocho sitios favorables, todos en promontorios abrasivos aledaños a asentamientos humanos, que ofrecerían energía limpia a más de 161 863 habitantes por toda la costa.

En general, en Ecuador las condiciones morfogenéticas de las costas van desde abrasivas hasta franjas de costas acumulativas de playas (**Figura 8**); ya en su extremo septentrional las potencialidades undimotrices desaparecen ante la presencia de las costas deltaicas de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas.

Las costas colombianas del Pacífico se caracterizan por una muy baja presencia de asentamientos humanos, pero con una población rural muy dispersa al refugio de la selva húmeda. No obstante, en la **Tabla 4** y la **Figura 9** se muestran numerosos sectores costeros con condiciones geomorfológicas favorables para el emplazamiento de conversores undimotrices, con potencia promedio de las olas ente 15 y 20 kW/m (Martínez e Iglesias, 2020, p. 4).

Figura 8. Tipos morfogenéticos de las costas ecuatorianas



Fuente: Elaboración propia.

Lamentablemente, la ausencia de población beneficiaria no favorece a este tipo de inversiones, por carecer de un adecuado balance entre el costo-beneficio, agudizado por altos costos debido a la falta de estudios técnicos especializados, de investigación y de la tecnología necesaria en este país andino ([Gutiérrez-Beltrán et al., 2023, p. 7](#)).

Esta situación se aprecia en las costas abrasivas y abrasivo-acumulativas marinas comprendidas entre la localidad de Jurubida y la frontera con Panamá (**Figura 9**), las cuales presentan numerosos sitios idóneos para conversores, pero en un ámbito poblacional muy disperso. Según Telban (1988, p. 78) “solo el 10 % del Chocó se considera poblado y cultivado, y el resto corresponde a las selvas, bosques y ciénegas”. Precisamente en esta región, [Romero et al. \(2019, pp. 1 y 21\)](#) diseñaron un prototipo a escala experimental, que generó 1,17 kW, lo que representa una opción para estas poblaciones inaccesibles.

Tabla 2. Sitios potencialmente idóneos para el aprovechamiento undimotriz “onshore”, en las costas pacíficas de Perú

Sitios idóneos para conversores undimotrices y coordenadas geográficas (*)	Sectores costeros, según la morfogénesis costera y coordenadas geográficas (*)	Tipo morfo-genético de costa (*) y constitución geológica del sector costero (**)	Localidad beneficiaria de la conversión de energía undimotriz a eléctrica (*) / Población 2017 (***)
1. Lobitos (04° 27' 09" S, 81° 17' 29" W)	De Playa El Bendito (03° 24' 05" S, 80° 18' 35" W) a Vésique (09° 12' 44" S, 78° 29' 14" W).	Costa acumulativa marina, con aportes fluviales. Depósitos fluviales sobre rocas silicelásticas paleogénicas.	- Poblado Lobitos (1 312 hab.).
2. Punta Yacila (05° 07' 57" S, 81° 10' 49" W)	De Cercado de Paita (05° 04' 47" S, 81° 07' 03" W) a Playa La Tortuga (05° 17' 08" S, 81° 07' 36" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina. Rocas metamórficas pérmico-triásicas.	- Poblado Yacila (2 112 hab.).
3. Coishco (09° 01' 44" S, 78° 38' 04" W)	De Playa La Tortuga (05° 17' 08" S, 81° 07' 36" W) a Coishco (09° 01' 44" S, 78° 38' 04" W).	Costa acumulativa marina, con aportes fluviales, sobre rocas vulcano-sedimentarias cretácicas.	- Poblado Coishco (15 036 hab.).
4. Puerto Casma (09° 27' 25" S, 78° 23' 27" W)	De Chimbote (09° 04' 37" S, 78° 37' 32" W) a Playa Huico (09° 47' 52" S, 78° 13' 33" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina. Rocas vulcano- sedimentarias cretácicas.	- Puerto Casma (440 hab.). - Ciudad Casma (24 760 hab.).
5. Punta Culebras (09° 56' 57" S, 78° 14' 03" W)	De Playa Huico (09° 47' 52" S, 78° 13' 33" W) a Playa Trujillo (10° 00' 57" S, 78° 11' 39" W).	Costa abrasiva marina. Rocas vulcano- sedimentarias cretácicas.	- Poblado Caleta Culebras (1 492 hab.).
6. Punta Cabeza de Lagarto (10° 06' 32" S, 78° 11' 07" W)	De Playa Trujillo (10° 00' 57" S, 78° 11' 39" W) a Puerto Huarney (10° 06' 02" S, 78° 10' 58" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina. Rocas vulcano- sedimentarias cretácicas.	- Poblado Puerto y ciudad Huarney (27 820 hab.).

Sitios idóneos para conversores undimotrices y coordenadas geográficas (*)	Sectores costeros, según la morfógenesis costera y coordenadas geográficas (*)	Tipo morfogénico de costa (*) y constitución geológica del sector costero (**)	Localidad beneficiaria de la conversión de energía undimotriz a eléctrica (*) / Población 2017 (***)
7. Peña de la Santísima Cruz (10° 46' 03" S, 77° 45' 49" W)	De Las Zorras (10° 16' 52" S, 78° 04' 54" W) a Peña de la Cruz de Puerto Chico (10° 46' 03" S, 77° 45' 49" W).	Costa acumulativa marina, con aportes fluviales. Depósitos fluviales sobre rocas vulcano- sedimentarias cretácicas.	- Puerto Chico y ciudad Barranca (58 749 hab.).
8. Cerro Atarraya (10° 46' 54" S, 77° 45' 13" W)	De Peña de la Santísima Cruz de Puerto Chico (10° 46' 03" S, 77° 45' 49" W) a Puerto de Chancay (11° 35' 43" S, 77° 16' 26" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina. Rocas vulcano- sedimentarias cretácicas.	- Poblado Cerro Atarraya (menos de 2 000 hab.). - Ciudad Supe Puerto (12 786 hab.). - El Condor-Sta. Cruz (1 228 hab.). - Poblado Caleta de Carquín (8 132 hab.). - Poblado Huacho (72 159 hab.).
9. Playa El Amor Norte (10° 48' 01" S, 77° 45' 05" W)			
10. El Condor (10° 57' 27" S, 77° 39' 56" W)			
11. El Mirador de Carquín (11° 05' 35" S, 77° 38' 04" W)			
12. Huacho (11° 07' 35" S, 77° 37' 14" W)			
13. Santa Rosa Mirador (11° 47' 56" S, 77° 10' 56" W)	De Ecotrully Park/Ecoyoga village (11° 38' 30" S, 77° 13' 01" W) a El Huayco (12° 23' 07" S, 76° 47' 22" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina. Rocas vulcano- sedimentarias cretácicas, y depósitos marinos holocénicos no consolidados.	- Poblado Santa Rosa (27 863 hab.). - Ciudad de Lima (10 400 000 hab.).
14. El Bufadero (12° 23' 28" S, 76° 47' 01" W)	De Playa El Huayco (12° 23' 07" S, 76° 47' 22" W) a Pucucana (12° 28' 50" S, 76° 48' 10" W).	Costa abrasiva marina. Rocas vulcano-sedimentarias cretácicas.	Poblado San Bartolo (9 424 hab.). - Urban. Pucucana (17 885 hab.).
15. Pucucana (12° 28' 50" S, 76° 48' 10" W)			
16. Isla El Toro (12° 44' 42" S, 12° 28' 50" W)	Pucucana (12° 28' 50" S, 76° 48' 10" W) a Isla El Toro (12° 44' 42" S, 12° 28' 50" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina. Rocas intrusivas cretácicas.	- Urbanización de condominios y clubes (menos de 2 000 hab.).
17. Isla Los Lobos (12° 58' 56" S, 76° 30' 22" W)	De Playa Rosario (12° 48' 29" S, 76° 33' 48" W) a Cerro Azul (13° 01' 48" S, 76° 29' 25" W)	Costa abrasivo-acumulativa marina. Rocas intrusivas cretácicas.	- Urbanización Playa Los Lobos (183 hab.).

Sitios idóneos para conversores undimotrices y coordenadas geográficas (*)	Sectores costeros, según la morfógenesis costera y coordenadas geográficas (*)	Tipo morfogénico de costa (*) y constitución geológica del sector costero (**)	Localidad beneficiaria de la conversión de energía undimotriz a eléctrica (*) / Población 2017 (***)
18. Punta Lomas (15° 34' 24" S, 74° 51' 17" W)	De Paracas (13° 45' 28" S, 76° 13' 55" W) a Punta Lomas (15° 34' 24" S, 74° 51' 17" W).	Costa abrasivo-acumulativa. Rocas volcánicas proterozoicas y siliciclásticas cuaternarias.	- Poblado de Puerto de Lomas (1 402 hab.).
19. Matarani (17° 00' 49" S, 72° 06' 46" W)	De Playa La Playuela (16° 41' 58" S, 72° 27' 22" W) a Mollendo (17° 01' 32" S, 72° 01' 20" W).	Costa abrasiva marina. Rocas intrusivas jurásicas.	- Puerto Matarani (5 132 hab.). - Cercado de Mollendo (23 886 hab.).
20. Mollendo (17° 01' 32" S, 72° 01' 20" W)			
21. Vila Vila (18° 06' 52" S, 70° 43' 48" W)	De Playuela Chica (17° 14' 45" S, 71° 35' 50" W) a Boca de Sama (18° 09' 45" S, 70° 40' 36" W).	Costa abrasiva marina. Intrusivos jurásicos y vulcano-sedimentarias jurásicas.	- Poblado Vila Vila (470 hab.).

Fuente: (*) Elaboración propia; (**) *Aspectos geológicos* de Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico de Perú (2016) y de Gómez Tapias *et al.* (2019); (***) *Poblacionales de INEI* (2017)

Tabla 3. Reconocimiento de sitios potencialmente idóneos para el aprovechamiento undimotriz “ons/hore” en las costas pacíficas de Ecuador.

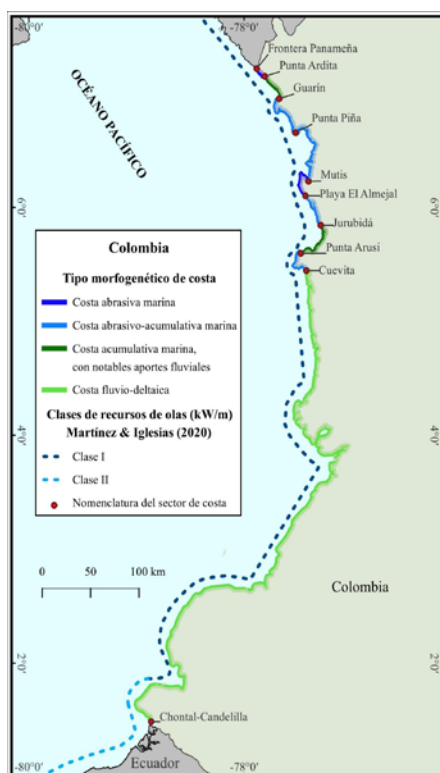
Sitios idóneos para conversores undimotrices y coordenadas geográficas (*)	Sectores costeros, según su morfogénesis (*)	Tipo morfogénico de costa (*) y constitución geológica del sector costero (**)	Localidad beneficiaria de la generación de energía undimotriz a eléctrica (*) / Población 2022 (***)
1. Playa Prieta (01° 28' 39" S, 80° 47' 35" W)	De San Lorenzo (01° 03' 30" S, 80° 54' 44" W) a Machalilla (01° 29' 02" S, 80° 46' 34" W).	Costa acumulativa marina. Rocas siliciclásticas del Paleógeno-Neógeno, basaltos cretácicos y depósitos marinos no consolidados.	- Pueblo de Machalilla (6 303 hab.).
2. Punta Los Piqueros 01° 33' 38" S, 80° 50' 00" W	De Machalilla (01° 29' 02" S, 80° 46' 34" W) a La Rinconada (01° 42' 52" S, 80° 47' 51" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina. Rocas siliciclásticas cretácico-paleogénicas y depósitos marinos holocénicos no consolidados.	- Ciudad Puerto López (13 489 hab.).
3. Ayampe (01° 41' 34" S, 80° 48' 45" W)			- Pueblo de Ayampe (400 hab. aprox.).
4. Promontorio Olon (01° 49' 09" S, 80° 45' 38" W)	De La Rinconada (01° 42' 52" S, 80° 47' 51" W) a Ayangue (01° 58' 05" S, 80° 44' 52" W).	Costa acumulativa marina. Rocas siliciclásticas del Paleógeno y depósitos holocénicos marinos no consolidados.	- Comuna de Montañita (menos de 5 000 hab.).
5. Ayangue (01° 58' 38" S, 80° 45' 46" W)	De Ayangue (01° 58' 05" S, 80° 44' 52" W) a Río Piedras (02° 01' 15" S, 80° 44' 21" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina. Rocas siliciclásticas cuaternarias y depósitos marinos holocénicos no consolidados.	- Comuna de Ayangue (2 372 hab., Censo de 2010)
6. P. Barandua (02° 09' 22" S, 80° 49' 02" W)	De Río Piedras (02° 01' 15" S, 80° 44' 21" W) a Punta Viejita (02° 11' 05" S, 80° 59' 18" W).	Costa acumulativa marina. Rocas siliciclásticas del Paleógeno y depósitos marinos holocénicos no consolidados.	- Comuna de San Pablo (7 000 hab.).
7. Punta Viejita (02° 11' 04" S, 80° 59' 15" W)			- Ciudad La Libertad (112 247 hab.).
8. Anconito (02° 19' 46" S, 80° 53' 59" W)	De Punta Viejita (02° 11' 05" S, 80° 59' 18" W) a Anconito (02° 20' 17" S, 80° 53' 26" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina. Rocas siliciclásticas paleogénicas y cuaternarias.	- Parroquia de Anconito (15 052 hab.).

Fuente: (*) Elaboración propia; (**) Aspectos geológicos de Gómez Tapia et al. (2019); (***) Poblacionales de INEC (2022)

Hacia el sur y hasta la frontera con Ecuador predominan las costas fluvio-palustres y fluvio-deltaicas, donde las condiciones del oleaje, en un relieve acumulativo, no tienen posibilidad alguna para enclaves energéticos.

Respecto al costo-beneficio de los emplazamientos, la mayoría de los autores recomiendan que los esfuerzos se concentren en tecnologías undimotrices cercanas a la costa, debido al costo ventajoso de la proximidad, que determina una transmisión y un mantenimiento más eficientes. A esto se añade, que el costo del cableado de interconexión eléctrica será menor donde exista una plataforma (*shelf*) estrecha y un fuerte talud continental cerca de la costa (Morim *et al.*, 2019, p. 1225). Por supuesto, con prototipos en la costa (“*onshore*”) la explotación sería menos costosa y más accesible.

Figura 9. Tipos morfogenéticos de costas y reconocimiento de sitios potencialmente idóneos en las costas pacíficas de Colombia



Fuente: Elaboración propia.

Las mayores dificultades de esta nueva tecnología energética, encontradas en otras experiencias internacionales, son de carácter de diseño técnico, de soporte financiero, y según [Bernhoff et al. \(2006, p. 4\)](#) de eficiencia en asimilación y de competencia de precios con otras fuentes de energía. [Carballo et al. \(2012, p. 3\)](#) reconocen el lento avance en la producción comercial de convertidores undimotrices, mientras [Morim et al. \(2019, p. 2\)](#) y [Guillou et al. \(2020, p. 1\)](#) apuntan la necesidad de evaluaciones precisas del recurso disponible y la energía esperada para optimizar los diseños y las ubicaciones de los convertidores. Por otra parte, [Guillou et al. \(2020, p. 21\)](#) plantean la calidad de las observaciones y la incertidumbre evaluativa, debido a registros incompletos sobre el clima del oleaje; el grado de complejidad de las simulaciones para predicciones; y la demanda de mayor capacidad de almacenamiento de datos.

Tabla 4. Tipos morfoenergéticos de costas y reconocimiento de sitios potencialmente idóneos en las costas pacíficas de Colombia

Condiciones para emplazamientos de conversores undimotrices (*)	Sectores costeros, según su morfogénesis (*)	Tipo morfoenergético de costa (*) y constitución geológica del sector costero (**)	Localidad beneficiaria de la generación de energía undimotriz a eléctrica (*)
Existen condiciones costeras	De Frontera panameña (07° 13' 20" N, 77° 53' 36" W) a Punta Ardita (07° 08' 55" N, 77° 48' 28" W).	Costa abrasiva marina. Rocas basálticas.	Ausencia de población costera
Existen condiciones costeras	De Punta Ardita (07° 08' 55" N, 77° 48' 28" W) a Guarín (06° 57' 24" N, 77° 40' 26" W).	Costa acumulativa marina, con notables aportes fluviales. Depósitos marinos no consolidados holocénicos.	Presencia de poblado Juradó (7 408 hab.), en zona acumulativa de playa.
Existen condiciones costeras	De Guarín (06° 57' 24" N, 77° 40' 26" W) a Punta Piña (06° 38' 51" N, 77° 31' 34" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina. Rocas basálticas cretácicas y depósitos marinos no consolidados holocénicos.	Ausencia de poblados costeros
Existen condiciones costeras	De Punta Piña (06° 38' 51" N, 77° 31' 34" W) a Mutis (06° 13' 38" N, 77° 24' 32" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina. Rocas basálticas cretácicas y depósitos marinos no consolidados holocénicos.	Presencia del poblado Mutis (4 863 hab.), sobre llanura fluvial costera.
Existen condiciones costeras	De Mutis (06° 13' 38" N, 77° 24' 32" W) a Playa El Almejal (06° 07' 12" N, 77° 26' 34" W).	Costa abrasiva marina. Rocas siliciclásticas paleógeno-neogénicas.	Presencia de poblados Huina (menos de 1 000 hab.) y El Almejal (menos de 200 hab.).
Existen condiciones costeras	De Playa El Almejal (06° 07' 12" N, 77° 26' 34" W) a Jurubida (05° 50' 48" N, 77° 16' 52" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina. Rocas siliciclásticas paleógeno-neogénicas.	Ausencia de poblados costeros, solo existe el pueblo El Valle (menos de 1 000 hab.).
Existen condiciones costeras	De Punta Arusi (05° 36' 30" N, 77° 29' 17" W) a Cuevita (05° 28' 17" N, 77° 25' 59" W).	Costa abrasivo-acumulativa marina. Depósitos marinos holocénicos no consolidados.	Presencia del poblado Cuevita (menos de 2 000 hab.), sobre llanura fluvial.

Fuente: *Elaboración propia; **Gómez Tapias (2019).

Otra de las necesidades básicas es velar por la sobrevivencia de los conversores con estructuras robustas y fijas, dada la alta agresividad del clima de oleaje y su gradual degradación (Leijon *et al.*, 2006, p. 2; Lacasa *et al.*, 2019, p. 3). En contraposición a estos obstáculos y carencias, mucho se ha avanzado en los últimos dos decenios en el estudio del clima de olas a diferentes escalas espaciales, en el diseño y prueba de prototipos de conversores y en la creación de una conciencia gubernamental, empresarial y social para el aprovechamiento de esta energía renovable.

Conclusiones

La identificación de sitios potencialmente idóneos en la costa (“*on-shore*”) para el aprovechamiento undimotriz, presentado en este trabajo bajo el enfoque morfogenético del relieve costero, contribuye a la compleja y multifactorial tarea de la toma de decisiones en la planeación energética de la costa. Esta investigación geomorfológica abre una nueva ventana científico-aplicada para la localización de conversores en tierra (“*onshore*”), bajo la óptica del sistema de *energía del oleaje-geoformas abrasivas del relieve costero*.

En las costas del Pacífico sudamericano fueron identificados 24 sitios idóneos en costas abrasivas (6 en Perú y 18 en Chile), 37 en costas abrasivo-acumulativas (4 en Ecuador, 7 en Perú y 26 en Chile), 7 en costas acumulativas marinas (4 en Ecuador y 3 en Chile) y 11 en costas acumulativas marinas con aportes fluviales y promontorios aislados (8 en Perú y 3 en Chile). En total, se identificaron 79 sitios con potencialidades para el emplazamiento de conversores undimotrices con beneficios directos a localidades costeras de diferente jerarquía urbana: 50 en Chile, 21 en Perú y 8 en Ecuador.

Las costas abrasivas chilenas más sureñas, de origen tectónico-glacial, desde la Isla Grande de Chiloé hasta el Cabo de Hornos, adolecen de ausencia poblacional frente al océano, sin embargo, esa franja latitudinal posee la potencia más alta del recurso energético del oleaje. Algo similar ocurre en las costas colombianas, donde existen sitios con condiciones geomorfológicas de aprovechamiento y del régimen del oleaje, pero la población es dispersa o inexistente, y no garantiza la viabilidad del costo-beneficio de las inversiones.

En el futuro mediano estos países, al igual que otros de América Latina y de otros continentes, deberán impulsar inversiones para establecer no solo centrales undimotrices locales y aisladas, si no construir redes regionales más eficientes de convertidores undimotrices, que contribuyan al desarrollo socioeconómico y sustituyan paulatinamente el empleo de las energías fósiles en las ciudades costeras.

Agradecimientos

Los autores agradecen al CONAHCYT (hoy SECIHTI) y a la SENER, el patrocinio al proyecto 249795 “Centro Mexicano de Innovación en Energía Oceánica, CEMIE-Océano)” y al Instituto de Geografía de la UNAM, por el apoyo económico y logístico. También se les agradece a los revisores anónimos por sus esfuerzos, y valiosas críticas y sugerencias que enriquecieron este trabajo.

Referencias bibliográficas

- Barnard, P. L., Short, A. D., Harley, M. D., Splinter, K., Vitousek, S., Turner, I. L., Allan, T., Banno, M., Bryan, M., Doria, A., Hansen, J., Kato, D., Kuriyama, Y., Goodwin, E., Ruggiero, P., Walker, I., y Heathfield, D. (2015). Coastal vulnerability across the Pacific dominated by El Niño/southern oscillation. *Nature Geoscience*, 8(10), 801-807. <https://doi.org/10.1038/NGEO2539>
- Bastos, A. S., Souza, T. R., Ribeiro, D. S., Melo, M. d. L. y Martínez, C. B. (2023). Wave Energy Generation in Brazil: A Georeferenced Oscillating Water Column Inventory. *Energies*, 16(8), 3409. <https://doi.org/10.3390/en16083409>
- Bernhoff, H., Sjöstedt, E. y Leijon, M. (2006). Wave energy resources in sheltered sea areas: a case study of the Baltic Sea. *Renewable Energy*, 31(13), 2164-70. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.10.016>
- Bustamante, J. E., Méndez, A. P. y Hernández, J. R. (2016). Cambios morfodinámicos hiperanuales (1951-2007) de la línea costera entre Punta Diamante y Río Papagayo, Acapulco, México. *Boletín de la AGE*, 71, 301-322. <https://doi.org/10.21138/bage.2284>

- Carballo, R. y Iglesias, G. (2012). A methodology to determine the power performance of wave energy converters at a particular coastal location. *Energy Conversion and Management*, 61, 8-18. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.03.008>.
- Castillo Villagra, R., Segovia Barros, V., Días Flores, G. y Araya Medina, C. (2018). Potencial undimotriz de la región de Tarapacá (Chile) como foco de fomento productivo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 26(1), 72-85.
- Chile Sustentable. (2017). *Matriz eléctrica y generación a carbón en Chile*. <https://www.chilesustentable.net/wp-content/uploads/2017/11/Cartilla-Termoelectricas-a-Carbon-Propuestas-Para-Acelerar-La-Transicion-Energetica-2017.pdf>.
- Contreras, M. A. H., Silva-Ortega, M., Valenzuela V. G. y de Jesús Oliveros T. (2022). Study of a wave energy converter (Wec) for the area with the greatest potential in Mexican coasts. *IEEE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV)*, Boca del Río. Veracruz, México. <https://doi.org/10.1109/ICEV56253.2022.9959734>.
- Datos Mundial (2024a). *Gestión de energía en Chile*. <https://www.datosmundial.com/america/chile/balance-energetico.php>.
- Datos Mundial (2024b). *Gestión de energía en Perú*. <https://www.datosmundial.com/america/peru/balance-energetico.php>.
- Datos Mundial (2024c). *Gestión de energía en Ecuador*. <https://www.datosmundial.com/america/ecuador/balance-energetico.php>.
- Datos Mundial (2024d). *Gestión de energía en Colombia*. <https://www.datosmundial.com/america/colombia/balance-energetico.php>.
- Ecoinventos Green Technology (2014, diciembre 19). *Central undimotriz en Brasil*. https://ecoinventos.com/central-undimotriz-en-brasil/#google_vignette.
- Energías Renovables (2021, abril 22). *En el Green Power instala el primer convertidor de energía de olas a escala completa de Latinoamérica*. https://www.energias-renovables.com/energias_del_mar/enel-green-power-instala-el-primer-convertidor.
- Energy Action (2025). *Energy Insights. Boost Corporate Energy Efficiency with Innovation*. <https://energyaction.com.au/corporate-energy-efficiency-innovation-strategies/>.

- Esteban, M. D., Espada, J. M., Ortega, J. M., López-Gutiérrez, J.-S. y Negro, V. (2019). What about Marine Renewable Energies in Spain? *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(8), 249. <https://doi.org/10.3390/jmse7080249>.
- Fairley, I., Lewis, M., Robertson, B., Hemer, M., Masters, I., Horrillo-Caraballo, J., Karunaratna, H. y Reeve, D. E. (2020). A classification system for global wave energy resources based on multivariate clustering. *Applied Energy*, 262, 114515. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114515>.
- Folley, M. y Whittaker, T. J. T. (2009). Analysis of the nearshore wave energy resource. *Renewable Energy*, 34(7), 1709-1715. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.01.003>.
- García Bustos, C. (2014). Energía undimotriz: evaluación de su potencial factibilidad ambiental en Chile. [Tesis de grado, Escuela de Biología Marina, Universidad Austral de Chile. Chile].
- García Teruel, A., Roberts, O., Noble, D., Henderson, J. C. y Jeffrey, H. (2022). Design limits for wave energy converters based on the relationship of power and volume obtained through multi-objective optimisation. *Renewable Energy*, 200, 492-504. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.09.053>.
- Giannini, G., Zavvar, E., Ramos, V., Calheiros-Cabral, T., Iglesias, I., Taveira-Pinto, F. y Rosa-Santos, P. (2024) On the Development of a Near-Shore Pivoting Wave Energy Converter. *Energies*, 17, 2695. <https://doi.org/10.3390/en17112695>.
- Gómez Tapias, J., Schobbenhaus, C. y Montes Ramírez, N. E. (2019). *Geological map of South America to scale 1:5 000 000*. Servicio Geológico Colombiano, Serviço Geológico do Brasil. <https://www2.sgc.gov.co/MGC/Paginas/gmsa5M2019.aspx>.
- Google Earth (2023). *Imágenes satelitales de Sudamérica*. <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>.
- Google Earth (2024). *Imágenes satelitales de Sudamérica*. <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>.
- Guillou, N., Lavidas, G. y Chapalain, G. (2020). Wave Energy Resource Assessment for Exploitation-A Review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(9), 705. <https://doi.org/10.3390/jmse8090705>.

- Gutiérrez-Beltrán, L. V., Gallo-Toro, A. S. y Pérez-Gosteva, T. (2023). Viabilidad de la implementación de energía undimotriz en la costa Pacífica Colombiana. *UGCiencia*, 28(1). <https://doi.org/10.18634/ugcj.28v.1i.1278>.
- Hangfei Li, Xiwen Sun y Hui Zhou (2022). Wave energy: history, implementations, environmental impacts, and economics. *2nd International Conference on Materials Chemistry and Environmental Engineering (CONFMCCE 2022)* 12326, 189-199. <https://doi.org/10.1117/12.2646119>.
- Henfridsson, U., Neimane, V., Strand, K., Kapper, R., Bernhoff, H., Danielsson, O., Leijon, M., Sundberg, J., Thorburn, K., Ericsson, E. y Bergman, K. (2007). Wave energy potential in the Baltic Sea and the Danish part of the North Sea, with reflections on the Skagerrak. *Renewable Energy*, 32(12), 2069-84. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2006.10.006>.
- Herrera Torres, G., López López, C. y Sánchez Quitian, M. V. (2008). Diagnóstico de las centrales termoeléctricas en Colombia y evaluación de alternativas tecnológicas para el cumplimiento de la norma de emisión de fuentes fijas. *Épsilon*, 010, 49-55.
- Hughes, M. G. y Heap, A. D. (2010). National-scale wave energy resource assessment for Australia. *Renewable Energy* 35(8), 1783-1791. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.11.001>.
- Iglesias, G., López, M., Carballo, R., Castro, A., Fraguera, J. A. y Frigaard, P. (2009). Wave energy potential in Galicia (NW Spain). *Renewable Energy*, 34(11), 2323-2333. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.03.030>.
- INE (2019). *Ciudades, pueblos, aldeas y caseríos 2019*. Santiago de Chile.
- INEC (2022). *Datos demográficos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Censo de Población y Vivienda. Tabulados. Quito.
- INEI (2017). Perú. *Crecimiento y distribución de la población total*. Lima, 80 p.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico de Perú (2016). *Mapa geológico del Perú*, a escala 1:1 000 000 (versión digital estandarizada).
- Izaguirre, C., Méndez, F. J., Espejo, A., Losada, I. J. y Reguero, B. J. (2013). Extreme wave climate changes in Central-South America. *Climatic Change*, 119, 277-290. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0712-9>.

- Joubert, J. R. (2008). An investigation of the wave energy resource on the South African coast, focusing on the spatial distribution of the southwest coast. [Tesis of Master of Science, University of Stellenbosch. South Africa].
- Juanpera, M., Domenech, B., Ferrer-Martí, L., Garzón, A. y Pastor, R. (2021). Renewable-based electrification for remote locations. Does short-term success endure overtime? A case study in Peru. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 146, 111177. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111177>.
- Kofoed, J. P., Frigaard, P., Friis-Madsen, E. y Sørensen, H. Chr. (2006). Prototype testing of the wave energy converter wave dragon. *Renewable Energy*, 31, 18-189. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.09.005>
- Lacasa, M. C., Esteban, M. D., López-Gutiérrez, J. S., Negro, V. y Zang, Z. (2019). Feasibility Study of the Installation of Wave Energy Converters in Existing Breakwaters in the North of Spain. *Applied Sciences*, 9(23), 5225. <https://doi.org/10.3390/app9235225>.
- Lancaster, O., Cossu, R., Heatherington, C., Hunter, S. y Baldock, T. E. (2022). Field Observations of Scour Behavior around an Oscillating Water Column Wave Energy Converter. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(3), 320. <https://doi.org/10.3390/jmse10030320>.
- Lehmann, M., Karimpour, F., Goudey, C. A., Jacobson, P. T. y Alam, R. (2016). Ocean Wave Energy in the United States: Current Status and Future Perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 1300-1313. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.101>.
- Leijon M, Danielsson, O., Eriksson, M., Thorburn, K., Bernhoff, H., Isberg, J., Sundberg, J., Ivanova, I., Sjöstedt, E., Agren, O., Karlsson, K. E. y Wolfbrandt, A. (2006). An electrical approach to wave energy conversion. *Renewable Energy*, 31(9), 1309-1319. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.07.009>.
- Lenee-Bluhm, P., Paasch, R. y Tuba Özkan-Haller, H. (2011). Characterizing the wave energy resource of the US Pacific Northwest. *Renewable Energy*, 36(8), 2106-2119. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.01.016>.

- Majidi, A. G., Ramos, V., Rosa-Santos, P., das Neves, L. y Taveira-Pinto, F. (2025). Power production assessment of wave energy converters in mainland Portugal. *Renewable Energy*, 243, 122540. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.122540>.
- Martínez Vázquez, M. A., Güereca, L. P., Hernández Santana, J. R., Morrillón, D., Télles, O., Mendoza González, G. y Heckel, G. (2017). Ecología e integración con el ambiente. *Boletín del Centro Mexicano de Innovación en Energía-Océano*, 1, 6-11.
- Martínez Vázquez, M. L., Vázquez, G., Pérez-Maqueo, O., Silva-Casarín, R., Moreno-Casasola, P., Mendoza-González, G., López-Portillo, J., MacGregor, I., Heckel, G., Hernández-Santana, J. R., García-Franco, J. G., Castillo-Campos, G. y Lara-Domínguez, A. L. (2021). A systemic view of potential environmental impacts of ocean energy production. *Renewable and Sustainable Energy*, 149, 111332. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111332>.
- Martínez, A. y Iglesias, G. (2020). Wave exploitability index and wave resource classification. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134, 110393. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110393>.
- MERIC (2022). *Open Sea Lab-Las Cruces, Chile*. <https://meric.cl/open-sea-lab-2/>
- Morim, J., Cartwright, N., Hemer, M., Etemad-Shahidi, A., Darrell Strauss (2019). Inter-and intra-annual variability of potential power production from wave energy converters. *Energy*, 169, 1224-1241. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.080>.
- Mørk, G., Barstow, S., Kabuth, A. K. y Pontes, M. T. (2010). Assessing the global wave energy potential. Proceedings of the ASME 2010 29th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, 3, 447-454. <https://doi.org/10.1115/OMAE2010-20473>.
- Nada Silveira Pereira, N. E. y Azevedo Klumb-Oliveira, L. (2015). Analysis of the influence of ENSO phenomena on wave climate on the central coastal zone of Rio de Janeiro (Brazil). *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 15(3), 353-370. <https://doi.org/10.5894/rgci570>.
- NOAA/NCEP Ocean Modeling Branch (2010). *Global Ocean Conditions*. <https://www.google.com/search?q=NOAA+significant+wave+in+the+world>.

- Ocean Energy Systems (2014). *Annual Report*. <file:///C:/Users/Delfin-Downloads/OES-Annual-Report-2014.pdf>.
- Ocean Energy Systems (2023). *Annual Report*. <file:///C:/Users/Delfin-Downloads/oes-annual-report-2023.pdf>.
- Odériz, I., Silva, R., Mortlock, T. R. y Mori, N. (2020). El Niño-Southern Oscillation Impacts on Global Wave Climate and Potential Coastal Hazards. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125(12), 1-16. <https://doi.org/10.1029/2020JC016464>.
- Oliver, B., Veitch, J. y Reason, C. J. C. (2022). Variability in high wave energy events around the southern African coast. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 127, e2021JC018255. <https://doi.org/10.1029/2021JC018255>.
- Resourcewatch (2024). *Populations in coastal zones*. <https://resourcewatch.org/data/explore/Populations-in-Coastal-Zones>.
- Rodríguez-Santos, R. y Chimbo-Campuzano, M. (2017). Aprovechamiento de la energía undimotriz en Ecuador. *Ingenius*, 17, 23-28. <https://doi.org/10.17163/ings.n17.2017.03>.
- Romero Menco, F., Rubio-Clemente, A. y Chica, E. (2019). Design of a wave energy converter system for the Colombian Pacific Ocean. *Rev. Fac. Ing.*, 94, 8-23. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20190406>.
- Rumbo Minero (2016, marzo 8). *Perú cuenta con 28 centrales que operan con RER*. <https://www.rumbominero.com/peru/noticias/energia/peru-con-28>.
- Selman-Caro, D., Gorr-Pozzi, E., Odériz, I., Díaz-Hernández, G. y García-Nava, Silva, R. (2024). Assessing wave energy for possible WEC installations at La Serena, central Chile. *Ocean Engineering*, 295, 116854. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.116854>.
- Shrimali, G. y Kniefel, J. (2011). Are government policies effective in promoting deployment of renewable electricity resources? *Energy Policy*, 39(9), 4726-4741. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.055>.
- Stopa, J. E. y Cheung, K. F. (2014). Periodicity and patterns of ocean wind and wave climate. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119(8), 5563-5584. <https://doi.org/10.1002/2013JC009729>.

- Subhashish D., Sreenivasulu, A., Veerendra, G. T. N., Venkateswara, K. y Anjaneya, P. S. S. (2022). Renewable energy present status and future potentials in India: An overview. *Innovation and Green Development*, 1(1), 100006. <https://doi.org/10.1016/j.igd.2022.100006>.
- Sucre Instituto Superior Universitario (2021). *Centrales de generación eléctrica*. <https://www.studocu.com/ec/document/instituto-tecnologico-superior-sucre/ma>.
- Telban, B. (1988). Grupos étnicos de Colombia. *Quito, Ecuador: ABYA-YALA*, 526.
- Tethys (s. f). *Planta de energía undimotriz de Mutriku*. <https://tethys.pnnl.gov/project-sites/mutriku-wave-power-plant>.
- Timmermans, B. W., Gommenginger, C. P., Dodet, G. y Bidlot, J. R. (2020). Global wave height trends and variability from new multi-mission satellite altimeter products, reanalyses, and wave buoys. *Geophysical Research Letters*, 47(9), e2019GL086880. <https://doi.org/10.1029/2019GL086880>.
- Ulloa, M., Silva, R. y Mariño-Tapia, I. (2023). Partitioning the Extreme Wave Spectrum of Hurricane Wilma to Improve the Design of Wave Energy Converters. *Sustainability*, 15, 7414. <https://doi.org/10.3390/su15097414>.
- World Population Review (2024). Countries by Coastline 2024. <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/countries-by-coastline>.
- WORLDOMETERS (2024). *Population. 2024 Global Threat Report*. https://www.worldometers.info/world-population/population-by-country/#google_vignette.
- Yage You, Songwei Sheng, Bijun Wu y Yunqi He (2012). Wave energy technology in China. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 370, 472-480. <https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0154>.