



## **Recomendaciones para el desarrollo de la energía renovable acuática en el Perú**

**Resumen Ejecutivo**

**Estudio para la Embajada Británica en Lima**

**Emitido por Aquatera Ltd**

**P747 – Octubre 2017**



**[www.aquatera.co.uk](http://www.aquatera.co.uk)**



Este estudio fue realizado para:

UK Foreign and Commonwealth Office  
British Embassy Lima  
Torre Parque Mar (Planta 22)  
Miraflores  
Lima  
Perú

Contacto: Silvana Rebaza  
Tel: +51 (1) 617 3026  
Email: [Silvana.Rebaza@fco.gov.uk](mailto:Silvana.Rebaza@fco.gov.uk)

Este estudio fue realizado por:

Aquatera Ltd  
Old Academy Business Centre  
Stromness  
Orkney  
KW16 3AW

Contacto: Natalia Rojas  
Tel: 01856 850 088  
Email: [office@aquatera.co.uk](mailto:office@aquatera.co.uk)

### Registro de revisiones

El número de versión se indica en la portada.

Versión	Fecha	Detalles
V1	Octubre del 2017	Resumen ejecutivo

Miembros de:





## Glosario

ANA	Autoridad Nacional del Agua, ANA
IEC / TC	International Electrotechnical Commission / Technical Committee's, IEC / TC
ME – OMC	Marine Energy – Operational Management Committee
SEIN	Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, SEIN
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI
DICAPI	Dirección General de Capitanías y Guardacostas, DICAPI
PROINVERSION	Agencia de Promoción de la Inversión Privada, PROINVERSION
ANP	Áreas Naturales Protegidas, ANP
SERNANP	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, SERNANP
ACR	Áreas de Conservación Regional, ACR
ACP	Áreas de Conservación Privada, ACP
SINANPE	Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, SINANPE
SEIA	Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental
DGER	Dirección General de Electrificación Rural, DGER
DGE	Dirección General de Electricidad, DGE
DGEE	Dirección General de Eficiencia Energética, DGEE
DGAEE	Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos, DGAEE
SENACE	Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles, SENACE
DGOT	Dirección General de Ordenamiento Territorial, DGOT
DGOT	Dirección General de Ordenamiento Territorial, DGOT

ZEE	Zonificación Ecológica Económica, ZEE
MIZMC	Manejo integrado de Zona Marino Costeras, MIZMC
EMEC	The European Marine Energy Centre Ltd, EMEC
PNER	Plan Nacional de Electrificación Rural, PNER
PRODUCE	Ministerio de la Producción, PRODUCE
SHP	Smart Hydro Power, SHP
ERNC	Energía renovable no convencional, ERNC. En el Perú, el Decreto Legislativo N° 1002 considera biomasa, eólica, solar, geotérmica, mareomotriz e hidroeléctrica ERNC cuando la capacidad instalada no supera los 20MW.
IRENA	The International Renewable Energy Agency, IRENA
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, OSINERGMIN
INDECOPI	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, INDECOPI
COES	Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, COES
NCCC	National Commission for Climate Change, NCCC
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC
ENCC	Estrategia Nacional ante el Cambio Climático, ENCC
TUPA	Texto Único de Procedimientos Administrativos, TUPA
NREL	National Renewable Energy Laboratory, NREL
IDB	The Inter-American Development Bank, IDB
TRL	Technology Readiness level, TRL
NAMA	Renewable Energy Nationally Appropriate Mitigation Actions, NAMA

## Indice

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>ENERGÍA EN EL PERÚ .....</b>	<b>5</b>
<b>POTENCIAL DE ENERGÍA RENOVABLE ACUÁTICA EN EL PERÚ .</b>	<b>7</b>
<b>POTENCIAL EÓLICO MARINO.....</b>	<b>8</b>
<b>POTENCIAL DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ .....</b>	<b>9</b>
<b>POTENCIAL HIDROKINÉTICO DE RÍOS .....</b>	<b>10</b>
<b>POTENCIAL SOLAR FLOTANTE .....</b>	<b>11</b>
<b>MARCO REGULATORIO .....</b>	<b>12</b>
<b>ENERGÍA RENOVABLE ACUÁTICA TERRESTRE .....</b>	<b>12</b>
<b>ENERGÍA RENOVABLE ACUÁTICA EN EL MAR.....</b>	<b>14</b>
<b>ÁREAS PROTEGIDAS.....</b>	<b>16</b>
<b>CONCESIONES ELÉCTRICAS.....</b>	<b>17</b>
<b>PERMISOS AMBIENTALES.....</b>	<b>17</b>
<b>ORDENAMIENTO TERRITORIAL .....</b>	<b>18</b>
<b>INFRAESTRUCTURA Y CADENA DE SUMINISTRO .....</b>	<b>19</b>
<b>RED ELÉCTRICA.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPACIDAD DE LA RED ELÉCTRICA Y CONECTIVIDAD INTERNACIONAL .....</b>	<b>19</b>
<b>CADENA DE SUMINISTRO .....</b>	<b>20</b>
<b>INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>REDUCCIÓN DE COSTOS TECNOLÓGICOS Y ADAPTACIÓN DE TECNOLOGÍAS ACUÁTICAS A LAS CONDICIONES PERUANAS .....</b>	<b>22</b>
<b>EVALUACIÓN DE RECURSOS Y SELECCIÓN DE SITIOS PARA MINIMIZAR EL COSTO DE ENERGÍA.....</b>	<b>22</b>
<b>DESARROLLO DEL SECTOR .....</b>	<b>23</b>
<b>TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO .....</b>	<b>23</b>
<b>IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS Y AMBIENTALES .....</b>	<b>24</b>
<b>FINANZAS .....</b>	<b>31</b>
<b>MERCADO DE LA ELECTRICIDAD.....</b>	<b>32</b>
<b>SUMINISTRO DIRECTO A CLIENTES INDUSTRIALES.....</b>	<b>32</b>
<b>COMUNIDADES AISLADAS Y REMOTAS.....</b>	<b>33</b>
<b>MECANISMOS DE APOYO .....</b>	<b>33</b>
<b>NICHOS DE MERCADO .....</b>	<b>35</b>
<b>SECTOR PESCA, ACUICULTURA Y MARICULTURA.....</b>	<b>35</b>
<b>MINAS Y CANTERAS .....</b>	<b>36</b>
<b>BUQUES/TRANSPORTE.....</b>	<b>36</b>

ELECTRIFICACIÓN RURAL .....	38
DESALINIZACIÓN .....	38
<b>EVALUACIONES REGIONALES .....</b>	<b>39</b>
ESCENARIO DE CAPACIDAD MEDIA (CASO BÁSICO).....	39
ESCENARIO DE CAPACIDAD ALTA .....	40
ESCENARIO DE CAPACIDAD BAJA .....	40
<b>POSIBLES ESCENARIOS DE CRECIMIENTO.....</b>	<b>42</b>
EL PAPEL POTENCIAL DE LA ENERGÍA ACUÁTICA .....	42
ENERGÍA EÓLICA FLOTANTE TERRESTRE Y MARINA .....	44
ENERGÍA UNDIMOTRIZ.....	45
ENERGÍA HIDROKINÉTICA DE RÍOS.....	45
ENERGÍA SOLAR FLOTANTE .....	46
<b>VISIÓN ESTRATÉGICA .....</b>	<b>47</b>
ESTIMACIONES DE CRECIMIENTO .....	48
ENERGÍA NO ELÉCTRICA.....	55
ALINEAMIENTO CON LOS OBJETIVOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE NACIONES UNIDAS (ODS) .....	56
<b>PRINCIPALES RECOMENDACIONES .....</b>	<b>60</b>

## Ilustraciones

Ilustración 1	Generación global de electricidad por fuente en el Escenario del 66% y 2°C .....	6
Ilustración 2	Recurso eólico marino en el Pacífico Norte (PN) y Central (PC) .....	9
Ilustración 3	Recurso undimotriz en las regiones del Pacífico Norte (PN), Central (PC) y Sur (PS) del Perú .....	10
Ilustración 4	Recurso hidrocínético por región .....	10
Ilustración 5	Recurso solar flotante por región .....	11
Ilustración 6	Permisos y licencias para proyectos de energía renovable acuática en ríos .....	13
Ilustración 7	Permisos y licencias para proyectos de energía renovable acuática en el mar .....	15
Ilustración 8	Mercado de la electricidad en el Perú .....	32
Ilustración 9	Capacitando a la población, proyecto JiriJiri .....	37
Ilustración 10	Comparación de los resultados del LCOE en todos los escenarios .....	42
Ilustración 11	Oportunidades de energía acuática para el suministro de energía en el Perú (total) .....	43
Ilustración 12	Oportunidades de energía acuática para el suministro de energía en el Perú (electricidad) .....	44
Ilustración 13	Escenario básico asumido para la generación de energía en tierra y pronósticos .....	49
Ilustración 14	Estimaciones de crecimiento de las energías acuáticas renovables (escenario BAJO) .....	50
Ilustración 15	Escenario de crecimiento conservador (BAJO) para la generación renovable acuática .....	51
Ilustración 16	Estimaciones de crecimiento de las energías acuáticas renovables (escenario MEDIO) .....	52
Ilustración 17	Escenario de crecimiento intermedio (MEDIO) para la generación renovable acuática en el Perú .....	53
Ilustración 18	Estimaciones de crecimiento de las energías acuáticas renovables (escenario ALTO) .....	54
Ilustración 19	Escenario de crecimiento optimista (ALTO) para la generación acuática renovable .....	55
Ilustración 20	Plazos de ejecución aproximados .....	60
Ilustración 21	Proyecto Hywind Scotland .....	79
Ilustración 22	Cuencas hidrográficas consideradas en el estudio de ANA .....	81
Ilustración 23	Resultados estación de Tamshiyacu .....	82

## Tablas

Tabla 1	Potencial de los recursos energéticos renovables acuáticos en el Perú ...	7
Tabla 2	Conflictos potenciales para los proyectos de energía renovable acuática .....	16
Tabla 3	I+D+i para la reducción de costos tecnológicos y adaptación a las condiciones peruanas .....	22
Tabla 4	I+D+i para la evaluación de recursos y selección de sitios para minimizar el coste de la energía .....	22
Tabla 5	Desarrollo del sector .....	23
Tabla 6	Transferencia y difusión del conocimiento .....	23
Tabla 7	Posibles impactos culturales, sociales y económicos de las tecnologías renovables acuáticas .....	24
Tabla 8	Posibles impactos ambientales de la energía undimotriz.....	26
Tabla 9	Posibles impactos ambientales de la energía eólica flotante marina .....	27
Tabla 10	Posibles impactos ambientales de la energía solar flotante marina .....	28
Tabla 11	Posibles impactos ambientales de la energía hidrocínética de ríos .....	29
Tabla 12	Posibles impactos ambientales de la energía eólica flotante en el interior .....	30
Tabla 13	Impactos ambientales potenciales de la energía solar flotante en tierra	31
Tabla 14	Estimación de la capacidad total instalada y de la generación anual de electricidad para el año 2037.....	41
Tabla 15	Análisis de la contribución de la energía acuática en relación con ODS ..	57
Tabla 16	Instituciones del Reino Unido que ofrecen cursos sobre energía acuática .....	93

## RESUMEN EJECUTIVO

### AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó por encargo de la Embajada Británica en Lima, y fue desarrollado por Aquatera con el apoyo del Centro Europeo de Energías Marinas (EMEC)<sup>1</sup>, el Centro Internacional de Tecnología de Islas (ICIT)<sup>2</sup> y la Universidad de Ingeniería y Tecnología de Lima (UTEC)<sup>3</sup>.

Agradecemos al Ministerio de Energía de Perú (MINEM)<sup>4</sup>, quien apoyó la organización de los talleres de consulta regional, así como a las personas y organizaciones participantes del proceso de consulta desarrollado en este proyecto.

Finalmente, debemos brindar un agradecimiento especial a la Embajada Británica en Lima, por apoyar y financiar el desarrollo de este proyecto, a través del Fondo para la Prosperidad de la Oficina de Extranjería y Commonwealth.

### INTRODUCCIÓN

Según el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM)<sup>5</sup>, el Perú es el tercer país más vulnerable a los efectos del cambio climático debido a la variabilidad de las condiciones climáticas de la región. De este modo, los recursos de energía renovable acuática del Perú (undimotriz, mareomotriz, eólica flotante, solar flotante e hidrocíntrica de ríos) podrían contribuir a la mitigación de los efectos de la industria energética sobre el cambio climático local, a la vez de desempeñar un papel importante en el crecimiento sostenible del país y el acceso a la energía en áreas rurales, aunque la experiencia y conocimiento del potencial de estos nuevos tipos de energía renovable son aún limitados.

El presente estudio combina el conocimiento de la situación energética en el Perú con la experiencia de más de una década de actividad en el sector de la energía renovable acuática internacional y específicamente en Orkney, Reino Unido. Definitivamente, ha habido muchos logros en el Reino Unido, lo que a la vez ha conllevado aprender muchas lecciones transferibles a la experiencia internacional. De esta manera, el objetivo de este proyecto es utilizar la experiencia generada a través de una década, para proponer medidas que puedan ayudar a maximizar el potencial energético acuático del Perú.

A través de este informe, se espera promover el impulso de las energías renovables acuáticas del Perú, combinando la información sobre los recursos del país e identificando medidas específicas y realizables por el Gobierno, la industria o la comunidad investigadora, quienes podrían aplicarlas para fomentar y apoyar el desarrollo de proyectos de energías renovables acuáticas. Por consiguiente, este proyecto promueve esta nueva industria y desarrolla recomendaciones viables adaptadas a la situación del Perú mediante consultas con los actores locales.

### ENERGÍA EN EL PERÚ

La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) presentó en Marzo de 2017 un nuevo informe denominado "Perspectivas para la Transición Energética", en colaboración con la Agencia Internacional de Energía (IEA). Este informe, muestra un incremento en el desarrollo de proyectos de energías renovables y la implementación de medidas de eficiencia energética, tanto en los países del G20 como a nivel global, para cumplir con las metas especificadas en

---

<sup>1</sup> <http://www.emec.org.uk/>

<sup>2</sup> <https://www.hw.ac.uk/schools/energy-geoscience-infrastructure-society/research/icit.htm>

<sup>3</sup> <http://www.utec.edu.pe/>

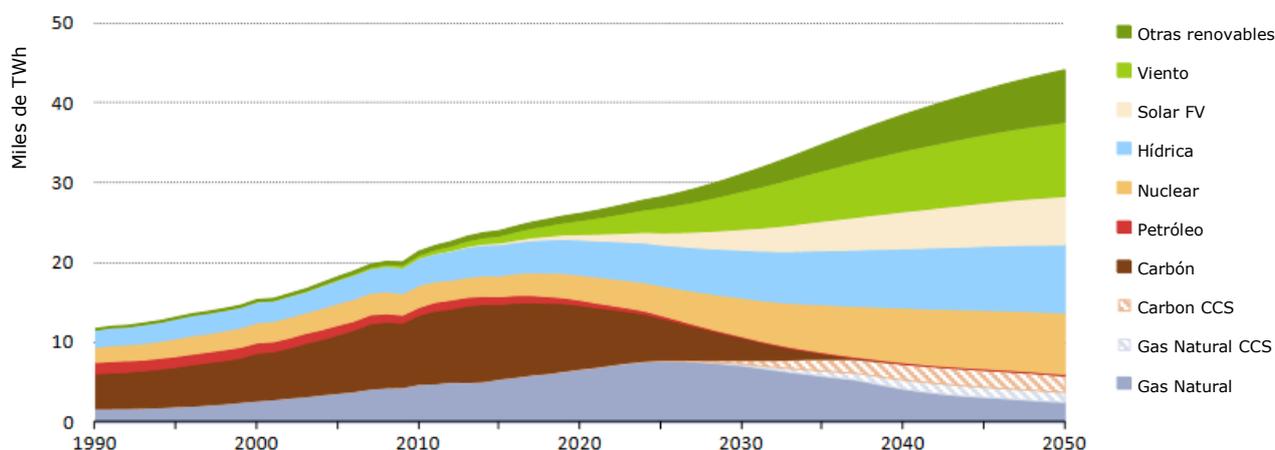
<sup>4</sup> <http://www.minem.gob.pe/>

<sup>5</sup> <http://www.minam.gob.pe/>



el acuerdo de París<sup>6</sup>. Esto implica, mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir con los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a estos, evitando así los graves impactos del calentamiento global.

**Ilustración 1 Generación global de electricidad por fuente en el Escenario del 66% y 2°C<sup>7</sup>**



Nota: TWh=teravatios-hora; CCS captura y almacenamiento de CO2

Fuente: (IRENA, 2017)

Tal y como se muestra en la Ilustración 1, se pronostica que el mix energético global al año 2050 se transformará radicalmente, existiendo un período de eliminación de carbono y disminución del gas natural, tras el cual se basará fuertemente en las energías renovables, nucleares, al igual que en la captura y almacenamiento de carbono (CCS). Se espera que la proporción de combustibles fósiles disminuya de 70% a 30% y que la energía solar fotovoltaica y la energía eólica, tanto terrestres como marinas, aporten la mayor parte de la generación de energía renovable.

El Plan Energético Nacional 2014-2025 desarrollado por MINAM, establece escenarios de crecimiento futuro que muestran como se espera que el consumo final de energía continúe incrementándose en función del desarrollo de la economía interna. A su vez, se indica que una mayor proporción de la producción de energía eléctrica provendrá de la hidroelectricidad, así como el aumento de la contribución de las fuentes renovables no convencionales, que se calcula alcanzará un 5% en 2021.

Sin embargo, se espera que el gas natural tenga una gran participación en el consumo final de energía y la contribución de las Energías Renovables No Convencionales (ERN) sea menor que la de los combustibles fósiles y la hidroelectricidad.

El estudio para apoyar la Elaboración de la Nueva Matriz Energética Sostenible y Evaluación Ambiental Estratégica (NUMES)<sup>8</sup>, y otros, propone que en 2040 el Perú continuará abasteciendo más del 70% de la energía primaria del país a partir de combustibles fósiles. Lo anterior, es incompatible con las metas internacionales para reducir las emisiones

<sup>6</sup> El Acuerdo de París (2015), es un acuerdo dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que establece medidas para la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a través de la mitigación, adaptación y resiliencia de los ecosistemas a efectos del Calentamiento Global, su aplicabilidad sería para el año 2020.

<sup>7</sup> La Agencia Internacional de la Energía (IEA) y la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) desarrollaron un escenario base que sería compatible con limitar el aumento de la temperatura media mundial a 2°C para el año 2100 con una probabilidad del 66%, como forma de contribuir al objetivo "muy por debajo de los 2°C" del Acuerdo de París.

<sup>8</sup> [http://www.iadb.org/en/projects/project-description-title\\_1303.html?id=PE-L1121](http://www.iadb.org/en/projects/project-description-title_1303.html?id=PE-L1121)



de carbono y salvaguardar los recursos finitos del planeta. Es decir, sería necesario plantear un modelo sostenible capaz de ayudar a mantener mayores reservas de petróleo y gas para generaciones futuras, las cuales actualmente son sobre utilizadas en la generación de electricidad, lo cual posiciona a la energía renovable acuática como un recurso clave para el futuro desarrollo de una matriz energética sostenible en el Perú.

## POTENCIAL DE ENERGÍA RENOVABLE ACUÁTICA EN EL PERÚ

Es importante destacar que, originalmente, el alcance este proyecto consideraba la evaluación del potencial de los recursos marinos (undimotrices y mareomotrices) y recursos hidrocineéticos de los ríos. Sin embargo, después de consultar a los distintos actores locales y evaluar los recursos disponibles, se realizó una ampliación del alcance de proyecto, para considerar la totalidad de los "recursos de energía renovable acuática" más relevantes en el Perú. De esta forma, dentro de esta definición se consideran los siguientes tipos de recursos de energía renovable:

- Recursos oceánicos de energía renovable, incluyendo conversión de energía térmica de los océanos (OTEC); corrientes oceánicas (circulación termohalina/aguas profundas); gradiente salino; energía eólica marina; energía undimotriz; y energía mareomotriz (carrera de marea y corrientes marinas).
- Energía hidrocineética de los ríos.
- Recursos fotovoltaicos solares acuáticos (flotantes marinos y terrestres).

Tras analizar el potencial de cada uno de los recursos individualizados anteriormente para el Perú, se descartaron aquellos que presentaron resultados limitados, y por lo tanto menos atractivos. De esta manera, la Tabla 1 muestra los recursos acuáticos considerados en este estudio.

**Tabla 1 Potencial de los recursos energéticos renovables acuáticos en el Perú**

Recursos de energía renovable acuática	Medidas de evaluación de recursos	Tecnología utilizada y Technology Readiness Level (TRL) (IRENA, 2014c)	Potencial relativo
Eólica marina	m/s velocidad del flujo o kW/m <sup>2</sup> área barrida	Turbinas rotatorias en flujo de aire <b>TRL = 9 (totalmente comercial)</b>	<b>MEDIO:</b> Velocidad de viento moderada y área limitada del fondo marino de profundidad adecuada, pero algunos sitios de interés.
Undimotriz	KW/m frente de ola - varía con la altura de ola al cuadrado y linealmente con período de ola.	Varios tipos de dispositivos (por ejemplo, absorbedor puntual) y sistemas de toma de fuerza (por ejemplo, hidráulicos / mecánicos) <b>TRL = 6 a 8 (demostraciones a escala real)</b>	<b>ALTO:</b> Olas consistentemente energéticas a lo largo de toda la costa peruana.
Hidrocineética de ríos	m/s velocidad del flujo o kW/m <sup>2</sup> área barrida - por lo general se requieren velocidades por encima de 2 m/s	Turbinas rotatorias que operan en caudales de río preexistentes. Incluye tornillos de Arquímedes. <b>TRL = 7 a 9 (algunos son comerciales ya)</b>	<b>ALTO:</b> Potencial alto, difícil de determinar sin levantamientos más detallados pero diversos sitios de interés.
Solar flotante	KW/m <sup>2</sup> de radiación solar sobre el área del panel	Paneles solares fotovoltaicos <b>TRL = 9 (totalmente comercial)</b>	<b>MEDIO:</b> Cierta potencial en aguas protegidas (también embalses)



Una de las características más relevantes de las energías renovables, en general, es la relación del potencial de su recurso respecto de la localización y características de su territorio específico. Por esta razón, la evaluación del potencial se debe realizar de manera territorial. Por esta razón y para fines de este proyecto, el Perú se ha dividido en siete Regiones. Estas son:

1. Pacífico Norte (PN)
2. Pacífico Central (PC)
3. Pacífico Sur (PS)
4. Atlántico Norte (AN)
5. Atlántico Central (AC)
6. Atlántico Sur (AS)
7. Titicaca (T)

El Mapa 11.1 muestra las siete regiones consideradas para el análisis (ver Apéndice C).

A continuación se indica el potencial de los recursos acuáticos seleccionados para las distintas regiones del Perú considerando tres escenarios de desarrollo.

### Potencial eólico marino

La industria eólica marina está creciendo rápidamente a nivel internacional y a medida que los costos disminuyen, los sistemas eólicos marinos fijos y flotantes se vuelven más atractivos y competitivos. El Perú tiene un recurso eólico de nivel moderado, así como un fondo marino que presenta grandes diferencias de profundidad a lo largo y ancho de su costa. Aun así, existen lugares específicos donde sería posible implementar proyectos eólicos marinos, fijos o flotantes.

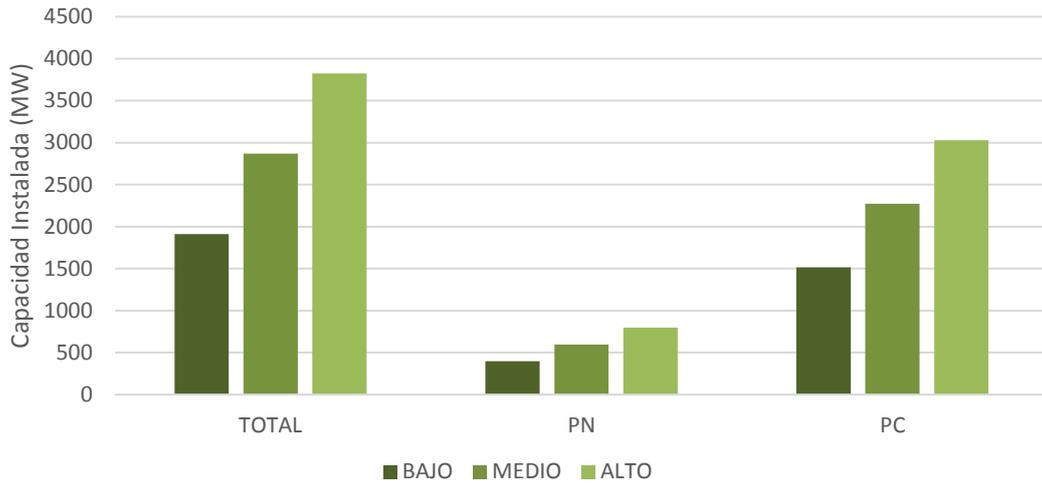
En este trabajo se consideraron tres escenarios:

- Un escenario conservador (BAJO), donde los desarrollos de energía renovable acuática no reciben un apoyo significativo y se utiliza una porción relativamente pequeña del área total disponible para el desarrollo del sector energético acuático.
- Un escenario intermedio (MEDIO), en el que se utiliza una parte realista del área total disponible de desarrollo, se apoya al sector de las energías renovables acuáticas y se utiliza una cantidad significativa del área total disponible para el desarrollo del sector energético acuático.
- Un escenario optimista (ALTO), donde se utiliza el área máxima práctica de desarrollo del sector energético acuático.

El resumen de las estimaciones realizadas por Aquatera se indica en la (Ilustración 2), el recurso eólico total disponible en el mar peruano, prácticamente extraíble, se encuentra entre los 2 a 3,5 GW de potencia.



**Ilustración 2 Recurso eólico marino en el Pacífico Norte (PN) y Central (PC)**



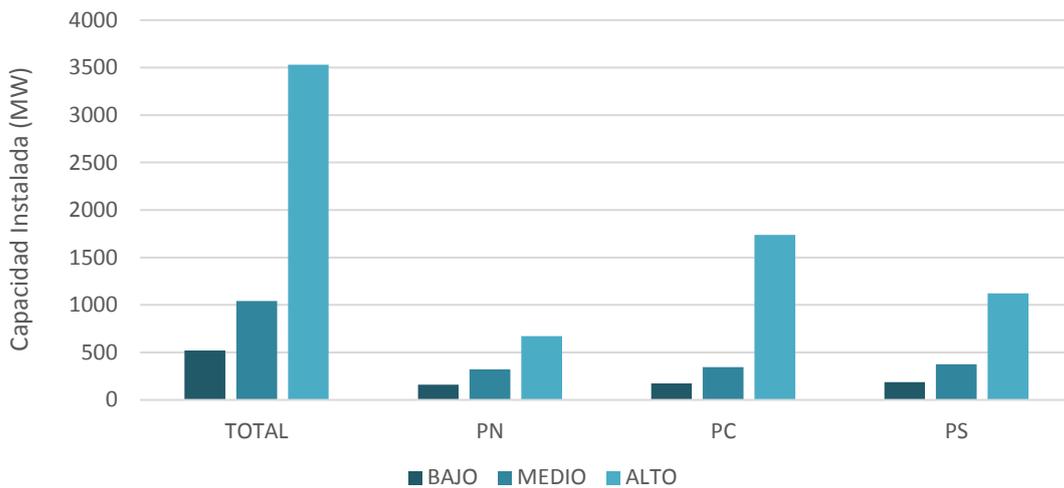
El Mapa 3.2 muestra las áreas con potencial eólico relevante terrestres y marinas (véase el Apéndice C).

Escocia posee la experiencia del proyecto Hywind Pilot Park, el cual corresponde al primer parque eólico flotante a escala comercial en el mundo (Ver [Caso de Estudio 1](#)). El Reino Unido es actualmente líder en el mercado en el desarrollo de la energía eólica marina (ver [Caso de Estudio 2](#)), con un despliegue del sector que se espera que alcance entre los 20-55 GW al 2050, dependiendo de la matriz energética y la estrategia de reducción de carbono del Reino Unido (ETI, 2015). El desarrollo de la energía eólica flotante marina ha alcanzado una etapa en que los conceptos de diseño flotante han sido probados y demostrados. La industria planea implementar proyectos de parques eólicos a gran escala siendo actualmente los tres mercados principales para la eólica flotante marina Europa, los EEUU y Japón.

### Potencial de energía undimotriz

En base a estimaciones conservadoras, Aquatera considera que el recurso undimotriz total prácticamente extraíble en el Perú, podría ser de al menos 0,5 o 1 GW. Con estimaciones más optimistas, el recurso undimotriz total prácticamente extraíble podría ser hasta de 3,5 GW (Ilustración 3).

**Ilustración 3** Recurso undimotriz en las regiones del Pacífico Norte (PN), Central (PC) y Sur (PS) del Perú

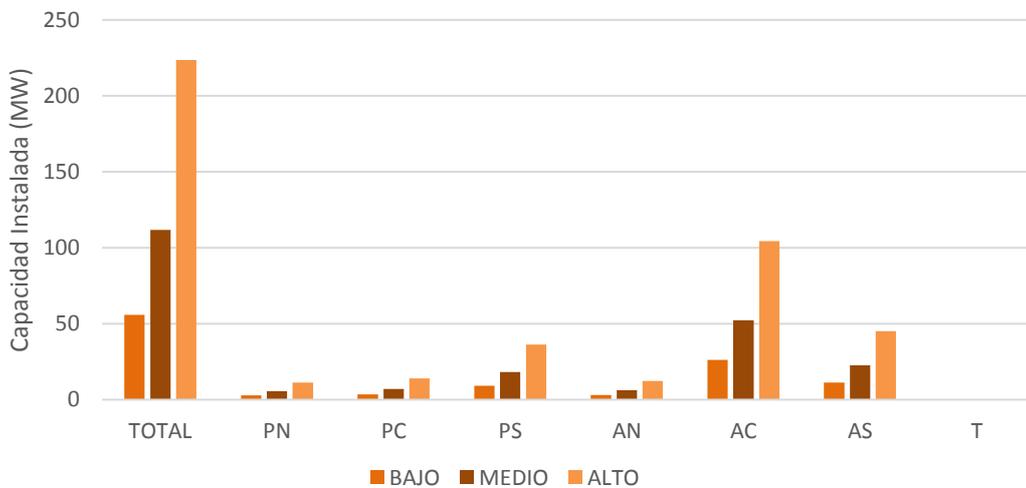


El Mapa 3.3 muestra las estimaciones del flujo medio anual de energía undimotriz a lo largo de la costa peruana (ver Apéndice C).

### Potencial hidrocínético de ríos

En base a suposiciones conservadoras, se estima que el recurso hidrocínético prácticamente extraíble, en la totalidad del Perú, podría ser de al menos 0,1 o 1,5 GW. Luego, en base a supuestos más optimistas, el recurso hidrocínético prácticamente extraíble total podría ser de alrededor de 2 GW (Ilustración 4).

**Ilustración 4** Recurso hidrocínético por región



La evaluación hidrocínética realizada por Aquatera identificó varias fuentes de información que se han utilizado para caracterizar las condiciones hidrocínéticas de los ríos en el Perú una de ellas se muestra en el [Caso de Estudio 3](#).

Por otro lado, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) elaboró un informe en el año 2015 que analiza los datos hidrológicos existentes e información adicional disponible para determinar la viabilidad general de la instalación de



tecnologías de energía hidrocinética de ríos en la cuenca del río Amazonas. El informe evaluó el potencial en un total de 20 sitios, donde 8 de ellos exhiben un potencial de recursos hidrocinéticos atractivos para un análisis más profundo, de los cuales, 4 de estos sitios están ubicados en el Perú. Este informe se ha utilizado como referencia para este proyecto y podría considerarse como una guía en la futura evaluación de recursos hidrocinéticos de los ríos en el Perú (Ver [Caso de Estudio 4](#)).

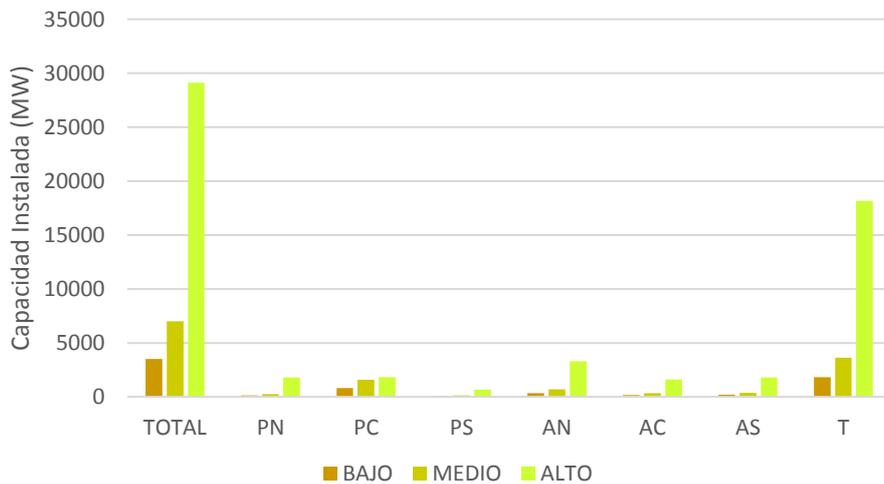
La precipitación promedio anual se muestra en el Mapa 3.4, el Mapa 3.5 muestra la ubicación de los datos fluviales medidos aptos para instalaciones de energía hidrocinética (vea el Apéndice C).

El Apéndice B muestra los resultados del análisis realizado en las siete cuencas seleccionadas.

### Potencial solar flotante

Basándose en suposiciones relativamente conservadoras sobre las áreas disponibles para futuros desarrollos de proyectos, Aquatera estima que la energía solar flotante podría generar más de 5 GW de potencia en el Perú (Ilustración 5). En base a suposiciones más optimistas respecto del tamaño de los proyectos a realizar, el recurso total podría ser de decenas de GW. La mayor parte de este recurso se concentra en el Lago Titicaca, la cual es considerada un área medioambiental sensible. Una evaluación más detallada de los recursos podría validar las cifras estimadas, teniendo en cuenta una escala de proyecto ambiental y socialmente aceptable, considerando que el potencial bruto presentado es interesante.

**Ilustración 5 Recurso solar flotante por región**



El mapa 3.1 muestra el recurso promedio anual de energía solar en Perú en kWh/m<sup>2</sup> (ver Apéndice C)

## MARCO REGULATORIO

El marco regulatorio presenta dos áreas que deben considerarse especialmente en el desarrollo de la energía renovable acuática. Estas son:

- Derechos legales o comerciales de uso del fondo marino/lecho de río. En el Perú todas las concesiones de áreas hídricas son responsabilidad de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI)<sup>9</sup>.
- Permisos y licencias necesarias para desarrollar proyectos en sitios específicos, incluyendo permisos de planificación, evaluaciones de impacto ambiental (EIA), permisos de navegación, concesiones de conexión a la red, etc.

Otros aspectos que podrían requerir regulación en el desarrollo de proyectos de energía renovable acuática incluyen:

- Planificación marina y fluvial.
- Tarifas de generación de energía.
- Normas de generación eléctrica.
- Salud y seguridad de los trabajadores en cuerpos de agua terrestres y marinos al igual que la provisión de respuesta de emergencia.
- Señalización marítima y fluvial y navegación.

Este capítulo del informe se centra en el desarrollo del marco regulatorio peruano, en relación a concesiones acuáticas, permisos y licencias acuáticas, planificación y normas de generación eléctrica.

### Energía renovable acuática terrestre

La Agencia Nacional del Agua (ANA)<sup>10</sup> es responsable de planificar, dirigir y supervisar la gestión integrada y multisectorial del uso del agua. El Artículo 4 de la Ley N ° 29.338 regula los procesos de concesión de derechos de uso de las áreas acuáticas y a su vez define que la administración del agua y sus propiedades asociadas son administradas exclusivamente por ANA. Por otro lado, los Gobiernos regionales y locales participan a través de los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca de acuerdo con sus respectivas leyes.

El organismo responsable de cualquier tipo de permiso de uso o concesión en áreas ribereñas es DICAPI. La Ilustración 6 presenta algunas de las principales áreas de responsabilidad y permisos que pueden ser necesarios para implementar un proyecto en una zona fluvial en el Perú.

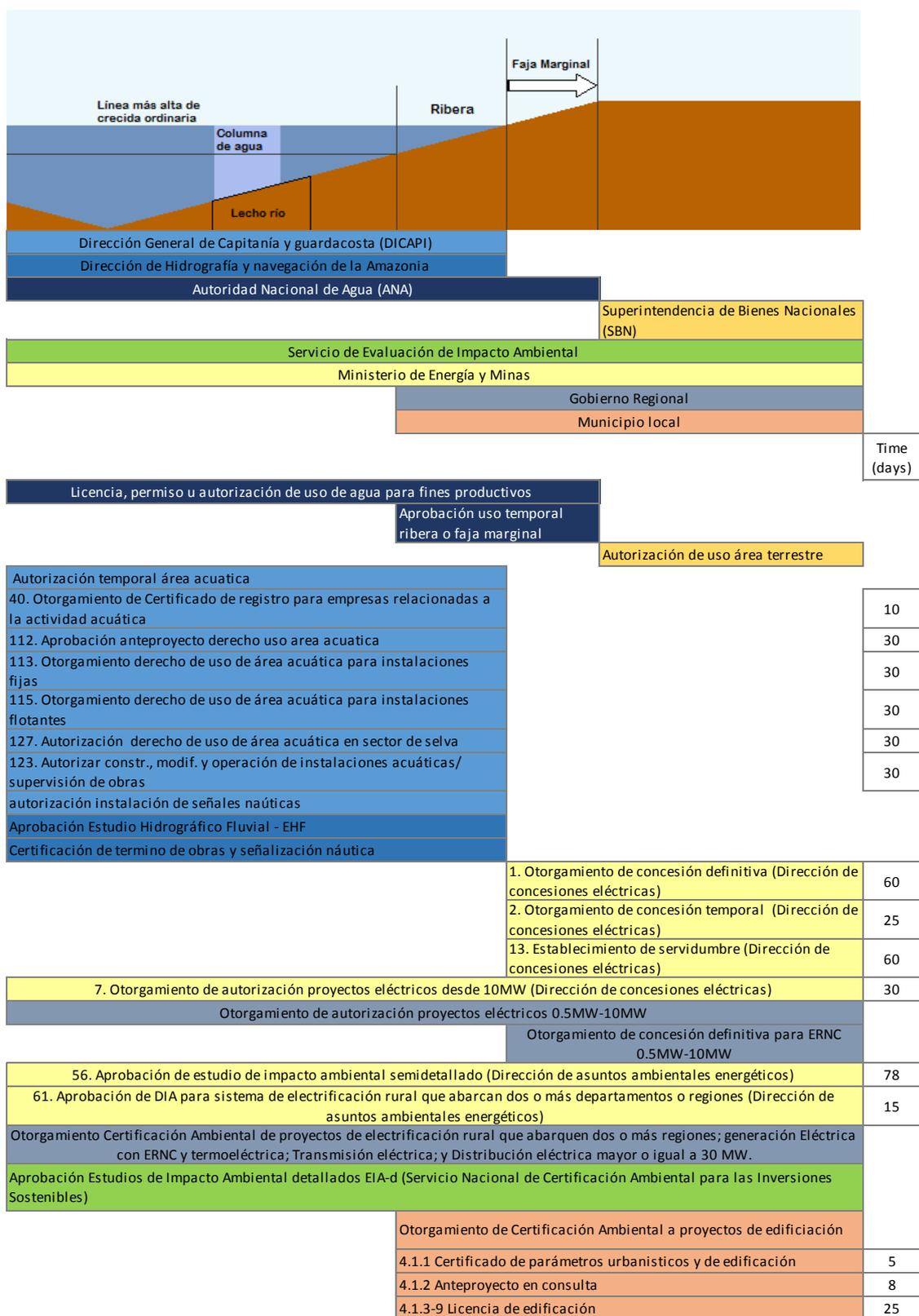
---

<sup>9</sup> <http://www.dicapi.mil.pe/>

<sup>10</sup> <http://www.ana.gob.pe/>



**Ilustración 6 Permisos y licencias para proyectos de energía renovable acuática en ríos**



Fuente: Aquatera

Nota: El número lateral de permisos se refiere al número de referencia exacto para cada Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) de las instituciones



El Gobierno peruano ha creado un nuevo Grupo de Trabajo Multi-Sectorial temporal encargado de generar información técnica para guiar la implementación del Plan Estratégico Sectorial Multianual del Sector Ambiental 2017-2021. A modo de apoyo, Escocia ha desarrollado un primer borrador sobre la estrategia del futuro de la energía en Escocia que podría ser una guía para el grupo de trabajo multisectorial y apoyar el desarrollo de las hojas de rutas por sectores en el Perú ([Caso de Estudio 5](#)).

### **Energía renovable acuática en el mar**

DICAPI, es responsable de las concesiones marítimas y la administración de las áreas acuáticas, incluyendo el mar, las aguas interiores, las áreas insulares, los ríos y lagos navegables (artículo 1 del Decreto Legislativo N ° 1147). La zona de playa protegida es designada como área para obras de infraestructura pública y servicios públicos. La responsabilidad de otorgar concesiones en esta área corresponde a la Agencia de Promoción de la Inversión Privada (PROINVERSIÓN)<sup>11</sup>, de acuerdo con el Decreto Legislativo N° 839, Decreto Supremo No. 059-96-PCM, Decreto Supremo No. 060-96-PCM y otras reglas complementarias y relacionadas.

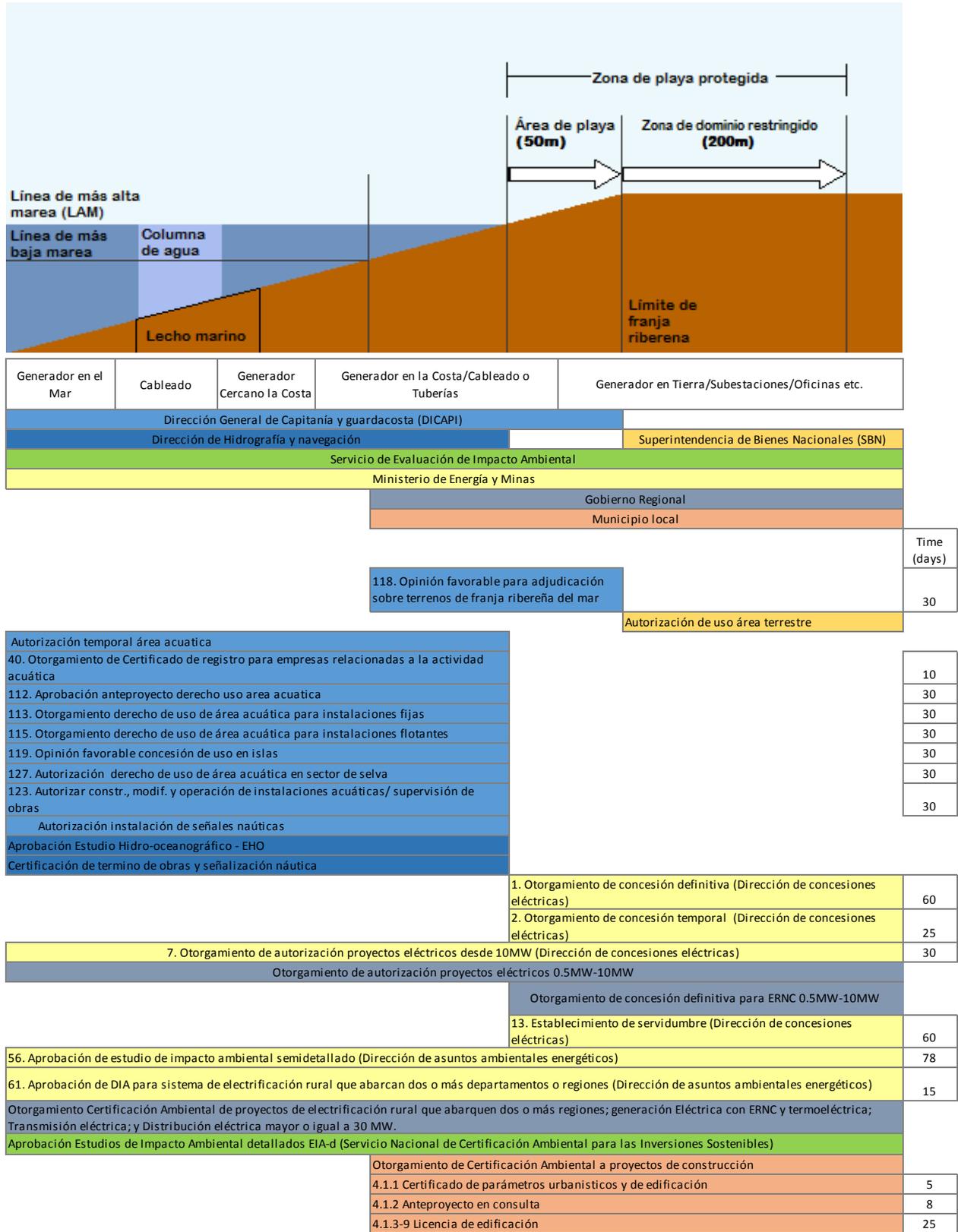
La Ley N ° 26620 establece que DICAPI es responsable del monitoreo y control de las actividades en la franja de 50 metros del área de playa, pero esta responsabilidad operativa es independiente (aunque superpuesta) con la competencia que tiene PROINVERSIÓN de otorgar concesiones. La Ilustración 7 presenta algunas de las principales áreas de responsabilidad y permisos que podrían ser necesarias para implementar un proyecto de energía renovable acuática en el mar del Perú.

---

<sup>11</sup> <http://www.proinversion.gob.pe>



**Ilustración 7 Permisos y licencias para proyectos de energía renovable acuática en el mar**



Fuente: Aquatera

Nota: El número lateral de permisos se refiere al número de referencia exacto para cada Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) de las instituciones



El Mapa 4.2 muestra el territorio marítimo del Perú (ver Apéndice C).

Existe un importante número de políticas, estrategias, planes de acción y reglamentos nacionales e internacionales relacionados con el cambio climático y el desarrollo de las energías renovables que han sido desarrolladas en el Reino Unido.

En Escocia, por ejemplo, se han introducido cambios en el régimen de planificación y concesión de licencias durante la última década para hacer frente a los nuevos usos del medio marino (véase el [Caso de Estudio 6](#) y el [Caso de Estudio 8](#)). El [Caso de Estudio 9](#) muestra cómo el Reino Unido ha desarrollado su marco regulatorio para la energía eólica marina.

### Áreas protegidas

En el Perú, las áreas protegidas se agrupan bajo el nombre de Áreas Naturales Protegidas (ANP) y se establecen de acuerdo con la Ley de Áreas Naturales Protegidas (Ley N ° 26834 y sus Reglamentos publicados por Decreto Supremo N ° 038-2001-AG).

Las áreas protegidas en el Perú se clasifican en tres grupos según quien las administra:

- ANP administradas por el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE).
- Áreas de Conservación Regionales (ACR), administradas por los Gobiernos regionales.
- Áreas de Conservación Privadas (ACP), administradas por personas particulares.

Estas áreas se definen en diferentes categorías. Existen varias opciones para las categorías de áreas naturales protegidas cuyos objetivos de protección varían gradualmente. Dependiendo de su estatus legal, propósito y usos permitidos, existen áreas de uso directo y áreas de uso indirecto.

- Áreas de uso indirecto: no se permite la extracción de recursos naturales o la modificación del entorno natural. Estas áreas sólo permiten la investigación científica no manipulativa y las actividades turísticas, recreativas, educativas y culturales bajo condiciones debidamente reguladas.
- Áreas de uso directo: permite el uso de los recursos naturales, principalmente por las poblaciones locales, bajo las directrices de un plan de manejo aprobado y supervisado por la autoridad nacional competente.

**Tabla 2 Conflictos potenciales para los proyectos de energía renovable acuática**

Tipo de conflicto potencial según la ubicación del proyecto	Compatibilidad con proyectos de energía renovable acuática en tierra y marinos
Superposición de concesiones	Permitido con el consentimiento del concesionario existente
Áreas protegidas	Categoría
Parque nacional	Indirecto
Bosque protegido	Directo
Refugio de vida silvestre	Directo
Santuario nacional	Indirecto



Tipo de conflicto potencial según la ubicación del proyecto	Compatibilidad con proyectos de energía renovable acuática en tierra y marinos
Reserva comunal y nacional	Directo
Reserva paisajística	Directo
Reserva histórica	Indirecto
Zona de caza	Directo
Zona reservada	Área en transición
Área de conservación regional	Directo

Además de lo anterior, Perú también cuenta con Áreas de Conservación Privada (ACP) que se regulan de manera diferente. Las ACP son definidas por El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP)<sup>12</sup> por solicitud voluntaria de los propietarios de la propiedad. Las ACP tienen dos tipos de zonificación, zona de uso múltiple (ZUM) y zona de uso limitado (ZUL).

El Mapa 4.3 y el Mapa 4.4 muestran las áreas naturales protegidas y ecosistemas del Perú (ver Apéndice C).

Por otro lado, más de 3.000 territorios indígenas han sido identificados en el bioma amazónico. Estas áreas representan el 35% del Amazonas. Junto con territorios indígenas y áreas protegidas, el 49,4% del bioma se encuentra bajo algún tipo de manejo y protección. Las pautas de la política territorial indígena en el Perú están definidas por al menos 12 instrumentos jurídicos.

El mapa 4.5 muestra las tierras indígenas y los grupos étnicos (ver Apéndice C).

### Concesiones eléctricas

Para la solicitud de concesiones o autorizaciones definitivas es necesario presentar un documento de Concesión o Autorización de conformidad con los artículos 25 y 38 de la Ley a la Dirección General de Electricidad (DGE) del MINEM. La solicitud se envía a la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA) del MINEM para su dictamen, evaluación y conformidad. Asimismo, en el caso de proyectos cuya capacidad instalada sea superior a 500 KW e inferior a 10 MW, tanto la autorización para la generación eléctrica como las concesiones definitivas para la generación con recursos energéticos renovables son otorgadas por los Gobiernos regionales.

### Permisos ambientales

El Servicio Nacional de Certificación Ambiental (SENACE)<sup>13</sup> y las autoridades competentes, compuestas por Ministerios, Gobiernos regionales y locales, realizan el proceso de evaluación de impacto ambiental, a través de la categorización, revisión y aprobación de estudios ambientales. La Ley de Concesiones Eléctricas N ° 25844 señala que los concesionarios con infraestructura de generación, transmisión y distribución deben cumplir con las leyes y normas del Perú relativas a la conservación del medio ambiente. El Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas, aprobado por Decreto Supremo N ° 029-94-EM, especifica que la autoridad encargada de emitir directrices generales y específicas para la política de protección ambiental es la Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos (DGAAE) en coordinación con la Dirección General de Electricidad (DGE), ambos del MINEM.

<sup>12</sup> <http://www.sernanp.gob.pe/>

<sup>13</sup> <https://www.senace.gob.pe/>



Escocia se ha esforzado por aplicar ciertos principios a su proceso de reglamentación con bastante éxito, tal y como se muestra a continuación. Se han revisado los impactos potenciales de los proyectos de energía renovable undimotrices y mareomotrices en el medio marino de Escocia (ver [Caso de Estudio 10](#)) para identificar y recabar conocimientos y datos sobre los impactos de estos dispositivos, de manera de proporcionar información y orientar la toma de decisiones para el desarrollo de áreas clave para esta energía renovable.

Por otro lado, el Gobierno de Escocia ha tratado de gestionar los riesgos ambientales de los proyectos de energía marina, sin poner restricciones innecesarias a quienes lo promueven. Véase el [Caso de Estudio 11](#) como ejemplo de gestión de riesgos ambientales de los proyectos de energía marina.

## Ordenamiento territorial

Desde el año 2016, la Dirección General de Ordenamiento Territorial ha prestado asistencia técnica y seguimiento a los diferentes procesos de Zonificación Ecológica Económica (ZEE) desarrollados a nivel nacional. Estos dieron como resultado que 13 Gobiernos regionales aprobaran procesos de ZEE y 2 Gobiernos regionales hayan completado una ZEE.

La ZEE se convierte en un instrumento técnico orientador del uso sostenible de un territorio y sus recursos naturales. Es, por lo tanto, un instrumento para comprender aspectos geográficos y ambientales sobre los cuales se basa la acción social y política, así como los proyectos económicos y productivos. La ZEE proporciona información sistematizada y geográficamente localizada sobre la capacidad, fragilidad y potencial del territorio y sus recursos naturales.

Los procesos de micro-ZEE en desarrollo son los procesos de Zonificación Ecológica Económica llevados a cabo a nivel de distrito. Hasta la fecha, 21 distritos de las regiones de Piura, Ayacucho, Cusco, Arequipa, Puno, Madre de Dios, Apurímac y Huancavelica desarrollan sus procesos de micro-ZEE, por lo cual tienen información básica para la toma de decisiones y manejo de su territorio.

Por otro lado, la Ley N ° 29338 - Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N°001-2010-AG, crea el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, compuesto por un conjunto de instituciones con el objetivo de coordinar y asegurar la gestión integrada y multisectorial, el uso sostenible, la conservación, el uso eficiente y el aumento de los recursos hídricos.

La Ley de Recursos Hídricos también crea los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca con el objetivo de involucrarlos en la planificación y coordinación del uso sostenible de los recursos hídricos en sus respectivas áreas.

Respecto al espacio marino, el Perú no tiene un sistema de ordenamiento, pero en Piura e Ica se ha propuesto un modelo piloto para analizar el proceso y evaluar el apoyo a la iniciativa de acuerdo con los intereses de diferentes socios, sus roles y posibles contribuciones junto con las sinergias que podrían establecerse con otras iniciativas. MINAM está trabajando actualmente en un sistema integrado de gestión de la costa marina utilizando el ordenamiento espacial marino como una herramienta clave para su desarrollo.

La normativa vigente R.J. N ° 202-2010-ANA, en el Anexo 1 (Clasificación del Cuerpo de Agua Marino-Costero) se refiere a una lista de "31 mares" ubicados en diferentes zonas de la costa peruana, clasificándolos como "Categoría 4: Conservación del Medio Acuático".



La Dirección General de Ordenamiento Territorial (DGOT) ha promovido, desde el año 2011, acciones y aportes desarrollados para la implementación del Manejo Integrado de la Zonas Marino Costeras (MIZMC) en el país. Adicionalmente, ANA ha publicado un estudio denominado "Clasificación del Cuerpo de Agua Marino-Costero", El Gobierno de Escocia ha desarrollado un atlas marino para proporcionar información detallada sobre los diferentes aspectos de los mares del país, una evaluación general de la situación actual de los mares y la consideración de las prioridades futuras. La Ley Marina (Escocia) de 2010 introdujo un nuevo sistema estatutario de planificación marina para permitir una mejor gestión de las demandas competitivas de los recursos marinos (véase el [Caso de Estudio 12](#)).

Escocia ha realizado grandes esfuerzos por agilizar el proceso de garantizar derechos comerciales al fondo marino para los promotores de energía marina, de los cuales se pueden aprender muchas lecciones. Uno de los mecanismos adoptados en el Reino Unido para acelerar el crecimiento de su industria de energía marina fue la introducción, en el año 2009, de arrendamientos comerciales del fondo marino, dando a la tecnología de energía marina y al promotor de proyectos una garantía a mediano plazo sobre futuras opciones de arrendamiento para las áreas del lecho marino. El [Caso de Estudio 13](#) y [Caso de Estudio 14](#) muestran algunas de las principales lecciones aprendidas del proceso de arrendamiento en el Reino Unido.

El Perú podría utilizar estos Casos de Estudio como un sistema de referencia para desarrollar su proceso de ordenamiento del espacio marino.

## INFRAESTRUCTURA Y CADENA DE SUMINISTRO

Al igual que con cualquier sector industrial emergente, el desarrollo de una industria de energía acuática terrestre y marina exitosa y económicamente viable, estará fundamentalmente vinculada a la disponibilidad y capacidad de la infraestructura necesaria y a una cadena de suministro adecuada.

### Red eléctrica

En el Perú, la generación es proporcionada por una combinación de 40 empresas privadas y estatales, donde las cinco primeras contribuyen con el 65 por ciento de la capacidad total. La zona central del Perú concentra la mayoría de los sistemas térmicos de generación y se ha convertido en un subsistema eléctrico exportador de energía hacia el norte y el sur del país. La concentración de los sistemas de generación eléctrica en la zona central del Perú, provoca cierta vulnerabilidad en el sistema eléctrico peruano. Sin embargo, con la puesta en marcha de nuevas centrales hidroeléctricas e instalación de proyectos de energías renovables en el norte y sur del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN)<sup>14</sup>, se ha reducido la vulnerabilidad y la congestión del sistema, gracias a la instalación de nuevas líneas de transmisión de 500 kV.

Las empresas generadoras de electricidad compiten para suministrar energía a las empresas de distribución eléctrica, mientras que existe un mercado spot para las transferencias de energía entre las empresas generadoras. Los generadores también compiten con los distribuidores para suministrar energía a los grandes consumidores, los cuales corresponden a usuarios con una demanda anual superior a 1 MW. Por otro lado, en el sistema de transmisión de energía en el Perú, existe una participación de 12 empresas, donde las 5 principales empresas son responsables de casi el 93% de la oferta (MINEM, 2016)

### Capacidad de la red eléctrica y conectividad internacional

El sector eléctrico del Perú se enfrenta actualmente a un exceso de oferta debido a la rápida expansión de la generación eléctrica de gas natural. La demanda máxima actual en el SEIN es aproximadamente un 35 por ciento más

---

<sup>14</sup> <http://www.coes.org.pe/portal/>



baja que la capacidad instalada<sup>15</sup>, a pesar de que la demanda de electricidad creció un 8,8 por ciento entre 2014 y 2015 y creció un 7,1 por ciento respecto del año pasado en septiembre 2016 (MINEM, 2016).

El SEIN tiene actualmente una carretera de transmisión de energía eléctrica a lo largo de la costa peruana. La entrada en operación y conexión al SEIN de varias líneas de transmisión de 500 kV y la construcción de nuevas centrales hidroeléctricas y plantas de energía renovable en el norte y sur del Perú han permitido reducir las restricciones que la red sufría anteriormente. Las nuevas líneas de transmisión eléctrica de 500 kV conectan eléctricamente las regiones de Piura y Moquegua a través de la costa peruana de norte a sur, a su vez se esperan nuevas conexiones en el sur del Perú contribuyendo a un mayor nivel de confiabilidad del suministro eléctrico.

El sistema peruano de transmisión eléctrica en tensiones de 500 kV y 220 kV continuará fortaleciéndose de acuerdo con el Plan de Transmisión 2015-2024. COES actualiza el Plan de Transmisión cada dos años para determinar los nuevos requerimientos de infraestructura para el SEIN. Este plan identifica puntos de saturación y congestión, para lo cual se proponen proyectos de refuerzo o nueva construcción de líneas de transmisión.

En junio de 2016 se remitió, con carácter de urgencia, un proyecto de ley de exportación de energía eléctrica transfronterizo para comercializar el excedente de oferta en el marco de la Comunidad Andina de Nacionales (CAN) y de la Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR). Asimismo, participa en la iniciativa al Sistema de Integración Eléctrica Andina (SINEA) que es complementaria a CAN.

Hasta el año 2025, se fortalecerán los proyectos de integración energética con Ecuador, Brasil, Chile, Colombia y Bolivia, además de estos existen varios países aún por confirmar. Estas interconexiones tendrán características similares, pero la infraestructura existente y/o la infraestructura planificada hacen que algunos enlaces sean más factibles y rentables que otros en el corto plazo, lo que determina las prioridades para el Perú. Actualmente, se ha avanzado en el diseño de un enlace de 500 kV con Ecuador, además de un enlace de emergencia de 220 kV. El nuevo enlace permitirá un intercambio permanente de excedentes en cada país a precios de mercado (MINEM, 2014).

## Cadena de suministro

A menudo existen requisitos específicos para los proyectos de energía renovable acuática, determinados por las características de los dispositivos (por ejemplo el tamaño, peso y geometría) y del medio donde es implementado el proyecto. El Perú tiene una gran trayectoria marítima y una considerable infraestructura costera y fluvial, la cual tiene potencial para apoyar al sector emergente de las energías renovables acuáticas. La infraestructura marítima e industrial necesaria para fabricar, instalar y mantener dispositivos de energía marina es similar a otras industrias marinas e incluye los puertos (con capacidad de operación y mantenimiento).

El Perú cuenta con puertos fluviales y costeros, al igual que localizaciones con boyas para fondeo de embarcaciones aptas para promover las instalaciones de energía renovable acuática en el país. Así mismo, hay varios astilleros que podrían permitir la integración a la cadena de suministro de energía renovable acuática.

Los sectores de energía renovable acuática trabajan estrechamente, en términos funcionales, con otros mercados marítimos, como aquellos que entregan servicio a la pesca comercial, la marina mercante, la instalación de cables y las actividades de recreación marítima. En cuanto a los sectores conexos en tierra, tienen estrechos vínculos al sector eléctrico en general, a la manufactura y otros servicios de ingeniería en tierra al igual que a una amplia gama de servicios y conocimientos de soporte que este sector requiere, como cualquier otro sector comercial.

---

<sup>15</sup> Capacidad total (MW): 9.686 Máxima demanda (MW) 6.244 (MINAM, 2015b)

Esto significa que es probable que en el Perú ya existan muchos de los elementos básicos necesarios para suministrar energía renovable acuática al mercado. La clave para lograr esto, es asegurar que estos se encuentren disponibles para los sectores emergentes de la energía renovable acuática, que los costos sean apropiados y que la calidad de los servicios y equipos suministrados respondan a las demandas del usuario final.

Los parámetros principales de la cadena de suministro incluyen:

- Gobernanza.
- Desarrollo local y regional.
- Fabricación de tecnologías.
- Planificación y desarrollo de proyectos.
- Construcción e instalación del proyecto.
- Operación del proyecto.
- Desmantelamiento.
- Servicios de soporte marítimo.
- Otras actividades de apoyo.

Los Mapas 11.3, 11.7, 11.11, 11.15, 11.19, 11.23, 11.27 muestran la infraestructura disponible para el desarrollo de la industria de la energía acuática en el Perú (Apéndice C).

La industria Escocesa de energía marina se ha beneficiado de la disponibilidad de una extensa red de infraestructura marítima ya existente, así como de buques de apoyo y mano de obra calificada, la cual se ha desarrollado en torno a la industria del petróleo y gas del Mar del Norte. Como referencia, véase el Plan de Infraestructura Marina de Escocia ([Caso de Estudio 16](#)) y el desarrollo de la cadena de suministro para energías marinas en Orkney y el Reino Unido ([Caso de Estudio 17](#) y [Caso de Estudio 18](#)).

Los perfiles y batimetría de la costa peruana se definen como un elemento importante para planificar el desarrollo de la industria de las energías renovables acuáticas.

Los Mapas 6.1, 6.2, 6.3 muestran la batimetría y perfiles de la costa peruana para el desarrollo de la industria de la energía acuática en el Perú (Apéndice C).

## INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

La investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i) son un catalizador de cualquier industria emergente y una parte integral del progreso de estas, desde las primeras etapas de pruebas de una tecnología hasta el logro de una industria de escala comercial económicamente viable. El fortalecimiento de los vínculos entre las capacidades de investigación peruanas y el fomento del desarrollo de tecnologías y capital humano especializados a través de la investigación aplicada, es una parte esencial del futuro del sector de las energías renovables en el país.

Existen líneas de investigación clave para el Perú que podrían ser implementadas a través de un Centro de Excelencia en I+D+i o de forma independiente. A continuación se indican las seleccionadas como prioritarias.



## Reducción de costos tecnológicos y adaptación de tecnologías acuáticas a las condiciones peruanas

En muchos países de Europa, las tecnologías acuáticas han logrado avances significativos durante la última década con la instalación de un gran número de prototipos de dispositivos undimotrices, mareomotrices y fluviales en mares y ríos, así como tecnología solar flotante y eólica entre otras que están tomando una posición de liderazgo a nivel internacional. Sin embargo, el Perú tiene diferentes condiciones locales, barreras y ventajas que necesitan ser identificadas para poder desarrollar tecnologías, e impulsar la industria renovable acuática. Algunas de las líneas de investigación identificadas para la adaptación de tecnologías y reducción de costos se indican en Tabla 3.

**Tabla 3 I+D+i para la reducción de costos tecnológicos y adaptación a las condiciones peruanas**

Desarrollo de la tecnología de energía renovable acuática	
1.1	Establecimiento de protocolos, verificación de terceros y sistemas de calidad
1.2	Diseño y adaptación de dispositivos acuáticos renovables
1.3	Nuevos materiales y componentes para dispositivos acuáticos renovables
1.4	Componentes y sistemas de provisión y almacenamiento de energía para aplicaciones fuera de la red
1.5	Herramientas avanzadas para el desarrollo de la tecnología acuática
1.6	Demostración de tecnologías

El [Estudio de Caso 19](#) presenta algunas de las áreas identificadas para las reducciones de costos de energía acuática y las iniciativas para desarrollar I + D + i relacionado con la reducción de costos.

## Evaluación de recursos y selección de sitios para minimizar el costo de energía

Es necesario tomar los primeros pasos para conocer las características de la energía renovable marina, hidrocínica de ríos, energía solar flotante y los recursos eólicos marinos del Perú, a fin de identificar los sitios más prometedores para el desarrollo de proyectos exitosos. También, se debe conocer en mayor detalle las condiciones iniciales en estos sitios para diseñar/adaptar los dispositivos acuáticos renovables apropiados, así como planificar las zonas costeras y fluviales, lo cual representa un nuevo desafío para las autoridades locales (ver Tabla 4). Las herramientas y métodos desarrollados internacionalmente podrían ayudar este proceso.

**Tabla 4 I+D+i para la evaluación de recursos y selección de sitios para minimizar el costo de la energía**

Evaluación de recursos y selección de sitios	
2.1	Evaluación, medición y análisis de condiciones basales
2.2	Mejora del análisis de los recursos
2.3	Desarrollo de una herramienta de selección de sitios
2.4	Evaluación ambiental estratégica
2.5	Atlas de energía renovable acuática y ordenamiento del espacio marino
2.6	Métodos de monitoreo ambiental

El [Caso de Estudio 19](#) presenta algunas de las áreas identificadas para las reducciones de costos de energía acuática e iniciativas para desarrollar I + D relacionadas con la reducción de costos.



## Desarrollo del sector

Cuando la tecnología alcanza la etapa de implementación y la infraestructura es la adecuada, el Perú deberá ser capaz de sustentar su integración en el sector de las energías renovables acuáticas. Si la red eléctrica, las instalaciones portuarias o las técnicas de instalación y mantenimiento no son adecuadas, deberán desarrollarse para estar preparadas para recibir a las tecnologías de energía renovable acuática, lo cual implica la necesidad de considerar un tiempo mayor para alcanzar la madurez de este sector.

Algunas de las líneas de investigación identificadas para el desarrollo del sector acuático en Perú se muestran en Tabla 5.

**Tabla 5 Desarrollo del sector**

Desarrollo del sector	
3.1	Mercados renovables acuáticos y modelos de inversión
3.2	Tecnologías y métodos de instalación y mantenimiento
3.3	Fortalecimiento de capacidades portuarias e industriales
3.4	Capacidad de la red eléctrica y estudio de integración a la misma
3.5	Lugares de ensayo y zonas de demostración (Véase <a href="#">Caso de Estudio 21</a> )

La Unión Europea (UE) apoya el desarrollo de la energía renovable acuática a través de su programa Blue Growth, una estrategia a largo plazo para apoyar el crecimiento sostenible en los sectores marítimos en su conjunto. La UE prevé el desarrollo de este sector offshore emergente para ayudar a alcanzar los objetivos de la UE en materia de energías renovables y reducción de los gases de efecto invernadero, aunque también se considera que podría impulsar el crecimiento económico a través de la innovación y crear nuevos empleos de alta calidad (Ver [Caso de Estudio 34](#)).

La Hoja de Ruta Estratégica de la UE para la Energía de los Océanos es otro ejemplo del apoyo que algunas tecnologías acuáticas están recibiendo en la UE. La estrategia refleja la visión común del sector de la energía de los océanos e identifica un camino prometedor, aprovechando el liderazgo Europeo en la energía oceánica y desarrollando tecnologías que puedan satisfacer una cantidad significativa de demanda de energía en Europa durante los próximos 35 años (Ver [Caso de Estudio 35](#)).

## Transferencia y difusión del conocimiento

La necesidad de compartir el conocimiento entre las instituciones de investigación y la industria se ha hecho cada vez más evidente en los últimos años. Incluso, es posible que el aspecto más importante para abrir un centro de I+D+i sobre Renovables en el Perú, sea su participación de manera integral en la red global de centros de I+D+i que investigan y desarrollan proyectos de energías acuáticas, a modo de participar en la transferencia global del conocimiento.

La transferencia y difusión del conocimiento posee las siguientes líneas de acción prioritarias (ver Tabla 6).

**Tabla 6 Transferencia y difusión del conocimiento**

Transferencia y difusión del conocimiento	
4.1	Educación y formación ( <a href="#">Caso de Estudio 22</a> , <a href="#">Caso de Estudio 23</a> y <a href="#">Caso de Estudio 24</a> )
4.2	Registro de proyectos y tecnología
4.3	Banco y mercado de propiedad intelectual



Transferencia y difusión del conocimiento	
4.5	Fomento de regulación y políticas
4.6	Capacidad industrial regional
4.7	Seguridad y Salud
4.8	Programa de difusión

Los programas de financiamiento para fomentar la investigación de parques de energía renovable acuática son clave para que el sector progrese en Perú. Véase el [Caso de Estudio 20](#) como ejemplo de financiación para algunas tecnologías acuáticas marinas.

## IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS Y AMBIENTALES

Para lograr un desarrollo sostenible, los países necesitarán una matriz energética diversa, donde países con una costa extensa y grandes sistemas fluviales, como el Perú, tienen el potencial de suministrar una gran parte de esta energía a partir de las tecnologías acuáticas a un mercado que seguirá creciendo en los próximos años. Esto presenta enormes oportunidades culturales, económicas y sociales para el Perú.

En la Tabla 7 se presentan los posibles impactos sociales, culturales y económicos de las tecnologías renovables acuáticas. Se muestra una indicación general de algunos de los impactos potenciales de las diferentes tecnologías, sin embargo el nivel de impacto puede variar ampliamente dependiendo de la magnitud del proyecto, su ubicación, el tipo de tecnología y el patrimonio social, cultural o las sensibilidades económicas del lugar. La tabla de impactos potenciales no es exhaustiva y habrá otros impactos que son específicos a los dispositivos y proyectos.

**Tabla 7 Posibles impactos culturales, sociales y económicos de las tecnologías renovables acuáticas**

Problemática	Impactos potenciales de las energía acuáticas	Fuente
<b>Patrimonio cultural</b>		
<b>Geología</b>	Alteraciones muy localizadas debido al soterramiento de cables, cuando esto sea necesario, y a las operaciones de fondeo.	Experiencia de Aquatera
<b>Especies</b>	Existe la posibilidad de efectos negativos directos sobre las especies debido a los dispositivos, aunque es probable que los impactos a nivel de población sean limitados. La exclusión de la pesca de arrastre por la localización de las tecnologías podría ayudar a las poblaciones de especies marinas.	Experiencia de Aquatera
<b>Hábitats</b>	Potencial de efectos negativos directos en los hábitats debido a los dispositivos. Se puede mitigar mediante "micro-siting" (disposición/localización) de dispositivos.	Experiencia de Aquatera
<b>Paisajes</b>	Las tecnologías o componentes de perforación de superficies pueden afectar el paisaje, lo que podría disminuir el valor recreativo de un área e impactar negativamente en los residentes locales y/o turistas. La importancia dependerá de las sensibilidades específicas del sitio y del valor vivencial que tiene el área para los receptores.	Experiencia de Aquatera
<b>Cultura</b>	Existe la posibilidad de que se produzcan interrupciones en las actividades de otros usuarios del mar existentes, como la pesca, si no se gestiona adecuadamente.	Experiencia de Aquatera
<b>Historia</b>	Pocas posibilidades de alterar directamente objetos históricos; cierto potencial para influir en el establecimiento de áreas protegidas costeras. Los impactos se pueden mitigar mediante una cuidadosa localización de los proyectos.	Experiencia de Aquatera
<b>Social</b>		
<b>Población</b>	Los efectos probablemente sean positivos, la población en las Orcadas (Orkney), por	Datos internos de



Problemática	Impactos potenciales de las energía acuáticas	Fuente
	ejemplo, ha aumentado un 10% en 10 años, en parte debido a los trabajos en renovables.	Aquatera
<b>Demografía</b>	El desarrollo de estas tecnologías crea puestos de trabajo estimulantes para los más jóvenes y se localizan a menudo lejos de los grandes centros de población, mejorando así la demografía en las zonas rurales.	Experiencia de Aquatera
<b>Instalaciones</b>	Se espera un cambio mínimo hasta que la mano de obra sea considerable, es decir, más de 200 personas.	Experiencia de Aquatera
<b>Cultura</b>	Estas tecnologías forman empresas internacionales globales que pueden conducir a vínculos internacionales para comunidades receptoras/cercanas.	Experiencia de Aquatera
<b>Empleo</b>	Se puede generar empleo local y ciertos trabajos de soporte operativo serán a largo plazo. Los proveedores de servicios pueden obtener conocimiento y experiencia que luego pueden aplicar a otros mercados.	Experiencia de Aquatera
<b>Económica</b>		
<b>Actividad general</b>	El desarrollo de estas tecnologías puede generar una considerable actividad en la cadena de suministro local, creando oportunidades de negocio y empleo.	Experiencia de Aquatera
<b>Otros usuarios del mar</b>	Existe la posibilidad de que se produzcan interrupciones en las actividades pesqueras y marítimas debido al tendido de cables y a las pruebas y despliegue de estas tecnologías, especialmente cuando se trata de grandes parques de energía acuática.	Experiencia directa de EMEC y Aquatera
<b>Infraestructura</b>	Puede haber competencia por los espacios de atraque en puertos pequeños hasta que se disponga de instalaciones construidas específicamente para dicho fin.	Experiencia directa de EMEC y Aquatera
<b>Energía</b>	El despliegue de estas tecnologías se suma a la diversidad del suministro energético.	Experiencia directa de EMEC y Aquatera

Los posibles impactos ambientales de cada tecnología renovable acuática se muestran desde la Tabla 8 a la Tabla 13. Nuevamente, esta lista no es exhaustiva y habrá otros impactos que son específicos al dispositivo y al proyecto. Se necesitarían más investigaciones específicas del sitio para desarrollar un conjunto completo de impactos y determinar los niveles de importancia.



**Tabla 8 Posibles impactos ambientales de la energía undimotriz**

Problemática	Posibles impactos de la energía undimotriz	Fuente
<b>Física</b>		
<b>Condiciones del mar</b>	Las turbinas undimotrices toman la mayor proporción de energía a partir de un clima moderado. Los principales inconvenientes provienen a menudo por determinadas condiciones de tormenta. Por lo tanto, hay poca probabilidad de efectos marcados.	Observaciones directas a nivel internacional
<b>Fondo marino</b>	El modelamiento sugiere una acumulación de sedimentos en determinadas zonas de las plantas undimotrices, aunque no a un nivel pronunciado.	Estudios de <i>Oregón Wave Energy Trust</i>
<b>Flujo de energía</b>	Generalmente baja sensibilidad en los ecosistemas donde el flujo de energía es reducido. Algunas especies están adaptadas a energía extrema, p. <i>Fucus disticus</i> en Orkney. La sucesión en el plancton podría modificarse en determinadas zonas donde se genere sombra.	Estudios de ICIT
<b>Ruido</b>	Las turbinas están diseñadas para no emitir ruido (al extraer energía) y muchas operan muy silenciosamente, el ruido de las olas y el ruido de las embarcaciones son las fuentes dominantes.	Observaciones directas en Orkney
<b>Paisaje marino</b>	Las áreas costeras expuestas pueden representar áreas frágiles, a menudo con poca influencia humana. Dichas áreas pueden recibir la protección del desarrollo de energía undimotriz cercano al litoral. La importancia dependerá de las sensibilidades específicas del sitio y del valor vivencial del área para los receptores.	Evaluación de recursos por Aquatera 2005 & 2007.
<b>Procesos costeros</b>	A lo largo de las costas rocosas hay poco potencial para modificaciones. Incluso en las costas arenosas la mayoría de las modificaciones ocurren durante las tormentas. La mayoría de los dispositivos de energía undimotriz no intervienen de manera significativa en los procesos costeros.	Análisis del espectro de energía extraída
<b>Ecología</b>		
<b>Plancton</b>	No se prevén efectos directos. Es posible que las sombras que se generen por la instalación de estas tecnologías puedan alterar la dinámica de mezcla de la columna de agua y así cambiar la sucesión de especies en el área de influencia. Esto tendría que ser a gran escala, probablemente > 10 km <sup>2</sup> de área de sombra antes de que pudiera ser un impacto considerable.	Experiencia de Aquatera
<b>Bentónico</b>	Efectos directos por la colocación de los sistemas de anclaje y amarre, también por el tendido y soterramiento de cables. La magnitud del impacto negativo se limitaría al área donde los anclajes entran en contacto con los bentos. Los dispositivos crean obstáculos a la pesca de arrastre de fondo lo que ayuda a proteger las comunidades de los fondos marinos.	EIA realizados hasta la fecha, monitoreo de video de amarres en sitios EMEC
<b>Peces</b>	El efecto más probable es la atracción y agregación alrededor de la estructura (turbina+amarres) creando un "efecto de arrecife". Las preocupaciones giran en torno a la migración de especies designadas para la conservación, p.e.salmón, pero no hay evidencia que se sustente esto. Los dispositivos crearán obstáculos a la pesca de arrastre lo que ayudará a proteger las poblaciones de peces locales.	EIA realizados hasta la fecha
<b>Mamíferos marinos</b>	Las interacciones potenciales con los dispositivos de energía undimotriz son benignas. Hay algunas preocupaciones sobre el atrapamiento (dentro de las cámaras de dispositivos) en áreas densamente pobladas.	Datos de monitoreo de EMEC
<b>Aves marinas</b>	Existe la posibilidad de que algunas especies utilicen los dispositivos como plataformas de reposo.	Datos de monitoreo de EMEC y de otras aves



**Tabla 9 Posibles impactos ambientales de la energía eólica flotante marina**

Problemática	Posibles impactos de la energía eólica flotante	Fuente
<b>Física</b>		
<b>Condiciones del mar</b>	Los aerogeneradores flotantes consisten en plataformas semi-sumergibles o boyas tipo SPAR con aerogeneradores acoplados. Es poco probable que afecten significativamente las condiciones del mar.	EIA realizados hasta la fecha
<b>Fondo marino</b>	Los cambios en la dinámica de los sedimentos que generan erosión y/o sedimentación alrededor de los anclajes podrían afectar potencialmente a los hábitats de los fondos marinos, aunque no a un nivel pronunciado.	EIA realizados hasta la fecha
<b>Flujo de energía</b>	No se vería afectado significativamente por los aerogeneradores flotantes.	EIA realizados hasta la fecha
<b>Ruido</b>	La principal preocupación con respecto al ruido se debe a las operaciones de colocación de pilotes los cuales son temporales. Los aerogeneradores flotantes probablemente eviten el uso de pilotes debido a su ubicación en aguas más profundas.	EIA sobre aerogeneradores flotantes
<b>Paisaje marino</b>	Posibilidad de impactos en el paisaje marino. La importancia dependerá del tipo de naturaleza costera y del valor vivencial del área para los receptores. Los aerogeneradores flotantes tienen la ventaja de que pueden ser colocados más lejos de la costa (en comparación con las turbinas instaladas en pilotes), lo que significa que el impacto sobre el paisaje marino puede reducirse.	Experiencia de Aquatera
<b>Procesos costeros</b>	Las turbinas se sitúan lejos de la costa con un amplio espacio entre ellas por lo que hay muy poco margen para impactos en los procesos costeros.	Experiencia de Aquatera
<b>Ecología</b>		
<b>Plancton</b>	No se han previsto impactos.	Experiencia de Aquatera
<b>Bentónico</b>	La instalación de anclajes para los aerogeneradores resultaría en la alteración del fondo marino ya sea por pérdida directa del hábitat bentónico o por bloqueos de los sistemas respiratorios y de alimentación de organismos bentónicos.	EIA realizados hasta la fecha
<b>Peces</b>	La exclusión de los barcos de arrastre tendría un impacto positivo y las estructuras de los parques eólicos flotantes se convertirían en refugios artificiales para los peces.	EIA realizados hasta la fecha
<b>Mamíferos marinos</b>	Posibilidad de que mamíferos marinos muy grandes (por ejemplo, ballenas francas) se enreden en las líneas de amarre, sin embargo los estudios sugieren que es poco probable que esto sea un problema para los mamíferos marinos de tamaño medio a pequeño (Benjamins, et al., 2014). Esto debe ser considerado durante las actividades de diseño del proyecto.	Estudio del Scottish Natural Heritage
<b>Aves marinas</b>	Potencial de colisión entre las palas de turbinas y aves. Algunos organismos de conservación de la naturaleza (por ejemplo, la Real Sociedad para la Protección de las Aves (RSPB) <sup>16</sup> ) han destacado que los parques eólicos flotantes representan un menor riesgo para las especies de aves que los parques eólicos con subestructura fija, ya que pueden ubicarse más lejos de las poblaciones de aves nidificadoras. Sin embargo, las aves en las rutas migratorias podrían ponerse en mayor riesgo.	Comentario de la RSPB y EIA realizados hasta la fecha

<sup>16</sup> <http://www.rspb.org.uk/>



**Tabla 10 Posibles impactos ambientales de la energía solar flotante marina**

Problemática	Posibles impactos de la energía solar flotante	Fuente
<b>Física</b>		
<b>Condiciones del mar</b>	Áreas tales como bahías y calas protegidas con condiciones de mar en calma son las únicas que probablemente sean adecuadas para el desarrollo de proyectos solares flotantes, cuando es poco probable que las condiciones del mar se vean afectadas por su instalación.	Experiencia de Aquatera
<b>Fondo marino</b>	Poco probable que afecten directamente al fondo marino salvo cuando los amarres entran en contacto directo con él.	Experiencia de Aquatera
<b>Flujo de energía</b>	No se prevé ningún cambio en el flujo de energía.	Experiencia de Aquatera
<b>Ruido</b>	El ruido sería emitido por los inversores, pero no se prevé que produzca impactos significativos.	Experiencia de Aquatera
<b>Paisaje marino</b>	Posibilidad de impactos en el paisaje marino. La importancia dependerá del tipo de naturaleza costera y del valor vivencial del área para los receptores. Los parques solares flotantes probablemente se instalen cerca de la costa, lo que podría aumentar el impacto en el paisaje marino.	Experiencia de Aquatera
<b>Procesos costeros</b>	Es posible una muy ligera disipación de la energía undimotriz debido a la flotabilidad de las plataformas solares flotantes, sin embargo, hay poco margen para impactos en los procesos costeros. Aunque es posible que se evite la erosión de los terraplenes de los embalses mediante una reducción en la acción de las olas.	Experiencia de Aquatera
<b>Ecología</b>		
<b>Plancton</b>	La energía solar flotante impediría que la luz del sol llegue a la superficie del mar y, por lo tanto, limitaría el crecimiento del fitoplancton en las áreas de desarrollo, lo que podría tener un impacto en la cadena alimentaria. A la inversa, esto podría resultar en un impacto positivo ya que se reducirían las floraciones de algas y, por lo tanto, mejoraría la calidad del agua, particularmente en las zonas protegidas en ensenadas donde la circulación de agua puede ser limitada.	EIA realizados hasta la fecha
<b>Bentónico</b>	Efectos directos por la colocación de los sistemas de anclaje y amarre, también por el tendido y soterramiento de cables. La magnitud del impacto negativo probablemente sería pequeña. Los dispositivos crean obstáculos a la pesca de arrastre de fondo lo que ayuda a proteger las comunidades de los fondos marinos.	EIA realizados hasta la fecha
<b>Peces</b>	El efecto más probable es la atracción y agregación alrededor de la estructura (plataforma flotante más amarres) creando un "efecto de arrecife". Al igual que con la energía undimotriz y mareomotriz, hay posibles preocupaciones en torno a la migración de especies designadas para la conservación, p.e. salmón, pero no hay evidencia que sustente esto. Los dispositivos crearán obstáculos a la pesca de arrastre lo que ayudará a proteger las poblaciones de peces locales.	EIA realizados hasta la fecha
<b>Mamíferos marinos</b>	Las plantas solares flotantes pueden crear barreras artificiales para los animales que respiran en la superficie y pueden ponerlos en riesgo de quedarse atrapados y enredarse. La selección del sitio tendría que considerar el riesgo de las interacciones de la fauna silvestre y evitar instalaciones en las zonas más importantes y sensibles para reducir los peligros.	Experiencia de Aquatera
<b>Aves marinas</b>	Posible pérdida de zonas de alimentación de aves marinas, sin embargo los impactos probablemente sean similares a los dispositivos undimotrices y los efectos no sean significativos. Potencial para que las aves usen la infraestructura como plataformas de reposo.	Experiencia de Aquatera



**Tabla 11 Posibles impactos ambientales de la energía hidrocínética de ríos**

Problemática	Posibles impactos de la energía hidrocínética de ríos (RHK)	Fuente
<b>Física</b>		
<b>Procesos fluviales/ flujo de energía</b>	La introducción de turbinas hidrocínéticas para ríos tiene el potencial de afectar la morfología del río y el ecosistema que este soporta. Se requiere monitorear las condiciones del caudal antes y después de la instalación para cuantificar los impactos en los procesos fluviales y el flujo de energía.	Experiencia de Aquatera
<b>Ruido</b>	Turbinas diseñadas para funcionar con bajos niveles de ruido. No hay cambios bruscos en los niveles de ruido de las turbinas, es decir, las turbinas comienzan y dejan de girar gradualmente. La mayor fuente de ruido proviene de las embarcaciones.	Experiencia de Aquatera
<b>Impacto visual</b>	No es un problema para las turbinas montadas en el lecho del río, sin embargo, hay potencial de que los dispositivos que precisen la perforación del lecho del río causen impacto visual. La importancia dependerá de las sensibilidades específicas del sitio y del valor vivencial del área para los receptores.	Experiencia de Aquatera
<b>Ecología</b>		
<b>Bentónico</b>	Varía según el tipo de tecnología (flotante o montada en el lecho), pero la instalación de cualquiera de estos tipos de dispositivos resultaría en alteración del bentos, ya sea por la pérdida directa del hábitat bentónico o por bloqueos de los sistemas respiratorios y de alimentación de los organismos bentónicos.	Experiencia de Aquatera
<b>Peces</b>	Existe la posibilidad de colisión entre las palas de la turbina hidrocínética y los peces, lo cual tiene el potencial de resultar en mortalidad. También es posible que la instalación de plantas hidrocínéticas de gran tamaño bloqueen las rutas de migración de, p. e. el salmón. No se han registrado casos de mortalidad por colisión. Posibilidad de que los dispositivos actúen como lugares de agregación de peces lo que puede ser positivo.	Modelo de riesgo de colisión y monitoreo de una turbina hidrocínética operativa
<b>Mamíferos</b>	Al igual que con los peces, el riesgo de colisión es la principal preocupación. Se necesita vigilancia alrededor de las turbinas para tener certeza. Muy dependiente de las especies presentes en el sitio. También existe la posibilidad de efectos de barrera.	Experiencia de Aquatera
<b>Aves</b>	Potencial de colisión entre palas de turbina y aves buceadoras. El modelamiento y el monitoreo ambiental hasta la fecha indican que, en general, la probabilidad de un golpe con las palas es baja. Sin embargo, la vigilancia alrededor de las matrices de las instalaciones es necesaria para tener certeza.	EIA realizados hasta la fecha, video vigilancia y monitoreo acústico y modelamiento del riesgo de colisión

**Tabla 12 Posibles impactos ambientales de la energía eólica flotante en el interior**

Problemática	Posibles impactos de la energía eólica flotante en el interior	Fuente
<b>Física</b>		
<b>Condiciones de lagos/embalses</b>	No se esperaría que la introducción de aerogeneradores flotantes afectara significativamente las condiciones de lagos o embalses.	Experiencia de Aquatera
<b>Ruido</b>	Depende de la sensibilidad de las especies presentes a los impactos del ruido. La mayor fuente de ruido sería la colocación de pilotes.	Experiencia de Aquatera
<b>Impacto visual</b>	Es menos probable que sea un problema si las turbinas están ubicadas en plantas hidroeléctricas, en comparación con los lagos naturales. La importancia dependerá de las sensibilidades específicas del sitio y del valor vivencial del área para los receptores.	Experiencia de Aquatera
<b>Ecología</b>		
<b>Bentónico</b>	La instalación de anclajes para turbinas resultaría en la alteración del bentos debido a la pérdida directa del hábitat bentónico o bloqueos de los sistemas y de alimentación de los organismos bentónicos. Es menos probable que sea un problema en las plantas hidroeléctricas ya que estas tienden a tener una biodiversidad limitada.	Experiencia de Aquatera
<b>Peces</b>	El efecto más probable es la atracción y agregación alrededor de la estructura (turbina más amarres) creando un "efecto de arrecife". En lagos, las turbinas crearán obstáculos a la pesca de arrastre lo que ayudará a proteger las poblaciones de peces locales.	Experiencia de Aquatera
<b>Aves</b>	Potencial de colisión entre las palas de turbinas y aves, similar al de un parque eólico terrestre. Dependerá de las sensibilidades particulares de las especies de aves y los hábitats en el sitio.	Experiencia de Aquatera



**Tabla 13 Impactos ambientales potenciales de la energía solar flotante en tierra**

Problemática	Posibles impactos de la energía solar flotante en tierra	Fuente
<b>Física</b>		
<b>Condiciones de lagos/embalses</b>	No se espera que la introducción de dispositivos solares flotantes afectará significativamente las condiciones de lagos o embalses.	Experiencia de Aquatera
<b>Ruido</b>	El ruido sería emitido por los inversores, pero no se prevé que produzca impactos significativos en las especies.	Experiencia de Aquatera
<b>Impacto visual</b>	Menos probabilidad de ser un problema si se encuentra en las represas hidroeléctricas, a diferencia de lagos naturales. La importancia dependerá de las sensibilidades específicas del sitio y del valor vivencial del área para los receptores.	Experiencia de Aquatera
<b>Ecología</b>		
<b>Bentónico</b>	La instalación de anclajes para plantas solares flotantes resultaría en la alteración del bentos debido a la pérdida directa del hábitat bentónico o bloqueos de los sistemas respiratorios y alimentación de los organismos bentónicos. Es menos probable que sea un problema en las represas hidroeléctricas ya que estas tienden a tener una biodiversidad limitada.	Experiencia de Aquatera
<b>Peces</b>	El efecto más probable es la atracción y agregación alrededor de la estructura (turbina más amarres) creando un "efecto de arrecife". En lagos, las turbinas crearán obstáculos a la pesca de arrastre lo que ayudará a proteger las poblaciones de peces locales.	EIA realizados hasta la fecha
<b>Aves</b>	Siempre y cuando la calidad ecológica del agua se mantenga y se eviten las áreas importantes para las aves o se mitiguen los impactos debidamente, esto no se prevé que sea un problema.	Experiencia de Aquatera

El [Caso de Estudio 15](#) muestra guías regionales para la energía eólica marina, mareomotriz y de olas, las que consideran cuestiones ambientales, técnicas, socioeconómicas y de planificación.

## FINANZAS

Actualmente no existe un apoyo considerable a la energía renovable acuática en el Perú. Primeramente, no se han implementado subvenciones para apoyar estas tecnologías, al igual que tampoco existen mecanismos de financiamiento para que los promotores de este sector lleven a cabo proyectos de I+D+i en el país. Igualmente, no existen instalaciones para la prueba de prototipos o modelos a gran escala ubicados a lo largo de la costa.

Las energías renovables acuáticas pueden competir directamente con otras formas de generación, pero las tecnologías más innovadoras, como por ejemplo la undimotriz, requerirán apoyo económico, por medio de subvenciones de capital y para las operaciones, la investigación y desarrollo tecnológico y para los primeros parques de energía renovable acuática marina, mientras que estos no sean competitivos con otras formas de energía. La inversión en tecnología y proyectos energéticos renovables acuáticos no está aislada, es una inversión en la cadena de suministro y en las comunidades de acogida para crear empleos y crecimiento económico a largo plazo, seguridad energética, reducción de la pobreza, etc.

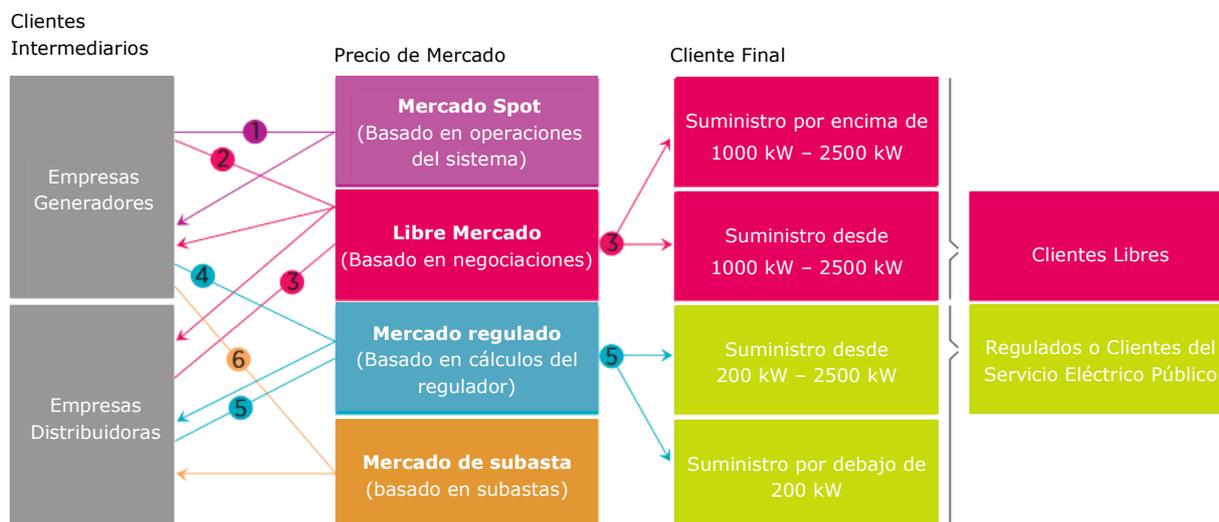


## Mercado de la electricidad

El mercado eléctrico peruano consta puede clasificarse en cuatro segmentos:

- Mercado Spot (de corto plazo). Es operado y controlado por el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES) que determina las condiciones y precios de las transacciones de energía a corto plazo.
- Mercado libre. Se aplica a transacciones entre empresas de generación y distribución, así como de empresas de distribución a clientes finales. La demanda máxima de energía de un cliente libre es de 200 kW. Cuando los usuarios tienen una demanda máxima de energía de 200 kW-2,5 MW, pueden elegir entre el mercado libre o regulado.
- Mercado regulado. Las empresas generadoras negocian y firman contratos con empresas distribuidoras con un tope de precios determinado por OSINERGMIN. Las empresas de distribución pueden vender electricidad a clientes con una demanda de energía de menos de 2,5 MW a las tasas y condiciones existentes en el mercado regulado.
- Mercado de subastas. Accesible a las empresas generadoras que venden electricidad a las empresas distribuidoras en las subastas.

**Ilustración 8 Mercado de la electricidad en el Perú**



Fuente: (IRENA, 2014c)

La Ilustración 8 muestra la interacción entre los cuatro sub-mercados.

Tras la reforma del sector eléctrico en 2006, en el Perú se adoptaron las subastas como mecanismo preferido para la introducción de tarifas de electricidad costo-efectivas para los usuarios. Por lo tanto, el país ya está familiarizado con los procesos de subasta. Estos se han perfeccionado para las grandes centrales hidroeléctricas y para las centrales de gas natural de ciclo combinado, así como también se ha introducido este mecanismo para las energías renovables, con el objetivo de promover la biomasa, la energía eólica, la solar y la pequeña hidroeléctrica (IRENA, 2014c).

## Suministro directo a clientes industriales

Existen muchas industrias costeras y del interior del Perú que podrían ser suministradas directamente con energía generada a partir de dispositivos de energía renovable acuática, por ejemplo, puertos, terminales de exportación de

minería, plantas de desalinización y bombeo de agua o de tratamiento de aguas, maricultura y acuicultura, fábricas de harina de pescado, etc. tienen sus propios generadores in situ, por lo que existe un potencial para que la energía renovable acuática reemplace o reduzca la generación convencional para estos clientes.

Dichos proyectos podrían realizarse mediante contratos bilaterales a precios no regulados, incluir a clientes industriales no conectados a la red etc.

### Comunidades aisladas y remotas

En el Perú, el 85% de la población está conectada a la red eléctrica nacional (SEIN), mientras que el 15% restante está conectado a sistemas "aislados" o permanece desconectado de cualquier tipo de red de suministro eléctrico. Por lo tanto, una proporción significativa de la población rural del Perú paga altos precios por su electricidad, accediendo a la electricidad a través de generadores diésel. Estas áreas generalmente tienen mayores costos de energía que en los principales sistemas eléctricos. De esta manera, existe una oportunidad para que las energías renovables acuáticas suministren energía a comunidades aisladas del Perú y, de hecho, estos proyectos pueden ser propiedad de la comunidad; lo que a su vez genera empleos, inversiones y mejoras en infraestructura, mayor acceso a agua potable y reducción de la pobreza extrema.

El aporte de energía para equipos aislados es relevante, la energía remota y de baja demanda se considera como un posible mercado para las tecnologías de energía renovable acuática. La energía solar terrestre ya se utiliza ampliamente para este propósito cuando la conexión a la red no es posible. Los posibles usos para las tecnologías acuáticas incluyen por ejemplo, energía para boyas con sistemas de recolección de datos.

### Mecanismos de apoyo

Si bien existen muchos mecanismos financieros disponibles en todo el mundo para fomentar proyectos de energía renovable, existen ciertos atributos clave para un "buen" mecanismo financiero. Los [Casos de Estudio 25 y 26](#), muestran los incentivos financieros para algunas tecnologías acuáticas en el Reino Unido. Un elemento crucial de los sistemas de incentivos patrocinados por el Gobierno Británico es el de la garantía y, en particular, el requisito donde el inversionista/promotor debe confiar en que una vez adjudicado un mecanismo de incentivos, este no será revocado arbitrariamente. Además, el diseño adecuado de los regímenes de incentivos debería reducir de manera óptima las barreras para un proyecto pequeño, incluyendo métodos fiables y los periodos de desembolso del financiamiento. La clave para el éxito a largo plazo de un proyecto es asegurar que se realice el análisis y pasos apropiados a lo largo de la fase conceptual y de desarrollo del proyecto y en la fase de financiación del proyecto.

Existen diversas herramientas para fomentar la adopción de la energía acuática y otras fuentes de energía renovable en el Perú. Si bien los principios de física e ingeniería subyacentes pueden ser consistentes entre proyectos, la situación financiera puede variar enormemente. Las herramientas descritas a continuación tienen diferentes grados de relevancia dependiendo de la escala de los proyectos en cuestión. En un extremo, los proyectos comerciales de gran envergadura, realizados por corporaciones multinacionales, pueden ser de 100 megavatios de capacidad, haciendo una contribución estratégica al suministro de energía nacional. En el extremo opuesto, una pequeña organización comunitaria sin fines de lucro puede aspirar a instalar un dispositivo de unos pocos kilovatios. Es poco probable que una sola estructura de apoyo financiero sea apropiada para ambos escenarios.



Los mecanismos de fomento pueden clasificarse en tres grandes categorías:

- Apoyo al mercado - Medidas que buscan mejorar las condiciones de mercado (aumento de los precios o estabilidad de los precios de la electricidad).
- Apoyo a la reducción de costos - Medidas que reducen los costos de desarrollo o facilitan acceso a financiamiento.
- Apoyo a proyectos - fortalecimiento de capacidades, asesoramiento, estimulación y apoyo administrativo.

Actualmente, la mayoría de los costos unitarios de las tecnologías undimotriz e hidrocínéticas de ríos son más elevados que otros tipos de generación de energía renovable. Esto es comprensible si se considera la fase relativamente temprana de desarrollo en la que se encuentran estas tecnologías y que el nivel de desarrollo visto actualmente en todo el mundo no es excesivamente alto aunque creciendo rápidamente anualmente.

Las subastas que ya han tenido lugar en el Perú se vieron especialmente influenciadas por la reducción continua prevista del precio de las tecnologías eólica y solar. En un futuro cercano, no será posible que la generación de energía de algunas tecnologías acuáticas pueda igualarlas. Por ejemplo, si se quiere que la generación de energía undimotriz desempeñe un papel importante en la futura generación energética del Perú, entonces se requerirá cierto nivel de apoyo o incentivo antes de que el LCOE llegue a un nivel más competitivo.

En el informe elaborado por el Carbon Trust, "Futuro de la energía marina" (Carbon Trust, 2006), se presentan datos y conclusiones para analizar las tendencias y proyecciones del costo de las energías renovables en el medio marino. El informe identifica la importancia de que estas tecnologías tengan costos que sean competitivos con otras tecnologías de generación de energía renovable (por ejemplo, eólica en tierra, solar, etc.). La mejor manera de lograrlo, como se destaca en el informe, será mediante economías de escala. La implementación de múltiples dispositivos reducirá los costos asociados con la construcción, despliegue, mantenimiento y desmantelamiento. También se reconoce que el valor del aprendizaje sigue siendo muy alto en estos campos innovadores. La experiencia adquirida con la instalación de cada tecnología adicional beneficiará la instalación de la siguiente. Otra área que tiene el potencial de reducir costos se encuentra dentro de la fase conceptual y de diseño detallado, en la que el diseño de los componentes puede optimizarse antes de su fabricación o a través de pruebas de prototipos.

Con el fin de ayudar a materializar estas reducciones de costos previstas, las estrategias de desarrollo deben definir medidas de diseño que apunten a lograr estos objetivos en el orden y plazo correctos. Por ejemplo:

- Fomentar proyectos de I+D+i que tengan la capacidad de desarrollar tecnologías apropiadas para los entornos marinos del Perú antes de la fabricación, así como apoyar el despliegue escalado de tecnologías para promover el desarrollo de diseños iterativos antes de la fabricación a gran escala.
- Evaluar la capacidad en todo el litoral peruano para el despliegue a gran escala de múltiples dispositivos que luego soportarán capacidades de escala.
- Fomentar mecanismos que promuevan el intercambio de conocimientos a fin de minimizar la posibilidad de que promotores independientes abarquen las mismas áreas de forma independiente, donde sería interesante compartir experiencias, cuando no se trate de información sensible por razones comerciales.

Los proyectos de energía renovable acuática terrestre pueden darse en áreas donde ya existe la infraestructura necesaria, por ejemplo, desarrollar un proyecto solar flotante en la reserva de agua de una planta hidroeléctrica donde la mayor parte de la infraestructura necesaria ya está construida, puede ser competitivo con las plantas solares convencionales y además ya son elegibles para subastas de renovables.



Es probable que el recurso de hidrocínética fluvial esté distribuido en una gran cantidad de ríos y vías navegables del interior, los que también llegan a regiones con poca o ninguna conexión a la red. Elaborar soluciones no conectadas a la red maximizará el nivel de desarrollo posible en todo el país; lo que a su vez podría proporcionar energía a mercados adicionales como el de la desalinización y la pesca.

El [Caso de Estudio 27](#) muestra el proyecto micro-hidráulico Applecross, ubicado en las montañas del noroeste de Escocia, en el que participa una comunidad en la que cientos de personas invirtieron en el proyecto para recaudar casi 800.000 libras esterlinas. Es valioso como caso para destacar una serie de cuestiones en el desarrollo de proyectos.

## NICHOS DE MERCADO

Si bien el objetivo final de las tecnologías acuáticas es proporcionar energía a gran escala como la electricidad suministrada por la red, hay una serie de obstáculos y barreras potenciales que deben superarse antes de que esto pueda suceder. Mientras algunas de estas tecnologías continúan madurando, puede haber oportunidades donde los suministros de energía renovable acuática locales son técnicamente viables y desde un punto de vista de costos son competitivos o incluso ventajosos. Por ejemplo, puede haber oportunidades para la energía renovable acuática cuando en caso como los que se indican a continuación:

- Aldeas, pueblos o ciudades aislados en medio de un hábitat de tipo selvático con extrema presión sobre la tierra disponible.
- Infraestructuras de energía hidroeléctrica existentes puede mejorarse con la capacidad adicional de generación acuática.
- Usos remotos y de baja demanda de energía se encuentran junto a los recursos acuáticos utilizables (boyas de datos, etc.).
- Clientes que pueden pagar un precio superior por utilizar energía renovable de fuentes acuáticas (por ejemplo, hoteles costeros de lujo).

Dentro del Perú hay varios nichos de mercados de energía para los cuales puede ser adecuada la energía acuática. Teniendo en cuenta la distribución y escala de las actividades, al igual que la disponibilidad y precio de los suministros energéticos existentes, se han tomado los siguientes nichos de mercado como el enfoque principal de este estudio.

### Sector pesca, acuicultura y maricultura

Dentro del sector de la pesca existen dos fuentes principales de uso de energía, el uso de combustible por parte de los buques pesqueros y la energía utilizada para el procesamiento de pescado en tierra. El uso de diésel y aceites marinos para la propulsión de buques no se considera en más detalle en este estudio, aunque la conversión de buques pesqueros a combustibles alternativos menos ricos en carbono o incluso libres de carbono es un área importante para el futuro manejo del carbono. El presente estudio se centra en las actividades de procesamiento de pescado que incluyen el congelamiento de pescado, conservas de pescado, la producción de harina y aceite de pescado.

El Perú es un importante productor de harina y aceite de pescado (FMFO). El sector peruano de FMFO produce en promedio (2006-2015) 1,183 millones de toneladas de harina de pescado y 230.000 toneladas de aceite de pescado al año, que representan el 24% y el 23% de la producción mundial, respectivamente.

Las modernas plantas a vapor consumen tanto combustible pesado como gas natural cuando está disponible. Tanto las plantas residuales como las tradicionales utilizan principalmente combustible pesado como fuente de energía. En el Perú hay un total de alrededor de 170 plantas de harina de pescado en funcionamiento, que corresponden a una capacidad total de procesamiento de alrededor de 9.300 t/h. Estas plantas están ubicadas a lo largo de toda la costa



peruana, concentrándose principalmente cerca de los principales puertos pesqueros de las ciudades costeras más grandes (Chimbote, Chancay, El Callao y Pisco).

El consumo de energía genérica para el procesamiento de 1 tonelada de pescado crudo para consumo humano transformado se estima en 1.760 MJ de calor y 33 kWh de electricidad, un total de alrededor de 510 kWh (Pierre Freon, 2017), mientras que la producción de harina de pescado requiere 268 kWh de electricidad por tonelada de alimento producido (Avadí, et al., 2012).

La captura de peces para el consumo humano se da típicamente por millones de toneladas, al igual que la captura para el procesamiento de harina de pescado. La aplicación de estas demandas energéticas a los niveles de producción anual (asumiendo 3 millones de toneladas cada una) genera una demanda estimada de energía de alrededor de 2.400 GWh para el sector pesquero en el Perú.

La industria de la acuicultura/maricultura es un mercado potencial para las energías renovables acuáticas debido a la ubicación de las unidades de producción cercanas o en los cuerpos de agua y a su alto consumo de energía. En el Perú, la mayor parte de la energía requerida para las piscigranjas es actualmente producida por generadores diésel locales. En áreas más remotas, los costos de transporte y almacenamiento del diésel pueden llegar a ser muy altos. Por lo tanto, se podría esperar que la provisión de energía acuática tenga un precio premium en los sitios más remotos.

La escala de producción también puede ser un factor importante, las piscigranjas de menor escala pueden no tener una fuerte demanda de energía, mientras que las más grandes pueden tener procesos y actividades de cría de peces y/o moluscos que requieren más energía. Es la combinación de los establecimientos más grandes y remotos que podrían generar la mayoría de las oportunidades a corto plazo.

El Mapa 10.1 muestra la distribución de estos lugares de acuicultura y maricultura y su escala.

## Minas y canteras

Según un informe del MINEM publicado en 2016, el consumo total de energía del sector minero en 2013 fue de 16.765 GWh (alrededor del 8% del consumo total de energía en el Perú), de los cuales 10.927 GWh fueron electricidad (más del 28% del consumo nacional de electricidad). El sector minero es un sector clave para el suministro de energía acuática debido a su escala económica, el alto valor de los productos producidos y la siempre creciente demanda de sistemas de producción más inteligentes y más sostenibles.

Los Mapas 10.2 y 10.3 muestran los principales proyectos mineros existentes y los posibles yacimientos mineros.

## Buques/transporte

El transporte fluvial y marítimo es otra oportunidad para sistemas alimentados por energías renovables. Existen diferentes tecnologías que se utilizan actualmente en varios países. Por ejemplo, éstos pueden utilizar la electricidad directamente como combustible, en las baterías, o utilizarla para producir un nuevo producto, como el hidrógeno (a través de un electrolizador) o los biocombustibles. Los sistemas híbridos también son parcialmente alimentados por sistemas eléctricos.

### Baterías

Los sistemas accionados por baterías eléctricas se refieren al uso exclusivo de la propulsión eléctrica alimentada por energía contenida dentro de bancos de baterías a bordo. Existen diferentes tipos de baterías: plomo-ácido, níquel-



cadmio, híbrido de níquel-metal, litio-ion, zinc-aire, sodio-azufre, sodio-cloruro de níquel. El litio-ion es el tipo de baterías más utilizadas en el transporte, ya que tienen la mayor densidad de energía (200-400 Wh/L) y una vida más larga, constituyendo una oportunidad perfecta para las energías renovables, pero hay muy pocos ejemplos en funcionamiento de esta tecnología hasta la fecha.

Algunos ejemplos de buques completamente eléctricos:

- Escala media: El transbordador (ferry) Ampere de Norled para pasajeros (y vehículos) en Noruega utiliza dos baterías de ion de litio ([Caso de Estudio 28](#)).
- Pequeña escala: Proyecto JiriJiri en Colombia que ofrece un medio de transporte eficiente y sostenible alimentado con energía hidrocínética para que los niños/as vayan a la escuela, ver Figura abajo.

**Ilustración 9**

**Capacitando a la población, proyecto JiriJiri**



### *Hidrógeno*

El hidrógeno se puede producir biológicamente (por ejemplo, mediante digestión anaerobia) o por electrólisis. El hidrógeno puede utilizarse en forma líquida o gaseosa para alimentar directamente un sistema de transporte o para producir electricidad a través de pilas de combustible.

Existen varios ejemplos de producción y uso de hidrógeno (ver [Caso de Estudio Caso 29](#) y [Caso de Estudio 30](#)). La Hoja de Ruta Tecnológica desarrollada por IRENA ([Caso de Estudio 31](#)) cubre el uso de hidrógeno como medio de almacenamiento de energía y las pilas de combustible como un medio de producción de energía en varios sectores.

### *Híbridos eléctricos*

Los híbridos eléctricos son accionados por un motor de combustión interna u otras fuentes de energía que pueden funcionar con combustible convencional o alternativo y un motor eléctrico que utiliza energía almacenada en una batería. Las embarcaciones eléctricas híbridas combinan los beneficios de una buena economía de combustible y bajas emisiones con la potencia y la autonomía de los buques convencionales. Hay una serie de ejemplos de este tipo de sistema y son fácilmente disponibles en el mercado.

Ejemplo de embarcación híbrida eléctrica:

- Escala mediana: Dos transbordadores (ferries) híbridos eléctricos operados por Caledonian MacBrayne operan en la costa oeste de Escocia.

## Electrificación rural

El Perú ha logrado un coeficiente de electrificación del 93,3% a nivel nacional y del 78% en zonas rurales en 2015, pero existe una gran disparidad entre las áreas urbanas principalmente a lo largo de la costa y las zonas más rurales como la Amazonía y los Andes. En la actualidad, se asume que la conexión a la red es el principal o primer método de suministro de electricidad. Se suele tener esta idea debido a la continuidad y a la seguridad del suministro que normalmente se provee a través de una red eléctrica. Sin embargo, en un país como el Perú puede haber obstáculos técnicos, económicos y burocráticos a superar para permitir una mayor conexión a la red.

Actualmente MINEM cuenta con un masivo programa de paneles solares que proporciona 500.000 paneles solares a las comunidades rurales (MINEM, 2014). La energía solar flotante terrestre y marina abriría un nuevo escenario para las comunidades remotas que luchan con los problemas de la tierra. Como solución alternativa para la electrificación rural se utiliza a menudo la pequeña energía hidroeléctrica. En el Perú, esta solución se utiliza principalmente en áreas ubicadas en los Andes tanto en las laderas orientales como occidentales donde hay recursos hídricos y pendientes adecuados. Las tecnologías de hidrocínética fluvial también podrían abastecer de electricidad y agua a comunidades remotas en otras áreas del Perú. Por último, la energía eólica flotante es la tercera opción y su aplicación se está evaluando con fines de electrificación rural en áreas preferentemente ubicadas en los valles intermedios y cerca de la costa.

Como solución alternativa para la electrificación rural se utiliza a menudo la pequeña energía hidroeléctrica, el [Caso de Estudio 32](#) se muestra algunos de los desafíos de los proyectos de generación micro-hidráulica en Escocia. Las tecnologías de hidrocínética fluvial también podrían abastecer de electricidad y agua a comunidades remotas en otras áreas del Perú como se muestra en el [Caso de Estudio 33](#).

El Mapa 4.1 muestra la densidad poblacional del Perú

## Desalinización

Una de las combinaciones de sectores más obvias es la energía undimotriz combinada con la desalinización ya que, en la mayoría de los casos, los dos componentes principales para ambas están disponibles en abundancia y en el mismo lugar.

Las ventajas del uso de la energía undimotriz pueden materializarse presurizando el agua de mar directamente en la toma de fuerza hidráulica utilizada en muchos convertidores de energía undimotriz. Esto evita que la energía pase por una conversión de hidráulica a eléctrica y luego a hidráulica nuevamente, eliminando así la necesidad de una turbina/motor hidráulico, un generador eléctrico, un motor eléctrico y una bomba hidráulica (Folley, et al., 2008).

Las actuales tecnologías de desalinización accionada por las olas se basan en modificaciones a las tecnologías de energía undimotriz diseñadas para la producción de electricidad. Por lo tanto, normalmente son relativamente grandes con capacidades unitarias en el rango de 500 – 5.000 m<sup>3</sup>/día. Así, el objetivo primario de las plantas de desalinización accionada por las olas es la producción de agua a escala municipal. También se está desarrollando activamente la cogeneración de agua dulce y electricidad mediante la energía de las olas. Si bien las unidades de desalinización más pequeñas (menos de 500 m<sup>3</sup>/día) son técnicamente viables, en la actualidad el esfuerzo por desarrollar unidades de

menor capacidad es modesto. Se han propuesto diversos conceptos de energía undimotriz pasados y presentes para la producción de agua desalinizada, incluyendo:

- Carnegie Corporation Ltd – Tecnología de desalinización CETO.
- Aquamarine Power Ltd - Tecnología de desalinización mediante el sistema basculante Oyster.
- Oceanlinx Ltd – Tecnología de desalinización OWC (columna oscilante de agua).
- McCabe Wave Pump.
- Atmocean.

Todas estas tecnologías se basan en la presurización directa del agua de mar (evitando la generación de electricidad), la que luego alimenta a una planta de desalinización por ósmosis inversa para producir agua dulce (PRODES, 2010).

## EVALUACIONES REGIONALES

Para cada una de las cuatro energías renovables acuáticas consideradas, se realizaron evaluaciones del potencial de recursos, condiciones técnicas, infraestructura y mercados disponibles. Este análisis inicial sugirió que, en comparación con otros países, el Perú tiene excelentes recursos de energía solar, recursos moderados hidrocinéticos (aunque atractivos para ser explotados y undimotrices) y un potencial eólico marino bastante limitado.

Utilizando el sistema de información geográfica interno de Aquatera llamado RADMAPP, se establecieron evaluaciones regionales de áreas de recursos potencialmente explotables. Posteriormente, se evaluó las distintas áreas de potencial desarrollo, para determinar el porcentaje de área identificada posible de desarrollar, su densidad y también su eficiencia operativa, en un escenario de capacidad media, a cual se llamará escenario básico. Estos factores se aplicaron al área definida para cada clase de tecnología específica. A su vez, se llevó a cabo un análisis adicional para establecer los escenarios de alta y baja capacidad, como dos extremos del escenario base.

El Mapa 11.1 muestra las regiones analizadas en esta sección.

### Escenario de capacidad media (caso básico)

Los resultados de este análisis, de caso básico, sugieren que el potencial de desarrollo de proyectos solares flotantes en lagunas costeras, grandes lagos y embalses situados en áreas conectadas a la red es muy grande. En cuanto al suministro energético global, el sector de recursos/tecnología más productivo es el solar flotante, el que representa alrededor del 69% de la capacidad instalada prevista y aproximadamente el 64% de generación eléctrica prevista en este escenario.

El siguiente recurso/tecnología más productiva podría ser la eólica marina si se demostrara que los proyectos son viables con los vientos moderados y en las aguas relativamente profundas identificadas en la costa del Perú. Por otro lado, la energía undimotriz puede ser la siguiente energía más productiva una vez que se comercialicen estas tecnologías.

Aunque se calcula que la tecnología hidrocinética de ríos tiene la menor capacidad instalada proyectada, esta estimación se encuentra minimizada, ya que sólo se han analizado ríos seleccionados en lugar de todos los ríos del país. Sin embargo, existe aún una capacidad significativa prevista y esta tecnología ya ha empezado a instalarse en el Perú. Además, aunque estos proyectos (hidrocinéticos) pueden ser pequeños, también pueden ser importantes para comunidades específicas que tienen pocas opciones en cuanto a generación de energía y especialmente a las



renovables. En este escenario de capacidad media, las energías renovables acuáticas podrían aportar el equivalente a alrededor del 50% de la demanda eléctrica actual del Perú hacia el año 2037.

### **Escenario de capacidad alta**

Al aplicar los supuestos del escenario de capacidad alta se triplica la capacidad instalada y las estimaciones de generación anual en comparación con el caso básico. Se prevé que el mayor aumento de la capacidad y de la producción de energía provenga de la energía solar flotante, donde se cuadruplican los aumentos previstos. Hay incrementos menores, pero igual significativos respecto a la energía undimotriz marina y aumentos menores, el doble, para la energía eólica marina y la hidrocínética de ríos. Este escenario de alto rendimiento proporcionaría el equivalente a alrededor del 200% de la producción eléctrica actual del Perú.

### **Escenario de capacidad baja**

Por el contrario, al aplicar los supuestos de baja capacidad se reduce la capacidad estimada y energía generada a la mitad de 22.000 GWh a 11.000 GWh como se muestra en la Tabla 14. Sin embargo, incluso según este escenario de baja capacidad, la capacidad y producción podrían igual contribuir de manera importante a las crecientes necesidades energéticas del Perú. Los niveles previstos de producción equivaldrían a alrededor del 20% de la producción eléctrica actual del Perú.



**Tabla 14 Estimación de la capacidad total instalada y de la generación anual de electricidad para el año 2037**

Recurso	Área de desarrollo por región (km <sup>2</sup> o km)							
	Escenarios	Área total de recursos disponibles (Km <sup>2</sup> o Km)	Potencial de desarrollo	Área práctica	Capacidad por área unitaria (MW / km <sup>2</sup> (MW / km)	Capacidad instalada (MW)	Factor de capacidad (%)	Producción de energía (GWh)
<b>Solar flotante a gran escala conectado a la red (km<sup>2</sup>)</b>	Bajo	4.724	1 – 5	54	50 - 100	3.109	15-25	6.040
	Medio	4.724	1 – 10	62	100	6.218	15-25	12.080
	Alto	4.724	5 – 10	245	100	24.450	15-25	51.735
<b>Solar flotante no conectada a la red y microrredes (km<sup>2</sup>)</b>	Bajo	2.498	1	25	2 – 50	388	15	506
	Medio	2.498	1	25	5-100	794	15	1.036
	Alto	2.498	2 – 5	71	5-100	3.699	15	4.827
<b>Hidrocinética de ríos conectado a la red (km)</b>	Bajo	529	10	53	1	53	60	276
	Medio	529	10	53	2	106	60	552
	Alto	529	10	53	4	212	60	1.105
<b>Hidrocinética de ríos no conectado a la red y microrredes (km)</b>	Bajo	30	10	3	1	3	50	13
	Medio	30	10	3	2	6	50	26
	Alto	30	10	3	4	12	50	52
<b>Undimotriz marina (km<sup>2</sup>)</b>	Bajo	894	5	45	10	447	40	1.556
	Medio	894	10	89	10	894	40	3.111
	Alto	894	10	338	12	3.384	40	9.610
<b>Undimotriz costera (km<sup>2</sup>)</b>	Bajo	148	5	7	10	74	20	129
	Medio	148	10	15	10	148	20	258
	Alto	2.638	10	15	10	148	20	258
<b>Eólica flotante (6-7 m/s) (km<sup>2</sup>)</b>	Bajo	7.652	5	383	5	1.913	20	3.329
	Medio	7.652	8	574	5	2.870	20	4.993
	Alto	7.652	10	765	5	3.826	20	6.657
<b>Total general</b>	<b>Bajo</b>	<b>16.475</b>		<b>569</b>		<b>5.987</b>		<b>11.848</b>
	<b>Medio</b>	<b>16.475</b>		<b>821</b>		<b>11.035</b>		<b>22.055</b>
	<b>Alto</b>	<b>18.965</b>		<b>1.490</b>		<b>35.730</b>		<b>74.243</b>

Los resultados muestran que las mayores áreas de recursos se encuentran en el mar en las regiones Norte y Central del Pacífico y en lagos y embalses interiores en las regiones del Atlántico Norte y Titicaca. A su vez, las áreas de recursos explotables identificadas en el Pacífico Sur, el Atlántico Central y el Atlántico Sur siguen siendo significativas pero notablemente más bajas.

Ver mapa Recursos Acuáticos: [11. 2 Pacífico Norte](#), [11. 6 Pacífico Central](#), [11. 10 Pacífico Sur](#), [11. 14 Atlántico Norte](#), [11. 18 Atlántico Central](#), [11.22 Atlántico Sur](#)

Ver mapa Infraestructura y Cadena de Suministro: [11. 3 Pacífico Norte](#), [11.7, Pacífico Central](#), [11. 11 Pacífico Sur](#), [11. 15 Atlántico Norte](#), [11. 19 Atlántico Central](#), [11.23 Atlántico Sur](#)



Ver mapa Nichos de mercado: [11. 4 Pacífico Norte](#), [11. 8 Pacífico Central](#), [11. 12 Pacífico Sur](#), [11. 16 Atlántico Norte](#), [11. 20 Atlántico Central](#), [11. 24 Atlántico Sur](#)

Ver mapa Potencial de Desarrollo: [11. 5 Pacífico Norte](#), [11. 9 Pacífico Central](#), [11. 13 Pacífico Sur](#), [11. 17 Atlántico Norte](#), [11.21 Atlántico Central](#), [11. 25 Atlántico Sur](#)

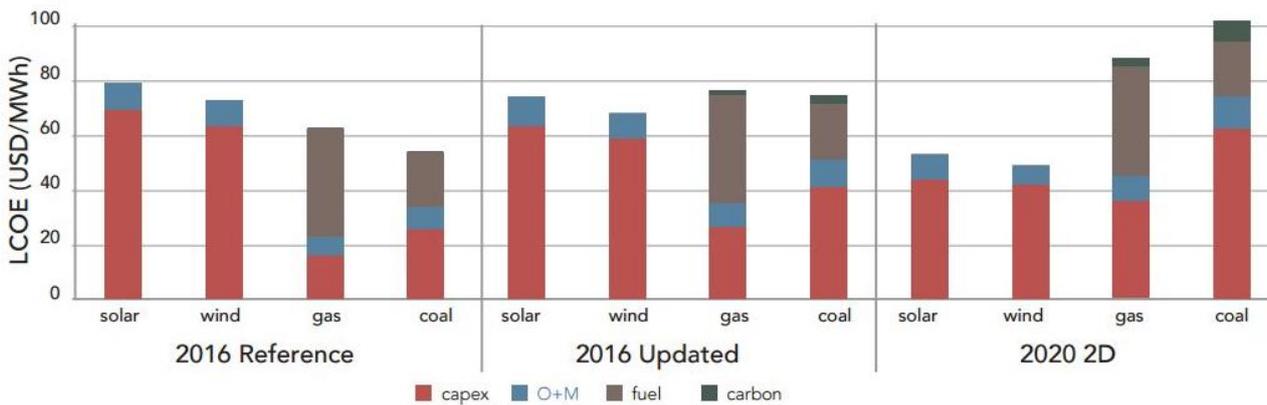
## POSIBLES ESCENARIOS DE CRECIMIENTO

### El papel potencial de la energía acuática

El Plan Energético Nacional del Perú 2014-2025 (MINEM, 2014) indica que los aumentos esperados en el consumo final de energía se satisfagan con recursos energéticos nacionales, no importados, y a un costo competitivo. A corto plazo se espera que la mayor parte de esta demanda se satisfaga con gas natural, requiriendo la construcción y modernización de gasoductos, refinerías y otras infraestructuras.

Sin embargo, dadas las necesidades y compromisos adicionales para hacer frente al cambio climático, extender la electrificación rural, reducir la contaminación local, electrificar los sistemas de transporte y alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS), es probable que las energías renovables tengan que desempeñar un papel cada vez más importante en el mix energético del Perú. Esta probabilidad se ve incrementada por el hecho de que los costos de la electricidad procedente de energías renovables como la solar y la eólica han disminuido drásticamente en los últimos años, a medida que se han construido más y más GW de capacidad a nivel internacional. A modo de ejemplo, La Ilustración 10 muestra como la energía solar y eólica son competitivas con el carbón y el gas en este momento, y según el escenario considerado para 2020, incluso precios muy bajos de los hidrocarburos no daría ventaja a los combustibles fósiles.

**Ilustración 10 Comparación de los resultados del LCOE en todos los escenarios**



Fuente: (Carbon Tracker, 2016)

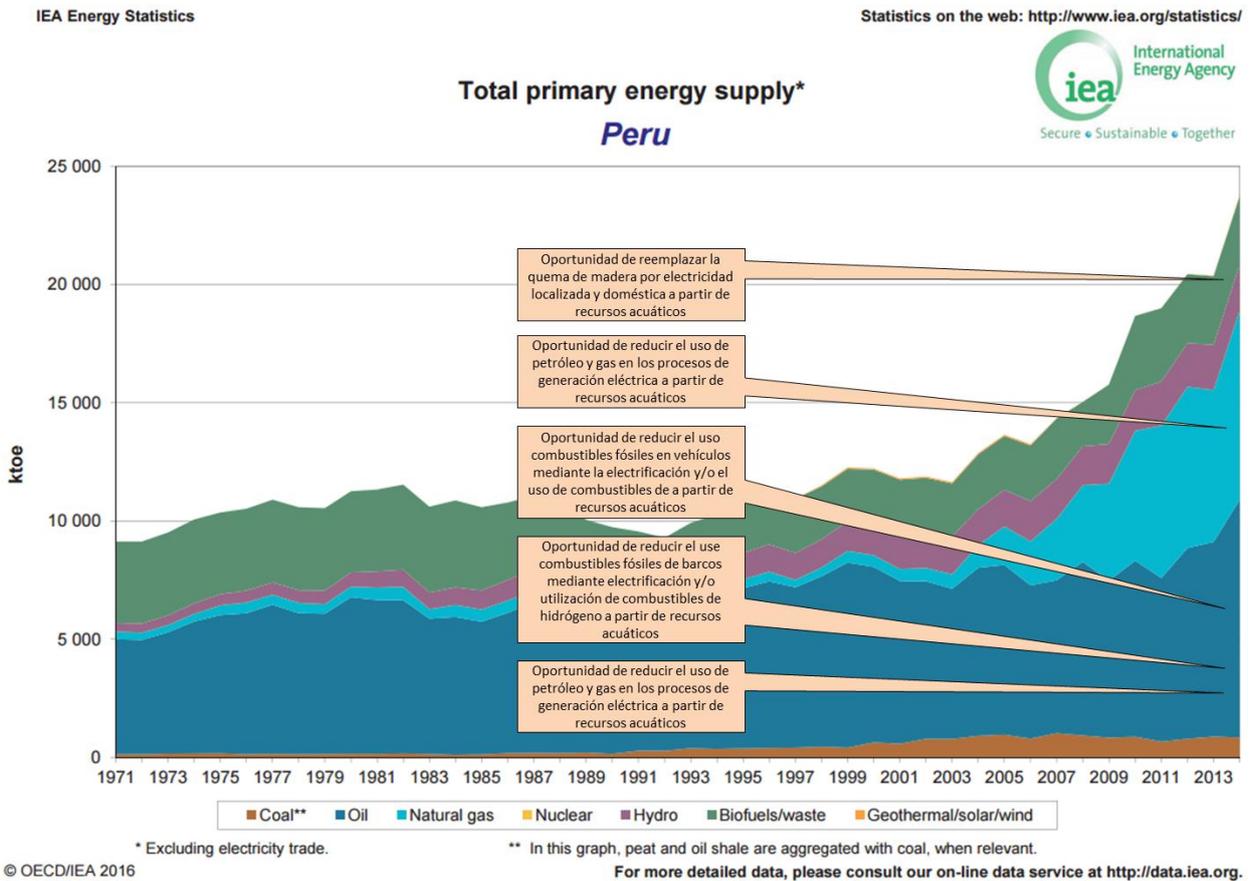
El acuerdo sobre el cambio climático de París COP 21 (Diciembre de 2015), brinda un nuevo impulso para avanzar hacia fuentes de energía renovable y libre de carbono. Aunque este cambio requiere de un periodo considerable para su desarrollo, cualquier dependencia del gas o de otras fuentes de energía basadas en combustibles fósiles será transicional hacia un sistema energético más sostenible.

De manera de determinar la contribución potencial de la energía acuática a la descarbonización de la matriz energética del Perú, es necesario realizar una evaluar posibles aportes de este sector bajo diversos escenarios, así como una estimación de plazos y costos asociados.

El análisis realizado en el presente estudio planteó en primer lugar si la energía renovable acuática podría contribuir con la matriz energética existente en el Perú y si esa contribución estaría alineada con otras contribuciones hasta el año 2037.

En el capítulo anterior sobre la evaluación de los recursos regionales se puso de manifiesto la amplia disponibilidad de energía acuática y también los focos geográficos en los que se podrían explotar recursos clave. Aquí se considera el modelo existente de suministro de energía y se destacan las contribuciones que podría realizar la energía acuática, tanto para el escenario de energía total (véase la Ilustración 11) como para el escenario de suministro eléctrico (véase la Ilustración 12).

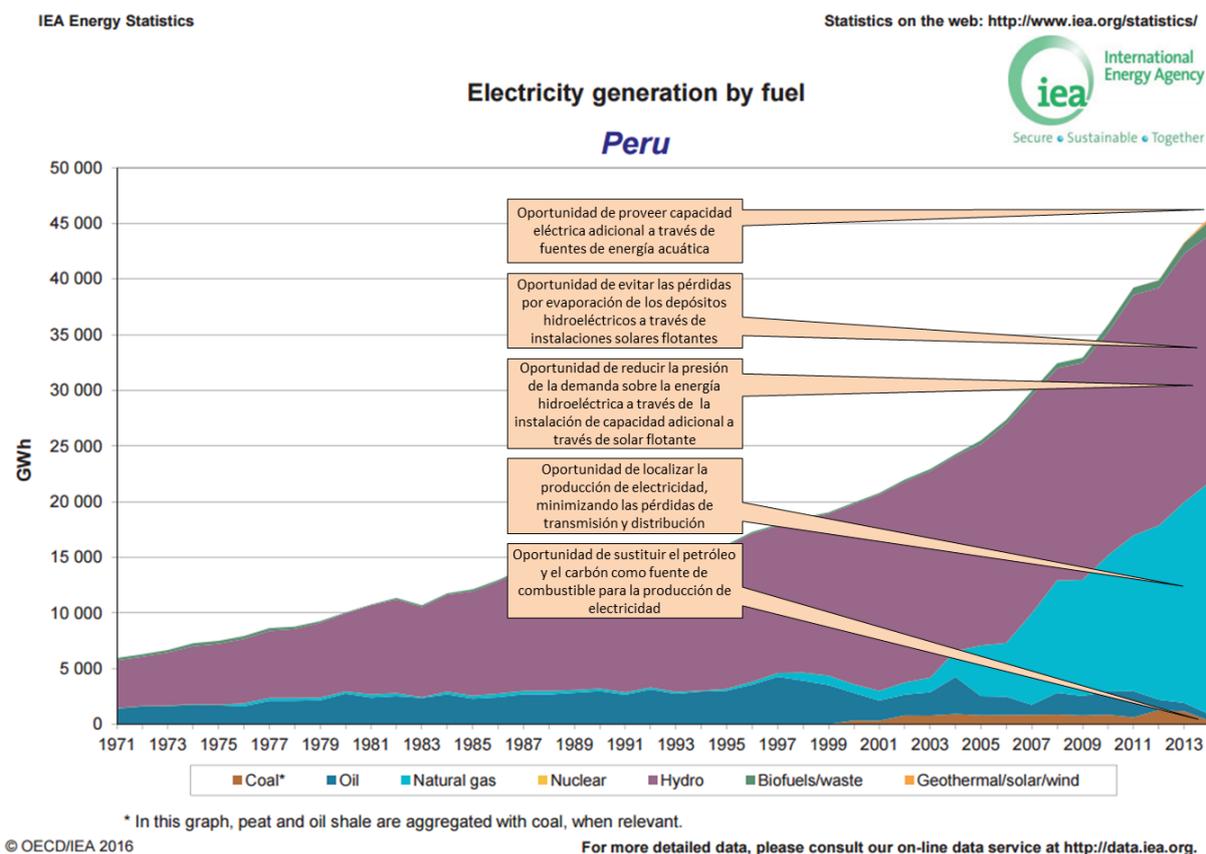
**Ilustración 11 Oportunidades de energía acuática para el suministro de energía en el Perú (total)**



(IEA, 2017)



## Ilustración 12 Oportunidades de energía acuática para el suministro de energía en el Perú (electricidad)



(IEA, 2017)

Tal y como se observa en las Ilustraciones anteriores, el potencial de las energías renovables acuáticas para apoyar las diferentes industrias, comunidades y regiones, es diverso.

### Energía eólica flotante terrestre y marina

Una de las tecnologías acuáticas más desarrolladas corresponde a la eólica. En el Perú existen zonas de posible desarrollo, pero en su mayoría a profundidades adecuadas para las tecnologías de viento flotantes en lugar de tecnologías eólicas fijas al suelo marino. Sin embargo, el nivel de recursos eólicos indicado en el mar del Perú está en el extremo inferior de lo que generalmente se considera viable para la producción rentable de energía eólica en el mar. Por lo tanto, es incierto si se puede hacer un modelo de negocio para la energía eólica marina en el Perú a los precios vigentes en el mercado. En caso de que la capacidad eólica acuática en el Perú sea viable, los mercados de energía que podrían servir serían similares a los asociados con la tecnología de las olas:

- Desalinización de agua de mar para abastecimiento de agua industrial y/o agua potable.
- Reemplazo de gas y petróleo para el suministro de energía doméstica e industrial.
- Sustitución de gasolina y gasóleo para el transporte de vehículos y embarcaciones.
- Contribución a la eliminación progresiva de la generación de electricidad basada en el carbón para el suministro de electricidad.
- Mejor gestión en el uso de los recursos hídricos proporcionando una fuente de energía para crear capacidad de almacenamiento nueva o adicional.



## Energía undimotriz

La generación de energía de las olas sigue siendo una tecnología emergente, pero el logro de conseguir la generación de energía viable a partir de esta fuente podría ser muy importante a escala mundial y particularmente para el Perú donde su costa del Pacífico está expuesta a uno de los más dinámicos y regulares regímenes de olas del mundo. La energía undimotriz a lo largo de la costa de Perú no es tan significativa como en Chile, o el norte de Alaska y Columbia Británica. Sin embargo, el régimen de las olas es significativo y muy regular.

Por lo tanto, el Perú podría ofrecer algunas oportunidades para el desarrollo tecnológico temprano dado el régimen de olas que posee, aunque el principal desafío son las tasas de mercado de la energía a lo largo de la costa que tienden a ser bastantes bajas debido a la infraestructura de suministro disponible. Sin embargo, la regularidad de cualquier energía generada puede tener algún valor adicional para un sistema de energía de bajo carbono integrado.

El rol de la energía de las olas en el conjunto del suministro y de la gestión energética incluye:

- Desalinización de agua de mar para abastecimiento de agua industrial y/o agua potable.
- Reemplazo de gas y petróleo para el suministro de energía doméstica e industrial.
- Sustitución de gasolina y gasóleo para el transporte de vehículos y embarcaciones.
- Contribución a la eliminación progresiva de la generación de electricidad basada en el carbón para el suministro de electricidad.
- Mejor gestión en el uso de los recursos hídricos proporcionando una fuente de energía para crear capacidad de almacenamiento nueva o adicional.

Es importante señalar que la generación de energía de las olas no está tan avanzada como la generación de energía eólica, hidrocínética o solar. Por lo tanto, si el Perú desea incluir la energía de las olas como parte de su mix energético a corto plazo, el país puede tener que desempeñar un papel en el desarrollo y demostración temprana de esta tecnología.

Si se adopta el rol mencionado anticipadamente, podrían surgir oportunidades adicionales derivadas del desarrollo de este sector tecnológico en el país, posiblemente con una gama de oportunidades dentro de la de ingeniería y fabricación, así como futuras oportunidades de mercado de desarrollo local y un potencial de exportación más amplio. Sin embargo, una función tan proactiva no es esencial para el Perú y una estrategia más pragmática donde se proporcionen oportunidades para el desarrollo de tecnologías probadas podría ser más adecuada para el Perú en este momento.

El [Caso de Estudio 36](#) muestra la experiencia de Atmocean realizando las pruebas de sus dispositivos en Ilo (Perú)

## Energía hidrocínética de ríos

La energía hidrocínética de ríos presenta mayor complejidad para la estimación de su potencial, en comparación a otros recursos energéticos acuáticos, dada la amplia variación en las condiciones del sitio, los cambios en los ciclos estacionales y la falta de datos disponibles sobre las condiciones estacionales del flujo de los ríos en diferentes sitios. Sin embargo, con el conjunto adecuado de condiciones locales, la hidrocínética de ríos podría ser una fuente de energía continua, aunque la tasa de producción puede variar a lo largo del año. El problema en la actualidad es la falta de datos específicos de los ríos siendo a su vez prácticamente imposible generalizar y modelar las condiciones de manera efectiva sin información específica del sitio.



Desde el punto de vista del impacto medioambiental y de la viabilidad operacional, existen varios beneficios de la tecnología hidrocínética de los ríos que no existen con respecto a los esquemas de energía hidroeléctrica alternativos y a gran escala. Por ejemplo, aunque teóricamente, los proyectos hidrocínicos son más costosos de construir por MW que las plantas hidroeléctricas de mayor tamaño, el enfoque del aprovechamiento hidrocínético del río puede permitir proyectos más sostenibles y de menor impacto limitando la cantidad de terreno requerido para los embalses y manteniendo flujo natural del río. En un país como el Perú, con una biodiversidad de recursos muy importantes, tales enfoques de menor impacto pueden ser particularmente útiles y atraer cierto respaldo de los Gobiernos nacionales, regionales o locales.

El rol de la energía hidrocínética de los ríos en el conjunto del suministro y de la gestión energética incluye:

- Sustitución de la quema de madera en zonas remotas y rurales.
- Reemplazo del uso directo de gas y petróleo para uso doméstico, público e industrial a través de suministro de electricidad conectado a la red u off-grid.
- Sustitución de fuel para el transporte en carreteras y agua, mediante electrificación y/o utilización de combustibles alternativos como el hidrógeno.
- Suministro local de electricidad nueva o adicional en la red, microrred u off-grid.
- Mejor gestión en el uso de los recursos hídricos proporcionando una fuente de energía para crear capacidad de almacenamiento nueva o adicional.

### Energía solar flotante

En el análisis regional del potencial solar flotante se mostró la identificación de diversas oportunidades para esta forma de generación de energía en una serie de áreas del Perú. La evaluación del recurso incluye el desarrollo de proyectos en lagos naturales y meandros fluviales, en zonas de abastecimiento de agua artificial, embalses hidroeléctricos, las lagunas costeras, las zonas costeras protegidas/aisladas y en determinadas islas. Finalmente, la tecnología solar flotante, también podría ser instalada en reservas de aguas en ríos y áreas de inundación.

La extensión espacial de estos lugares del Perú llega a distintas zonas, con potencial en cada una de las 7 regiones de estudio; pero la mayor capacidad potencial y el área más productiva en términos de radiación solar estarían en la región del Titicaca y específicamente asociada con el área del lago Titicaca. El desarrollo de una pequeña proporción del lago, en una ubicación o conjunto de ubicaciones optimizadas podría ser la mayor fuente de energía acuática del Perú. Sin embargo, hay muchas otras ubicaciones de menor escala que pueden tener una importancia local particular y para muchas comunidades no conectadas a la red eléctrica en los altos Andes o selva amazónica, la adopción de soluciones solares flotantes puede proporcionar la única fuente de energía de bajo impacto disponible. Estos proyectos menores estarían en la escala de kilovatio (kW) en lugar de megavatios (MW).

Un factor que debe considerarse con respecto a la implementación de la tecnología solar flotante es la periodicidad y variabilidad de la energía generada. Obviamente, habrá un ciclo de energía diurna/nocturna, pero también habrá variabilidad debido a la posición del sol durante el día, sombra de árboles, edificios o terrenos circundantes, la cantidad de nubosidad y posiblemente la cantidad de energía reflejada que surge de cualquier superficie de agua cercana al lugar de explotación. Estos elementos variarán según las localizaciones y pueden conducir a la incorporación de algún tipo de suministro de energía de reserva o formas de almacenamiento de energía para ser incorporado en el sistema energético local. Dichos suministros energéticos integrados y equilibrados basados en energía solar se están consolidando, especialmente debido a que los precios de almacenamiento de energía, así como los precios de la generación solar están reduciendo drásticamente.



El papel que la energía solar flotante podría proporcionar dentro de la oferta de energía total y la gestión de energía incluye:

- Sustitución de la quema de madera en zonas remotas y rurales.
- Reemplazo del uso directo de gas y petróleo para uso doméstico, público e industrial a través de suministro de electricidad conectado a la red u off-grid.
- Sustitución de fuel para el transporte en carreteras y agua, mediante electrificación y/o utilización de combustibles alternativos como el hidrógeno.
- Suministro local de electricidad nueva o adicional en la red, microrred u off-grid.
- Reducción de las pérdidas por evaporación de agua de embalses y lagos.
- Una mejor gestión en el uso de los recursos hídricos proporcionando un suministro alternativo diurno de energía y potencialmente proporcionando una fuente o energía para crear capacidad de almacenamiento como por ejemplo a partir de bombeo de agua.

## VISIÓN ESTRATÉGICA

La diversidad de la geografía peruana con grandes cuerpos de agua continentales y su extensa costa ofrecen al país una oportunidad considerable para desempeñar un papel activo en el desarrollo y la utilización a escala comercial de la energía acuática, con unos beneficios potenciales que van más allá del aumento de la capacidad de generación de energía. El uso de sistemas de energía renovable acuáticos también puede proporcionar beneficios adicionales tales como oportunidades de empleo, creación de capacidad industrial, creación de riqueza y mejora de la infraestructura.

Las estrategias adoptadas para explotar las diversas oportunidades de energía acuática pueden ser extremadamente variadas y dispares entre los distintos tipos de tecnología. Los tipos de estrategias incluyen:

- Estrategia pionera - ser el primer impulsor y desarrollar e instalar tecnología.
- Estrategia de habilitación - proporcionar todo el apoyo necesario para atraer tecnologías innovadoras a principios del ciclo de implementación.
- Estrategia de adopción temprana - proporcionar oportunidades para el desarrollo temprano de tecnología recientemente establecida.
- Estrategia de aplicación comercial - permite que las tecnologías acuáticas compitan contra los sistemas de generación existentes sin apoyo adicional.
- Estrategia de nichos de mercado - utilizar la energía acuática para situaciones especializadas en las que las alternativas son difíciles de desarrollar y el precio de mercado de la energía es relativamente alto.
- Estrategia de mercado masivo - utilizar la energía acuática para suministrar electricidad a gran escala conectada a la red a precios competitivos del mercado.
- No hay estrategia de desarrollo - no desarrollar la energía acuática para una situación específica y centrarse en otras fuentes de energía en su lugar.

Una decisión, respecto a cuál de estas estrategias se pueden aplicar a cualquiera de las categorías de recursos y los diversos contextos regionales analizados en este estudio podría ser relevante para el Perú. Puede ser, por ejemplo, que una tecnología en particular tenga más sentido con una prioridad en una región u otra. También puede ser que una tecnología específica se convierta en una prioridad debido a la masa crítica que se puede lograr en varias regiones. Alternativamente, los plazos para la adopción de tecnología y los desarrollos de infraestructura conexos son importantes, como la ampliación de las redes de transmisión de electricidad, la ampliación de las redes de distribución,



la mejora del acceso por carretera, la construcción de puentes y puertos, etc. La ubicación específica de los grandes sitios de demanda de energía, como la minería con potencial de recursos acuático cercanos, también puede ser un factor clave.

Apoyando esta toma de decisiones estratégica y específica intervendrá el costo del ciclo de vida de la energía producida. Como se demostró anteriormente, se anticipa que ciertas formas de energías renovables terrestres serán más baratas que los hidrocarburos tradicionales en el mercado en los próximos años. Algunas de las tecnologías acuáticas, por ejemplo, la energía solar flotante y el viento en alta mar también se consideran susceptibles de alcanzar igualdad de precios con las fuentes de energía basadas en carbono en un futuro próximo, donde los recursos son adecuados. A pequeña escala, la hidrocínética de los ríos también podría aproximarse pronto a la competitividad de los precios en situaciones remotas off-grid o en microrredes. Puede tomar más tiempo que la energía de las olas alcance un punto competitivo de precios.

Si bien no es absolutamente seguro que la energía acuática tenga un papel estratégico clave en la futura combinación energética del Perú, se cree que este estudio ha demostrado que podría haber una forma significativa de aportes de energía limpia adoptando soluciones de energía acuática apropiadas. Además, algunas de estas soluciones están bastante bien alineadas con los entornos geográficos, infraestructurales, sociales, ecológicos y económicos en los que se necesita ese suministro de energía. Si el Perú adopta algunas o todas las oportunidades de energía acuática que tiene, no estaría solo en ese esfuerzo. Otros países y agrupaciones económicas más amplias, como la ASEAN de Asia sudoriental y la Unión Europea (UE), también están considerando la adopción y priorización de la energía acuática dentro de su combinación energética global.

### Estimaciones de crecimiento

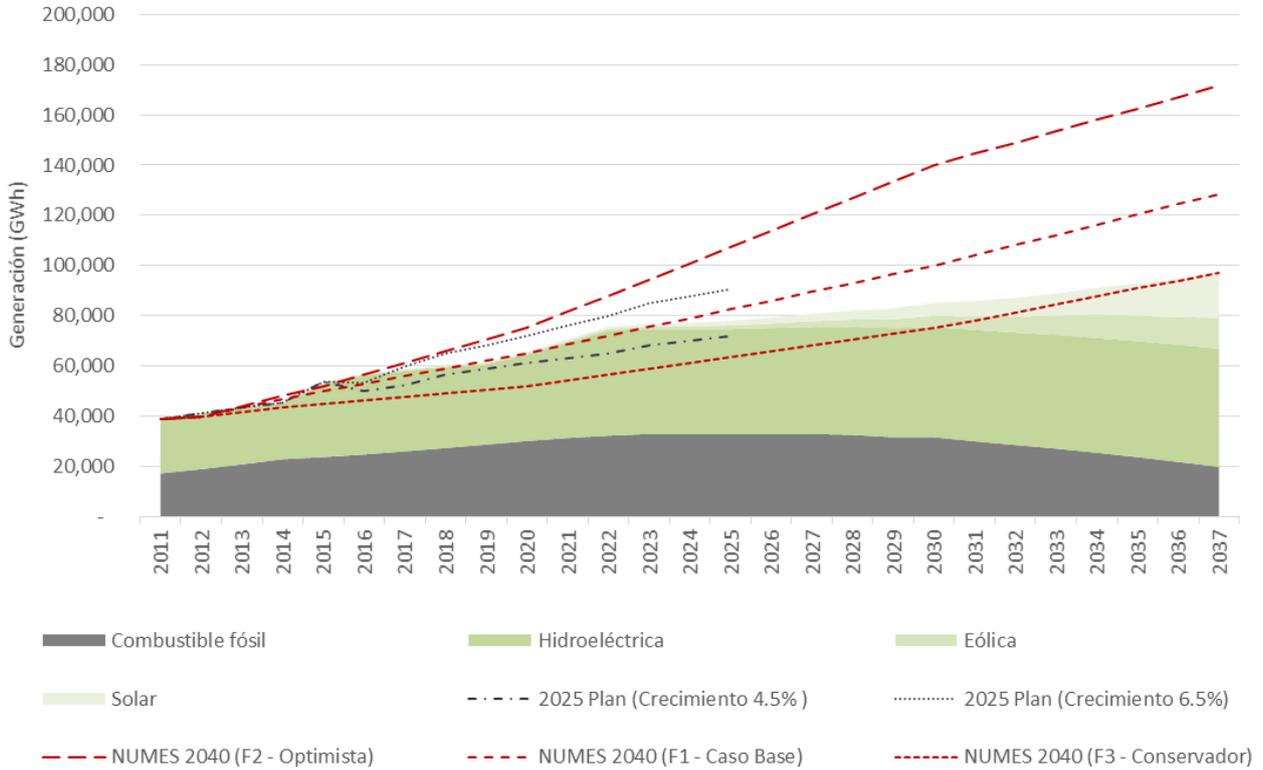
El Plan Energético Nacional del Perú para el período 2014-2025 considera un crecimiento económico promedio anual de entre 4,5% y 6,5%. Entre 2013 y 2025, se espera que el uso de energía primaria aumentará de unos 700 petajulios (PJ) a aproximadamente entre 1.300 y 1.800 PJ, dependiendo de la tasa de crecimiento económico y el alcance de las medidas de eficiencia energética implementadas. En este estudio se estima que la generación total de electricidad en el Perú podría crecer desde su nivel actual de alrededor de 60.000 GWh/año hasta alrededor de 72.500 GWh o 90.500 GWh/año en 2025 (Ilustración 13).

El estudio *NUMES* analizó la evolución futura del sector energético de Perú durante el período 2011-2040. Este estudio considera tres tasas de crecimiento económico posibles de 3,3%, 4,4% y 5,2% y sugiere que el uso de energía primaria en el Perú podría crecer de forma relativamente lineal, pasando de 700 PJ en 2013 a poco menos de 1.800 PJ en 2040. La Ilustración 13 muestra cómo los pronósticos a más largo plazo para la generación de electricidad en el informe *NUMES* (CENERGIA, 2012) se comparan con las estimaciones del plan 2025 del Perú.

Los datos históricos de generación y los pronósticos obtenidos de estos informes fueron la base para desarrollar una situación hipotética básica sobre el crecimiento de combustibles fósiles en tierra y la generación de energía renovable en el Perú, considerando el crecimiento continuo de las energías renovables en tierra y una reducción en la generación de combustibles fósiles a partir de mediados de la década del 2020. Como destaca Villacorta (Villacorta, 2016), el estudio *NUMES* (y otros) propone que en 2040 el Perú seguirá abasteciendo con más del 70% de la energía primaria del país a partir de combustibles fósiles. Esto es incompatible con los requisitos de reducir las emisiones de carbono y salvaguardar los recursos finitos para las generaciones futuras, por lo que se ha asumido una situación básica más sostenible (Ilustración 13). En cualquier caso, para este informe, el propósito de esta situación básica es simplemente proporcionar un punto de referencia para comparar el crecimiento de las renovables acuáticas.



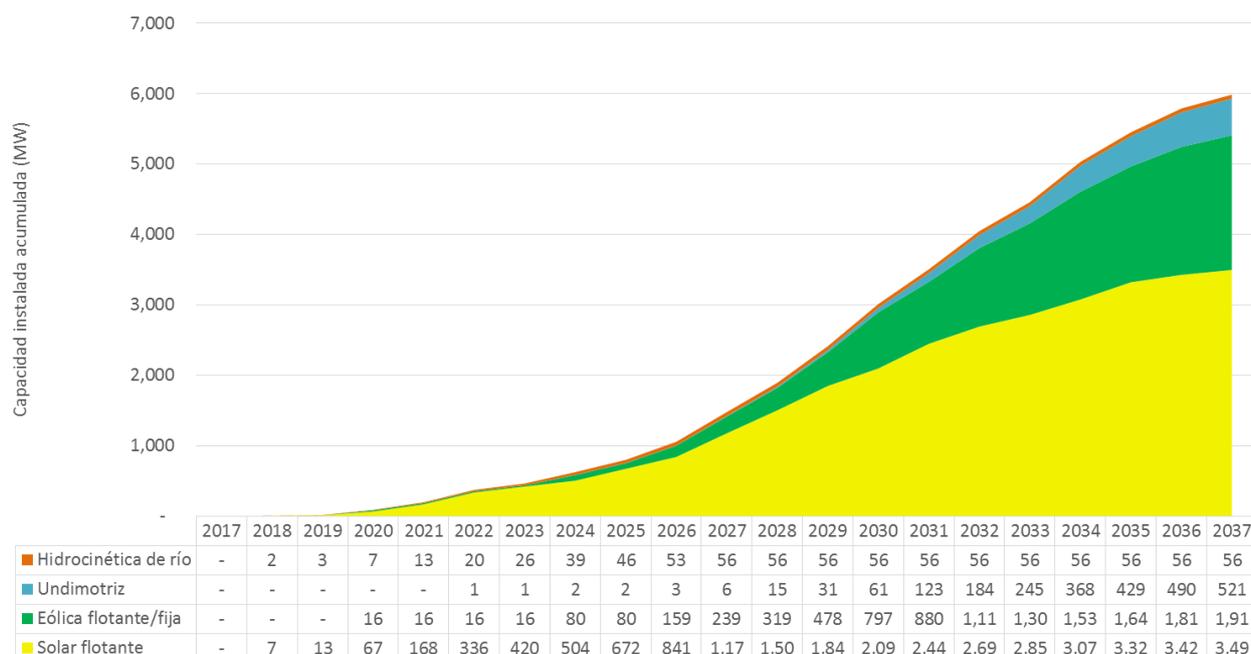
**Ilustración 13 Escenario básico asumido para la generación de energía en tierra y pronósticos**



Los detalles de los resultados de esta evaluación de los recursos espaciales se muestran en las tablas de la sección de evaluación regional de este informe. Habiendo calculado el área de desarrollo BAJO, MEDIO y ALTO para cada tipo de energía renovable acuática y para cada región del Perú, se consideró y utilizó el número de proyectos que sería factible y realista instalar anualmente para calcular las tasas de crecimiento factibles para cada tipo de energía renovable acuática a fin de alcanzar las metas BAJO, MEDIO y ALTO en un plazo de veinte años (para el año 2037).

La Ilustración 14 muestra las estimaciones de las tasas de crecimiento nacional para el escenario más pesimista (BAJO). Se observa que no se muestran las diferentes subdivisiones por ubicación de instalación (por ejemplo, fluvial, costera o lacustre/embalse); las cifras corresponden al total de la capacidad instalada acumulada para cada tipo de tecnología.

**Ilustración 14 Estimaciones de crecimiento de las energías acuáticas renovables (escenario BAJO)**



En todos los casos considerados, se espera que la energía solar flotante tenga el mayor potencial tanto a corto como a largo plazo. Esto se debe principalmente a) a la madurez de la tecnología de los paneles solares fotovoltaicos y b) a las grandes áreas de superficie acuática que están disponibles para su desarrollo en el Perú.

Por otro lado, el potencial de la energía eólica marina está limitado por las relativamente modestas velocidades del viento en el Perú y por la falta de áreas costeras con fondos marinos someros adecuados para instalaciones de turbinas fijas. Sin embargo, a medida que se desarrollan turbinas eólicas marinas flotantes optimizadas para aguas más profundas y velocidades de viento más bajas, es posible que los proyectos eólicos marinos multi-megavatio se puedan materializar en la década del 2030.

En relación a la energía undimotriz, cientos de megavatios de capacidad podrían ser instalados a lo largo de la costa peruana una vez que se comercialicen estas tecnologías. El potencial de los proyectos hidrocinéticos de los ríos es moderado comparado con otras tecnologías de energía renovable acuática, pero las turbinas hidrocinéticas de ríos ya están disponibles comercialmente, por lo que para comunidades específicas con flujos superiores a 2 m/s, estos proyectos pueden resultar muy atractivos.

Para cada uno de los tres escenarios, las estimaciones de la generación anual se hicieron considerando los factores de capacidad que se enumeran a continuación. Es importante señalar que los factores de capacidad reales dependerán de la tecnología utilizada y del lugar de instalación:

- Combustibles fósiles: 35%
- Energías renovables en tierra:
  - Hidroeléctrica: 70%
  - Eólica en tierra: 20%
  - Solar en tierra: 25%
- Energías renovables acuáticas:

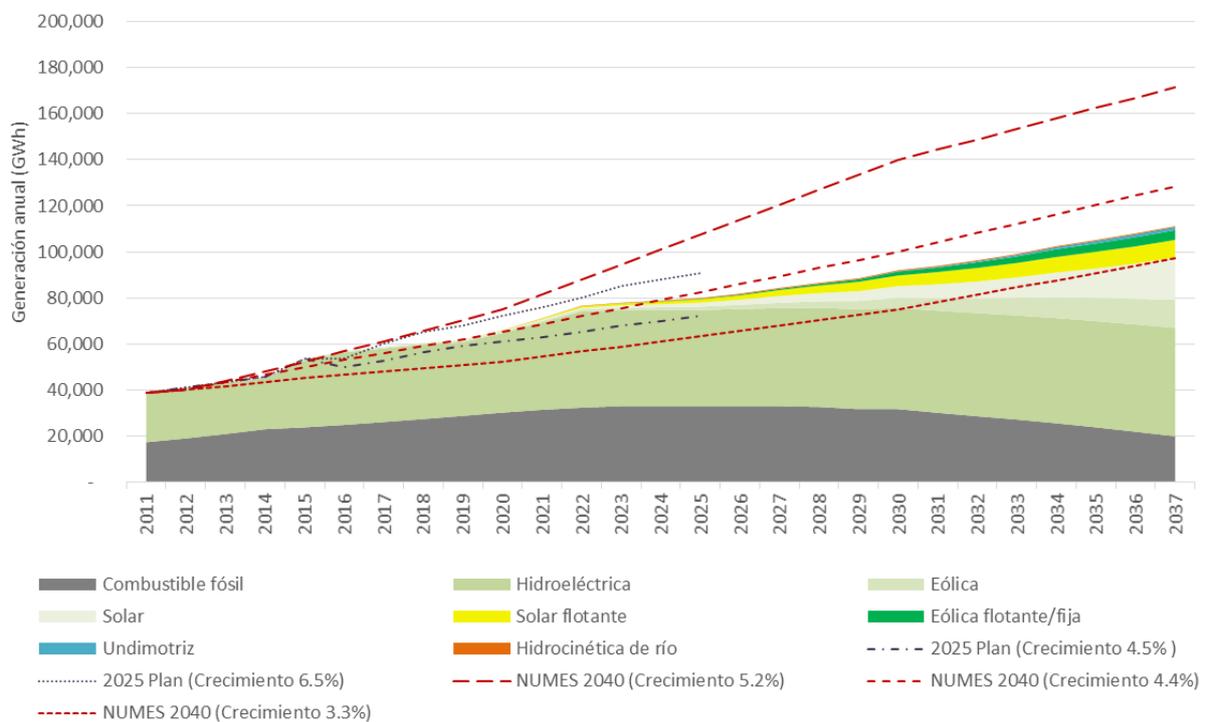


- Solar flotante a gran escala: 25%
- Solar flotante no conectada a la red y en microrred 15%
- Eólica marina (flotante y fondeada): 15%
- Energía undimotriz marina: 40%
- Energía undimotriz costera: 20%
- Hidrocinética de ríos: 60%

*Nota: generación anual = capacidad instalada x número de horas en un año x factor de capacidad*

La Ilustración 15 muestra las cifras de generación anual para el escenario de crecimiento pesimista (BAJO) combinado con la situación básica para la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles convencionales y plantas de energía renovable en tierra. En este escenario combinado, la energía renovable acuática sería responsable del 2% de la generación eléctrica en 2025, llegando al 12% en 2037. La contribución de la energía renovable acuática y la situación hipotética básica para la generación convencional resultaría en poco más de 111.000 GW de generación de potencia en el año 2037, de los cuales 14.000 GW podrían provenir de energías renovables acuáticas.

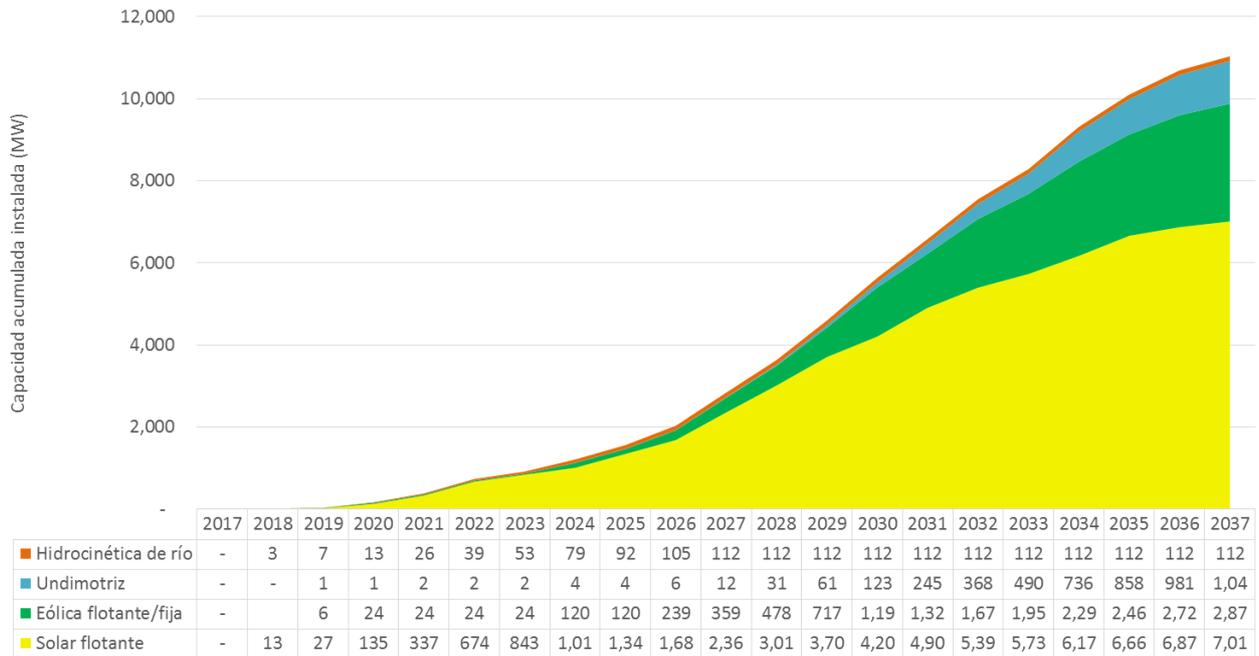
**Ilustración 15 Escenario de crecimiento conservador (BAJO) para la generación renovable acuática**



La Ilustración 16 muestra las estimaciones de crecimiento de la capacidad instalada de diferentes energías renovables acuáticas en el escenario intermedio (MEDIO). En este escenario, se fomentarán proyectos piloto de energía eólica y undimotriz marina en los próximos años para promover un mayor crecimiento de estas tecnologías. El desarrollo hidrocinético fluvial es también más fuerte, y la capacidad instalada total de energía solar flotante es el doble que el considerado para el escenario pesimista, 7 GW en 2037.



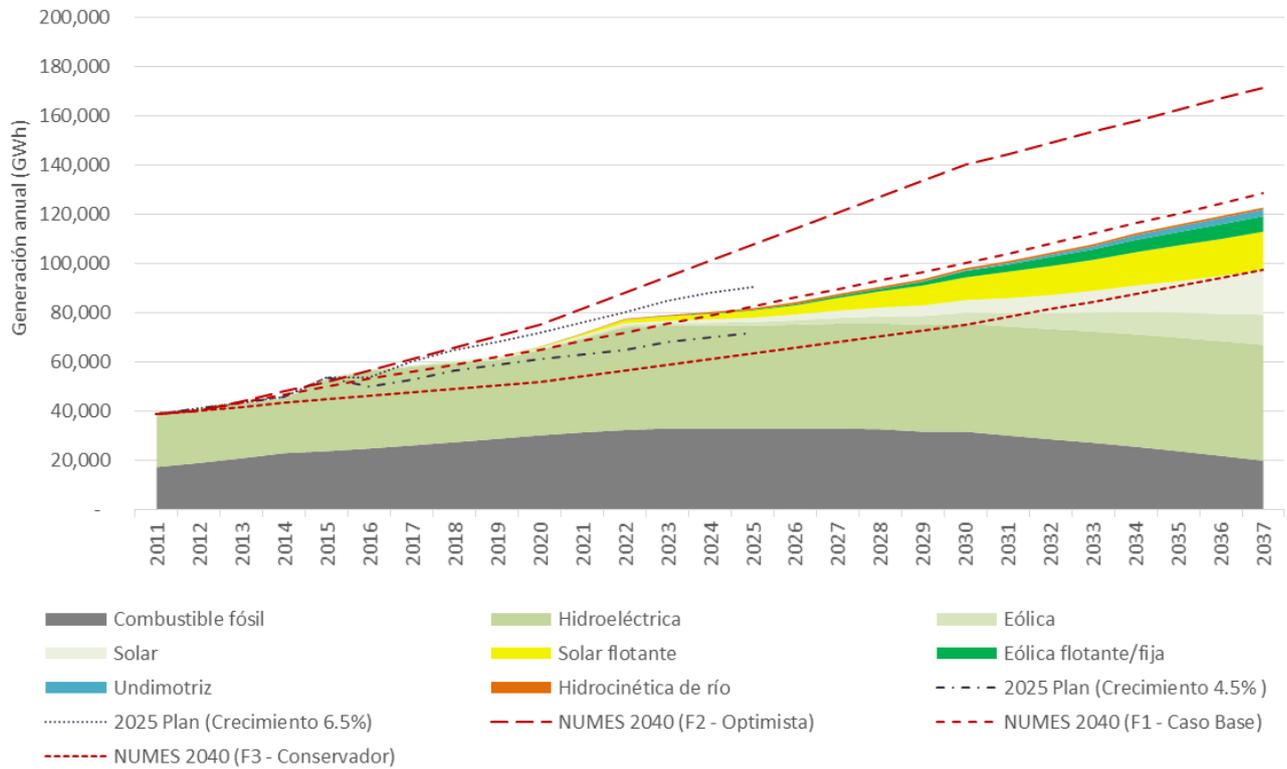
**Ilustración 16 Estimaciones de crecimiento de las energías acuáticas renovables (escenario MEDIO)**



En este escenario de crecimiento intermedio, la energía renovable acuática podría ser responsable del 4% de la generación eléctrica en 2025 y del 20% en 2037. La generación total de energía sería de 123.000 GW en 2037, de los cuales 25.000 GW podrían provenir de fuentes renovables acuáticas. (Ilustración 17).



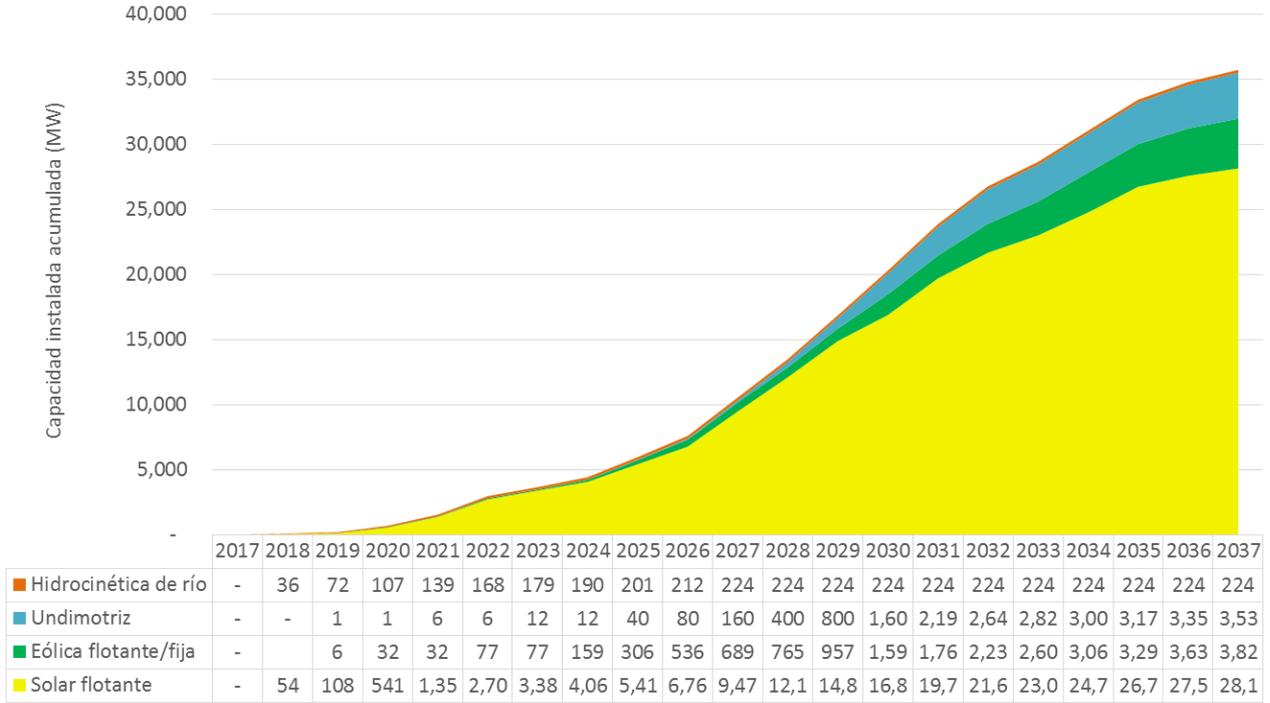
**Ilustración 17 Escenario de crecimiento intermedio (MEDIO) para la generación renovable acuática en el Perú**



En el escenario de crecimiento más optimista (ALTO), se realizarían inversiones masivas inmediatas para maximizar la utilización de los recursos disponibles y se continuaría a lo largo de los 20 años para lograr la máxima contribución posible de las energías renovables acuáticas. Las instalaciones anuales requeridas para cumplir con este escenario serían técnicamente difíciles de cumplir, pero este ejemplo sirve para destacar la magnitud de los recursos disponibles, con múltiples gigavatios de energía undimotriz, eólica marina y solar flotante teóricamente alcanzables (Ilustración 18).



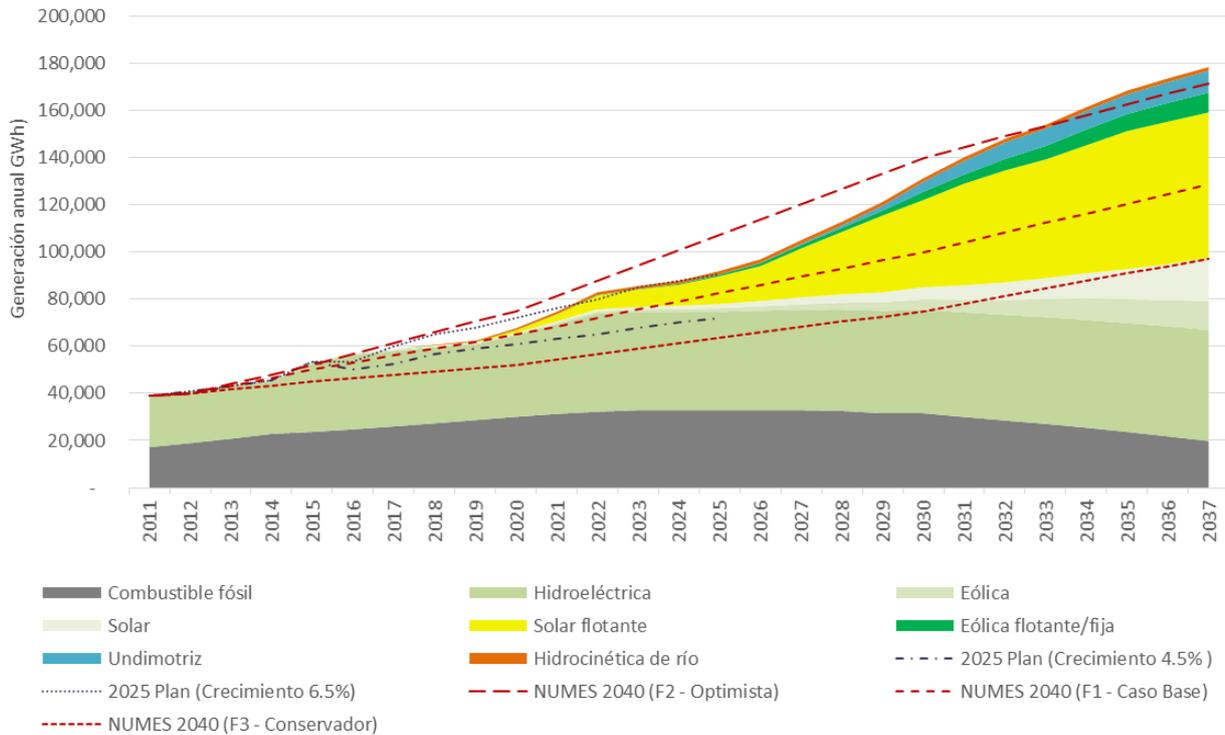
**Ilustración 18 Estimaciones de crecimiento de las energías acuáticas renovables (escenario ALTO)**



De forma coincidente, esta estimación máxima para el potencial de energía renovable acuática (que se basa en las evaluaciones espaciales de las áreas de recursos disponibles) tiene aproximadamente la misma magnitud que la incertidumbre en las predicciones de NUMES para la demanda eléctrica total. En este escenario de crecimiento más optimista, la energía renovable acuática podría ser responsable del 15% de la generación de energía en 2025 y del 45% en 2037. La generación total de energía en 2037 en este caso sería de 178.000 GW, de los cuales 81.000 GW provendrían de renovables acuáticos (Ilustración 19).



**Ilustración 19 Escenario de crecimiento optimista (ALTO) para la generación acuática renovable**



### Energía no eléctrica

El uso de electricidad representa sólo alrededor del 20% del consumo de energía primaria del Perú, y el transporte (accionado por diésel, gasolina/petróleo y gas natural) representa el 42%. Para decirlo de otra manera, si todo el transporte estuviera electrificado hoy, la demanda eléctrica en el Perú se triplicaría. Algunas formas de transporte (como el transporte aéreo) son más difíciles de electrificar y el costo de algunos sistemas sigue siendo una barrera, pero la posibilidad de que el transporte terrestre, y particularmente el municipal, se vuelva completamente eléctrico es cada vez más probable.

Aunque la producción de gas natural en el Perú va en aumento, las reservas están disminuyendo y la producción de crudo ha venido disminuyendo desde los años 80. La dependencia del Perú de los combustibles fósiles importados es el eslabón más débil de la economía del país (Villacorta, 2016). De esta manera, la expansión masiva de la capacidad energética renovable junto con la electrificación del transporte, las medidas de eficiencia energética y el control inteligente de la demanda energética aumentarían la independencia energética del Perú, a la vez que harían frente al cambio climático y crearían un desarrollo económico sostenible.

En conclusión, la energía solar flotante tiene el mayor potencial de crecimiento debido a su costo competitivo actual y las grandes áreas de desarrollo disponibles (aunque la aceptación local de proyectos sobre el Lago Titicaca está aún por aclararse).

Existe potencial para desarrollar energía eólica marina en el Perú, pero este se ve limitado por el hecho de que las aguas cercanas a la costa peruana se vuelven muy profundas muy rápidamente y las turbinas eólicas marinas fijas sólo se han instalado hasta la fecha en aguas de 40 a 60 m de profundidad máxima. Existe un potencial mucho mayor para la instalación de parques eólicos flotantes en el Perú, y en el futuro, los sistemas de amarre para aguas profundas



a un menor costo y las turbinas optimizadas para velocidades de viento más bajas podrían permitir el desarrollo de estos sectores.

El potencial energético undimotriz del Perú también es significativo, pero aún no se han desarrollado tecnologías de energía undimotriz que sean competitivas, y no se prevé que estas se desarrollen antes de mediados de la década del 2020. Las turbinas hidrocínicas de río ya están disponibles comercialmente y hay muchos lugares interesantes en el Perú para instalarlas, pero a nivel nacional el número total de megavatios que podrían generarse es menor que para la energía solar o eólica flotante.

Es difícil pronosticar a largo plazo el desarrollo de la energía renovable acuática en el Perú dada la incertidumbre en torno al crecimiento económico, la disponibilidad y el costo de los recursos, así como los futuros avances tecnológicos imprevistos. Las estimaciones de crecimiento presentadas se basan en una evaluación básica de las áreas de recursos disponibles y deben ser validadas con un trabajo de evaluación de recursos más detallado.

Sin embargo, las conclusiones son sorprendentes, la estimación más optimista para los recursos solares flotantes supera los 60.000 GWh/año, equivalentes a toda la electricidad generada en el Perú en 2016. Los recursos eólicos y undimotrices marinos son también significativos, con más de 8.000 GWh/año (o equivalente al 14% de la generación de electricidad en 2016). El recurso hidrocínico fluvial es menor (1.500 GWh/año), pero es igualmente significativo, y los proyectos hidrocínicos de ríos podrían convertirse en propuestas inmediatamente interesantes, particularmente en áreas selváticas remotas.

Hasta la fecha, se ha dado mayor atención al potencial de las energías renovables en tierra, pero está claro que el potencial de crecimiento de las energías renovables acuáticas en el Perú es verdaderamente muy grande.

### **Alineamiento con los objetivos para el desarrollo sostenible de naciones unidas (ODS)**

Para concluir este capítulo sobre las perspectivas de desarrollo de la energía acuática en el Perú y su contribución al desarrollo sostenible del país, quizás sea apropiado utilizar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS) que fueron ratificados en el Perú en 2015. Este conjunto de metas, proporcionan un marco a nivel mundial de objetivos que todos los países, incluido el Perú, han acordado perseguir y promover. El siguiente análisis, presentado en la Tabla 15, describe cómo la energía acuática podría contribuir al logro de este conjunto acordado de metas de desarrollo sostenible. Cabe destacar que se han hecho comentarios en relación a cada uno de los 17 objetivos, indicando la forma en que el suministro y la demanda de energía impregnan todos los aspectos de nuestras vidas como ciudadanos individuales y como comunidades y países.

Se puede observar en la siguiente tabla, la abrumadora serie de beneficios que se obtienen de la energía acuática si se puede incluir de manera viable en el mix energético del Perú. Hay algunas áreas en las que se requiere una cuidadosa planificación y administración para evitar o reducir posibles impactos, pero también hay beneficios críticamente importantes y posiblemente únicos que pueden surgir especialmente con respecto a proveer soluciones energéticas adecuadas para las comunidades frágiles y culturalmente sensibles del Amazonas Cuenca y los altos Andes.



**Tabla 15 Análisis de la contribución de la energía acuática en relación con ODS**

Objetivo	Descripción	Posibles implicaciones de la energía acuática
Objetivo 1	Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo	La energía acuática puede agregar nuevas formas de suministro de energía en las zonas donde no es abundante y no es accesible a la población local. Estos nuevos suministros pueden permitir a los productores locales agregar valor a los cultivos y otros artículos que se producen las comunidades locales. Sin embargo, será necesario asegurarse de que los precios de la energía derivados de las soluciones de energía acuática no aumenten la pobreza.
Objetivo 2	Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible	La energía acuática puede permitir una mejor calidad y almacenamiento de los alimentos a temperaturas más frescas, a través de un secado más rápido, etc. Esto puede ayudar a mejorar la seguridad alimentaria, reducir el desperdicio de alimentos y extender los tiempos de almacenamiento. Esto, a su vez, puede conducir a una mayor rentabilidad de los procesos de producción de alimentos existentes, una mejor seguridad alimentaria y también fomentar la producción de nuevos tipos de alimentos a nivel local, especialmente en las zonas actualmente fuera de la red o con limitaciones de capacidad.
Objetivo 3	Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades	La disponibilidad de energía eléctrica en las comunidades actualmente no conectadas a la red puede ayudar a mejorar las comunicaciones y el apoyo sanitario a través del enfriamiento de los medicamentos, proporcionando un mejor control de la temperatura en las camas y hogares y proporcionando iluminación limpia y opciones de cocción en las viviendas.
Objetivo 4	Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos	La energía acuática puede ser parte de un paquete de capacitación que permita que la ingeniería sostenible, la oferta y demanda de energía se utilicen como tema de capacitación en comunidades remotas y sub-desarrolladas en los Andes y en la selva amazónica.
Objetivo 5	Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas	La disponibilidad de energía en las comunidades actualmente no conectadas a la red puede ayudar a ofrecer a las mujeres más roles dentro de un estilo de vida dado. Por otra parte, la gran mayoría de los empleos dentro del suministro real de energía procedente de fuentes acuáticas pueden ser igualmente satisfechos por las mujeres como hombres ( <i>se puede observar que más del 50% del trabajo para este proyecto fue realizado por mujeres</i> ).
Objetivo 6	Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos	La energía acuática puede ayudar a preservar los recursos hídricos manejados por sí mismos para el riego y el suministro directo de agua, en lugar de tener que usarse para la generación de energía. La introducción de sistemas de almacenamiento tipo bombeo en los que la elevación del agua es alimentada por energía acuática también puede ayudar a mantener mejor las reservas de agua. La disponibilidad de nuevos suministros localizados de energía acuática en áreas no conectadas a la red o restringidas puede permitir el desarrollo de técnicas apropiadas de purificación de agua y manejo de aguas sucias.
Objetivo 7	Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos	Este es uno de los principales beneficios que podrían derivarse del desarrollo de la energía acuática. Si se desarrollan proyectos con precios adecuados a escala local y nacional, gran parte de la creciente demanda de energía del Perú como resultado de la electrificación rural y un desarrollo social, industrial y económico más amplio puede ser satisfecha a partir de una serie de opciones sostenibles de energía acuática.
Objetivo 8	Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente	El hecho de que los recursos de energía acuática puedan expandir el uso de los recursos energéticos explotables a áreas actualmente fuera de la red y limitadas de capacidad, ayudará a difundir los beneficios potenciales del desarrollo a comunidades previamente no apoyadas donde se desea y se considera beneficioso.

Objetivo	Descripción	Posibles implicaciones de la energía acuática
	para todos	La disponibilidad de considerables recursos de energía acuática cerca de los centros de desarrollo económico del Perú y particularmente de la ciudad de Lima también puede ayudar a hacer sostenible el desarrollo de los centros urbanos e industriales establecidos en términos de demanda de energía. El desarrollo de la energía acuática también conducirá, por sí sola, a nuevas oportunidades de trabajo, a menudo en áreas donde las opciones alternativas de empleo son actualmente bastante limitadas. El <a href="#">Caso de Estudio 37</a> muestra los beneficios que ha aportado e Orkney el desarrollo de las energías marinas.
Objetivo 9	Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación	La adopción de la energía acuática como fuente de energía clave ayudaría a extender servicios en el Perú y la infraestructura asociada a áreas actualmente no conectadas. Sin embargo, cuando sea necesario, la energía acuática puede proporcionar nodos de infraestructura que evitan los impactos asociados a las conexiones a la red eléctrica. Esto puede usarse, por ejemplo, para preservar la integridad de la selva en la cuenca amazónica y características culturales y de hábitat igualmente frágiles en otras áreas como los altos Andes.
Objetivo 10	Reducir la desigualdad en y entre los países	La distribución de los recursos de energía acuática es diferente de la distribución de otras energías renovables y fuentes de energía fósiles existentes. Esto significa, que los beneficios derivados de la disponibilidad y la generación de energía pueden ser más ampliamente difundidos y compartidos a través del desarrollo de la energía acuática. Algunos de los recursos identificados también pueden permitir el suministro de energía conectada a través de la red a los países vecinos. Alternativamente, la adopción de soluciones no conectadas a la red basada en la energía acuática que se desarrollan y se prueban en el Perú puede ser exportada a países vecinos con problemas similares ya nivel global.
Objetivo 11	Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles	Existen varias ciudades en el Perú donde la disponibilidad de recursos energéticos seguros y confiables será clave para su desarrollo. Muchas de ellas se encuentran a lo largo de la llanura costera del Perú y estas ciudades incluyen por ejemplo, Lima, que ya tiene enormes demandas de energía que aumentará notablemente en los próximos años y décadas. La energía acuática puede ser una parte importante de la cartera de medidas que se necesitarán para hacer posibles tales desarrollos costeros. También hay un número de ciudades más pequeñas y más aisladas a través de las tierras altas del Perú y en la selva amazónica donde la disponibilidad de energía también será crítica. Este estudio ha indicado que la energía acuática puede ser absolutamente clave para apoyar el desarrollo en estas áreas, particularmente las ciudades no conectadas al SEIN como Iquitos.
Objetivo 12	Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles	La naturaleza renovable de los recursos acuáticos considerados en este estudio podría ayudar a que el sistema energético general del Perú sea más sostenible y ayudará a cumplir o superar los compromisos de la COP 21 del Perú. También podrían ayudar a suministrar soluciones energéticas insulares que podrían proporcionar opciones más apropiadas para el desarrollo en comunidades dentro de áreas culturales y de hábitat delicadas y frágiles.
Objetivo 13	Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos	Como fuente renovable de energía, la energía acuática podría aportar una importante contribución al futuro suministro eléctrico del Perú. Se cree también que la energía acuática tiene suficiente capacidad de recursos para contribuir también a la conversión de energía no eléctrica del Perú a fuentes renovables.
Objetivo 14	Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible	Los recursos de energía acuática disponibles en el Perú incluyen oleaje, energía eólica, recursos hidrocínicos y recursos solares flotantes que se cree pueden ser desarrollados sin dañar la vida natural y silvestre del Perú. También se cree que este desarrollo puede lograrse sin perjudicar a los importantes sectores pesqueros y costeros del Perú. De hecho, podrían agregarse beneficios para que estos sectores sean más sostenibles para el futuro mediante el suministro de opciones de energías



Objetivo	Descripción	Posibles implicaciones de la energía acuática
		renovables para el procesamiento de productos de la pesca y la acuicultura y de proporcionar combustibles alternativos bajos en carbono y libres de carbono para los propios buques pesqueros.
Objetivo 15	Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad	Las opciones de energía acuática para la generación de energía proporcionan una alternativa a los combustibles fósiles con una huella muy baja. Todavía necesitan tener en cuenta los ecosistemas en los que se instalan y necesitarán una cuidadosa planificación y administración para asegurar que el sitio se elija bien y que la instalación y el funcionamiento de las tecnologías se lleven a cabo de manera responsable. Es importante destacar que en las zonas ribereñas las tecnologías acuáticas pueden ser entregadas e instaladas con un mínimo de acceso a tierra. Esto puede ser particularmente beneficioso en los hábitats sensibles de la selva.
Objetivo 16	Promover sociedades, justas, pacíficas e inclusivas	La energía acuática puede proporcionar en particular oportunidades de desarrollo de baja intensidad en comunidades sensibles a la cultura y el hábitat de la cuenca del Amazonas. Esto puede facilitar la introducción de desarrollos sociales y económicos benéficos sin la necesidad de infraestructura de enlace innecesaria y las amenazas y desafíos asociados que tales vínculos traen consigo.
Objetivo 17	Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible	La adopción de los recursos de energía acuática del Perú como parte clave del desarrollo futuro del país brindaría una fuerte señal de liderazgo desde el Perú al resto del mundo al estar comprometido a transformar su huella de carbono, de una manera apropiada para conservar los ecosistemas y comunidades únicas que caracterizan al país.

Según las proyecciones del MINEM (MINEM, 2014), se indica que en el año 2025 el gas natural crecerá hasta el 35% del consumo total final de energía. De esta manera, se hace un claro compromiso al uso masivo del gas natural para satisfacer la demanda de energía en los diferentes sectores de la economía peruana.

El modelo energético internacional que se visualiza en las siguientes tres décadas y media en el informe de IRENA (IEA, 2017) es claramente diferente del actual. Los combustibles fósiles seguirán teniendo su participación en el mercado, pero su participación será un tercio del actual, con una mayor disminución en el uso del carbón, mientras que el promedio de los combustibles fósiles será alrededor del 45% de la demanda actual. Si bien el gas natural puede servir de puente para un mayor uso de las energías renovables, su papel debería ser limitado para lograr plenamente la descarbonización.

Hoy en día, se están construyendo nuevas plantas de energía renovable en todo el mundo que generan electricidad a un costo menor que las plantas de energía de combustibles fósiles. La descarbonización puede alimentar un crecimiento económico sistémico y crear más empleo en energías renovables abriéndose una amplia gama de posibilidades con energías renovables acuáticas.

La transición energética necesita ir más allá del sector eléctrico y llegar a otros sectores como se indicó anteriormente. El transporte eléctrico, por ejemplo, debe convertirse en el tipo de transporte que prevalece en el Perú en tres o cuatro décadas.

En el Perú, los esfuerzos políticos para crear un marco propicio que facilite la transición energética y permita el nuevo diseño de los mercados energéticos son fundamentales. Hay una serie de acciones que pueden ayudar a crear espacio para avanzar en esta dirección, como la fijación de precios de al carbono o la incorporación de una serie de proyectos de energía renovable en el país para diferentes mercados.



## PRINCIPALES RECOMENDACIONES

El informe está respaldado por una serie estudio de casos proporcionados en el Apéndice A. Además, a través de este informe, se sugieren varias recomendaciones basadas en la información que se ha presentado y en los resultados de las consultas realizadas localmente.

Las recomendaciones y análisis se desarrollan en base a los plazos que se muestran a continuación.

**Ilustración 20 Plazos de ejecución aproximados**



Recomendación	Posible (s) titular (es) de acción		Plazo
	Terrestre	Marinas	
<b>Potencial de energía renovable acuática en Perú</b>			
<b>1</b>	<b>Desarrollo de Planes Regionales y Nacionales de Energía Renovable considerando los recursos acuáticos renovables,</b> integrando la política de energías renovables con políticas más amplias de desarrollo económico y regional, y considerando nuevos usos energéticos (por ejemplo, producción de hielo/vehículos eléctricos). El artículo 11 del Decreto Legislativo 1002 ya indica que Perú desarrollará Planes Nacionales y Regionales de Energías Renovables - es importante que los recursos de energía renovable acuática sean explícitamente considerados dentro de estos.		Corto plazo
<b>2</b>	<b>Definición del futuro papel de la energía renovable acuática en el Perú.</b> El Gobierno peruano y las organizaciones peruanas de investigación continúan desarrollando un mayor conocimiento de los recursos energéticos renovables del Perú. Se espera que esto continúe centrándose en los recursos acuáticos renovables (undimotriz, mareomotriz, hidrocínética de río, así como energía solar flotante y eólica marina). Para definir las funciones de estas tecnologías en las diferentes regiones del Perú, es importante comprender la demanda energética local (ahora y en el futuro) y conocer mejor la distribución de estos recursos de energía renovable (ahora y en el futuro con un clima cambiante) - véase la Recomendación 3.		Corto plazo
<b>3</b>	<b>Caracterización de los recursos acuáticos renovables.</b> Se requieren diferentes enfoques para la caracterización de los recursos, dependiendo de la escala y naturaleza del recurso, así como de la etapa de desarrollo y potencial de implementación de las diferentes tecnologías que podrían aprovechar estos recursos.  <u>Undimotriz</u> Un modelado y mapeado nacional detallado de los recursos energéticos undimotrices, validado con mediciones de campo, permitiría cuantificar el recurso peruano con más confianza que en la actualidad, de manera que se puedan identificar las áreas de desarrollo más atractivas.  <u>Hidrocínética en ríos</u> Un modelado nacional o regional validado y sustentado por mediciones		Corto plazo

Recomendación		Posible (s) titular (es) de acción		Plazo
		Terrestre	Marinas	
	<p>de la velocidad de las corrientes de los ríos existentes en lugares específicos ayudaría a cuantificar el recurso disponible y seleccionar los sitios más prometedores.</p> <p><u>Eólica marina</u> Las mediciones en alta mar en sitios de interés confirmarían si los modelos existentes son precisos. Éstas pueden ser costosas y generalmente se hacen típicamente para los proyectos comerciales, pero puede ser factible realizar cierto trabajo conducido por la investigación.</p> <p><u>Solar flotante</u> El recurso solar se conoce relativamente bien pero donde las condiciones climáticas locales pueden afectar (por ejemplo, neblina costera), las mediciones básicas podrían ser útiles.</p> <p>Además de la caracterización del recurso disponible en términos energéticos puros (por ejemplo, kW/m de frente de ola, m/s de viento o velocidad de corriente), el sitio con el recurso más energético puede no ser necesariamente el más económico a desarrollar. Es importante considerar otros factores tales como permisos, instalación y operación para entender los costos de producción de energía en diferentes áreas.</p>			
4	<p><b>Desarrollo de vínculos con foros existentes de energía renovable y publicación de actualizaciones anuales de la industria.</b> Las asociaciones de energía renovable de Perú (y cualquier organización futura involucrada específicamente en los desarrollos renovables acuáticos) podrían desempeñar un papel importante en la sensibilización sobre el potencial en Perú y en promover y fomentar los proyectos. En particular, las organizaciones hidroeléctricas existentes en el Perú y en la región podrían considerar incluir (micro-hidroeléctrica e hidrocínética) las energías hidrocínética de ríos en sus actualizaciones de la industria. La Agencia Internacional de la Energía (AIE) y las redes de Sistemas de Energía del Océano (OES) publican actualizaciones anuales de la industria a las que el Perú podría contribuir. El gobierno peruano podría considerar convertirse en un miembro de OES.</p>	CENERGIA, Cámara Peruana de Energías Renovables		Corto plazo
5	<p><b>Mapeo de tecnologías renovables acuáticas adecuadas para el Perú.</b> Las organizaciones peruanas, las universidades y/o el centro nacional de energía renovable propuesto tal vez deseen considerar algunas de las labores de planificación estratégica para las tecnologías de energía acuáticas que han llevado a cabo organizaciones internacionales (como IRENA, UK Energy Research Council, la Universidad de Edimburgo y Wave Energy Scotland) para analizar qué tecnologías podrían ser más adecuadas para el Perú y determinar en qué áreas las organizaciones peruanas podrían contribuir.</p>	Universidades Peruanas, CENERGIA, Cámara Peruana de Energías Renovables		Corto plazo
<b>Marco Regulatorio, Prioridades Estratégicas</b>				
6	<p><b>Desarrollo del marco regulatorio para los proyectos de energías renovables acuáticas.</b> Los ministerios y las organizaciones gubernamentales pertinentes a estos sectores emergentes tienen un importante papel que desempeñar en la elaboración de instrumentos de políticas integradas a fin de administrar los recursos renovables acuáticos del Perú para el desarrollo económico sostenible. En la actualidad, la energía renovable acuática rara vez se menciona explícitamente en la legislación peruana.</p>	MINAM, MINEM, ANA, DICAPI, SENACE DHN, SENAMI, SBN	MINAM, MINEM, ANA, DICAPI, SENACE, DHN, Pro inversión, SBN	Corto plazo



Recomendación	Posible (s) titular (es) de acción		Plazo	
	Terrestre	Marinas		
<b>7</b>	<b>Desarrollo de políticas de energía renovable acuática.</b> Existe la posibilidad de que los expertos en legislación peruana aprendan de la experiencia internacional en energías renovables acuáticas marinas. COMUMA podría crear un grupo técnico de trabajo (GTTE) para este fin, que reunirá a representantes de diferentes entidades gubernamentales y elaborará recomendaciones interministeriales.	COMUMA	Corto plazo	
<b>8</b>	<b>Simplificación de los permisos y concesiones para los proyectos de energía renovable acuática.</b> DICAPE y ANA pueden ser las organizaciones más adecuadas para evaluar cuáles pueden ser los métodos más factibles para otorgar permisos y autorizaciones a proyectos de energía marina y fluvial en el Perú. Los sistemas existentes han sido adecuados para los proyectos de Smart Hydro Power (hidrocinética de río) y Atmocean (undimotriz) en Perú, pero para proyectos más grandes y numerosos puede ser beneficioso que DICAPE y ANA analicen experiencias internacionales.	DICAPE en coordinación con ANA	DICAPE	Corto plazo
<b>9</b>	<b>Creación de una "ventanilla única" para la concesión de permisos y licencias para proyectos de energía renovable acuática.</b> Podría ser beneficioso contar con una ventanilla única para los permisos y licencias necesarios para los proyectos de energía renovable acuática. Esto podría simplificar las cosas para los promotores de proyectos, crearía un equipo de especialistas y daría al MINEM y a otros organismos pertinentes una visión general de los proyectos en desarrollo.	ANA, SENACE, DICAPE, MINEM.	SENACE, DICAPE, MINEM	Mediano plazo
<b>10</b>	<b>Creación de directrices para la autorización de proyectos renovables acuáticos.</b> Los permisos son aspectos cruciales del marco legal que permiten a los Gobiernos locales y nacionales definir el desarrollo. Sería de gran beneficio elaborar un manual de permisos y concesiones para proyectos de energías renovables acuáticas a fin de reducir la incertidumbre asociada con estos proyectos. El manual debe incluir todas las regulaciones a cumplir descritas en los diferentes documentos TUPA de las instituciones involucradas en el proceso de otorgar concesiones y permisos.	ANA, SENACE, DICAPE, MINEM.	SENACE, DICAPE, MINEM	Corto plazo
<b>11</b>	<b>Organizaciones peruanas deberían considerar la incorporación de proyectos de energía renovable acuática en sus correspondientes TUPA.</b>	ANA, MINEM Marina de Guerra del Perú (DICAPE, DHN)	MINEM, Marina de Guerra del Perú (DICAPE, DHN)	Corto plazo
<b>12</b>	<b>Capacitación para el personal encargado de permisos y concesiones de energía renovable acuática.</b> La falta de familiaridad con (o el conocimiento de) nuevos tipos de proyectos energéticos puede conducir a retrasos innecesarios en la aprobación de proyectos. Los organismos responsables de la tramitación de permisos y concesiones quizá podrían considerar la posibilidad de capacitar al personal clave en la evaluación de proyectos de energía renovable acuática. Esto ayudaría a transferir y adaptar el conocimiento que surge de la experiencia de la industria internacional a la situación peruana.	MINEM, MINAM, DICAPE, ANA SENACE, Gobiernos regionales	MINEM MINAM, DICAPE, SENACE, Gobiernos regionales	Mediano plazo
<b>13</b>	<b>Incluir los proyectos de energía renovable acuática en la capacitación de la DGOT-MIZMC y el fortalecimiento de capacidades de los Gobiernos regionales.</b> La Dirección General de Ordenamiento Territorial (DGOT) podría incluir las energías renovables	MINAM (DGOT), Gobiernos regionales		Mediano plazo



Recomendación		Posible (s) titular (es) de acción		Plazo
		Terrestre	Marinas	
	acuáticas en sus actividades relacionadas con el Manejo Integrado de la Zonas Marino-Costeras (MIZMC) y la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) como parte del fortalecimiento de capacidades de los Gobiernos regionales y la formación de los comités locales de coordinación. El personal del comité local también podría estar entre los capacitados para evaluar estos proyectos.			
14	<p><b>Consulta y coordinación a nivel nacional, regional y local para fomentar el desarrollo de un proceso de arrendamiento financiero</b> (para otorgar derechos de desarrollo comercial a proyectos de energía renovable acuática). Lo ideal sería consultar y coordinar con la comunidad local, la industria y las áreas pertinentes dentro de las organizaciones gubernamentales nacionales, regionales y locales antes de dar cualquier autorización estratégica para uso de zonas acuáticas para desarrollos energéticos.</p> <p>La planificación nacional, regional y local puede captar los requisitos, problemas y obligaciones (políticas, técnicas, ambientales o sociales) y fomentar así proyectos optimizados que sean aceptables para la comunidad local y que satisfagan sus necesidades, a la vez que crean desarrollo económico y nuevas fuentes de generación de energía para el país en general.</p> <p>Una vez que las zonas más atractivas hayan sido identificadas, los proyectos de desarrollo pueden acelerarse estableciendo procedimientos de permisos menos complejos en estas áreas y/o proporcionando apoyo o incentivos a los promotores de proyectos. La experiencia adquirida en estas zonas prioritarias de desarrollo (que pueden ser grandes o pequeñas) puede luego ser la base para otros proyectos en diferentes lugares.</p> <p>El atlas propuesto (véase la Recomendación 15) podría ayudar en este proceso de consulta.</p>	MINAM, MINEM Marina de Guerra del Perú (DICAPI, DHN), Gobierno regional, SENACE, SBN, Pro inversión	ANA, MINAM, MINEM, Marina de Guerra del Perú (DICAPI, DHN), IMARPE, Gobierno regional, Proinversión, SBN, SENACE	Corto plazo
15	<p><b>Potencial atlas nacional de recursos renovables acuáticos del Perú.</b> MINEM quizá desee considerar la elaboración de un atlas nacional de energía renovable para el Perú. Las ubicaciones posibles de las zonas prioritarias de desarrollo se identifican mejor a través del mapeo de las consideraciones ambientales, recursos energéticos y capacidades de infraestructura entre otros factores en las zonas costeras, lagunas, embalses artificiales, fluviales y entornos marinos del Perú.</p>	MINEM, SENAMHI, ANA	MINEM, DGH	Corto plazo
16	<p><b>Incluir los proyectos acuáticos renovables en el GTM Grupo de Trabajo Multisectorial sobre GEI.</b> Este grupo de trabajo temporal está a cargo de generar información técnica para guiar la implementación de las contribuciones previstas y determinadas presentadas a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC) - ref. RESOLUCIÓN SUPREMA Nº 005-2016-MINAM. MINAM, a través de la Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos, asume un rol de Secretaría Técnica y podría ayudar a asegurar que las tecnologías renovables acuáticas sean consideradas en futuras hojas de ruta y/o planes de acción peruanos incluyendo aquellos orientados a mercados energéticos como el transporte, minería, bombeo de agua, desalinización y suministro no conectado a la red eléctrica junto con la electricidad dentro de la red.</p>	MINAM	MINAM	Corto plazo



Recomendación	Posible (s) titular (es) de acción		Plazo
	Terrestre	Marinas	
<p><b>17</b> <b>Incluir las tecnologías acuáticas renovables en el NAMA de Energía.</b> El Gobierno peruano ya ha establecido las metas de NAMA de Energía para que en el año 2021 la energía renovable represente al menos el 40% del consumo nacional total de energía. El artículo 3 del Decreto 1002 señala que se entiende por recursos energéticos no convencionales a recursos tales como biomasa, eólico, solar, geotérmico y mareomotriz y la energía hidroeléctrica, cuando la capacidad instalada no sobrepase de los 20 MW. Sería beneficioso para el NAMA de Energía considerar explícitamente el papel que otros tipos de tecnologías renovables acuáticas no convencionales (tales como undimotriz, hidrocíntrica de río, solar flotante y eólica marina) pueden jugar en la reducción de la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero.</p> <p>El NAMA de Energía podría también ayudar a estas industrias brindando apoyo para superar los desafíos institucionales y facilitando proyectos/programas mediante la implementación de políticas y reglamentos para las tecnologías acuáticas renovables no convencionales.</p>	MINEM, MINAM	MINEM, MINAM	Corto plazo
<p><b>18</b> <b>Desarrollo de la planificación territorial de las energías renovables acuáticas.</b> Sería beneficioso desarrollar planes territoriales nacionales y/o regionales para las tecnologías emergentes de acuerdo con los usos ambientales locales, económicos, principales de los cuerpos de agua, con los objetivos y contexto de desarrollo social a través de Comités e incluyendo al MIZMC en el caso de proyectos marinos.</p>	MINEM, Marina de Guerra del Perú (DICAPI, DHN), MINAM (DGOT) Gobierno regional, PRODUCE, ANA	MINEM, Marina de Guerra del Perú (DICAPI, DHN), MINAM (DGOT) Gobierno regional, PRODUCE	Corto plazo
<p><b>19</b> <b>Desarrollo de la planificación de cuencas hidrográficas incluyendo los usos energéticos en Perú.</b> Elaboración de estudios de zonificación de cuencas hidrográficas para comprender la capacidad de desarrollo de las energías renovables acuáticas y su posible impacto económico, ambiental y social.</p>	ANA, MINAGRI	-	Mediano plazo
<p><b>20</b> <b>Perú podría convertirse en un país observador dentro del Comité Técnico (TC) 114.</b> El potencial comercial de las tecnologías reside en demostrar la confiabilidad del desempeño y un costo de energía aceptable. Por lo tanto, las normas y directrices son fundamentales para el desarrollo exitoso de esta industria emergente. Con el fin de facilitar la aplicación de normas internacionales, Perú podría convertirse en un país observador dentro del Comité Técnico 114 de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) TC 114.</p>	MINEM	MINEM	Largo plazo
<p><b>21</b> <b>Principales normas para proyectos de energía undimotriz en Perú.</b> Hay una serie de normas (que ayudarían a demostrar la confiabilidad del rendimiento y el costo de la energía) que podrían aplicarse al desarrollo de tecnologías y proyectos para la energía undimotriz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 62600-2 Requisitos de diseño</li> <li>• 2600-10 Evaluación de los sistemas de amarre</li> <li>• 62600-30 Calidad de la energía eléctrica</li> <li>• 62600-31 Caracterización acústica</li> </ul>	MINEM	MINEM	Largo plazo



Recomendación		Posible (s) titular (es) de acción		Plazo
		Terrestre	Marinas	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>62600-100 Evaluación del rendimiento energético undimotriz</li> <li>62600-101 Evaluación de los recursos energéticos undimotrices</li> <li>62600-202 Pruebas a escala</li> </ul>			
22	<b>Proyectos piloto.</b> Perú podría desarrollar proyectos piloto para probar tecnologías de energías renovables acuáticas en sitios específicos que hayan sido analizados como adecuados.	MINEM, Gobiernos regionales y Produce	MINEM, Gobiernos regionales y Produce	Largo plazo
23	<b>Incluir las tecnologías renovables acuáticas en las licitaciones de energía renovable a nivel nacional ejecutadas por OSINERGMIN.</b> En la actualidad, las licitaciones de energía renovable en Perú consideran biomasa, energía solar, eólica e hidroeléctrica. Sería beneficioso incluir las tecnologías renovables acuáticas dentro de estas licitaciones y/o considerar un régimen diferencial para tecnologías emergentes.	MINEM, OSINERGMIN	MINEM, OSINERGMIN	Corto plazo
<b>Infraestructura</b>				
24	<b>Estudios de capacidad de red eléctrica (SEIN) que consideren el aumento de las contribuciones de fuentes de energía renovable acuática.</b> El COES ya ha encargado un estudio que analice el aumento de la generación de energía eólica y solar en la red eléctrica peruana. Estudios similares que evalúen futuras contribuciones de tecnologías de energía renovable acuática podrían ser la base de la planificación, con el fin de asegurar que la red pueda hacer frente a futuros proyectos. Estos estudios podrían contribuir con el Plan de Transmisión 2015-2024 que el COES actualiza cada dos años para determinar los nuevos requerimientos de infraestructura para el SEIN.	COES	COES	Mediano plazo
25	<b>Estudios de factibilidad para incorporar energía hidrocinética y solar flotante a las infraestructuras hidroeléctricas existentes.</b> El MINEM u otro órgano pertinente podrían considerar la posibilidad de financiar total o parcialmente estudios de factibilidad sobre la posibilidad de incorporar proyectos de hidrocinética fluvial y solar flotante río abajo en la infraestructura hidroeléctrica existente.	MINEM	MINEM	Mediano plazo
26	<b>Estudios de factibilidad de almacenamiento de energía y gestión de redes.</b> Perú podría realizar un estudio de factibilidad sobre el almacenamiento de energía y los mecanismos de gestión del sistema que podrían introducirse a la red nacional eléctrica, así como a microrredes eléctricas.	MINEM, COES, OSINERGMIN	MINEM, COES, OSINERGMIN	Largo plazo
<b>Cadena de suministro</b>				
27	<b>Estudios de infraestructura, logística y servicios para energía renovable acuática.</b> Los estudios de capacidad y los planes estratégicos de desarrollo pueden ayudar a entender mejor las posibles deficiencias en la capacidad y estimular el crecimiento de las cadenas de suministro locales. Estos estudios evaluarían idealmente los tipos específicos de desarrollo que probablemente se de en Perú a la vez que intercambian conocimiento y experiencia con la comunidad internacional de la energía marina.	Gobiernos regionales, Dirección de Obras Portuarias	Gobiernos regionales, Dirección de Obras Portuarias	Mediano plazo



Recomendación		Posible (s) titular (es) de acción		Plazo
		Terrestre	Marinas	
28	<b>Identificación y resolución de los déficits de competencias para las tecnologías renovables acuáticas.</b> Perú tal vez desee identificar áreas en las que se requiere capacitación en la cadena de suministro e incluir estos requisitos de capacitación en sus programas. Los resultados de la Recomendación 23 podrían apoyar esta tarea.	MINEM, SNI, Gobiernos regionales	MINEM, SNI, Gobiernos regionales	Mediano plazo
29	<b>Directrices para los proyectos de energías renovables acuáticas.</b> Perú podría utilizar como referencia las cinco directrices desarrolladas por Wave Energy Scotland (WES) sobre cumplimiento, manejo, cadena de suministro, instalación y operaciones y mantenimiento (O & M). <a href="http://www.waveenergyscotland.co.uk/">http://www.waveenergyscotland.co.uk/</a>	MINEM, SNI, Gobiernos regionales	MINEM, SNI, Gobiernos regionales	Largo plazo
30	<b>Cursos, capacitación y vínculos con instituciones de investigación sobre energía renovable acuática.</b> Es posible que las universidades deseen desarrollar vínculos con instituciones nacionales e internacionales activas en estos sectores, a fin de que, a más largo plazo, tengan la capacidad de cumplir con estos requisitos de capacitación en Perú.	Universidades peruanas	Universidades peruanas	Mediano plazo
<b>Investigación, desarrollo e innovación</b>				
31	<b>Incremento de la I+D+i para las tecnologías renovables acuáticas aplicables a nichos de mercado.</b> Además de la posibilidad de que las tecnologías de energías renovables acuáticas proporcionen electricidad en red, debe considerarse la aplicación de estos sistemas de generación de energía a comunidades no conectadas a la red, acuicultura, operaciones mineras y embarcaciones/ transporte (energía para ferries y buques). Este es un área relativamente subdesarrollada donde existe el potencial para que Perú se convierta en un líder en nichos de mercado específicos. Podría seguirse un enfoque escalonado en el que primero se centre a corto plazo en nichos de mercados aislados (con costos energéticos muy elevados), y luego sea seguido por el desarrollo de proyectos para nichos de mayor envergadura donde los costos de energía son primero algo más elevados que los de la red eléctrica, antes que los proyectos sean competitivos con la electricidad de la red.	MINEM, PRODUCE, Universidades	MINEM, PRODUCE, Universidades	Mediano plazo
32	<b>Centro nacional de investigación para las energías renovables (o específicamente para las tecnologías renovables acuáticas) y financiación para I+D+i.</b> Un centro nacional de I+D+i de energía renovable que involucre a agencias estatales, empresas privadas y universidades podría impulsar la innovación y la integración tecnológica en Perú. Este centro o un organismo de financiación asociado, también podría estar facultado para financiar proyectos de I+D+i de energías renovables (o específicamente renovables acuáticas).	MINEM CONCYTEC, PRODUCE Gobierno regional	MINEM CONCYTEC, PRODUCE Gobierno regional	Corto plazo
33	<b>Incluir la energía renovable acuática costera y marina en el ámbito de competencias de la Dirección de Investigaciones Oceanográficas y Cambio Climático de IMARPE (DGIOCC).</b> La DGIOCC podría incluir la energía renovable marina en sus investigaciones científicas sobre los procesos y condiciones oceanográficos, físicos, químicos, biológicos y geológicos del espacio marino peruano.		IMARPE	Mediano plazo



Recomendación	Posible (s) titular (es) de acción		Plazo
	Terrestre	Marinas	
<b>34</b> <b>SENAMHI y ANA podrían añadir los recursos acuáticos renovables a su competencia.</b> SENAMHI y ANA tal vez deseen considerar explícitamente incluir la promoción o facilitación de proyectos de hidrocinergetica fluvial, solar flotante y eólicos dentro de su competencia.	SENAMHI, ANA		Mediano plazo
<b>Condiciones socio-ambientales</b>			
<b>35</b> El Perú podría unirse a <b>Anexo IV</b> <sup>17</sup> de OES y al <b>Programa Conjunto de Industrias Offshore Renovables</b> (ORJIP) <sup>18</sup> para la Energía Oceánica		MINAM, MINEM, SENACE, IMARPE	Corto plazo
<b>36</b> <b>Evaluación del impacto ambiental basada en riesgos.</b> Las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) deben realizarse en una evaluación basada en riesgos, la cual está relacionada con la experiencia internacional. La evaluación basada en riesgos, que tenga en cuenta las lecciones aprendidas internacionalmente, puede abordar las cuestiones ambientales más relevantes y no todo el espectro de posibilidades, que en muchos casos ya se ha establecido son de poca o ninguna preocupación. Dado el ritmo de cambio en estos sectores, puede ser beneficioso desarrollar, revisar y actualizar periódicamente una guía para la evaluación del impacto ambiental de estos proyectos.	MINAM, MINEM, SENACE	MINAM, MINEM, SENACE	Corto plazo
<b>37</b> <b>Considerar los impactos/beneficios más amplios de los proyectos de energía renovable acuática en las EIA.</b> El MINAM podría considerar el desarrollo de criterios para analizar formalmente los impactos/beneficios más amplios de los proyectos de energía renovable acuática en el proceso de EIA. Esto podría incluir, por ejemplo, los beneficios medioambientales (es decir, creación de hábitats, reducción de la contaminación y mitigación del cambio climático) y las ventajas socioeconómicas que a menudo acompañan a estos proyectos energéticos.	MINAM, SENACE	MINAM, SENACE	Mediano plazo
<b>38</b> <b>Base de datos de información ambiental recolectada para la aprobación de proyectos.</b> La creación de una base de datos fácilmente accesible de los datos ambientales contenidos en las solicitudes de permisos de proyecto podría ayudar a priorizar (y reducir el riesgo de duplicación) la vigilancia e investigación medioambientales. Al mismo tiempo, dicha base de datos podría sentar las bases para que los gobiernos, agencias, desarrolladores de tecnología, promotores de proyectos y clientes de la energía tomen decisiones estratégicas y específicas a los lugares sobre los proyectos de energía renovable acuática.	ANA, SENACE, DHN	IMARPE, DHN	Largo plazo
<b>39</b> <b>Evaluación Ambiental Estratégica (EAE).</b> Una evaluación nacional integral de los problemas y limitaciones ambientales de los proyectos de energía renovable acuática puede fomentar el desarrollo adecuado de políticas y reglamentos. Esto también contribuirá a la priorización en la selección de sitios y opciones de desarrollo de proyectos. Esto fue estratégicamente importante en el progreso de la industria escocesa y podría ser replicado en Perú, cuando sea apropiado. Una EAS hará hincapié en los diversos factores ambientales que influyen al momento	MINAM, MINEM (DGAA), SENACE, ANA	MINAM, MINEM (DGAA), IMARPE, SENACE	Corto plazo

<sup>17</sup> <https://tethys.pnnl.gov/about-annex-iv>

<sup>18</sup> <http://www.orjip.org.uk/index.html>



Recomendación	Posible (s) titular (es) de acción		Plazo
	Terrestre	Marinas	
<p>de decidir cuales sitios desarrollar y pueden analizar las posibles restricciones y beneficios tecnológicos. El objetivo de este proyecto sería:</p> <p>Evaluar los impactos del desarrollo de proyectos de energía renovable acuática en el medio ambiente de Perú a nivel nacional.</p> <p>Identificar cuáles son los riesgos ambientales que más preocupan o requieren mayor investigación para entenderlos.</p> <p><u>Apoyar la identificación de zonas prioritarias de desarrollo y una eventual ronda de arrendamiento comercial.</u></p> <p>Analizar los impactos del desarrollo de proyectos de energía renovable acuática a escala industrial e identificar las áreas donde los proyectos pueden tener lugar con un mínimo riesgo ambiental. <i>Nota: Los impactos ambientales pueden ser reducidos no solo por la elección del sitio, sino también por la elección de la tecnología, el calendario de las obras de construcción, la selección de la infraestructura de soporte, etc.</i></p> <p>Una EAE puede analizar escenarios alternativos de desarrollo incluyendo un escenario donde no haya desarrollo alguno, a fin de poder hacer comparaciones representativas entre los impactos de las actividades existentes y los de posibles proyectos de energía marina. Los Gobiernos regionales también podrían considerar la posibilidad de realizar sus propias EAE regionales.</p> <p>Una EAE y un plan del espacio marino (MSP, por sus siglas en inglés) pueden apoyarse e informarse mutuamente de forma iterativa a medida que se desarrollan (ver recomendación 18).</p>			
<p><b>40</b> <b>Monitoreo y evaluación ambiental regional de los impactos de las energías renovables acuáticas, y su difusión.</b> El seguimiento y la evaluación de los proyectos de energía renovable acuática también pueden ayudar a informar los futuros procesos de consentimiento</p>	ANA, SENACE, Gobiernos regionales	SENACE, IMARPE, Gobiernos regionales	Largo plazo
<p><b>41</b> <b>Un estudio de la viabilidad socio-ambiental áreas continentales con potencial para el desarrollo de proyectos renovables acuáticos identificados en el capítulo de evaluación regional</b> (por ejemplo, el Lago Titicaca). Sería útil completar, identificar los obstáculos para la implementación de estos proyectos desde el principio y elaborar propuestas que sean ambientalmente aceptables para la población local.</p>	ANA, SENACE, Gobiernos regionales	-	Mediano plazo
<b>Finanzas</b>			
<p><b>42</b> <b>Financiación de la I+D+i sobre energías renovables acuáticas.</b> El artículo 12 "Promoción de Investigación y Desarrollo de Proyectos de Generación Eléctrica con RER (Recursos energéticos renovables)" del Decreto Ley 1002/2008 indica que los fondos financieros provendrán de diversos recursos financieros y cooperación internacional. Sería útil aclarar qué direcciones dentro del MINEM ayudarían a coordinar y priorizar la investigación y desarrollo de las energías renovables. Los recursos de energías renovables acuáticas deben ser incluidos como RER claves para Perú y se debe priorizar la financiación en el país para proyectos piloto y para I+D+i.</p>	MINEM	MINEM	Corto plazo



Recomendación		Posible (s) titular (es) de acción		Plazo
		Terrestre	Marinas	
43	<b>Apoyo financiero para las nuevas tecnologías de energía renovable en el consejo nacional de financiación de I+D+i (CONCYTEC).</b> CONCYTEC tiene un programa nacional llamado "Programa Nacional Transversal de Ciencia y Tecnología Ambiental 2016-2021" relacionado con la energía renovable. Las energías alternativas y las energías renovables son dos áreas prioritarias para este programa, sin embargo las nuevas tecnologías de energía renovable no se diferencian de las tecnologías comerciales. CONCYTEC podría considerar la hidrocineética marina y fluvial como tecnologías emergentes que podrían beneficiarse de un mayor apoyo de I+D+i para avanzar en el Perú (en comparación con las tecnologías más comerciales como la solar y la eólica).	CONCYTEC	CONCYTEC	Corto plazo
44	<b>Apoyo a proyectos piloto de energía renovable en Perú (Innovate Perú).</b> El Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y la Productividad (Innovate Perú) del Ministerio de la Producción es un programa que busca aumentar la productividad empresarial mediante el fortalecimiento de los actores del ecosistema de innovación (empresas, emprendedores y entidades de fomento) y facilitar la interrelación entre ellos. Innovate Perú ya ha apoyado proyectos piloto de energía renovable acuática en Perú y tal vez desee considerar un mayor apoyo a la energía renovable acuática.	Innovate Perú	Innovate Perú	En curso
45	<b>Apoyo financiero para proyectos piloto no conectados a la red.</b> MINEM y PRODUCE tal vez deseen desarrollar instrumentos de apoyo financiero para fomentar proyectos de energía renovable acuática de pequeña escala y no conectados a la red para nichos de mercado como la electrificación rural o la producción de hielo para la pesca. Esto podría incluir estudios de factibilidad, proyectos piloto e investigación relacionada. Estos tipos de proyectos se pueden implementar con un costo de capital relativamente bajo, por lo que centrarse en proyectos de esta escala es una forma rentable (y de relativamente bajo riesgo) de introducir tecnologías emergentes y nuevas formas de uso de recursos renovables convencionales en Perú.	MINEM, PRODUCE, Gobiernos regionales	MINEM, PRODUCE, Gobiernos regionales	Mediano plazo
46	<b>Nuevo instrumento de apoyo financiero para proyectos piloto de energía renovable acuática conectados a la red.</b> MINEM tal vez desee desarrollar instrumentos de apoyo financiero para fomentar proyectos de energía renovable acuática conectados a la red. Esto podría incluir estudios de factibilidad, proyectos piloto e investigación relacionada.	MINEM, PRODUCE, Gobiernos regionales	MINEM, PRODUCE, Gobiernos regionales	Mediano plazo
<b>Nichos de Mercado</b>				
47	<b>Investigación y proyectos piloto para nichos de mercados de energía renovable acuática.</b> La industria de las energías renovables acuáticas podría colaborar con organizaciones locales para la investigación y desarrollo de proyectos piloto y/o de demostración utilizando tecnologías apropiadas para nichos de mercados de energía tales como electrificación rural/comunidades no conectadas a la red, producción de hielo para la pesca, bombeo de agua para la industria minera, plataformas petroleras marinas, desalinización, etc.	PRODUCE, MINEM, Gobiernos regionales	PRODUCE, MINEM, Gobiernos regionales	Corto plazo



Recomendación	Posible (s) titular (es) de acción		Plazo
	Terrestre	Marinas	
<b>48</b> <b>Evaluación de la demanda específica por sectores.</b> Realizar evaluaciones específicas de la demanda por sectores en términos de cantidades de energía, tipos de energía, patrones de uso y valor de la energía requerida en el futuro.	PRODUCE, MINEM, Gobiernos regionales	PRODUCE, MINEM, Gobiernos regionales	Mediano plazo
<b>49</b> <b>Proyectos de demostración que utilicen sistemas de energía renovable acuática para alimentar embarcaciones fluviales o vehículos eléctricos.</b> Diferentes tecnologías renovables acuáticas que utilizan electricidad pueden alimentar embarcaciones o vehículos eléctricos.	MINEM, CONCYTEC	MINEM, CONCYTEC	Mediano plazo



## BIBLIOGRAFÍA

- ABP Mer, 2012. *A Socioeconomic Methodology and Baseline for Pentland Firth and Orkney Waters Wave and Tidal Developments*. [En línea]  
 Available at: <https://www.thecrownestate.co.uk/media/152036/socio-economic-methodology-and-baseline-for-pfow-wave-tidal-developments.pdf>
- ANA, 2016. *Clasificación del cuerpo de agua marino - costero, Autoridad Nacional del Agua (ANA) del Ministerio de agricultura y riego de, s.l.: s.n.*
- Anon., s.f. *Autoridad Nacional del Agua (ANA)*. [En línea]  
 Available at: <http://www.ana.gob.pe/>
- Aquatera, 2012. *A review of the potential impacts of wave and tidal renewable energy developments on Scotland's marine environment*. [En línea]  
 Available at: <http://www.gov.scot/Topics/marine/Licensing/marine/tool>  
 [Último acceso: 16 May 2017].
- Arequipa Gobierno Regional, 2017. *Plan de Desarrollo Regional Concertado*. [En línea]  
 Available at:  
<http://regionarequipa.gob.pe/PlaneamientoyOrganizacion/PlanesDesarrollo/PlanDesarrolloRegionalConcertado>
- Avadí, A., Fréon, P., Núñez, J. & Cuba, C., 2012. *LCA of locally produced feeds for Peruvian aquaculture*. [En línea]  
 Available at:  
[https://www.researchgate.net/publication/235738442\\_LCA\\_of\\_locally\\_produced\\_feeds\\_for\\_Peruvian\\_aquaculture](https://www.researchgate.net/publication/235738442_LCA_of_locally_produced_feeds_for_Peruvian_aquaculture)
- Bank, T., s.f. [En línea]  
 Available at: [For example Triodos Bank - www.triodos.com](http://www.triodos.com)
- Bearing Point, 2017. *Floating solar : What is the actual landscape?*. [En línea]  
 Available at: <http://energypoint.bearingpoint.com/blog/2017/01/26/floating-solar-what-is-the-actual-landscape/>  
 [Último acceso: 29 03 2017].
- Benjamins, S. y otros, 2014. *Understanding the potential for marine megafauna entanglement risk from renewable marine energy developments*. [En línea]  
 Available at: [http://www.snh.org.uk/pdfs/publications/commissioned\\_reports/791.pdf](http://www.snh.org.uk/pdfs/publications/commissioned_reports/791.pdf)
- Carbon Tracker, 2016. *The end of the load for coal and gas*. [En línea]  
 Available at: <http://www.carbontracker.org/report/the-end-of-the-load-for-coal-and-gas/>
- Carbon Trust, 2006. *Future Marine Energy - Results of the Marine Energy Challenge: Cost Competitiveness and Growth of Wave and Tidal Stream Energy*. [En línea]  
 Available at: <http://ec.europa.eu/ourcoast/download.cfm?fileID=967>  
 [Último acceso: 2 February 2017].
- CENERGIA, 2012. *Elaboracion de la Nueva Matriz Energetica Sostenible y Evaluacion Ambiental Estrategica, como Instrumentos de Planificacion*, Lima: Consorcio R. GARCIA Consultores S.A., ARCAN Ingenieria y Construcciones S.A. y Centro de Conservacion de Energia y del Ambiente.
- Choi, Y.-K., 2014. A Study on Power Generation Analysis of Floating PV System Considering Environmental Impact. *International Journal of Software Engineering and its Applications*, 8(1), pp. 75-84.
- communityenergyscotland, s.f. [En línea]  
 Available at: <http://www.communityenergyscotland.org.uk/>
- EMEC, 2009. *GUIDELINES FOR MARINE ENERGY CERTIFICATION SCHEMES*. [En línea]  
 Available at: <http://www.emec.org.uk/guidelines-for-marine-energy-certification-schemes/>
- ETI, 2015. *Options, Choices, Actions: UK scenarios for a low carbon energy system transition*. [En línea]  
 Available at: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/assets.eti.co.uk/legacyUploads/2015/02/Options-Choices-Actions-Hyperlinked-Version-for-Digital.pdf>



Folley, M., Peñate Suarez, B. & Whittaker, T., 2008. *An autonomous wave-powered desalination system*. [En línea]  
Available at: [http://www.researchgate.net/publication/222547524\\_An\\_autonomous\\_wave-powered\\_desalination\\_system](http://www.researchgate.net/publication/222547524_An_autonomous_wave-powered_desalination_system)

General Electricity Directorate of Perú, 2015. *The evolution of Electricity Sector indicators 1995-2015*, s.l.: s.n.

Gobierno Regional Apurímac, 2017. *Gobierno Regional de Apurímac*. [En línea]

Available at: [www.regionapurimac.gob.pe](http://www.regionapurimac.gob.pe)

[Último acceso: 17 May 2017].

Gobierno Regional Cuzco, 2017. *Gobierno Regional Cuzco*. [En línea]

Available at: [www.regioncusco.gob.pe](http://www.regioncusco.gob.pe)

[Último acceso: 17 May 2017].

Gobierno Regional de Ancash, 2017. [En línea]

Available at: [http://www.regionancash.gob.pe/images/Plan\\_de\\_Desarrollo\\_Regional\\_Concertado.pdf](http://www.regionancash.gob.pe/images/Plan_de_Desarrollo_Regional_Concertado.pdf)

[Último acceso: 17 May 2017].

Gobierno Regional de Ayacucho, 2017. *Gobierno Regional de Ayacucho*. [En línea]

Available at: [www.regionayacucho.gob.pe](http://www.regionayacucho.gob.pe)

[Último acceso: 17 May 2017].

Gobierno Regional de Huancavelica, 2017. *Gobierno Regional de Huancavelica*. [En línea]

Available at: [www.regionhuancavelica.gob.pe](http://www.regionhuancavelica.gob.pe)

[Último acceso: 17 May 2017].

Gobierno Regional de Huánuco, 2017. *Gobierno Regional de Huánuco*. [En línea]

Available at: [www.regionhuanuco.gob.pe](http://www.regionhuanuco.gob.pe)

[Último acceso: 17 May 2017].

Gobierno Regional de Ica, 2017. *Gobierno Regional de Ica*. [En línea]

Available at: [www.regionica.gob.pe](http://www.regionica.gob.pe)

[Último acceso: 17 May 2017].

Gobierno Regional de Junín, 2015. *Plan de Desarrollo Regional Concertado al 2050 (con metas al 2021 y al 2030)*. [En línea]

Available at: [http://www.regionjunin.gob.pe/ver\\_documento/id/GRJ-140928776423f1a849bd3aedc62afca8c9efef.pdf/](http://www.regionjunin.gob.pe/ver_documento/id/GRJ-140928776423f1a849bd3aedc62afca8c9efef.pdf/)

[Último acceso: 17 May 2017].

Gobierno Regional de Lambayeque, 2015. *Gobierno Regional de Lambayeque*. [En línea]

Available at: <http://siga.regionlambayeque.gob.pe/docs/ainformacion/100120171637432051411562.pdf>

[Último acceso: 17 May 2017].

Gobierno Regional de Lima, s.f. *Plan de desarrollo regional*. [En línea]

Available at: [http://www.regionlima.gob.pe/plan\\_desarrollo\\_concertado.pdf](http://www.regionlima.gob.pe/plan_desarrollo_concertado.pdf)

[Último acceso: 17 May 2017].

Gobierno Regional de Loreto, 2015. *Plan de Desarrollo Concertado N° PDRC: Plan de desarrollo regional concertado "loreto al 2021"*. [En línea]

Available at: <http://www.regionloreto.gob.pe/Descargas/PDRCLORETOAL2021.pdf>

[Último acceso: 17 May 2017].

Gobierno Regional de Loreto, 2017. *Gobierno Regional de Loreto*. [En línea]

Available at: [www.regionloreto.gob.pe](http://www.regionloreto.gob.pe)

[Último acceso: 17 May 2015].

Gobierno Regional de Moquegua, 2017. *Gobierno Regional de Moquegua - Perú*. [En línea]

Available at: [www.regionmoquegua.gob.pe](http://www.regionmoquegua.gob.pe)

[Último acceso: 17 May 2017].



- Gobierno Regional de Puno, 2017. *Gobierno Regional Puno: Inicio*. [En línea]  
Available at: [www.regionpuno.gob.pe](http://www.regionpuno.gob.pe)  
[Último acceso: 17 May 2017].
- Gobierno Regional de San Martín, s.f. *Plan Regional de San Martín*. [En línea]  
Available at: <http://www.mpsm.gob.pe/architrans/GESTION/PDC-MPSM.pdf>  
[Último acceso: 17 May 2017].
- Gobierno regional de Tacna, 2011. *Plan de Desarrollo Regional Concertado TACNA al 2023*. [En línea]  
Available at: [http://www.regiontacna.gob.pe/pagina/qrt/documentos/2011/personal/PLAN\\_B2014.pdf](http://www.regiontacna.gob.pe/pagina/qrt/documentos/2011/personal/PLAN_B2014.pdf)  
[Último acceso: 17 May 2017].
- Gobierno Regional de Tumbes, 2017. *Gobierno Regional de Tumbes*. [En línea]  
Available at: [regiontumbes.gob.pe](http://regiontumbes.gob.pe)  
[Último acceso: 17 May 2017].
- Gobierno Regional de Ucayali, 2017. *Gobierno Regional de Ucayali | Inicio*. [En línea]  
Available at: [www.regionucayali.gob.pe](http://www.regionucayali.gob.pe)  
[Último acceso: 17 May 2017].
- Gobierno Regional Madre de Dios, 2017. *Portal Oficial del Gobierno Regional de Madre de Dios*. [En línea]  
Available at: [www.regionmadrededios.gob.pe](http://www.regionmadrededios.gob.pe)  
[Último acceso: 17 May 2017].
- Gobierno Regional Pasco | Perú, 2017. *Gobierno Regional Pasco | Perú*. [En línea]  
Available at: [www.regionpasco.gob.pe](http://www.regionpasco.gob.pe)  
[Último acceso: 17 May 2017].
- Gobierno Regional Piura, 2017. *Portal Oficial del Gobierno Regional Piura*. [En línea]  
Available at: [www.regionpiura.gob.pe](http://www.regionpiura.gob.pe)  
[Último acceso: 17 May 2017].
- Gobierno Regional de Cajamarca, 2017. *Gobierno Regional Cajamarca*. [En línea]  
Available at: [www.regioncajamarca.gob.pe](http://www.regioncajamarca.gob.pe)  
[Último acceso: 17 May 2017].
- GWEC, 2016. *Global Wind Energy Council - Global Statistics*. [En línea]  
Available at: <http://www.gwec.net/global-figures/graphs/>  
[Último acceso: 30 March 2017].
- Hexicon, 2017. *Dounreay Tri project*. [En línea]  
Available at: <http://www.hexicon.eu/index.php/projects/dounreay-tri>  
[Último acceso: 1 June 2017].
- IEA, 2015. *International Energy Agency*. [En línea]  
Available at:  
[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEB\\_WorldEnergyOutlook2015ExecutiveSummaryEnglish\\_Final.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEB_WorldEnergyOutlook2015ExecutiveSummaryEnglish_Final.pdf)  
[Último acceso: 1 November 2016].
- IEA, 2017. *International Energy Agency*. [En línea]  
Available at: <https://www.iea.org>  
[Último acceso: 17 May 2017].
- IEA-OES, 2014. *Worldwide database for Ocean Energy*. [En línea]  
Available at: [www.ocean-energy-systems.org/news/worldwide\\_database\\_for\\_ocean\\_energy](http://www.ocean-energy-systems.org/news/worldwide_database_for_ocean_energy)  
[Último acceso: 1 June 2017].
- INEI, 2007. *Censo Perú 2007*. [En línea]  
Available at: <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/>  
[Último acceso: 17 May 2017].



- INEI, 2017. *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. [En línea]  
Available at: <http://www.inei.gob.pe/>  
[Último acceso: 17 May 2017].
- IRENA, 2014b. *Ocean Energy - Technology Readiness, Patents, Deployment Status and Outlook*. [En línea]  
Available at: [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_Ocean\\_Energy\\_report\\_2014.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Ocean_Energy_report_2014.pdf)
- IRENA, 2014c. *Perú: Renewables Readiness Assessment 2014*. [En línea]  
Available at: [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RRA\\_Perú.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RRA_Perú.pdf)  
[Último acceso: 19 July 2016].
- IRENA, 2014. *IRENA Handbook on Renewable Energy Nationally Appropriate Mitigation Actions*. [En línea]  
Available at: [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_NAMAs\\_handbook\\_2014\\_EN.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_NAMAs_handbook_2014_EN.pdf)
- IRENA, 2014. *Ocean Energy - Technology Readiness, Patents, Deployment Status and Outlook*. [En línea]  
Available at: [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_Ocean\\_Energy\\_report\\_2014.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Ocean_Energy_report_2014.pdf)
- IRENA, 2016. *Roadmap for a Renewable Energy Future*. [En línea]  
Available at: [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_REmap\\_2016\\_edition\\_report.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_REmap_2016_edition_report.pdf)
- IRENA, 2017. *Perspectives for the Energy Transition*. [En línea]  
Available at:  
[http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Perspectives\\_for\\_the\\_Energy\\_Transition\\_2017.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Perspectives_for_the_Energy_Transition_2017.pdf)
- Local Energy Scotland, 2017. *Applying to CARES*. [En línea]  
Available at: <http://www.localenergyscotland.org/funding-resources/funding/applying-to-cares/>  
[Último acceso: 25 May 2017].
- Lopez, M., Veigas, M. & Iglesias, G., 2014. On the wave energy resource of Perú. *Energy Conversion and Management*, Volumen 90, pp. 34-40.
- Magagna, D., MacGillivray, A. & Jeffrey, H., 2014. *Wave and Tidal Energy Strategic Technology Agenda*, s.l.: Strategic Initiative for Ocean Energy (SI Ocean).
- Marine Scotland/Innovate UK, 2015. *Environmental Impact Assessment for Offshore Renewable Energy Projects – Guide*. [En línea]  
Available at: <http://shop.bsigroup.com/upload/271276/PD%206900.pdf>  
[Último acceso: 16 May 2017].
- Marine Scotland, 2011. *Scotland's Marine Atlas: Information for the national marine plan*. [En línea]  
Available at: <http://www.gov.scot/Topics/marine/science/atlas>
- Marine Scotland, 2016. *Survey, Deploy and Monitor Licensing Policy Guidance*. [En línea]  
Available at: <http://www.gov.scot/Topics/marine/Licensing/marine/Applications/SDM>
- MINAM, 2015b. *EVOLUCION DE INDICADORES DEL SECTOR ELÉCTRICO 1995 – 2015*, s.l.: Dirección General de Electricidad.
- MINAM, 2015. *EVOLUCION DE INDICADORES DEL SECTOR ELÉCTRICO 1995 – 2015*. [En línea]  
Available at: <http://www.minem.gob.pe/>
- MINEM, 2014. *Plan Energetico Nacional 2014-2025*. [En línea]  
Available at: <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/2reseje-2014-2025%20vf.pdf>
- MINEM, 2015. *Anuario Minero 2015, reporte Estadístico*, s.l.: s.n.
- MINEM, 2016. *MINEM*. [En línea]  
Available at: <http://www.minem.gob.pe/detallenoticia.php?idSector=6&idTitular=7642>
- MINEM, s.f. *Anuario estadístico de Electricidad 2015*. [En línea]  
Available at: <http://www.minem.gob.pe/estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=10179>
- Nordicgreen, 2017. *Cleantech Startups, Innovators and Investors in the Nordic, the Baltic and the Arctic regions*. [En línea]  
Available at: <http://www.nordicgreen.net/startups/wavetidalhydro/floating-power-plant>  
[Último acceso: 1 June 2017].



- OFGEM, 2017. *Feed-in Tariff (FIT): Tariff Table 1 April 2017*. [En línea]  
Available at: <https://www.ofgem.gov.uk/publications-and-updates/feed-tariff-fit-tariff-table-1-april-2017>
- Osinergmin, 2016. *Osinergmin, SUPERVISIÓN Y FISCALIZACIÓN*. [En línea]  
Available at: <http://www.osinergmin.gob.pe>
- Osinergmin, 2016. *SUPERVISIÓN Y FISCALIZACIÓN*. [En línea]  
Available at: <http://www.osinergmin.gob.pe>
- Pierre Freon, H. D. A. A. H. R. O. M., 2017. Life cycle assessment of three Peruvian. *Elsevier*.
- PNNL, 2017. *Tethys*. [En línea]  
Available at: <https://tethys.pnnl.gov/>
- PRODES, 2010. *Roadmap for the development of desalination powered by renewables*, s.l.: s.n.
- PRODUCE, 2015. *produce.gob.pe*. [En línea]  
Available at: <http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2015.pdf>
- PV TECH, 2017. *PV-TECH*. [En línea]  
Available at: <https://www.pv-tech.org/news/taiwan-ripe-for-floating-pv>  
[Último acceso: 29 03 2017].
- RSPB, 2014. *Solar Energy: RSPB Policy Briefing*. [En línea]  
Available at: [https://www.rspb.org.uk/Images/Solar\\_power\\_briefing\\_tcm9-273329.pdf](https://www.rspb.org.uk/Images/Solar_power_briefing_tcm9-273329.pdf)
- Scottish Enterprise, 2017. *Renewable Energy Investment Fund*. [En línea]  
Available at: <https://www.scottish-enterprise.com/services/attract-investment/renewable-energy-investment-fund/overview>  
[Último acceso: 24 May 2017].
- Scottish Enterprise, 2008. *Economic Appraisal Guidance Note: A Summary Guide to Developing the Economic Case for a Project or Programme*. [En línea]  
Available at: <https://www.scottish-enterprise.com>  
[Último acceso: 16 May 2017].
- SENAMHI, s.f. *Evaluación del Comportamiento Hídrico de la Vertiente del Océano Pacífico durante los eventos ENOS*. [En línea]  
Available at: [http://www.academia.edu/23744370/Evaluaci%C3%B3n\\_del\\_Comportamiento\\_H%C3%ADrico\\_de\\_la\\_Vertiente\\_del\\_Oc%C3%A9ano\\_Pac%C3%ADfico\\_durante\\_los\\_eventos\\_ENOS](http://www.academia.edu/23744370/Evaluaci%C3%B3n_del_Comportamiento_H%C3%ADrico_de_la_Vertiente_del_Oc%C3%A9ano_Pac%C3%ADfico_durante_los_eventos_ENOS)
- Sierra, 2017. *The national magazine of the Sierra Club*. [En línea]  
Available at: <http://www.sierraclub.org/sierra/2017-1-january-february/feature/floating-wind-turbines-could-power-west-coast>  
[Último acceso: 1 June 2017].
- SNH, 2013. *A handbook on environmental impact assessment Guidance for Competent Authorities, Consultees and others involved in the Environmental Impact Assessment Process in Scotland*. [En línea]  
Available at: <http://www.snh.gov.uk/docs/A1198363.pdf>
- The World Bank, 2016. *Perú: Overview*. [En línea]  
Available at: <http://www.worldbank.org/en/country/Peru/overview>  
[Último acceso: 18 July 2016].
- Villacorta, A. R., 2016. *Estudio "Futuro de la Energía en Perú"*, Lima: International Rivers / Forum Solidaridad Perú.



*Página en blanco*



# APÉNDICES



*Página en blanco*



## APÉNDICE A: CASOS DE ESTUDIO

### Caso de Estudio 1 Tecnología eólica flotante marina (Escocia)

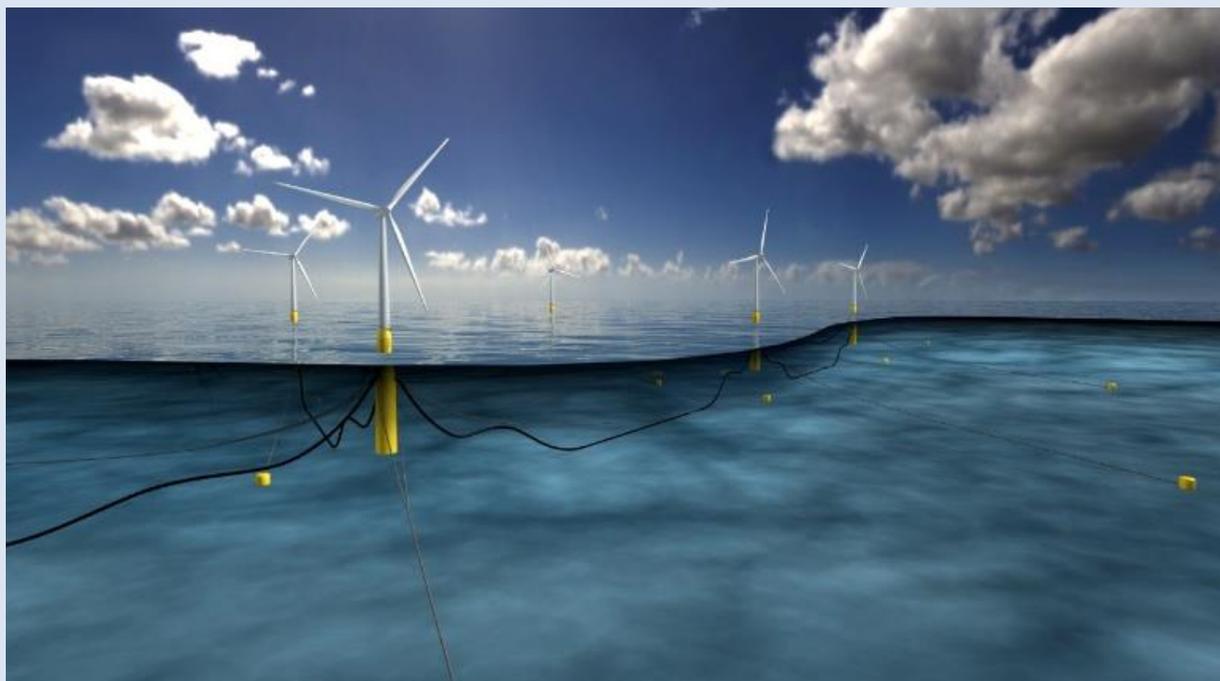
El proyecto Hywind Scotland Pilot Park es el primer parque eólico flotante a escala comercial del mundo. Se encuentra a unos 25 kilómetros de la costa de Peterhead en el noreste de Escocia, un lugar conocido como Buchan Deep. Hywind Scotland Limited (HSL) fue creada en el año 2013 con el propósito de desarrollar y operar el Hywind Scotland Pilot Park, el proyecto es propiedad de Statoil ASA (75%) y Masdar (25%).

Este parque eólico marino es único respecto a otros desarrollos en el Reino Unido con bases fijas al fondo marino. La prueba del concepto se ha logrado a partir de la operación de un prototipo de 2,3 MW en el sitio del centro de prueba marina de la energía (flotante) en Karmoy, Noruega.

El parque eólico piloto de Hywind Scotland tiene la capacidad de generar hasta 30 megavatios (MW) de energía a partir de cinco generadores de turbinas eólicas (WTGs). Siemens suministró cinco turbinas de 6 MW SWT-6,0-154 que se ensamblaron en el puerto de Stord en Noruega.

El concepto flotante utilizó una estructura tradicional, que permite que las turbinas sean instaladas en profundidades de entre 100 y 700 metros. Este proyecto muestra la viabilidad del viento en alta mar en climas de con oleajes considerables y en las áreas de aguas profundas donde las condiciones no son adecuadas para la construcción de parques eólicos marinos fijos. De esta manera, se permite el acceso a mayores recursos eólicos y ofrece flexibilidad en la ubicación de los proyectos con el fin de evitar sensibilidades ambientales y técnicas.

#### Ilustración 21 Proyecto Hywind Scotland



Fuente: Statoil.com

## Caso de Estudio 2 Estado de la tecnología eólica flotante marina (Reino Unido)

El principal motor para el desarrollo de los conceptos eólicos flotantes marinos es explotar los lugares disponibles en aguas profundas cercanos a la costa, donde es difícil instalar estos dispositivos fijos al fondo marino y mejorar el costo nivelado de energía de la tecnología eólica marina (en términos simples, se puede considerar el LCOE como el costo durante la vida útil del proyecto, por unidad de energía generada). Se sabe que en profundidades de agua menores a 30 m, las estructuras de soporte fondeadas en el lecho marino son la solución de menor costo, sin embargo, en profundidades mayores a 50 m, las estructuras flotantes son la solución de menor costo. Posiblemente, el desarrollo a gran escala en cualquier país depende de una combinación de tecnología eólica flotante marina y de tecnología marina fija.

La eólica flotante en sitios adecuados, junto con la tecnología moderna y las innovaciones en la cadena de suministro, podrían proporcionar un costo de energía nivelado (LCOE) inferior a £85/MWh para mediados del año 2020, con nuevas reducciones de costos (Energy Technologies Institute, 2015). En comparación, los costos fijos de la eólica marina fija al fondo marino han caído fuertemente gracias a la adopción de turbinas más grandes, de mayor competencia y menor costo de capital. Diversos proyectos llegaron a la Decisión Final de Inversión (FID) en los años 2015 y 2016 con un costo nivelado de energía (LCOE) de £97/MWh, en comparación con £142/MWh en los años 2010 y 2011 (Offshore Renewable Energy Catapult).

Actualmente se están desarrollando más de 30 conceptos para la eólica flotante marina. Existen tres tipologías dominantes en los conceptos de energía eólica flotante marina:

- Boya tipo Spar (Hywind de Statoil, Sway de Sway, Advanced Spar de Japan Marine United).
- Plataforma semi-sumergible (WindFloat de Principle Power, Dampening Pool de IDEOL, SeaReed de DCNS).
- Plataforma tensionadas (TLP) (PelaStar de Glosten, Blue H TLP de Blue H Group, Eco TLP de DBD Systems, GICON-SOF de GICON).

Existen otras dos variaciones en la tipología:

- Plataforma flotante de múltiples turbinas (Hexicon y WindSea).
- Dispositivos flotantes híbridos eólicos/undimotrices (Planta de energía flotante Poseidon P80 y SKWID de MODEC).

El concepto de eólica flotante que tiene la mayor madurez tecnológica es la boya tipo Spar Hywind, con un prototipo en funcionamiento desde el año 2009. A su vez, el concepto de plataforma flotante semi-sumergible le sigue muy de cerca, con la plataforma de demostración WindFloat en funcionamiento desde el año 2011. Por otra parte, el concepto de Plataforma Tensionadas (TLP) aún no se ha implementado como un prototipo a gran escala.

Debido a los abundantes recursos eólicos marinos, incentivos gubernamentales y un marco regulatorio de apoyo, el Reino Unido ha comenzado recientemente a posicionarse como un líder de mercado en la eólica flotante, donde hay empresas que están realizando sus implementaciones en aguas escocesas. El Gobierno escocés ha dado autorización para un parque eólico flotante marino - el proyecto Statoil's Hywind Scotland Pilot Park - en Buchan Deep.

## Caso de Estudio 3 Evaluación de doce cuencas hidrográficas en Perú (ANA, 2016)

Este informe proporciona información útil sobre el estado actual de doce cuencas peruanas, lo que demuestra un



avance significativo en el conocimiento de las doce cuencas hidrográficas en los siguientes aspectos:

- Cuantifica en detalle los recursos hídricos en las 12 cuencas hidrográficas (Ver figura a continuación - Cuencas hidrográficas consideradas en el estudio ANA) estudiadas espacialmente (a escala hidrológica de sub-cuenca) y temporalmente (49 años de cálculos del abastecimiento natural de agua).
- Establece una metodología sistematizada y altamente confiable para el cálculo de las aportaciones de agua a las cuencas.
- Proporciona conocimientos sobre el funcionamiento de las aguas en cada cuenca, basado en un modelo de gestión flexible y actualizable que ofrece los siguientes resultados:
  - Flujos de agua mensuales de las sub-cuencas.
  - Fiabilidad de las demandas de agua existentes.
  - Análisis y evaluación de posibles escenarios futuros.
  - Apoyo objetivo para la toma de decisiones.

#### Ilustración 22 Cuencas hidrográficas consideradas en el estudio de ANA



#### **Caso de Estudio 4 Análisis Preliminar del Potencial para las Tecnologías de Energía Hidrocinética Fluvial en el Río Amazonas. Banco Interamericano de Desarrollo BID, Noviembre 2015**

Este informe analiza la base de datos ORE-HYBAM<sup>19</sup> del Servicio de Observación SO HYBAM (anteriormente Observatorio de Investigación Ambiental) "Geodynamical, hydrological and biogeochemical control of erosion/alteration and material transport in the Amazon, Orinoco and Congo basins ("Control geodinámico, hidrológico y biogeoquímico de la erosión/alteración y transporte de materiales en las cuencas del Amazonas, Orinoco y Congo"). El estudio identifica un total de 54 sitios con datos que pueden ser analizados con fines de desarrollo hidrocinético de ríos.

De este grupo, se identificaron 20 sitios con características geomorfológicas e hidrológicas potencialmente adecuadas para una futura iniciativa de hidrocinética fluvial (existen otros sitios aparte de esta selección inicial y fuera del alcance de este informe). La metodología utilizada para llevar a cabo este análisis general fue la siguiente:

- Los datos históricos de la medición de descargas se combinaron con imágenes del dispositivo Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) con el fin de estimar la velocidad del caudal del río y, por lo tanto, la disponibilidad total de energía y la captura de energía teórica de los sistemas hidrocinéticos de ríos en los sitios seleccionados.
- Se extrajeron datos de cada imagen de medición ADCP, en relación con las velocidades del caudal del río, las profundidades y la variación de estos factores a lo largo del ciclo hidrológico anual.
- Para cada archivo ADCP analizado, se seleccionaron dos áreas de cada sección: las que contienen velocidades de agua más rápidas y las que tienen velocidades de agua más lentas. Se tomó la raíz media cúbica de cada área para cada medición y se graficó en función de la descarga media. Se calculó la relación entre la descarga y la velocidad del agua para cada área.

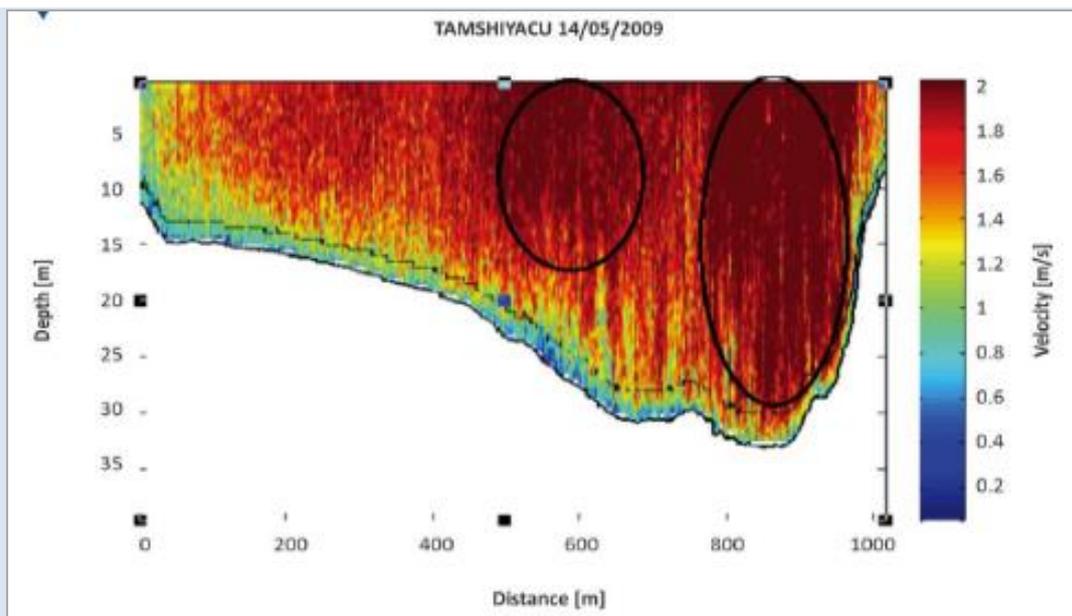
De estos 20 sitios, varios no poseían datos suficientes para un estudio posterior. De los 20 sitios, se eligieron 8, ya que tenían la disponibilidad y calidad de datos necesarios para realizar un primer análisis. Estos sitios se distribuyen de la siguiente manera: Brasil (3), Perú (4) y Ecuador (1), resultando en ocho estudios de caso.

En el Perú, se analizaron los datos de 6 medidores. Sin embargo, el análisis del número de días en que las condiciones de descarga produjeron velocidades actuales superiores a 2m/s descartó varias estaciones. En cada sitio, se utilizaron imágenes ADCP para indicar las regiones con velocidades mayores de 2m/s. También se analizó una relación inicial entre la descarga y el porcentaje de velocidad superior a 2m/s utilizando un límite de confianza del 95%. Para ese primer análisis básico se consideraron las estaciones de Tamshiyacu, San Regis, Bellavista y Borja con un buen potencial para desarrollos hidrocinéticos. Véase un ejemplo de los resultados para la estación de Tamshiyacu a continuación.

#### **Ilustración 23 Resultados estación de Tamshiyacu**

<sup>19</sup> [Http://www.ore-hybam.org/](http://www.ore-hybam.org/)





El informe contiene evaluaciones de la descarga hídrica y datos de velocidad de una serie de ríos peruanos y constituye la base para identificar sitios con alto potencial.

#### Caso de Estudio 5 El futuro de la energía en Escocia (2017) (Escocia)

El borrador del proyecto "The Future of Energy in Scotland" determina metas para lograr que el 50% del uso de la energía de Escocia provenga de fuentes renovables para el año 2030. Esto incluye la calefacción, el transporte y la electricidad. La estrategia, también esboza una visión para las próximas décadas respecto al uso de sistemas de energía interconectados que ayudan a combatir la pobreza energética en Escocia. Como mediada de apoyo, se han asignado £50 millones para financiar 13 proyectos que pueden demostrar nuevas tecnologías renovables para proporcionar energía sostenible a los distintos sectores del país.

<http://news.gov.scot/news/the-future-of-energy-in-scotland>

#### Caso de Estudio 6 Desarrollo de la energía marina en el Reino Unido

Las razones que subyacen a la continua aceleración del sector energético marino en Escocia tienen dos aristas; en primer lugar, Escocia tiene una excelente posición geográfica en el Océano Atlántico, con 10% del recurso undimotriz de Europa y el 25% de sus recursos mareomotrices. En segundo lugar, e igualmente importante, hace una década, el Gobierno de Escocia adquirió un compromiso muy claro para desarrollar una industria de energía marina en Escocia.

Desde entonces, el Gobierno ha trabajado estrechamente con la industria para adoptar las medidas políticas esenciales para permitir que esta nueva industria se consolide y crezca. Gracias a este apoyo, Escocia posee un largo historial con la energía marina; a principios de los años setenta (momento de altos precios del petróleo después del shock de precios de la OPEP), Stephen Salter, de la Universidad de Edimburgo, hizo un prototipo de dispositivo de energía undimotriz conocido como Salter Duck. Sin embargo, el descubrimiento de petróleo en el Mar del Norte, puso fin al programa de investigación de energía marina del Reino Unido hasta que fue resucitado décadas más tarde con la instalación del dispositivo Limpet de 500 kW en la isla de Islay en el año 2000.

El considerable crecimiento del sector energético marino en Escocia durante la última década puede atribuirse en gran parte al establecimiento de Centro Europeo de Energías Marinas (EMEC) en Orkney en 2003, y a la publicación

una Hoja de Ruta para el desarrollo de sector (Ver Caso de Estudio 7). Para la elaboración de la Hoja de Ruta se reunió a representantes del Gobierno escocés, la academia y la industria para comprender los retos y oportunidades de la energía marina y para presentar recomendaciones claras sobre las medidas que deberían adoptarse. Estas recomendaciones fueron implementadas y constituyeron la base para la industria que hoy está surgiendo.

El trabajo realizado por los desarrolladores tecnológicos en EMEC ha permitido probar, que las tecnologías de energía marina funcionan, mientras que la Hoja de Ruta y otros ejercicios de planificación han ayudado a establecer las políticas y procesos que posibilitan el desarrollo de un mercado energético marino. En definitiva, una de las lecciones fundamentales para el desarrollo de una industria de energía marina es que todas las medidas políticas deben desarrollarse en paralelo, un conjunto parcial o no coordinado de políticas tendrá poca probabilidad de dar el impulso político e industrial necesario para avanzar en el desarrollo de una exitosa industria de energía marina.

### **Caso de Estudio 7 Estrategia energética marina (Escocia)**

Un informe publicado en el año 2004 por el Marine Energy Group (MEG) del Foro para el Desarrollo de las Energías Renovables de Escocia (FREDS) afirmó que para el año 2020, el 10% de la electricidad de Escocia podría provenir de fuentes marinas renovables y destacó la oportunidad de instalar 1.300 MW de capacidad energética en aguas escocesas con la creación de 7.000 puestos de trabajo y el potencial de que las empresas de energía marina de origen escocés se conviertan en los principales proveedores de los mercados internacionales de exportación de energía (FREDS / MEG, 2004).

Este documento constituyó la base de la estrategia de desarrollo de la energía marina del Gobierno de Escocia. Desde entonces, el grupo de energía marina ha elaborado una hoja de ruta (FREDS / MEG, 2009) y un plan de acción (FREDS / MEG, 2012) como forma de supervisar el progreso en base a estas ambiciones y actualizar las recomendaciones específicas.

Este grupo también ha tenido fuertes vínculos con Scottish Renewables (SR<sup>20</sup>), un organismo comercial con una gran cantidad de miembros de la sociedad civil, académicos y miembros comerciales. Tanto MEG como SR han tratado de evaluar el contexto general y ofrecer soluciones amplias y apropiadas, en la medida de lo posible, a todos. El establecimiento de un grupo de asesores especializados con los que el Gobierno puede explorar informalmente opciones ha funcionado bien. Basado, en parte, en las conclusiones de la investigación de MEG, el Gobierno de Escocia está fomentando las fuentes de energía renovable marina para contribuir significativamente a alcanzar el objetivo del país de generar el 100% de la electricidad del país a partir de energías renovables en el año 2020.

### **Caso de Estudio 8 El marco regulatorio (Escocia)**

Las medidas más importantes desarrolladas en Escocia en relación al marco regulatorio para el sector de la energía marina incluyen:

- Establecimiento de un "ventanilla única" para la concesión de licencias marinas (un único punto de contacto dentro del Gobierno para todas las licencias y permisos) y la simplificación asociada de las autorizaciones y licencias requeridas para los proyectos en el medio marino.
- Desarrollo de guías a medida para la industria y políticas de manejo adaptativo para la energía acuática marina.
- Recolección de datos, monitoreo ambiental estratégico y nacionalmente coordinados.
- Una Evaluación Ambiental Estratégica (SEA) para energías renovables marinas que identificó áreas del país con

<sup>20</sup> <https://www.scottishrenewables.com/>



menor o mayor potencial de impactos ambientales significativos.

- Planificación marina, en particular la identificación y designación de zonas específicas como zonas prioritarias de desarrollo de energía acuática.
- Los derechos comerciales (arrendamientos) han sido otorgados a desarrolladores de proyectos de energía marina por The Crown Estate antes de otorgar permisos y concesiones (ver Caso de Estudio a continuación), dando a los promotores más garantía antes de comenzar el proceso de permisos.

### **Caso de Estudio 9 Marco regulatorio para la eólica marina en el Reino Unido - el proceso de planificación**

Dentro de la política energética del Reino Unido, la energía eólica marina se considera parte de la "matriz energética" aunque el desarrollo de proyectos de energía eólica marina debe realizarse en conformidad con los rigurosos procedimientos ambientales y de planificación existentes, al mismo tiempo que garantizar que el Reino Unido pueda "descarbonizar" su matriz energética.

La expansión de la industria eólica marina en el Reino Unido ha sido acompañada de cambios en los regímenes de autorización y la introducción de una legislación diseñada para facilitar el desarrollo de lo que se conoce como proyectos de infraestructura de importancia nacional. La Ley de Planificación del año 2008 introdujo un nuevo régimen de consentimiento para los parques eólicos offshore de más de 10 MW, por medio del cual todo proceso de planificación de un proyecto es supervisado por un organismo, con la intención de agilizar el proceso de autorizaciones para que los proyectos se materialicen eficientemente.

La organización reguladora de proyectos marinos varía dependiendo del lugar del Reino Unido en el que se encuentra un proyecto:

- Escocia – Marine Scotland Licensing Operations Team - Equipo de Trámites de Licencias de Marine Scotland (MS-LOT)
- Inglaterra – Marine Management Organisation - Organización de la Gestión Marina (MMO)
- Gales– Natural Resource Wales - Recursos Naturales de Gales (NRW)
- Irlanda del Norte – Department of Agriculture, Environment and Rural Affairs - Departamento de Agricultura, Medio Ambiente y Asuntos Rurales (DAERA-NI).

Los reglamentos que deben tenerse en cuenta al desarrollar un proyecto eólico marino en aguas escocesas se proporcionan a continuación. Los mismos reglamentos o ligeras variaciones de éstos también deben ser respetados en cada uno de los otros lugares del Reino Unido.

- Artículo 36 de la Ley de Electricidad de 1989.
- Reglamento del año 2000 sobre obras de infraestructuras eléctricas (Evaluación del Impacto Ambiental) (Escocia), en su versión modificada.
- La Ley marina (Escocia) del año 2010.
- La Ley de Ordenamiento Territorial (Escocia) del año 1997.
- Reglamentos de conservación (Hábitats naturales, etc.) de 1994.

Los reglamentos mencionados son los que han sido transpuestos de la legislación europea a la legislación nacional, aunque además de éstos existen también las políticas y reglamentos de consejos locales que necesitarán ser cumplidos al desarrollar un proyecto eólico marino.



### **Caso de Estudio 10 Impactos potenciales de la energía undimotriz y mareomotriz (Escocia)**

Marine Scotland encargó el desarrollo de una revisión de los impactos potenciales de los desarrollos undimotrices y mareomotrices de energía renovable en el medio marino de Escocia.

<http://www.gov.scot/Resource/0050/00507385.pdf>

### **Caso de Estudio 11 Prospección, implementación y monitoreo (Escocia)**

El Gobierno de Escocia adoptó una Política de Prospección, Implementación y Monitoreo (Gobierno de Escocia, 2012) para aplicar un enfoque eficiente de "manejo adaptativo" basado en riesgos con el fin de evaluar los impactos ambientales potenciales de los desarrollos energéticos undimotrices y mareomotrices, basados en:

- Sensibilidad ambiental – si el lugar está cerca o en un sitio ambiental designado
- Escala de desarrollo - número de dispositivos o capacidad total instalada
- Clasificación de riesgos de dispositivos (o tecnologías), basada en factores como la generación de ruido, riesgo de contaminación, riesgo de colisión o atrapamiento (varía según conceptos)

Esta política empezó a funcionar como "instalar y monitorear", pero las preocupaciones de los asesores ecológicos hicieron que se agregara la prospección. Esto ha resultado ser costoso y polémico para la comunidad de desarrollo de proyectos renovables acuáticos quienes sienten que se han impuesto excesivos requisitos de sondeo al sector para desarrollos en etapas tempranas. En particular, se espera que se realicen dos años de estudio de aves y mamíferos sin que haya riesgos específicos que justifiquen este trabajo. Además, ha habido un proceso de retroalimentación débil entre las experiencias operativas en los últimos 10 años de proyectos de energía marina y el desarrollo de requisitos de prospección y monitoreo de base.

Esto se ha debido en parte a que las empresas de desarrollo no han supervisado lo suficiente o no han publicado los resultados de sus observaciones, y también a que el Gobierno no ha apoyado el monitoreo y estudios de base específicos en base a riesgos previamente. Al contrario, se han invertido los fondos en la recolección de datos estratégicos generales que no son directamente relevantes para los posibles impactos específicos de los proyectos de energía en el mar. El enfoque de manejo adaptativo de Escocia aún no se ha implementado completamente y existe aún un debate en curso sobre cómo se puede mejorar. Las mejoras probables podrían incluir:

- Definir requisitos para un monitoreo limitado de todos los proyectos y publicación de resultados
- Recolectar datos de base más específicos dentro de los límites del sitio en épocas particularmente activas del año
- Difundir mejor la información sobre las experiencias hasta la fecha

<http://www.gov.scot/Topics/marine/Licensing/marine/Applications/SDM>

### **Caso de Estudio 12 Marine Scotland Interactive (MSI) (Escocia)**

Marine Scotland Interactive (MSI) es una herramienta interactiva diseñada para ayudar a desarrollar el Plan Nacional Marino. La herramienta permite a los usuarios ver diferentes tipos de información y, cuando corresponda, se proporcionan enlaces a las partes relacionadas del Atlas Marino de Escocia, donde la información se presenta con mayor detalle.

<http://www.scotland.gov.uk/Topics/marine/education/atlas>



### Caso de Estudio 13 Planificación marina (Escocia)

En el año 2016, el último plan piloto de energías marinas fue lanzado por el Gobierno de Escocia. El plan establece un marco de política de planificación integrada para regir el desarrollo marino, las actividades y las decisiones de gestión, al mismo tiempo que garantizar la calidad del medio marino. A su vez, el plan reconoce que el medio ambiente marino se utiliza para una amplia variedad de propósitos diferentes para los cuales pretende establecer una visión estratégica coherente, objetivos y políticas para promover el logro del desarrollo sostenible incluyendo los distintos sectores.

El crecimiento sostenible de la energía renovable marina y el potencial de coexistencia con otros usuarios del mar es un objetivo importante del plan. Esto podría significar, el uso de energías renovables en combinación con otros sectores o compartir espacios, cuando los requisitos de salud y seguridad lo permitan, con otros usuarios marinos. Las áreas de opciones del plan representan las zonas de desarrollo estratégico en las que deben ubicarse los proyectos a escala comercial, aunque no se espera que el total de cada área se desarrolle plenamente. Las opciones del plan se consideran como los lugares estratégicos preferidos para el desarrollo sostenible de las energías eólicas marinas y otras renovables. Estas áreas probablemente los promotores no podrían desarrollarlas completamente y por lo tanto hay opciones para compartir la ubicación con otras industrias, p.e. acuicultura.

El área Pentland Firth y Orkney Waters (PFOW) cuenta con algunos de los mejores recursos de energía renovable marina en el Reino Unido y podría ayudar a fomentar los ambiciosos objetivos energéticos de Escocia. La industria está en una etapa temprana de desarrollo, pero un aumento en el crecimiento de este sector puede resultar en un gran cambio en el uso del medio marino en esta zona. Este crecimiento potencial puede afectar a otros usuarios marinos y la planificación marina está diseñada para orientar el desarrollo hacia áreas de menor limitación. La consulta temprana con otros usuarios marinos y la posibilidad del uso compartido ayudarán a mitigar los impactos adversos.

### Caso de Estudio 14 Arrendamiento (UK)

El proceso comercial de arrendamiento de los fondos marinos fue gestionado por una organización conocida como The Crown Estate (TCE), que posee y gestiona los fondos marinos territoriales del Reino Unido. Esta organización tiene el derecho de arrendar el fondo marino con el pago de tarifas comerciales a los que deseen hacer uso del mismo. Además de gestionar el arrendamiento de los fondos marinos a 12 millas náuticas, TCE también tiene derechos sobre la energía renovable en el mar y el almacenamiento de carbono y gas a 200 millas náuticas desde la costa.

#### Eólica Offshore

El arrendamiento de áreas de los fondos marinos se realizó en diversas rondas, comenzando con la Ronda 1 en Diciembre del año 2000, que involucró el arrendamiento de los fondos marinos para el desarrollo comercial de algunos de los primeros parques eólicos offshore. Típicamente, las áreas seleccionadas eran pequeñas en escala y cercanas a la costa y los proyectos tendían a incluir no más de 30 dispositivos, y capacidades totales no mayores de 100 MW. Actualmente hay 13 proyectos de la Ronda 1 completamente operativos con una capacidad de generación de 1,2 GW.

La Ronda 2 comenzó en Julio del año 2003 y se centró en áreas como el estuario del Támesis, la bahía de Liverpool y Greater Wash, con algunas áreas fuera del límite de las aguas territoriales de 12 millas náuticas. Estos parques eólicos son de mayor escala y en general más alejados de la costa que los proyectos de la Ronda 1. En el año 2010, el Crown Estate extendió las áreas geográficas de cuatro sitios de la Ronda 1 y de la Ronda 2. En total hay alrededor de 33 proyectos de la Ronda 1, la Ronda 2 y extensiones con una producción total proyectada de 8,5 GW.



La Evaluación Ambiental Estratégica de la Energía Offshore del Reino Unido (SEA, por sus siglas en inglés), publicada en Enero del año 2009, identificó hasta 33 GW de potencial en alta mar en aguas del Reino Unido. Esto formó la base del programa Ronda 3. Se identificaron nueve zonas de parques eólicos marinos de diferentes tamaños en las aguas del Reino Unido para entregar la capacidad identificada en SEA. A su vez, se preguntó a los desarrolladores de energía renovable que soliciten derechos exclusivos para desarrollar parques eólicos marinos dentro de las zonas. Los socios de desarrollo exitosos para cada zona se anunciaron en Enero del año 2010, de los cuales ocho están actualmente en desarrollo activo.

### **Pentland Firth y Orkney Waters**

En el año 2009, después de las convocatorias del Gobierno de Escocia para acelerar el desarrollo de la energía marina (undimotriz y mareomotriz), The Crown Estate decidió unilateralmente celebrar una ronda de licitaciones comerciales de energía marina en un área definida como el área estratégica de Pentland Firth y Orkney Waters (PFOW). El proceso posterior de solicitud de arrendamientos atrajo unas 41 solicitudes iniciales, de las cuales 15 fueron invitadas a una ronda final de presentaciones y negociaciones. Finalmente, siete organizaciones firmaron acuerdos con The Crown Estate para opciones de arrendamiento que cubrían 10 propuestas de proyectos individuales.

Las opciones de arrendamiento inicialmente acordadas ascendían a unos 1.200 MW de capacidad instalada. Debido a que un promotor candidato se retiró tardíamente de uno de los principales lugares para el desarrollo mareomotriz, se llevó a cabo una nueva mini ronda de arrendamiento para Inner Sound dentro de Pentland Firth. Esto resultó en la adjudicación de un arrendamiento de 400 MW, dando un total de ocho promotores, 11 proyectos y 1.600 MW de capacidad. Los solicitantes seleccionados incluyeron una serie de compañías eléctricas y empresas de tecnología del Reino Unido.

Aunque uno de los objetivos declarados del proceso de arrendamiento era evitar que utilicen indebidamente de los fondos marinos, el método adoptado no lo logró. Se asignaron grandes superficies a unas pocas empresas y se crearon amplias zonas de amortiguación alrededor de las áreas existentes de posible arrendamiento que todavía no se han desarrollado. Sin embargo, poseer derechos garantizados de uso del fondo marino ha permitido a los promotores de tecnología exitosos adoptar un enfoque dual para desarrollar su tecnología y buscar todos los permisos y licencias necesarias para que tengan sitios disponibles para uso comercial una vez que su tecnología haya madurado. La publicidad en torno a esta ronda de licenciamiento comercial también ha ayudado claramente a poner la industria de la energía marina del Reino Unido a la vanguardia internacionalmente.

Piloto de Pentland Firth & Orkney Waters - Plan de Ordenamiento del Espacio Marino - Evaluación Ambiental Estratégica - Declaración Post Adopción (Marzo 2016)

<http://www.gov.scot/Resource/0049/00496909.pdf>

### **Undimotriz y mareomotriz**

Recientemente, con el objetivo de complementar las instalaciones de prueba y demostración del Reino Unido y para acomodar la naciente naturaleza de la industria de las energías marinas (undimotriz and mareomotriz), TCE ofrece derechos de desarrollo para proyectos de olas de pequeña escala (hasta 3 MW) y proyectos mareomotrices de hasta 30 MW. Crown Estate Scotland ha adoptado un enfoque similar, sin embargo, también ofrece arrendamientos para proyectos de olas de hasta 30 MW. Esta actualización de TCE y Crown Estate Scotland reconoce la política actual del Gobierno, la evolución de la industria y las condiciones del mercado.



### **Caso de Estudio 15 Guía Regional de Localizaciones (Regional Locational Guidance - RLG) para la planificación de los desarrollos renovables marinos (Escocia)**

Se publicaron Guías Regionales (RGL) para energía undimotriz, mareomotriz y eólica marina. Dentro de los documentos, se incluyen cuestiones ambientales, técnicas y socioeconómicas y de planificación.

Guía de Localización para Energía Undimotriz:

<http://data.marine.gov.scot/dataset/draft-wave-regional-locational-guidance>

Guía de Localización para Energía Mareomotriz:

<http://data.marine.gov.scot/dataset/draft-tidal-regional-locational-guidance>

Guía de Localización para Energía Eólica Marina:

<http://data.marine.gov.scot/dataset/draft-offshore-wind-regional-locational-guidance>

### **Caso de Estudio 16 Planificación de la infraestructura energética marina (Escocia)**

La toma de decisiones inicial para la creación de EMEC en Orkney fue en base a la existencia de una comunidad marítima que agrupa puertos, la red eléctrica, los buques de apoyo y la experiencia en el mar. Esto ha significado que los prototipos de nuevas tecnologías y las pruebas a gran escala no han sido obstaculizados significativamente por la falta de capacidad en la cadena de suministro. Sin embargo, a medida que aumenta el nivel de actividad asociado con las pruebas de las tecnologías y la construcción de los primeros sitios de demostración y parques a escala comercial, la capacidad de la infraestructura y la cadena de suministro han creado cierta inquietud.

El Gobierno de Escocia, a través de sus proveedores de desarrollo económico Scottish Enterprise (SE) y Highland and Islands Enterprise (HIE), encargó un informe para desarrollar un Plan Nacional de Infraestructuras Renovables (N-RIP) el cual se completó en el año 2010. El propósito era desarrollar una estrategia de inversión para desarrollos portuarios y de infraestructura que complementarían y mejorarían la industria de las energías renovables en Escocia. La motivación para desarrollar esta infraestructura surgió del deseo de Escocia de convertirse en una base europea para la construcción y montaje de aerogeneradores y dispositivos marinos (SE / HIE, 2010).

### **Caso de Estudio 17 Proyecto sobre la cadena de suministro para proyectos de energía acuática en Orkney (Escocia)**

El proyecto tenía como objetivo evidenciar la reducción de costos a través de la evaluación de más de 60 operaciones de barcos, que involucró a 20 organizaciones locales y más de 120 personas. Las seis áreas de investigación fueron:

- Carga dinámica.
- Posicionamiento de pontones e instalación de dispositivos.
- Fuerzas sobre las cimentaciones y anclajes.
- Operaciones con ROV.
- Respuesta a situaciones de caída de material/personal en corrientes marinas.
- Dinámica de la sumersión de boyas.

Se corroboró a través de este proyecto, que los costes de instalación de dispositivos podrían reducirse en un 70-80% en comparación con la utilización convencional de embarcaciones con posicionamiento dinámico. Se identificó que el método utilizado para determinar la capacidad de la cadena de suministro local era aplicable a nivel local, nacional y



mundial.

Ref: [http://www.aquatera.co.uk/blog\\_post.asp?ID\\_Press=1](http://www.aquatera.co.uk/blog_post.asp?ID_Press=1)

### **Caso de Estudio 18 El desarrollo de la cadena de suministro de la energía marina en el Reino Unido**

Uno de los principales retos identificados en el informe de Renewable UK "Marine Energy in the UK: State of the Industry Report 2012" fue "desarrollar una cadena de suministro en el Reino Unido con las habilidades y capacidades necesarias para lograr un rápido crecimiento en el sector y agrupar los beneficios socio-económicos de la industria a largo plazo". Las cifras disponibles más recientes sugieren que actualmente hay más de 1000 puestos de trabajo equivalentes a tiempo completo en el sector de las energías renovables marinas del Reino Unido. Las estimaciones futuras predicen que en Escocia podrían crearse 7.000 puestos de trabajo directos (FREDS / MEG, 2004) relacionados con 1,3 GW de instalaciones de estas tecnologías. El informe de Renewable UK sobre Empleo y Habilidades en las Industrias Undimotrices & Marinas del Reino Unido (2011) informó que en el sector undimotriz y mareomotriz, el 37% de los empleadores informaron que habían tenido dificultades para llenar vacantes en los 12 meses anteriores. Estas vacantes en el sector energético undimotriz y mareomotriz giraban principalmente en torno a habilidades especializadas como modelado hidrodinámico, ingeniería mecánica aerodinámica, levantamiento hidrográfico, consultoría ambiental, diseño submarino, ornitología y ecología. Principalmente, estas habilidades pueden ser transferibles de otras industrias, pero a menudo se precisa de un estímulo para que los trabajadores cambien de industria. Probablemente el Perú se enfrentará desafíos similares una vez que la actividad de la energía acuática renovable comience a desarrollarse.

### **Caso de Estudio 19 Reducción de costos energéticos marinos (Reino Unido)**

En el informe Future Marine Energy (Trust, 2006) se identificaron las siguientes áreas como las de mayor potencial para reducir los costos de la energía marina:

- Componentes de los dispositivos – Investigar sobre reducción de costos y mejora del rendimiento de componentes específicos en dispositivos de energía marina existentes.
- Instalación, operación y mantenimiento – Elaborar estrategias para fomentar la instalación, operación y mantenimiento de dispositivos de energía marina a un costo menor.
- Conceptos de nueva generación – Desarrollo de nuevos conceptos para dispositivos que podrían reducir significativamente los costos de la energía marina en comparación con otros competidores. Posteriormente, se lanzó el programa UK Marine Energy Accelerator (MEA) de £3,5m para explorar la reducción de costos en energía marina (Trust, 2011).

Centrándose en las áreas identificadas anteriormente, este estudio describe el potencial de reducción de costos de la siguiente manera. La energía de los convertidores de energía undimotriz y mareomotriz será más asequible a medida que aumente el número de dispositivos fabricados. En el caso de los generadores de energía, esto equivale a que el costo de la energía (p/kWh) disminuya a una tasa fija por cada duplicación de la producción anual acumulada (kWh por año). Esto se puede trazar en una curva de experiencia o como un "índice de aprendizaje".

Por otro lado, la innovación tecnológica puede incrementar la tasa de reducción de costos, es decir, acentuar la curva de aprendizaje, o iniciar la curva a un nivel inferior. El informe describe cómo el costo de la energía de los dispositivos de energía marina puede reducirse mediante dos efectos distintos, pero a menudo solapados.



### **Wave Energy Scotland (WES<sup>21</sup>)**

Wave Energy Scotland se creó en 2014 a petición del Gobierno para ayudar a Escocia a permanecer en la vanguardia del desarrollo de convertidores de energía undimotriz. El presupuesto anual de 10 millones de libras esterlinas se utiliza de forma selectiva para ayudar a los promotores a abordar los principales problemas tecnológicos que dificultan el progreso de la industria. Se espera que esto resulte en la producción de tecnologías más confiables y reduzca los costos finales. Hasta la fecha, WES ha adjudicado más de £15 millones a 51 proyectos, a través de 129 organizaciones, repartidas en cinco países diferentes.

<http://www.hie.co.uk/growth-sectors/energy/wave-energy-scotland/>

### **Análisis de componentes de energía marina**

El Offshore Renewable Energy Catapult (ORE Catapult<sup>22</sup>) y EMEC, están trabajando juntos para identificar los retos tecnológicos que enfrentan las industrias undimotriz y mareomotriz. Al reunir sus experiencias individuales en torno a las pruebas de tecnologías de energía renovable marina, y recopilar su experiencia para identificar problemas comunes, simplificar el desarrollo, reducir los costos y el tiempo para los fabricantes.

<https://ore.catapult.org.uk/wp-content/uploads/2016/08/PN78-SRT-001-Rev-0-Case-Study.pdf>

## **Caso de Estudio 20 Fondos de habilitación para el sector (EE.UU. y Reino Unido)**

### **Fondos de habilitación para el sector (Oregon, USA)**

Oregón ha tenido quizás el programa de financiamiento más diverso para la energía marina. Los fondos se han utilizado para propiciar estudios y apoyo a la industria, además de apoyo directo a la tecnología. Es destacable que el Oregón Wave Energy Trust (OWET) se compone principalmente de los proveedores de servicios de la cadena de suministro, esto quizás haya ampliado las prioridades de financiamiento. Este énfasis tiene sentido, dada la falta de una tarifa de apoyo al sector de las energías marinas en los Estados Unidos y los bajos costos de energía. Además, Oregón ha tenido más éxito en la identificación de muchas de las barreras y oportunidades estratégicas que enfrenta el sector undimotriz, antes de que se produzcan importantes avances, que otras áreas geográficas.

### **Fondos de habilitación para el sector (Escocia, Reino Unido)**

También se han dispuesto de fondos de habilitación para el área de Pentland Firth Orkney Waters (PFOW), por parte de UK Crown Estate, reciclando parte de los ingresos de las cuotas de arrendamiento e incluyendo financiación adicional del Crown Estate, del Gobierno escocés y de organismos gubernamentales especializados. Si bien se ha gastado una cantidad considerable de dinero, los estudios a menudo no han puesto énfasis en las prioridades clave que podrían haber "habilitado" mejor los proyectos específicos o el sector en general. En algunos casos, se decidió apoyar a estudios sin considerar suficientemente los conocimientos/experiencia locales o las contribuciones de la cadena de suministro en general. En consecuencia, quedan sin respuesta algunas preguntas clave y relativamente simples, mientras que hay una considerable cantidad de información recabada de manera costosa que puede resultar de poco valor para el futuro de la energía marina.

Gran parte de estos fondos se han utilizado eficazmente en proyectos que han ayudado a reducir la incertidumbre y aportan datos valiosos para ayudar a resolver problemas en la industria de la energía marina, por ejemplo, métodos de instalación de cables para proyectos de energía de marea. Sin embargo, en algunos casos, las decisiones de apoyo a los estudios se hicieron sin una consideración suficiente de los conocimientos locales/experiencia o las aportaciones de una cadena de suministro más amplia. En consecuencia, algunas cuestiones clave permanecen sin

<sup>21</sup> <http://www.waveenergyscotland.co.uk/>

<sup>22</sup> <https://ore.catapult.org.uk/>



respuesta, mientras que hay una considerable cantidad de información reunida de manera costosa que puede tener un valor limitado para el futuro de la energía marina.

Por lo tanto, es importante que una base apropiada de experiencia, experiencia y comprensión relevantes informe la asignación de los futuros programas de financiación estratégica. Esto asegurará que los estudios de investigación proporcionen el mayor beneficio para el desarrollo de la industria. Una iniciativa del Reino Unido que pretende abordar esta cuestión es la Asociación de la Industria Conjunta de Energía Renovable Offshore (ORJIP)<sup>23</sup>, que identifica y prioriza los programas clave de investigación ambiental estratégica que ayudarán a reducir el riesgo de consentimiento para los desarrollos de olas y mareas.

### **Caso de Estudio 21 Centros de Energía Marina (Reino Unido, América Latina y Estados Unidos)**

#### **Centros de Energía Marina en el Reino Unido**

Hay tres sitios de prueba en el Reino Unido que cubren las distintas etapas en el desarrollo de dispositivos undimotrices/mareomotrices, estos se describen a continuación.

Offshore Renewable Energy Catapult (CATAPULT) inaugurado en el año 2002 en Blyth (anteriormente NAREC), en el noroeste de Inglaterra, realiza pruebas a escala de dispositivos y subsistemas marinos renovables. Sus instalaciones incluyen:

- 3 muelles secos - el más grande de los cuales es de 75 m de largo, 25 m de ancho y 8m de profundidad.
- Canal de oleaje - un área de simulación de oleaje para la prueba de prototipos de generadores de energía undimotriz situados dentro de un dique seco convertido.
- Nautilus - un banco de pruebas para sistemas de transmisión de fuerza de 3 MW para generadores de energía mareomotriz que permite actividades de certificación, confiabilidad y evaluación del desempeño de nuevos dispositivos a través de pruebas de vida útil aceleradas a un costo y riesgo significativamente más bajos en comparación con las pruebas en el mar.
- Instalación de pruebas de mareas - La instalación de prueba para turbinas mareomotrices Tees Barrage, ubicada en Stockton, fue inaugurada en 2007.

EMEC (European Marine Energy Center) -Establecido en el año 2003, ha ampliado y diversificado sus instalaciones de pruebas, atrayendo a los promotores de energía undimotriz y mareomotriz de todo el mundo. EMEC es el primer y único centro de este tipo en el mundo que ofrece a promotores de energía undimotriz y mareomotriz instalaciones acreditadas de pruebas en mar abierto. Hasta la fecha ha tenido el mayor número de desarrollos de dispositivos marinos renovables dentro de sus sitios de pruebas de oleaje y mareas. El centro ha recibido la atención y el interés global de una gran cantidad de promotores y como tal, también ha atraído a los medios de comunicación. El éxito del centro también ha hecho que la cadena de suministro local se fortalezca siendo uno de los ejes centrales de la investigación y la educación en Orkney. EMEC también opera sitios de prueba a escala donde los dispositivos de menor escala (o aquellos en una etapa más temprana de su desarrollo) pueden adquirir la experiencia real en el mar pero en condiciones más benignas que las experimentadas en los sitios de prueba de oleaje y marea a escala completa.

Wave Hub<sup>24</sup> -es una instalación marina conectada a la red en el suroeste de Inglaterra para la prueba a gran escala de tecnologías marinas. Consiste en una terminal eléctrica submarina a 16 kilómetros de la costa norte de Cornwall, en el suroeste de Inglaterra, a la que se pueden conectar dispositivos de energía undimotriz. El proyecto tiene un contrato de arrendamiento de 25 años por ocho kilómetros cuadrados de mar y tiene cuatro atracaderos separados,

<sup>23</sup> <http://www.orjip.org.uk/>

<sup>24</sup> <http://www.wavehub.co.uk/>



cada uno con una capacidad de 4-5 MW.

### Centros de Energía Marina en América Latina

Centro de Investigación e Innovación en Energía Marina (MERIC)<sup>25</sup> en Chile – la investigación interdisciplinaria desarrollada en MERIC permite comprender la dinámica de los ecosistemas relacionados con la extracción de energía renovable marina, así como la forma de adaptar las tecnologías actuales a las condiciones extremas de Chile. Al mismo tiempo, MERIC evalúa la experiencia internacional relacionada con procedimientos, regulaciones y políticas públicas que podrían ser adaptadas al contexto chileno, asegurando una adecuada gestión de los impactos sociales y ambientales de los proyectos de energía renovable marina, el cuidado de las comunidades y sus intereses, y trabajando en modelos y protocolos que ayuden en el proceso de toma de decisiones.

CEMIE-Océano (México) – centro mexicano de innovación en Energía Renovable Marina, integra el esfuerzo combinado de 46 institutos de educación superior, centros de investigación y empresas nacionales, así como 4 instituciones extranjeras. CEMIE recién comienza a organizarse internamente para iniciar el desarrollo de sus actividades.

### Centros de energía hidrocínética in Alaska

Centros de Energía Hidrocínética de Alaska para la Energía y Electricidad (ACEP)<sup>26</sup>, instalaciones de pruebas.

## Caso de Estudio 22 Cursos académicos de energía acuática en el Reino Unido

Varias instituciones ofrecen cursos específicamente dirigidos a las energías renovables acuáticas, algunos de las cuales se enumeran a continuación.

**Tabla 16 Instituciones del Reino Unido que ofrecen cursos sobre energía acuática**

Institución	Facultad	Curso
Heriot-Watt University	Facultad de Energía, Geo-ciencias, Infraestructura y Sociedad (EGIS)	Energía Marina Renovable
University of Strathclyde	Arquitectura Naval e Ingeniería Marina	Ingeniería Sostenible (Energía Renovable Marina)
Robert Gordon University	Facultad de Ingeniería	Maestría en Ciencias Renovables Marinas
University of Exeter	Energía renovable	Energía Renovable Marina
Cranfield University	Facultad de Ciencias Aplicadas	Tecnología Offshore y Oceánica con estudios en Energía Renovable Marina
Plymouth University	Facultad de Ciencias Biológicas y Marinas	Energía Marina Renovable
Bangor University	Facultad de Ciencias Oceánicas	Energía Marina Renovable
University of Leeds	Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica	Ingeniería Eléctrica y Sistemas de Energía Renovable
University of Edinburgh	Facultad de Ingeniería	Energía Marina
The university of Manchester	Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica	Energía Renovable y Tecnología Limpia

<sup>25</sup> [www.meric.cl](http://www.meric.cl)

<sup>26</sup> <http://acep.uaf.edu/>



### Caso de Estudio 23 Programa de Intercambio de Conocimientos sobre Energías Renovables Marinas (RU)

NERC financió el Programa de Intercambio de Conocimientos sobre Energías Renovables Marinas (MREKEP) para catalizar el desarrollo de alianzas entre las instituciones de investigación académica y la industria, así como entre reguladores y formuladores de políticas, a fin de acelerar el aprovechamiento de las investigaciones para informar al sector: <http://www.nerc.ac.uk/innovation/activities/infrastructure/offshore/>

Red de Conocimientos sobre Energía Undimotriz & Mareomotriz del Crown Estate (Crown Estate Wave & Tidal Knowledge Network): <http://www.waveandtidalknowledgenetwork.com/>

### Caso de Estudio 24 Capacitación de personal en tecnologías de baja emisión de carbono (Escocia)

En el año 2010, el Gobierno de Escocia anunció una iniciativa para apoyar a los empleadores que deseaban desarrollar las habilidades de sus empleados en tecnologías con bajas emisiones de carbono. Los 650 nuevos espacios, cuyos cursos fueron dictados a través de Skills Development Scotland<sup>27</sup>, están siendo financiados con el apoyo del Fondo Social Europeo. El fondo permite a los empleadores capacitar a los empleados en tecnologías de baja emisión de carbono como parte de la campaña del Gobierno de Escocia para maximizar los beneficios económicos de un sector privado más sostenible.

### Caso de Estudio 25 Apoyo financiero para proyectos de energía marina (Europa)

La Asociación Europea de Energía Oceánica (OES)<sup>28</sup> ha subrayado la necesidad de fomentar la inversión del sector privado a través de apoyo a los ingresos durante los años iniciales, sumado a préstamos blandos, co-inversión y garantías públicas, a fin de eliminar los riesgos financieros de los proyectos acuáticos. No es coincidencia que la mayor parte del desarrollo tecnológico comercial en energía marina esté concentrado en el Reino Unido, donde la tarifa propuesta más reciente es de £305 por MWh para proyectos que se inicien en el año 2017. Francia también brinda un sustancial apoyo financiero, estrechamente ligado a proyectos que generen actividad industrial directa en dicho país. Nueva Escocia, en Canadá, ha establecido recientemente una tarifa inicial de 575 USD por MWh para los dispositivos de prueba del Fundy Ocean Research Centre for Energy. Cabe notar que, a la fecha, el costo total de la Obligación en Renovables en Escocia, líder a nivel mundial, ha sido inferior a 75.000 USD (debido a la cantidad relativamente pequeña de energía generada hasta la fecha), aunque esta medida ha permitido la llegada de una cantidad récord de empresas de energía marina a Escocia y el Reino Unido.

Funding Ocean Renewable Energy through Strategic European Action (FORESEA)<sup>29</sup> busca brindar apoyo financiero a desarrolladores de tecnologías undimotrices y mareomotrices, cubriendo los costos asociados con el despliegue de tecnologías a escala en los centros de prueba apoyados por el grupo europeo, que incluyen:

- Centro Europeo de Energía Marina (EMEC), Reino Unido.
- SmartBay: Galway, Irlanda.
- SEM-REV: Nantes, Francia.
- Centro de Prueba Mareomotriz, Holanda.

Los ensayos de tecnologías pre-comerciales pueden incrementar significativamente el costo de desarrollo de las tecnologías. Se espera que, al eliminar esta porción importante del costo asociado, los inversionistas privados estarán más dispuestos a invertir en el desarrollo de la tecnología. Básicamente, esto eliminará parte del riesgo

<sup>27</sup> <https://www.skillsdevelopmentscotland.co.uk/>

<sup>28</sup> <http://www.oceanenergy-europe.eu/en/>

<sup>29</sup> <https://www.oceanenergy-europe.eu/en/eu-projects/current-projects/foresea>



involucrado en las pruebas en alta mar. El proyecto se prolongará hasta 2019, con un presupuesto total de €10,75 millones

<http://www.nweurope.eu/projects/project-search/funding-ocean-renewable-energy-through-strategic-european-action/>

### **Caso de Estudio 26 Inversiones en eólica marina e incentivos financieros (Reino Unido)**

Es necesario minimizar el riesgo de inversión en energías marinas renovables a través de un marco regulatorio estable. Inicialmente, existían los Certificados de Obligación en Renovables (ROC), pero actualmente existe un nuevo sistema, el Contrato por Diferencia (CFD). Un CFD es un contrato de derecho privado entre un generador de electricidad y Low Carbon Contracts Company (LCCC), una entidad pública. Un generador que participa en un CFD recibe la diferencia entre el 'precio de mercado' – un precio de la electricidad que refleja el costo de inversión en una determinada tecnología renovable – y el 'precio de referencia' – una medida del precio de mercado promedio de la electricidad en el mercado de Gran Bretaña.

El Canciller del Reino Unido publicó el presupuesto para el año 2017, anunciando que el Marco sería reemplazado por un nuevo conjunto de medidas de control que serían establecidas posteriormente en el transcurso del año. Se espera que los proyectos que están siendo actualmente considerados no estarán comprendidos dentro del Marco de Control en el año 2020. Como ya se indicó, es necesario minimizar el riesgo de inversión en energías renovables marinas a través de un marco regulatorio estable. Las empresas que desarrollan proyectos y los bancos de inversión verde pueden tomar decisiones financieras cuando los gobiernos generan confianza en la forma de un marco regulatorio estable e incentivos de inversión financiera para el desarrollo de proyectos eólicos marinos a gran escala. Este sería uno de los primeros pasos para el desarrollo de energía eólica marina en el Perú.

### **Caso de Estudio 27 Proyecto comunitario conectado a la red en Applecross, Highlands (Escocia)**

Una encuesta inicial realizada en el año 2009, identificó que había ocho ríos y arroyos aptos para un esquema de energía micro-hidráulica. No obstante, se confirmó que la capacidad potencial de exportación a la red era de sólo 90 kW. De esta manera, se seleccionó Allt Breugach como el emplazamiento más apropiado, y se adquirió una conexión de 90 kW. Se llegó a un acuerdo de alquiler con el propietario de los terrenos, con un ingreso bruto del 10% después de nueve años –un nivel considerado superior al promedio, comparado con proyectos energéticos comunitarios similares. Estos factores dieron como resultado un ingreso estimado para la comunidad de £30k al año.

A fin de maximizar los beneficios para la comunidad, 'Applecross Community Company Ltd' buscó maneras para utilizar el excedente de electricidad generada. Un estudio de factibilidad para la conversión de 'energía hidráulica a calor' recibió una subvención de £18k de Local Energy Scotland. Se propuso el esquema de calefacción porque ayudaría a reducir la pobreza en términos de combustible (definida como un hogar que gasta 10% o más de sus ingresos en energía) y a generar un mayor retorno financiero para la comunidad. Se hizo un modelado para calcular la cantidad de electricidad y calor generados, la cantidad de energía que no podría ser utilizada por ninguno de los dos, y la cantidad de calor de respaldo que se necesitaría cuando no hubiera energía hidráulica disponible. Se realizó un análisis financiero, incluyendo los flujos de ingresos resultantes de la venta de electricidad a los ocupantes de los edificios, los pagos FIT y la venta de electricidad a la red.

Durante esta fase del proyecto, el Operador de la Red de Distribución (DNO) anunció una reducción en el estimado de la capacidad de exportación a la red a tan sólo 50 kW. Los reembolsos fueron calculados en base a tres escenarios: la capacidad de 50 kW, una capacidad de 90 kW que estaría disponible en el año 2022, y una conexión tardía de 90 kW que estaría disponible en el año 2027. Los resultados mostraron que todos los escenarios generaban un beneficio financiero a largo plazo, pero que la instalación de una turbina de 90 kW era lo



más apropiado en todos los casos – y era suficiente para satisfacer la demanda disponible y con poca capacidad ociosa. El esquema de almacenamiento térmico mejora la utilización de la electricidad, pero no lo suficiente como para ser financieramente favorable. No obstante, sería preferible a la energía hidráulica únicamente si se puede garantizar el financiamiento.

Estos esquemas comunitarios de energía hidráulica dan un retorno a los inversionistas, pero también brindan un beneficio a la comunidad, que generalmente es destinado a causas y necesidades a nivel local. La revisión de las FIT realizada por el Gobierno en el año 2015 y el posterior cambio de política sobre energías renovables han reducido dramáticamente la tarifa de alimentación garantizada. Esto, sumado a la eliminación de los incentivos tributarios, ha hecho que el modelo de empresa de beneficio comunitario sea mucho menos favorable en el Reino Unido actualmente.

### **Caso de Estudio 28 Transbordador eléctrico (Noruega)**

El MF Ampere es el primer transbordador de automóviles y pasajeros totalmente impulsado por baterías eléctricas en todo el mundo. El transbordador realiza un trayecto de 5,6 Km que dura 20 minutos, atravesando los fiordos noruegos y repitiéndolo 34 veces al día. Al concluir cada ruta, la embarcación es recargada durante 10 minutos antes de zarpar nuevamente. Grandes bancos de baterías de 410 kWh, ubicados en los atracaderos, permiten contar con una alta capacidad eléctrica sin sobrecargar excesivamente la red local.

<http://corvusenergy.com/tag/mf-ampere/>

### **Caso de Estudio 29 Producción de hidrógeno (Escocia)**

Se han otorgado fondos para el proyecto Surf 'n' Turf en Orkney, Escocia, el cual permitirá utilizar una mayor porción de la energía renovable potencial disponible en Orkney. Debido a que el nivel de energía generada es muy superior a la demanda, la red está sujeta al encendido/apagado de los dispositivos renovables cuando la red no posee mayor capacidad. Se espera que, al aumentar el nivel de demanda eléctrica, los dispositivos generarán energía e ingresos con mayor frecuencia. El proyecto utilizará un electrolizador de hidrógeno cuando los dispositivos (eólicos y mareomotrices) estén apagados, este hidrógeno sería utilizado en otros lugares de la isla para reducir aún más las emisiones de carbono, mediante la utilización de pilas de combustible para generar electricidad y alimentar la flota de barcos que comunican las distintas islas.

<http://www.surfnurf.org.uk/>

### **Caso de Estudio 30 Barco propulsado con hidrógeno (Reino Unido)**

Desde el año 2010, la ciudad de Bristol, en el Reino Unido, ha operado un barco impulsado por una pila de combustible de hidrógeno dentro del puerto de la ciudad. Este barco ofrece transporte y servicios de alquiler en la ciudad. El barco de 12 pasajeros es propulsado por una pila de combustible de 12 kW, totalmente a base de hidrógeno.

<http://www.bristolhydrogenboats.co.uk/index.html>

### **Caso de Estudio 31 Hoja de ruta tecnológica de hidrógeno y pilas de combustible IRENA**

En el año 2015, la Agencia Internacional de Energía (AIE) publicó una hoja de ruta de la tecnología de hidrógeno y de pilas de combustible. La hoja de ruta incluye el uso de hidrógeno como medio de almacenamiento de energía, y pilas de combustible como medio de generación de energía para una serie de sectores. Esta hoja de ruta incluye:

- Una descripción de los pasos esenciales para el desarrollo de estas tecnologías en los próximos diez años.
- La situación y desempeño actuales de la industria, y su comparación con otros medios de almacenamiento de



energía.

- La eficiencia de los procesos de producción y almacenamiento de hidrógeno.
- La visión para 2050, incluyendo el transporte, la industria, los edificios, otras transformaciones y la generación de energía.
- Los factores económicos relacionados con la generación de energía.
- Las industrias en las que se puede introducir el uso del hidrógeno.

<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapHydrogenandFuelCells.pdf>

### Caso de Estudio 32 Proyectos de micro-generación en lugares remotos y desafiantes

Las tierras altas y las islas de Escocia tienen un terreno accidentado con una topografía y un clima que se prestan como ideales para la explotación de energía hídrica. Si bien los proyectos de generación hidroeléctrica a gran y mediana escala, involucran la construcción de imponentes represas para el embalsamiento del agua, la micro-generación hídrica desvía una parte del flujo a través de un sistema de salto de agua de poca altura y, tras la generación de la energía, el agua regresa al río. Actualmente, se reconoce que el potencial de generación a gran y mediana escala en Escocia es limitado, mientras que el mercado a micro escala tiene un gran potencial, con especial trascendencia en las zonas remotas, hogares individuales, negocios rurales y grupos comunitarios. Este potencial se inscribe dentro de algunos de los paisajes más escénicos y singulares de mundo, y cualquier desarrollo tiene que llevarse a cabo de forma adecuada y de acuerdo con los requisitos de otorgamiento de licencias y protección ambiental.

Las empresas que operan dentro del marco de la micro-generación pueden ser reconocidas como instaladores aprobados bajo el Programa de Certificación de Micro-generación (Microgeneration Certification Scheme - MCS), el cual está ligado a la elegibilidad de Feed in Tariffs (FITs<sup>30</sup>) conectadas a la red para sistemas PV (fotovoltaicos) y eólicos de menos de 50 kW. En el Reino Unido, la micro-generación hídrica (de menos de 50 kW) recibe la acreditación a través de Renewable Order Obligation (ROO-FIT<sup>31</sup>) y abarca capacidades de hasta 5 MW.



<sup>30</sup> <https://www.gov.uk/feed-in-tariffs>

<sup>31</sup> <https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/fit/applicants/roo-fit-large-installations>

Una de las empresas de las tierras altas que trabaja en este ámbito es Proterra Ltd<sup>32</sup>, que se especializa en el diseño, instalación y mantenimiento de micro-sistemas, típicamente de hasta 100 kW.

La empresa ha adquirido experiencia en zonas remotas, a menudo fuera de red, de logística difícil, y dentro de un estricto ambiente legislativo. A nivel internacional, la empresa reconoce el potencial de llevar esta experiencia a otras partes del mundo, donde no se cuenta con un suministro regular de la red eléctrica. La empresa está desarrollando una serie de productos tales como un Sistema Hídrico Móvil (Mobile Hydro System) capaz de proporcionar hasta 3 kW, así como sistemas de gestión de energía, sistemas de priorización de carga, y soluciones de almacenamiento inteligente para sistemas fuera de red, con el fin de maximizar la productividad de la energía generada.

### Caso de Estudio 33 Smart Hydro Power (SHP), Hidrocinética de ríos en Bellavista (Perú)

SHP inició un proyecto en una comunidad rural de Loreto denominada Bellavista. El proyecto, consiste en 2 turbinas hidrocinéticas de 5 kW de capacidad cada una, 8 paneles solares de 250 V, baterías y un generador diésel a modo de respaldo.

**Electrificación:** A partir de la electrificación, todos los 32 hogares en Bellavista poseen acceso a la mini-red instalada. Dentro de cada casa, se han instalado focos de luz, una base para los mismos y un interruptor. Todas las noches, las casas disponen de cuatro horas de electricidad, entre las 6p.m. y las 10p.m. Asimismo, se ha instalado alumbrado público en todo el centro del pueblo, permitiendo reuniones sociales y brindando mayor seguridad.

**Aqua potable:** SHP instaló un sistema de tratamiento de agua en Bellavista. La unidad de tratamiento consiste en una bomba eléctrica que automáticamente llena una torre de agua, desde donde el agua pasa por múltiples filtros y es accesible al público.

**Enfriamiento:** Se ha instalado un refrigerador grande y una máquina para hacer hielo en la sede comunal del pueblo para uso del público.

**Generación de empleos y capacidades:** La electricidad y el agua potable, combinados con el sistema de enfriamiento, ofrecen el potencial de generar varios puestos de trabajo. Asimismo, un equipo de tres personas ha recibido capacitación y ofrecen mantenimiento a los sistemas instalados. Estas personas reciben una remuneración proveniente de parte de los pagos mensuales por la electricidad.

#### Turbina SHP Perú (Smart Hydro Power<sup>33</sup>)



<sup>32</sup> [www.proterra-energy.com](http://www.proterra-energy.com)

<sup>33</sup> <http://www.smart-hydro.de/>

### Caso de Estudio 34 Blue Growth Strategy (Europa)

Blue Growth es la estrategia de Europa a largo plazo para apoyar el crecimiento sostenible en los sectores marino y marítimo de forma global. La Blue Growth Strategy contempla cinco posibles sectores para la generación de empleo y crecimiento sostenible: acuicultura, turismo costero, biotecnología marina, energía oceánica y minería en el fondo del mar. Para la energía oceánica en particular, la visión de Blue Growth Strategy es reunir a los Estados miembros, la industria y la Comisión para trabajar en forma conjunta para acelerar el desarrollo del sector. La Comisión ha establecido una serie de acciones que permiten visualizar la futura posición del sector de energía oceánica en Europa. En términos de la capacidad de energías oceánicas instaladas en Europa, se puede considerar que el Reino Unido está relativamente avanzado, con una capacidad instalada de 9,33 MW de energía undimotriz y mareomotriz, la mayor de cualquier estado miembro de la OES. El avance hacia el logro de las metas de investigación y desarrollo de crecimiento azul del Reino Unido es posible, en gran medida, gracias a una serie de instituciones de investigación y desarrollo claves, incluyendo Energy Technologies Institute (ETI), Innovate UK y The Offshore Renewable Energy Catapult.

[http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/blue\\_growth\\_en](http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/blue_growth_en)

### Caso de Estudio 35 Hoja de Ruta Estratégica sobre Energía Oceánica de la Unión Europea (Europa)

La Hoja de Ruta Estratégica sobre Energía Oceánica fue publicada en Noviembre del año 2016 y fue encargada por la Dirección General de la Comisión Europea en colaboración con el Foro sobre Energía Oceánica (OEF). El objetivo del OEF es reunir a las partes involucradas para entender los problemas que enfrenta la industria y, en forma conjunta, generar soluciones.

[https://webgate.ec.europa.eu/maritimeforum/sites/maritimeforum/files/OceanEnergyForum\\_Roadmap\\_Online\\_Version\\_08Nov2016.pdf](https://webgate.ec.europa.eu/maritimeforum/sites/maritimeforum/files/OceanEnergyForum_Roadmap_Online_Version_08Nov2016.pdf)

### Caso de Estudio 36 Testeo de dispositivo undimotriz, Atmocean (Perú, Ilo)

En base a los dos testeos que realizó Atmocean, empresa con tecnología undimotriz en Ilo en el año 2015, la empresa invirtió en el mercado peruano, en actividades que incluían hospedaje, alimentación, transporte de materiales, tarifas portuarias, operaciones marinas, tarifas de importación, suministros locales para la construcción, al igual que la construcción local. En cuanto al empleo, Atmocean contribuyó al empleo directo de más de 60 personas que trabajaron en el proyecto durante las pruebas, y la empresa tuvo un efecto positivo directo sobre otras 120 personas en el sur del Perú. Atmocean considera que, para cada uno de sus dispositivos, podrían construir el 80% de los equipos en el Perú. Las operaciones generarían entre 20 y 30 empleos a tiempo completo en cada proyecto, y cientos de empleos de construcción a tiempo parcial durante la fase de construcción.

#### Tecnología de Atmocean en Ilo (Atmocean<sup>34</sup>)



<sup>34</sup> <https://atmocean.com/>

### Caso de Estudio 37 Generación de empleos en la periferia (Orkney, Escocia)

En los últimos años, se ha producido un aumento en el número de empresas creadas en Orkney (Duport Associates Ltd, 2012). El informe también muestra un aumento significativo en el crecimiento neto de las empresas si se comparan el año 2009 y el 2012, lo cual sugiere que la economía de la región ha crecido y se ha fortalecido durante los últimos tres años. Durante mucho tiempo, la economía de estas islas relativamente aisladas se ha basado en la agricultura, gracias a sus suelos extremadamente fértiles y a un rico legado agropecuario. Sin embargo, Orkney también está tomando el liderazgo en el campo de la energía renovable, especialmente en energía eólica, undimotriz y mareomotriz. Los datos referentes a la denominación de las empresas que aparecen en el informe sugieren que nuevas empresas están siendo creadas en esta industria, ya que los términos "eólica", "energía" y "renovables" han sido los diez más comunes utilizados en los nombres de nuevas empresas entre junio del año 2011 y junio del año 2012. Se estima que han habido más de 300 millones de libras esterlinas de inversión hasta la fecha en Orkney como resultado de proyectos de energía renovable marina e infraestructura de apoyo. Esta inversión ha apoyado en la creación de más de 200 empleos, en varios sectores relacionados con las energías renovables marinas, incluyendo:

- Consultoría ambiental y permisos.
- Operaciones en alta mar y topografía.
- Ingeniería eléctrica.
- Modelado hidrodinámico.

Estos niveles de inversión y números de puestos de trabajo se han logrado durante la investigación, desarrollo y prueba de dispositivos marinos renovables, por lo que se espera que estos números aumenten sustancialmente si los proyectos a gran escala (como Brims Tidal Array<sup>35</sup>) continúan. Durante la construcción de estos proyectos de gran envergadura se crean una gran cantidad de inversiones y empleos temporales, generando puestos de trabajo e inversiones significativos durante la operación y mantenimiento de dichos proyectos.

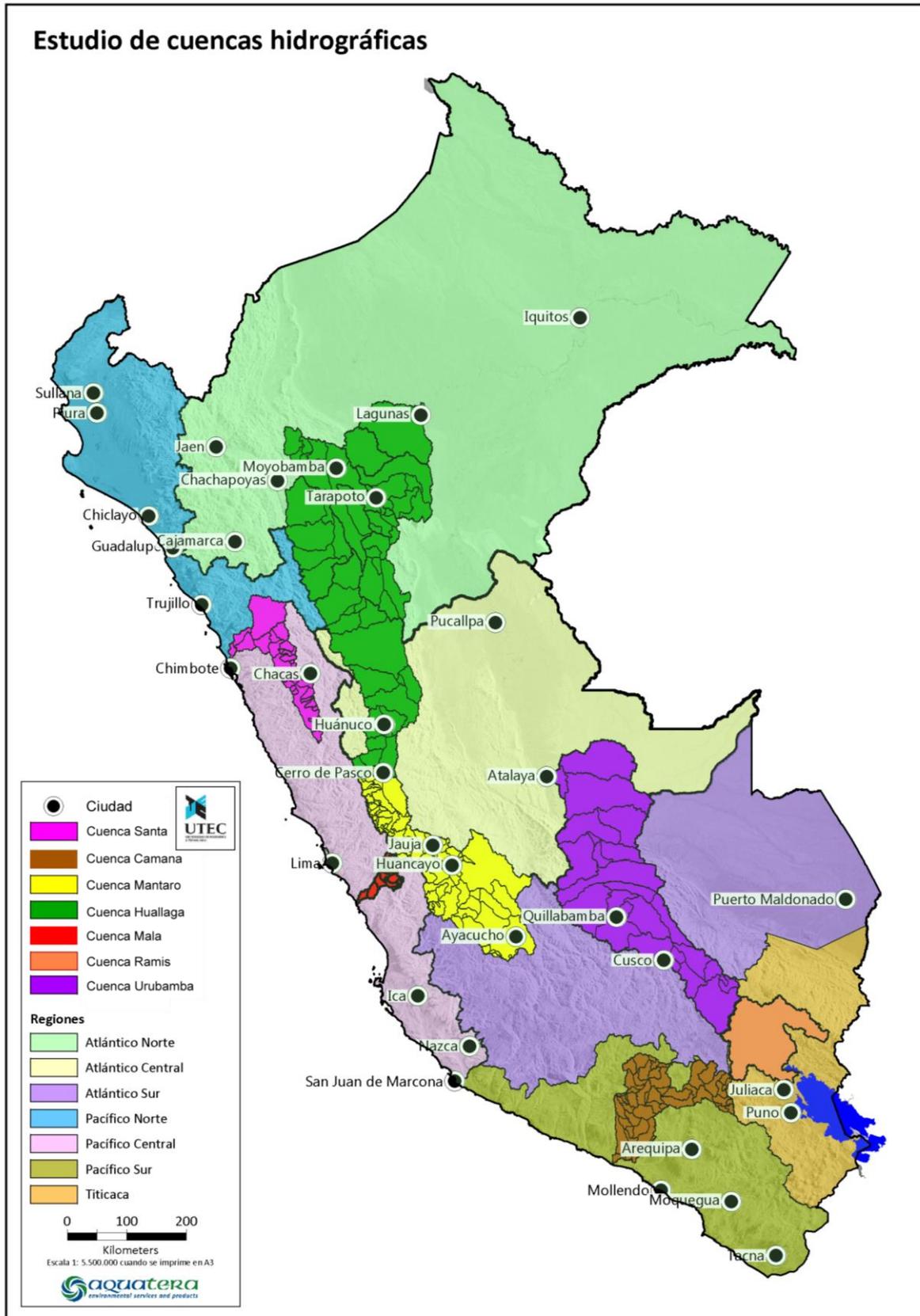
En el año 2012, hubo un total de 70 nuevos negocios registrados en Orkney, siendo un año récord para Orkney. Sin embargo, desde el año 2012, se redujo a 57 nuevos negocios en el año 2013 y a 53 en el año 2014. Según los datos más recientes publicados por Duport Ltd, 18 nuevas empresas se registraron en Orkney entre enero y marzo del año 2015. En cuanto a las tendencias en la designación de las empresas, el término "energía" sigue estando entre los 10 más utilizados en los nombres de las nuevas empresas registradas cada año; mientras que "eólica", y "renovables" varían en uso y popularidad. Durante el primer trimestre el año 2015 (nuevamente, según los datos más recientes) 8 empresas han cerrado, comparado con 7 que cerraron durante el mismo trimestre en el año 2014.

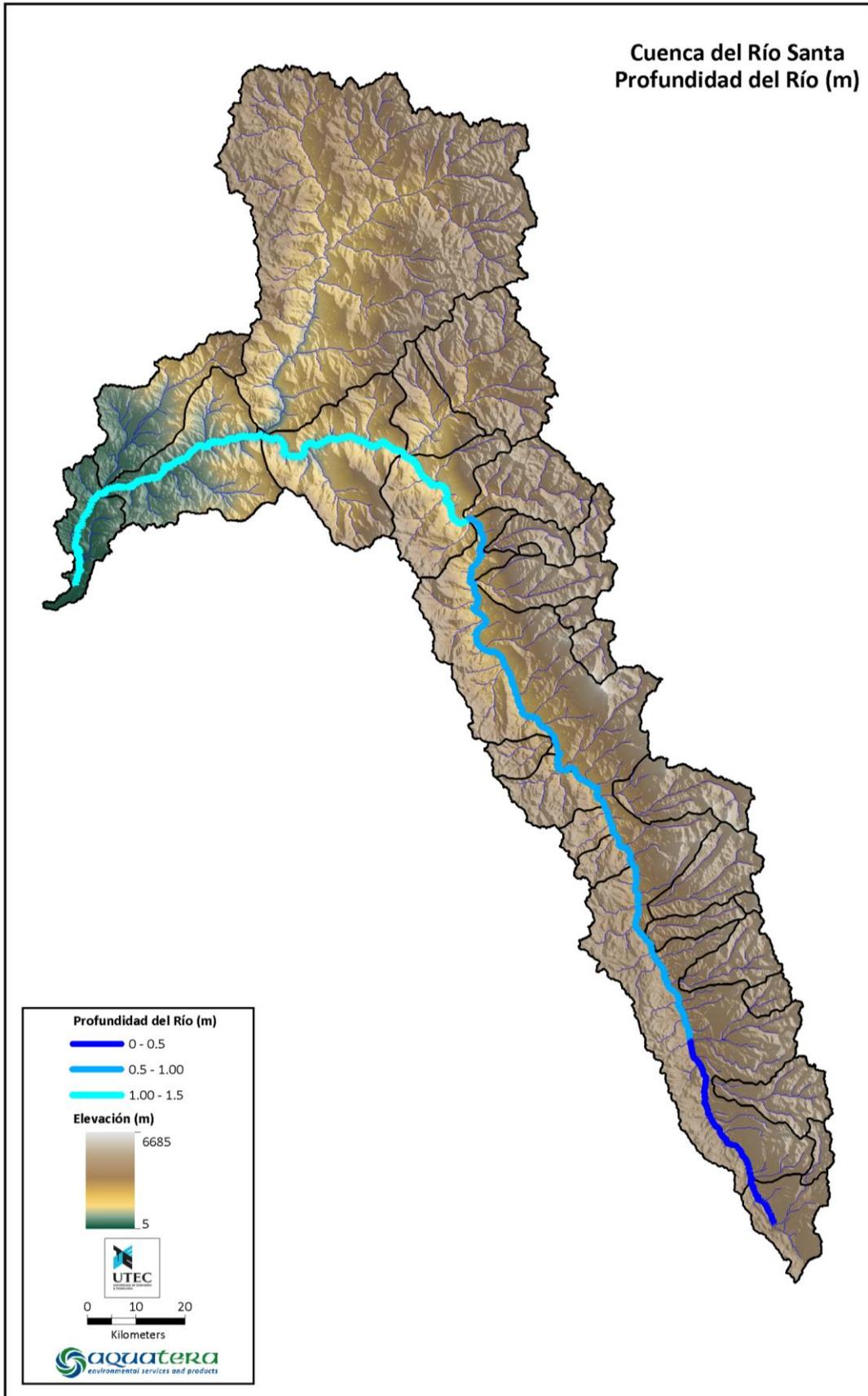
---

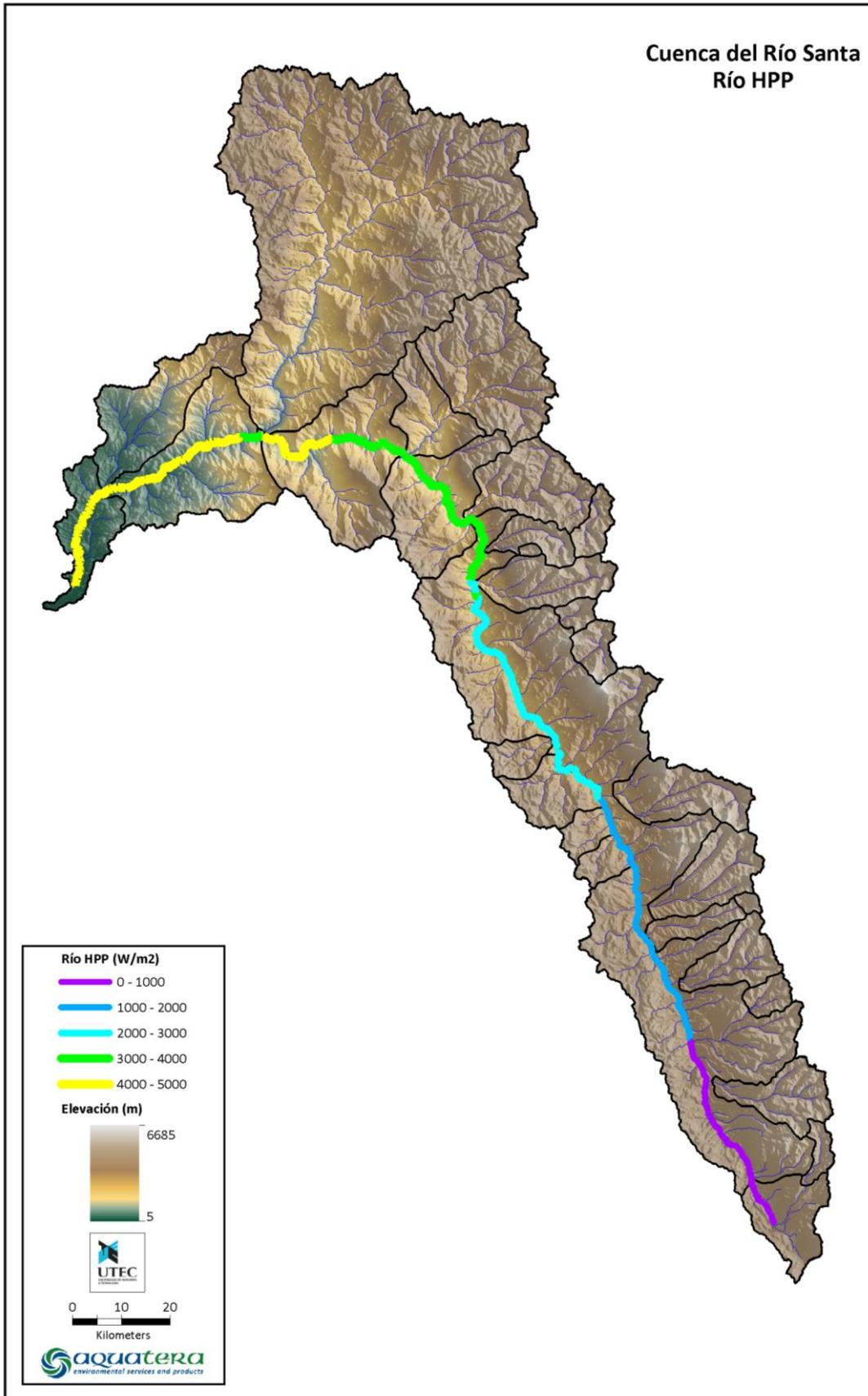
<sup>35</sup> <https://tethys.pnnl.gov/annex-iv-sites/brims-tidal-array>

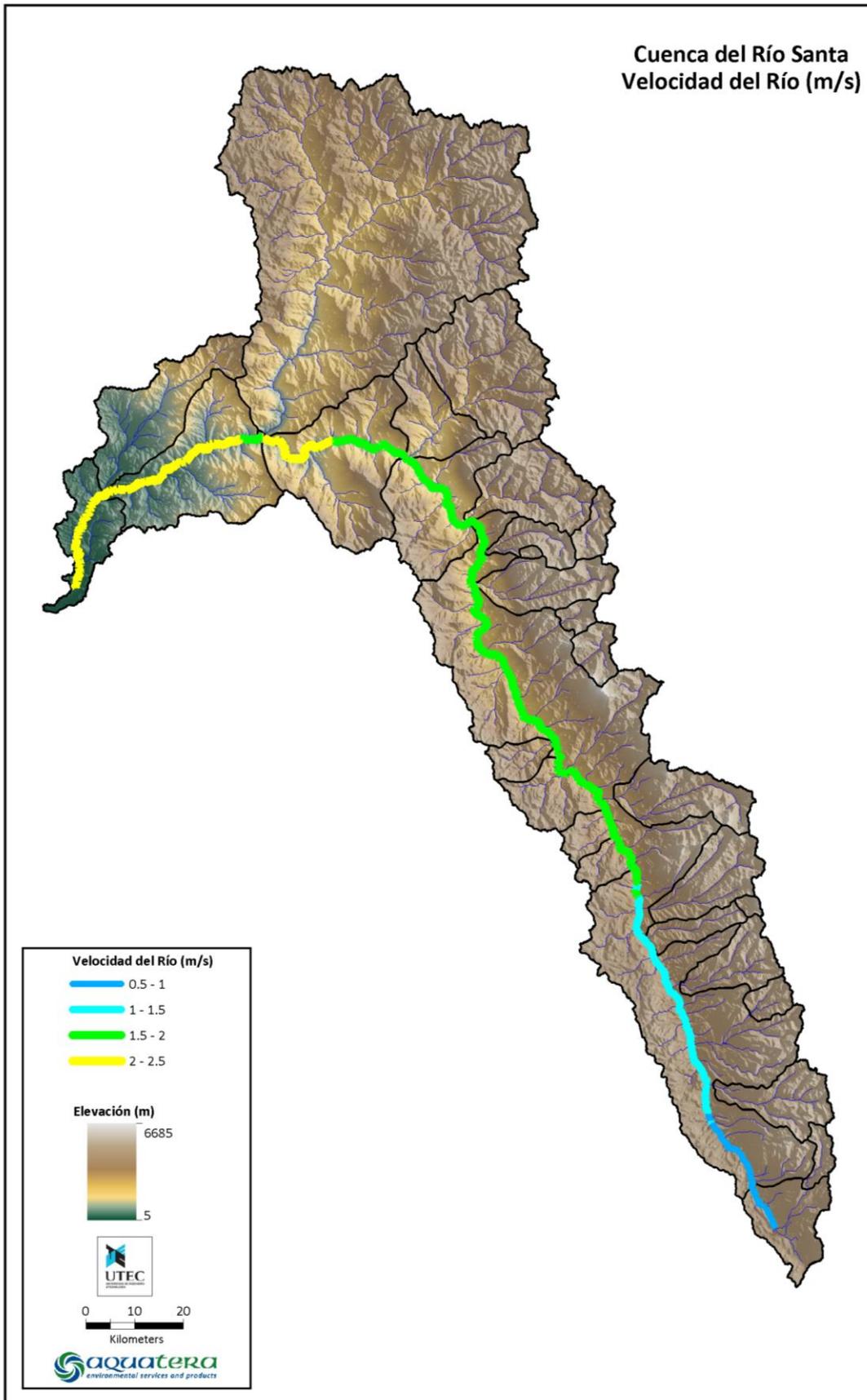


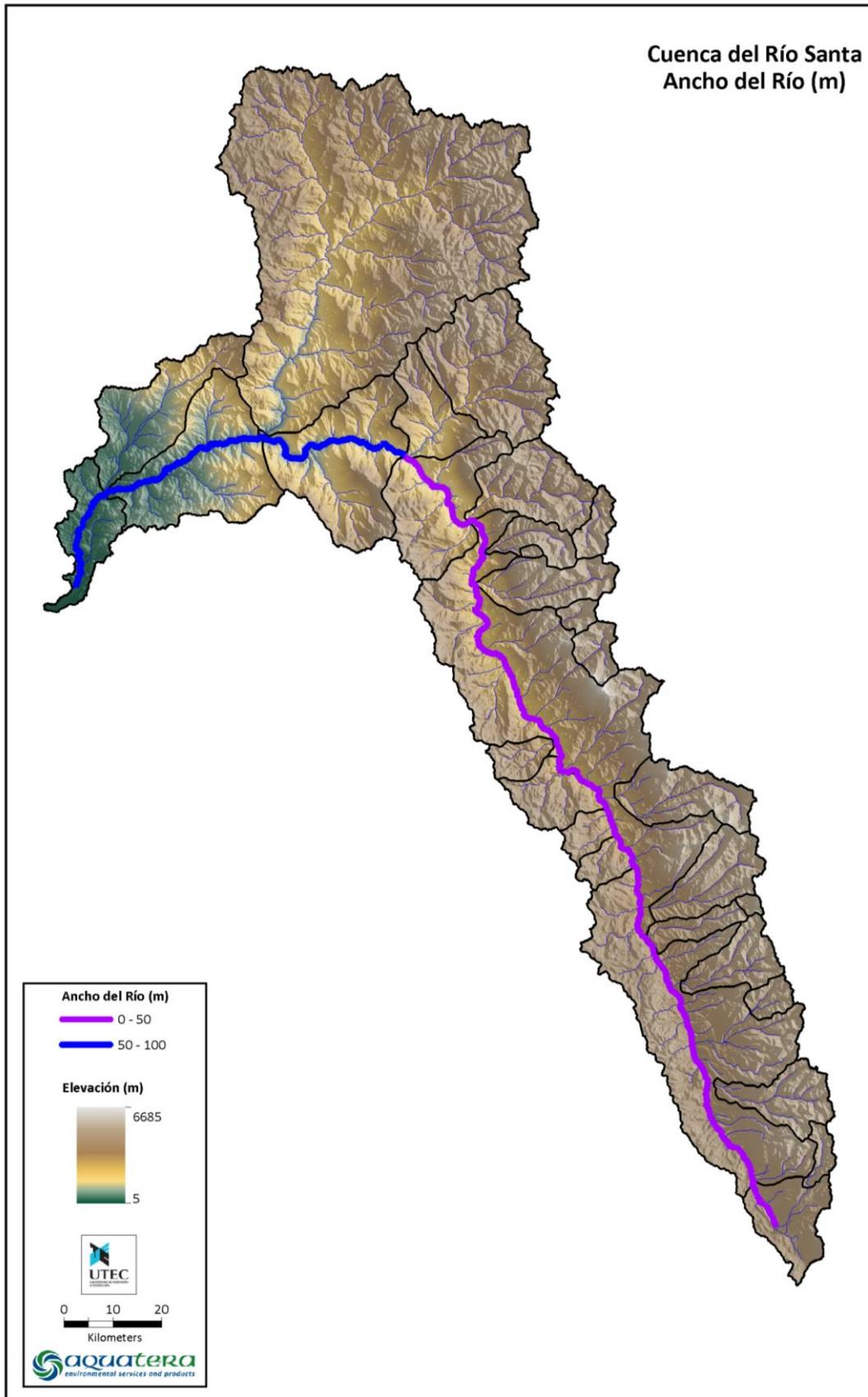
## APÉNDICE B: ANÁLISIS DE SIETE CUENTAS EN EL PERÚ

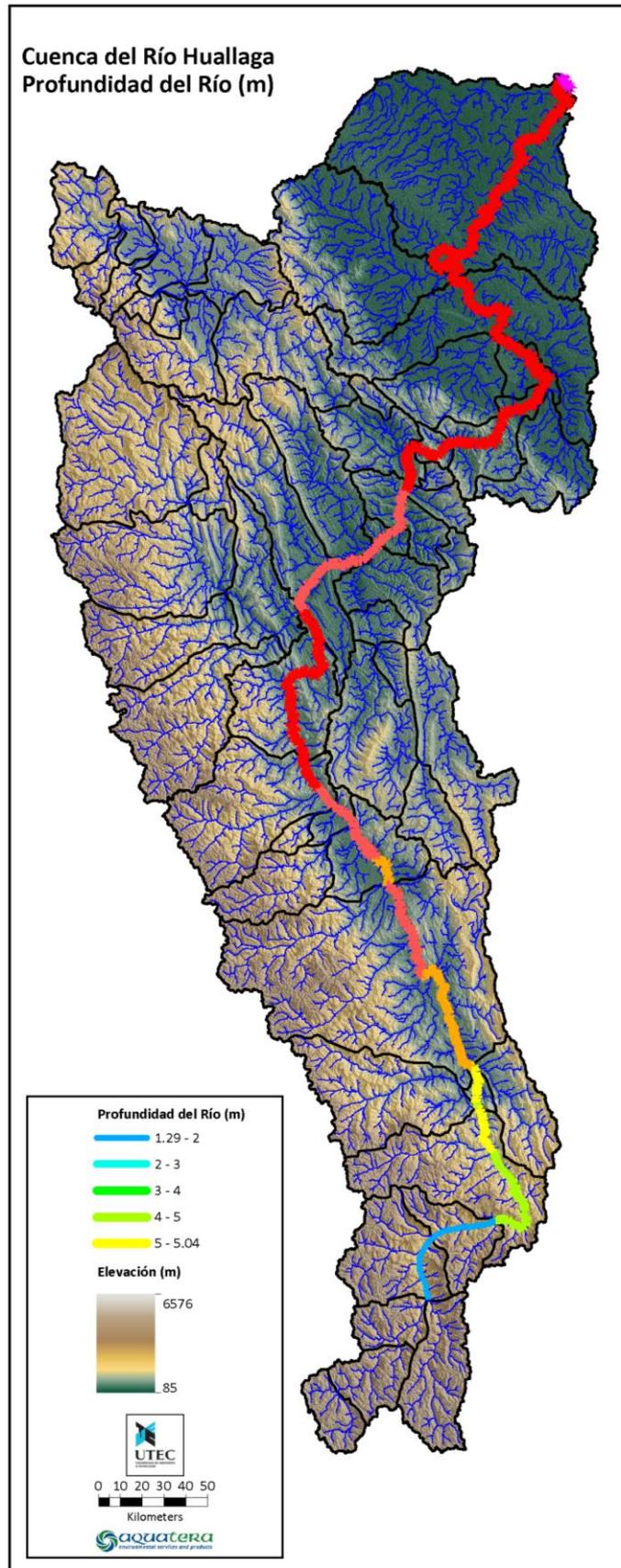


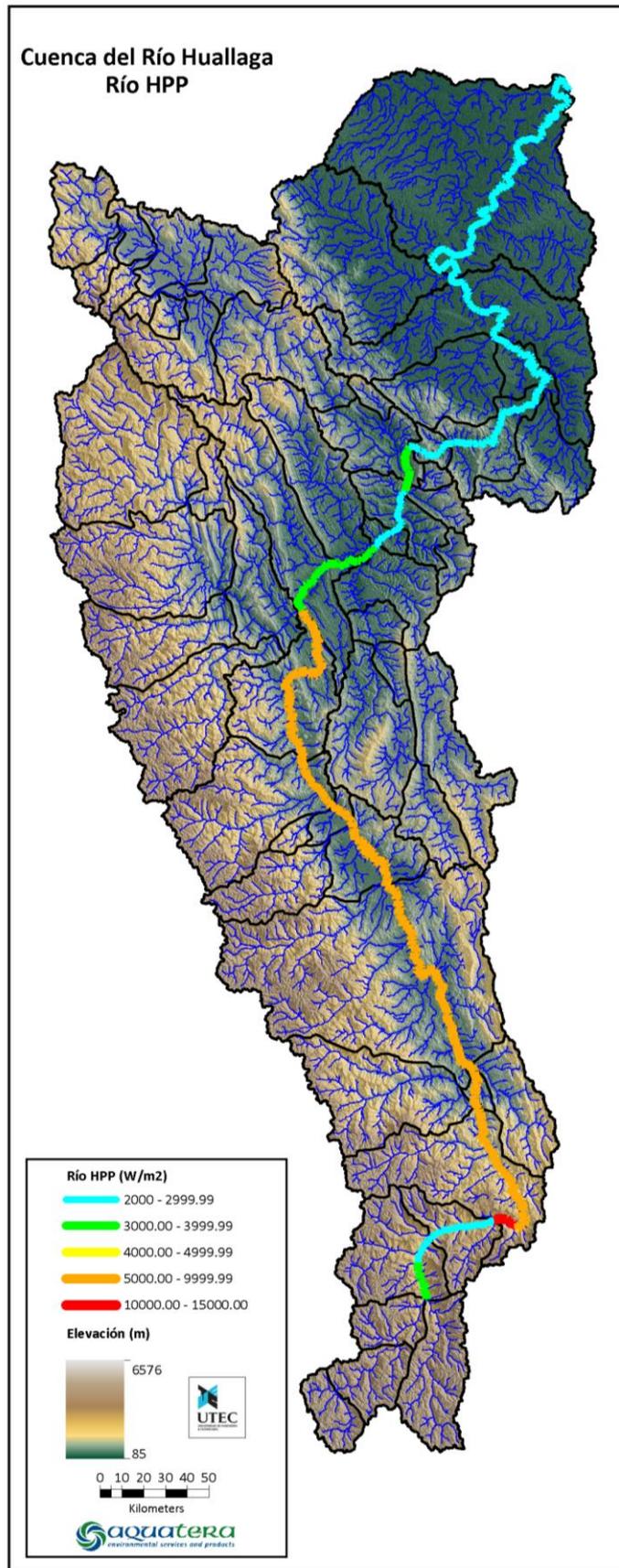


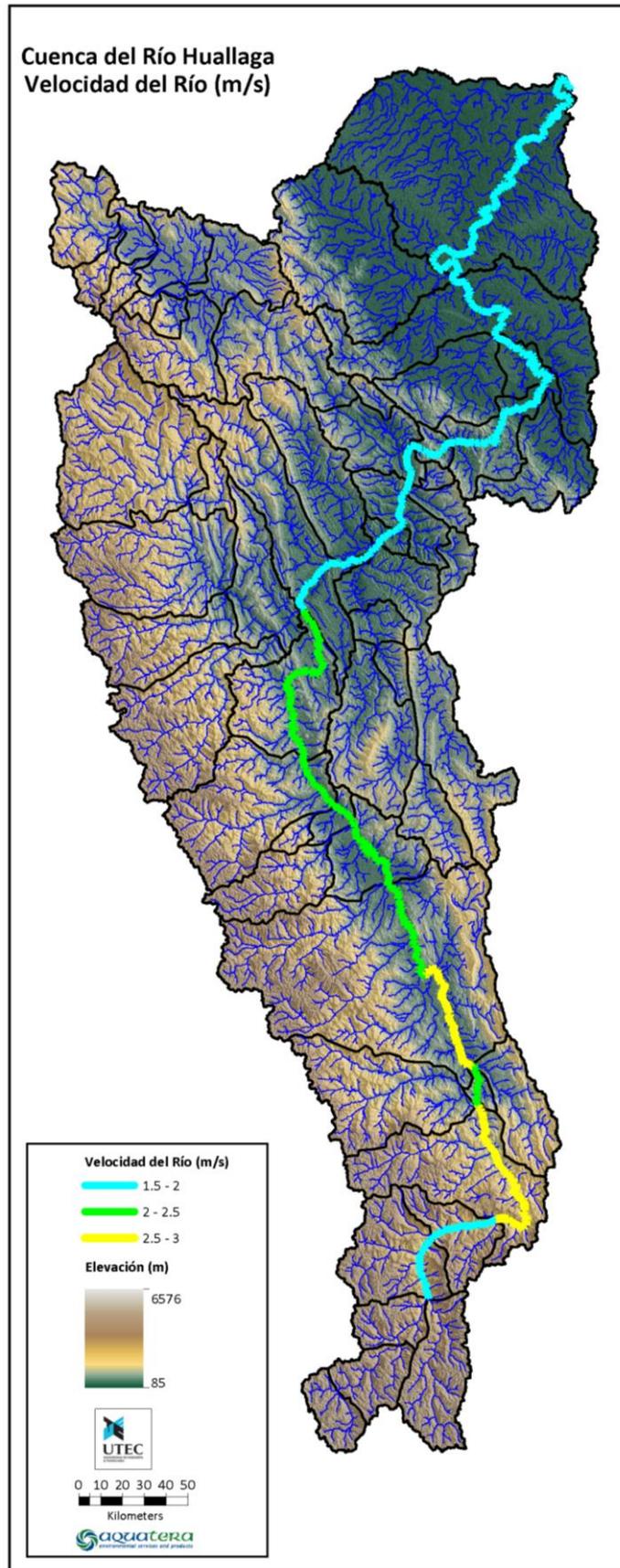


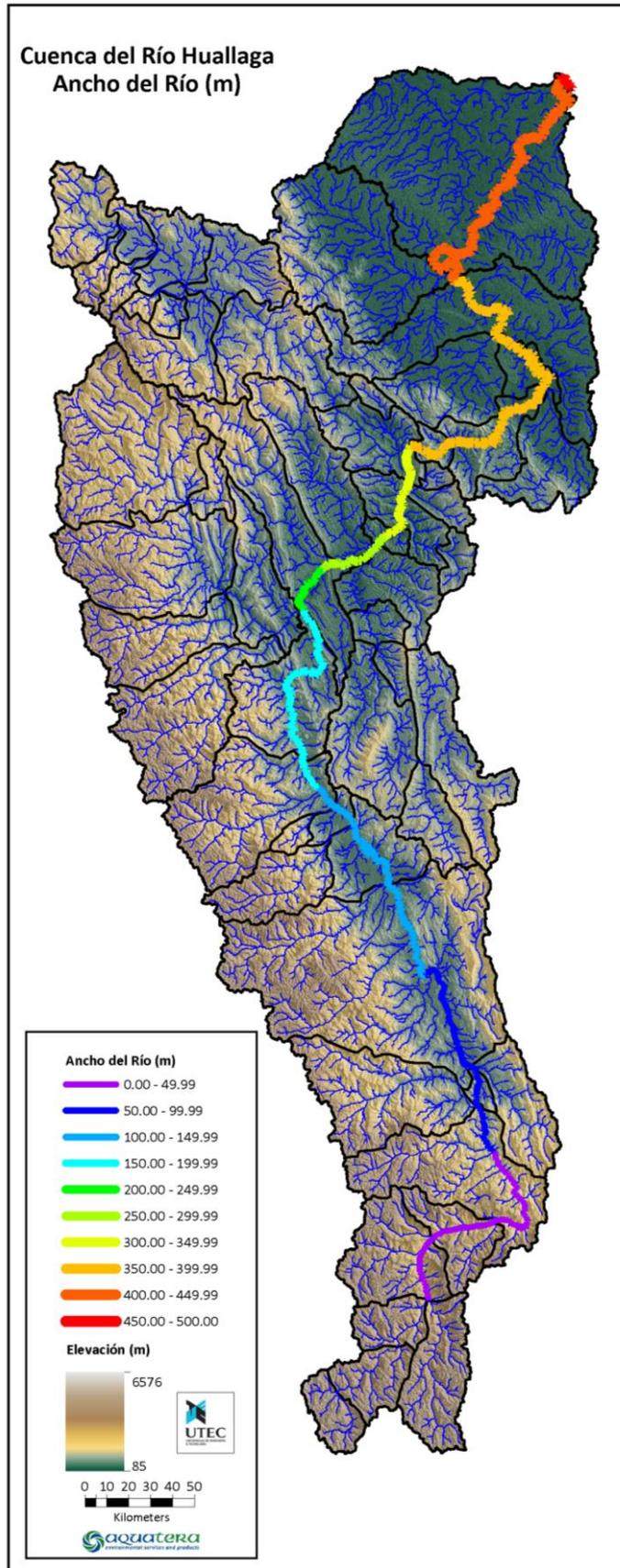


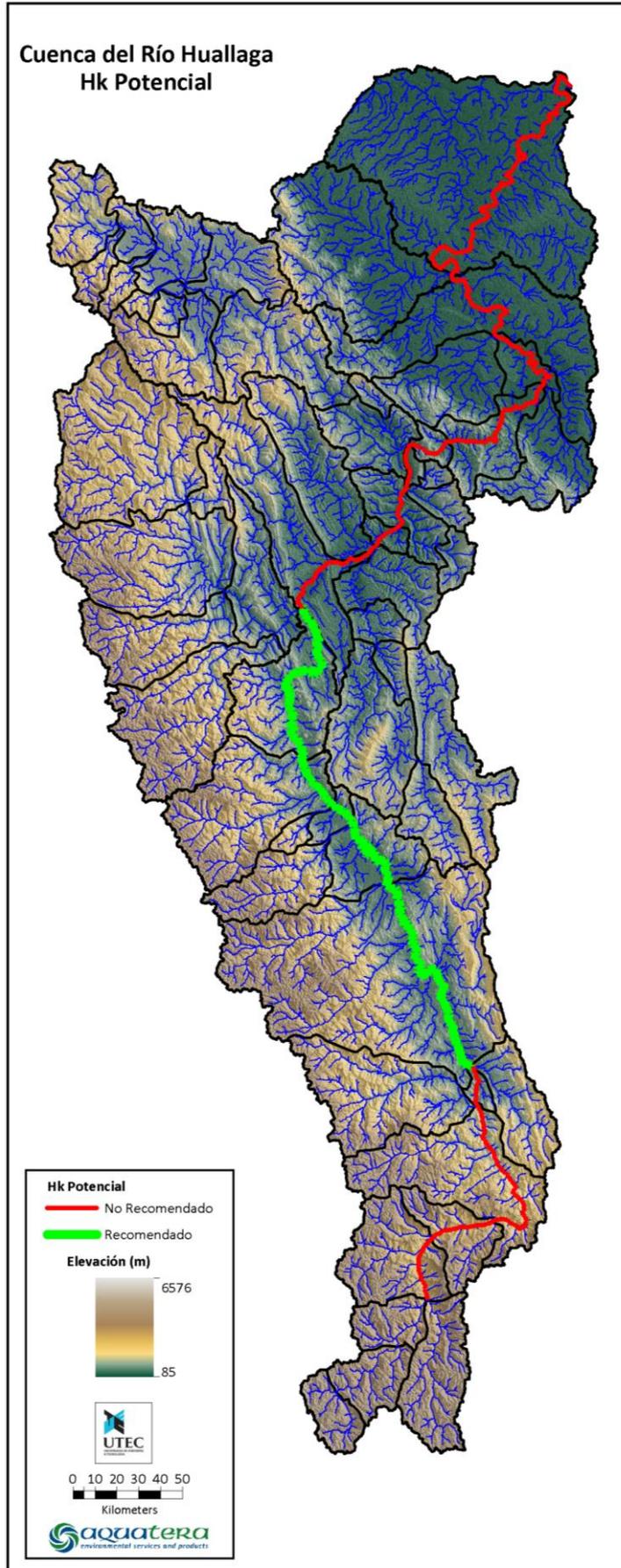


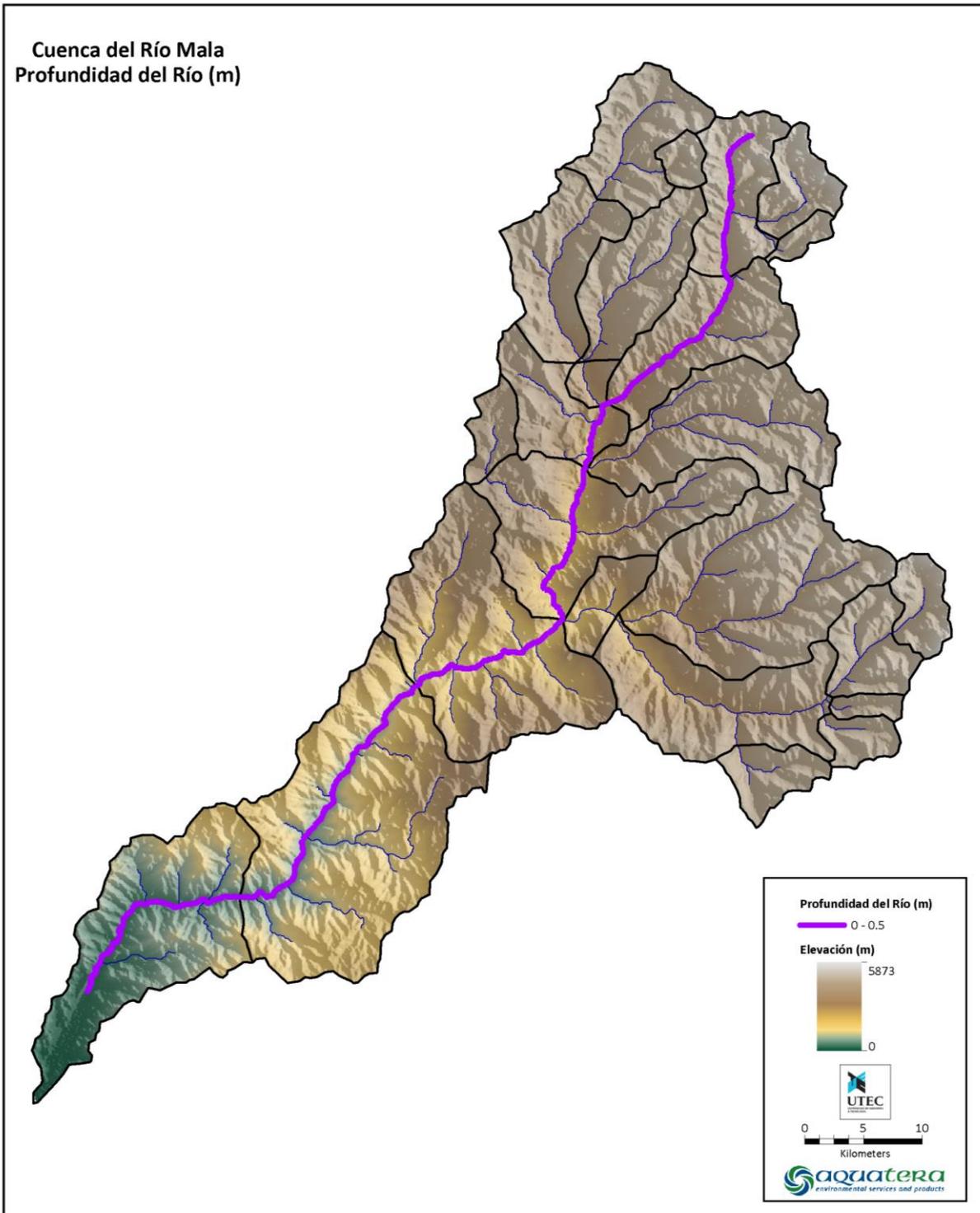


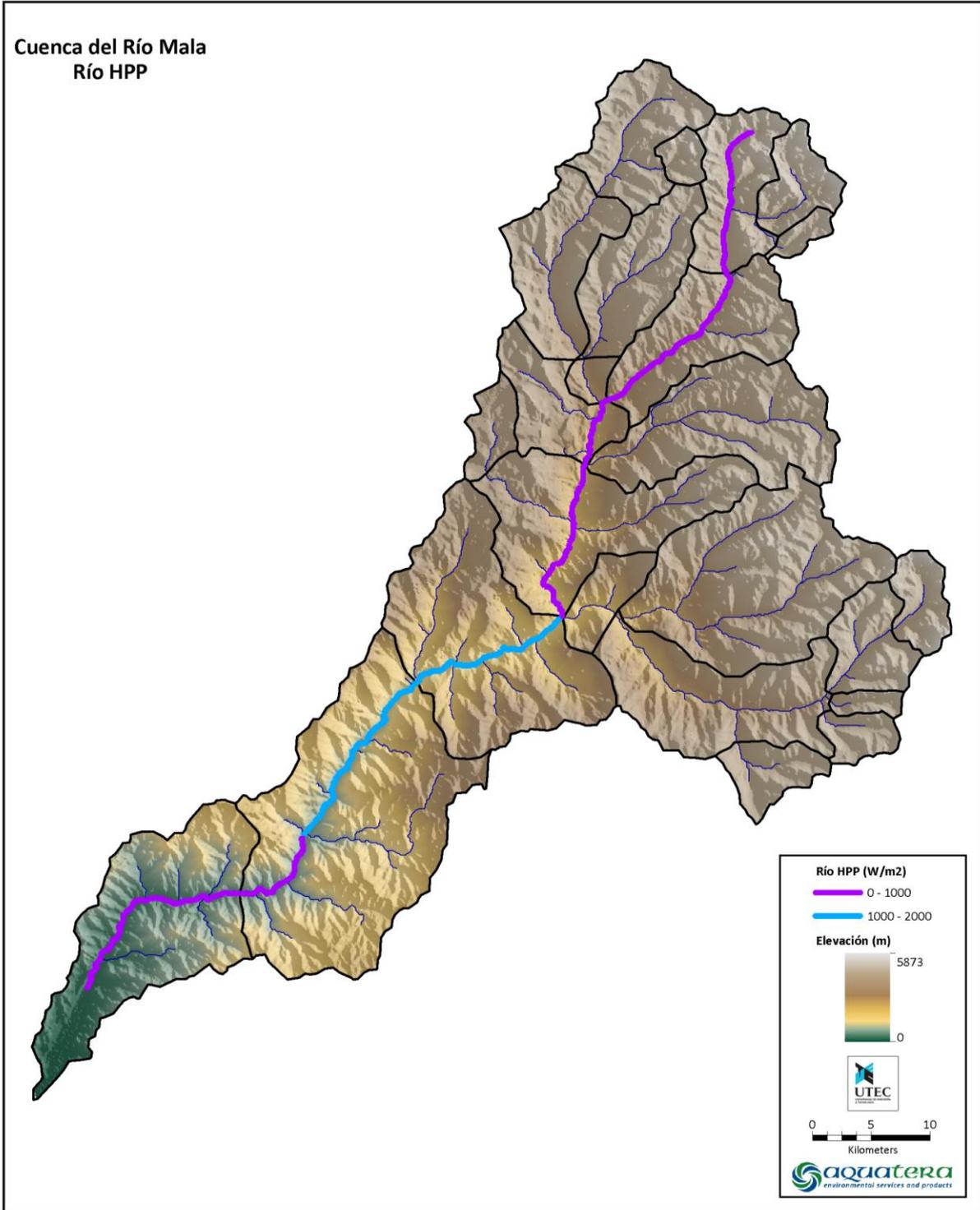


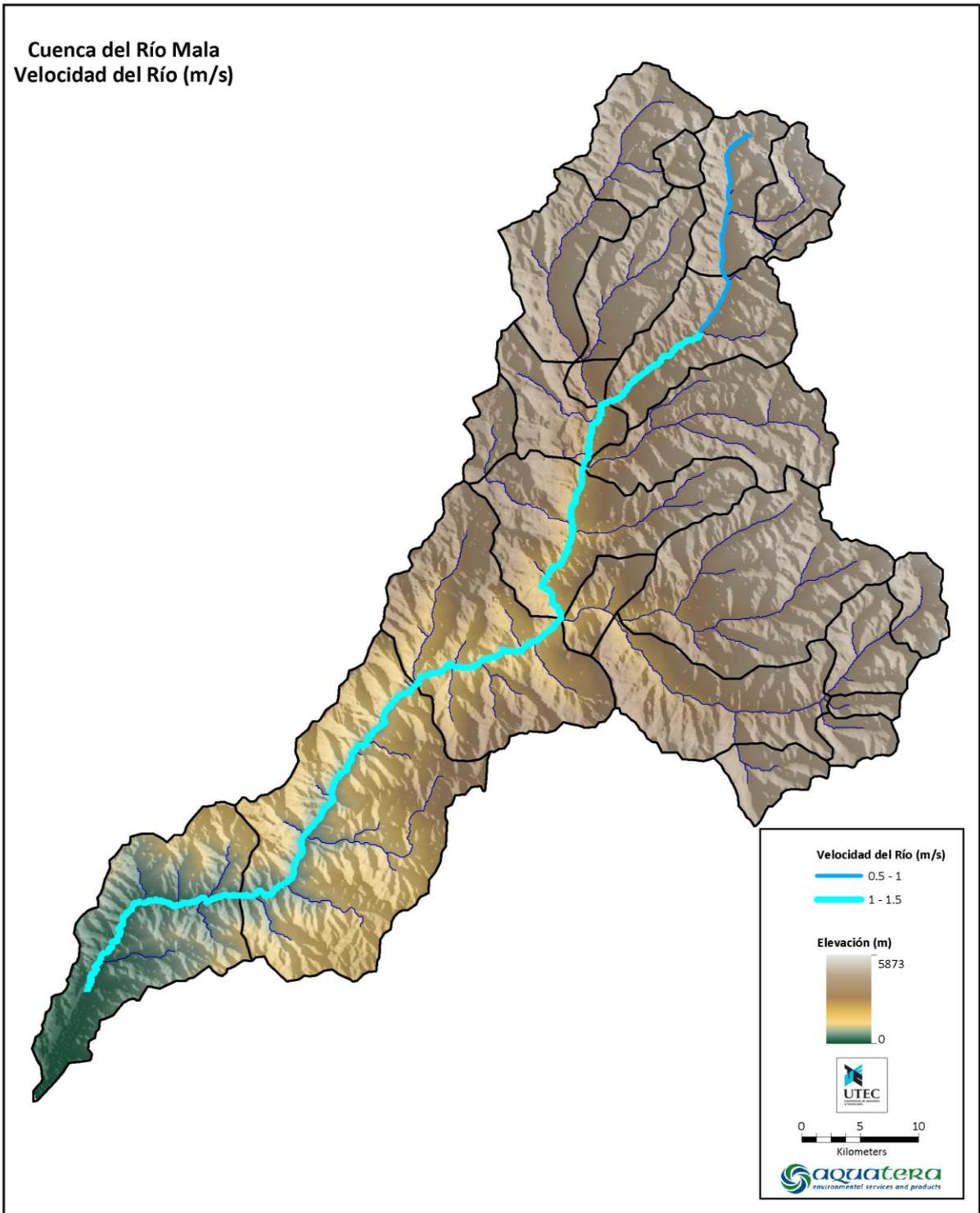




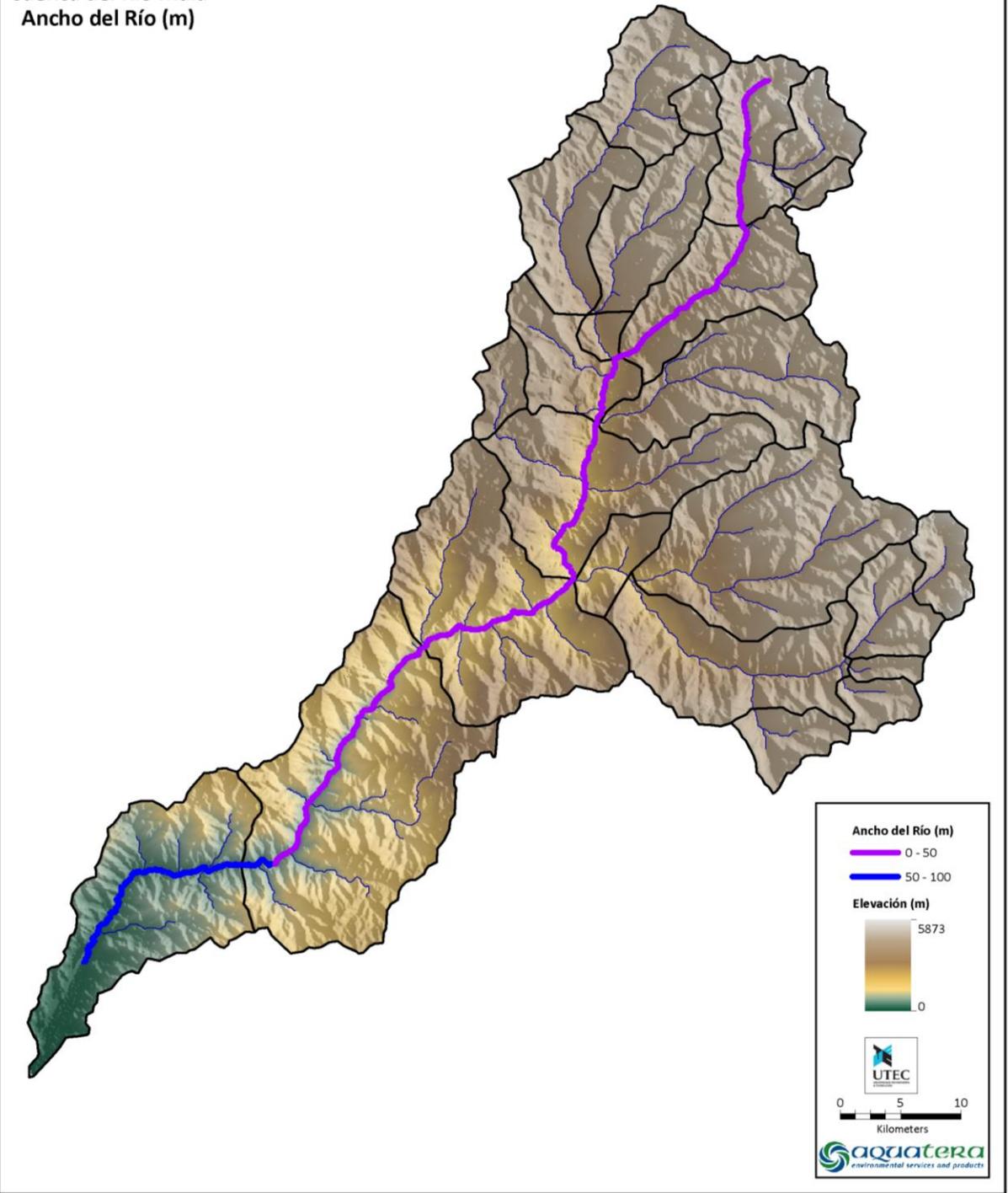


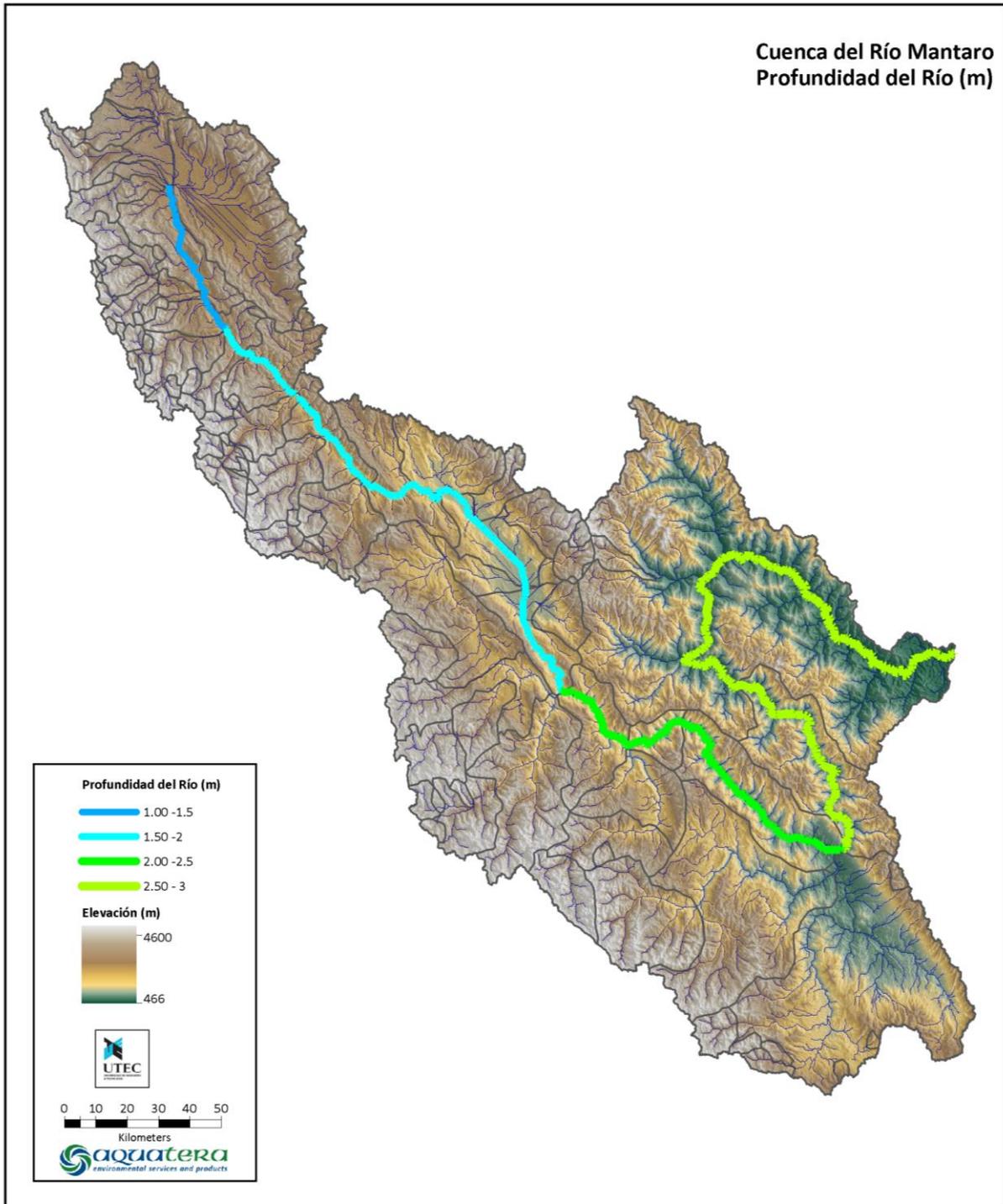


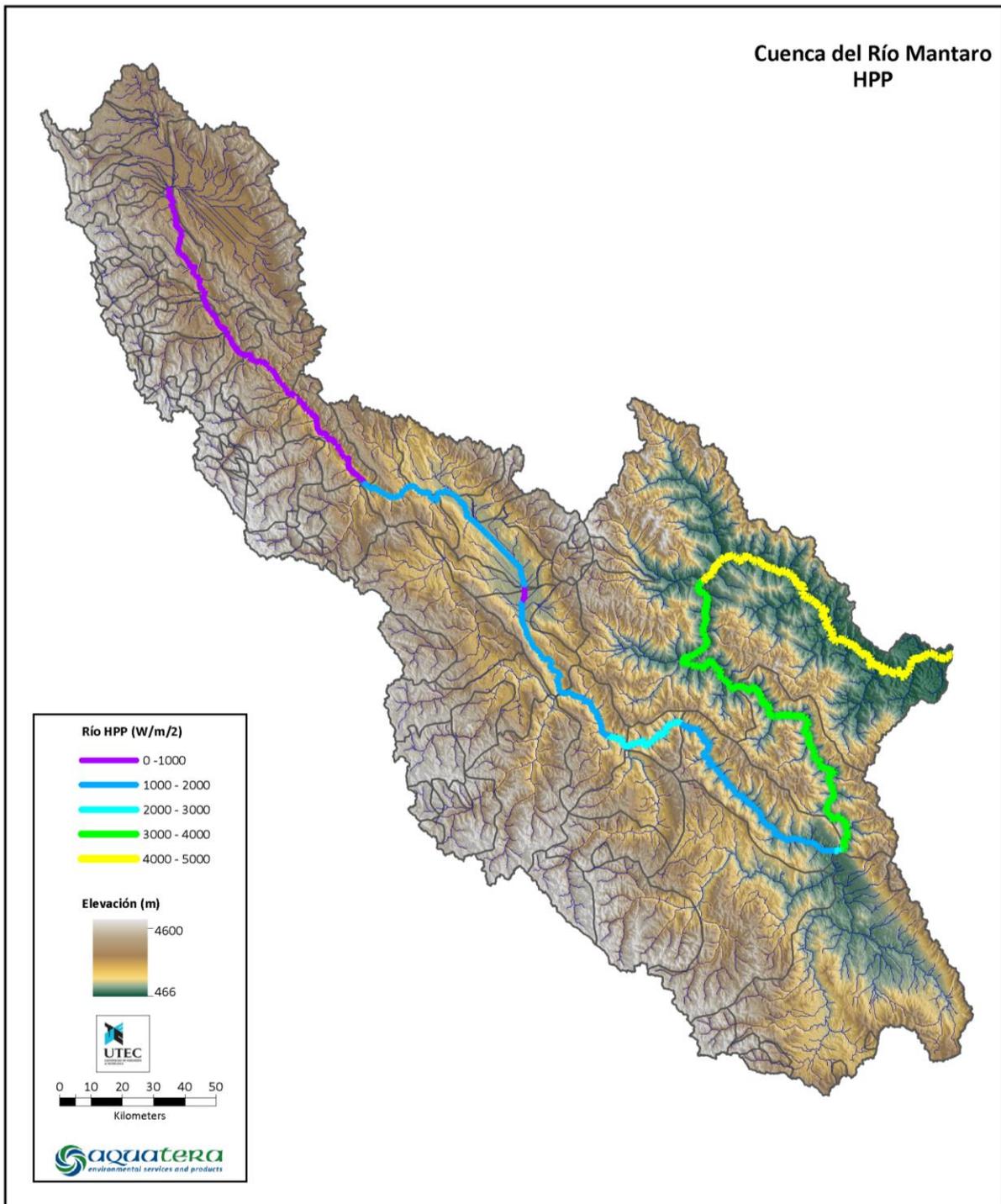


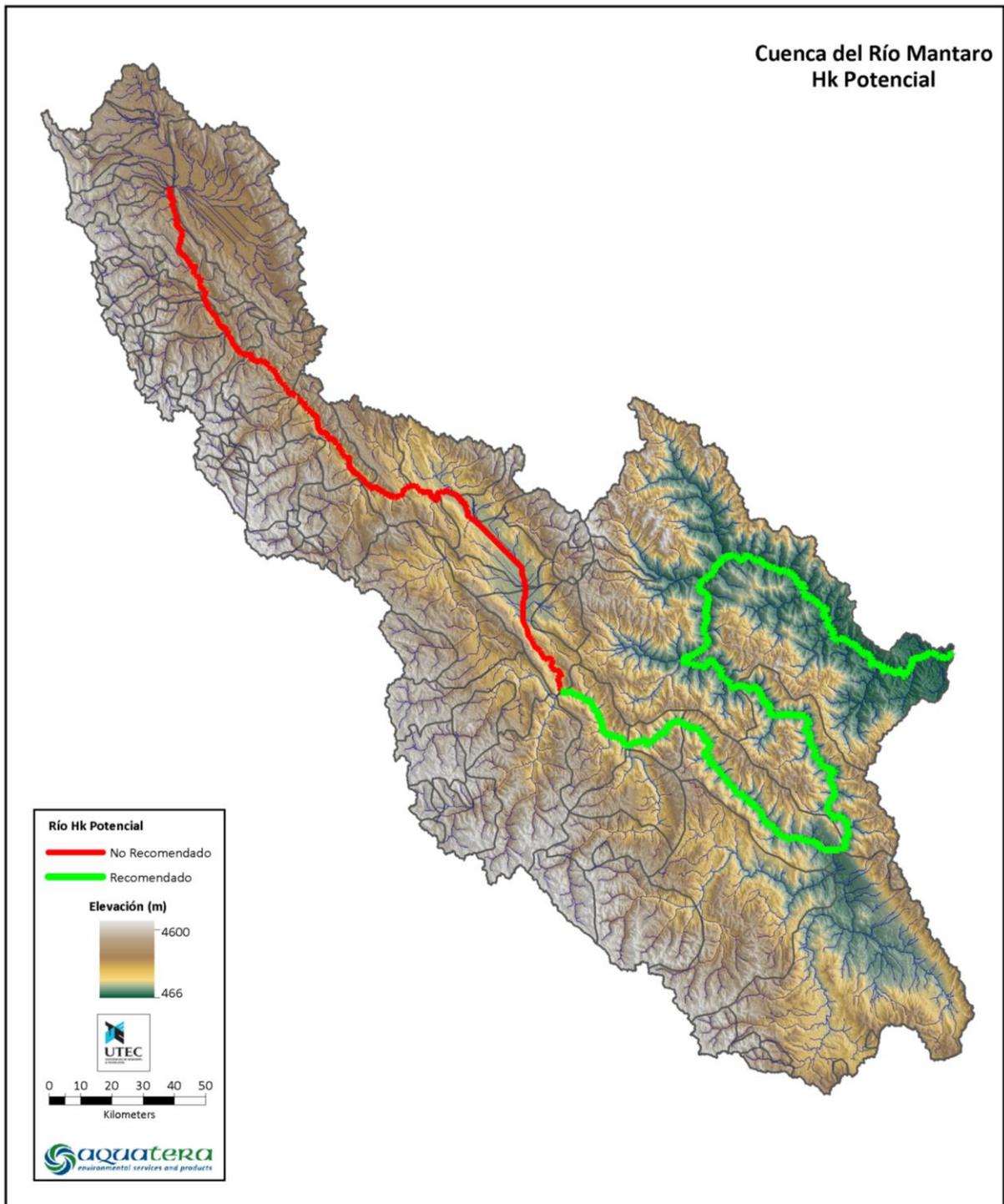


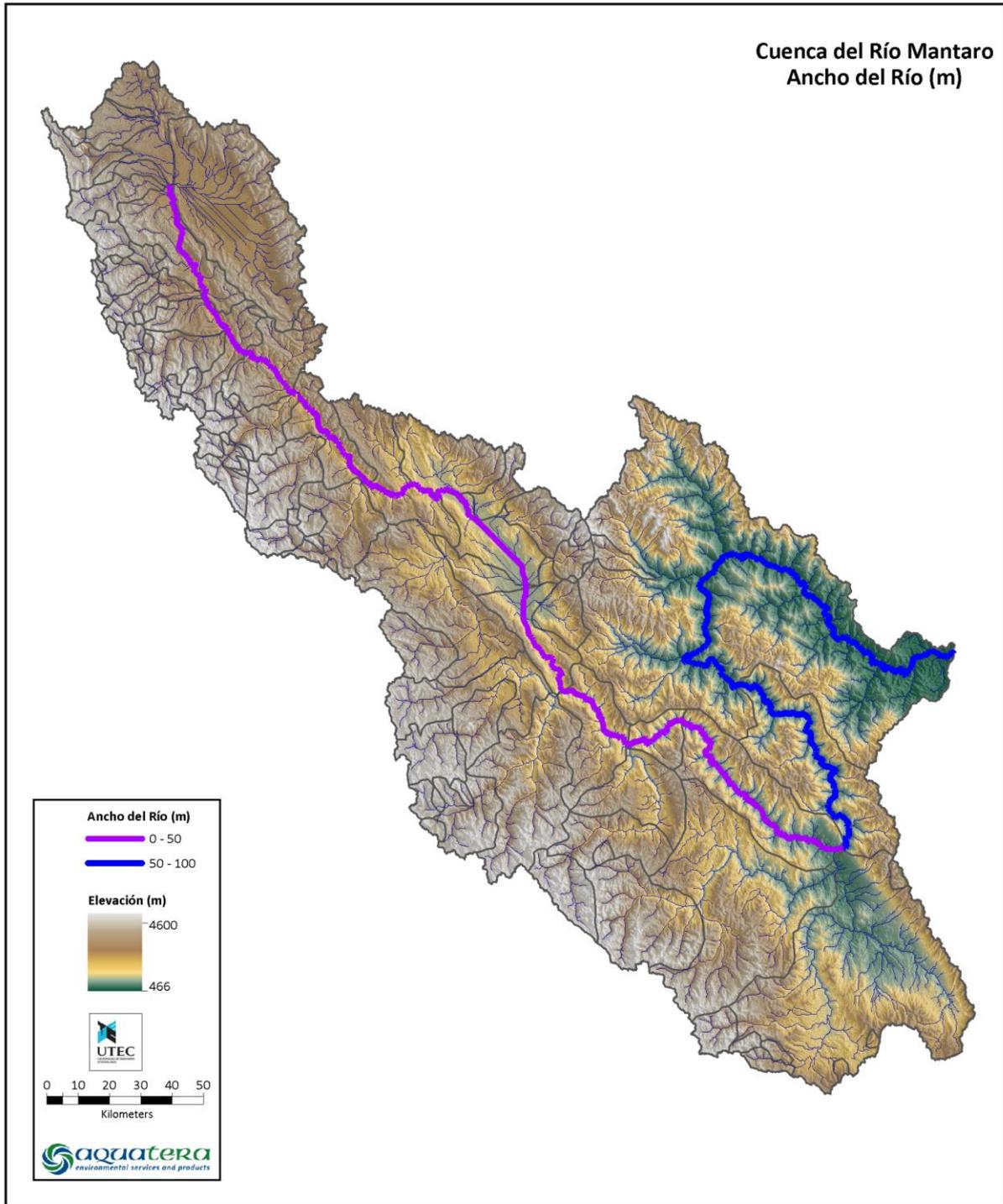
Cuenca del Río Mala  
Ancho del Río (m)

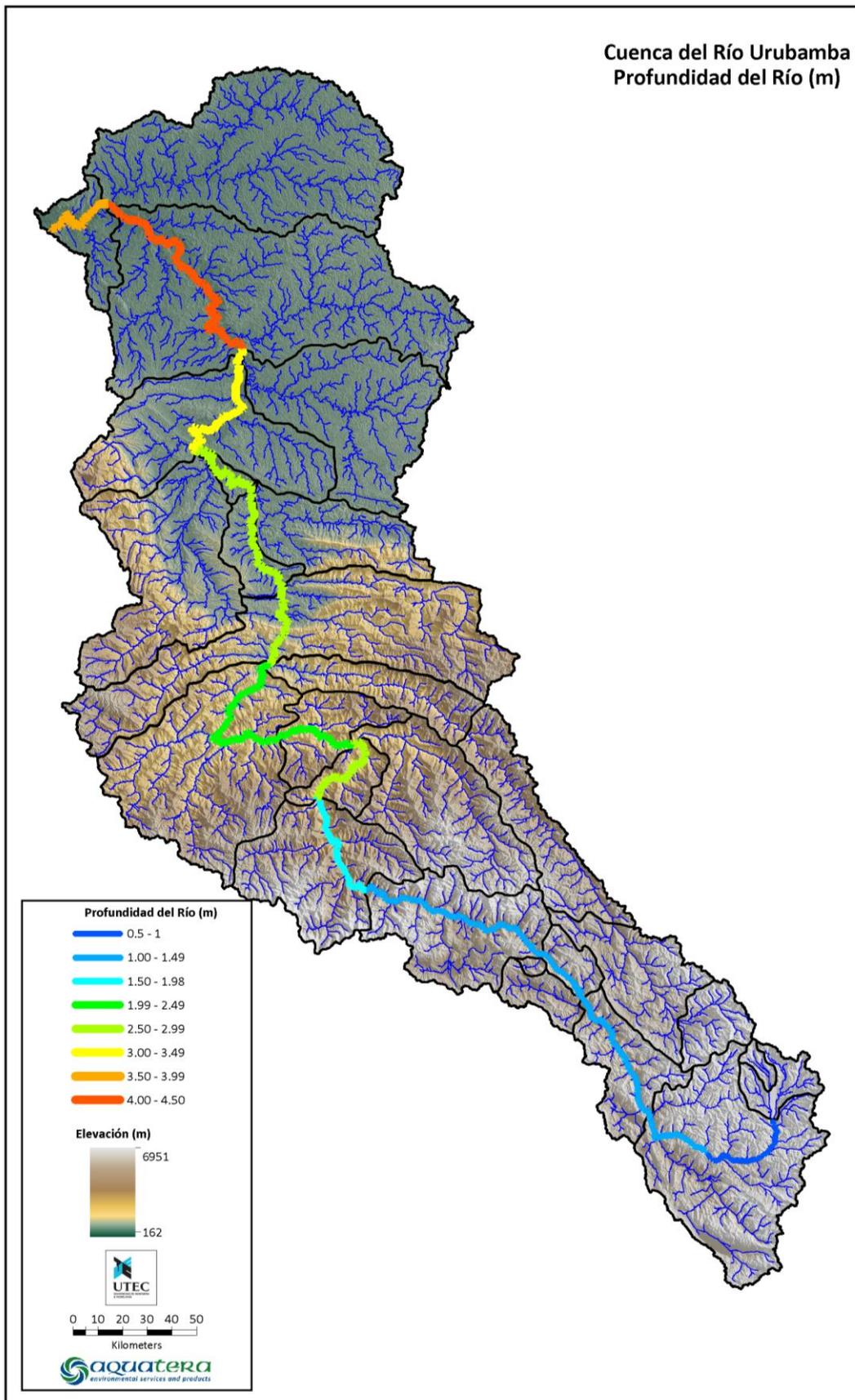


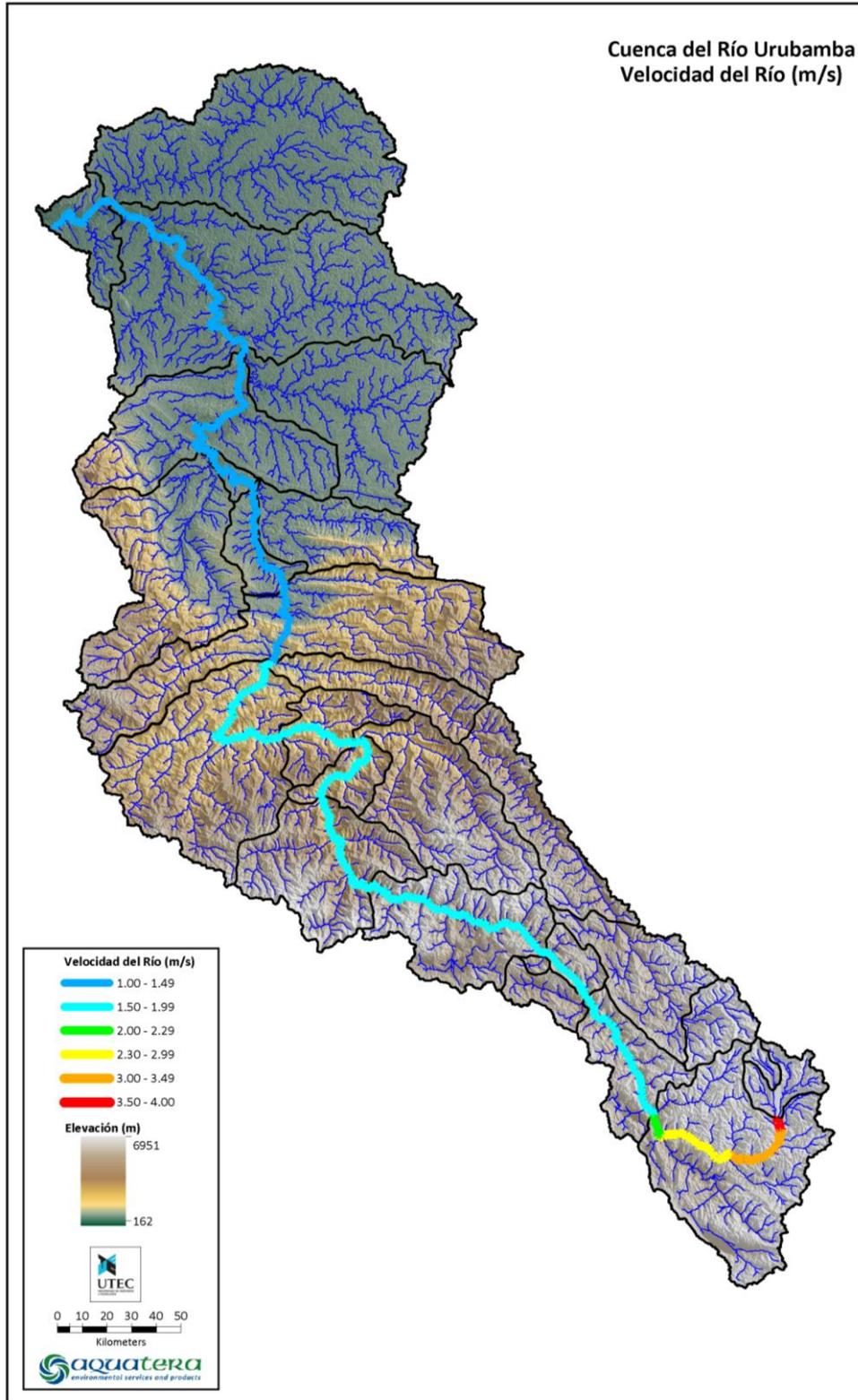


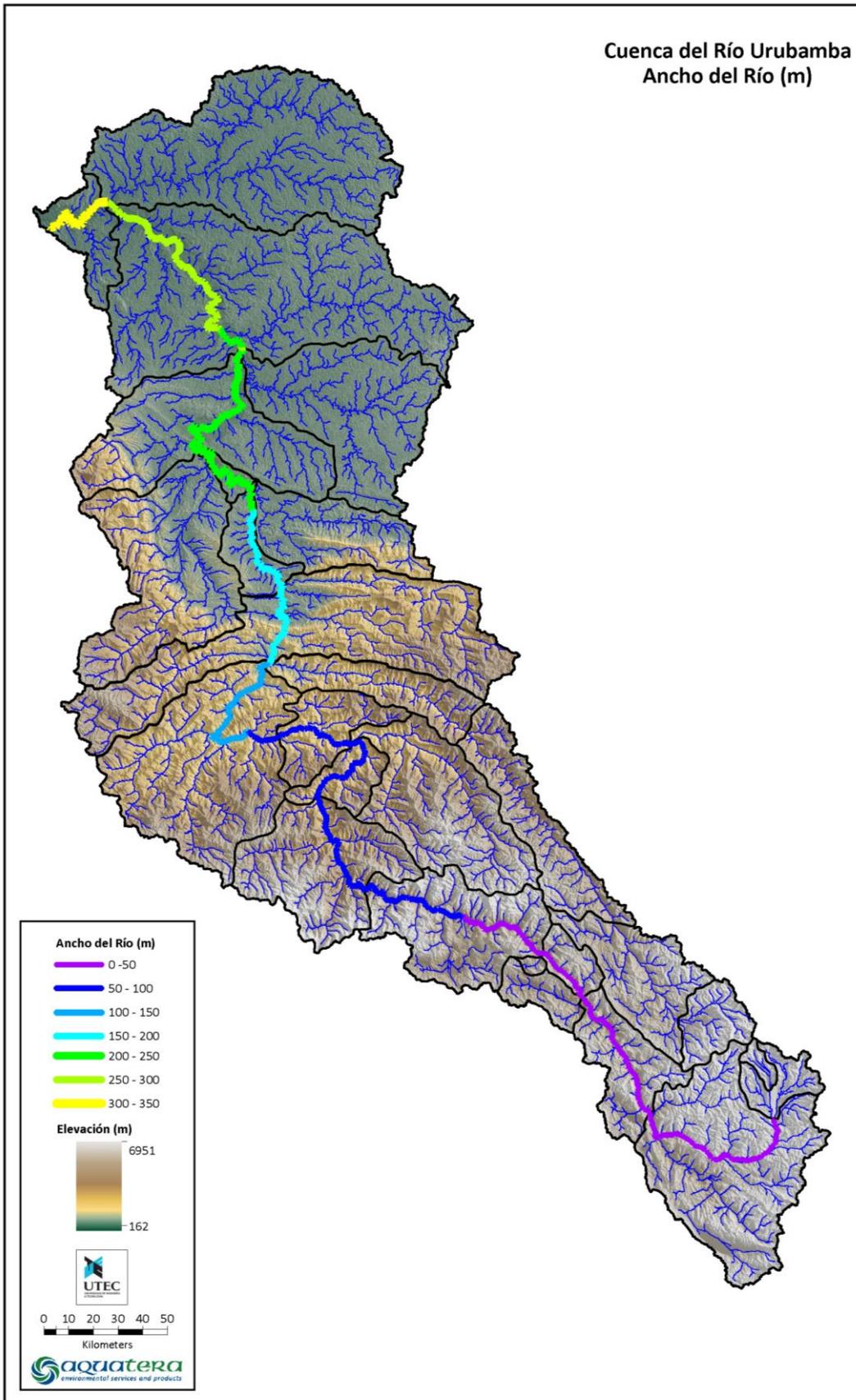


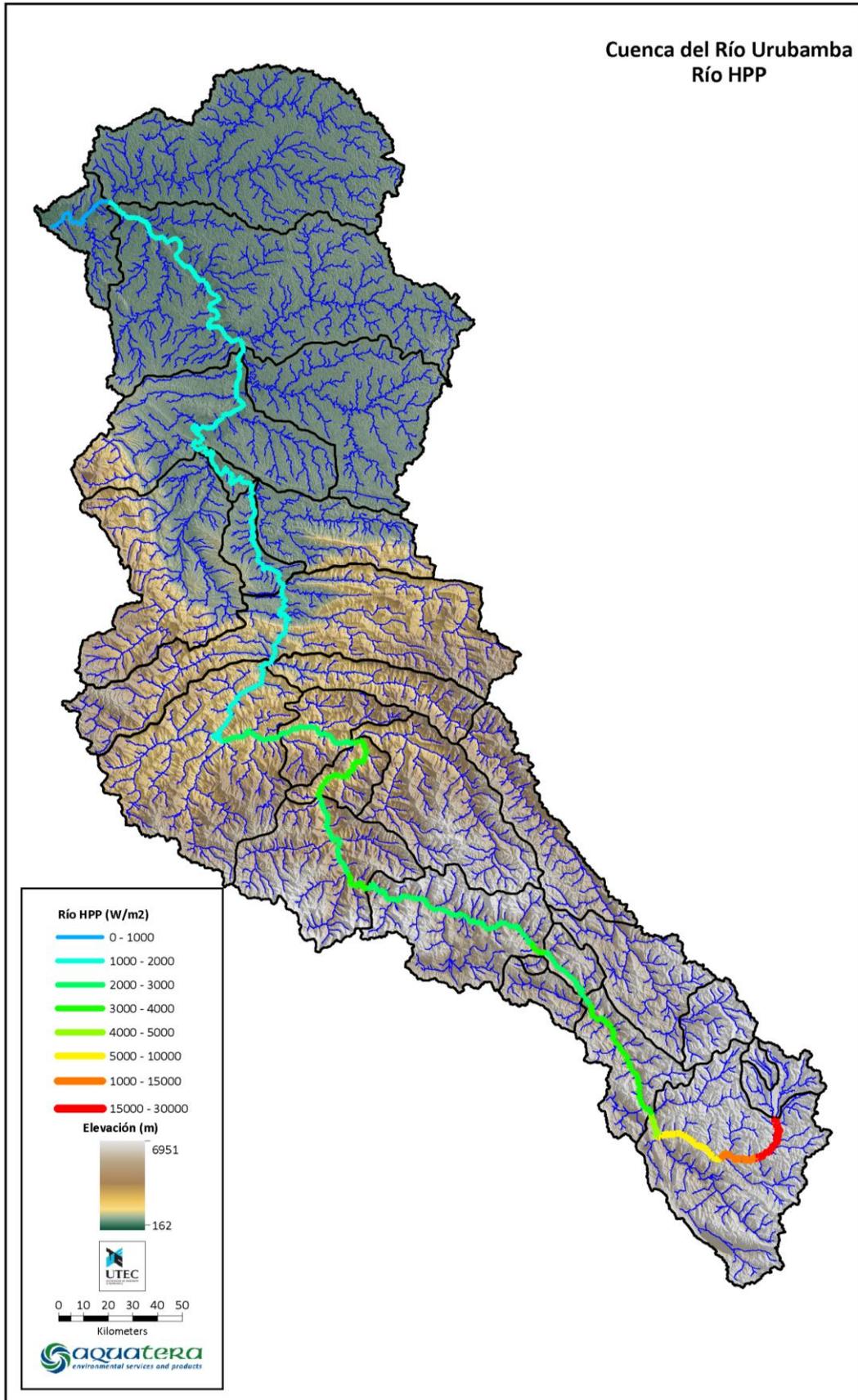


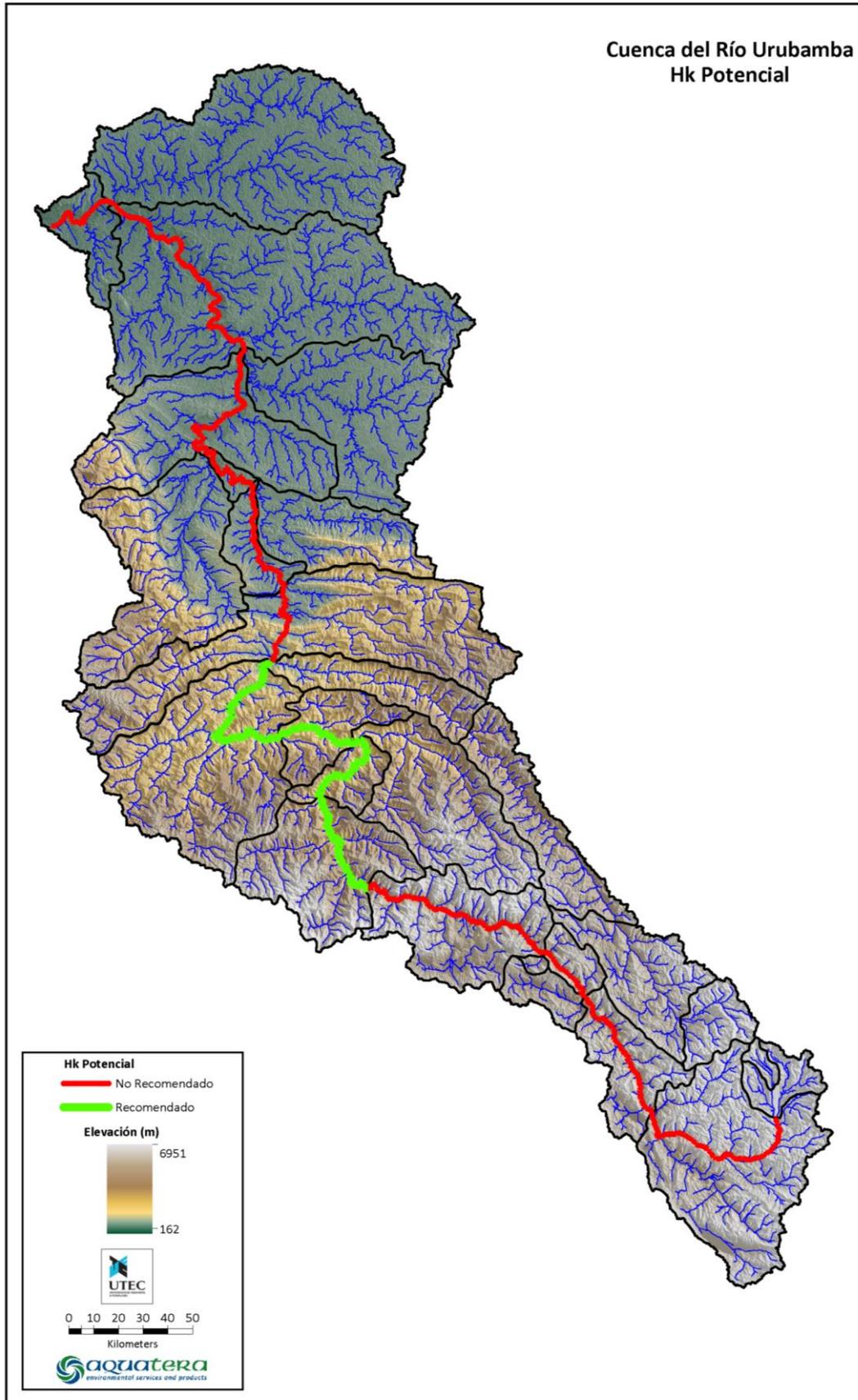


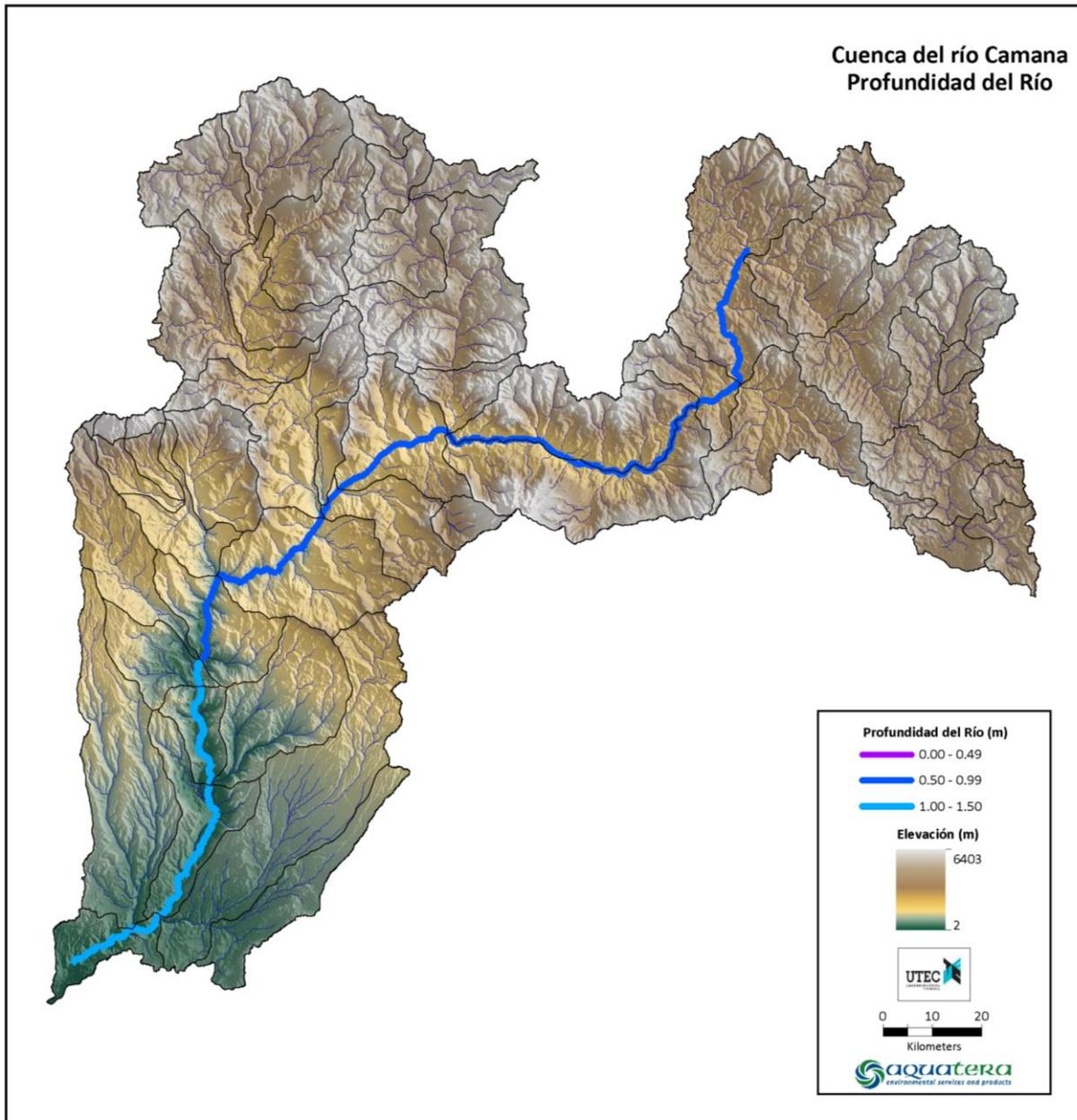


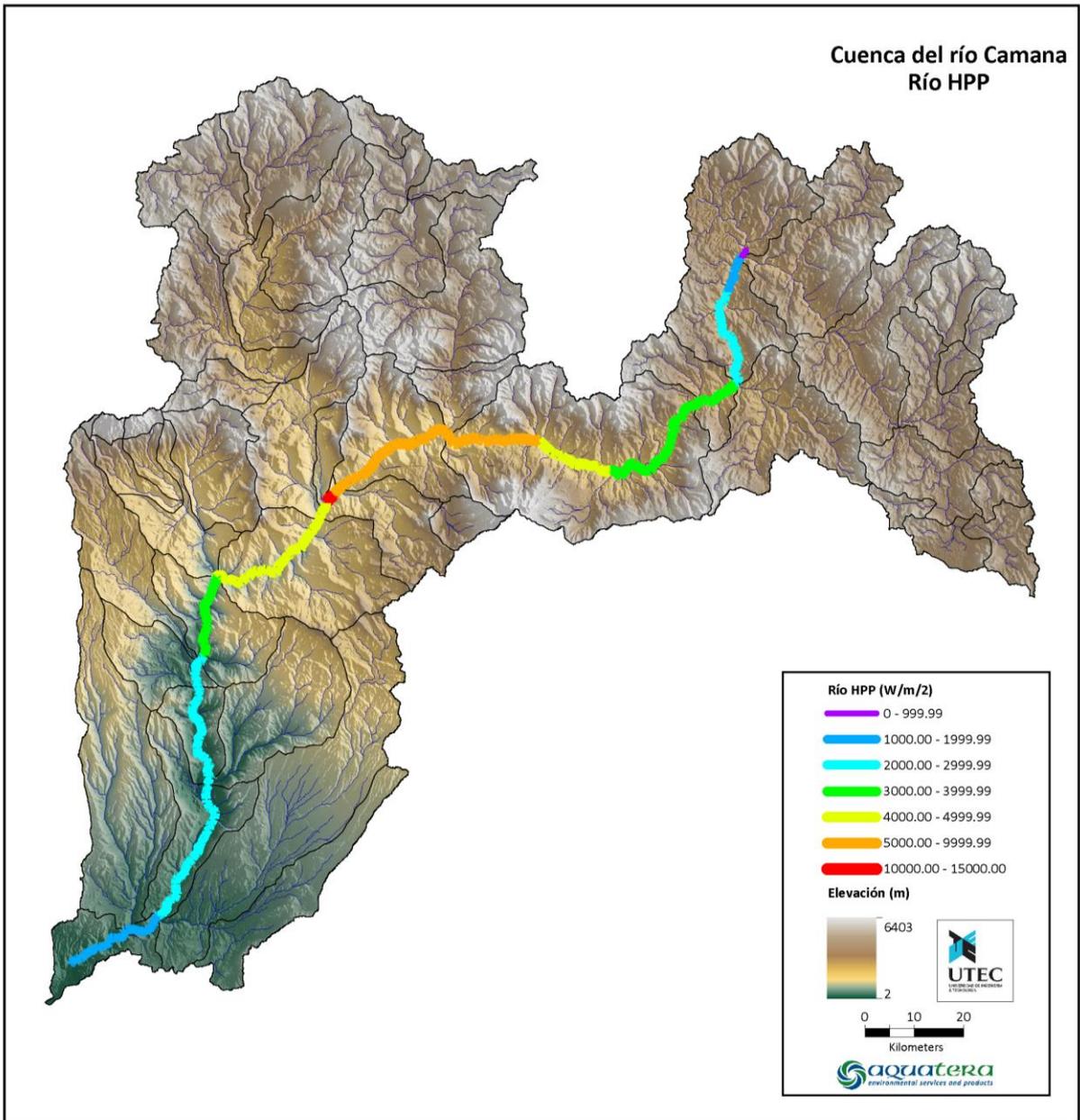


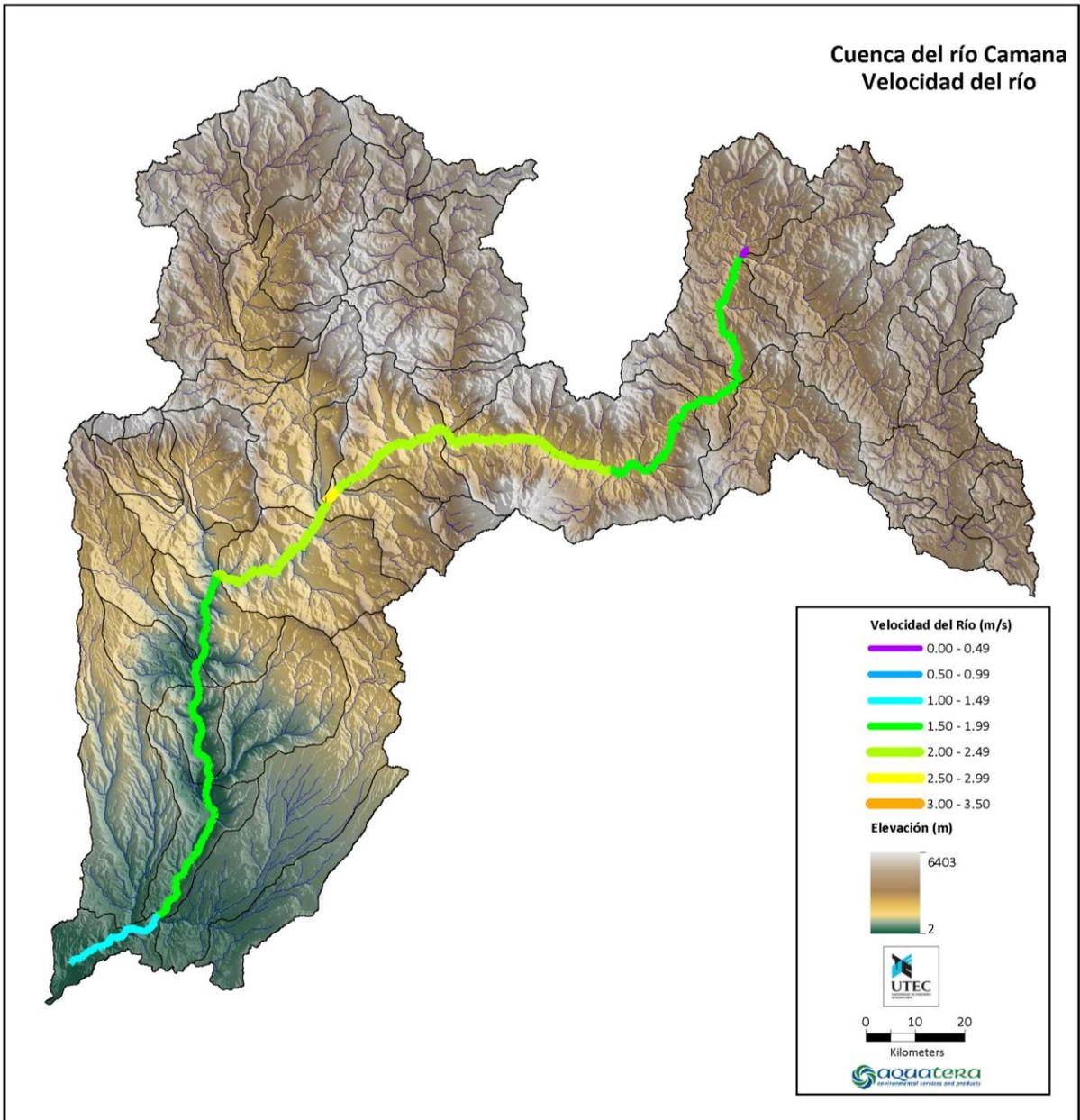


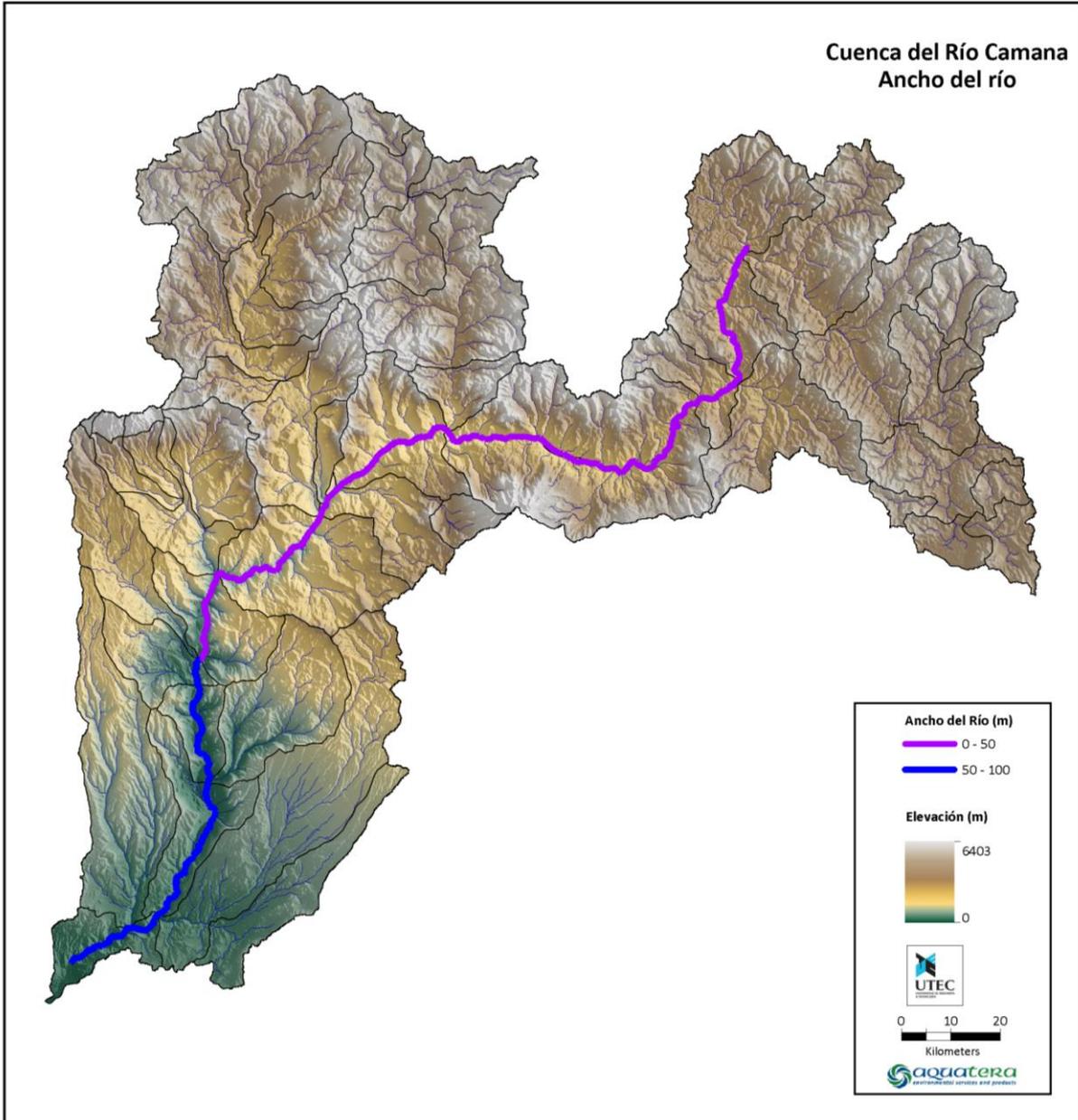


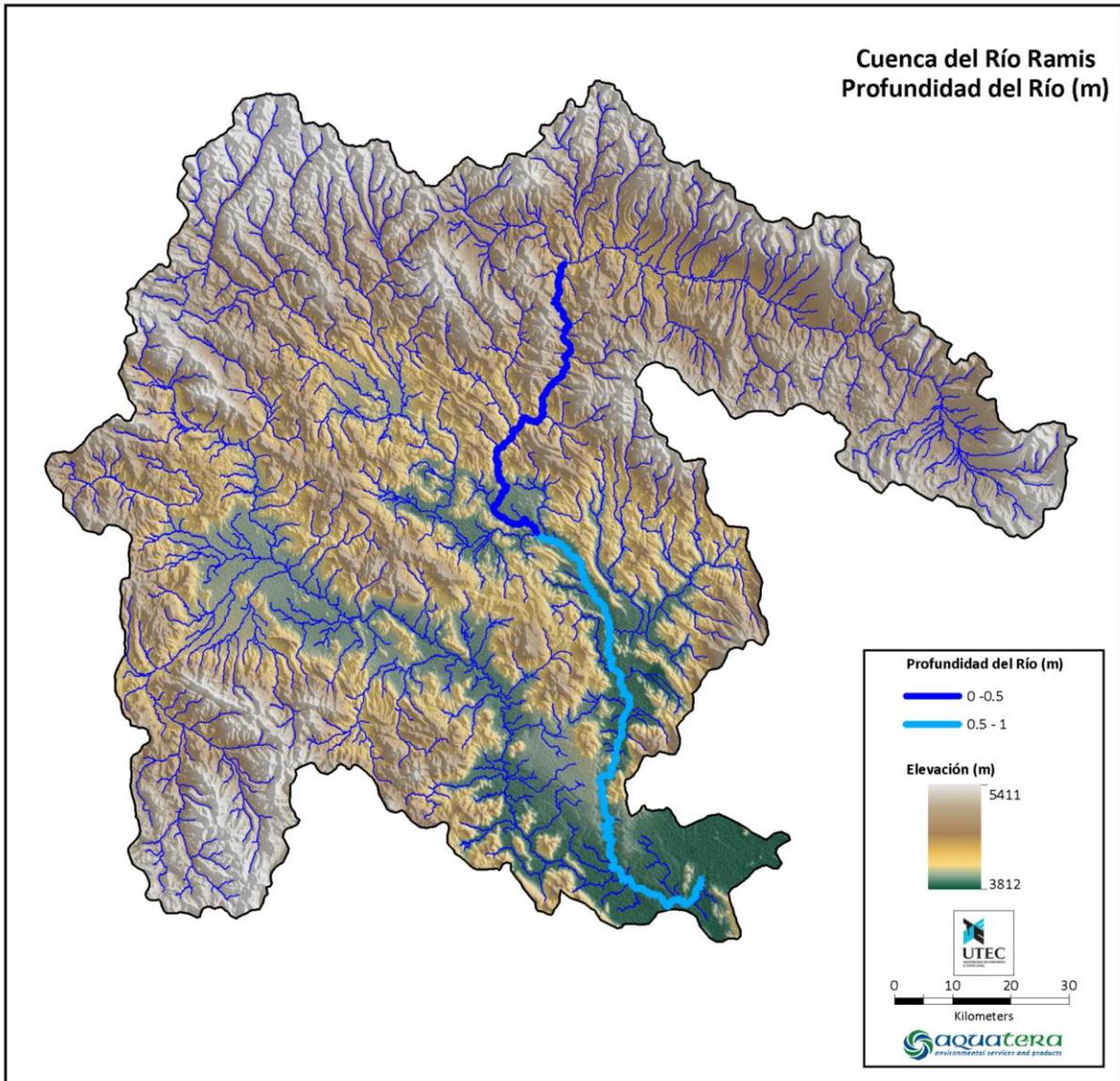


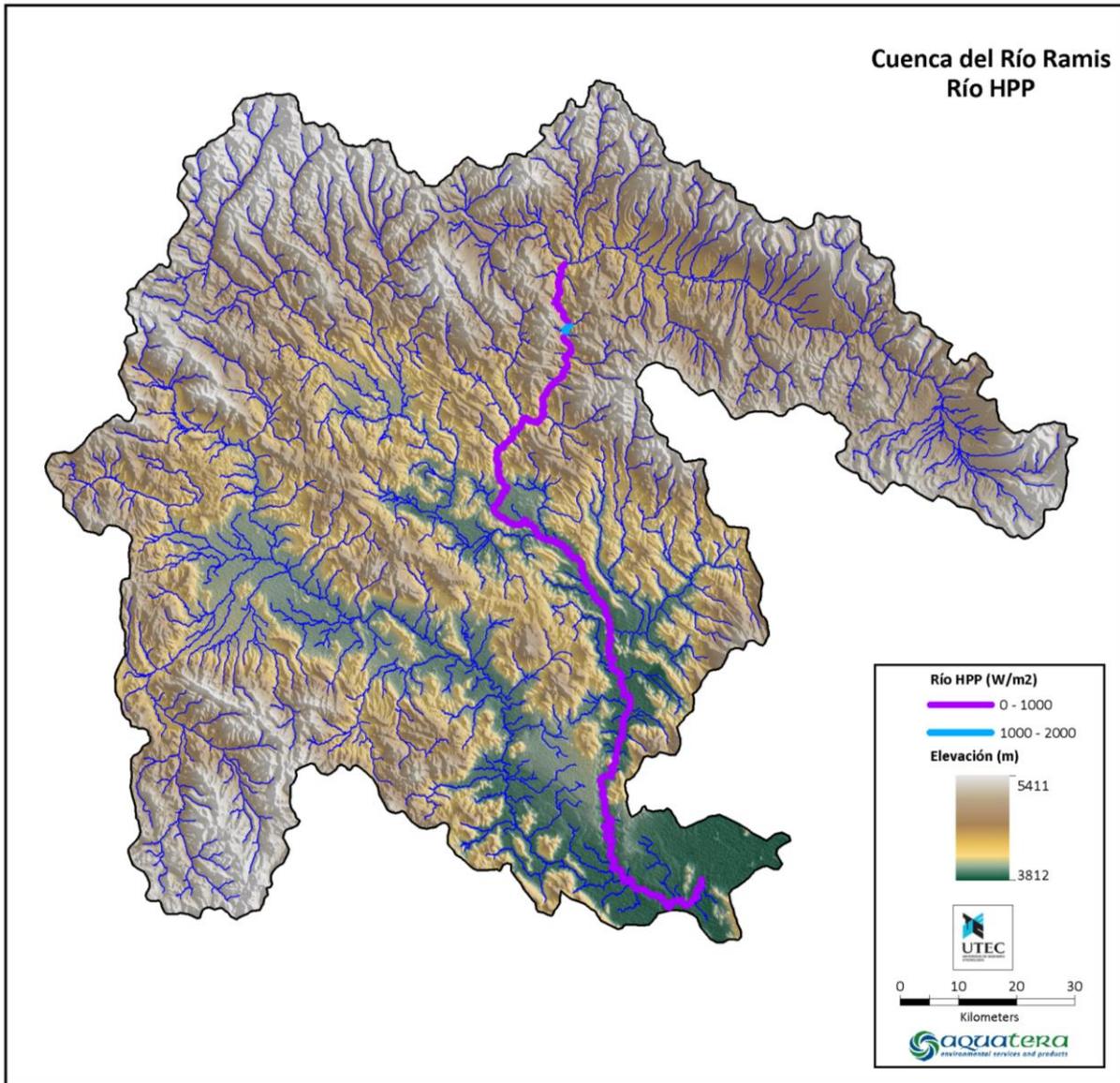


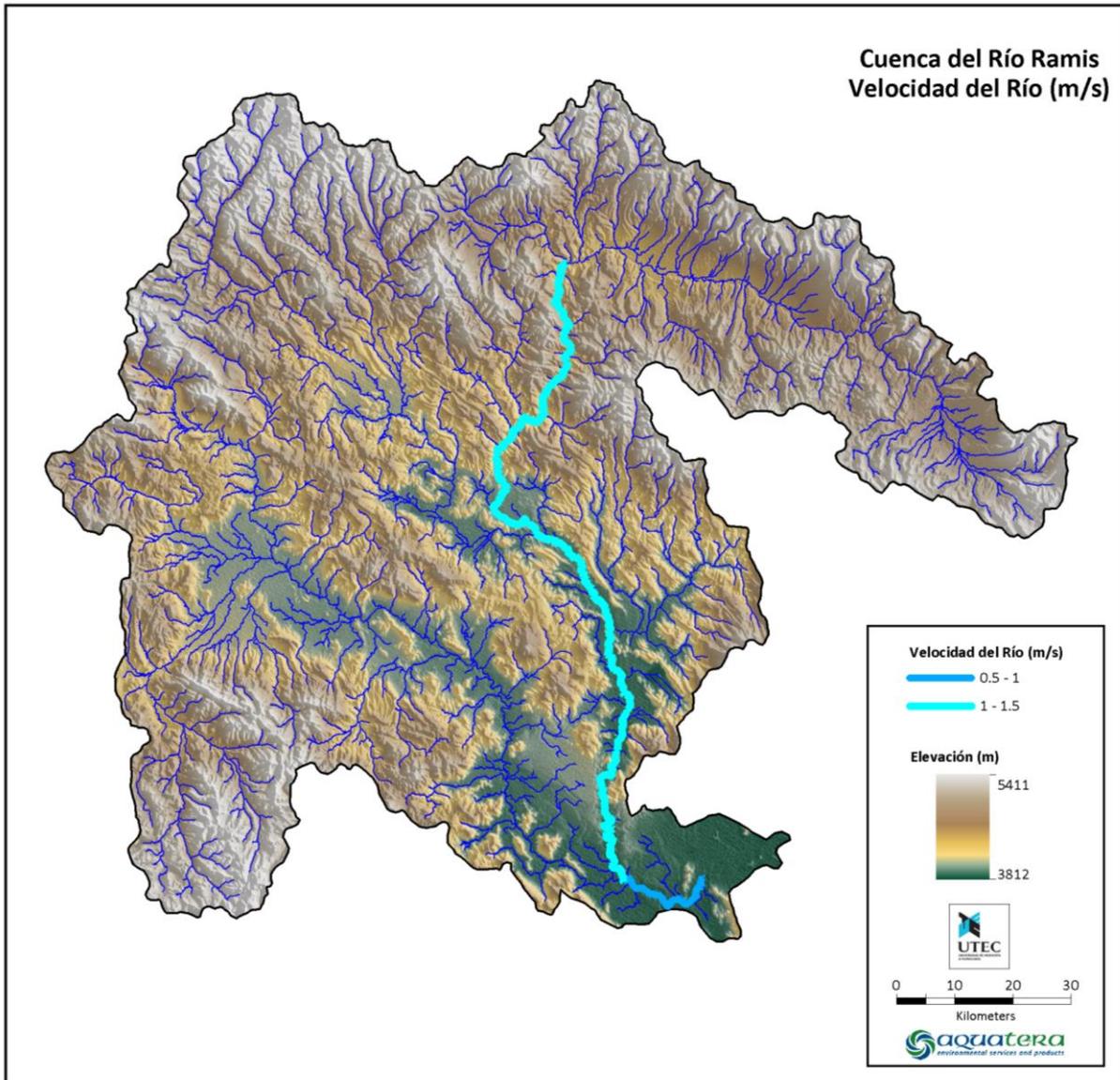


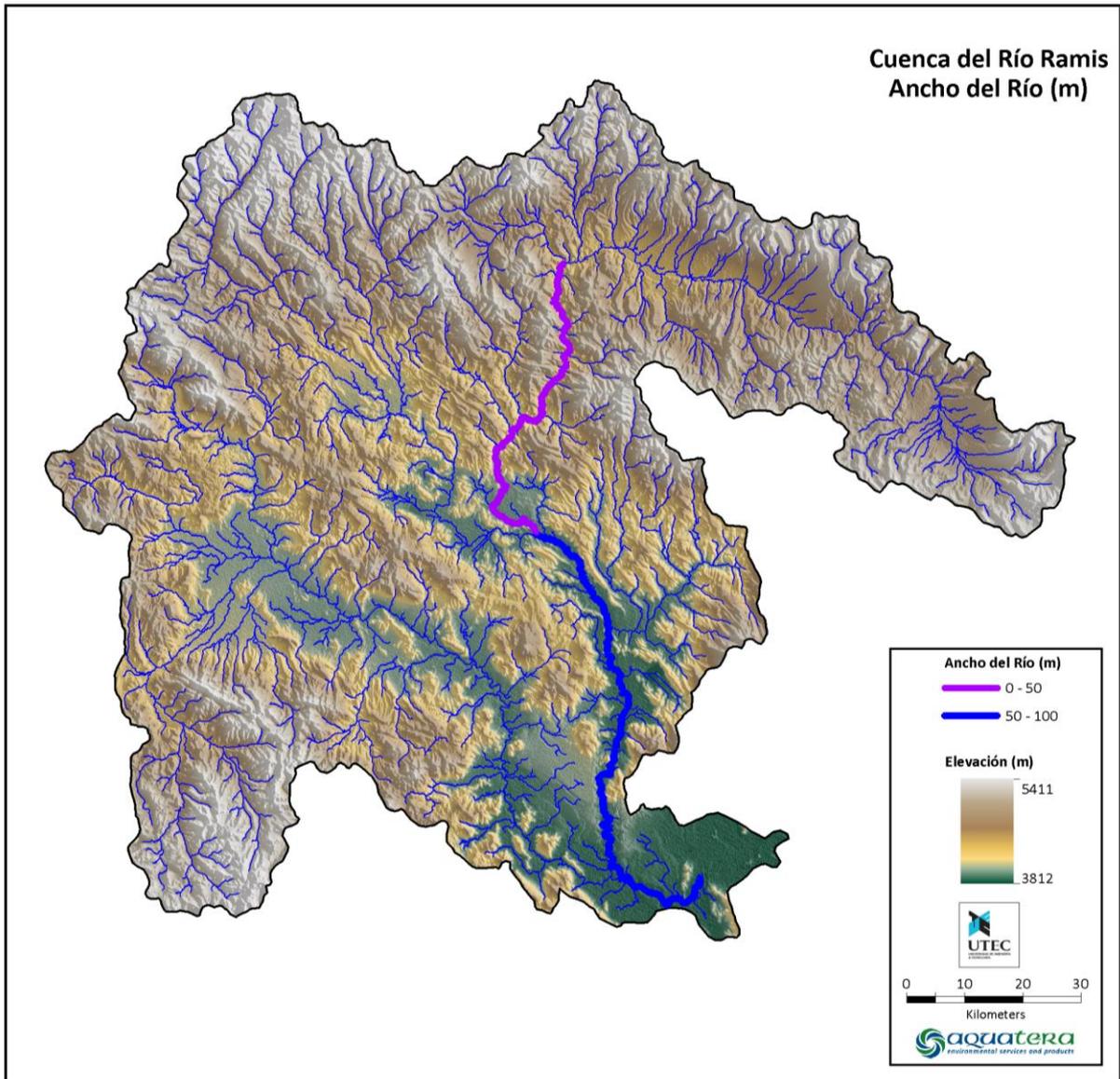












*Página en blanco*



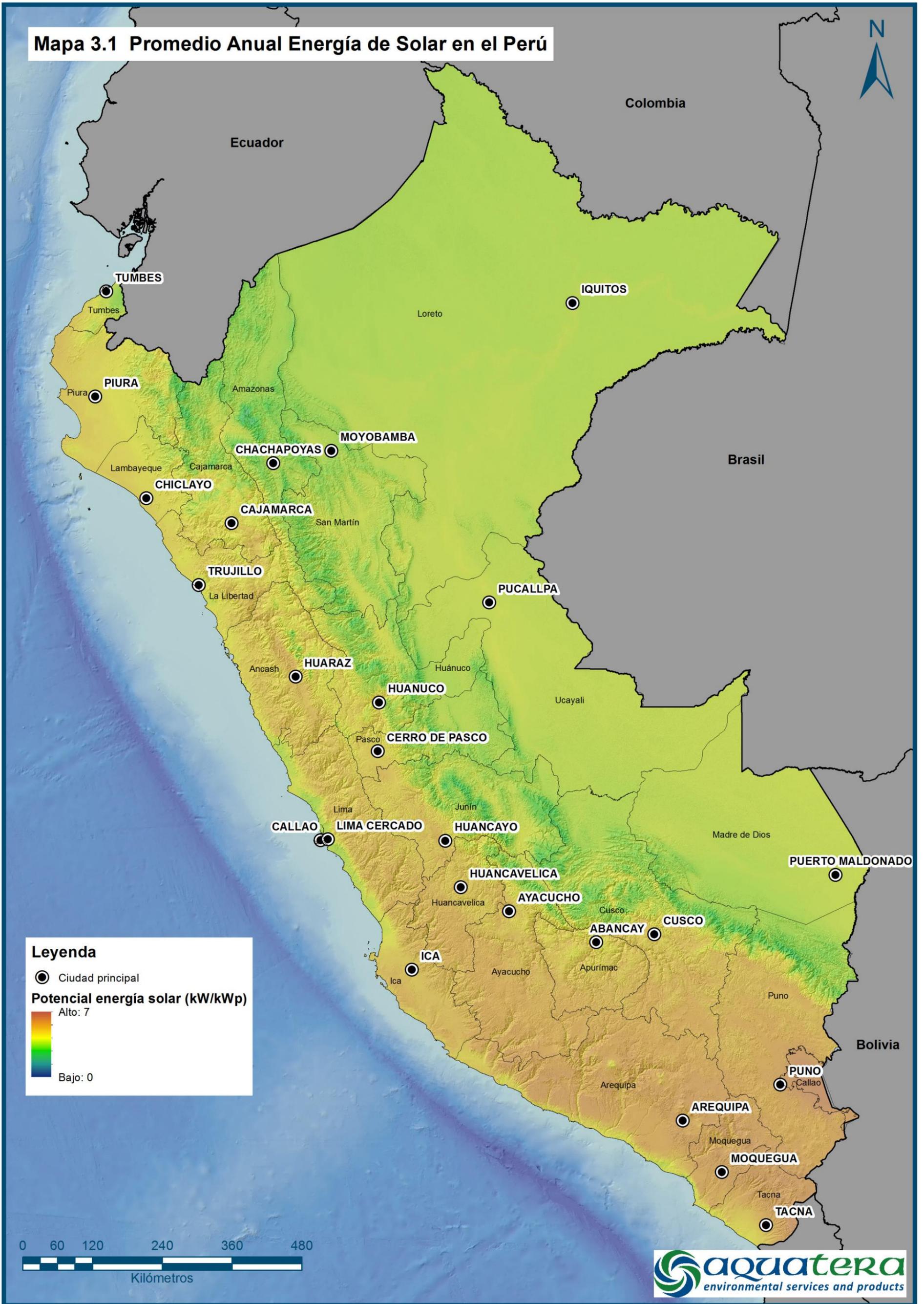
## APÉNDICE C: MAPAS



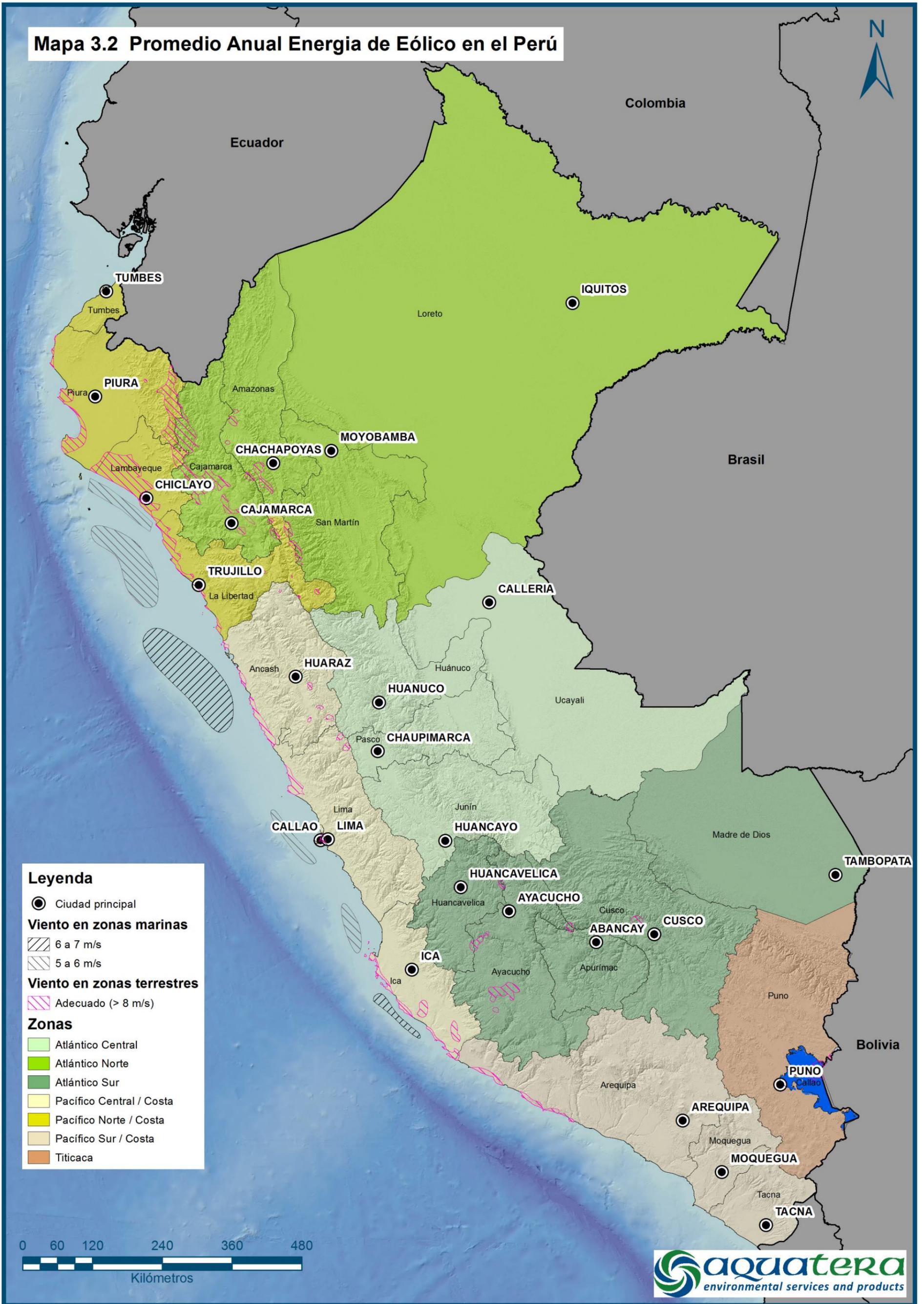
*Página en blanco*



Mapa 3.1 Promedio Anual Energía de Solar en el Perú



Mapa 3.2 Promedio Anual Energía de Eólico en el Perú



**Leyenda**

- Ciudad principal

**Viento en zonas marinas**

- ▨ 6 a 7 m/s
- ▨ 5 a 6 m/s

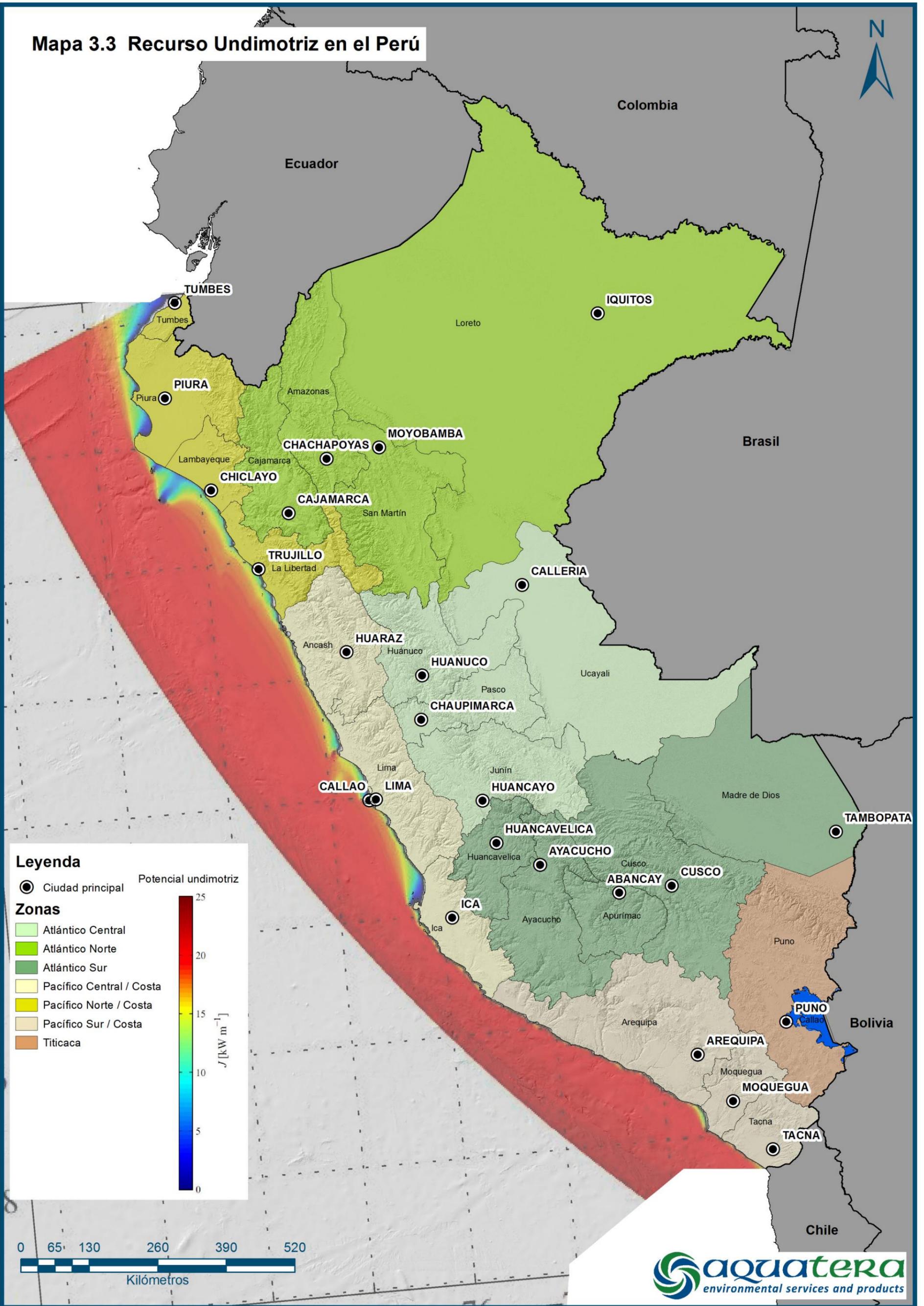
**Viento en zonas terrestres**

- ▨ Adecuado (> 8 m/s)

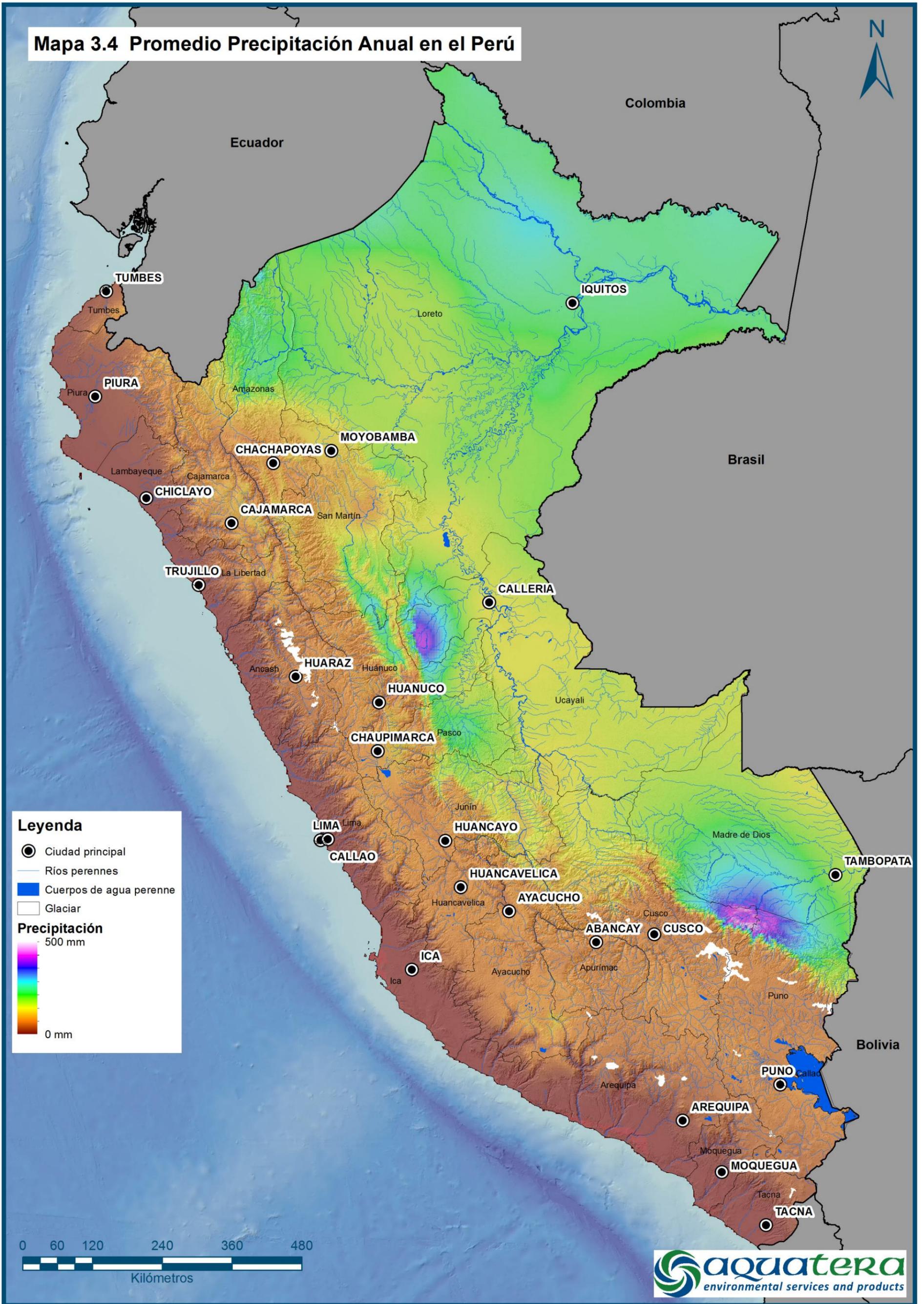
**Zonas**

- Atlántico Central
- Atlántico Norte
- Atlántico Sur
- Pacífico Central / Costa
- Pacífico Norte / Costa
- Pacífico Sur / Costa
- Titicaca

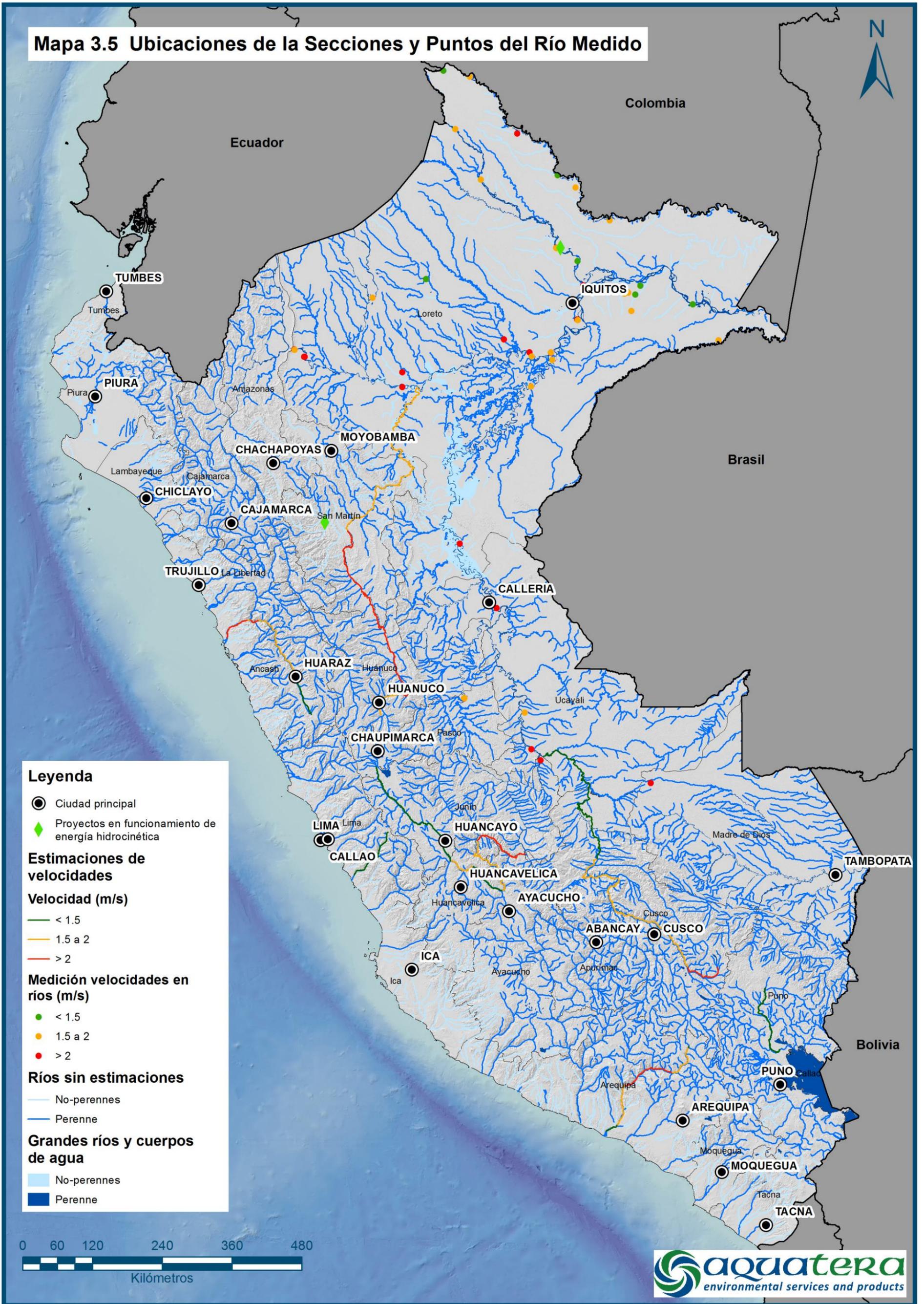
Mapa 3.3 Recurso Undimotriz en el Perú



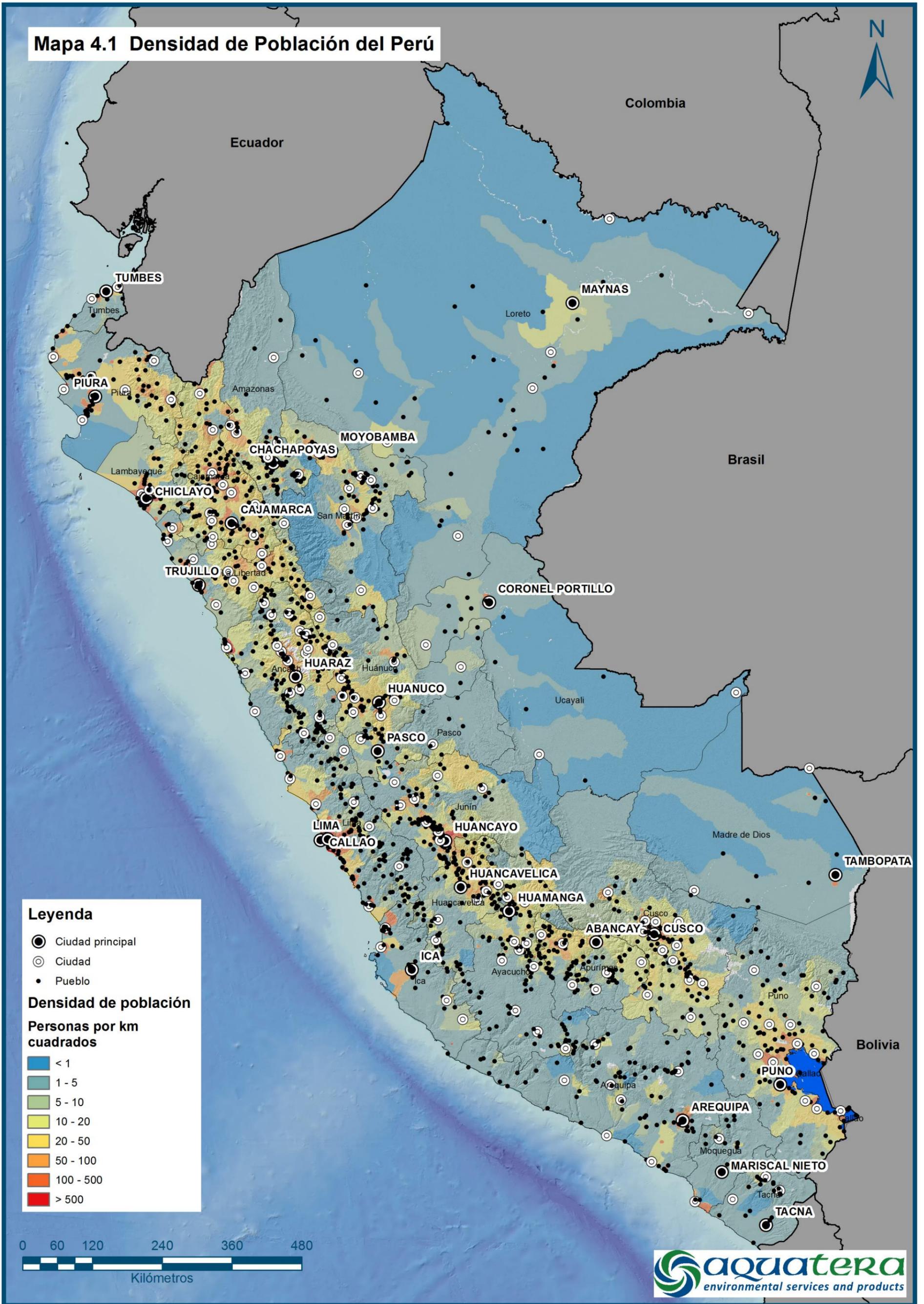
**Mapa 3.4 Promedio Precipitación Anual en el Perú**



**Mapa 3.5 Ubicaciones de la Secciones y Puntos del Río Medido**



Mapa 4.1 Densidad de Población del Perú



**Legenda**

- Ciudad principal
- Ciudad
- Pueblo

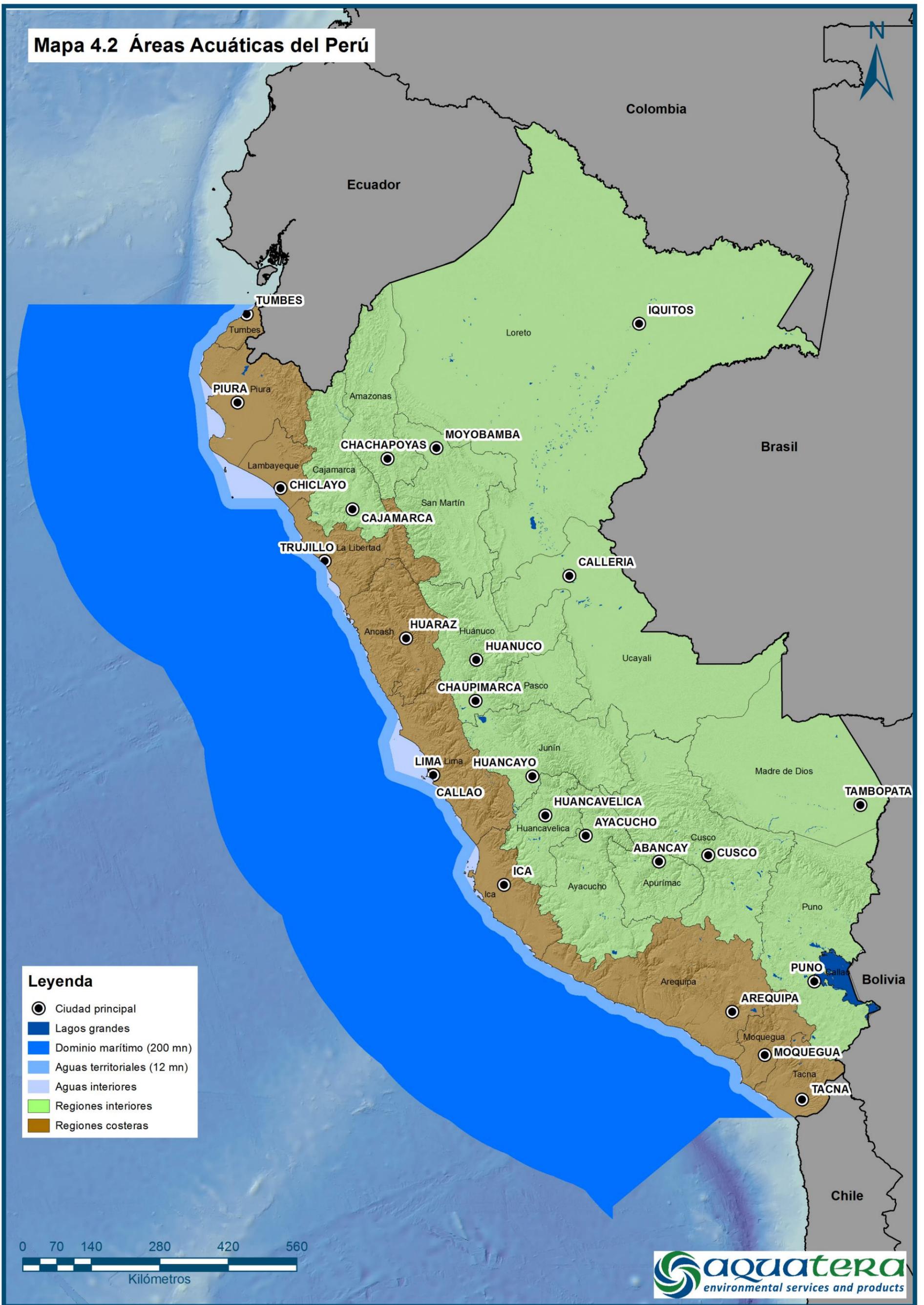
**Densidad de población**

Personas por km cuadrados

- < 1
- 1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 20
- 20 - 50
- 50 - 100
- 100 - 500
- > 500

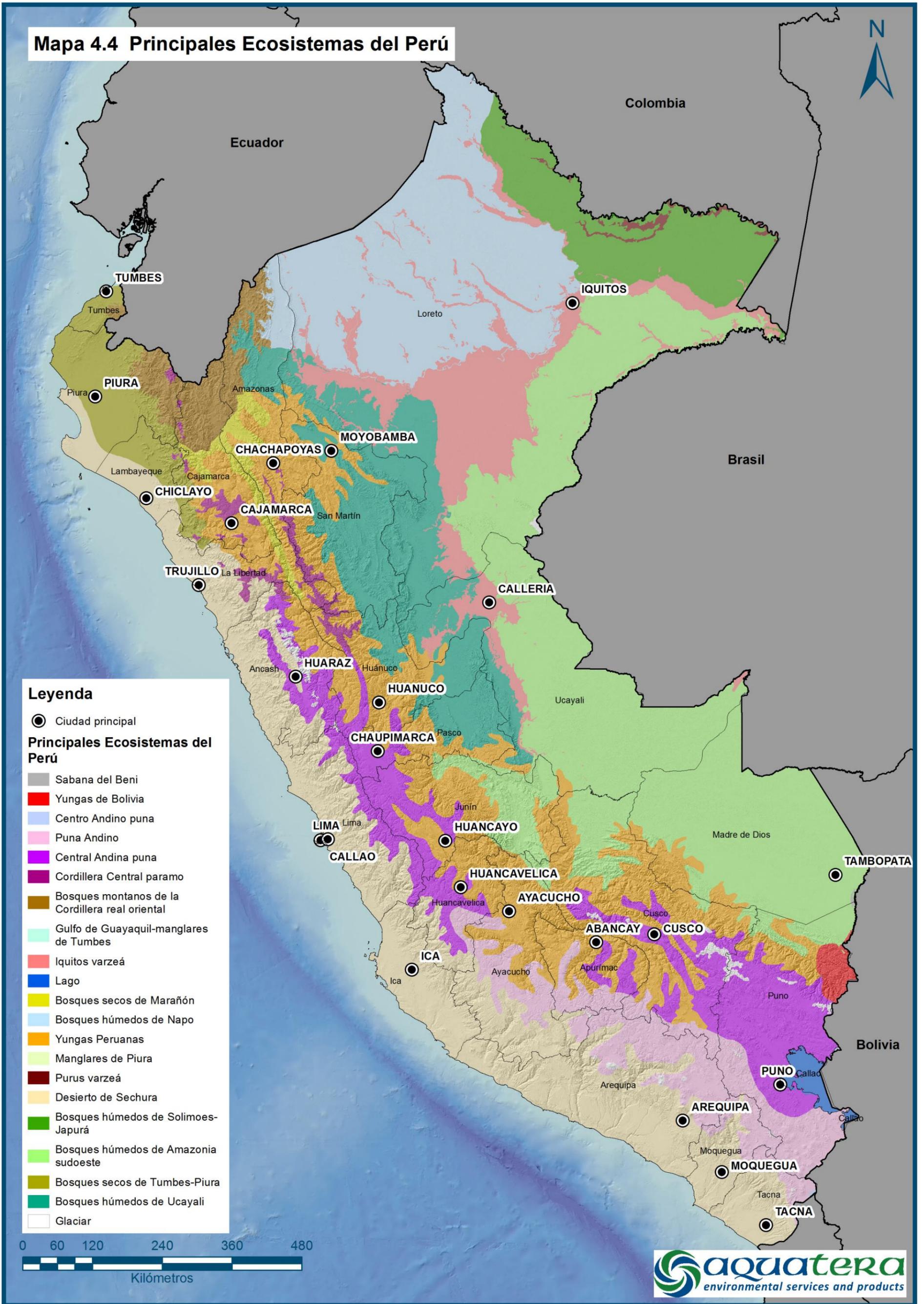


Mapa 4.2 Áreas Acuáticas del Perú

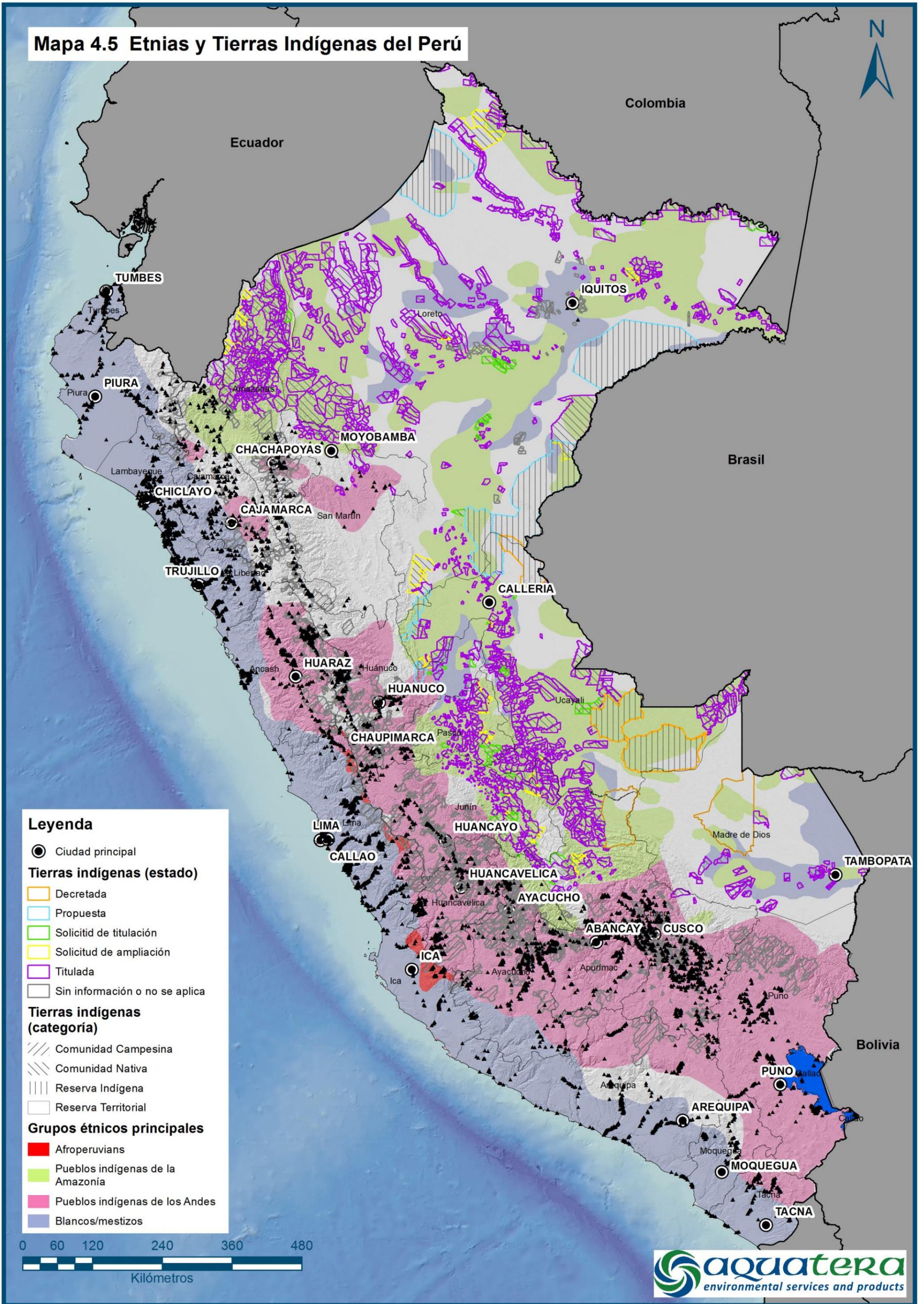




**Mapa 4.4 Principales Ecosistemas del Perú**



**Mapa 4.5 Etnias y Tierras Indígenas del Perú**



Mapa 6.1 Oceano profile - Pacifico Norte

Orkney - EMEC Sitio de Prueba

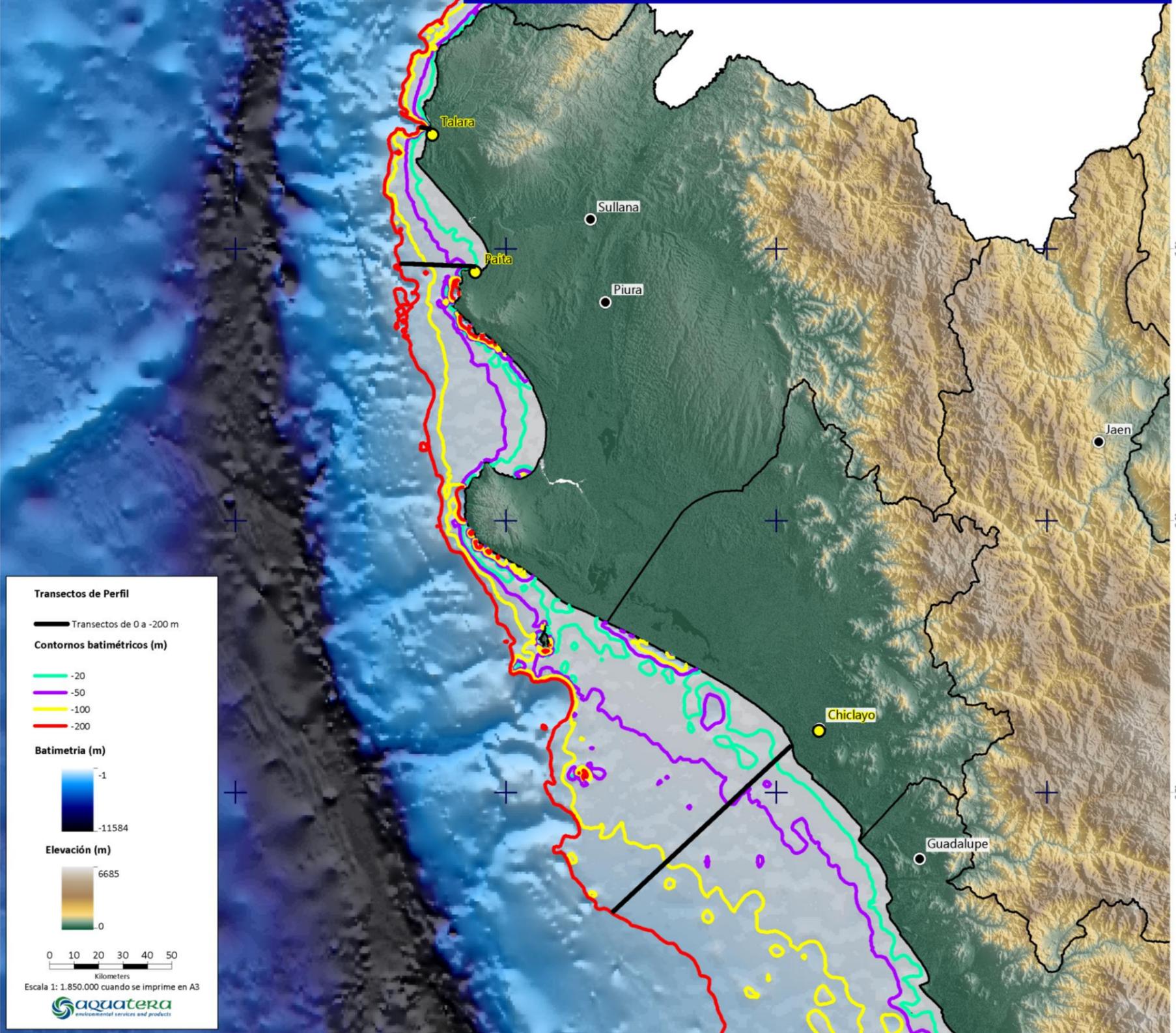
**Sitios de Prueba de Olas**

- Billia Croo

**Batimetria (m)**

- 200 m Contorno
- 0
- 200

0 10 20 kilometers



**Transectos de Perfil**

- Transectos de 0 a -200 m

**Contornos batimétricos (m)**

- 20
- 50
- 100
- 200

**Batimetria (m)**

- 1
- 11584

**Elevación (m)**

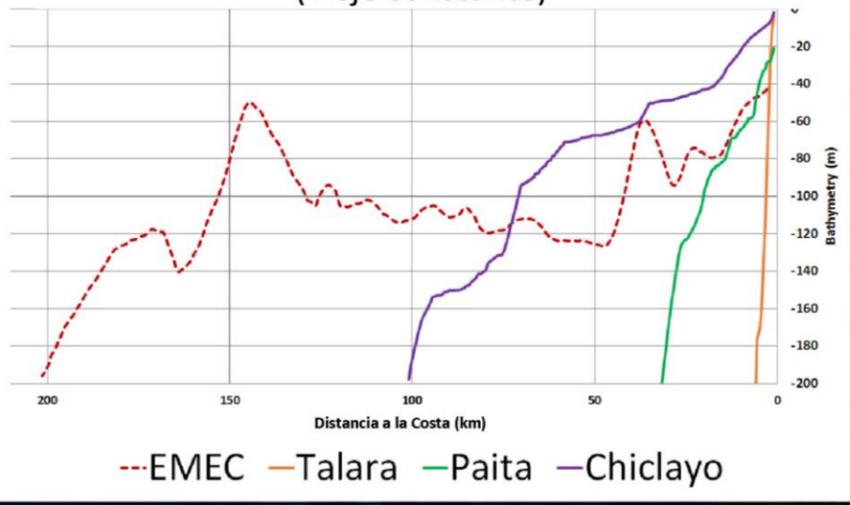
- 6685
- 0

0 10 20 30 40 50 Kilometers

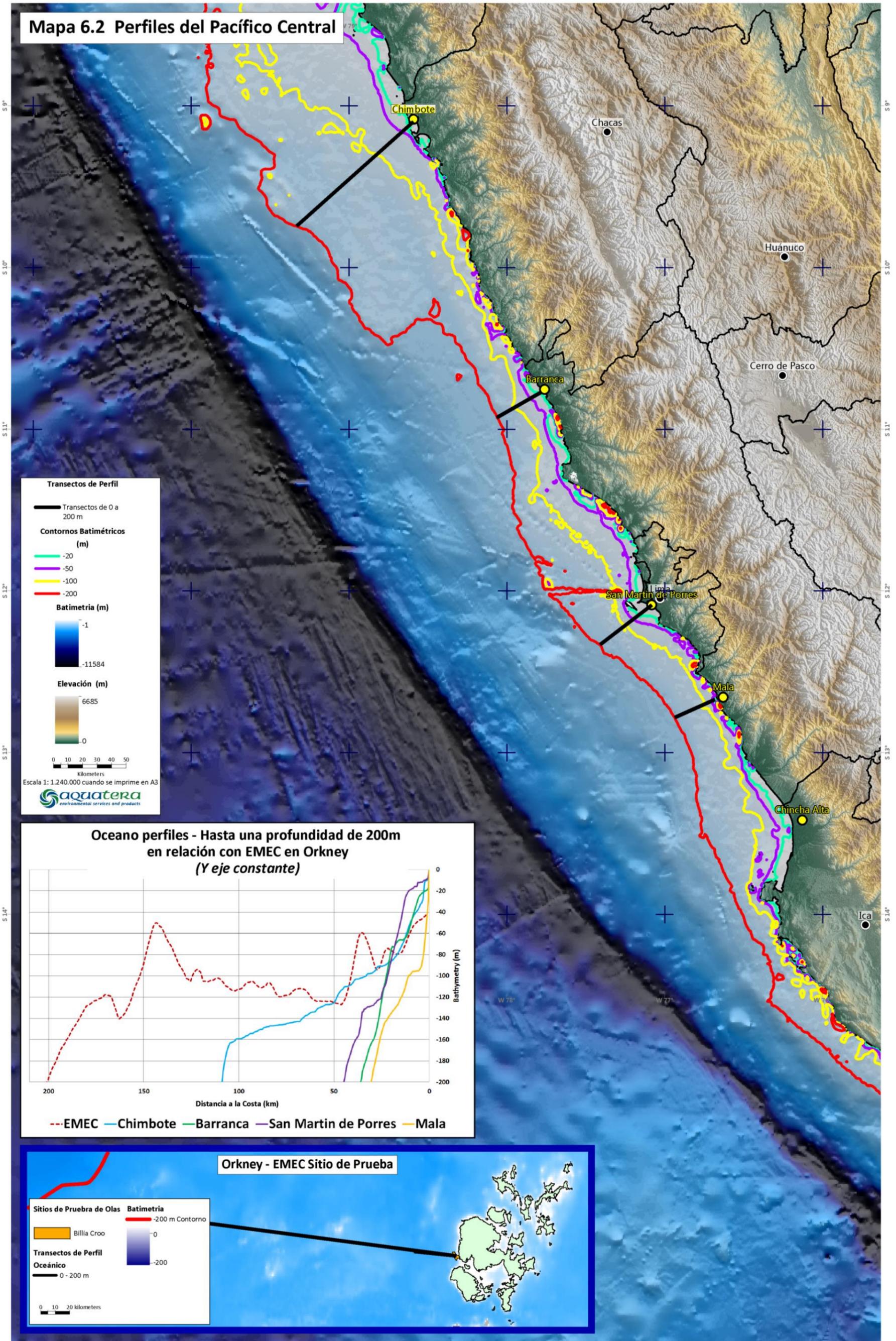
Escala 1: 1.850.000 cuando se imprime en A3

**aquatera**  
environmental services and products

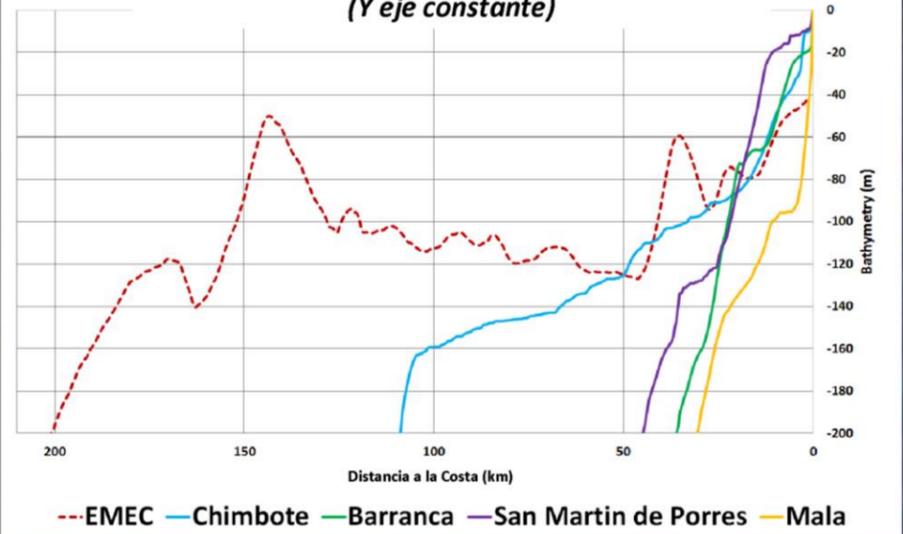
Oceano Perfiles - Hasta una profundidad de 200m en relación con EMEC en Orkney (Y eje constante)



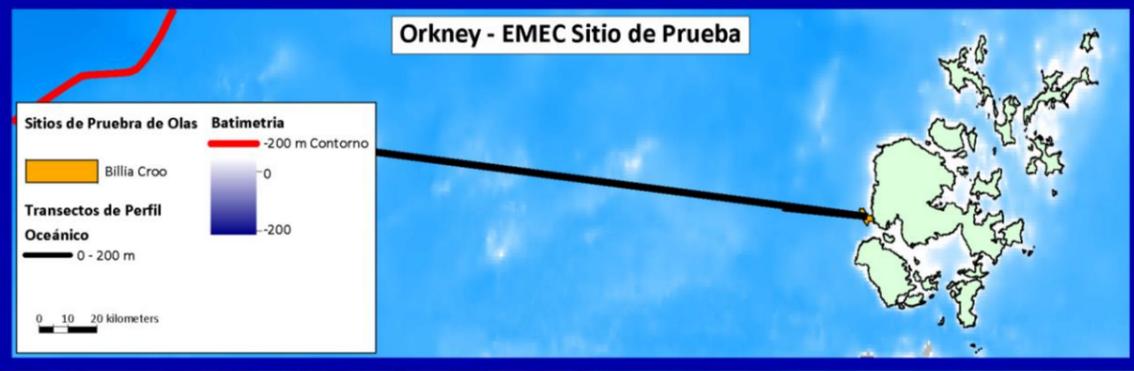
Mapa 6.2 Perfiles del Pacífico Central

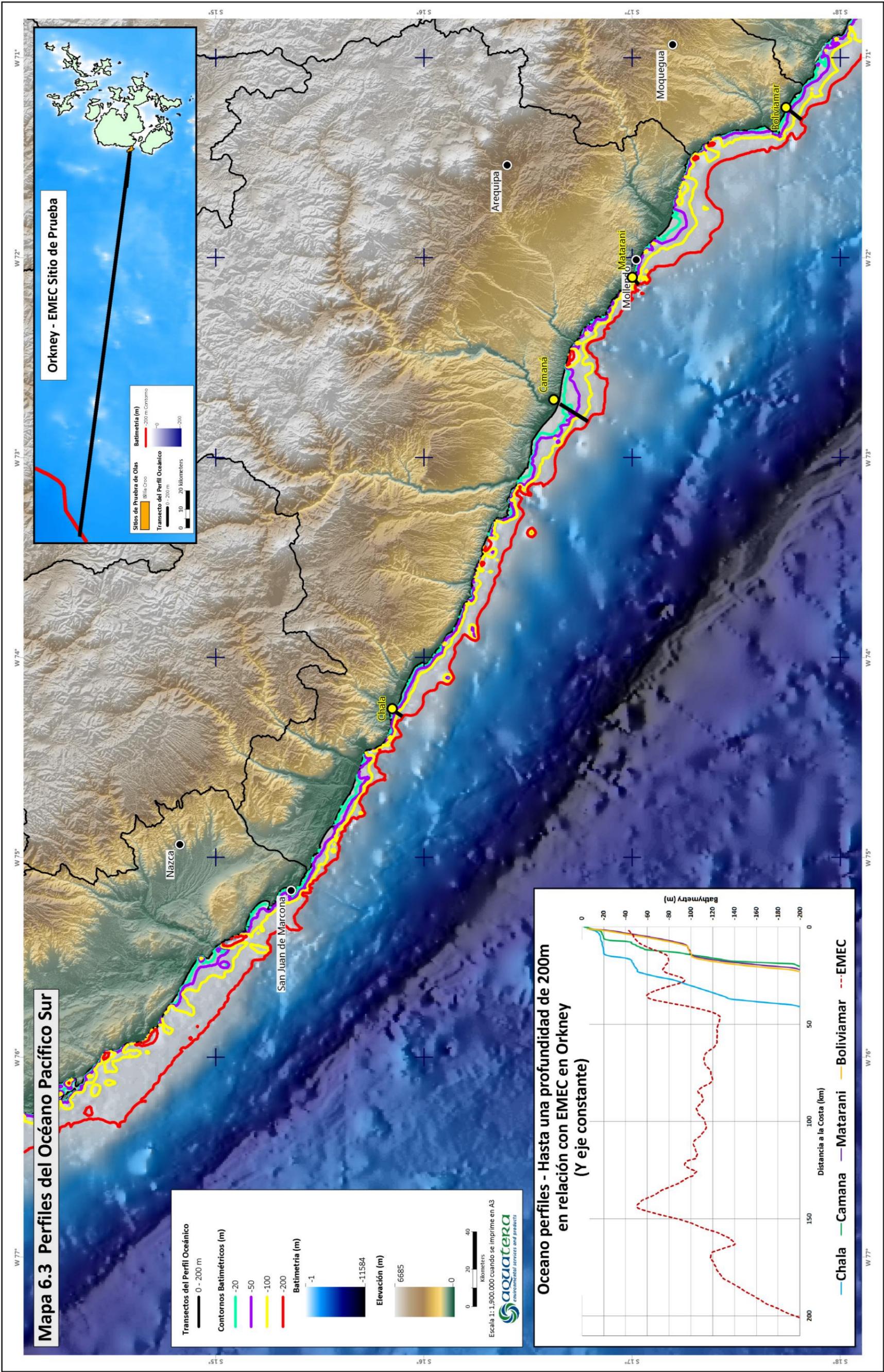


Oceano perfiles - Hasta una profundidad de 200m en relación con EMEC en Orkney (Y eje constante)

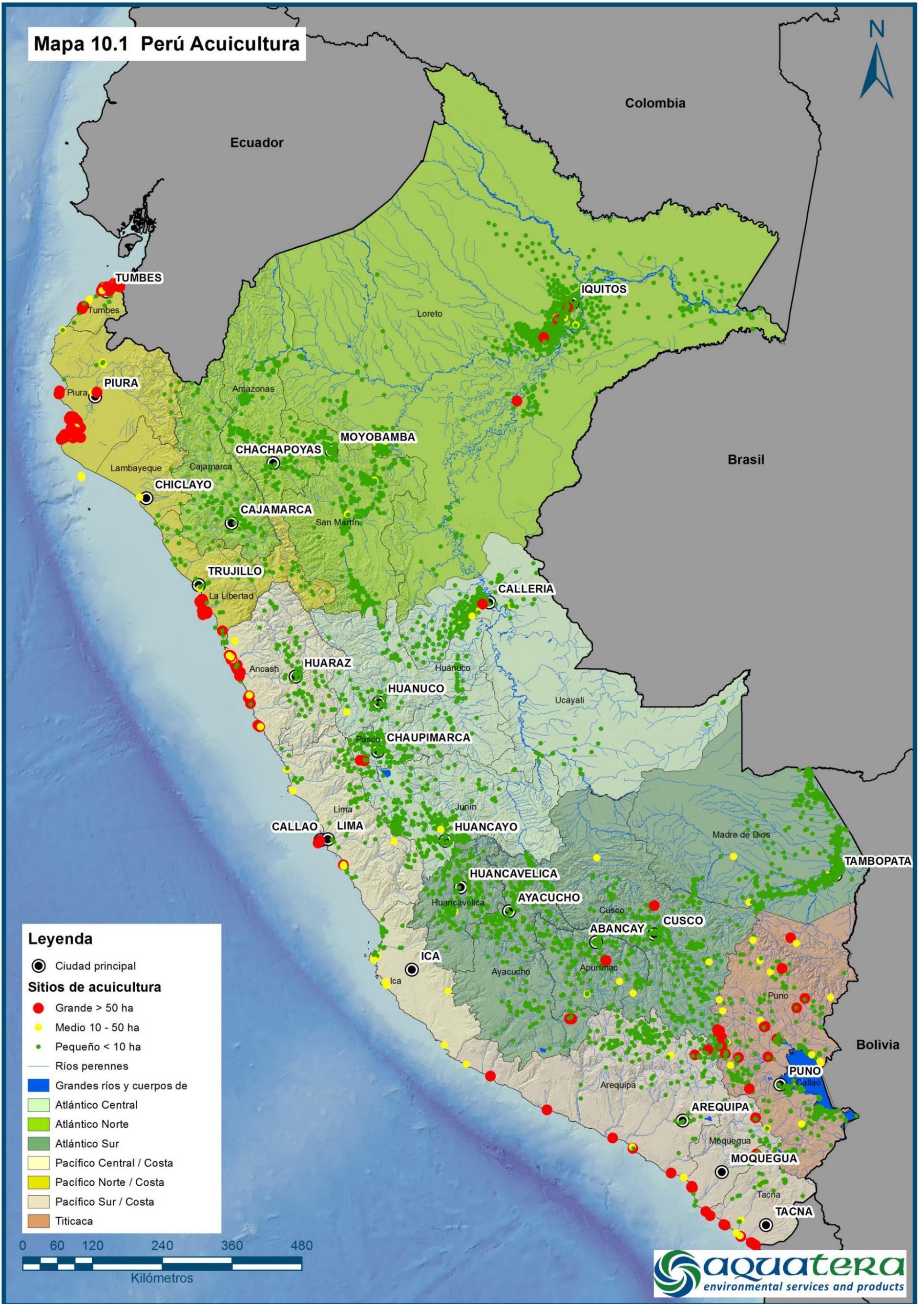


Orkney - EMEC Sitio de Prueba

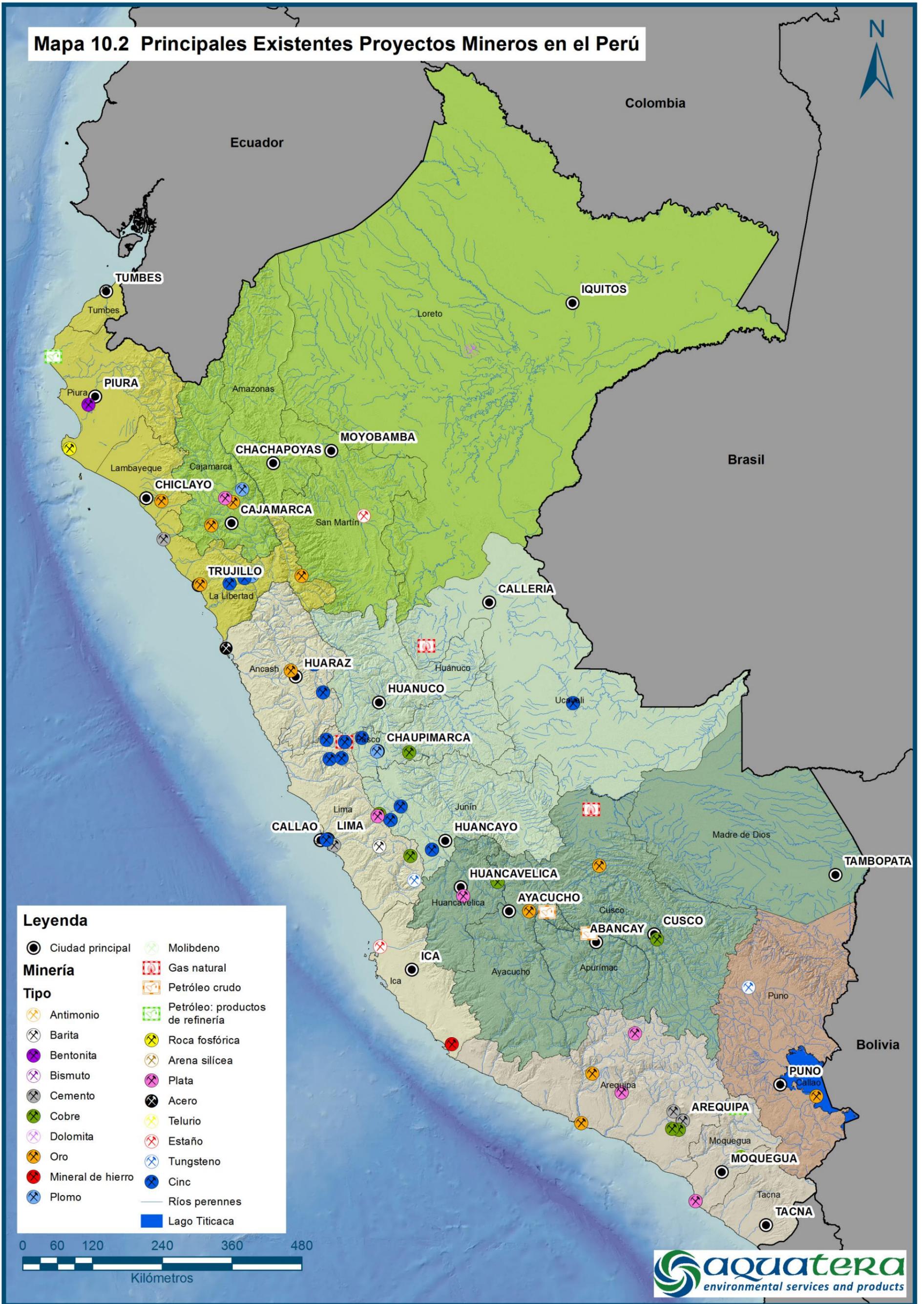




Mapa 10.1 Perú Acuicultura



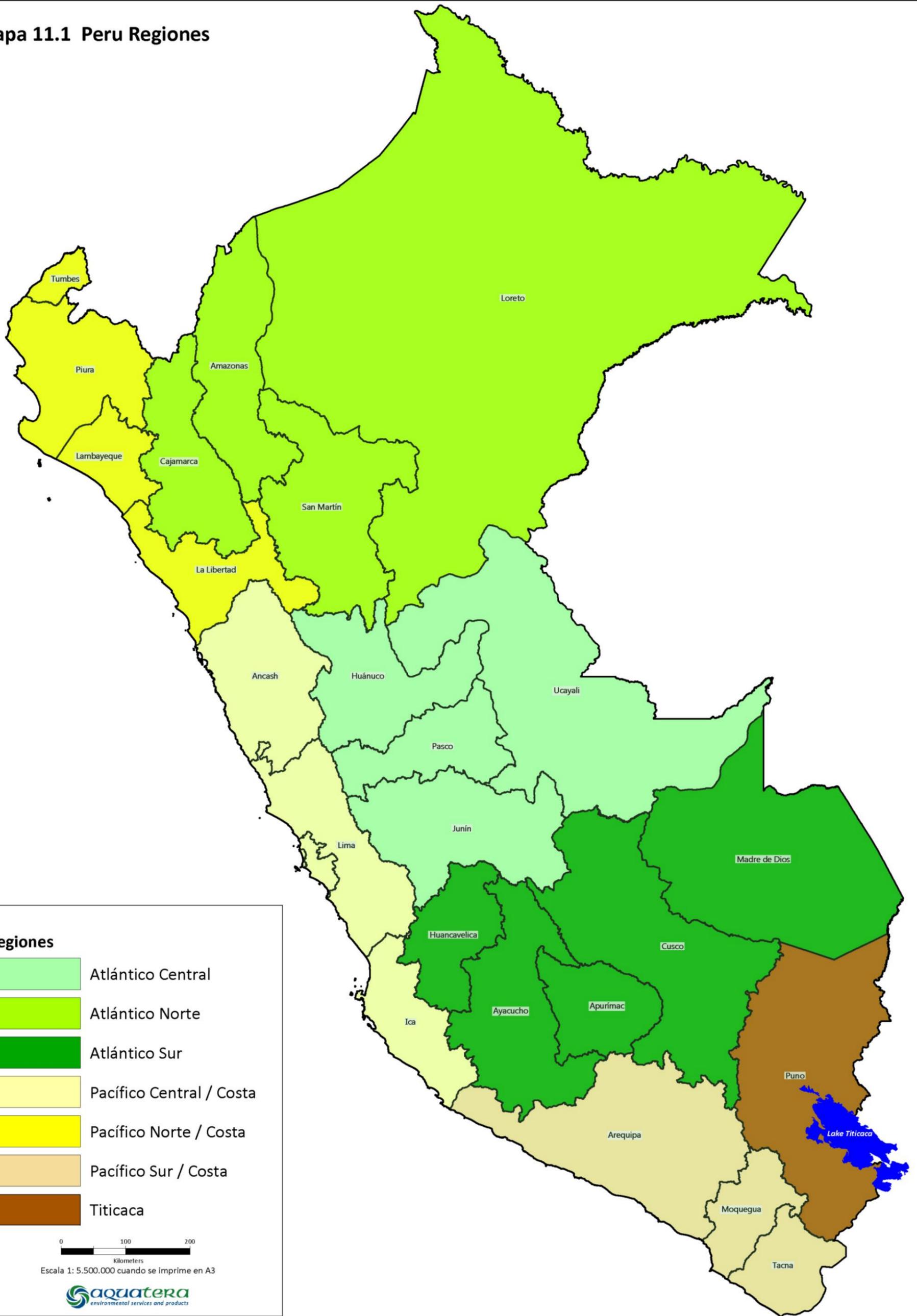
Mapa 10.2 Principales Existentes Proyectos Mineros en el Perú



**Mapa 10.3 Potenciales Proyectos Mineros en el Perú**



# Mapa 11.1 Peru Regiones



# Mapa de 11.2 Recursos de la región del Pacífico Norte



## Leyenda

● Grande de la ciudad

### Ríos con valores de velocidad

#### Velocidad (m/s)

- < 1.5
- 1.5 a 2
- > 2

### Ríos sin valores de velocidad

- No-perennes/Intermitente/Que fluctúa
- Perenne/Permanente

### Grandes ríos y cuerpos de agua

- No-perennes/Intermitente/Que fluctúa
- Perenne/Permanente

### Velocidades de punto de río (m/s)

- < 1.5
- 1.5 a 2
- > 2

### Energía solar potencial kW/kWp

- Alto: 7
- Bajo: 0

- Lagunas costeras
- ▨ Áreas potenciales de viento onshore

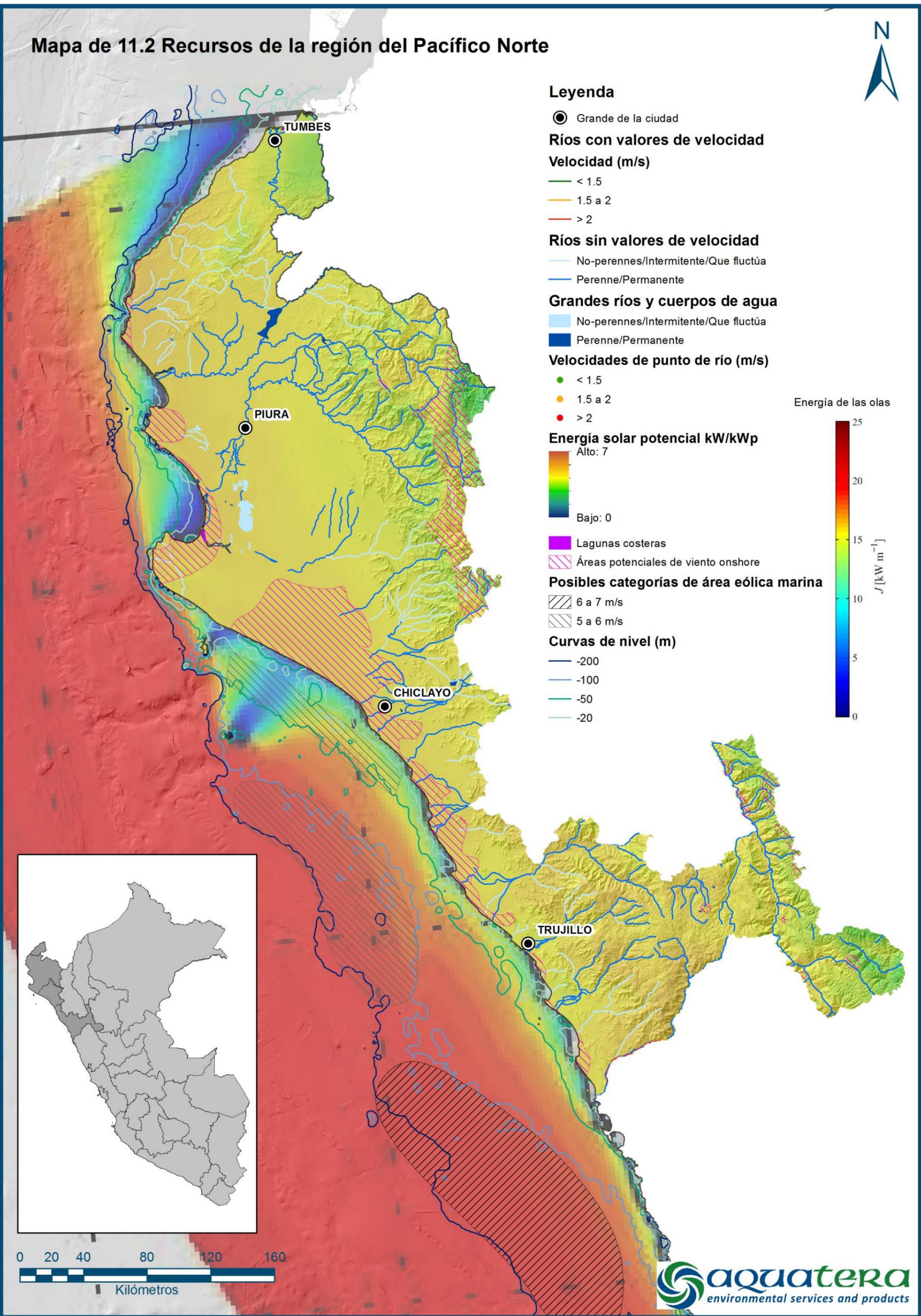
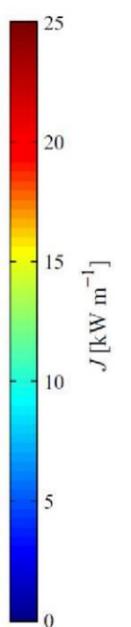
### Posibles categorías de área eólica marina

- ▨ 6 a 7 m/s
- ▨ 5 a 6 m/s

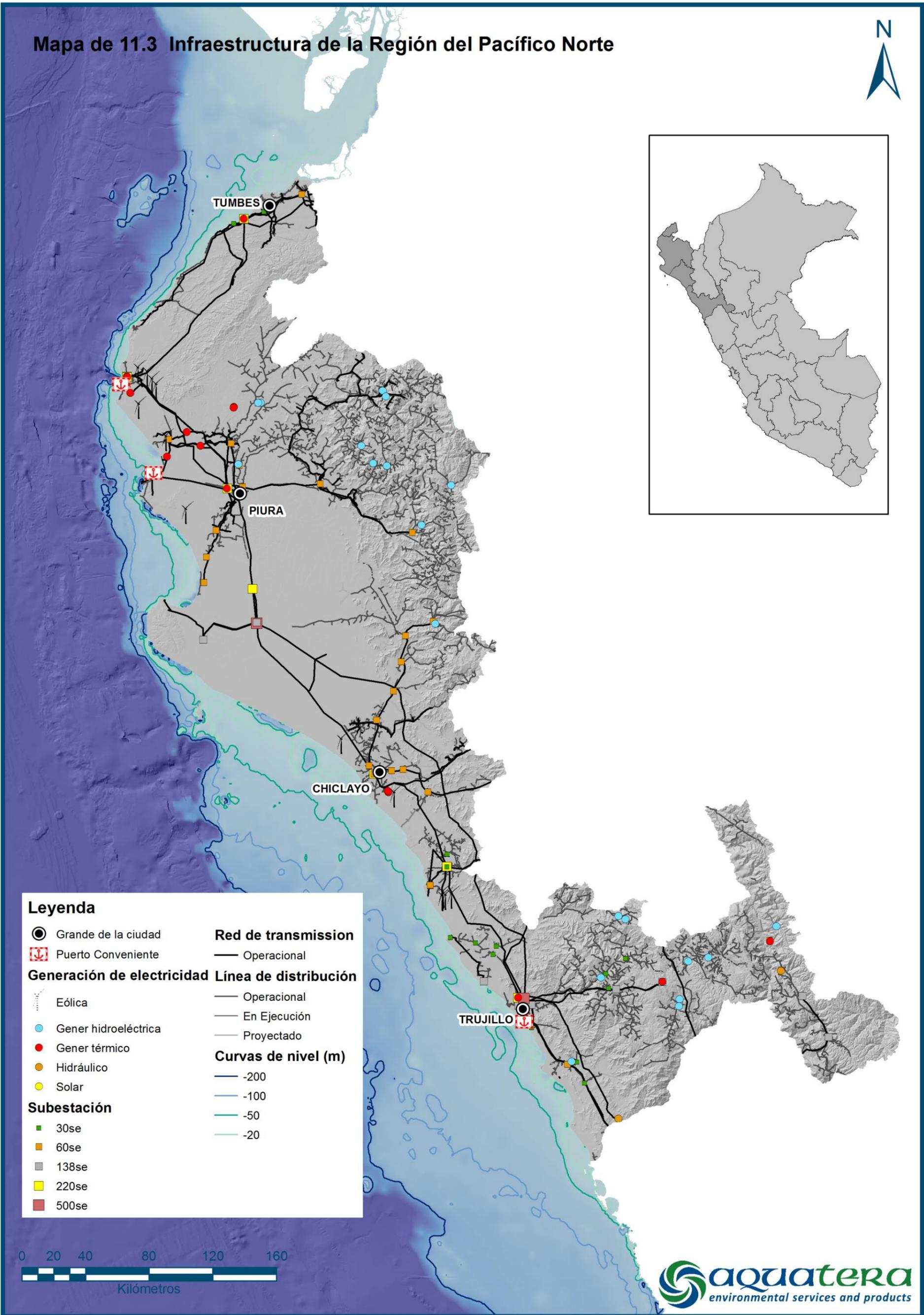
### Curvas de nivel (m)

- -200
- -100
- -50
- -20

### Energía de las olas



# Mapa de 11.3 Infraestructura de la Región del Pacífico Norte



**Leyenda**

● Grande de la ciudad	<b>Red de transmisión</b>
⚓ Puerto Conveniente	— Operacional
<b>Generación de electricidad</b>	<b>Línea de distribución</b>
🌪 Eólica	— Operacional
💧 Gener hidroeléctrica	— En Ejecución
🔴 Gener térmico	— Proyectado
🟡 Hidráulico	<b>Curvas de nivel (m)</b>
☀ Solar	— -200
<b>Subestación</b>	— -100
■ 30se	— -50
■ 60se	— -20
■ 138se	
■ 220se	
■ 500se	



# Mapa de 11.4 Mercado de al Región del Pacífico Norte



## Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ciudad
- Pueblo

## Minería

### Mercancía

- ⊗ Bentonita
- ⊗ Cemento
- ⊗ Oro
- ⊗ Plomo
- ⊗ Refinería de petróleo
- ⊗ Roca fosfórica
- ⊗ Plata
- ⊗ Cinc

### Potencial de gas y petróleo

- Mayor potencial
- Potencial moderado
- Menor potencial

### Distritos de procesamiento de pescado

#### Miliones de toneladas por año

- < 0.5
- 0.5 a 1
- 1 a 5
- 5 a 10
- > 10

#### Harina de pescado (cajas por turno)

- ⊗ < 1000
- ⊗ 1000 a 5000
- ⊗ 5000 a 10000
- ⊗ 10000 a 20000
- ⊗ > 20000



# Mapa de 11.5 Potencial de Desarrollo de la Región del Pacífico Norte



## Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ciudad
- Pueblo
- Aldea no en la red
- Buffer de 1km de la aldea no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Buffer de 5km de la pueblo no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Amortiguamiento de 10km de la ciudad no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- ⚓ Puerto Conveniente
- Buffer de 100km de un puerto adecuado

## Subestación

- 30se
- 60se
- 138se
- 220se
- 500se
- Búfer de 25km de una subestación de alta mar y a 10km de tierra
- Buffer de 100km de una subestación
- A 10km de red principal
- Más de 10km de red principal
- Sección del río >2m/s
- ▲ Punto en el río >2m/s

## Posibles categorías de área eólica marina

- ▨ 6 a 7 m/s
- ▨ 5 a 6 m/s

- ▨ Zona de desarrollo potencial de onda costera
- ▨ Potencial de desarrollo offshore de la onda (profundidad mas conveniente)
- ▨ Potencial de desarrollo offshore de la onda (profundidad adecuado)
- ▨ Potencial de desarrollo offshore de la onda (profundidad menos adecuado)

## Nivel de potencial solar en un cuerpo de agua <10km de red

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

## Nivel de potencial solar en un cuerpo de agua no en la red

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

## Nivel de potencial solar en una laguna costera

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



# Mapa de 11.6 Recursos de la Región Pacífico Central

## Leyenda

● Grande de la ciudad

### Ríos con valores de velocidad

Velocidad (m/s)

- < 1.5
- 1.5 a 2
- > 2

### Ríos sin valores de velocidad

- No-perennes/Intermitente/Que fluctúa
- Perenne/Permanente

### Grandes ríos y cuerpos de agua

- No-perennes/Intermitente/Que fluctúa
- Perenne/Permanente

### Velocidades de punto de río (m/s)

- < 1.5
- 1.5 a 2
- > 2

### Energía solar potencial kW/kWp

- Alto: 7
- Bajo: 0

■ Lagunas costeras

▨ Áreas potenciales de viento onshore

### Posibles categorías de área eólica marina

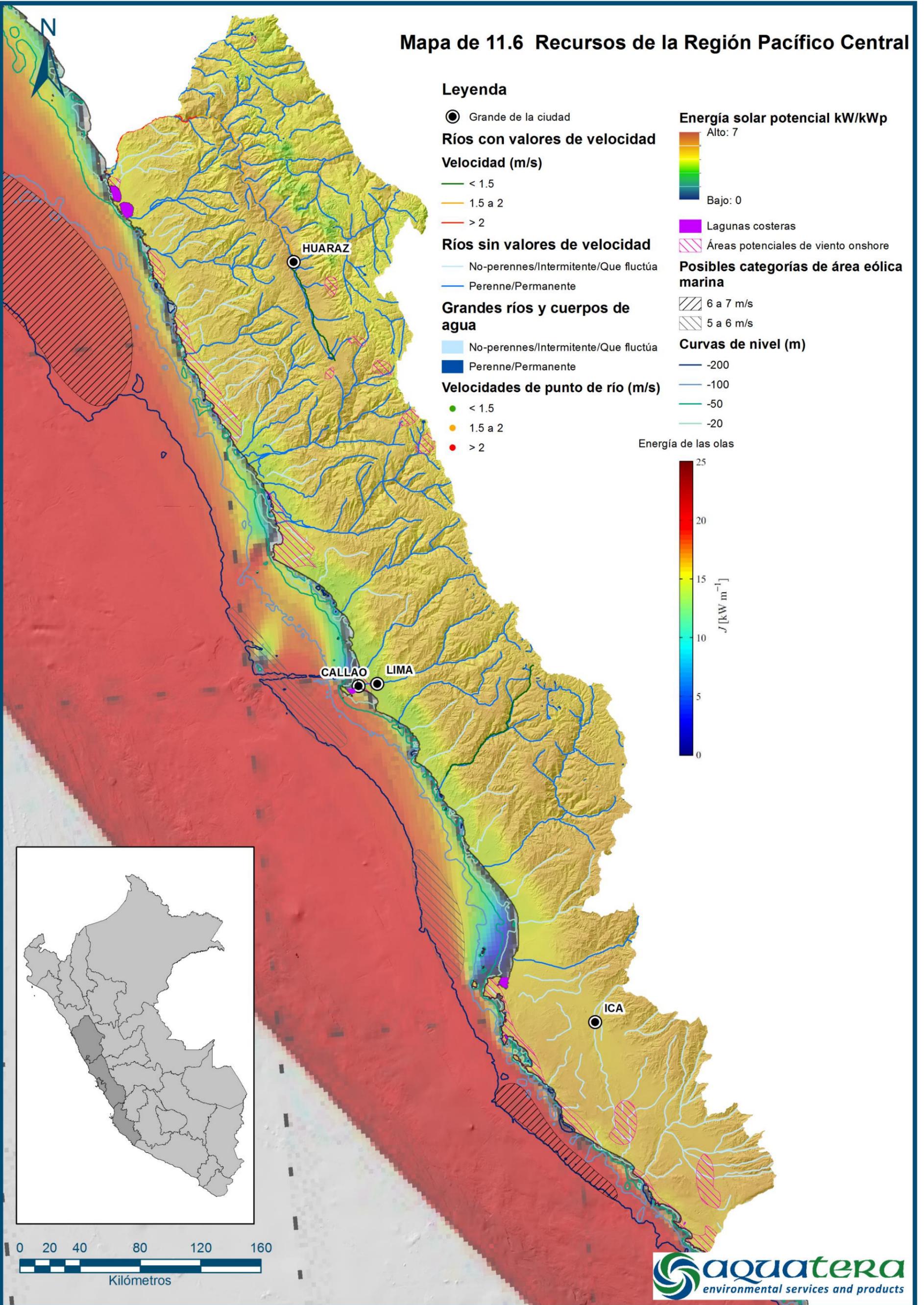
- ▨ 6 a 7 m/s
- ▨ 5 a 6 m/s

### Curvas de nivel (m)

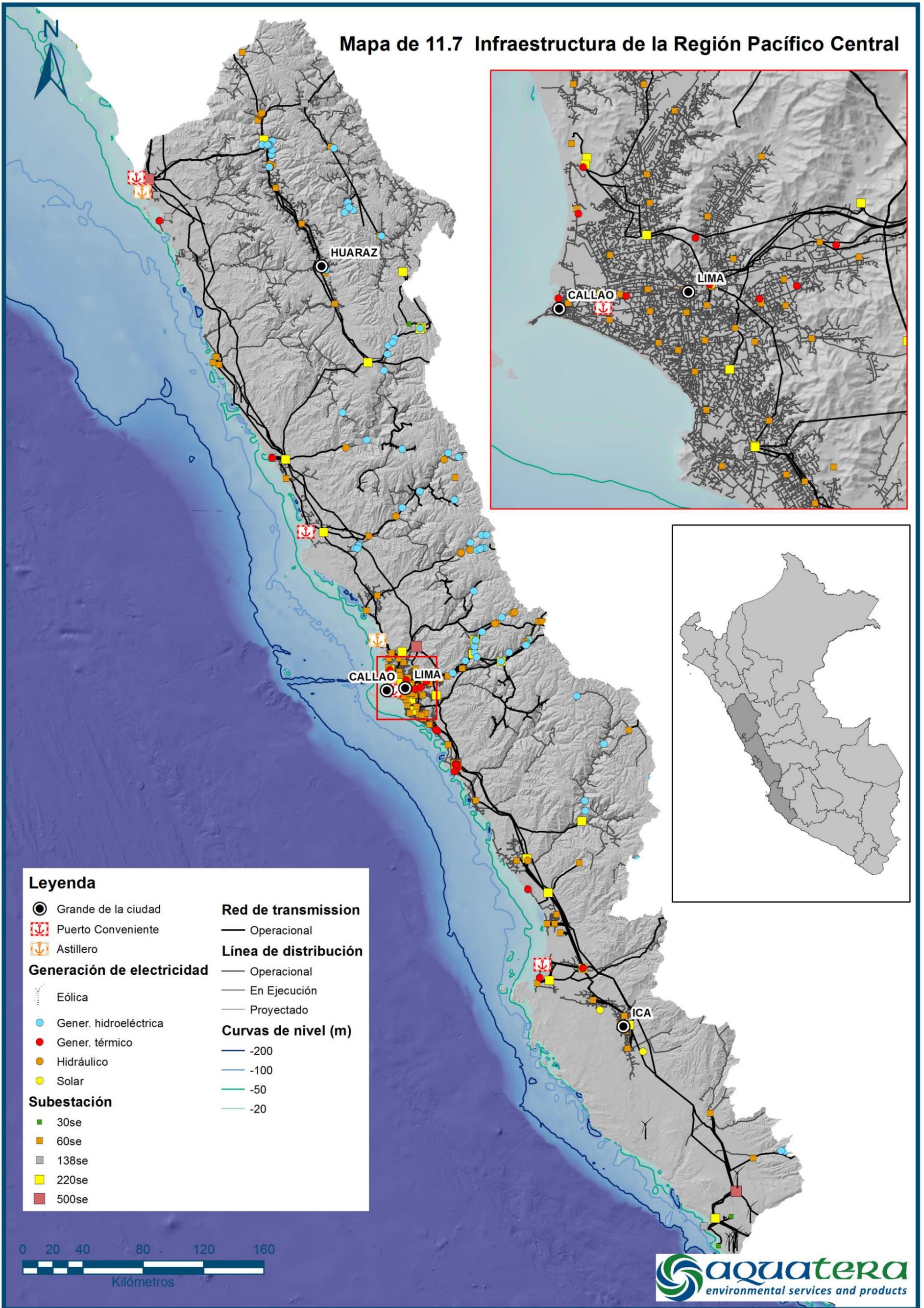
- -200
- -100
- -50
- -20

### Energía de las olas

- 25
  - 20
  - 15
  - 10
  - 5
  - 0
- $J [kW m^{-1}]$



# Mapa de 11.7 Infraestructura de la Región Pacífico Central



## Leyenda

- Grande de la ciudad
- ⚓ Puerto Conveniente
- ⚓ Astillero

## Generación de electricidad

- ☪ Eólica
- Gener. hidroeléctrica
- Gener. térmico
- Hidráulico
- Solar

## Subestación

- 30se
- 60se
- 138se
- 220se
- 500se

## Red de transmisión

- Operacional

## Línea de distribución

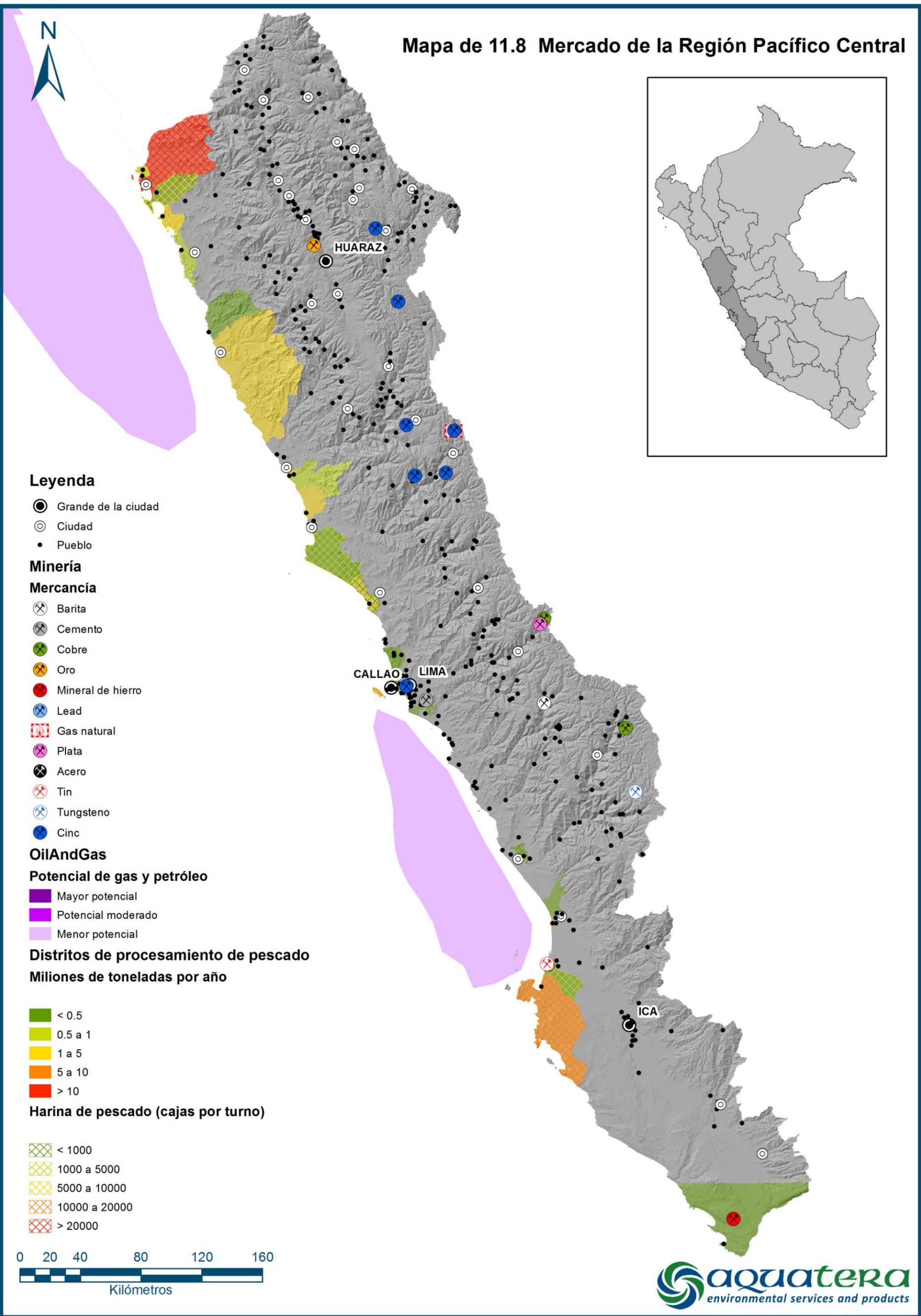
- Operacional
- En Ejecución
- Proyectado

## Curvas de nivel (m)

- -200
- -100
- -50
- -20



# Mapa de 11.8 Mercado de la Región Pacífico Central



### Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ciudad
- Pueblo

### Minería

#### Mercancía

- ⊗ Barita
- ⊗ Cemento
- ⊗ Cobre
- ⊗ Oro
- ⊗ Mineral de hierro
- ⊗ Lead
- ⊗ Gas natural
- ⊗ Plata
- ⊗ Acero
- ⊗ Tin
- ⊗ Tungsteno
- ⊗ Cinc

### OilAndGas

#### Potencial de gas y petróleo

- Mayor potencial
- Potencial moderado
- Menor potencial

### Distritos de procesamiento de pescado

#### Miliones de toneladas por año

- < 0.5
- 0.5 a 1
- 1 a 5
- 5 a 10
- > 10

### Harina de pescado (cajas por turno)

- ⊗ < 1000
- ⊗ 1000 a 5000
- ⊗ 5000 a 10000
- ⊗ 10000 a 20000
- ⊗ > 20000



# Mapa de 11.9 Potencial de Desarrollo de la Región Pacífico Central

## Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ciudad
- Pueblo
- Aldea no en la red
- Buffer de 1km de la aldea no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Buffer de 5km de la pueblo no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Amortiguamiento de 10km de la ciudad no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- ⚓ Puerto Conveniente
- Buffer de 100km de un puerto adecuado
- 30se
- 60se
- 138se
- 220se
- 500se
- Búfer de 25km de una subestación de alta mar y a 10km de tierra
- Buffer de 100km de una subestación
- A 10km de red principal
- Más de 10km de red principal

- Sección del río >2m/s
- ▲ Punto en el río >2m/s

## Posibles categorías de área eólica marina

- ▨ 6 a 7 m/s
- ▨ 5 a 6 m/s
- ▨ Zona de desarrollo potencial de onda costera
- ▨ Potencial de desarrollo offshore de la onda (profundidad mas conveniente)
- ▨ Potencial de desarrollo offshore de la onda (profundidad adecuado)
- ▨ Potencial de desarrollo offshore de la onda (profundidad menos adecuado)

## Nivel de potencial solar en un cuerpo de agua <10km de red

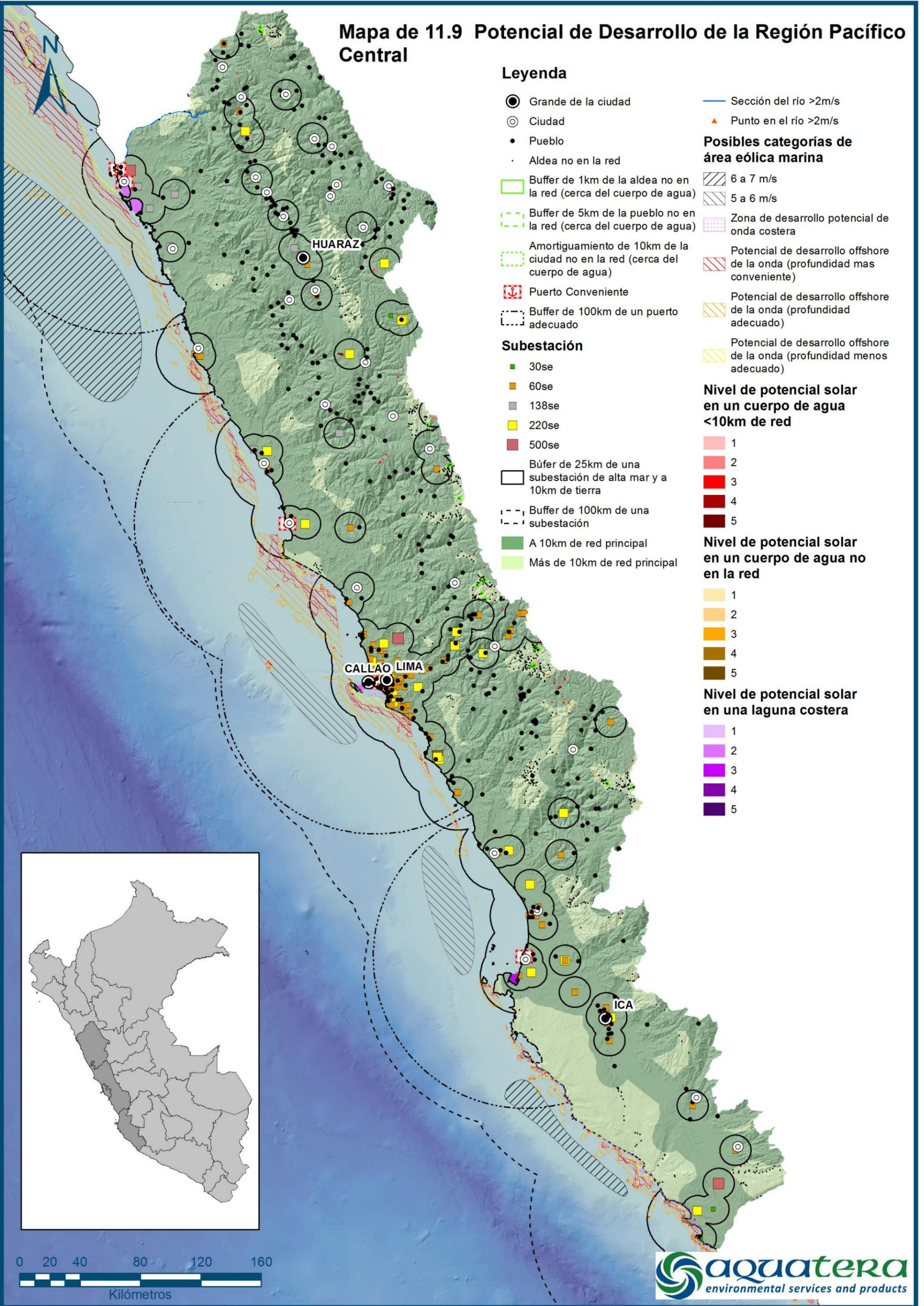
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

## Nivel de potencial solar en un cuerpo de agua no en la red

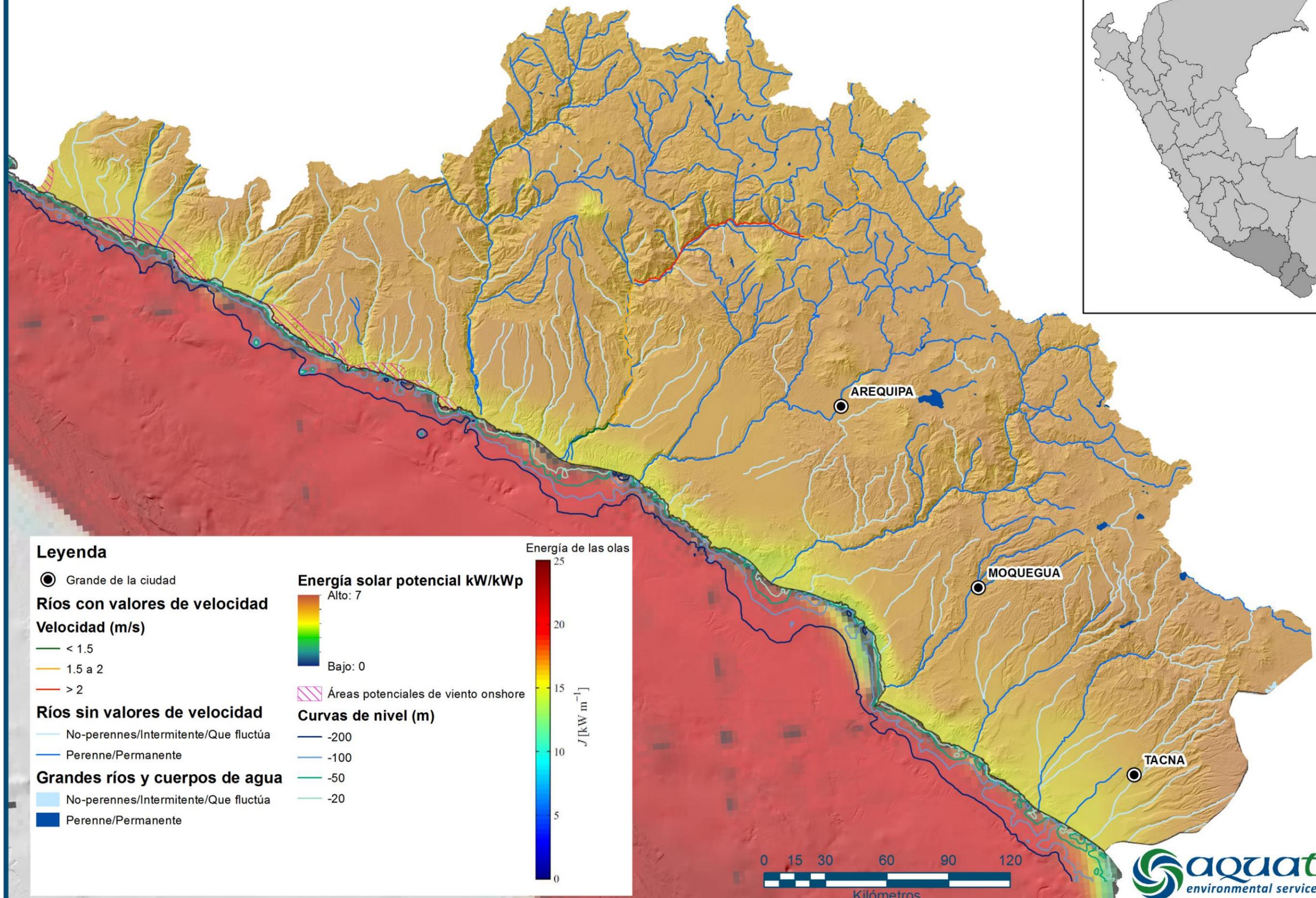
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

## Nivel de potencial solar en una laguna costera

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



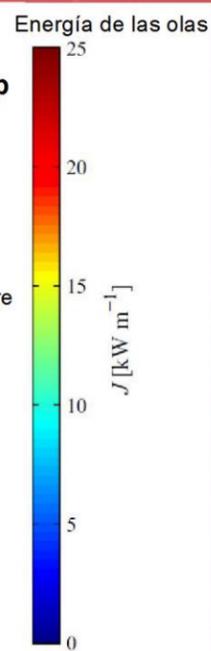
# Mapa de 11.10 Recursos de la Región del Pacífico Sur



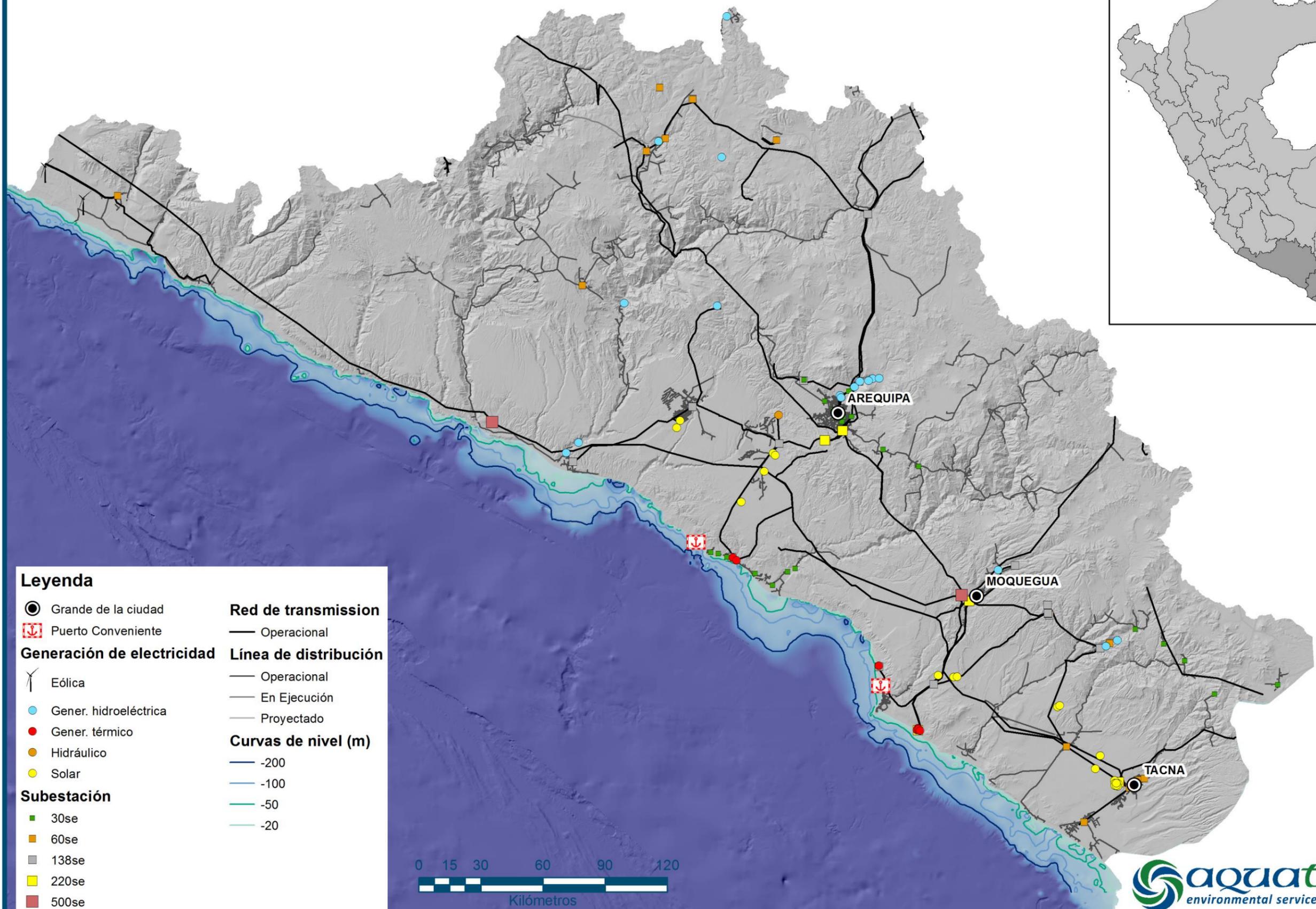
## Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ríos con valores de velocidad**
- Velocidad (m/s)**
- < 1.5
- 1.5 a 2
- > 2
- Ríos sin valores de velocidad**
- No-perennes/Intermitente/Que fluctúa
- Perenne/Permanente
- Grandes ríos y cuerpos de agua**
- No-perennes/Intermitente/Que fluctúa
- Perenne/Permanente

- Energía solar potencial kW/kWp**
- Alto: 7
- Bajo: 0
- ▨ Áreas potenciales de viento onshore
- Curvas de nivel (m)**
- -200
- -100
- -50
- -20



# Mapa de 11.11 Infraestructura de la Región Pacífico Sur

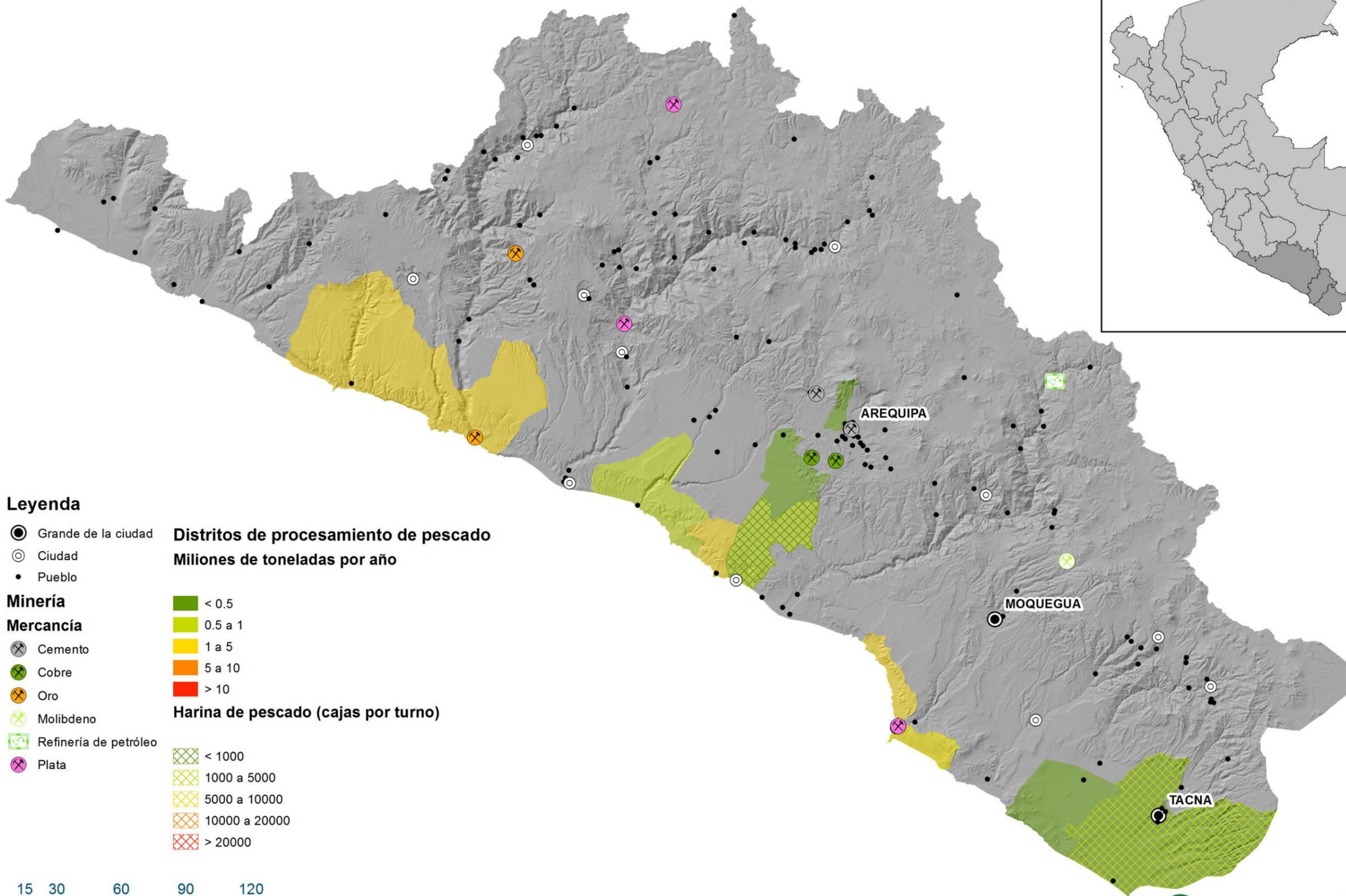


**Leyenda**

● Grande de la ciudad	<b>Red de transmisión</b>
⚓ Puerto Conveniente	— Operacional
<b>Generación de electricidad</b>	<b>Línea de distribución</b>
⚙ Eólica	— Operacional
● Gener. hidroeléctrica	— En Ejecución
● Gener. térmico	— Proyectado
● Hidráulico	<b>Curvas de nivel (m)</b>
● Solar	— -200
<b>Subestación</b>	— -100
■ 30se	— -50
■ 60se	— -20
■ 138se	
■ 220se	
■ 500se	



# Mapa de 11.12 Mercado de la Región del Pacífico Sur



## Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ciudad
- Pueblo

### Minería

#### Mercancía

- ⊗ Cemento
- ⊗ Cobre
- ⊗ Oro
- ⊗ Molibdeno
- ⊗ Refinería de petróleo
- ⊗ Plata

### Districtos de procesamiento de pescado

Miliones de toneladas por año

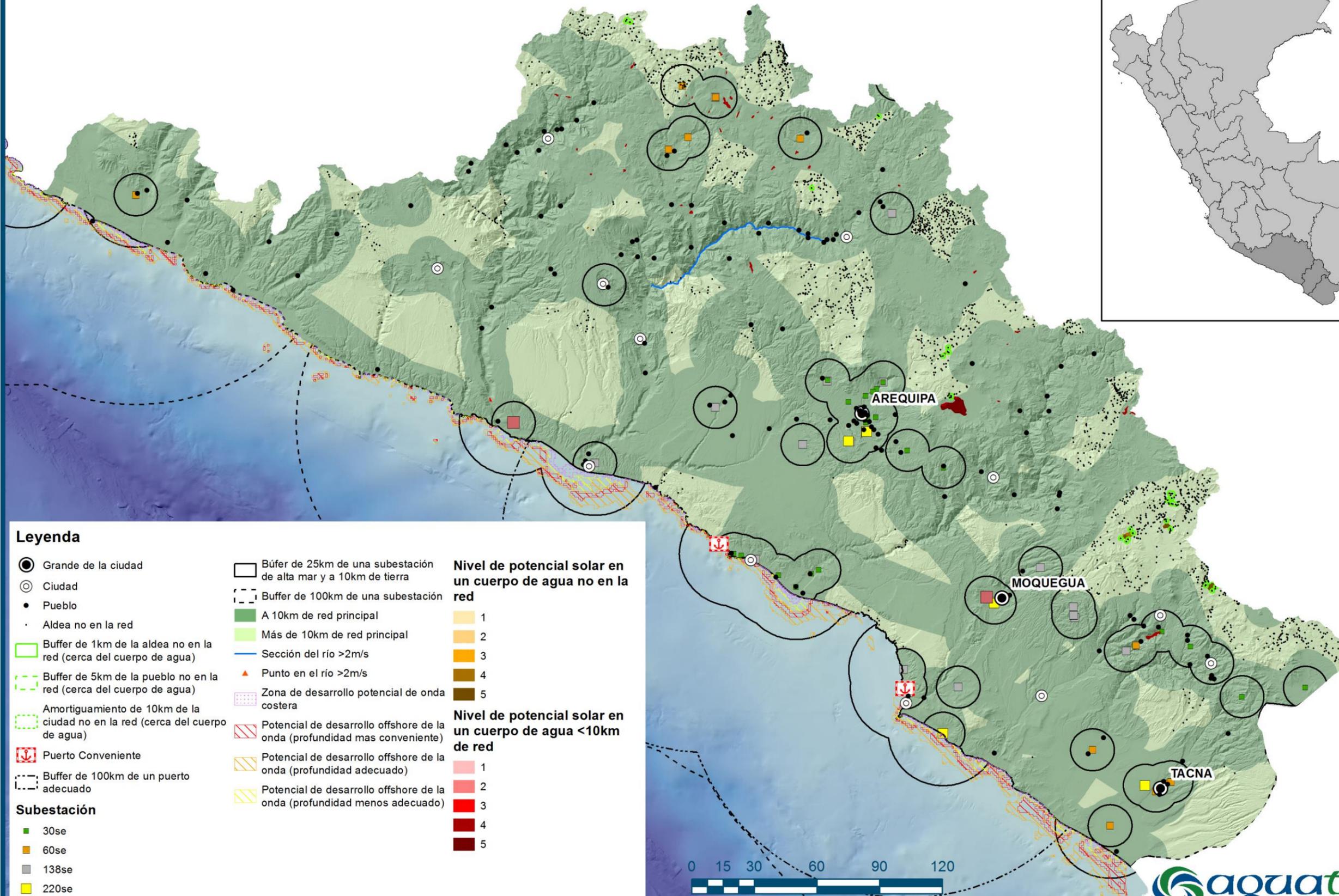
- < 0.5
- 0.5 a 1
- 1 a 5
- 5 a 10
- > 10

### Harina de pescado (cajas por turno)

- < 1000
- 1000 a 5000
- 5000 a 10000
- 10000 a 20000
- > 20000



# Mapa de 11.13 Potencial de Desarrollo de la Región del Pacífico Sur



## Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ciudad
- Pueblo
- Aldea no en la red

- Buffer de 1km de la aldea no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Buffer de 5km de la pueblo no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Amortiguamiento de 10km de la ciudad no en la red (cerca del cuerpo de agua)

- ⚓ Puerto Conveniente
- Buffer de 100km de un puerto adecuado

### Subestación

- 30se
- 60se
- 138se
- 220se
- 500se

- Búfer de 25km de una subestación de alta mar y a 10km de tierra
- Buffer de 100km de una subestación
- A 10km de red principal
- Más de 10km de red principal
- Sección del río >2m/s
- ▲ Punto en el río >2m/s
- Zona de desarrollo potencial de onda costera

- Potencial de desarrollo offshore de la onda (profundidad mas conveniente)
- Potencial de desarrollo offshore de la onda (profundidad adecuado)
- Potencial de desarrollo offshore de la onda (profundidad menos adecuado)

### Nivel de potencial solar en un cuerpo de agua no en la red

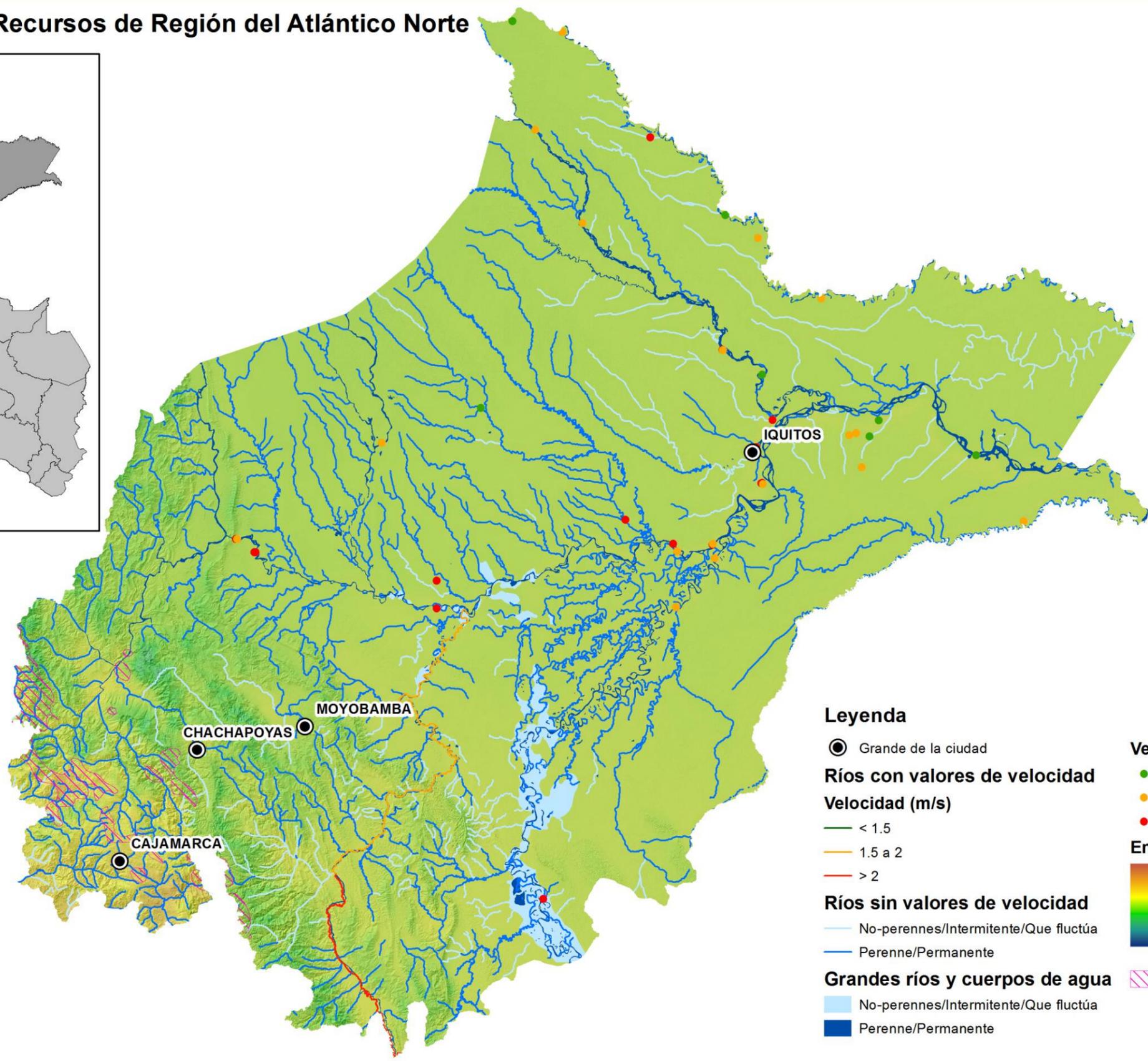
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

### Nivel de potencial solar en un cuerpo de agua <10km de red

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



# Mapa de 11.14 Recursos de Región del Atlántico Norte



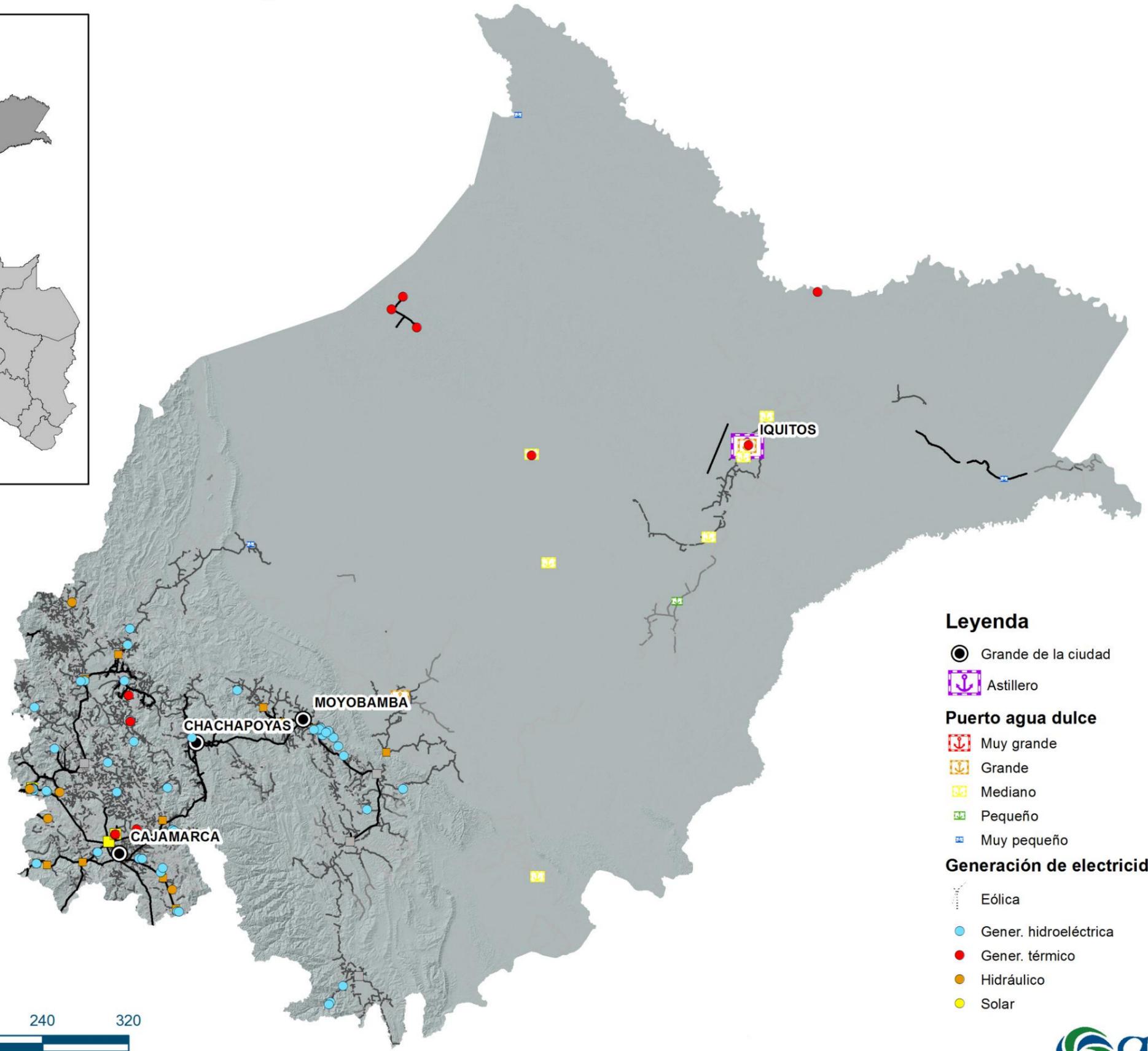
### Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ríos con valores de velocidad**
- Velocidad (m/s)**
- < 1.5
- 1.5 a 2
- > 2
- Ríos sin valores de velocidad**
- No-perennes/Intermitente/Que fluctúa
- Perenne/Permanente
- Grandes ríos y cuerpos de agua**
- No-perennes/Intermitente/Que fluctúa
- Perenne/Permanente

- Velocidades de punto de río (m/s)**
- < 1.5
- 1.5 a 2
- > 2
- Energía solar potencial kW/kWp**
- Alto: 7
- Bajo: 0
- ▨ Áreas potenciales de viento onshore



# Mapa de 11.15 Infraestructura de la Región de Atlántico Norte

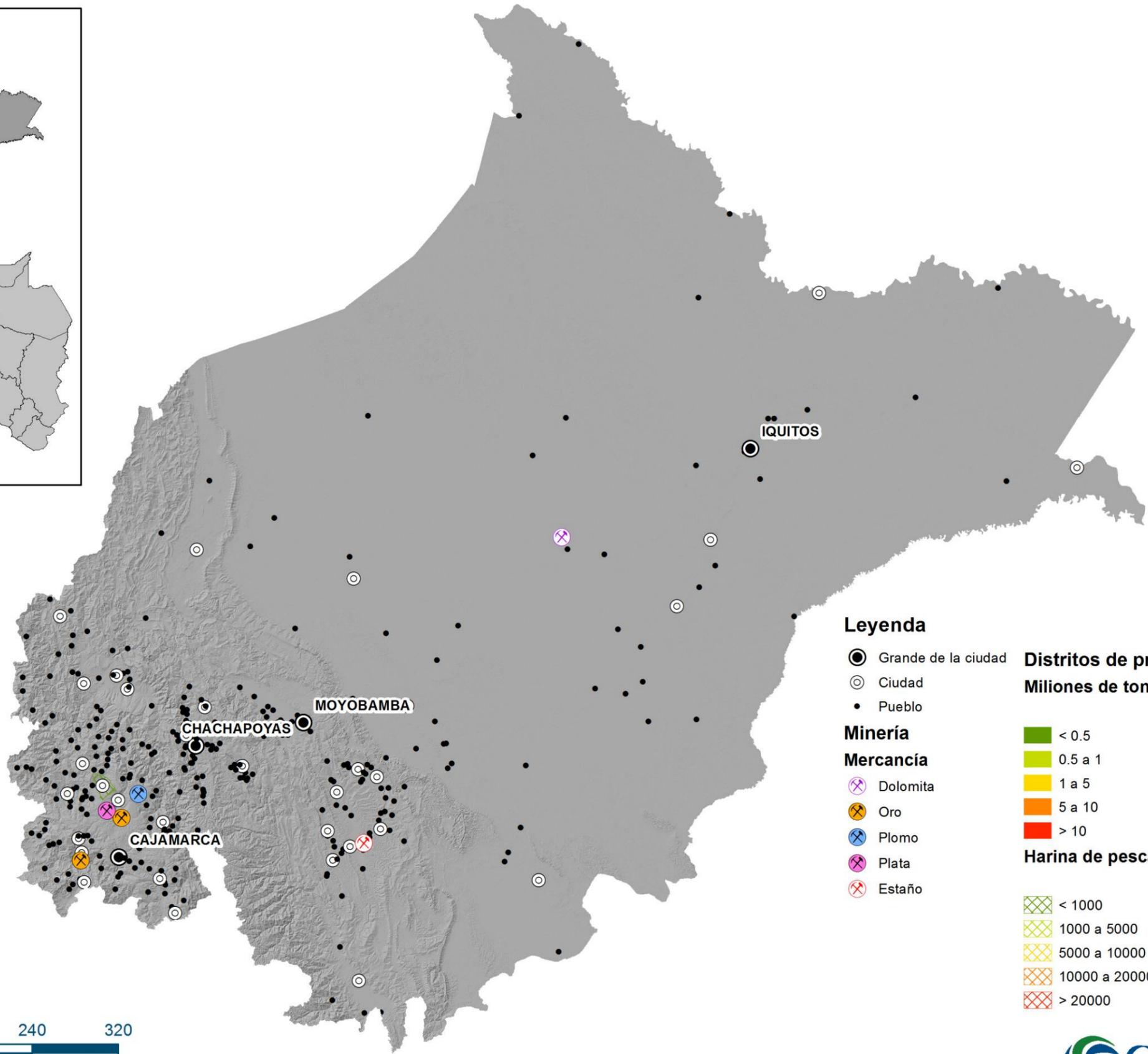


## Leyenda

- Grande de la ciudad
- ⚓ Astillero
- Puerto agua dulce**
  - ⚓ Muy grande
  - ⚓ Grande
  - ⚓ Mediano
  - ⚓ Pequeño
  - ⚓ Muy pequeño
- Generación de electricidad**
  - ☪ Eólica
  - Gener. hidroeléctrica
  - Gener. térmico
  - Hidráulico
  - Solar
- Subestación**
  - 30se
  - 60se
  - 138se
  - 220se
  - 500se
- Red de transmission**
  - Operacional
- Línea de distribución**
  - Operacional
  - En Ejecución
  - Proyectado



# Mapa de 11.16 Mercado de la Región de Atlántico Norte



### Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ciudad
- Pueblo

### Minería

- ⊗ Dolomita
- ⊗ Oro
- ⊗ Plomo
- ⊗ Plata
- ⊗ Estaño

### Districtos de procesamiento de pescado Millones de toneladas por año

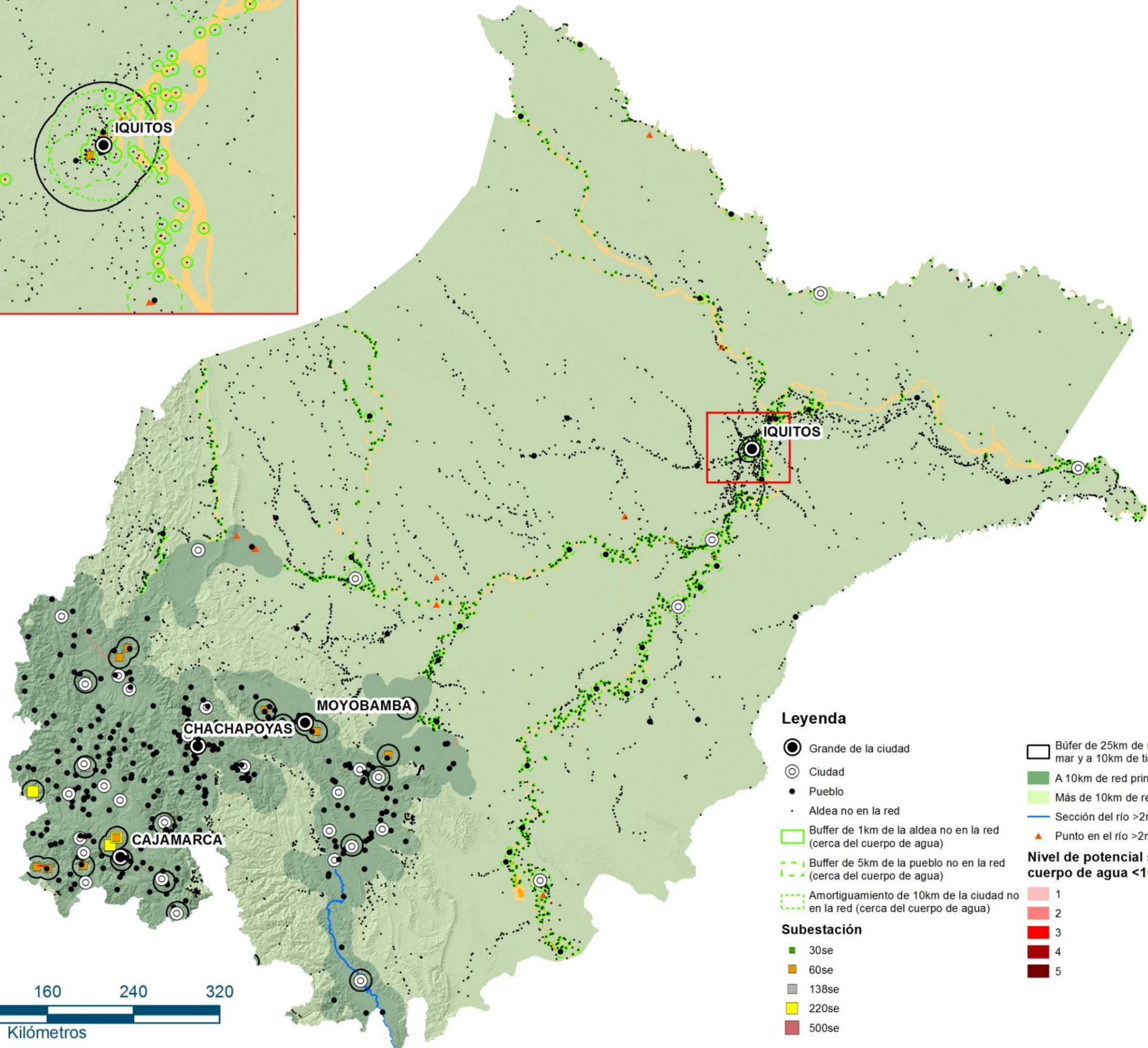
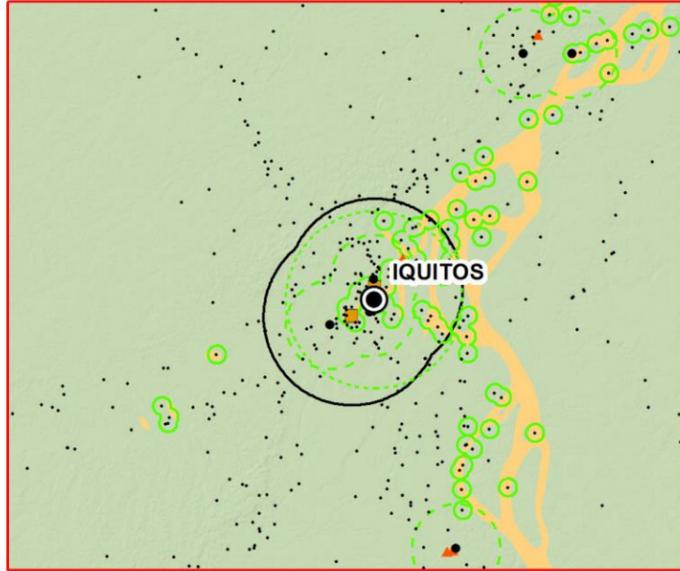
- < 0.5
- 0.5 a 1
- 1 a 5
- 5 a 10
- > 10

### Harina de pescado (cajas por turno)

- < 1000
- 1000 a 5000
- 5000 a 10000
- 10000 a 20000
- > 20000



# Mapa de 11.17 Potencial de desarrollo de la región de Atlántico Norte

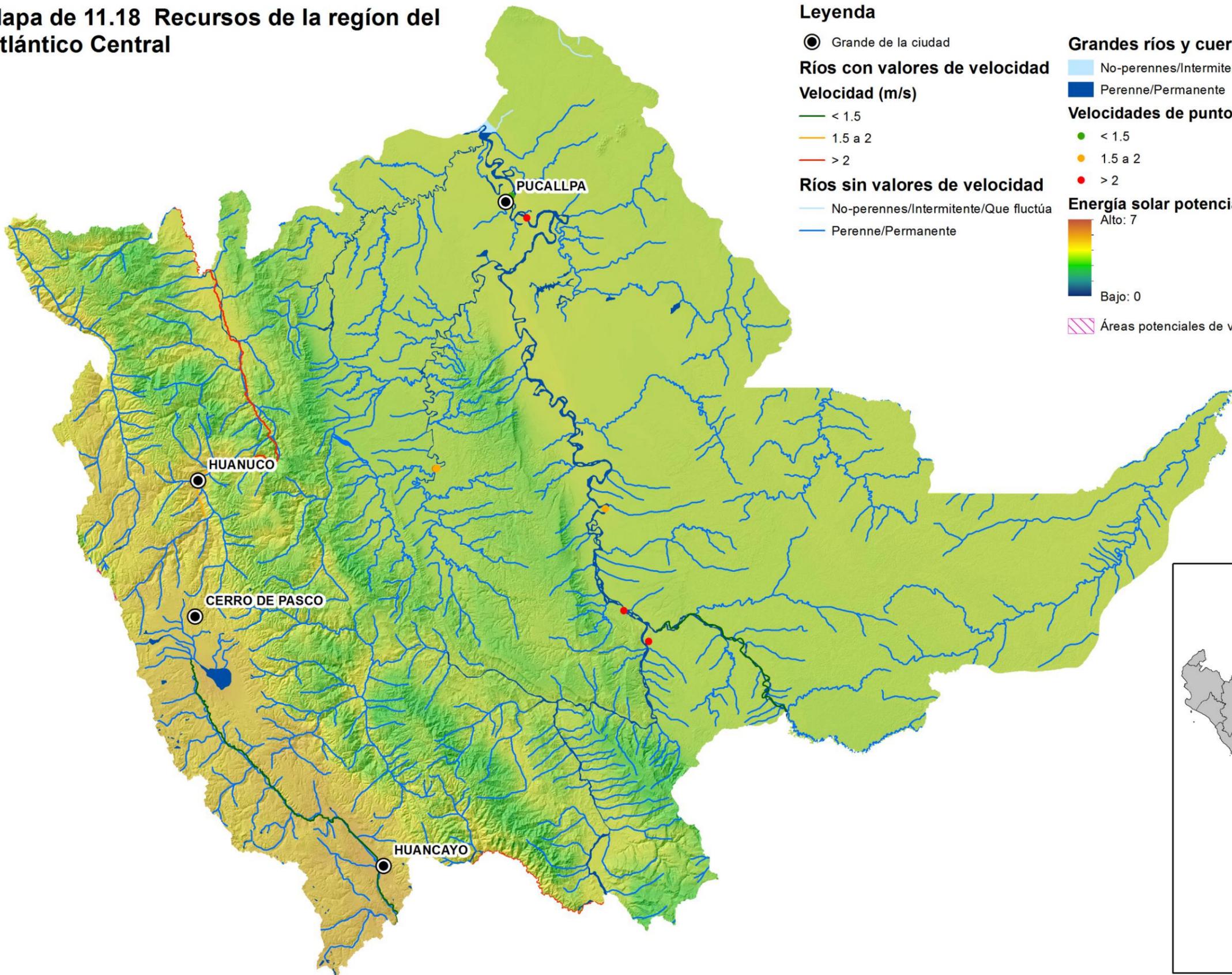


### Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ciudad
- Pueblo
- Aldea no en la red
- Buffer de 1km de la aldea no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Buffer de 5km de la pueblo no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Amortiguamiento de 10km de la ciudad no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Subestación
  - 30se
  - 60se
  - 138se
  - 220se
  - 500se
- Búfer de 25km de una subestación de alta mar y a 10km de tierra
- A 10km de red principal
- Más de 10km de red principal
- Sección del río >2m/s
- ▲ Punto en el río >2m/s
- Nivel de potencial solar en un cuerpo de agua no en la red
  - 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
- Nivel de potencial solar en un cuerpo de agua <10km de red
  - 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5



# Mapa de 11.18 Recursos de la región del Atlántico Central



## Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ríos con valores de velocidad**
- Velocidad (m/s)**
- <math>< 1.5</math>
- 1.5 a 2
- > 2
- Ríos sin valores de velocidad**
- No-perennes/Intermitente/Que fluctúa
- Perenne/Permanente

- Grandes ríos y cuerpos de agua**
- No-perennes/Intermitente/Que fluctúa
- Perenne/Permanente
- Velocidades de punto de río (m/s)**
- <math>< 1.5</math>
- 1.5 a 2
- > 2
- Energía solar potencial kW/kWp**
- Alto: 7
- Bajo: 0
- ▨ Áreas potenciales de viento onshore



# Mapa de 11.19 Infraestructura de la Región del Atlántico Central

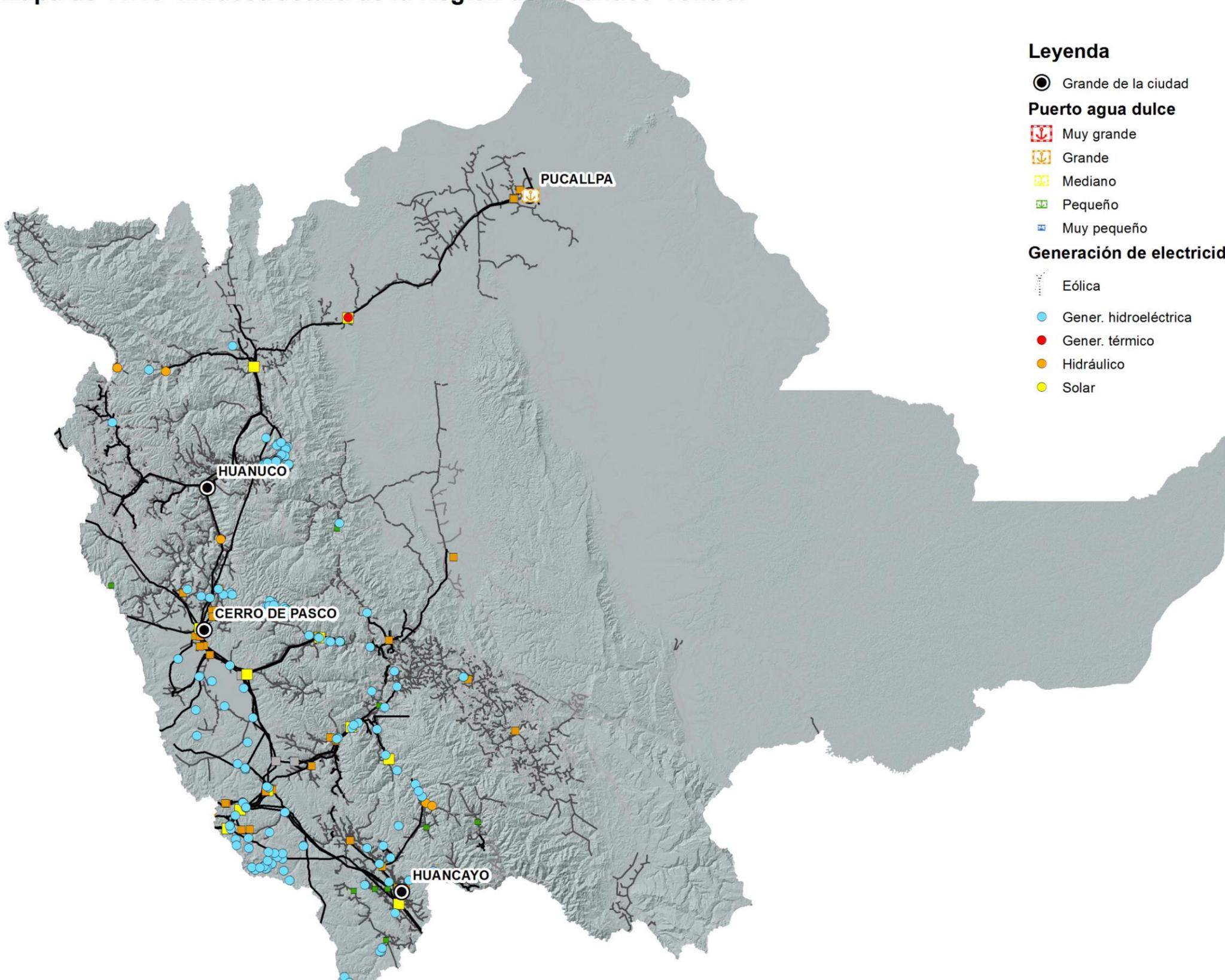


## Leyenda

- Grande de la ciudad
- Puerto agua dulce**
  - Muy grande
  - Grande
  - Mediano
  - Pequeño
  - Muy pequeño
- Generación de electricidad**
  - Eólica
  - Gener. hidroeléctrica
  - Gener. térmico
  - Hidráulico
  - Solar

- Subestación**
  - 30se
  - 60se
  - 138se
  - 220se
  - 500se

- Red de transmisión**
  - Operacional
- Línea de distribución**
  - Operacional
  - En Ejecución
  - Proyectado



# Mapa de 11.20 Mercado de la Región del Atlántico Central



## Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ciudad
- Pueblo

## Minería

- ⊗ Antimonio
- ⊗ Bismuto
- ⊗ Cobre
- ⊗ Plomo
- ⊗ Gas natural
- ⊗ Arena silícea
- ⊗ Plata
- ⊗ Telurio
- ⊗ Cinc

## Mercancía

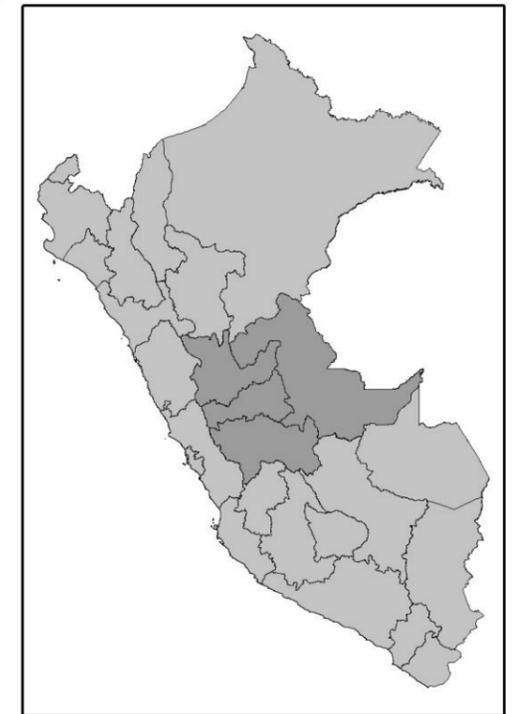
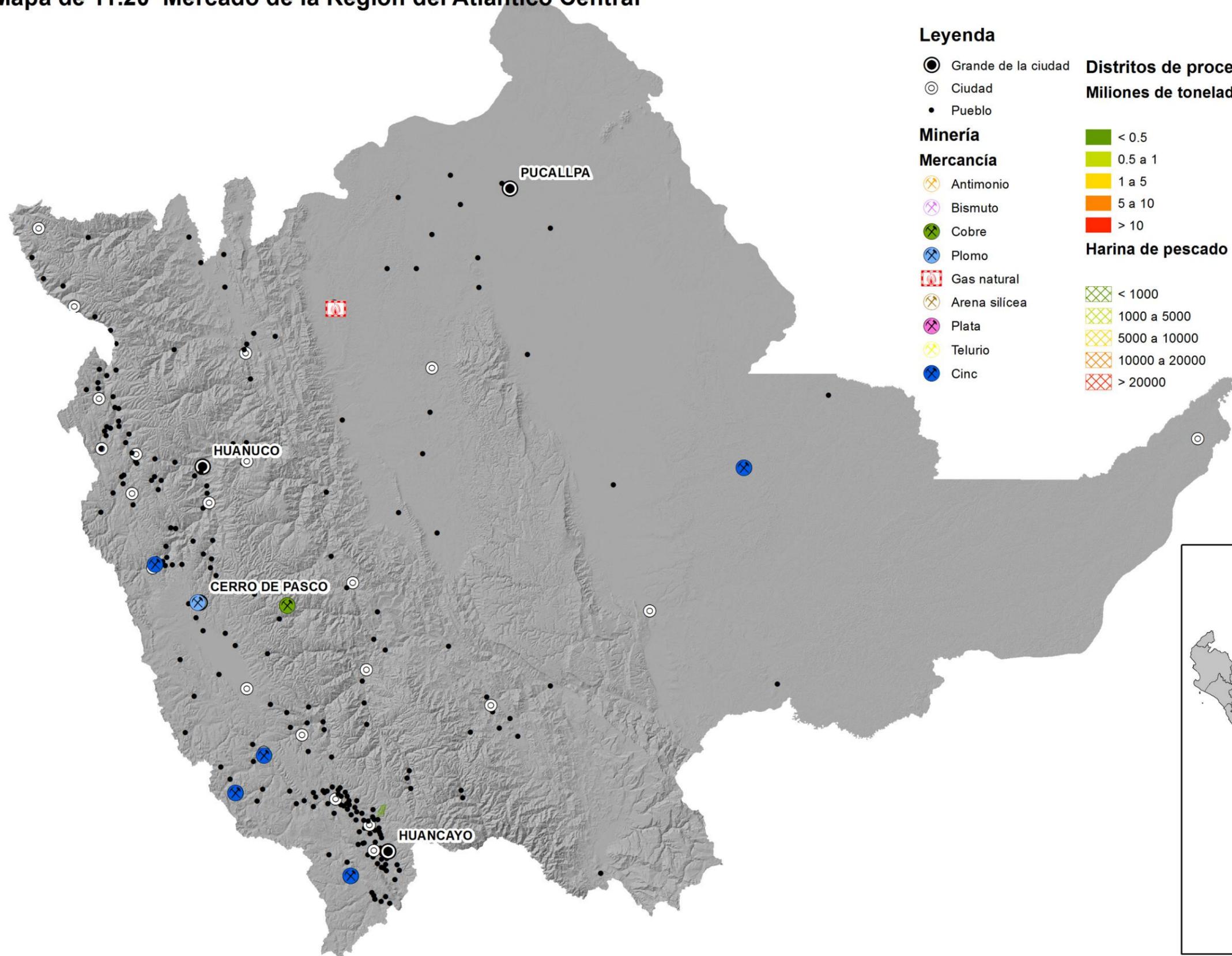
## Distritos de procesamiento de pescado

Miliones de toneladas por año

- < 0.5
- 0.5 a 1
- 1 a 5
- 5 a 10
- > 10

## Harina de pescado (cajas por turno)

- < 1000
- 1000 a 5000
- 5000 a 10000
- 10000 a 20000
- > 20000



# Mapa de 11.21 Potencial de desarrollo de la Región Atlántica Central

## Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ciudad
- Pueblo
- Aldea no en la red
- Buffer de 1km de la aldea no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Buffer de 5km de la pueblo no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Amortiguamiento de 10km de la ciudad no en la red (cerca del cuerpo de agua)

## Subestación

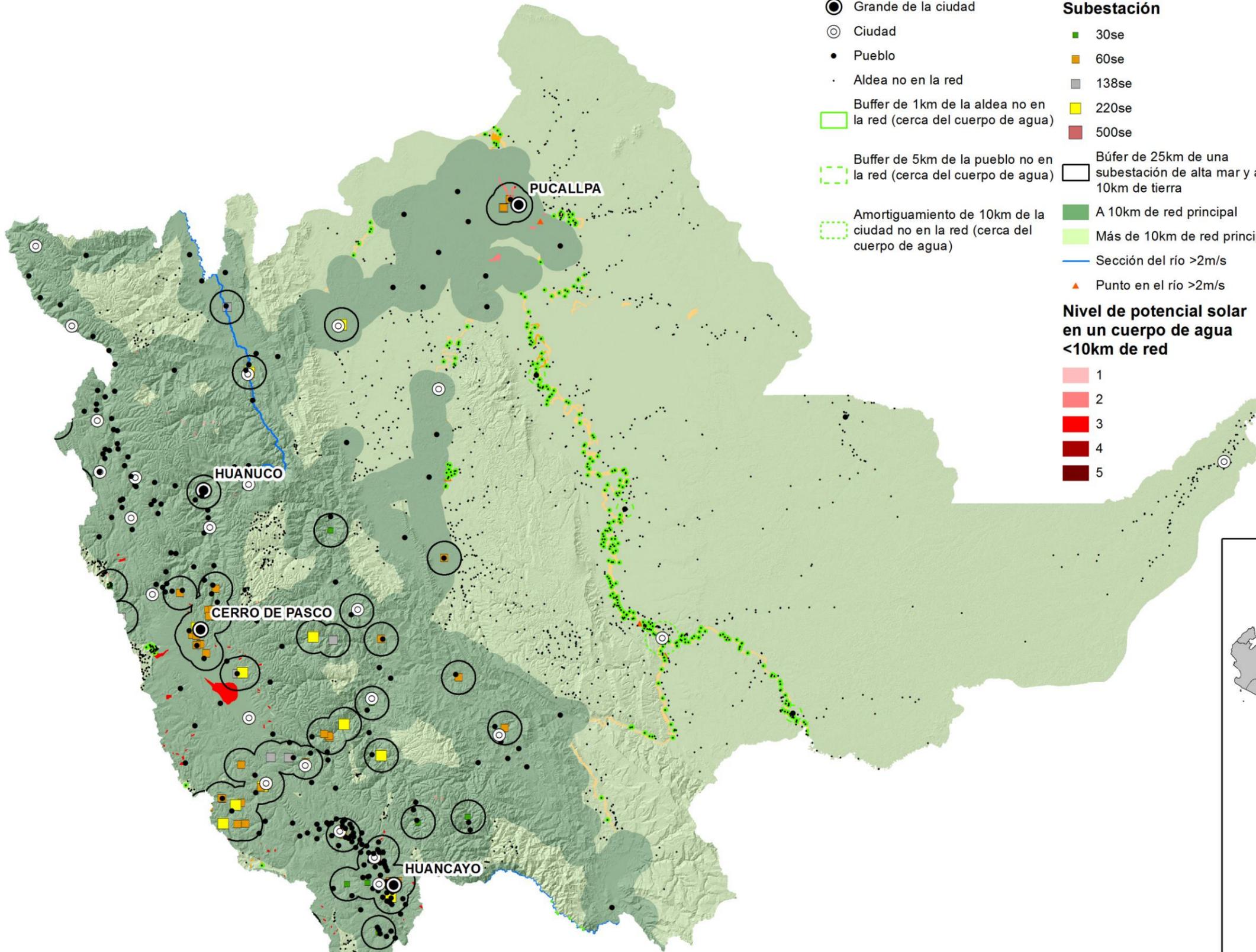
- 30se
- 60se
- 138se
- 220se
- 500se
- Búfer de 25km de una subestación de alta mar y a 10km de tierra
- A 10km de red principal
- Más de 10km de red principal
- Sección del río >2m/s
- ▲ Punto en el río >2m/s

## Nivel de potencial solar en un cuerpo de agua no en la red

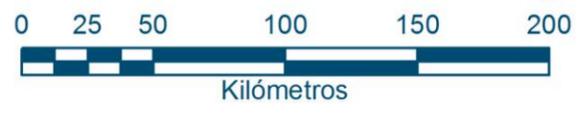
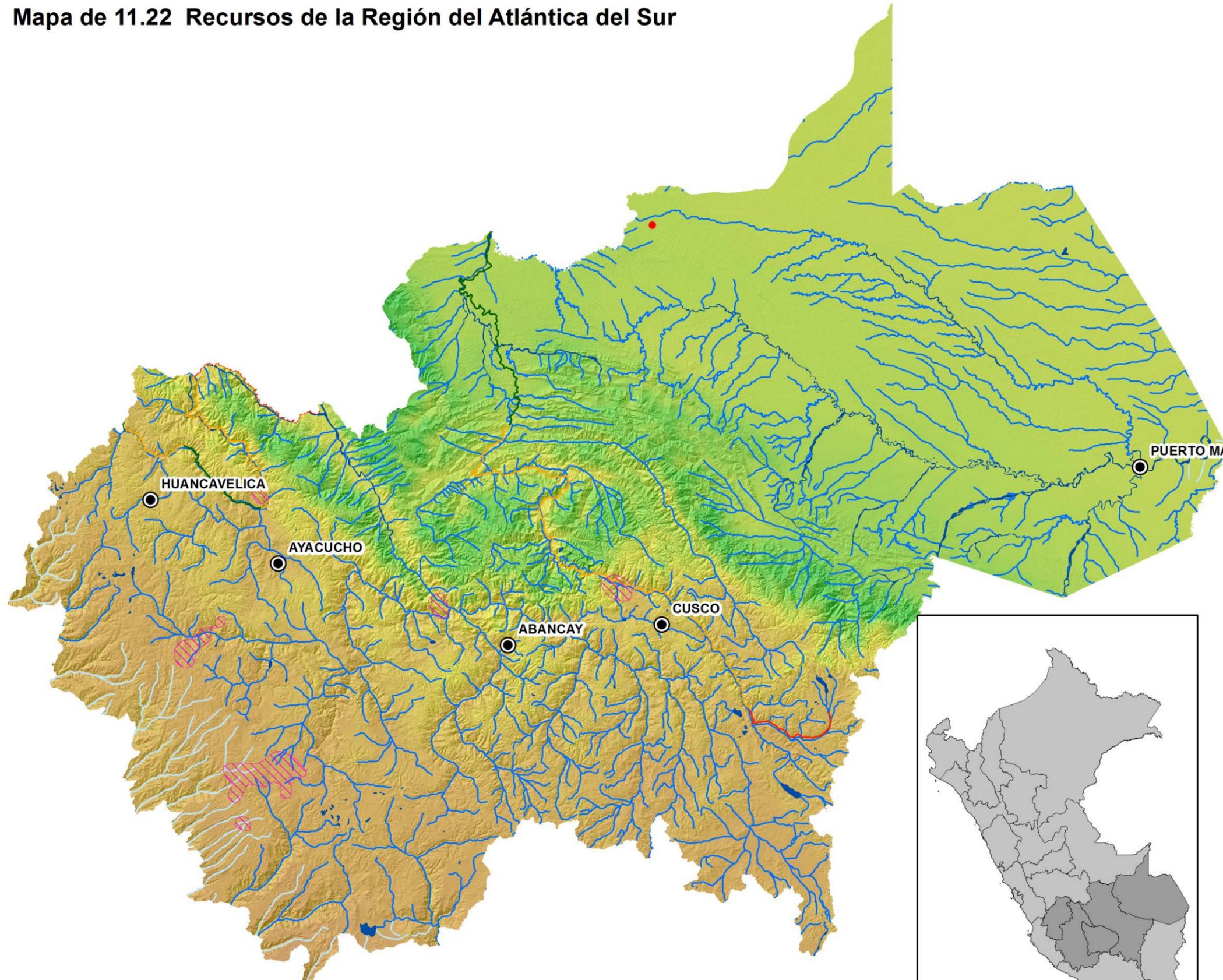
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

## Nivel de potencial solar en un cuerpo de agua <10km de red

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



# Mapa de 11.22 Recursos de la Región del Atlántica del Sur

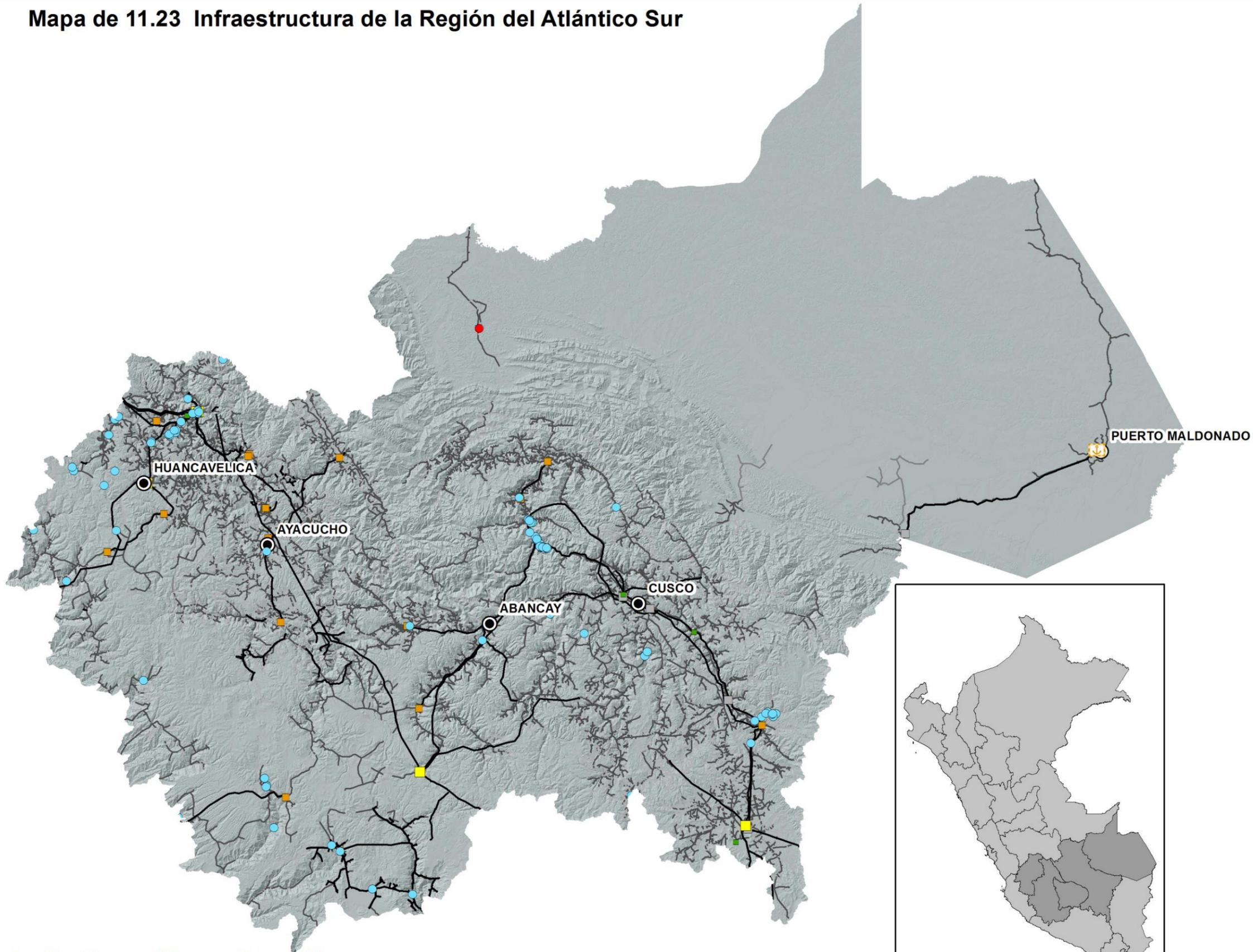


### Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ríos con valores de velocidad**
- Velocidad (m/s)**
- < 1.5
- 1.5 a 2
- > 2
- Ríos sin valores de velocidad**
- No-perennes/Intermitente/Que fluctúa
- Perenne/Permanente
- Grandes ríos y cuerpos de agua**
- Perenne/Permanente
- Velocidades de punto de río (m/s)**
- 1.5 a 2
- > 2
- Energía solar potencial kW/kWp**
- Alto: 7
- Bajo: 0
- ▨ Áreas potenciales de viento onshore



# Mapa de 11.23 Infraestructura de la Región del Atlántico Sur

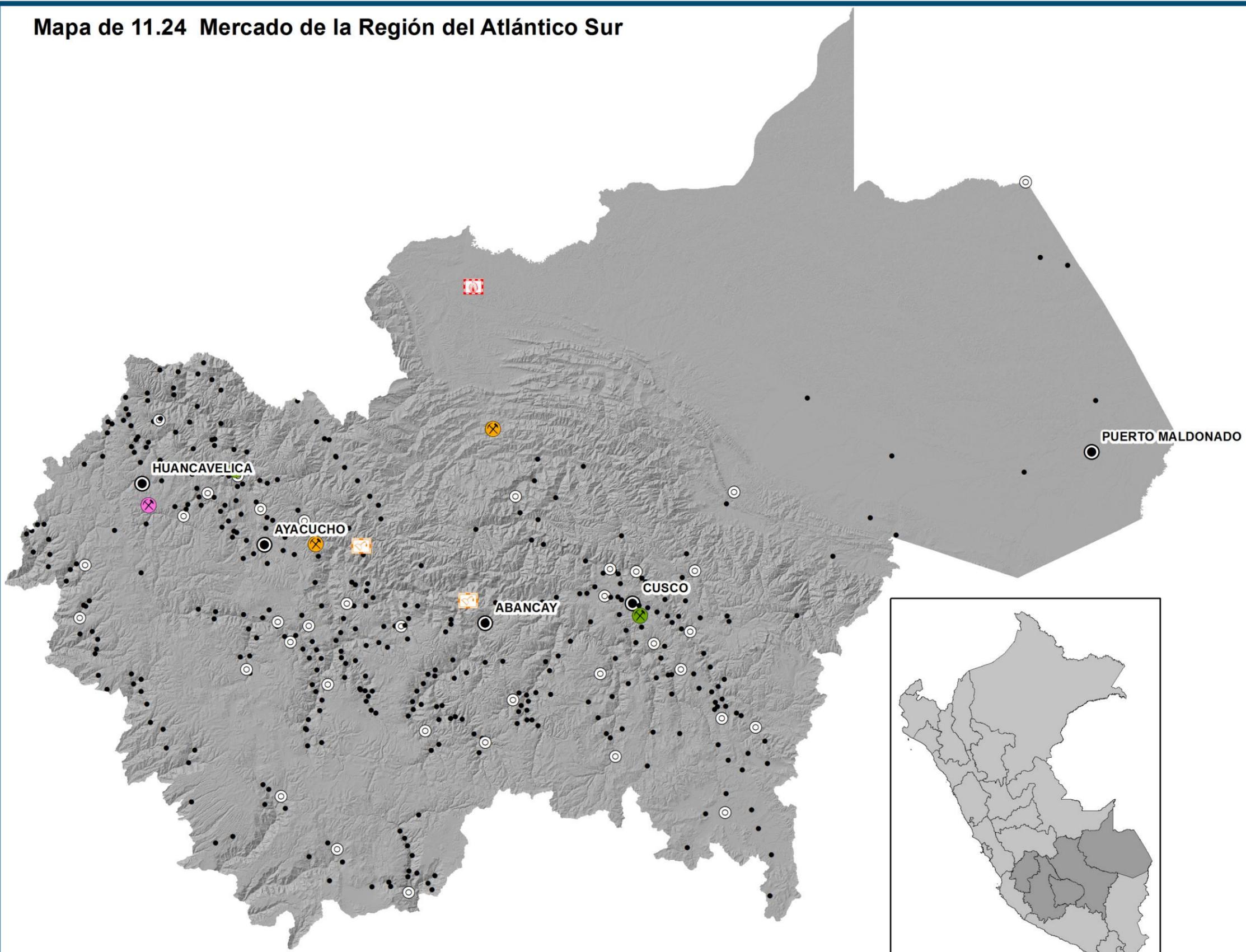


## Leyenda

- Grande de la ciudad
- Puerto agua dulce**
  - ⚓ Muy grande
  - ⚓ Grande
  - ⚓ Mediano
  - ⚓ Pequeño
  - ⚓ Muy pequeño
- Generación de electricidad**
  - ☼ Eólica
  - Gener. hidroeléctrica
  - Gener. térmico
  - Hidráulico
  - Solar
- Subestación**
  - 30se
  - 60se
  - 138se
  - 220se
  - 500se
- Red de transmisión**
  - Operacional
- Línea de distribución**
  - Operacional
  - En Ejecución
  - Proyectado



# Mapa de 11.24 Mercado de la Región del Atlántico Sur



## Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ciudad
- Pueblo

## Minería

### Mercancía

- ⊗ Cobre
- ⊗ Oro
- ⊗ Gas natural
- ⊗ Petróleo crudo
- ⊗ Plata

### Districtos de procesamiento de pescado

### Miliones de toneladas por año

- < 0.5
- 0.5 a 1
- 1 a 5
- 5 a 10
- > 10

### Harina de pescado (cajas por turno)

- < 1000
- 1000 a 5000
- 5000 a 10000
- 10000 a 20000
- > 20000



# Mapa de 11.25 Potencial de Desarrollo de la Región del Atlántico Sur

## Leyenda

- Grande de la ciudad
- Ciudad
- Pueblo
- Aldea no en la red
- Buffer de 1km de la aldea no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Buffer de 5km de la pueblo no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Amortiguamiento de 10km de la ciudad no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Búfer de 25km de una subestación de alta mar y a 10km de tierra
- A 10km de red principal
- Más de 10km de red principal
- Sección del río >2m/s
- ▲ Punto en el río >2m/s

## Subestación

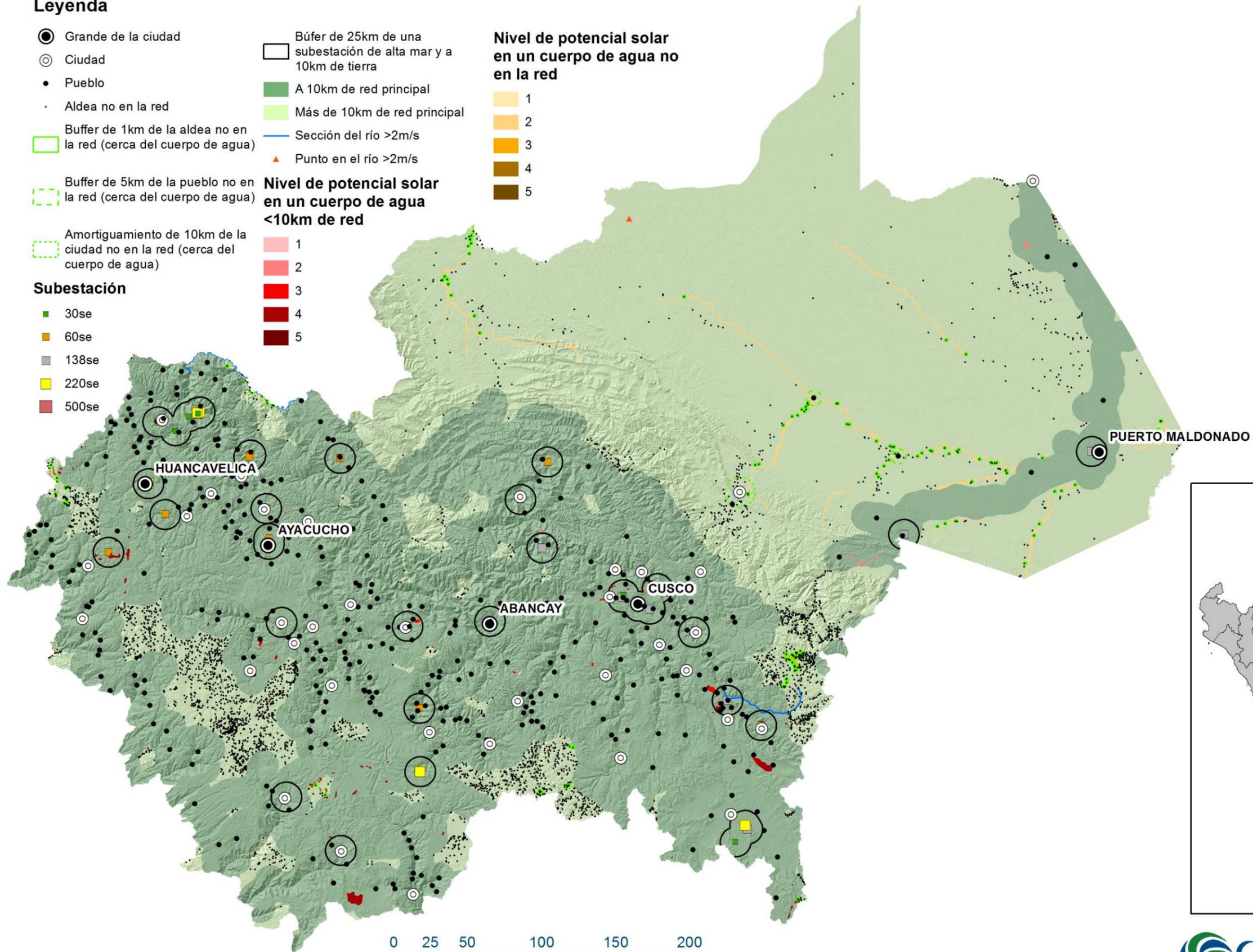
- 30se
- 60se
- 138se
- 220se
- 500se

## Nivel de potencial solar en un cuerpo de agua <10km de red

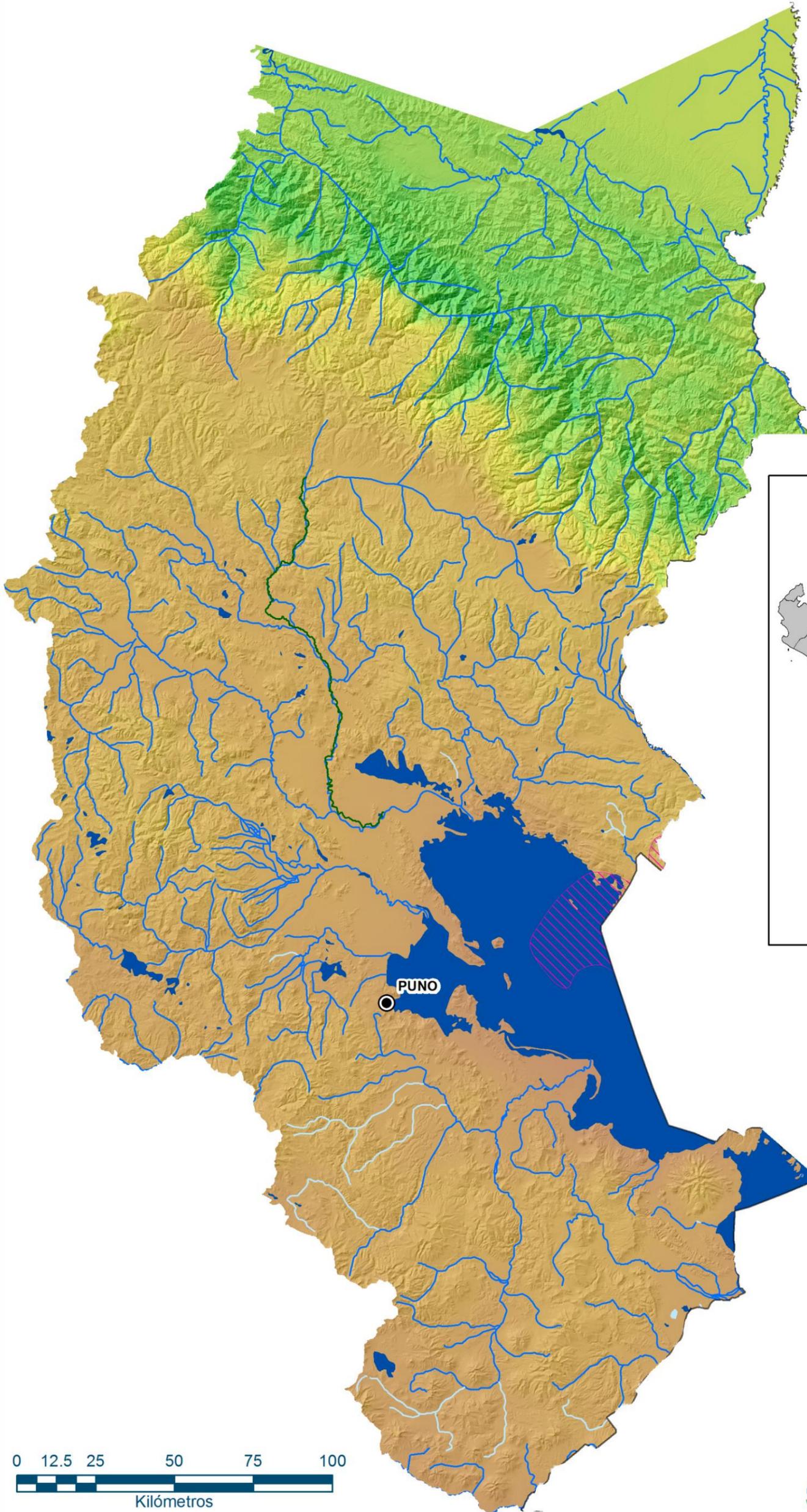
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

## Nivel de potencial solar en un cuerpo de agua no en la red

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



Mapa de 11.26 Recursos de la Región del Titicaca



**Leyenda**

● Grande de la ciudad

**Ríos con valores de velocidad**  
**Velocidad (m/s)**

— < 1.5

— > 2

**Ríos sin valores de velocidad**

— No-perennes/Intermitente/Que fluctúa

— Perenne/Permanente

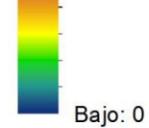
**Grandes ríos y cuerpos de agua**

■ No-perennes/Intermitente/Que fluctúa

■ Perenne/Permanente

**Energía solar potencial kW/kWp**

Alto: 7

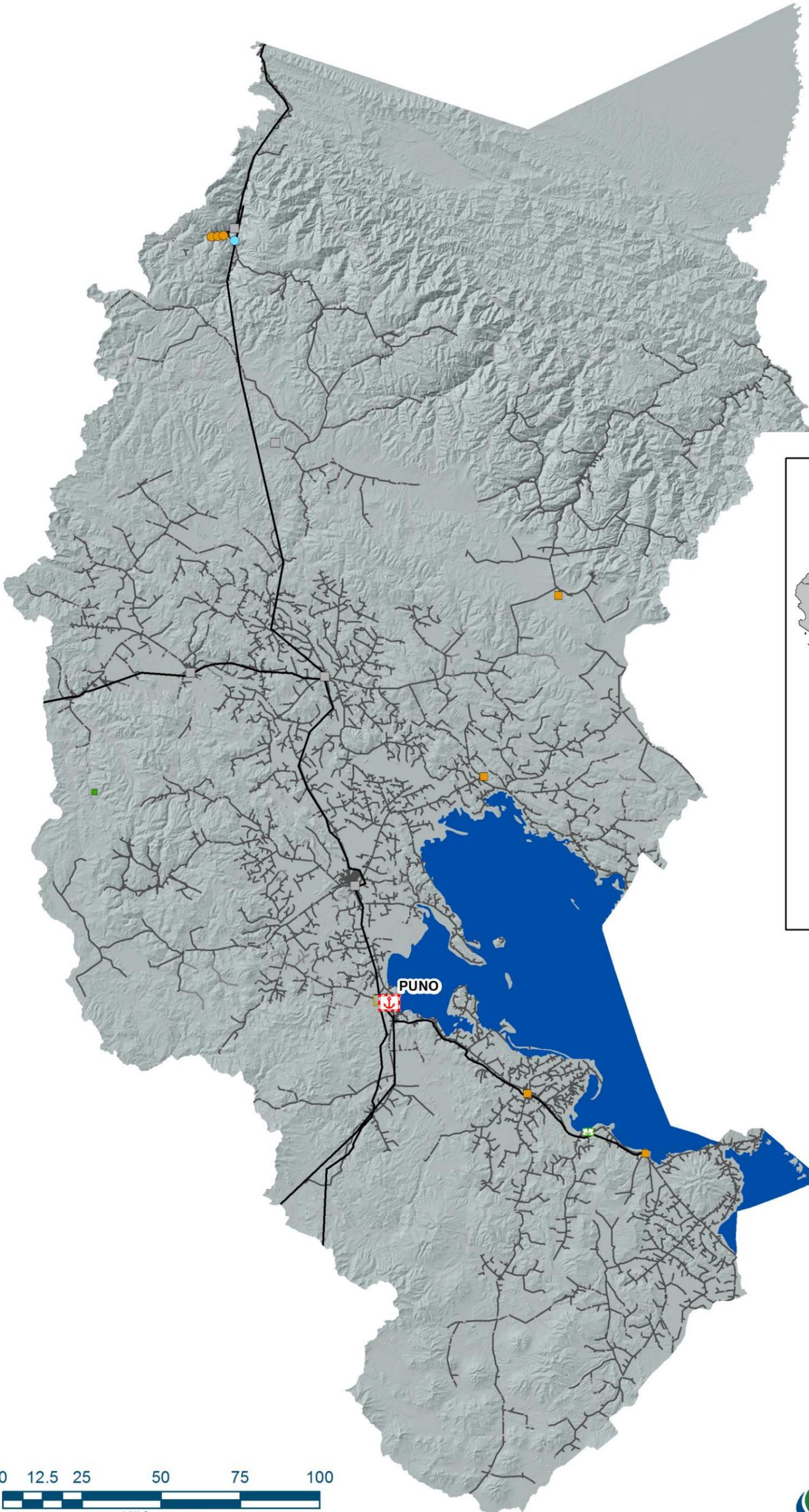


Bajo: 0

▨ Potential onshore wind area



# Mapa de 11.27 Infraestructura de la Región del Titicaca

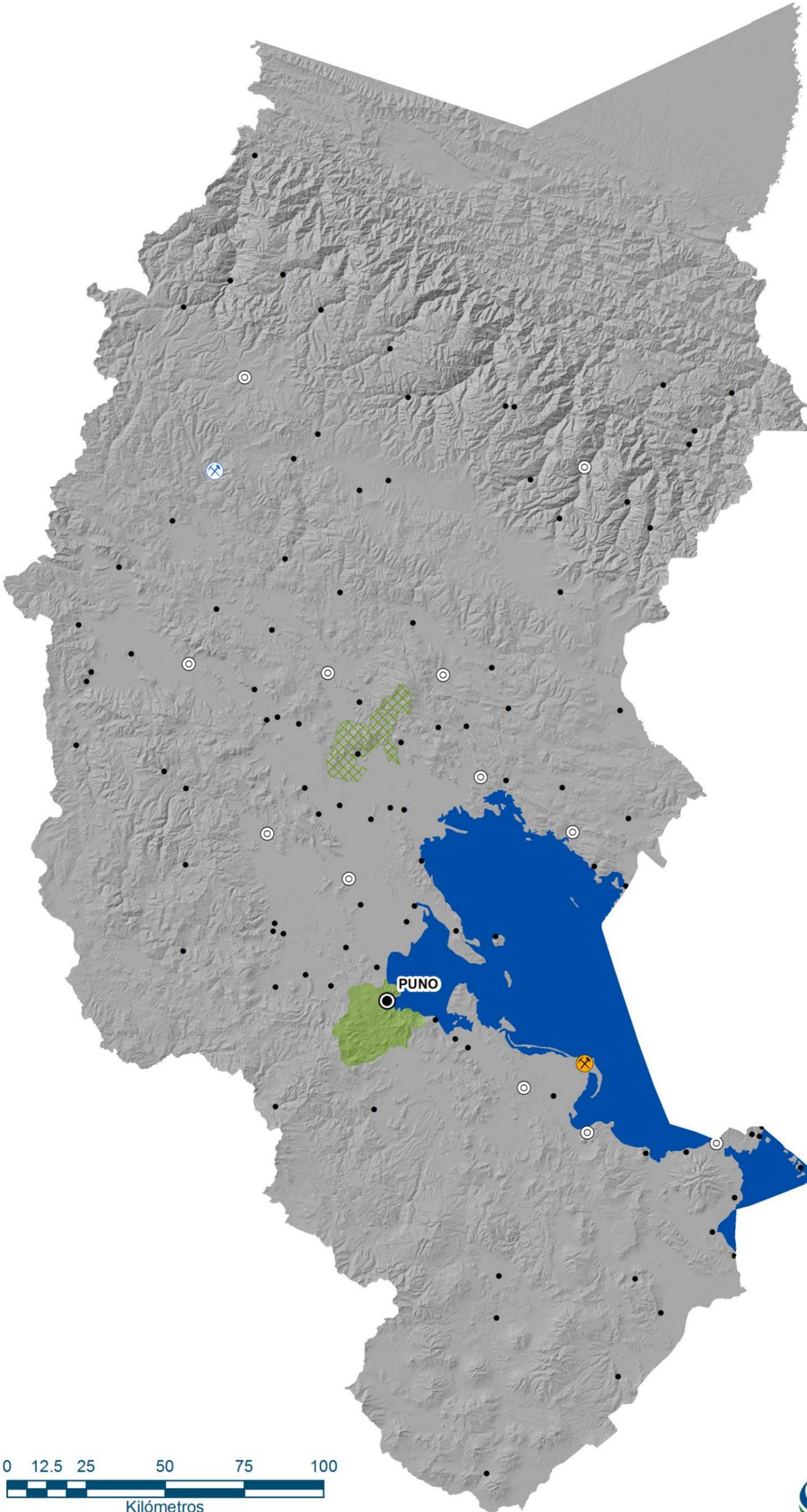


## Leyenda

- Grande de la ciudad
- Puerto agua dulce**
- Muy grande
- Pequeño
- Generación de electricidad**
- Gener. hidroeléctrica
- Hidráulico
- Subestación**
- 30se
- 60se
- 138se
- 220se
- 500se
- Red de transmission**
- Operacional
- Línea de distribución**
- Operacional
- En Ejecución
- Proyectado
- Lago Titicaca



# Mapa de 11.28 Mercado de la región del Titicaca



## Leyenda

### CAPITAL

- Grande de la ciudad
- Ciudad
- Pueblo

■ Lago Titicaca

### Minería

#### Mercancía

- ⊗ Oro
- ⊗ Tungsteno

### Districtos de procesamiento de pescado

Miliones de toneladas por año

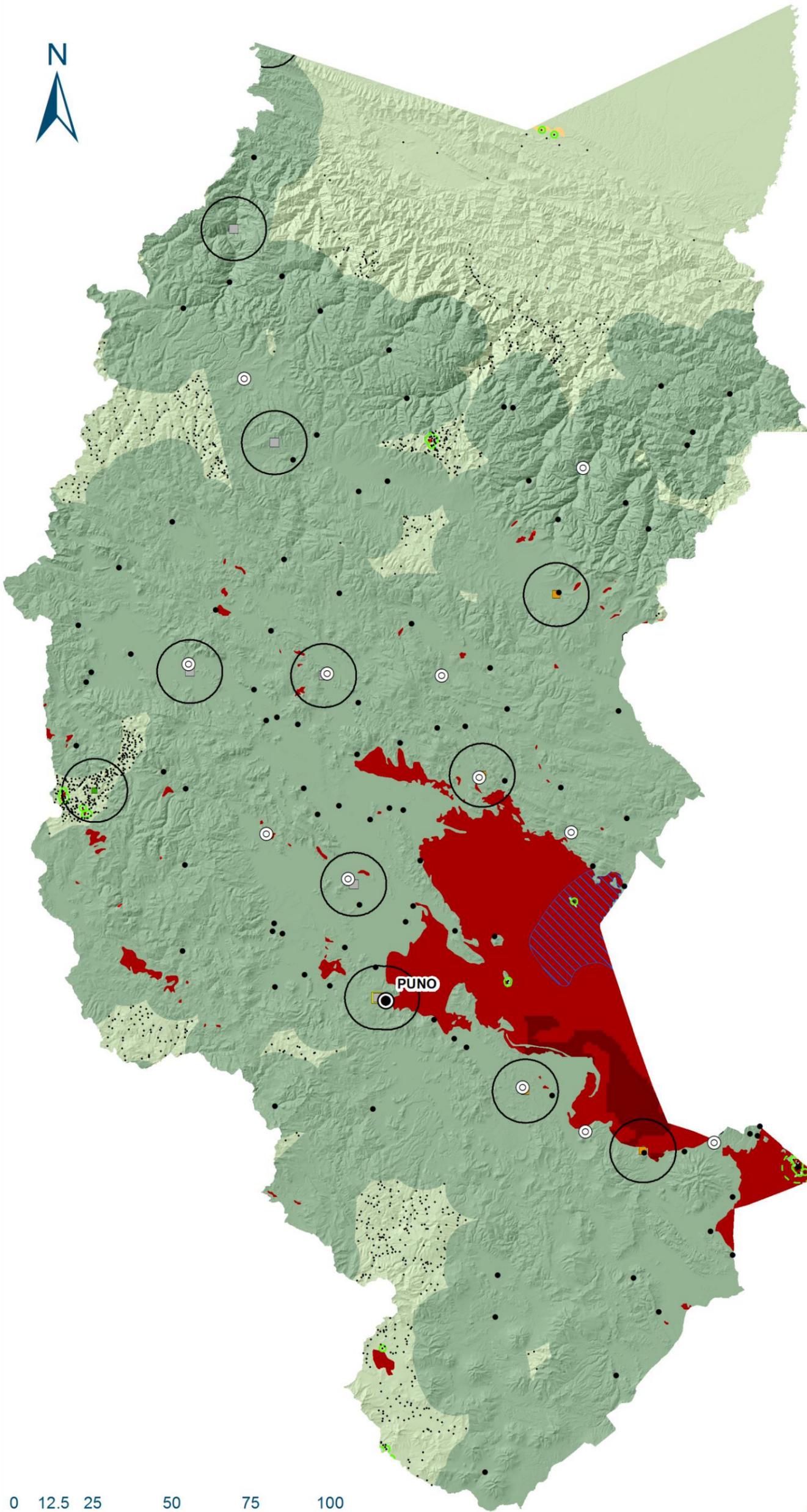
- < 0.5
- 0.5 a 1
- 1 a 5
- 5 a 10
- > 10

### Harina de pescado (cajas por turno)

- ▨ < 1000
- ▨ 1000 a 5000
- ▨ 5000 a 10000
- ▨ 10000 a 20000
- ▨ > 20000



# Mapa de 11.29 Potencial de Desarrollo de la Región del Títicaca



## Legenda

- Grande de la ciudad
- Ciudad
- Pueblo
- Aldea no en la red
- Buffer de 1km de la aldea no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Buffer de 5km de la pueblo no en la red (cerca del cuerpo de agua)
- Amortiguamiento de 10km de la ciudad no en la red (cerca del cuerpo de agua)

## Subestación

- 30se
- 60se
- 138se
- 220se
- 500se
- Búfer de 25km de una subestación de alta mar y a 10km de tierra
- A 10km de red principal
- Más de 10km de red principal
- Sección del río >2m/s
- ▲ Punto en el río >2m/s
- ▨ Potencial de agua dulce energía eólica floatante

## Nivel de potencial solar en un cuerpo de agua <10km de red

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

## Nivel de potencial solar en un cuerpo de agua no en la red

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

