

Programa Presupuestal 144:
"Conservación y uso sostenible de ecosistemas para la provisión de servicios ecosistémicos"

HUMEDALES COSTEROS DEL PERÚ PISCO - ICA

Informe Técnico Especial | **Volumen 1**



Lima - Perú
Diciembre - 2022

Albina Ruiz Ríos
Ministra del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú:
Presidente ejecutivo: Hernando Tavera
Director científico: Edmundo Norabuena
Director de Geofísica & Sociedad: Danny Scipión

Editores
Alejandra G. Martínez y Mariel Mendoza

Carátula:
Lima, diciembre 2022

Humedales costeros del Perú: Humedales costeros de Pisco - Ica
Informe Técnico Especial – Volumen I

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2022-12693

ISBN: 978-612-47606-9-3

Primera edición digital, diciembre 2022

Editado por: Instituto Geofísico del Perú

Calle Badajoz 169, Urb. Mayorazgo, IV Etapa, Ate, Lima 15074, Perú

Central telefónica: (+51 1) 317 2300

www.gob.pe/igp

Publicación disponible en: <https://repositorio.igp.gob.pe/>



CONTENIDO

Glosario de términos.....	5
Introducción: Los humedales costeros de Pisco.....	9
Levantamiento topográfico de los humedales costeros de Pisco Playa Norte, Pisco Playa Sur y Costa Rica, en la ciudad de Pisco, Ica, a partir de fotogrametría aérea con dron y mediciones GNSS <i>K. Moroccore, M. Berduzco y J.C. Villegas.....</i>	24
Origen geológico del sistema de humedales costeros de Pisco <i>B. Baez y J.C. Gómez.....</i>	46
Sistemas Socio Ecológicos en los humedales costeros de Pisco <i>A. Martínez, M. Mendoza, D. Ruiz y E. Príncipe.....</i>	66
Tensores ambientales: Urbanización y desarrollo agroindustrial en torno a los humedales costeros de Pisco <i>M. Mendoza y A. Martínez.....</i>	100
Anexo 1. Análisis temporal de la vegetación en los humedales de Pisco.....	126

Humedal La Murga



Humedal laguna Morón

Glosario de términos¹

Actividades Tradicionales Sostenibles

Son los conocimientos, tecnologías y otras prácticas desarrolladas por las comunidades nativas y campesinas y/o pueblos indígenas, a través del tiempo para comprender y manejar el entorno asociado a los humedales, sus recursos y sus propios ambientes locales. Estas prácticas no generan impactos en la estructura, componentes y funcionalidad de los humedales, ni en los recursos naturales que habitan en estos, garantizando la permanencia de estos ecosistemas para las generaciones futuras.

Conservación

Son las acciones y medidas orientadas al mantenimiento de las condiciones naturales del ecosistema y sus componentes asociados, de tal forma que produzca beneficios para las generaciones actuales y futuras.

Distancia de muestreo terrestre (GSD) en fotogrametría

La distancia de muestreo del suelo (GSD) es la distancia entre dos centros de píxeles consecutivos medidos en el suelo. Cuanto mayor sea el valor de la imagen GSD, menor será la resolución espacial de la imagen y los detalles menos visibles. El GSD se calcula en base a: - La altura de vuelo / la distancia desde el terreno u objeto (H). - Las especificaciones de la cámara: - Ancho de la imagen (ImW). - Ancho del sensor (SW). - Longitud focal (F)

Dron

También llamado Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV), es una aeronave que tiene la habilidad de volar sin piloto a bordo controlada por ondas de radio mediante un control remoto localizado en tierra (RAE 2019). El dron está equipado con accesorios tales como: cámara, luces led, baterías, hélices, protectores, entre otros; los cuales permiten realizar la adquisición de fotografías aéreas de la zona de estudio.

Ecosistema

Es el complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.

Enfoque ecosistémico

Es una estrategia para el manejo integrado de la tierra, el agua y los recursos vivos, promoviendo su conservación y uso sostenible de forma justa y equitativa; así como reconociendo la diversidad cultural asociada, como componente integral del ecosistema.

Escala cartográfica

La escala cartográfica indica la relación entre la medida real del terreno y la que se observa en el mapa. En el caso de los Modelos Digitales de Superficie, del terreno (MDS y MDT) y ortomosaicos, la escala en la que pueden ser representados se encuentra relacionado su resolución espacial expresada en m. Según Tobler (1988), la escala de mapeo apropiada calculada a partir de la resolución de imagen o raster puede ser expresado a partir de la fórmula: $1'' \# \$ \% \$ ' (\%) \$ * \$ = , / " - \% . \# / \acute{o} 1 ' (\% , \$ " 2 (, ((1) (2 , - ") * 2 * 1000$ Asimismo, establece la relación entre la escala del mapa y la resolución espacial del MDS o imagen en la siguiente tabla:

¹ Terminología obtenida del D.S. N° 006-2021-MINAM "Aprueban las Disposiciones generales para la gestión multisectorial y descentralizada de los humedales", salvo se indique lo contrario.

Tabla 1.

Relación entre la escala del mapa y la resolución espacial del MDS o imagen

Escala del mapa	Resolución del MDS (m)
1:1 000	0,5
1:5 000	2,5
1:10 000	5
1:50 000	25
1:100 000	50
1:250 000	125
1:500 000	250
1:1 000 000	500

Fuente: Tobler (1988).

Fotogrametría

La fotogrametría se define como la disciplina que permite determinar las características cuantitativas y cualitativas de objetos y superficies mediante el análisis de fotografías. Las características cualitativas como la forma, el patrón, el tono y la textura de la zona en estudio se determinan a partir de la observación de las fotografías; mientras que las características cuantitativas como el tamaño, la orientación y la posición de los objetos, se determinan con mediciones en las fotografías (US Army Corps Of Engineers 2002). El principio fundamental de la fotogrametría es la triangulación, al obtener como mínimo dos fotografías continuas de la zona de interés se generan puntos en común, que son identificados y sirven para generar una nube de puntos a partir del cual se realiza la representación del terreno en un sistema de coordenadas X, Y y Z (PIX4D, 2017).

Funcionalidad ecosistémica

Es el proceso dinámico que resulta de la interacción entre las comunidades biológicas, su espacio físico, el ser humano y los procesos ecológicos como los ciclos y flujos de materia, energía e información, en un contexto de paisaje. La funcionalidad ecosistémica sustenta la integridad del ecosistema, su resiliencia y la capacidad de generar servicios ecosistémicos.

Gestión de humedales

Es el proceso permanente y continuo orientado a garantizar la conservación de los humedales en el ámbito nacional, en el marco de la articulación entre actores públicos y privados, para generar resultados e impactos positivos en la población en general.

Humedales

Los humedales constituyen extensiones o superficies cubiertas o saturadas de agua, bajo un régimen hídrico natural o artificial, permanente o temporal, dulce, salobre o salado, y que albergan comunidades biológicas características, que proveen servicios ecosistémicos. Los diferentes tipos de humedales se encuentran establecidos en la Estrategia Nacional de Humedales, el Mapa Nacional de Ecosistemas y otros instrumentos que se aprueben de acuerdo con el marco legal vigente.

Integridad ecológica

Es la capacidad de un ecosistema de mantener su composición, estructura, función y procesos ecológicos, dentro de los rangos de variación naturales, por lo que pueden resistir y recuperarse de los eventos de carácter natural o antropogénico.

Mediciones GNSS en modo Post Procesamiento Cinemático (PPK)

Este método emplea una estación GNSS base y una o más estaciones móviles (rover), donde la estación móvil realiza mediciones GNSS en diversos puntos dentro del área de estudio. La precisión de los resultados obtenidos en esta metodología es de 5 mm en las componentes horizontales y 5 mm en la componente vertical, sin embargo, la precisión varía en función de la distancia entre la estación GNSS base y las estaciones móviles siendo mayor cuando la distancia entre ambos es inferior a 20km (Luo 2013). El levantamiento en modo post-proceso cinemático se inicia cuando ambas estaciones (base y móvil) permanecen estáticas durante un periodo (típicamente 8 min) suficiente como para resolver las ambigüedades entre la señal emitida por los satélites y la generada en los receptores (Hoffman-Wellenhof et al. 2001). Finalizado este proceso, la estación móvil puede moverse de manera independiente y registrar posiciones. Posteriormente, la corrección de los datos GNSS se realiza en gabinete.

Modelo Digital del Terreno (MDT)

Se define como un conjunto de datos que representan la distribución espacial de las características físicas del terreno, tales como elevación, morfología, entre otros. Este modelo es una representación de la topografía constituido por una nube de puntos proyectados en un sistema de coordenadas X, Y y Z (Doyle 1978).

Ortomosaico

Un ortomosaico es una fotografía aérea compuesta por el conjunto de fotografías adquiridas en campo, las cuales se unen por un proceso fotogramétrico y se corrigen y escalan con un software de procesamiento fotogramétrico (Por ej.: PIX4D, Agisoft, etc.).

Puntos de control

Un punto de control es un lugar físico en la tierra del cual se conoce su posición en un sistema de coordenadas (USGS 2014); estos puntos deben ser visibles en las fotografías aéreas ya que permiten georreferenciar la zona de estudio. Por ejemplo, se puede utilizar como punto de fotocontrol: plantillas diana; marcas con pintura, yeso, y detalles de construcciones.

Servicios ecosistémicos

Son aquellos beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos, que las personas obtienen de los ecosistemas. En los humedales, estos servicios incluyen a la regulación hídrica en cuencas, el mantenimiento de la biodiversidad, el secuestro de carbono, la belleza paisajística, la formación de suelos y la provisión de recursos genéticos, entre otros. Los servicios ecosistémicos constituyen Patrimonio de la Nación.

Sitios Ramsar

Son aquellos humedales incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional de la “Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas” (en adelante Convención de Ramsar), a propuesta de las partes contratantes.

Turba

Materia orgánica en proceso de descomposición o muerta, que se acumula in situ de forma sedentaria, con presencia de carbono orgánico o su equivalente en materia orgánica.

Uso sostenible del humedal

Es el uso de este tipo de ecosistemas por los seres humanos de modo que produzca el mayor beneficio continuo para las generaciones presentes, manteniendo al mismo tiempo su potencial para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras.

Referencias

Doyle, F. J., 1978. Digital terrain models: an overview. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 44(12): 1481-1485.

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. & J. Collins. 2001. *Global Positioning System: Theory and Practice*. XXIV, 382. Springer Vienna.

Luo, Xiaoguang. 2013. *GPS Stochastic Modelling - Signal Quality Measures and ARMA Processes*. 10.1007/978-3-642-34836-5.

MINAM. Decreto Supremo N° 006-2021-MINAM. Disposiciones generales para la gestión multisectorial y descentralizada de los humedales.

RAE. 2019. <https://dle.rae.es/>.

Tobler, Waldo. 1988. “Resolution, Resampling, and All That”, pp. 129-137 of H. Mounsey and R. Tomlinson, eds., *Building Data Bases for Global Science*, London, Taylor and Francis.

US Army Corps of Engineers. 2002. *Coastal Engineering Manual*.

USGS. (2014). *Ground Control Points*. Recuperado 12 noviembre, 2019, de: <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/ground-control-points>

PRIMERA PARTE

INTRODUCCIÓN:
LOS HUMEDALES
COSTEROS DE PISCO



Introducción: *Los humedales costeros de Pisco*

El programa presupuestal 0144 “Conservación y uso sostenible de ecosistemas para la provisión de servicios ecosistémicos” tiene como objetivo lograr la conservación y uso sostenible de los ecosistemas del país que son proveedores de servicios ecosistémicos, en la búsqueda de que autoridades y tomadores de decisiones cuenten con instrumentos y capacidades que permitan la recuperación, conservación y aprovechamiento sostenible de los ecosistemas.

En el marco de este programa presupuestal, la función del Instituto Geofísico del Perú – IGP, es generar conocimiento sobre los peligros geofísicos que amenazan a los ecosistemas, para contribuir con su conservación y uso sostenible, considerando que aún existe una brecha en investigación, sobre todo en lo referente a la gestión de riesgo de desastres. Para cumplir con esta función, es necesario un abordaje integral que incorpore las interrelaciones naturales y sociales a través de estudios interdisciplinarios, lo cual es un desafío para la gestión pública ambiental, pues se debe trabajar en diferentes escalas espaciales y temporales. Liu et al. proponen el concepto de teleacoplamiento (2013:26) para “abarcar las interacciones socioeconómicas y ambientales entre sistemas humanos y naturales acoplados a lo largo de las distancias”, concepto que similar al manejado por autores como Liu et al. (2007b), Alberti et al. (2011), Walker et al. (2004), Turner et al. (2003), y Morán (2010), que se desprende de las investigaciones sobre la interrelación entre sistemas humanos y naturales.

Los estudios del Instituto Geofísico del Perú –en coordinación con la Dirección General de Diversidad Biológica del MINAM, y con el apoyo de la Municipalidad Provincial de Pisco– se vienen centrando en generar información sobre los humedales costeros de Pisco, entendiéndolos como un sistema complejo que brinda numerosos servicios ecosistémicos, entre los cuales se encuentran la mejora de la cantidad y calidad de agua dulce, constituir espacios que permiten la biodiversidad, la protección de la costa contra la erosión y contra la pérdida de infraestructura de capital y vidas humanas.

El sistema está conformado por numerosos humedales que incluyen lagunas costeras, oasis, gramadales, etc. y tanto el MINAM (2020) como la ANA (2018) han realizado avances en su identificación y caracterización. Sin embargo, su número y pequeña extensión individual no ha permitido hasta la fecha contar con un inventario integral. Dada la amplitud de este sistema de humedales, y con fines puramente metodológicos, se realizó una agrupación en tres unidades: los humedales de Pisco Playa, los de la margen derecha y los de la margen izquierda del río Pisco.

La primera unidad incluye a aquellos inmediatamente adyacentes a la línea costera, como Camacho, Caucato, Pisco Playa Norte, Boca del Río y Pisco Playa Sur. Los humedales de la margen derecha del río Pisco, incluyen el humedal San Clemente –el más extenso de todo el sistema de humedales de Pisco– y que se divide en varios sectores como Salinas, California, Agua Santa, etc., además de una serie de pequeños humedales ubicados en dirección noreste del bloque principal de humedal en el distrito de Independencia, como Cabeza de Toro. Finalmente, están los humedales de la margen izquierda, bastante más alejados de la línea de costa, en orientación sureste de manera paralela al río, y que incluyen a Pozo Hediondo, Laguna Morón, El Frontón, Laguna La Palma, Costa Rica, etc. En la Figura 1 se presentan las tres unidades: aquellos coloreados en verde son los identificados por la ANA (2018), y los achurados en rojo son los identificados por el MINAM (2020).

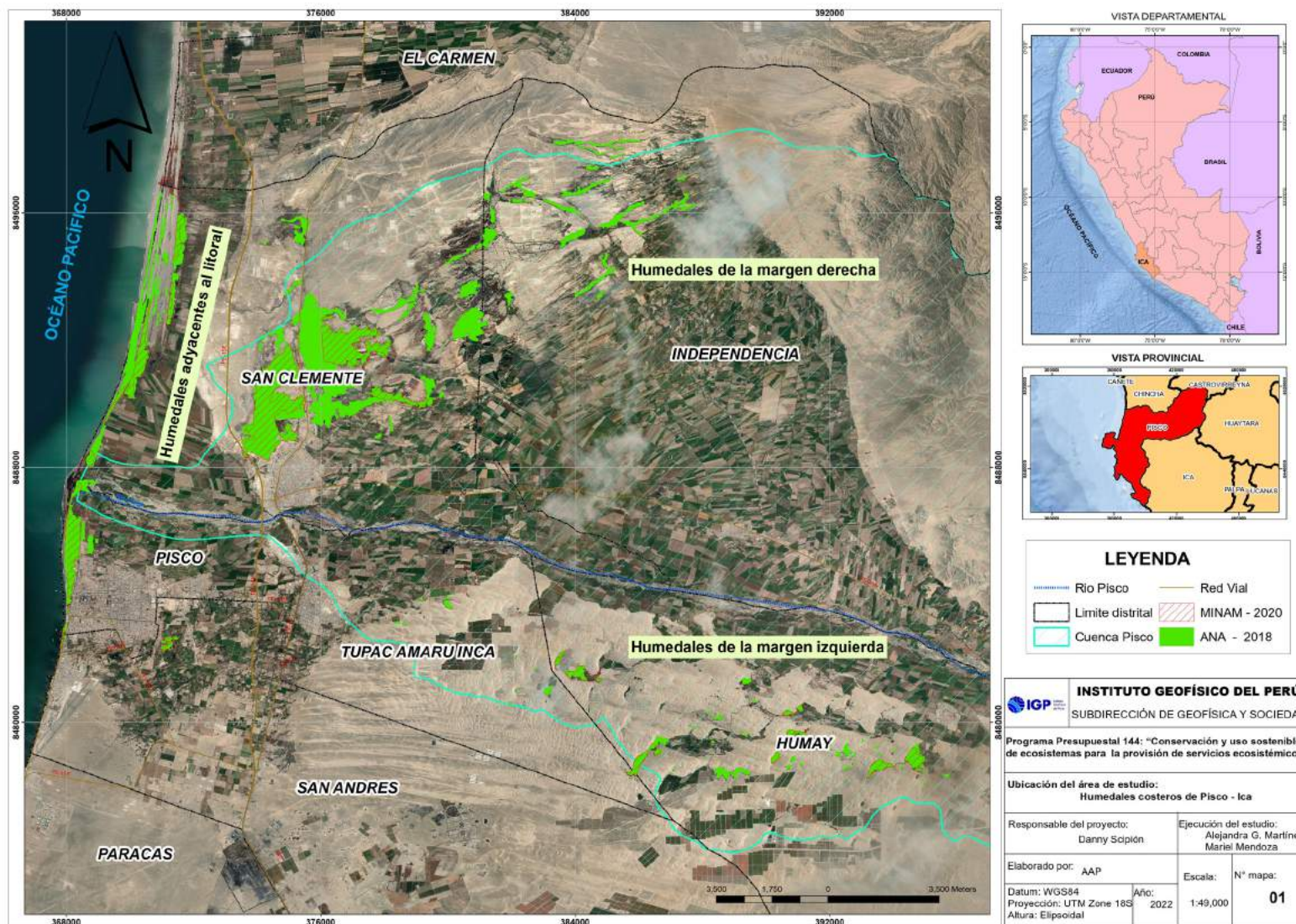


Figura 1. Mapa de humedales costeros de Pisco. Elaboración: IGP.

En las siguientes secciones se presenta el detalle de cada una de las unidades, donde aquellos humedales que no cuentan con un nombre reconocido² han sido codificados de la siguiente manera:

H = humedal
XX = número referencial
A = previamente identificado por la ANA
M = previamente identificado por el MINAM
IGP = aquellos identificados por su nombre común por el IGP

² Muchos de los humedales son conocidos localmente por diferentes nombres, sin embargo, no necesariamente se tiene un registro de ellos y/o dichos nombres han sido reconocidos oficialmente en algún documento o registro.

Humedales adyacentes al litoral

En el sector 1 se ubican los humedales de Pisco Playa, adyacentes al litoral de los distritos de Pisco, San Andrés y San Clemente. Inchaústegui (2020) en un análisis multitemporal de los años 2002 al 2019, muestra una reducción en su extensión, señalando que los principales procesos que amenazan a esta zona incluyen el avance de la frontera urbana, la disminución de cobertura vegetal debido al sobrepastoreo, la quema de gramadal, contaminación del agua por agroquímicos por la actividad agrícola, la acumulación de residuos sólidos y la erosión costera, considerando al humedal como en estado de deterioro. En esta zona se ubican los humedales –en orden de norte a sur– conocidos como Camacho, Caucato, Pisco Playa Norte, Boca del Río, y Pisco Playa Sur (Figura 2).

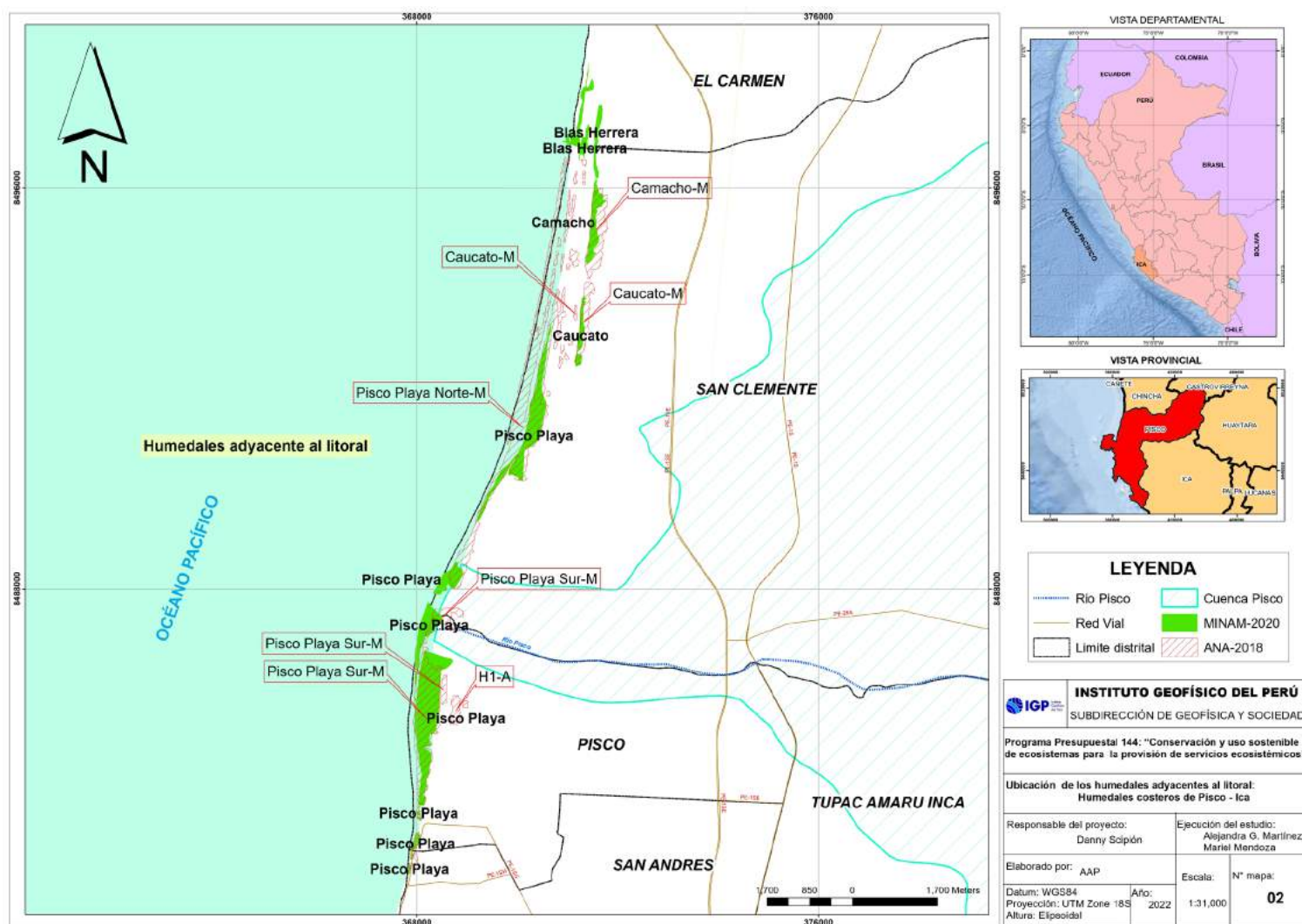


Figura 2. Mapa de la unidad humedales adyacentes al litoral: Camacho, Caucato, Pisco Playa Norte, Boca del Río y Pisco Playa Sur. Elaboración: IGP.



Los humedales de Camacho, Caucato y Boca del Río se ubican en el distrito de San Clemente, y aparecen en el inventario de humedales en el ámbito de la Autoridad Local del Agua Pisco (ALA Pisco), gracias a lo cual se cuenta con amplia información sobre sus características biofísicas, de gestión, etc. (ANA 2018). Por su parte, los humedales de Pisco Playa Norte y Pisco Playa Sur se ubican en los distritos de Pisco, San Andrés y San Clemente, y a pesar de ser uno de los humedales más conocidos de la provincia, no existe claridad de los límites del sistema y del tamaño del recurso, sin embargo, vienen siendo objetos de trabajos de identificación y delimitación en los últimos años (ANA 2018; Inchaústegui 2020). En las Figuras 3 a 7 se presentan algunas vistas representativas de dichos humedales.

Figura 3. *Vista del humedal Camacho. Crédito: IGP.*

Figura 4. Vista del humedal Caucato, 2021. Crédito: IGP.



Figura 5. Vista del humedal
Pisco Playa Norte, 2021.
Crédito: IGP.



Figura 6. Vista del humedal Boca del Río, 2021. Crédito: IGP.



Figura 7. Vista del humedal Pisco Playa Sur. 2021.
Crédito: IGP.

Humedales de la margen derecha

San Clemente es el humedal más grande de la provincia de Pisco (Figura 8), a lo largo de las últimas décadas ha sufrido divisiones debido a la construcción de vías de comunicación –como la Panamericana Sur–, su urbanización, o su uso en actividades productivas como la minería no metálica, agricultura y la extracción de sal. Algunas de sus secciones más importantes son Agua Santa, California y Las Salinas.

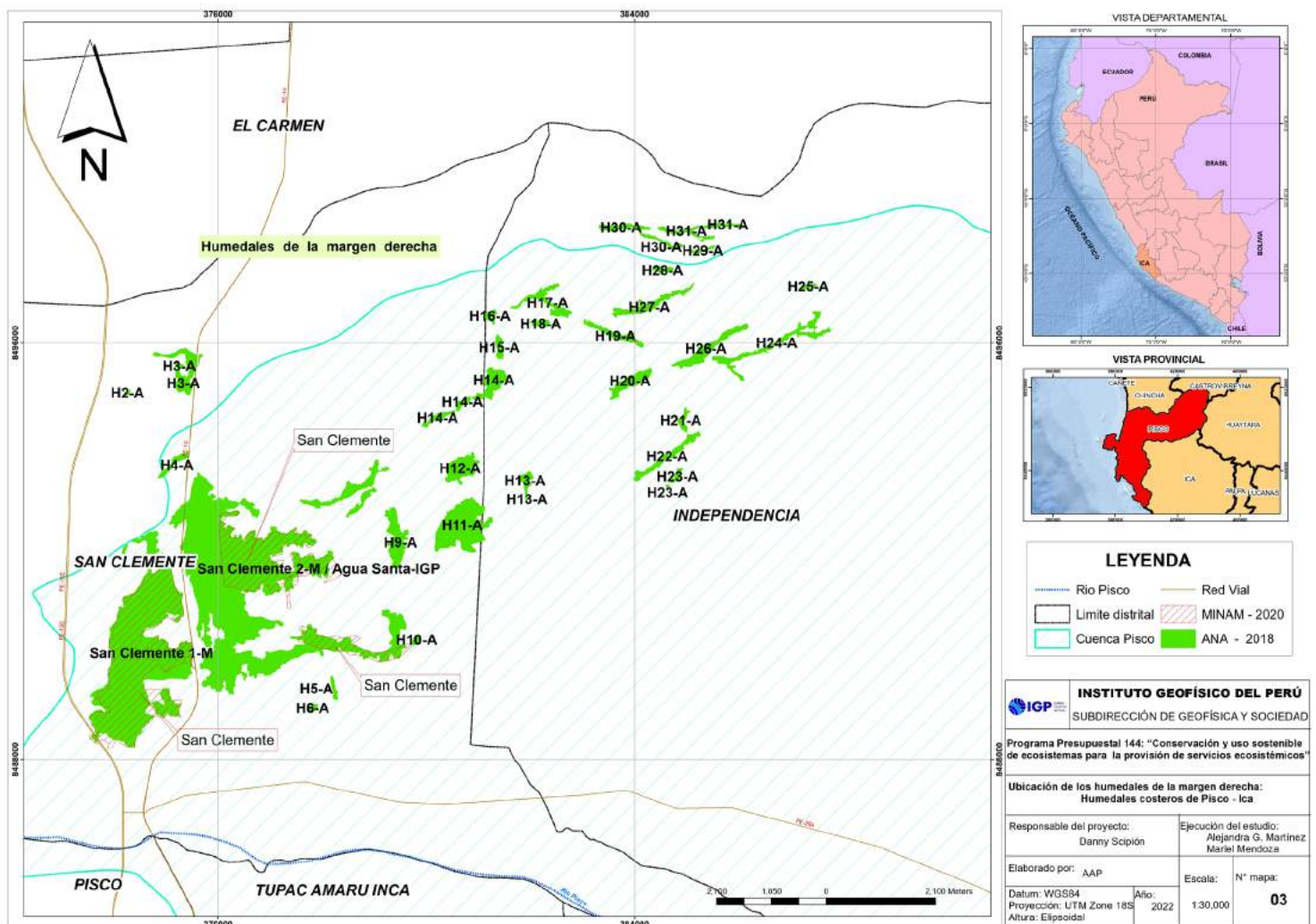


Figura 8. Mapa de los humedales de la margen derecha del río Pisco. Elaboración: IGP.

De acuerdo con el inventario de la ANA (2018), Agua Santa es el mayor humedal costero en tamaño de la cuenca baja con una extensión de 5,2 km, sin embargo, parece invisibilizado como humedal y más valorado como un área multiproductiva. Santa Ana fue uno de los seis humedales priorizados en dicho estudio², pero a diferencia de los otros cinco humedales no cuenta con información completa debido a las dificultades para acceder a zonas que serían propiedad privada (Figuras 9 y 10). Inchaustegui (2020:40) señala que el

humedal es el resultado de las infiltraciones del río Pisco y de la actividad agrícola, y su análisis multitemporal muestra una reducción de 33 ha entre los años 2011 y 2019, en los que habría pasado de 597 ha a 564 ha. En el distrito de Independencia existen pequeños humedales que es necesario identificar. Un humedal importante para la población local es Cabeza de Toro (Figura 11), donde se realiza el pastoreo de animales.



Figura 9. Vista del humedal San Clemente – Las Salinas. 2021. Crédito: IGP.

Figura 10. Vista del humedal San Clemente – Agua Santa. 2021. Crédito: IGP.





Figura 11. Humedal Cabeza de Toro en el distrito de Independencia.

Humedales de la margen izquierda

El conjunto de humedales de la margen izquierda del río Pisco se ubican en los distritos de Túpac Amaru Inca y Humay, en dirección sureste paralela al río (Figura 12).

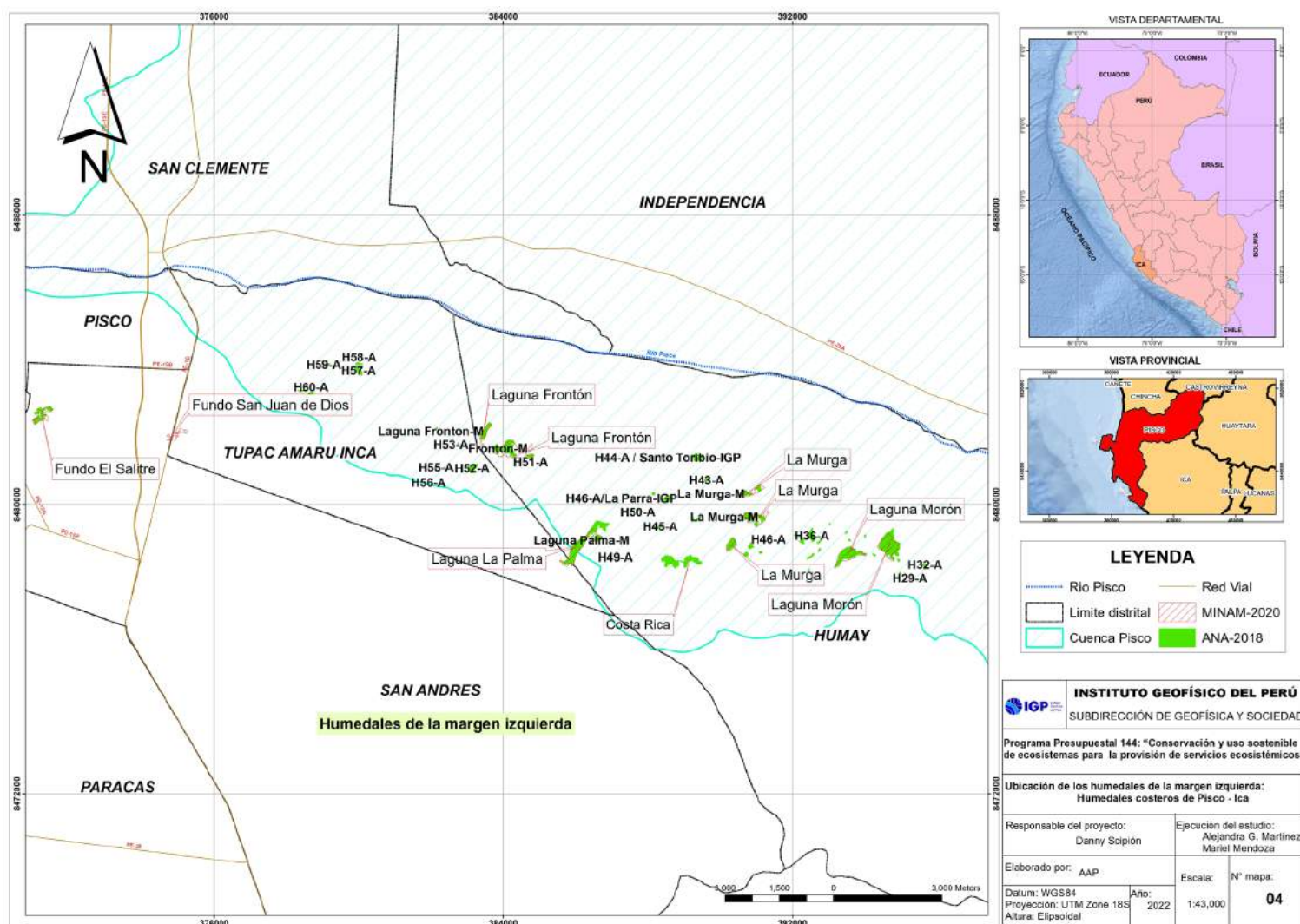


Figura 12. Mapa de los humedales de la margen izquierda del río Pisco. Elaboración: IGP.

En este sector se ubican los humedales Morón y La Palma, ambas identificados y ampliamente caracterizados en el Inventario de Humedales en el ámbito de la ALA Pisco (ANA 2018). Morón, conocida también como laguna Morón, se ubica en el distrito de Humay, mientras que La Palma se ubica entre los distritos de Humay y Túpac Amaru Inca (Figuras 13 y 14).

Figura 13. . Vista de laguna Morón. 2021. Crédito: IGP.



Figura 14. . Vista de la laguna La Palma. 2021. Crédito: IGP.

La laguna El Frontón, formada debido al afloramiento de aguas subterráneas, se ubica en el distrito de Humay, en el sector conocido como “La Cuchilla Nueva” en medio de las dunas de los cerros Cuchilla (INRENA 2003), y de acuerdo con Inchaústegui (2020:40) la principal presión que afronta es la expansión de la actividad agrícola y extracción de agua subterránea, siendo su condición de perturbada (Figura 15).



Figura 15. Vista del humedal El Frontón. 2021. Crédito: IGP

Adicionalmente, la margen izquierda del río Pisco presenta numerosos humedales de pequeña extensión, y que no están registrados en la literatura revisada, pero que son identificados por los vecinos de la zona con los siguientes nombres: Pozo Hediondo, ubicado en el distrito de San Andrés; Pampa Ocas, partido por la Panamericana Sur antigua y ubicado principalmente en Tupac Amaru Inca y una pequeña parte en San Andrés. En Humay se encuentran: La Parra, Costa Rica, Santo Toribio y La Murga I, II y III. En las Figuras 16 a 21 se aprecian vistas de dichos humedales.



Figura 16. Vista del humedal Pozo Hediondo. 2021. Crédito: IGP.



Figura 17. Vista del humedal Pampas de Oca. 2021. Crédito: IGP.

Figura 18. Vista del humedal La Parra. 2021. Crédito: IGP.



Figura 19. Vista del humedal Costa Rica. 2021. Crédito: IGP.

Figura 20. Vista del humedal Santo Toribio. 2021. Crédito: IGP.





Figura 21. Vista del humedal La Murga III. 2021. Crédito: IGP.

Cabe mencionar que en este sector se registraron humedales que no figuran en el Inventario de Humedales en el Ámbito de la ALA Pisco realizado el 2018 y tampoco en el diagnóstico preliminar sobre el estado situacional actual de los humedales costeros elaborado por el MINAM en el 2019. En varios de los humedales registrados no existe claridad en los límites y el tamaño del sistema por lo que es necesaria su medición y delimitación. Así como el análisis técnico legal de los mismos, debido a la creciente valorización de ese suelo para proyectos agrícolas y el uso de agua subterránea en este sector.

Estudios sobre los humedales costeros de Pisco

Es claro que son necesarios estudios a mayor profundidad para conocer la tasa de crecimiento o reemplazo de los humedales y del agua subterránea que los alimenta, la interacción entre los humedales y sus recursos asociados como: flora, agua superficial, fauna silvestre, etc., sobre todo tomando en consideración el Decreto Supremo 006-2021-MINAM, que reconoce el valor estratégico de los humedales para la seguridad hídrica, seguridad alimentaria y medios de vida de poblaciones locales, así como para la gestión de riesgos de desastres y soporte de la biodiversidad biológica (SPDA 2021).

En el presente volumen presentamos cuatro estudios sobre los humedales costeros de Pisco, que esperamos sumen al conocimiento que se tiene sobre el ecosistema, sirvan como información base para tomar medidas para su conservación, y animen a estudiantes e investigadores a seguir profundizando en estos y otros temas vinculados. El primer artículo describe el proceso y los resultados del levantamiento topográfico de los humedales Pisco Playa Norte, Pisco Playa Sur y Costa Rica aplicando fotogrametría aérea con dron y mediciones GNSS, y donde los productos obtenidos incluyen modelos digitales de superficie, modelos

digitales de terreno y ortomosaicos que permitieron la delimitación del área de cobertura de dichos humedales. El segundo artículo "Origen geológico del sistema de humedales de Pisco" profundiza sobre el origen y formación del entorno físico del sistema.

El artículo "Sistemas Socio Ecológicos en los humedales costeros de Pisco" expone el enfoque de Sistemas Socio Ecológicos (SEE) aplicado a la zona de estudio a través de la identificación y análisis de sus cuatro subsistemas (Ostrom, 2009): el sistema de recursos (SR), las unidades de recursos (UR), el sistema de gobernanza (SG) y los usuarios (U), permitiendo una mirada integral y la identificación de los principales tensores ambientales a los que está sometido el sistema de humedales de Pisco. Finalmente, el artículo "Tensores ambientales: Urbanización y desarrollo agroindustrial en torno a los humedales costeros de Pisco", profundiza en la comprensión del origen y desarrollo de dos de los principales tensores ambientales en torno a los humedales costeros de Pisco: la urbanización y el desarrollo agroindustrial, incidiendo en las interacciones socio ecológicas existentes y los marcos sociales, económicos y políticos presentes.

Referencias

ANA (2018). Estudio Piloto Inventario de Humedales en el Ámbito de la ALA Pisco.

INRENA (2003). Inventario de fuentes de aguas superficiales. Evaluación y ordenamiento de los recursos hídricos de la cuenca del río Pisco. Intendencia de Recursos Hídricos, Administración Técnica del distrito de riego Chincha-Pisco. 89p.

Inchaustegui (2020). Servicio de Consultoría : Identificación , delimitación y tipificación de los humedales costeros de los departamentos de Lima e Ica. 1–81.

Liu, J., Hull, V., Batistella, M., deFries, R., Dietz, T., Fu, F., Herte, T. W., Cesar Izaurralde, R., Lambin, E. F., Li, S., Martinelli, L. A., McConnell, W. J., Moran, E. F., Naylor, R., Ouyang, Z., Polenske, K. R., Reenberg, A., Rocha, G. de M., Simmons, C. S., ... Zhu, C. (2013). Framing sustainability in a telecoupled world. *Ecology and Society*, 18(2). <https://doi.org/10.5751/ES-05873-180226>.

Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social Ecological Systems. *Science*, 325(July), 419–422.

SEGUNDA PARTE

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LOS HUMEDALES

*PISCO PLAYA NORTE, PISCO
PLAYA SUR Y COSTA RICA,
EN LA CIUDAD DE PISCO, ICA,
A PARTIR DE FOTOGRAMETRÍA AÉREA
CON DRON Y MEDICIONES GNSS*

K. Moroccoire, M. Berduzco y J.C. Villegas



Levantamiento topográfico de los humedales

Pisco Playa Norte, Pisco Playa Sur y Costa Rica, en la ciudad de Pisco, Ica, a partir de fotogrametría aérea con dron y mediciones GNSS³

K. Moroccore, M. Berduzco y J.C. Villegas⁴

Resumen

Muchos de los humedales costeros del país tienen en común la falta de información sobre parámetros geofísicos que permitan una correcta caracterización geofísica, que incluya tanto la información del relieve, así como su extensión y la caracterización de la superficie del terreno con un alto nivel de resolución. Con el fin de contribuir a cerrar esa brecha de información, durante octubre del año 2021, el Instituto Geofísico del Perú realizó el levantamiento topográfico en parte del sistema de humedales costeros de Pisco mediante fotogrametría aérea con dron y mediciones geodésicas GNSS, en un área total de estudio de 850 ha que comprende los humedales Pisco Playa Norte y Sur –adyacentes al litoral–, y Costa Rica –en la margen izquierda del río Pisco.

Los trabajos de levantamiento de información de campo se efectuaron desde el 19 al 21 de octubre del 2021, obteniéndose un total de 1190 fotografías

aéreas y se midieron coordenadas GNSS precisas en 12 puntos de fotocontrol. Los productos obtenidos incluyen modelos digitales de superficie (MDS) y modelos digitales de terreno (MDT), ambos con resolución espacial de 30 cm/pixel, a partir de los cuales es posible generar mapas a escala 1:600; y curvas de nivel con un intervalo de 1 metro. También se obtuvieron ortomosaicos con una resolución espacial de 10 cm/pixel para cada zona de estudio. A partir del análisis de las ortofotos se ha delimitado el área de cobertura de los humedales, concluyendo que el humedal Pisco Playa Norte presenta una extensión de 84,5 ha, el humedal Pisco Playa Sur 152,9 ha, y el humedal Costa Rica una extensión de 21,7 ha.

Palabras clave: Levantamiento topográfico; humedales costeros; Pisco; fotogrametría aérea; mediciones GNSS

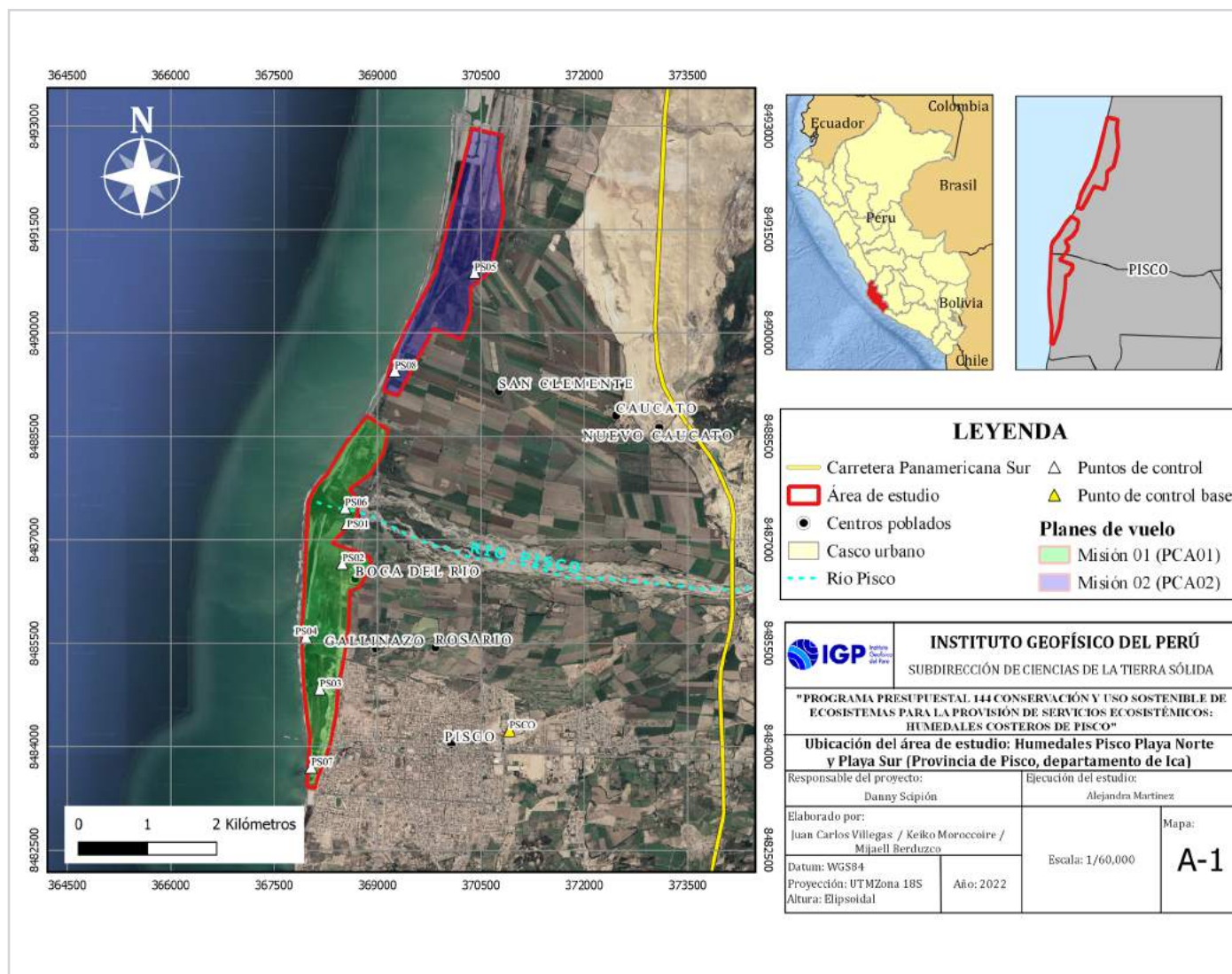
³ El presente artículo resume el reporte técnico "Levantamiento topográfico de los humedales Pisco Playa Norte, Pisco Playa Sur y Costa Rica ubicados en la provincia de Pisco, a partir de fotogrametría aérea con dron y mediciones GNSS" preparado por el Instituto Geofísico del Perú en el marco de la actividad "Evaluación de la resiliencia de los ecosistemas ante peligros geofísicos" durante el año 2021.

⁴ jvillegas@igp.gob.pe

Información general

Los humedales Pisco Playa Sur, Playa Norte y Costa Rica se encuentran localizados en la provincia de Pisco, departamento de Ica, dentro de las coordenadas UTM: E370693, N8492958; E391136, N8492142; E389928, N8477944 y E366462, N8478077, a una elevación media de 100 m.s.n.m. Los humedales Pisco Playa Sur y Playa Norte se encuentran ubicados a lo largo del margen costero de la ciudad de Pisco, intersectando con el río Pisco (Figura 1). El humedal Costa Rica se encuentra ubicado a aproximadamente 20 km en dirección este de la ciudad de Pisco, en el distrito de Humay (Figura 2). El acceso desde la ciudad de Lima (sede Camacho del IGP) se realiza por vía terrestre con un recorrido de 248 km hasta la ciudad de Pisco.

Figura 1. Ubicación del área de estudio: Humedales de Pisco Playa. Elaboración: IGP.



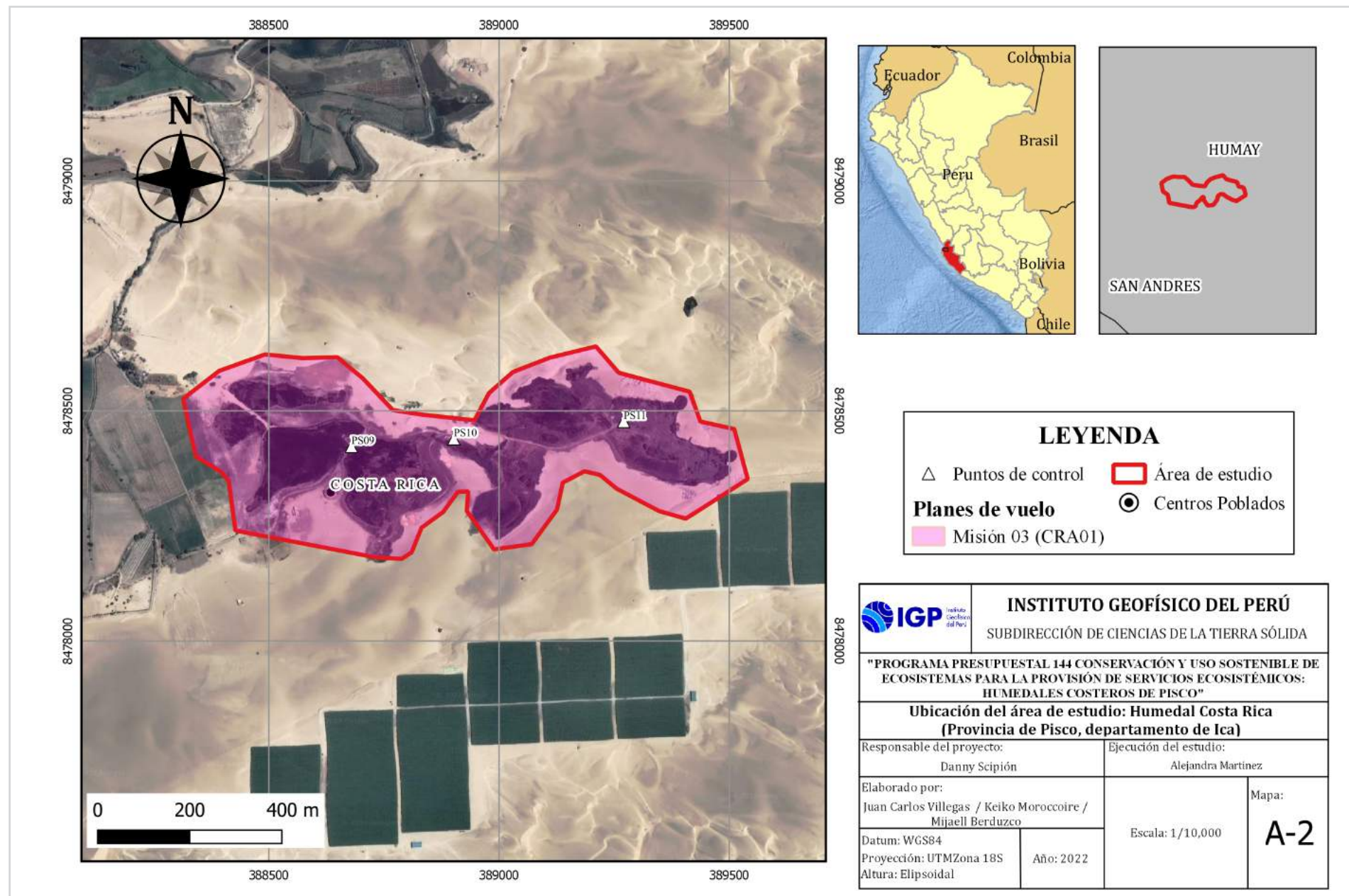


Figura 2. Ubicación del área de estudio: Humedales Costa Rica. Elaboración: IGP.

El objetivo principal de este estudio fue contar con información que permita caracterizar el relieve de la superficie con alto nivel de resolución y que sirva de base para el reconocimiento y delimitación de los humedales Pisco Playa Sur y Playa Norte, y del humedal Costa Rica, para lo cual fue necesario realizar el levantamiento topográfico mediante fotogrametría aérea con dron y mediciones GNSS para obtener productos y generar mapas a una escala inferior a 1:1000. Es así, que además de la obtención de ortomosaicos con una resolución espacial de 10 cm/pixel, se obtuvieron modelos digitales de elevación (MDS y MDT) con una resolución espacial de 30 cm/pixel y curvas de nivel del terreno a intervalo de 1 metro.

El levantamiento topográfico se llevó a cabo mediante el establecimiento de puntos de fotocontrol con mediciones GNSS PPK, los cuales permitieron georreferenciar las imágenes adquiridas con el sobrevuelo del dron Phantom 4 pro V2 (USGS 2014). El área de estudio abarca una extensión aproximada de 850 ha y se caracteriza por presentar una topografía relativamente llana, con elevaciones máximas y mínimas respecto al elipsoide WGS84 de 36 m y 24 m para los humedales Pisco Playa, y de 305 m y 244 m para el humedal Costa Rica, respectivamente. Los trabajos realizados se dividieron en tres etapas: en la primera se realizó la revisión de información de la zona de estudio (mapas, imágenes satelitales, etc.) con el fin de evaluar la accesibilidad, definir la posible ubicación de los puntos de fotocontrol GNSS y realizar los planes de vuelo. En la segunda etapa, efectuada del 18 al 21 de octubre del 2021, se realizaron los trabajos de campo, que consistieron en el sobrevuelo con dron, logrando recolectar 1190 fotografías aéreas, y la realización de mediciones geodésicas GNSS en 12 puntos de fotocontrol. Finalmente, en la tercera etapa se realizó el procesamiento de datos y obtención de productos.

A continuación, se presenta una breve descripción de los trabajos de campo, la metodología de procesamiento de datos y finalmente se presentan los productos obtenidos, que constan de: mapas

del modelo digital del terreno (MDT), ortomosaicos, modelos digitales de superficie (MDS) y curvas de nivel para las zonas de estudio; a partir de los cuales se ha realizado la delimitación del perímetro actual de los humedales.

Adquisición de datos: Levantamiento aerofotogramétrico con dron y mediciones GNSS

El levantamiento topográfico con dron de los humedales de Pisco (Pisco Playa Norte, Playa Sur y Costa Rica) se realizó en tres etapas, las cuales se describen a continuación:

Planificación del plan de vuelo y de los puntos de fotocontrol

Para llevar a cabo la adquisición de las fotografías aéreas fue necesario elaborar el plan de vuelo a fin de definir los parámetros de adquisición de las imágenes, la extensión y tiempo de vuelo del dron, para lo cual se utilizó el software MapPilot. Considerando que la extensión total del área de estudio es de 850 ha y la configuración de la superficie del terreno es llana, se elaboraron tres misiones de vuelo (Tabla 1), se consideraron los siguientes parámetros de levantamiento aerofotogramétrico: resolución de las fotografías: 20 megapíxeles; Ground Sample Distance (GSD): 8.58 cm/pixel; traslape: 65 % longitudinal y el 65 % transversal; y tiempo de vuelo: no mayor a 20 minutos.

Tabla 1.

Planes de vuelo para la adquisición de fotografías aéreas

Código	área (ha)	Coordenadas UTM	
		Este	Norte
Misión - PCA01	439	368140,43	8485366,92
Misión - PCA02	306	368738,00	8488342,00
Misión - CRA03	105	388636,19	8478407,55

En base a la información sobre la extensión del área de estudio, orografía y accesibilidad a las áreas de trabajo, se establecieron 12 puntos de fotocontrol (Figuras 1 y 2). Para definir la ubicación de los puntos se consideraron aspectos tales como la seguridad del emplazamiento, el permiso de propietarios en caso de ser necesario, y que el relieve del terreno sea despejado en un radio de por lo menos 3 m, a fin de que los puntos sean distinguibles en las fotografías aéreas.

Medición de coordenadas GNSS en los puntos de fotocontrol

Para la adquisición de datos GNSS se utilizaron receptores GNSS (base y móvil) marca Trimble - modelo R8S y accesorios. La estación base fue ubicada sobre un punto con coordenadas conocidas (UTM Este: 370914,20, Norte: 8484230,22) utilizando un trípode y un bastón de 0,25 m de altura, mientras que para la estación móvil se utilizó un bastón de 2,00 m de altura (Figura 3). El registro de datos en la estación base se realizó de manera continua a una tasa de muestreo de 1 segundo y en la estación móvil a un intervalo de 1 segundo durante sesiones de 10 minutos.



Figura 3. Señalización y medición del punto de control 08. Crédito: IGP.

Levantamiento fotogramétrico

El levantamiento fotogramétrico se realizó utilizando un dron modelo Phantom 4 Pro V2 y un controlador remoto. Se establecieron tres misiones de vuelo empleando el software MapPilot, las cuales se llevaron a cabo desde el 19 al 21 de octubre del 2021 (Tabla 2), periodo en el cual se obtuvieron 1207 fotografías aéreas. Todos los vuelos se realizaron a partir de las 10:00 hasta las 14:00 horas aproximadamente, ya que durante este intervalo de tiempo se contó con mejor luz del día, vientos débiles y ausencia de llovizna.

Tabla 2.

Planes de vuelo para la adquisición de fotografías aéreas

Fecha	Misiones	Hora inicio	Hora final
19/10/2021	Misión - (PCA01)	13:30 horas	16:30 horas
20/10/2021	Misión - (PCA02)	10:00 horas	13:30 horas
21/10/2021	Misión - (CRA01)	11:30 horas	13:30 horas

Procesamiento de datos

Para la obtención de la corrección de coordenadas de los puntos de fotocontrol se utilizó el software licenciado Trimble Business Center (TBC). Este software realiza el cálculo de las coordenadas este, norte y elevación, mediante la determinación de líneas de base entre la estación GNSS base y los puntos GNSS temporales. Para ello, el software corrige el retraso de la señal producido por la tropósfera mediante el modelo Hopfield (1971), y resuelve las ambigüedades utilizando los parámetros orbitales de los satélites de las efemérides precisas del servicio internacional de GNSS (IGS) (Trimble 2012). Como resultado se obtuvieron las coordenadas corregidas y la precisión final de la posición para cada componente.

Por su parte, las fotografías aéreas fueron procesadas en el software Pix4D en tres etapas. En la primera se realizó la calibración automática de cámaras, que consiste en la búsqueda de puntos en común entre las fotografías. Este proceso permitió generar una nube de 879 699 puntos de enlace para los humedales Pisco Playa y 65,842 para el humedal Costa Rica. En la segunda etapa se realizó la densificación de la nube de puntos, logrando generar 19,8 puntos/m² para los humedales Pisco Playa y 8,97 puntos/m² para el humedal Costa Rica. Luego, se realizó la clasificación de la nube de puntos, considerando las siguientes categorías: vegetación, construcciones y terreno, posteriormente se realizó una clasificación

manual para asignar una clase a los puntos que no se clasificaron correctamente. Finalmente, se realizó la creación de los modelos digitales del terreno (MDT), los modelos digitales de superficie (MDS) y la generación de los ortomosaicos. Posteriormente, a partir del MDT y haciendo uso del software libre Qgis 2.20, se generaron las curvas de nivel con un intervalo de 1 metro.

Resultados

Puntos de fotocontrol

Las coordenadas corregidas de los puntos de fotocontrol en proyección UTM se muestran en la Tabla 3. La precisión de los resultados obtenidos en la componente horizontal varía entre 3 mm a 7 mm y en la componente vertical entre 5 mm a 1 cm. Este error se encuentra relacionado a las condiciones atmosféricas de la zona estudio, las precisiones obtenidas están de acuerdo con los objetivos del estudio.

Tabla 3.

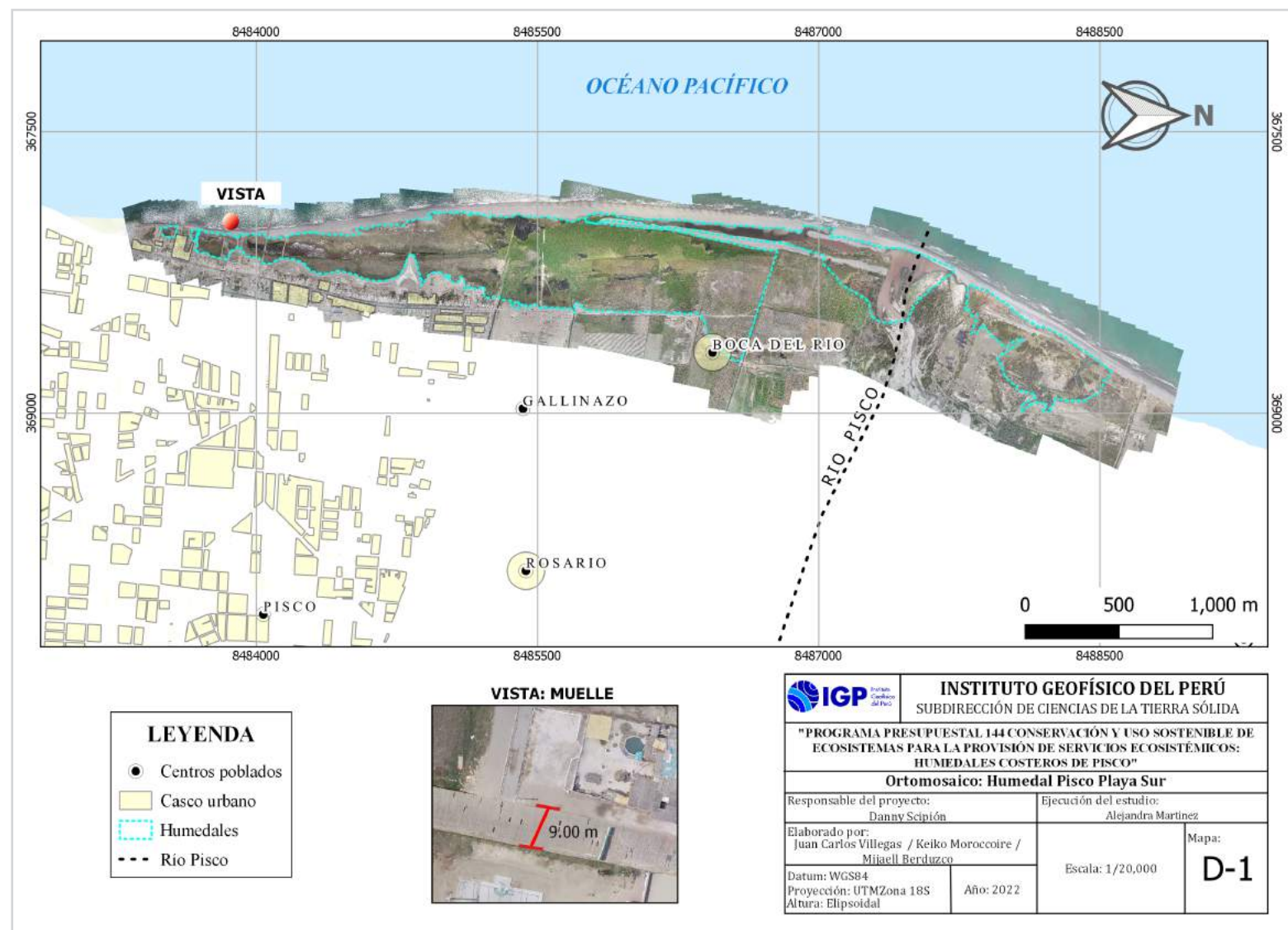
Lista de puntos de fotocontrol corregidos. Ubicación referencial: Humedales Pisco Playa Norte, Playa Sur y Costa Rica, provincia de Pisco, departamento de Ica.
Sistema: WGS84 - Proyección UTM - Zona 18S - Elevación elipsoidal.

Punto - ID Precisión	Coordenadas de cuadrícula			Prec. H. (m)	Prec. V. (m)
	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)		
PSCO	8484230,22	370914,20	49,07		
PS12	8487234,19	368558,48	26,42	0,007	0,009
PS13	8486655,59	368490,99	25,63	0,006	0,009
PS16	8484832,90	368163,21	26,66	0,004	0,006
PS17	8485591,11	367963,79	25,11	0,004	0,005
PS40	8487461,58	368531,32	23,97	0,004	0,007
PS05	8490872,44	370407,45	27,02	0,005	0,010
PS08	8489448,38	369250,72	27,31	0,006	0,009
PS14	8483696,16	368037,18	25,58	0,003	0,006
PS22	8478422,59	388679,71	256,03	0,004	0,008
PS23	8478439,25	388902,27	260,09	0,005	0,010
PS24	8478476,84	389271,09	261,75	0,005	0,009

Mapa de ortomosaico

Se generaron imágenes de ortomosaico con una resolución espacial de 10 cm/píxel las cuales de acuerdo a las relaciones entre resolución espacial y escala propuestas por Tobler (1981) pueden ser representados en mapas de escala 1:600. En el presente estudio los mapas de ortomosaico de los humedales Pisco Playa Norte y Playa Sur se representan a una escala de 1:20,000 (Figuras 4 y 5) y el humedal Costa Rica a una escala de 1:10,000.

Figura 4. Ortomosaico: Humedal Pisco Playa Sur. Crédito IGP.



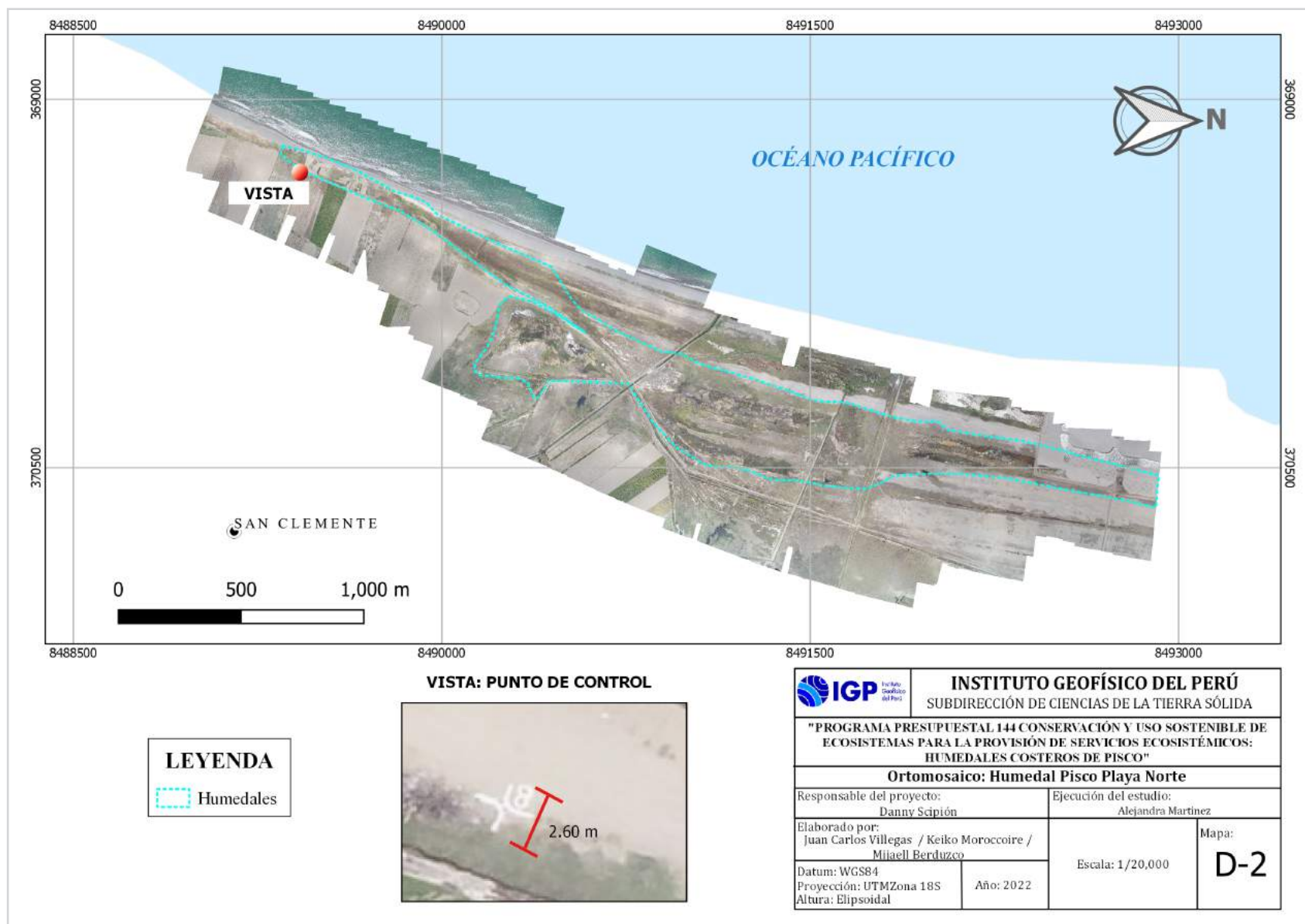


Figura 5.
Ortomosaico:
Humedal Pisco
Playa Norte.
Crédito IGP.

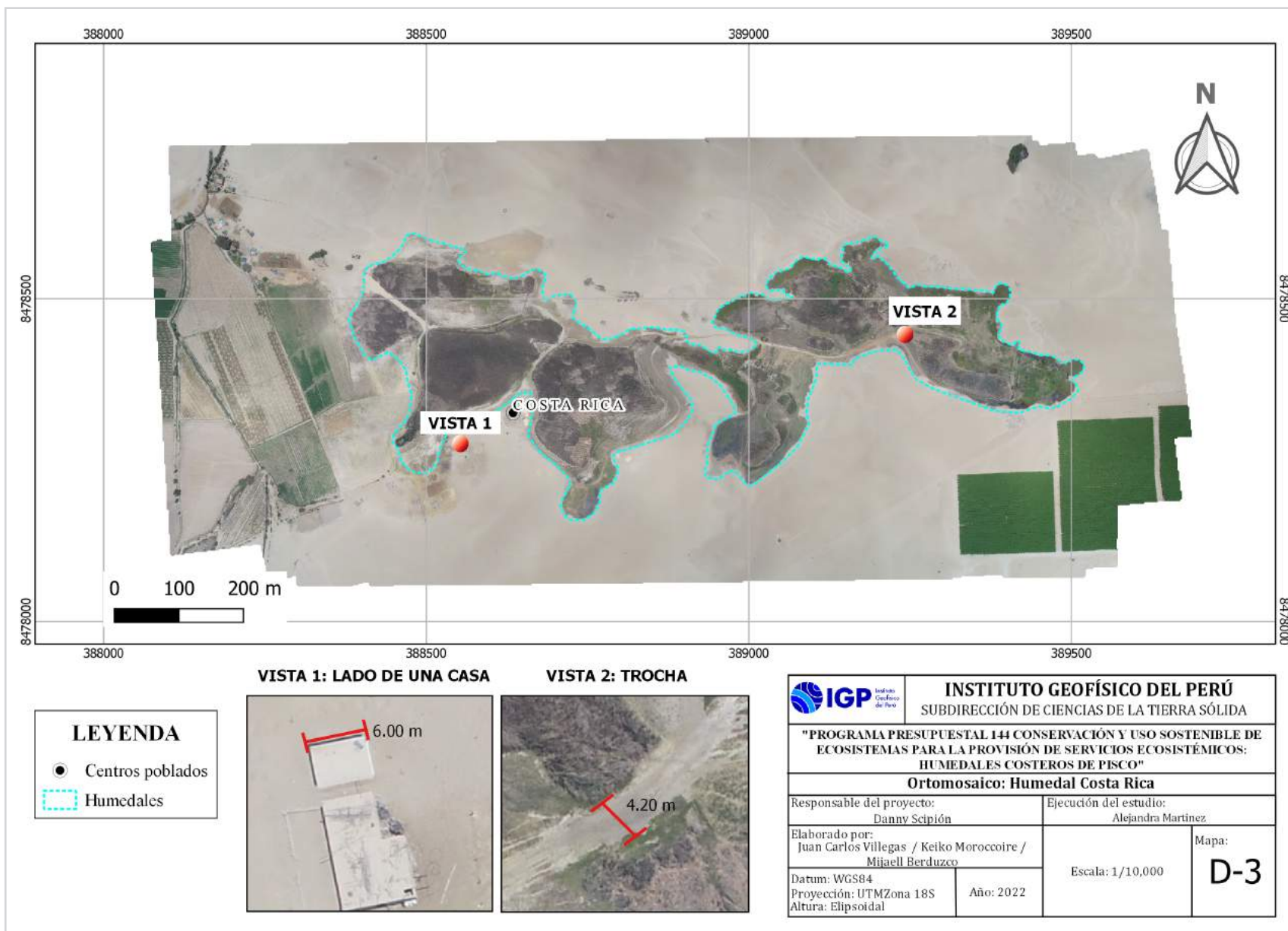


Figura 6.
Ortomosaico:
Humedal
Costa Rica.
Crédito IGP.

Los ortomosaicos generados (Figuras 4, 5 y 6) permiten identificar la extensión espacial de los humedales, los cuales han sido delimitados de acuerdo con las tonalidades asociadas al contenido de humedad en el suelo. Partiendo de este criterio se ha identificado que el área de cobertura que abarca el humedal Pisco Playa Norte es de 84.5 ha, mientras que el área del humedal Pisco Playa Sur es de 152.9 ha y el humedal Costa Rica de 21.7 ha. Asimismo, a partir del ortomosaico se puede identificar diversos tipos de vegetación, cuerpos de agua que afloran en superficie, centros poblados, entre otros. Este mapa de alta resolución sirve como una referencia de línea de base y posteriormente puede ser utilizado para el análisis ecohidrológico y la influencia de los factores que influyen en la dinámica de los humedales.

Modelos digitales de elevación (MDT y MDS)

Se han obtenido un Modelo Digital de Superficie (MDS) y un Modelo Digital del Terreno (MDT), ambos con una resolución espacial de 30 cm/píxel, para cada humedal estudiado. Dada la alta resolución espacial de los productos obtenidos, es posible generar mapas a escala de 1:600. En el presente estudio los MDT y MDS obtenidos para el humedal Pisco Playa Sur y Playa Norte fueron representados en mapas de escala 1:20,000 (Figuras 7, 8, 10 y 11) y el humedal Costa Rica a escala 1:10,000 (Figura 9 y 12).

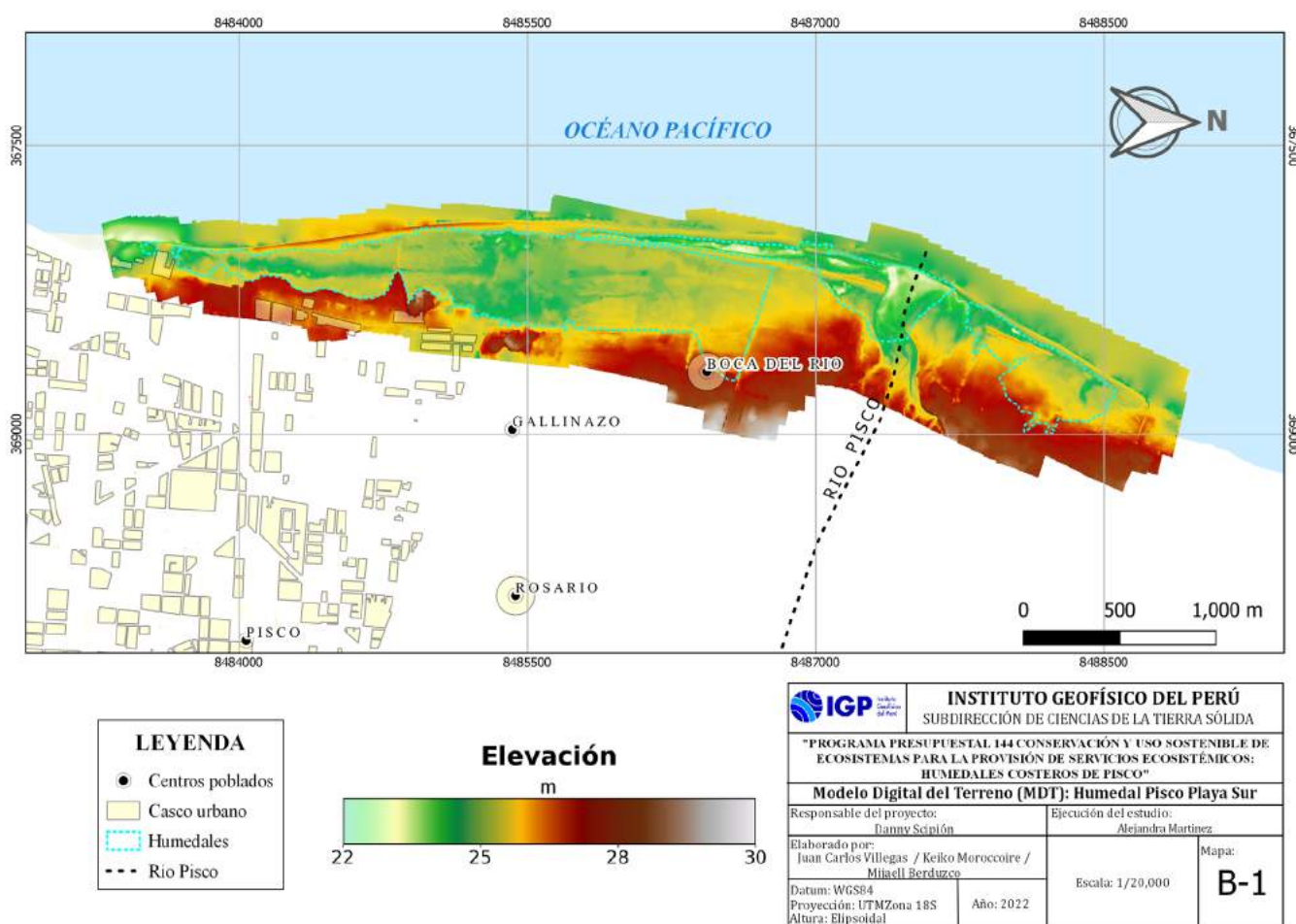


Figura 7. Modelo digital del terreno (MDT): Humedal Pisco Playa Sur. Crédito IGP.

Los MDT contienen información de la superficie del terreno en coordenadas XYZ, libre de edificios y vegetación, mientras que los MDS contienen información de todos los objetos que se encuentran en la superficie terrestre (Li et al., 2004). Las tonalidades que se observan en los mapas indican las elevaciones del terreno y varían de tonalidades verdes a grises para zonas bajas y altas respectivamente. El MDT del humedal Pisco Playa Sur (Figura 7) presenta elevaciones que se encuentran en el rango de 22m a 30m, con tendencia ascendente en dirección este; los valores de elevación en la zona este del MDS (Figura 10) corresponden a vegetación alta y construcciones.

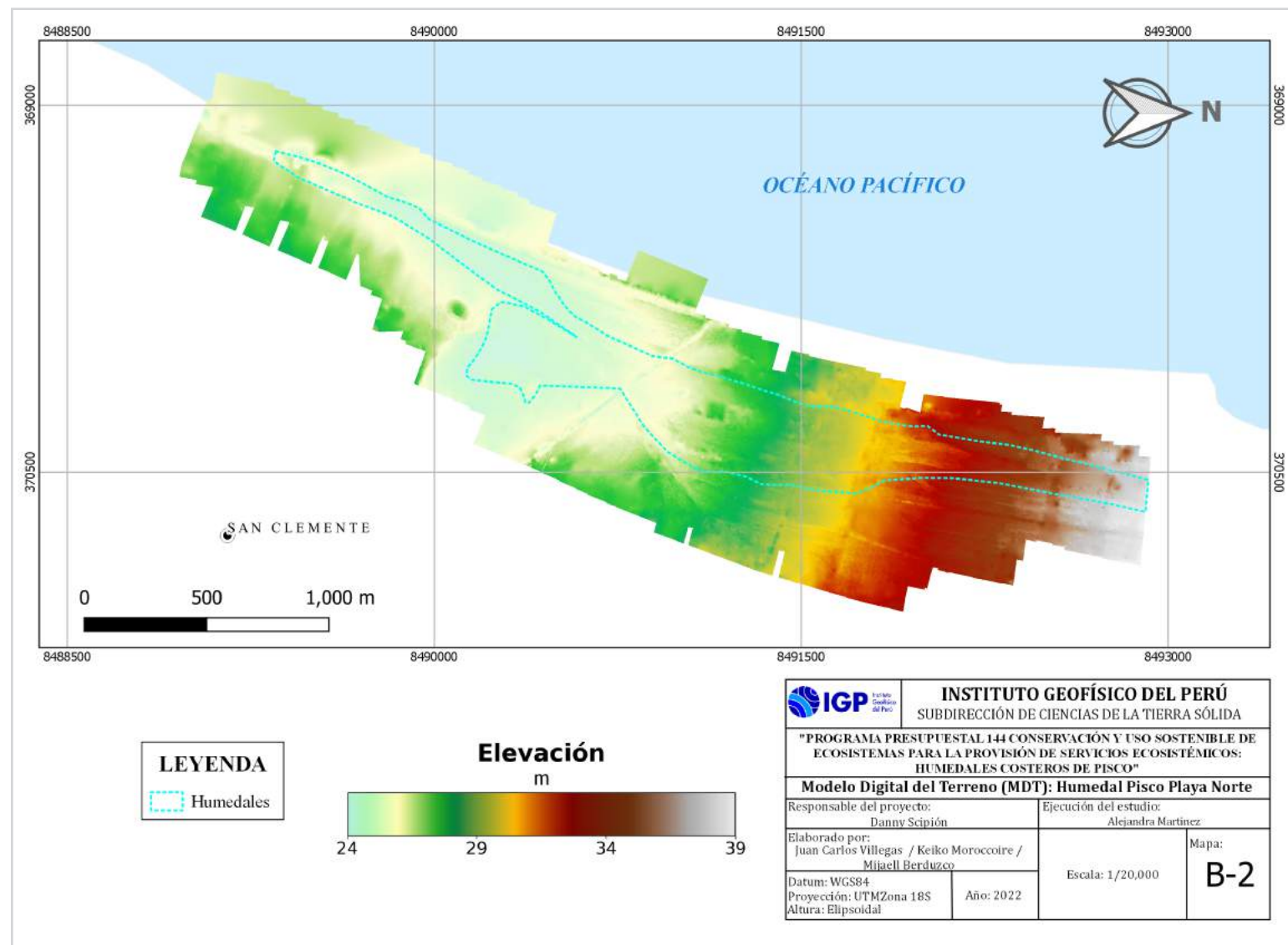
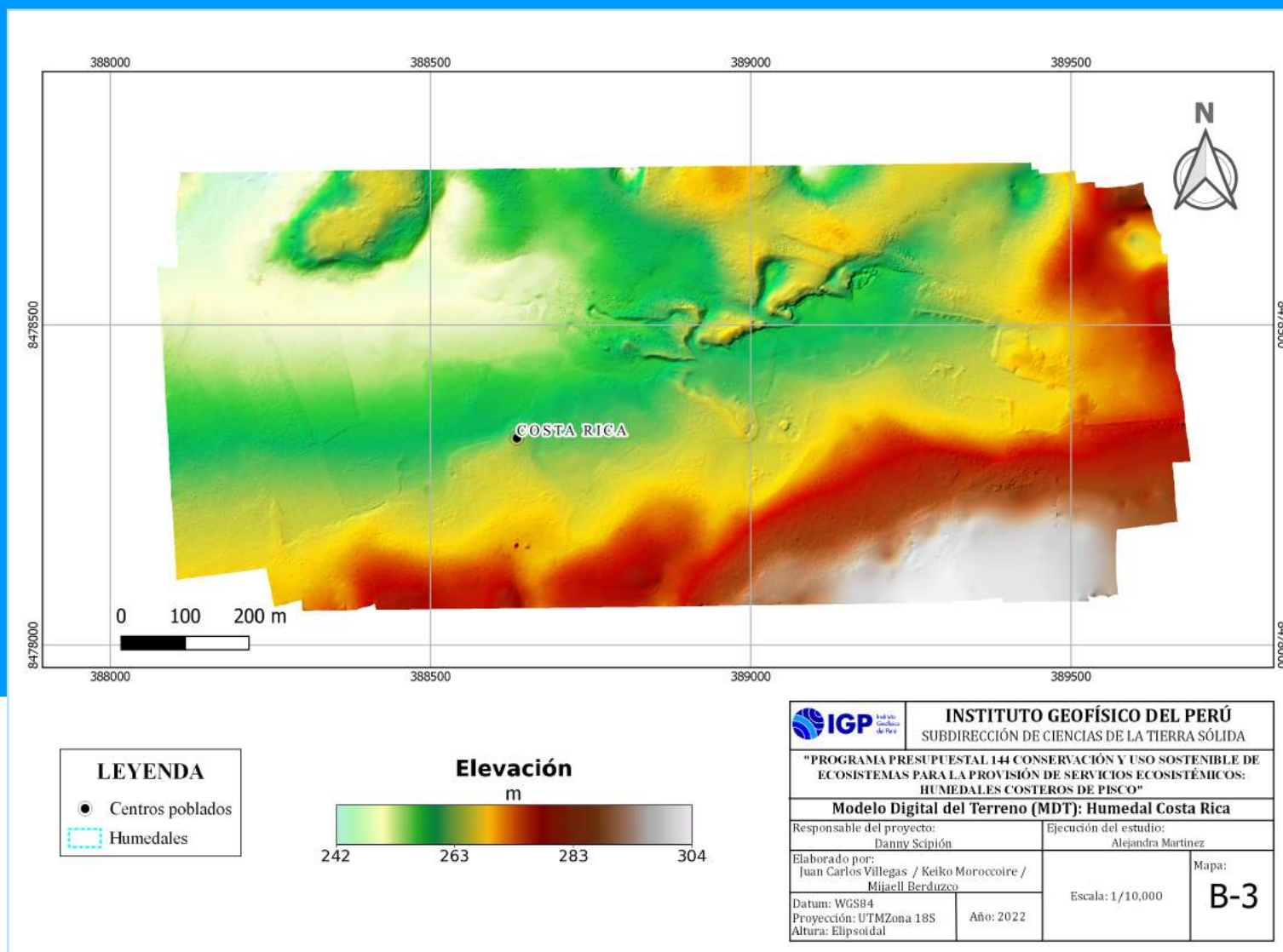


Figura 8. Modelo digital del terreno (MDT): Humedal Pisco Playa Norte. Crédito IGP.



Los MDT contienen información de la superficie del terreno en coordenadas XYZ, libre de edificios y vegetación, mientras que los MDS contienen información de todos los objetos que se encuentran en la superficie terrestre (Li et al., 2004). Las tonalidades que se observan en los mapas indican las elevaciones del terreno y varían de tonalidades verdes a grises para zonas bajas y altas respectivamente. El MDT del humedal Pisco Playa Sur (Figura 7) presenta elevaciones que se encuentran en el rango de 22m a 30m, con tendencia ascendente en dirección este; los valores de elevación en la zona este del MDS (Figura 10) corresponden a vegetación alta y construcciones.

Figura 9. Modelo digital del terreno (MDT): Humedal Costa Rica. Crédito IGP.

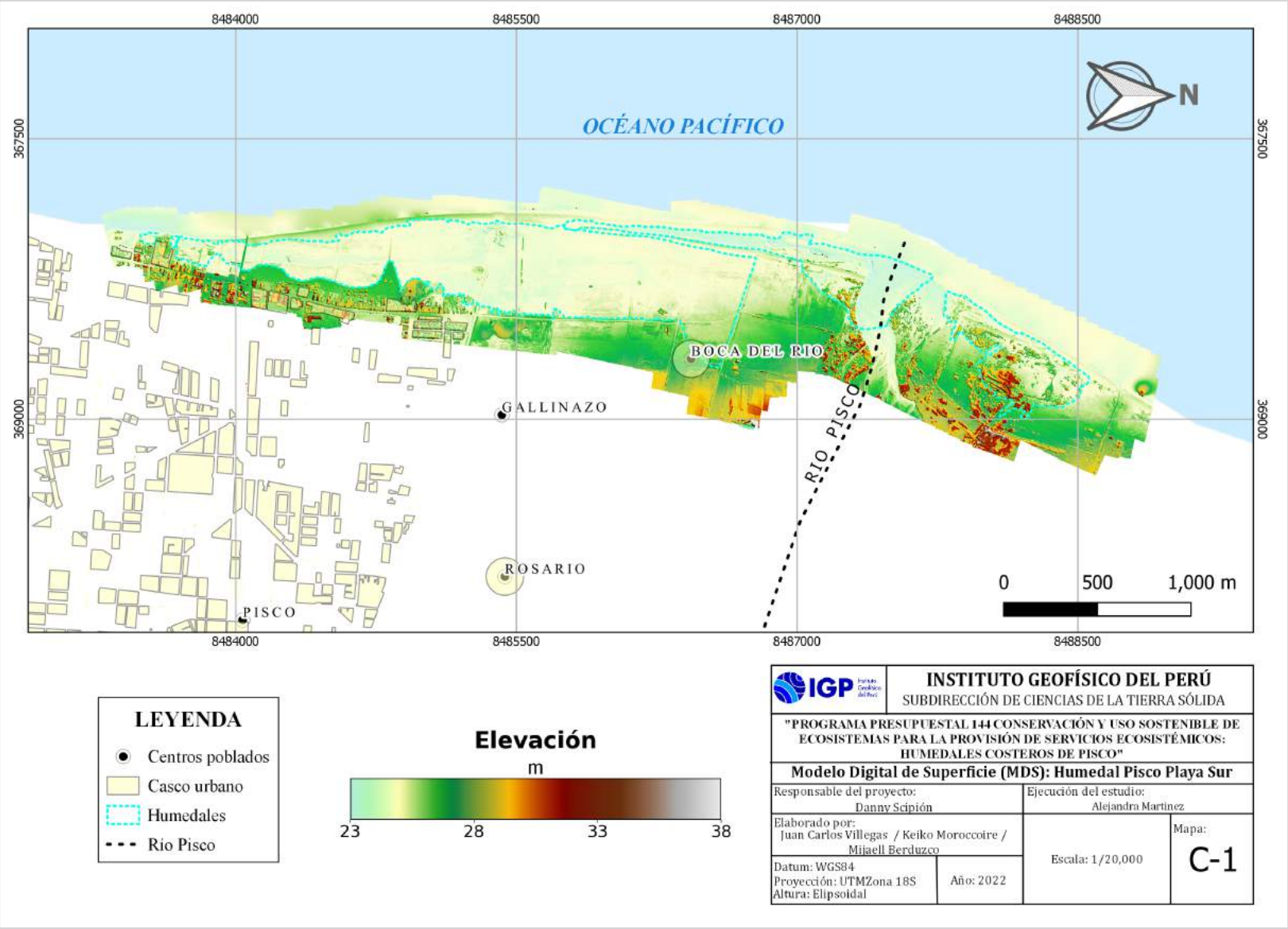


Figura 10. Modelo digital de superficie (MDS): Humedal Pisco Playa Sur. Crédito IGP.

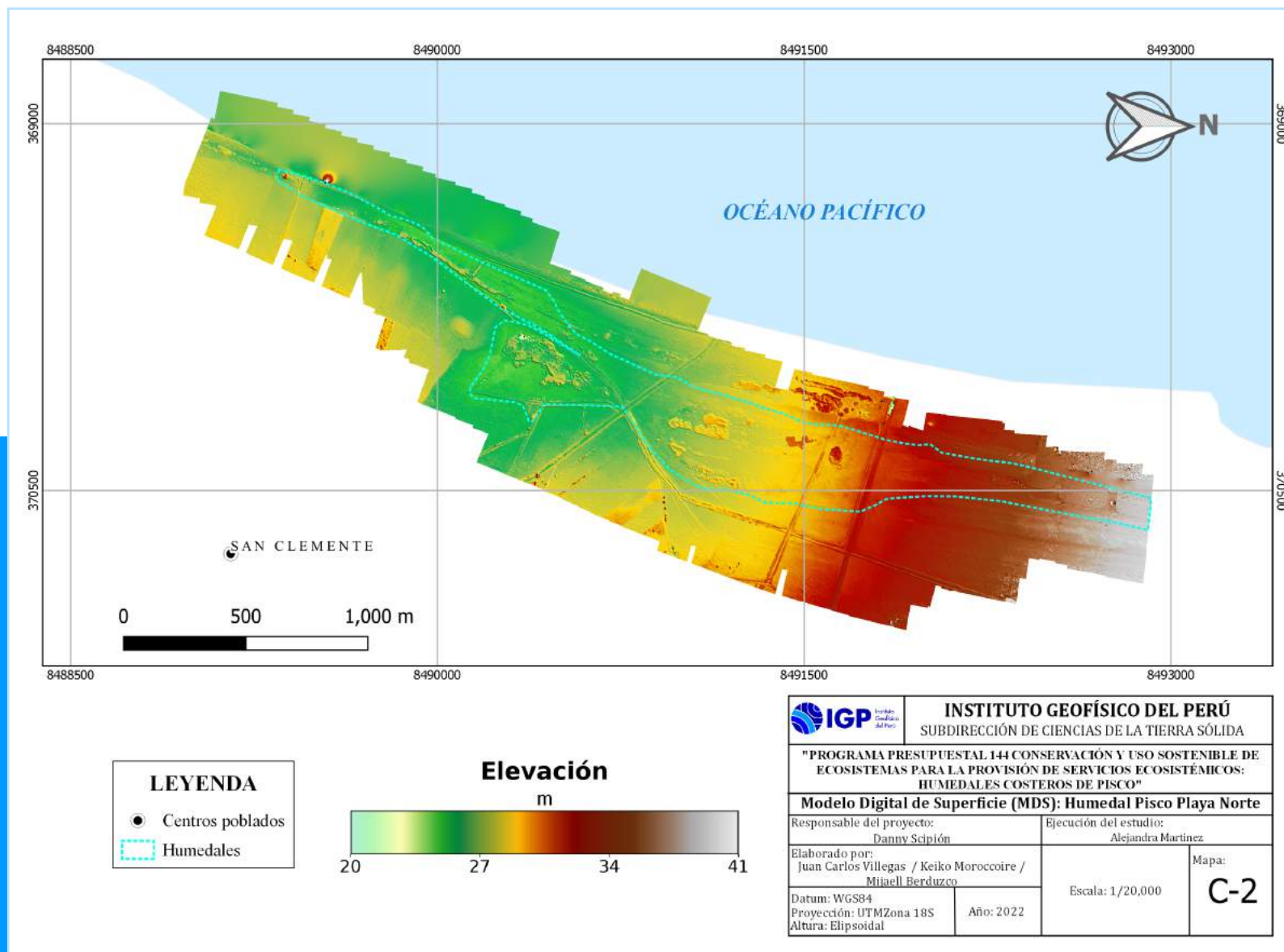


Figura 11. Modelo digital de superficie (MDS): Humedal Pisco Playa Norte. Crédito IGP.

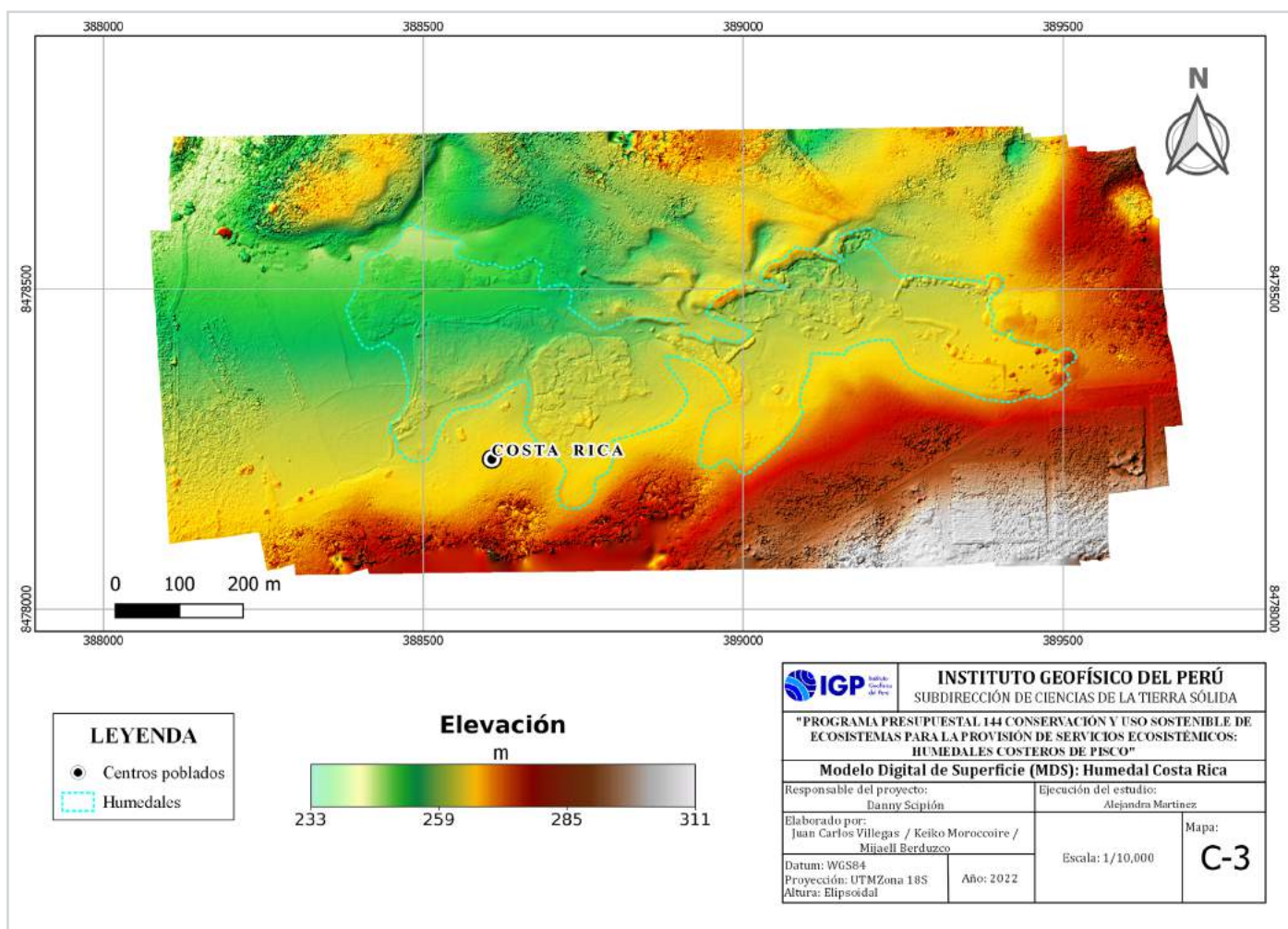


Figura 12. Modelo digital de superficie (MDS): Humedal Costa Rica. Crédito IGP.

Mapa de curvas de nivel

A partir del modelo digital del terreno se han elaborado mapas de curvas de nivel con intervalos de 1 metro (Figuras 13, 14 y 15). Para el presente estudio se ha representado el mapa de curvas de nivel a una escala de 1:20,000 para los humedales Pisco Playa Sur y Playa Norte (Figuras 13 y 14) y a una escala de 1:10,000 para el humedal Costa Rica (Figura 15). A fin de obtener curvas representativas de la superficie del terreno, estas fueron superpuestas sobre el ortomosaico, a fin de verificar su correspondencia con el terreno y no a construcciones ni a vegetación. Para ello, se realizó el suavizado de las curvas en el software libre Qgis, el cual genera una nueva capa vectorial con los mismos objetos de la capa de entrada, pero con un mayor número de nodos o vértices. Cuanto mayor es el número de iteraciones, las geometrías resultantes son más suaves. Para este estudio se aplicaron 5 iteraciones.

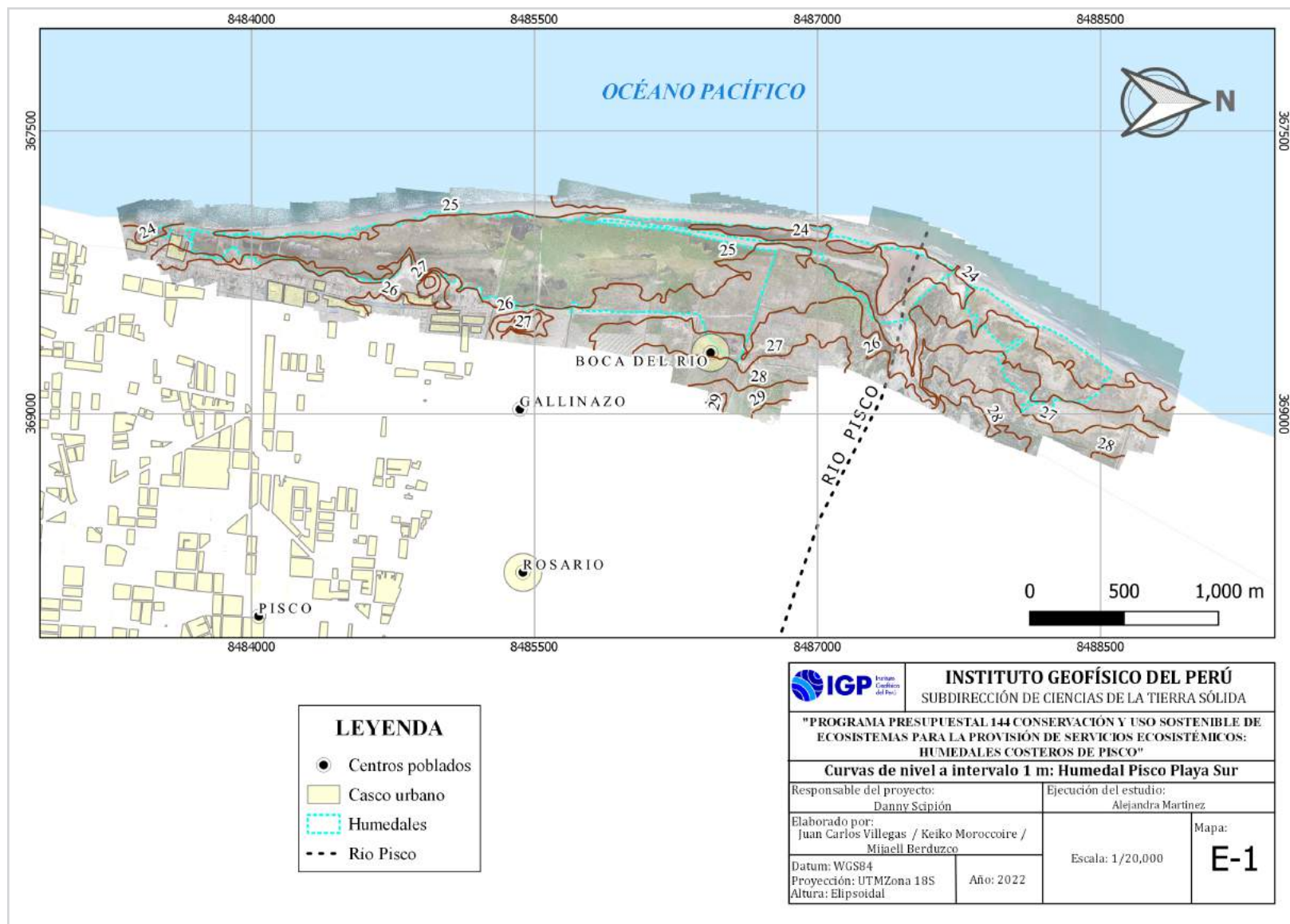


Figura 13. Curvas de nivel a intervalo de 1 m: Humedal Pisco Playa Sur. Crédito IGP.

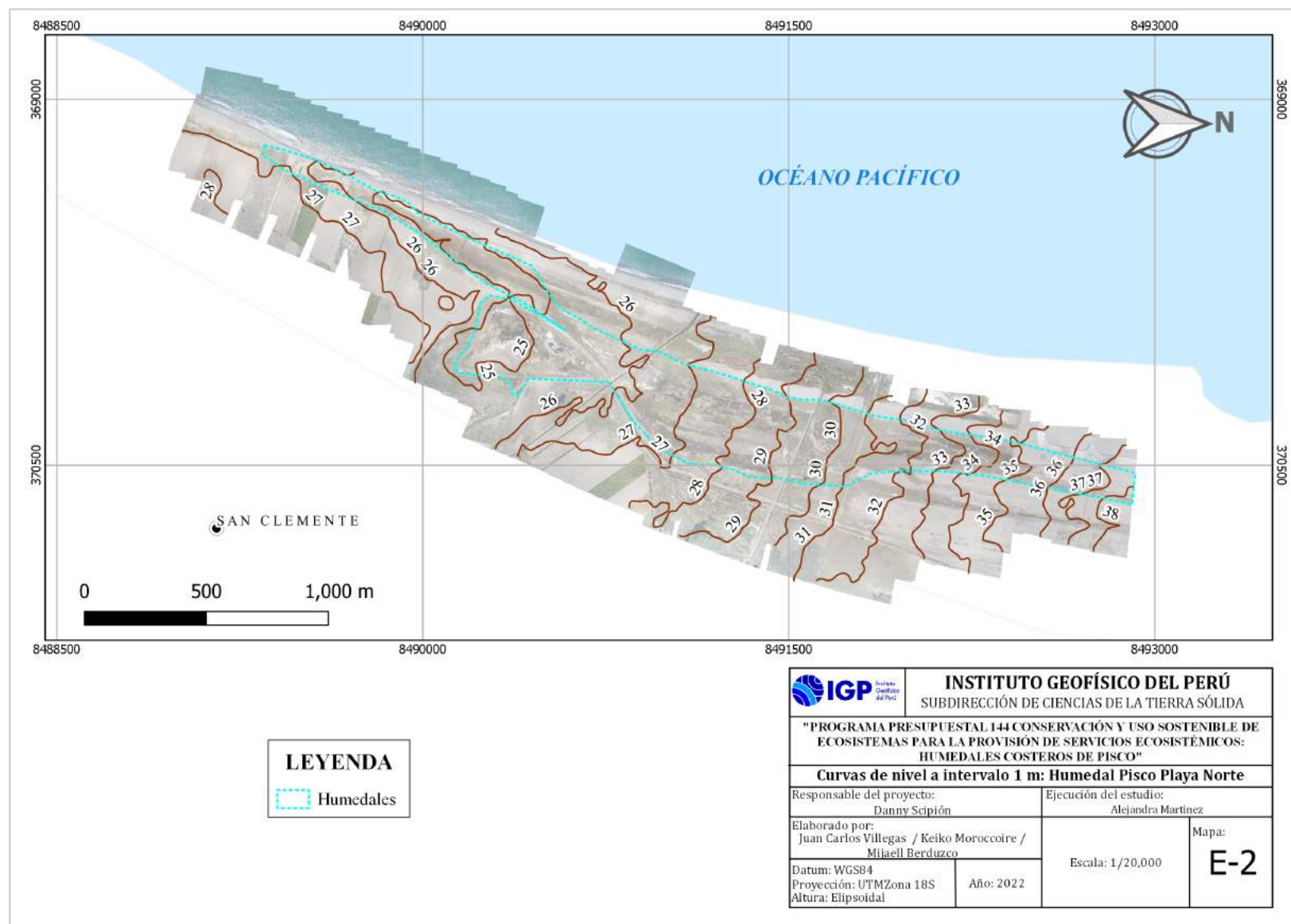


Figura 14. Curvas de nivel a intervalo 1 m: Humedal Pisco Playa Norte. Crédito IGP.

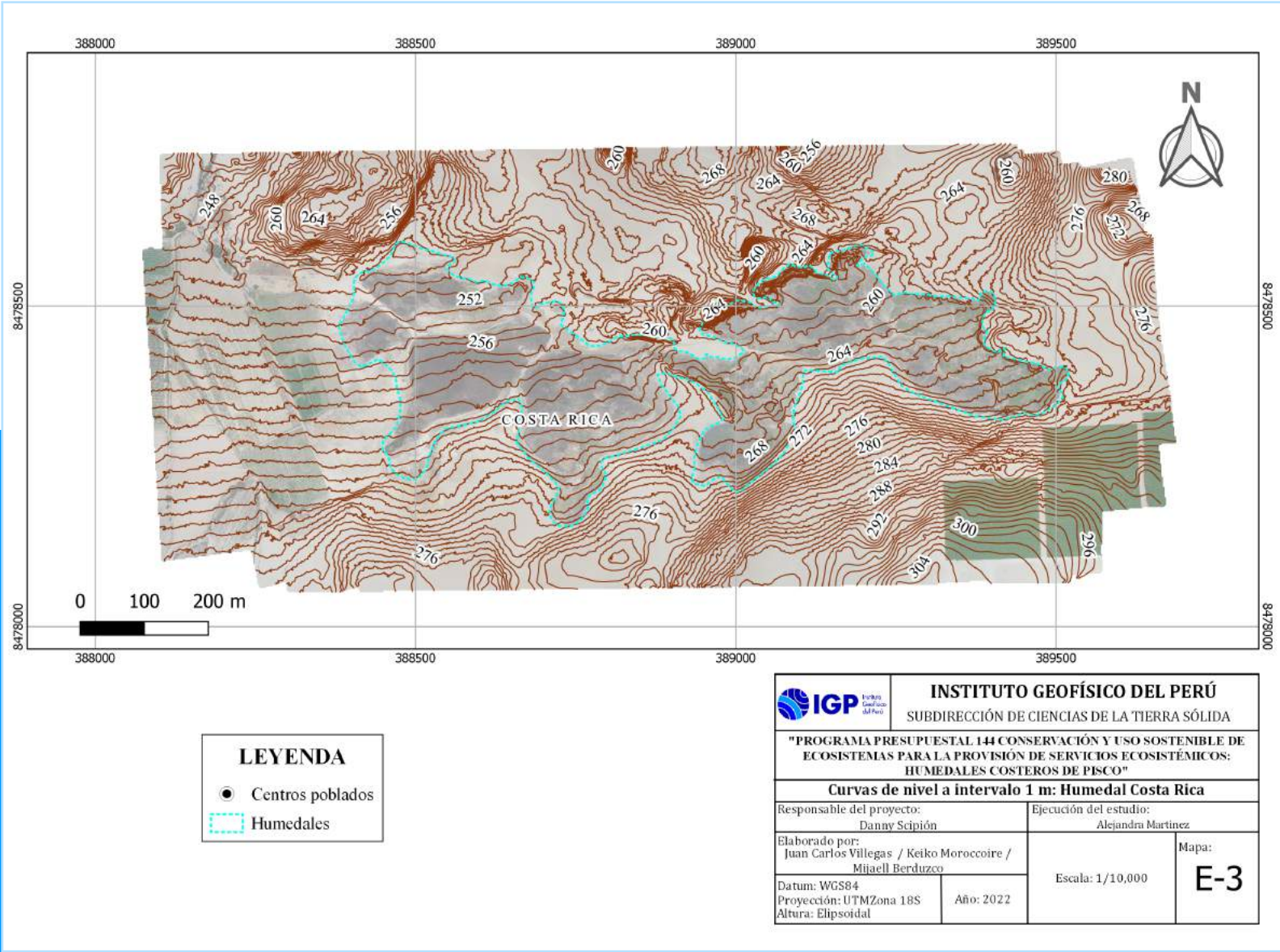


Figura 15. Curvas de nivel a intervalo 1 m; Humedal Costa Rica. Crédito IGP.

El mapa de curvas de nivel para el humedal Pisco Playa Sur (Figura 13), presenta un cambio de elevación de 4 metros de oeste a este en 1,11 km. Los centros poblados próximos al área de estudio se ubican al este con elevaciones entre 27 a 29 m. (Boca del Río, Risco y Gallinazo); en esta zona también se observa la desembocadura del río Pisco que da lugar a la formación de un delta, con una elevación media de 25 m. El mapa de curvas de nivel correspondiente al humedal Pisco Playa Norte (Figura 14) presenta un cambio de elevación de 13 metros de sur a norte en 2,06 km, esta zona se encuentra rodeada de áreas de cultivo que corresponden al distrito de San Clemente; en general, ambas zonas se caracterizan por presentar un relieve llano y baja pendiente. El mapa de curvas de nivel correspondiente al humedal Costa Rica (Figura 15), presenta una máxima elevación al suroeste de 304 m. y un cambio de elevación de 40 metros en 0,4 km. El centro poblado más próximo al humedal se denomina de igual manera y presenta una elevación promedio de 260 m.

Conclusiones

Se ha realizado el levantamiento topográfico en los humedales Pisco Playa Norte, Pisco Playa Sur y Costa Rica, utilizando la técnica de fotogrametría con dron y mediciones GNSS, el cual ha permitido generar Modelos Digitales de Terreno (MDT) con resolución espacial de 30 cm/pixel; ortomosaicos de los humedales con una resolución espacial de 10 cm/pixel y Modelos Digitales de Superficie (MDS) con una resolución espacial de 30 cm/pixel; los productos obtenidos pueden ser representados a una escala de 1:600. Con este nivel de resolución ha sido posible realizar el delimitado del área de cobertura de los humedales; siendo que el humedal Pisco Playa Norte presenta una extensión de 84,5 ha, el humedal Pisco Playa Sur 152.9 ha y el humedal Costa Rica 21.7 ha. La elevación media respecto al elipsoide de los humedales es de 26 m, 30 m y 273 m, respectivamente.

Referencias

- Hopfield, H. S.** (1971). Tropospheric Effect on Electromagnetically Measured Range: Prediction from Surface Weather Data. *Radio Science*, 6(3), 357–367. <https://doi.org/10.1029/rs006i003p00357>
- Li, Z., Zhu, C., & Gold, C.** (2004). *Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology* (Illustrated ed.). Routledge.
- Tobler, Waldo.** 1988. "Resolution, Resampling, and All That", pp. 129-137 of H. Mounsey and R. Tomlinson, eds., *Building Data Bases for Global Science*, London, Taylor and Francis.
- Trimble survey division.** (2012, noviembre). Trimble HD-GNSS processing. Recuperado 12 diciembre, 2019, de: <https://community.trimble.com/docs/DOC-1923>.
- USGS.** (2014). Ground Control Points. Recuperado 12 noviembre, 2019, de: <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/ground-control-points>

TERCERA PARTE

ORIGEN GEOLÓGICO DEL SISTEMA DE HUMEDALES COSTEROS DE PISCO

B.Baez y J. C.Gómez



Origen geológico del sistema de humedales costeros de Pisco

B. Baez⁵ y J. C. Gómez⁶

Resumen

Los recursos hídricos que alimentan el sistema de humedales costeros de Pisco provienen de la descarga natural del acuífero de la cuenca del río Pisco, de los sistemas de riego/drenaje y del aporte marino en el litoral. Si bien es cierto que el origen de los humedales se debe principalmente al aprovisionamiento de agua superficial y subterránea, estos no son los únicos parámetros que contribuyen a la generación de humedales; en su entorno físico, existen características geológicas-geomorfológicas, que condicionan el desplazamiento y la retención de aguas.

Este estudio busca explicar el origen del sistema de humedales costeros de Pisco desde el punto de vista geológico, resaltando la importancia de los factores que favorecen su formación natural. Para ello, se realizó un análisis geológico-geomorfológico del entorno físico mediante el cartografiado de las unidades litoestratigráficas y geomorfológicas aflorantes a escala 1: 100 000, en base al reconocimiento de campo, revisión de estudios previos, topografía, análisis multitemporal de imágenes satelitales Landsat entre los períodos 1969 y 2022, y el uso de software GIS, con los que se elaboraron dos mapas y un perfil geológico. Además, el estudio se apoya en ó ensayos geofísicos realizados por el método de sondajes eléctricos verticales (SEVs) que permitieron obtener espesores, profundidades, grado de saturación y permeabilidad de los horizontes del subsuelo.

La composición y distribución de los depósitos aluviales, de los estratos impermeables de la Formación Pisco y de las geoformas (llanuras, terrazas, lomadas y dunas) constituyen los factores geológicos que favorecen la formación de los humedales costeros de Pisco, los que se establecen sobre terrazas y llanuras aluviales, de relieve ligeramente ondulado, en zonas deprimidas, donde el nivel freático es relativamente cercano a la superficie, menor a 2 m, por tanto, se facilita su afloramiento. Además, el acuífero alrededor de los humedales –según los resultados de los SEVs– está compuesto por material aluvial en el que predominan gravas y arenas gruesas que caracterizan su alta permeabilidad, favoreciendo el almacenamiento y transporte de los flujos de agua; por otro lado, el sustrato impermeable que permite la acumulación de agua, está conformado principalmente por diatomitas, lutitas diatomáceas y limoarcillitas pertenecientes a la Formación Pisco.

Palabras clave: Origen geológico, humedales costeros, Pisco, depósitos cuaternarios, geoformas

⁵ bbaez@igp.gob.pe

⁶ jgomez@igp.gob.pe



Introducción

A lo largo de la llanura costera peruana se han desarrollado humedales ya sea de forma natural o artificial, cuya procedencia hidrológica está influenciada por las cuencas hidrográficas y sus ríos que desembocan en el océano Pacífico. Según el manual de la convención de humedales Ramsar (2013) estos son considerados humedales de **llanura de inundación**, por ser generalmente de gran extensión e incluyen uno o más tipos de humedales; además, dado su ubicación y distribución en una llanura de inundación, están asociadas a los ríos y arroyos de las planicies costeras. Por ello, en este estudio se considera como parte del sistema de humedales de Pisco a todos aquellos que estén relacionados al sistema de drenaje de la cuenca hidrográfica del río Pisco.

Aunque los humedales de llanuras aluviales son bastante comunes a lo largo de la costa, han sido poco estudiados desde una perspectiva geológica más amplia, teniendo en cuenta que ella nos explica el origen de las formas terrestres, así como su comportamiento, composición, desarrollo y evolución a través del tiempo, pasando por diversos períodos, y desarrollando una configuración compleja que se manifiesta en su estado actual. El **origen geológico** se entiende como los factores naturales que explican la formación, composición, morfología y distribución de los materiales que componen el entorno físico relacionado a los humedales, y cómo estos han influido en la distribución y almacenamiento de cuerpos de agua en determinados lugares.

El objetivo de esta investigación es explicar el origen geológico del sistema de humedales costeros ubicados en la provincia de Pisco, entender cómo es que pudieron desarrollarse en ciertas zonas, y cuál es la influencia de la geología en la formación de humedales costeros, todo ello mediante el análisis de los datos obtenidos en el reconocimiento de campo (ubicación y descripción de geoformas, afloramientos, depósitos cuaternarios y canales naturales), con los que se realiza la caracterización geológica-geomorfológica, y con el apoyo de estudios hidrogeológicos y ensayos geofísicos SEVs.

Área de estudio

La zona de estudio está situada en la provincia de Pisco, departamento de Ica, en la parte central de la vertiente hidrográfica del Océano Pacífico. Se encuentra entre las coordenadas UTM 365215 a 401399 Este y 8470955 a 8501358 Norte; abarca un área aproximada de 110 000 ha. Las llanuras que involucran a los humedales se encuentran entre los 0 y 250 m s. n. m. y están compuestas principalmente por depósitos cuaternarios y terrenos de cultivo (Figura 1).

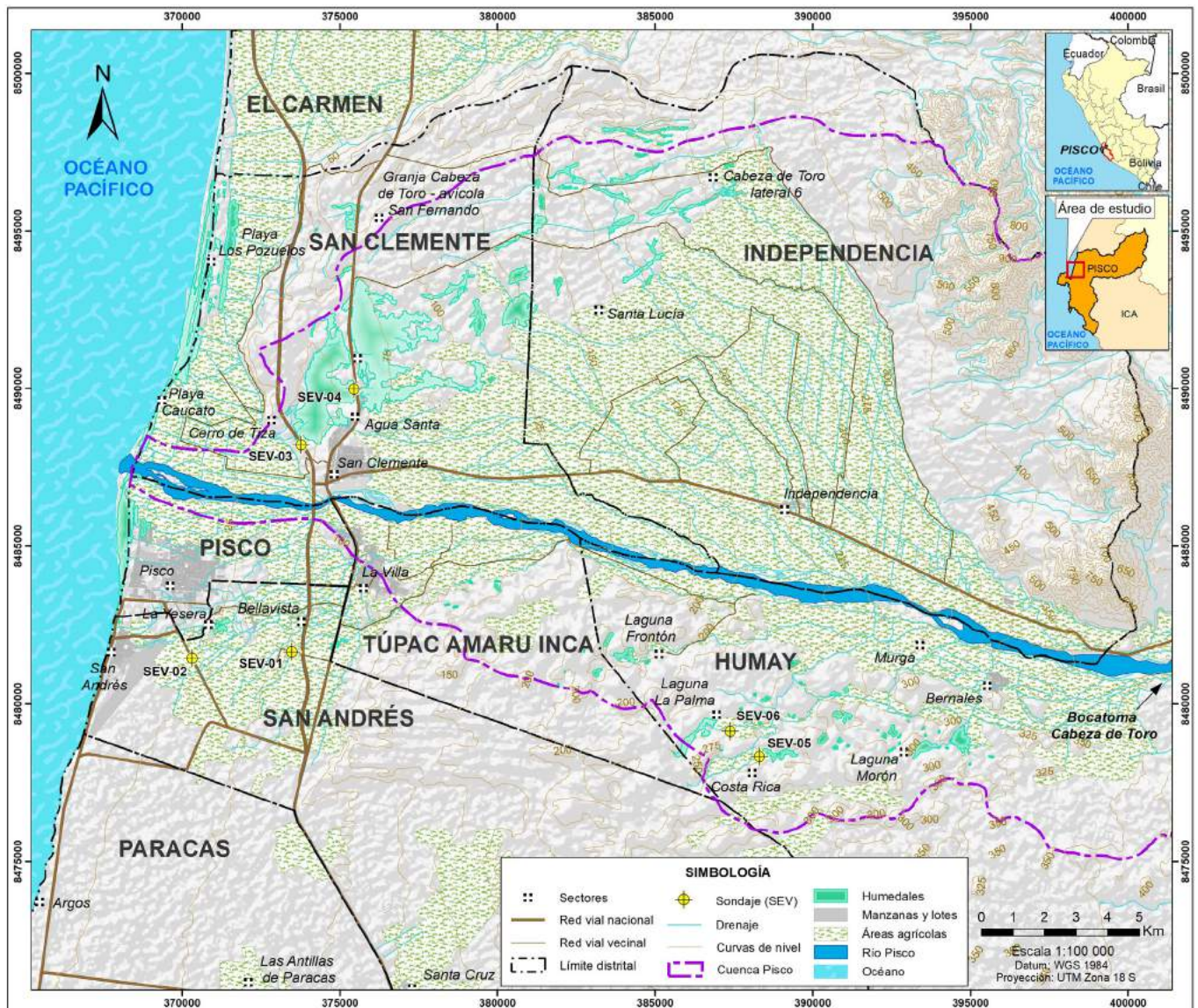


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio y los sondajes eléctricos verticales (SEVs). Elaboración propia.

Materiales y métodos

Se realizó un análisis geológico-geomorfológico de la zona de estudio, mediante el cartografiado, el reconocimiento de campo y la generación de mapas geológicos/geomorfológicos a escalas 1:100 000, debido a que el entorno físico del sistema de humedales en estudio abarca una extensión aproximada 110 000 ha. De ellos se obtuvo la distribución de las unidades geomorfológicas (llanuras, terrazas, lomadas, etc.) y litoestratigráficas (tipos de depósitos cuaternarios y formaciones geológicas). Asimismo, se realizó una sección geológica con dirección NO-SE que incluye a algunos de los humedales más importantes, considerando también los espesores del subsuelo, obtenidos de los ensayos geofísicos realizados recientemente (agosto 2022) y los que se hicieron en estudios anteriores por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (2006).

Se utilizaron como base las imágenes georreferenciadas de los mapas geológicos de los cuadrángulos de Pisco (28K) y Guadalupe (28I) realizadas por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, a escalas 1:50 000; los mapas geológicos locales de la Zonificación sísmica – geotécnica del área urbana de San Clemente, Humay y BERNALES, a escala 1:25 000, realizados por el Instituto Geofísico del Perú; los modelos digitales de elevación (DEM) de La Misión Topográfica Shuttle Radar con resolución de 30 m obtenidas del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), y las imágenes multitemporales LandSat entre los periodos 1969 y 2002 con resolución de 30 m en Google Earth para el análisis de la geomorfología.

Adicionalmente se realizaron dos campañas de campo; la primera, para un reconocimiento general de la zona de estudio, accesos y descripción preliminar de geoformas y depósitos cuaternarios; la segunda, para recorrer toda la zona de estudio elegida y levantar el cartografiado geológico-geomorfológico, anotando las principales características hidrológicas relacionadas a los humedales. Por otro lado, se realizaron seis ensayos de sondajes eléctricos verticales (SEVs), los cuales consistieron en encontrar las resistividades eléctricas de los materiales existentes en el subsuelo, además de la obtención de tres perfiles geoeléctricos donde se detallan los espesores, profundidades, saturación, salinidad y permeabilidad de los horizontes del subsuelo.

la ladera de la Cordillera Occidental, que está controlada por importantes fallas regionales y rellenada por sedimentos de edad plio-pleistocena.



Figura 2. Unidades geomorfológicas regionales, ubicadas en la cuenca sedimentaria Pisco Oriental. Tomado de Macharé (1987).

Análisis y resultados

a) Antecedentes morfoestructurales

Regionalmente, la zona de estudio se ubica en la unidad geomorfológica denominada Depresión Ica – Nazca, la cual Macharé (1987) describe como una depresión estructural ubicada entre las llanuras costeras y el conjunto de abanicos aluviales de

Respecto a su evolución tectónica, los estratos correspondientes a la zona de estudio, forman parte del extremo norte de la cuenca sedimentaria Pisco Oriental, donde ocurrieron eventos tectónicos que dieron origen a las estructuras geológicas presentes; León et al. (2008) describen que en el Oligoceno tardío, el fallamiento persistente dio lugar a una inundación marina, con depositación de lodolitas finamente laminadas de composición tobácea y diatomácea, que en el Mioceno se consolidaron como la Formación Pisco Inferior; posteriormente, en el Mioceno Medio, se produjo el levantamiento y la renovación de la extensión de la cuenca, se activaron las fallas principales, generando grábenes y fallas nuevas, que causaron la incisión y rejuvenecimiento

de los ríos, desarrollando valles que fueron rellenados por conglomerados fluviales. Como evento del Cuaternario está la Flexura de Pisco, descrita por Macharé (1981) como un sistema de flexuras, acompañado de microfallas inversas, que indican los esfuerzos compresivos con dirección aproximada N80°E, la cual produjo plegamientos sobre los estratos de la Formación Pisco, con buzamientos hacia el este.

Otro evento tectónico importante es la subducción de la Dorsal de Nazca bajo la placa sudamericana, con desplazamiento lateral de la dorsal hacia el

sureste, y consecuentes modificaciones geomórficas (Macharé y Ortlieb 1992; Huene et al. 1996), tales como las que se dejan en los sistemas de drenaje en respuesta al levantamiento en forma de onda que se va desplazando a lo largo de la costa, causando impacto sobre el comportamiento de la red fluvial (Paez et al. 2021).

b) Geología

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona de estudio están representadas en la Figura 5. Las



Figura 3. a) Lutitas diatomáceas, diatomitas y areniscas de la Formación Pisco, con una falla normal, ubicado en la antigua carretera Panamericana Sur, cerca de la granja Cabeza de Toro. b) Conglomerados de la Formación Cañete que sobreyacen a las areniscas y lutitas diatomáceas de la Formación Pisco; afectados por la Flexura de Pisco; ubicado al lado del puente Huamaní, San Clemente. c) Cantera de diatomitas, ubicado en el Cerro de Tiza, San Clemente. d). Diatomitas con buzamiento de 75° al NE, ubicado en la colina El Mirador, distrito de Túpac Amaru Inca. e) Depósitos aluviales cubriendo a los conglomerados de la Formación Cañete que sobreyacen a la Formación Pisco; Carretera Panamericana Sur, a 3 km al noroeste de la plaza principal de San Clemente. Créditos: IGP.

rocas más antiguas corresponden a la Formación Quilmaná - miembro inferior (Kis-qui/i), del Cretácico superior, conformadas por afloramientos andesíticos, de textura afanítica y porfírica, color gris verdoso con alteraciones violáceas, junto a esta formación afloran rocas intrusivas que, según Dávila (1979) pertenecen a la Superunidad Linga, donde predominan las rocas tipo monzogabro (Ks-bc/mgb) y monzodiorita cuarzosa (Ks-bc/qmdi). Estas se ubican en las montañas, al noreste de la zona de estudio, y aportan materiales detríticos que son transportados hacia las zonas llanas, conformando los depósitos aluviales y fluviales.

La columna cronolitoestratigráfica (Tabla 1), directamente relacionada al área de estudio nos muestra las siguientes formaciones geológicas: La Formación Pisco (Nm-pi) (ver Figura 3), perteneciente al Mioceno, compuesta por diatomitas blancas con intercalaciones de limoarcillitas y lutitas diatomáceas, cuyos estratos afloran en los distritos San Clemente y Túpac Amaru, como **lomadas y colinas** con buzamientos entre 35° y 75° mayormente al noreste, dado su cercanía, es de gran influencia en los extensos humedales de San Clemente, además que su erosión e intemperismo aporta partículas muy finas; esta formación actúa como material impermeable del acuífero. La Formación Huamaní (Np-hu) sobreyace concordantemente a la Formación Pisco y aflora en el distrito de San Clemente, está constituida por areniscas arcillosas, de grano fino, alternadas con arcillas y algunos niveles de sal (halita) en forma de costras; dado su composición se denota una probable erosión, que ha aportado sedimentos y sales a los humedales ubicados en el distrito de San Clemente; debido a su poca extensión es considerado solo como miembro superior de la Formación Pisco (Macharé, 1981), no obstante, en este estudio se le considera como formación con fines explicativos. La Formación Cañete, sobreyace en concordancia erosional a la Formación Pisco, está compuesta por material aluvial antiguo, conglomerados semiconsolidados de clastos subredondeados en una matriz areno limosa y una alternancia de clastos con capas de arena de granulometría variada.

Suprayaciendo al substrato rocoso, se encuentran los depósitos del Cuaternario: los depósitos aluviales, conformados por materiales resultantes de los procesos de erosión vinculados a los cauces de

las quebradas, que, por acción del flujo de agua, han sido transportados y depositados en zonas de baja pendiente, generalmente están constituidos por clastos subredondeados envueltos en matriz arenosa y/o limosa; en la zona de estudio se distinguen tres tipos, los depósitos aluviales 1 (Q-al1) se encuentran en las llanuras y terrazas aluviales, siendo de suma importancia para este estudio debido a que sus horizontes determinan las zonas permeables y el acuífero correspondiente a los humedales; los depósitos aluviales 2 (Q-al2), que se asocian más a eventos aluviales-torrenciales, es decir, flujos detríticos excepcionales, conformando los abanicos aluviales y vertientes; y los depósitos aluviales 3 (Q-al3) que se encuentran en amplias pampas desérticas, con zonas de material eluvial (detritos poco transportados, resultantes de la descomposición de rocas cercanas), cubiertas por arena eólica.

Los depósitos fluviales (Q-fl), compuestos por gravas redondeadas y arenas de grano medio a grueso, resultantes de la erosión y/o meteorización de rocas preexistentes procedentes de zonas más altas, transportados por una corriente fluvial permanente; se le encuentra en el cauce del río Pisco y en canales naturales antiguos y recientes; son importantes porque aportan horizontes muy permeables. **Los depósitos aluviales-fluviales** (Q-al-fl), contiene material heterométrico, es decir, clastos de diferentes tamaños, que van desde redondeados a angulosos, en una mayor cantidad de matriz arenosa y/o limosa. **Los depósitos marinos** (Q-ma), conformados por arenas de grano medio a fino, se encuentran a lo largo del litoral, tienen relevancia en la zona de estudio debido a que constituyen barreras naturales para todos los conjuntos de humedales ubicados en esa zona. **Los depósitos eólicos** (Q-eo), conformados por arena media a fina, constituyen mantos eólicos que cubren grandes extensiones y campos de dunas que se relacionan a los oasis, aislándolos de la intervención antrópica, además absorbe y filtra el agua de lluvia, aportando a la conservación de humedales. **Los depósitos antropógenos** (Q-an), generados por acción del hombre, compuestos por materiales de construcción, basura, terraplenes, etc., se mencionan en este estudio porque han sido dispuestos en grandes extensiones cerca a los humedales, e incluso cubriéndolos, causando solo perjuicios.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 4. a) Depósito aluvial 1, ubicado en las llanuras del distrito de San Andrés. b) Depósito aluvial 2, caracterizado por sus clastos angulosos de andesitas, en las vertientes asociadas a los humedales ubicados en el distrito de Independencia. c) Depósito aluvial-fluvial, ubicado en los humedales del distrito de San Andrés, además contiene material de origen marino. d) Depósito fluvial, semiconsolidado, ubicado en la carretera Panamericana Sur, distrito de San Clemente. Créditos: IGP.

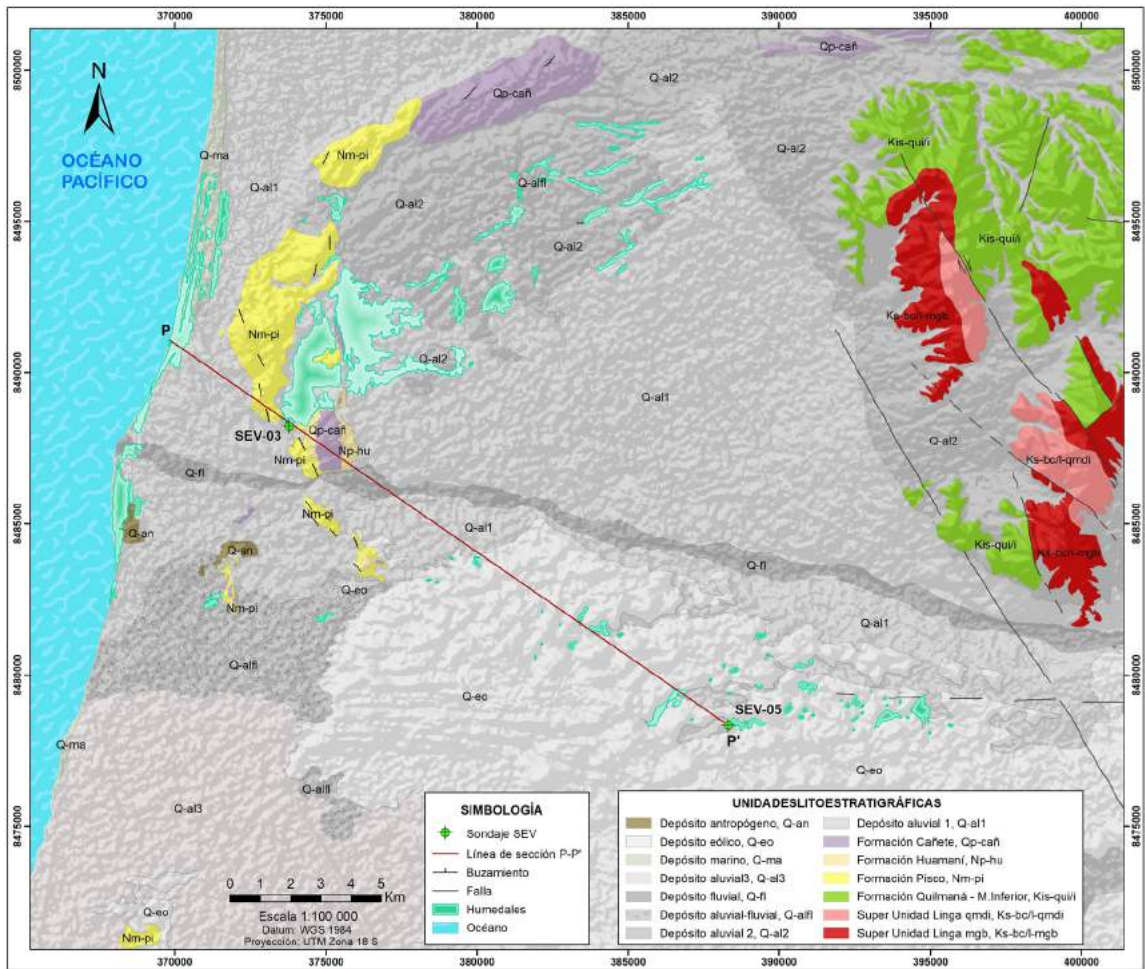


Figura 5. Mapa de geología de la zona de estudio. Elaboración propia.

Tabla 1.

Columna cronolitoestratigráfica de las unidades aflorantes en el área de estudio

Era	Período	Época	Unidades litoestratigráficas	Rocas intrusivas
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósito antropógeno (Q-an): materiales de construcción, basura terraplenes. Depósito eólico (Q-eo): arena de grano fino a medio, Forma dunas, mantos y pampas amplias. Depósito marino (Q-ma): arena de grano medio, presente a lo largo del litoral. Depósito aluvial 3 (Q-al3): arena, grava y material eluvial, presentes en las pampas costeras. Depósito fluvial (Q-fl): gravas subredondeadas y arena, presentes en lecho fluvial. Depósito aluvial - fluvial (Q-alf): arena, y gravas heterométricas angulosas a redondeadas. Depósito aluvial 2 (Q-al2): limos, arenas, gravas, en conos aluviales y vertientes residuales. Depósito aluvial 1 (Q-al1): limos, arenas, gravas en terrazas y planicies.	
		Pleistoceno	Formación Cañete (Qp-cañ): conglomerados polimícticos, envueltos en matriz limo arenosa.	
	Neógeno	Plioceno	Formación Huamaní (Np-hu): areniscas arcillosas y material calcáreo.	
		Mioceno	Formación Pisco (Nm-pi): diatomitas blancas, limoarcillas y lutitas diatomíticas.	
Mesozoico	Cretácico	Superior	Formación Quilmaná (Kis-qui/i): andesitas, porfíricas verdosas y violáceas.	Super unidad Linga: Monzogabroy cuarzomonzodiorita
		Inferior		

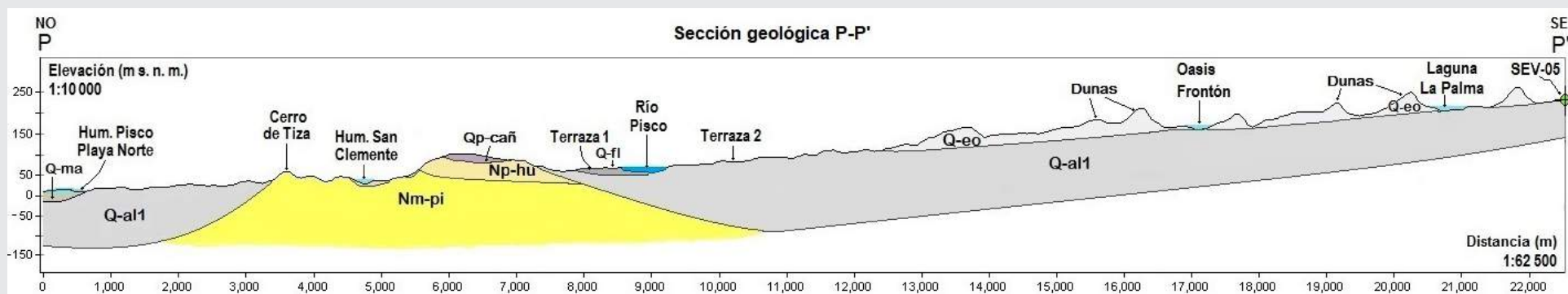


Figura 6. Sección geológica P-P'. Elaboración propia.

c) Geomorfología

La geomorfología nos permite estudiar el origen y desarrollo de las formas de relieve de la superficie terrestre, así como los procesos que las generan, como resultado de fuerzas endógenas (que actúan como creadoras de grandes elevaciones y depresiones), y fuerzas exógenas (meteorización-erosión, transporte y sedimentación), que en continua denudación tienden a rebajar el relieve originado (Gutiérrez 2008). En el área de estudio se identificaron doce unidades geomorfológicas (Figura 8), las cuales se describen a continuación.



Las montañas

Las **montañas**, ubicadas al noreste de la zona de estudio, conformadas por rocas intrusivas y volcánico-sedimentarias, se caracterizan por tener alturas mayores a los 300 m, pendientes mayores a 30°, y quebradas por donde transitan agua y detritos, estas unidades aportan el material detrítico, que luego es transportado hacia las zonas llanas.



Las lomadas

Las **lomadas**, generalmente compuestas por rocas de las formaciones Pisco y Cañete, se presentan en formas alargadas, con alturas menores a 300 m y pendientes menores a 35°, se ubican principalmente en los distritos de San Clemente e Independencia. Estas unidades son de gran relevancia debido a su composición de muy baja permeabilidad a impermeable, y su meteorización/erosión que aporta sedimentos finos a su alrededor. Son de mayor influencia en los humedales ubicados en el distrito de San Clemente, porque los limitan, actuando como fuertes barreras, además, las amplias áreas en torno a las lomadas, deben su composición pantanosa al aporte de los sedimentos finos de estos (Figuras 6 y 7c).



Las colinas

Las **colinas**, se presentan en formas redondeadas, pendientes menores a 20° y alturas menores a 100 m; compuestas por rocas de la Formación Pisco, se ubican en los distritos de San Clemente y Túpac Amaru Inca, pueden actuar como barreras que retienen humedales, al igual que las lomadas. Asimismo, se observan algunas colinas (Figura 7d), menores a 10 m de altura, compuestas por material aluvial-fluvial y marino, asociadas al humedal La Yesera, ubicado en el distrito de San Andrés.



Las llanuras aluviales y las terrazas aluviales

Las **llanuras aluviales** y las **terrazas aluviales** 1 y 2, (Figuras 7a y 7b), son superficies horizontales o ligeramente inclinadas conformadas por depósitos aluviales y fluviales, constituidos por clastos angulosos a subredondeados, con matriz arenosa-limosa; la diferencia entre ambas geoformas es que las llanuras se encuentran cercanas al nivel del río y son más antiguas, mientras que las terrazas se encuentran en un nivel superior, en este caso aproximadamente a 20 m de altura y son más recientes. Sobre estas unidades se asienta el sistema de humedales de Pisco.



Los abanicos aluviales

Los *abanicos aluviales*, toman la forma de extensos abanicos o semiconos, formados con el material detrítico transportado que han descendido de las quebradas, cuyo origen se encuentra en los eventos aluvio torrenciales; estos se encuentran al pie de las montañas. Las *vertientes aluvio torrenciales* proceden de igual forma que los abanicos, con la diferencia de que se han transportado y depositado a mayor distancia, sobre las llanuras y terrazas.



El lecho fluvial

El *lecho fluvial* del río Pisco es el canal excavado debido al flujo de agua y los sedimentos que ha transportado (materiales de origen fluvial: gravas y arenas gruesas). No tiene una incidencia actual en los humedales, sin embargo, un canal está sujeto a cambios, y en este caso, ha migrado lateralmente, dejando depósitos fluviales en la margen izquierda, que es material del acuífero en esa zona (Figura 10).



Las dunas

Las *dunas* (Figura 7g) y *mantos eólicos*, son acumulaciones de arenas y partículas de origen marino, las cuales son transportadas por el viento. Las dunas, alcanzan alturas de hasta 70 m de altura, y son de suma importancia en los humedales ubicados en la margen izquierda del río Pisco, porque rodean a los oasis, protegiéndolos naturalmente de una mayor intervención antrópica, además, Pethick (1984) menciona que estas geoformas absorben y filtran el agua de las precipitaciones pluviales, impidiendo que se discurran directamente hacia el mar y aportando de forma directa al acuífero correspondiente a los humedales asociados.



Las playas

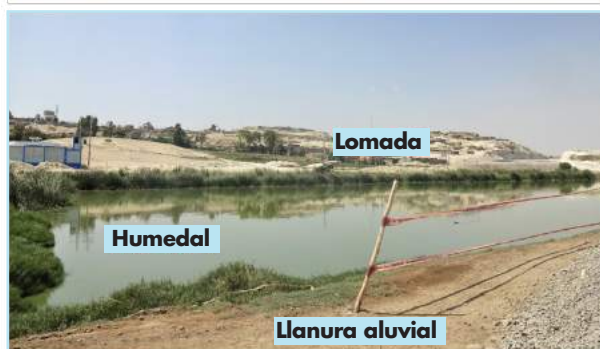
Las *playas*, ubicadas al borde del litoral, son acumulaciones de arena de origen marino sobre las cuales se asientan humedales de formas alargadas, se presentan en niveles superiores al límite de las mareas, por lo general entre 2 y 3 m arriba, y son importantes porque se forman cordones litorales que actúan como barreras que separan al humedal del agua de mar (Figura 7e).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

Figura 7. a) Terraza aluvial, con su respectivo acantilado, al lado del río Pisco; ubicada cerca del puente Huamaní, distrito de San Clemente. b) Lomada y colina, pertenecientes a la Formación Pisco, que afloran en la llanura aluvial; distrito San Clemente. c) Lomadas de la Formación Pisco, al lado de humedal, San Clemente d) Colinas asociadas al humedal La Yesera, distrito de San Andrés e) Playa, con un cordón litoral en desnivel de 2 m de altura aproximadamente respecto al mar, que separa al humedal. f) Humedal del distrito de Independencia, limitado por terrazas aluviales. g) Oasis La Palma y dunas típicas de los humedales del distrito de Humay. c Créditos: IGP.

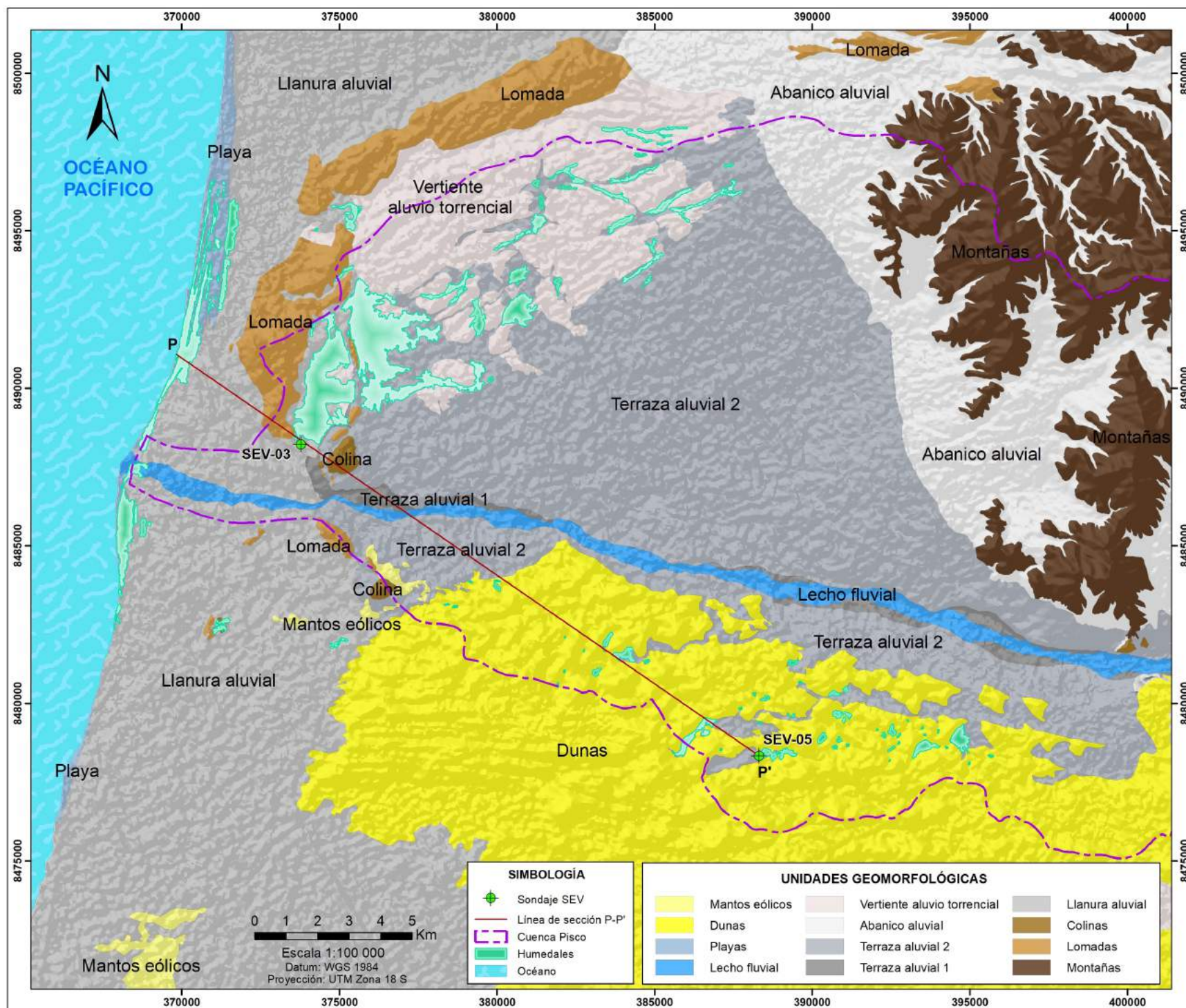


Figura 8. Mapa de geomorfología.
Elaboración propia.

d) Hidrogeología

La cuenca hidrográfica de Pisco, al igual que la mayoría de las cuencas de la costa, es de forma alargada, de fondo profundo y pronunciada pendiente, con ciertos sectores de fisiografía escarpada y abrupta, cortada por quebradas profundas y estrechas gargantas. En la parte inferior de la cuenca se ha producido la depositación del material aluvial, formando una llanura a consecuencia de la disminución brusca de la pendiente y de la velocidad del agua (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico 1981).

El acuífero correspondiente al valle de Pisco tiene forma de abanico, es de tipo libre y está constituido

principalmente por depósitos de origen aluvial de edad cuaternaria, siendo el río Pisco el agente responsable de su formación. Tiene como fuentes de alimentación las aguas que provienen de la parte alta denominada *cuenca húmeda*, las que se infiltran a través del lecho del río, de los canales de regadío y las áreas que están bajo riego (Instituto Nacional de Recursos Naturales et al. 2006).

Los humedales costeros de Pisco se ubican sobre los depósitos del cuaternario holoceno-continental, que presentan acuíferos generalmente extensos, con permeabilidad elevada. De los inventarios de fuentes

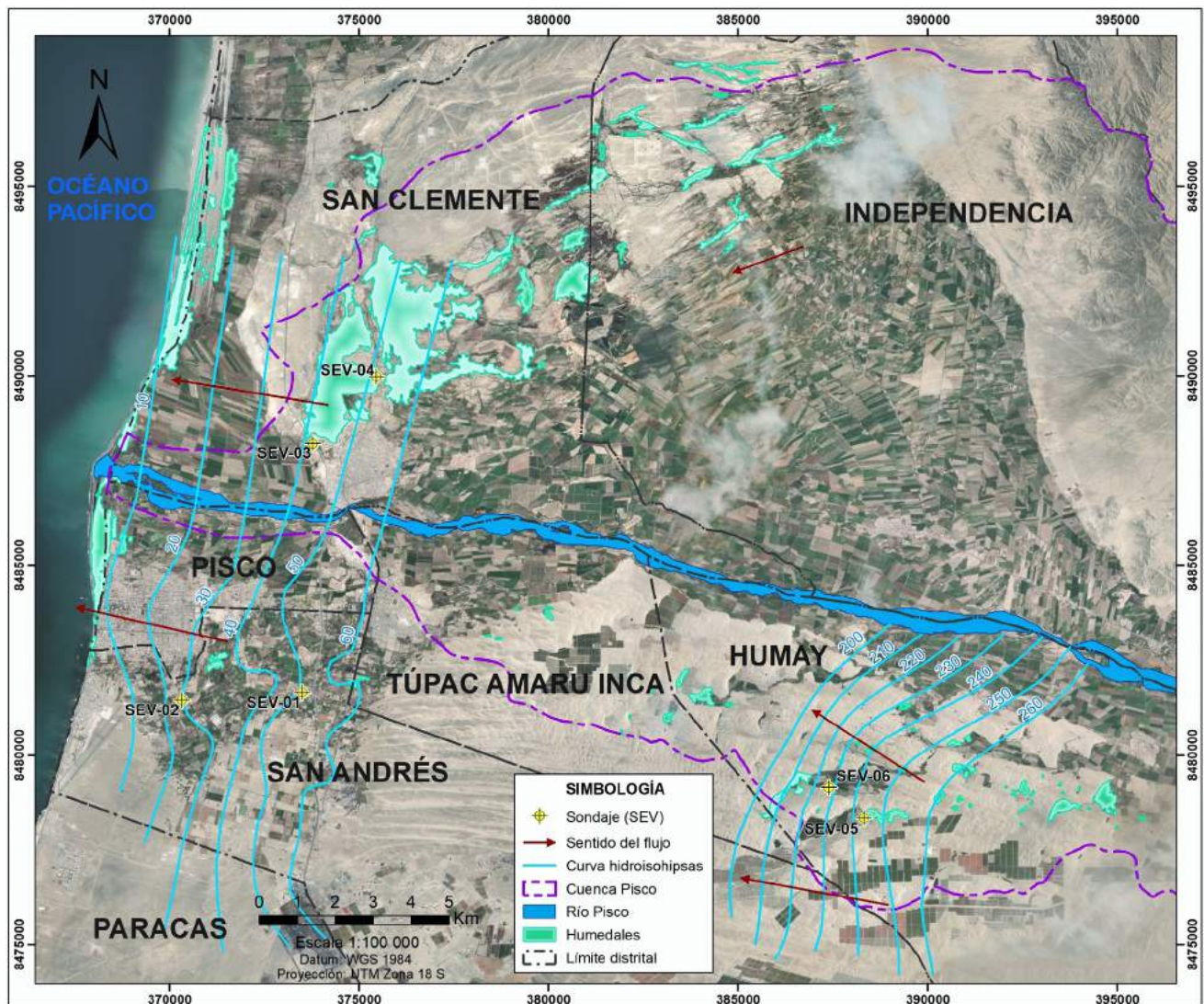


Figura 09. Sentido de flujo de agua subterránea, en relación con la ubicación de los humedales. Fuente: Instituto Geofísico del Perú.

de aguas subterráneas realizados entre los años 2009 y 2014, se puede establecer que los niveles de agua subterránea en los humedales costeros de Pisco presentan niveles freáticos menores a los 2 m; además, de los trabajos de campo, en los oasis La Palma y Boca de Río –este último ubicado adyacente al litoral–, se estimaron niveles freáticos menores a 70 cm (Autoridad Nacional del Agua 2018).

Según las variaciones en los valores de resistividad del subsuelo, obtenidos a partir de los Sondajes Eléctricos Verticales distribuidos a lo largo de las zonas evaluadas, el acuífero de la zona correspondiente a la línea que une puntos SEV-01 y SEV-02, pertenece al distrito de San Andrés, cuyo horizonte saturado y con buen grado de permeabilidad, cuenta con un espesor que varía entre 27,8 y 37,2 m, está compuesto por arenas y otros clastos de mayor tamaño, posiblemente redondeados; el acuífero de la zona correspondiente a la línea que une puntos SEV-03 y SEV-04, pertenece al distrito de San Clemente, cuyo horizonte con buen grado de permeabilidad cuenta con un espesor que varía entre 18,9 y 24,8 m, está compuesto por clastos con matriz de grano medio y tienen alto grado de saturación y salinidad; el acuífero de la zona correspondiente a la línea que une puntos SEV-05 y SEV-06, pertenece al distrito de Humay, cuyo horizonte permeable y altamente saturado tiene un espesor que varía entre 12,2 y 15,1 m, donde la variación de resistividades en sentido escalonado advierte la presencia de una posible falla. Por otro lado, las curvas de hidroisohipsas en m s. n. m., indican el sentido del flujo de agua subterránea, que interviene en el aporte a los humedales, siendo esta SE-NO (Figura 9), al que se se agrega la zona correspondiente a los humedales del distrito de Independencia, que según el INRENA (2006), tiene sentido NE-SO.

Discusión

El origen geológico del sistema de humedales puede explicarse a partir de, los depósitos aluviales que los contienen, y que se producen a causa de las características geomorfológicas (forma alargada y

cóncava, pendiente, etc.) de la cuenca hidrográfica del río Pisco, donde el agua acarrea los materiales detríticos provenientes de las partes más altas hasta depositarlas en las zonas costeras sobre las formaciones geológicas preexistentes, conformando horizontes entre los que se encuentra el acuífero con buena permeabilidad por el que se desplazan los flujos de agua. Además, los procesos geodinámicos externos modelaron el relieve, formando llanuras y terrazas aluviales de muy baja pendiente, ligeramente onduladas, entre los que se formaron zonas deprimidas que se deben a distintos factores, principalmente tectónicos (fallas que originan grábenos y plegamientos cóncavos) y la erosión sobre los depósitos de material fino que son socavados con mayor facilidad por el agua superficial y el viento. Por otro lado, la Formación Pisco es la unidad que contiene el material impermeable que va a retener el agua; entonces, los humedales se generan en zonas deprimidas de las llanuras y terrazas aluviales, donde el nivel freático es cercano a la superficie y convergen las aguas subterráneas y superficiales; estableciéndose en determinados lugares debido a las condiciones geológicas del acuífero y el sustrato impermeable.

Se observa en el mapa y sección geológica P-P' (Figuras 5 y 6), la cercanía de los afloramientos de la Formación Pisco a los humedales ubicados en el distrito de San Clemente; estos estratos están afectados por la Flexura de Pisco (Figura 3b) y tienen un buzamiento que predomina al NE hasta el límite de los humedales donde los estratos tienden a ser horizontales, esto favorece a la forma de un contenedor amplio, motivo por el cual los humedales de esta zona son permanentes y ocupan grandes extensiones limitadas por los afloramientos de la Formación Pisco.

De los SEVs realizados y otros estudios hidrogeológicos anteriores, se puede distinguir al acuífero como el horizonte saturado con alto grado de permeabilidad, compuesto por material aluvial en el que predominan arenas y gravas, principalmente en la margen izquierda del río Pisco, y el acuífero cercano a los afloramientos de la Formación Pisco contiene un poco más de material fino probablemente debido al

aporte de este; además, se observa que el sentido del flujo de agua subterránea está influenciado por las características geomorfológicas de la cuenca hidrográfica del río Pisco.

El desplazamiento de la dorsal de Nazca puede ser considerado un factor influyente en el cambio de dirección del río Pisco, en el tramo que va desde la bocatoma Cabeza de Toro hasta su desembocadura, el cual ha sufrido una migración lateral, dejando como registros, terrazas y depósitos fluviales (Figura 10), los cuales han aportado el material con buena permeabilidad para el acuífero ubicado en la margen izquierda del río Pisco.

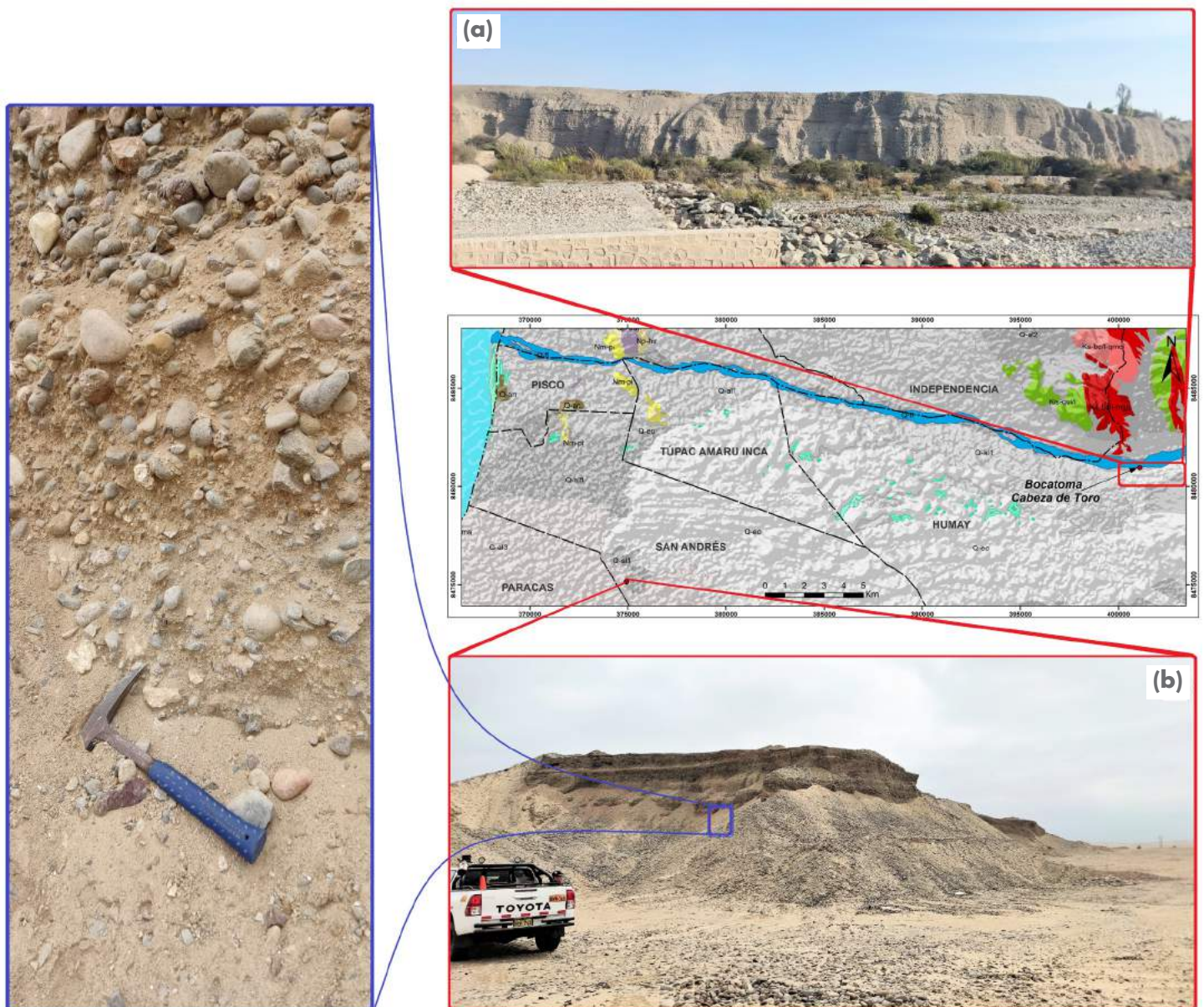


Figura 10. a) Terraza fluvial, margen izquierda del río Pisco, distrito de Humay. b) Depósito fluvial, ubicado en el distrito de San Andrés. c) Gravas redondeadas en matriz areno limosa, pertenecientes al depósito fluvial. Créditos: IGP

Conclusiones

Desde una perspectiva geológica, el sistema de humedales costeros de Pisco se origina a causa de las características geomorfológicas-geológicas del acuífero y los estratos impermeables de la Formación Pisco, siendo estas unidades las que condicionan su origen natural; asimismo, las geoformas que se observan en el relieve, tienen una importante incidencia en la formación y conservación de los humedales.

Las llanuras y terrazas aluviales, son las geoformas que contienen a los humedales, los cuales se ubican en zonas deprimidas que fueron formadas por factores tectónicos (fallamiento, plegamiento cóncavo) así como por la erosión del viento y agua que socavaron partes constituidas por materiales finos; donde además confluyen las aguas superficiales y subterráneas (cuyo nivel freático es menor a 2 m, razón por el que afloran). Asimismo, la composición y distribución de las geoformas (llanuras, terrazas, lomadas, cordón litoral y dunas) favorecen la formación de los humedales en estudio.

Los afloramientos de la Formación Pisco ubicados en el distrito de San Clemente son determinantes para los humedales que se ubican en esa zona, dado su cercanía, tal como se observan en los mapas y perfil geológico; además, estos se encuentran afectados por la Flexura de Pisco, observándose que las lomadas presentan estratos inclinados y con buzamientos predominantes hacia el Este, mientras que debajo del acuífero estos estratos tienden a ser horizontales; es así que esta estructura cóncava actúa como un gran contenedor impermeable que limita a los humedales, razón por la cual estos son extensos y permanentes;

asimismo, aporta los sedimentos finos que constituyen zonas pantanosas.

Los depósitos eólicos que conforman amplios campos de dunas, son influyentes en los humedales ubicados en la margen izquierda del río Pisco, debido a que, absorben y filtran las precipitaciones pluviales zonales, impidiendo que estas aguas se escurran hacia al mar, almacenándola en sus cercanías, y alimentando a los oasis; además, su importancia radica en la conservación de humedales y la reducción del impacto antrópico, en vista de que cubren extensas llanuras y terrazas aluviales que usualmente serían transformadas en tierras agrícolas.

Los depósitos marinos son influyentes en la generación de los humedales ubicados a lo largo del litoral de la zona de estudio, debido a que forman cordones litorales que actúan como barreras y contienen a los humedales de poca profundidad que se encuentran en niveles más altos que el límite de las mareas altas. Estas geoformas y los humedales asociados también son importantes, porque reducen el riesgo de desastres por inundaciones costeras.

La cantidad de humedales que afloran en la zona de estudio se deben principalmente al buen grado de permeabilidad del acuífero, a la cercanía de los estratos impermeables de la Formación Pisco y a las características geomorfológicas de la cuenca hidrográfica Pisco; estos a su vez se encuentran condicionados por factores tectónicos, tal es el caso de la margen izquierda del río Pisco que a consecuencia de su migración lateral ha dejado depósitos aluviales-fluviales favoreciendo la permeabilidad en esa zona.

Referencias

Autoridad Nacional del Agua (2018). Inventario de Humedales en el Ámbito de la ALA Pisco: Estudio Piloto, <https://hdl.handle.net/20.500.12543/3310>

Bernal, Y. y Gómez J. (2017). Zonificación sísmica – geotécnica del área urbana de San Clemente, Instituto Geofísico del Perú, 21-44, <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5178>

Bernal, Y. y Gómez J. (2016). Zonificación sísmica – geotécnica de las áreas urbanas de Humay y Bernales, Instituto Geofísico del Perú, 21-108, <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5170>

Davidson, R. (2010). Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. Cambridge University Press, 442p.

Gutiérrez, M. (2008). Geomorfología. Pearson/Prentice Hall, Madrid, 898 p.

Huene, R., Pecher, I. y Gutscher A. (1996). Development of the accretionary prism along Peru and material flux after subduction of Nazca Ridge, Tectonics, 15(1), 19-33, <https://doi.org/10.1029/95TC02618>

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (1981). Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Pisco, Boletín N° 7, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, <https://hdl.handle.net/20.500.12544/252>

Instituto Nacional de Defensa Civil, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, CESEL Ingenieros S.A., & Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (2008). Mapa de peligros de Pisco y San Andrés: Información para la reconstrucción sísmica - 15 de agosto de 2007, http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_ica/pisco/piscosanandres_informe.pdf

Instituto Nacional de Recursos Naturales, Intendencia de Recursos Hídricos, Dirección de recursos hídricos, Administración Técnica del Distrito de Riego Chíncha-Pisco (2006), Estudio Hidrogeológico del Valle de Pisco, <https://hdl.handle.net/20.500.12543/3039>

León, W., Rosell, W., Aleman, A., Torres, V. y De la Cruz, O. (2008). Estratigrafía, sedimentología y evolución tectónica de la cuenca Pisco Oriental: Boletín 26, serie D, Estudios regionales, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2-9. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/4004>

Macharé, J. (1981). Geología del Cuaternario en la Costa del Perú Central (entre los valles de Pativilca y Pisco) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/TE0301.pdf>

Macharé, J. y Ortlieb, L. (1992). Plio-Quaternary vertical motions and the subduction of the Nazca Ridge, central coast of Peru, Tectonophysics, 205(1-3), 97-108, [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(92\)90420-B](https://doi.org/10.1016/0040-1951(92)90420-B)

Martín, P., Antón, L. y Zamora, G. (2021). Impacto en la red fluvial del levantamiento costero asociado a la subducción de la dorsal asimétrica de Nazca (margen continental de Perú), GEOGACETA, 69, 43-46, https://sge.usal.es/archivos/geogacetass/geo69/geo_69_completa.pdf

Monge, R. y Montoya, C. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Chíncha (27-k) y Pisco (28-k), Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 13-16, <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2077>

Pethick, J. (1984). An introduction to Coastal Geomorphology. London Edward Arnold, 260 p.

Secretaría de la Convención Ramsar (2013). Manual de la Convención de Ramsar, Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) 6ª edición, <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/manual-de-la-convencion-de-ramsar-sexta-edicion/>

CUARTA PARTE

SISTEMAS SOCIO ECOLÓGICOS EN LOS HUMEDALES COSTEROS DE PISCO

A. Martínez , M. Mendoza, D. Ruiz y E. Príncipe



Sistemas Socio Ecológicos en los humedales costeros de Pisco

A. Martínez⁷, M. Mendoza, D. Ruiz y E. Príncipe

Resumen

Con el fin de identificar las interacciones sociales y ambientales existentes en el sistema de humedales costeros de Pisco, se decidió utilizar el enfoque de Sistemas Socio Ecológicos (SEE) a través del análisis de sus cuatro subsistemas (Ostrom, 2009): el sistema de recursos (SR), las unidades de recursos (UR), el sistema de gobernanza (SG) y los usuarios (U). Con fines puramente metodológicos cada uno de los subsistemas se analizó de acuerdo con las tres unidades territoriales identificadas: los humedales adyacentes al litoral, los ubicados en la margen derecha del río Pisco, y los ubicados en la margen izquierda, considerando que los humedales que integran cada unidad comparten características biofísicas y socioeconómicas comunes.

Además de la revisión de información secundaria, durante los años 2021 y 2022 se recogió información primaria a través de encuestas semiestructuradas y entrevistas en profundidad a los principales servidores públicos y otros actores relevantes como usuarios de los recursos, dirigentes vecinales, miembros de asociaciones, etc., tanto en forma presencial como remota. Un total de cuatro salidas de campo permitieron obtener un registro fotográfico de los principales atributos visibles, y realizar entrevistas in situ a los principales usuarios de los recursos. También se analizó la variación de la salud vegetal en tres sectores del sistema utilizando técnicas de teledetección, se realizó el levantamiento topográfico de otros tantos sectores a partir de la técnica de fotogrametría aérea con dron

y mediciones GNSS, y se realizaron mediciones de la estructura del suelo a través de sondajes eléctricos verticales.

El análisis de los SEE permitió obtener una mirada integral y la identificación de los principales tensores ambientales a los que está sometido el sistema de humedales de la provincia de Pisco, incluyendo el cambio de uso de suelo para desarrollo urbano, expansión agrícola y agricultura de agroexportación. Así como su uso como fuentes de agua y/o de sus recursos forestales.

Palabras clave: Sistemas Socio Ecológicos, servicios ecosistémicos, humedales costeros, Pisco.

⁷ amartinez@igp.gob.pe

Introducción

A nivel internacional los humedales costeros muestran una serie de problemas vinculados, principalmente, al desarrollo urbano acelerado y sus impactos en la valorización del suelo que promueve la destrucción y/o relleno de humedales, situación que se ve agravada por factores como el cambio climático. La conservación de estos ecosistemas requiere “una gestión articulada, en la que se establezcan hitos, plazos, socios y responsables, así como, la adecuada identificación de prioridades para la gestión y financiamiento” (Joquera, 2013:2). Para lo cual es necesario comprender a los humedales como piezas dentro de un sistema mayor, importantes tanto por los servicios ecosistémicos que brindan, como por configurar un componente clave del ecosistema total (Hopkinson et al. 2019).

El enfoque de Sistemas Socio Ecológicos (SEE) permite identificar las interacciones ambientales y sociales a través de sus cuatro subsistemas (Ostrom 2009): el sistema de recursos (SR), las unidades de recursos (UR), el sistema de gobernanza (SG) y los usuarios (U). El sistema de recursos se refiere a un territorio específico que contiene áreas con vegetación, vida silvestre y sistemas de agua, por ello sus principales variables son su localización, la claridad de sus límites, el tamaño geográfico, las instalaciones antrópicas construidas y las actividades productivas observadas en ese espacio. Por su parte las unidades de recursos abarcan tanto los factores bióticos y abióticos que componen el ecosistema, por ejemplo, arbustos, plantas, tipos de vida silvestre y cantidad y flujo de agua presente, y su caracterización se expresa en variables como las marcas distintivas del ecosistema, la movilidad de la unidad de recursos, la tasa de crecimiento o reemplazo biótico, la interacción entre unidades de recursos, el valor económico, el número de unidades, y la distribución espacial y temporal, según es entendida por los residentes locales.

El subsistema de gobernanza describe a las organizaciones estatales y no estatales que se vinculan e influyen en la administración de un ecosistema dado, las reglas específicas relacionadas con el uso

de los recursos y cómo se establecen estas reglas, las que, además, pueden ser formales o informales. Las variables que permiten analizar este subsistema incluyen a las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales presentes en la gestión del ecosistema, los sistemas de derechos de propiedad visibles, las reglas operacionales, comunitarias y constitucionales, y los procesos de monitoreo y sanción observados. Finalmente, el subsistema de los usuarios incluye a los individuos u organizaciones que hacen uso de los ecosistemas para su sustento, recreación o propósitos comerciales. Las variables que permiten caracterizar y comprender este subsistema son el número de usuarios presentes, sus atributos socioeconómicos; la historia de uso del ecosistema por parte de los actores involucrados, los liderazgos locales/emprendimientos encontrados, las normas y/o capital social, la importancia del recurso para sus usuarios y las tecnologías utilizadas.

Por su enfoque integral se consideró al SEE, bajo el marco para el análisis de la sostenibilidad propuesto por Ostrom et al 2009 como el más apropiado para analizar el sistema de humedales costeros de Pisco, y las características generales de cada subsistema. Tal como se presentó en la introducción a este reporte técnico, con fines puramente metodológicos el sistema de humedales costeros de Pisco se separó en tres unidades geográficas: los humedales adyacentes al litoral, los ubicados en la margen derecha del río Pisco, y los ubicados en la margen izquierda, por lo que cada uno de los subsistemas se analiza a continuación, considerando dicho agrupamiento.

Metodología

Para el recojo de información socioeconómica y cultural primaria se realizaron encuestas semiestructuradas y entrevistas en profundidad a los principales servidores públicos y otros actores relevantes como usuarios de los recursos, dirigentes vecinales, miembros de asociaciones, etc. involucrados directa o indirectamente en la gestión del sistema de humedales de Pisco, tanto en forma presencial como remota durante el primer semestre del año 2021 y durante el segundo semestre del año 2022. Se realizaron en total cinco salidas de campo, tres durante el año 2021 y dos durante el año 2022, que permitieron obtener un registro fotográfico de los principales atributos visibles en las tres unidades identificadas y realizar entrevistas in situ a los usuarios de los recursos, tales como extractores de junco, caña y totora, artesanos y pequeños agricultores, y a ocupantes formales o informales de terrenos ubicados en los humedales o adyacentes a ellos, y servidores públicos de distintas instituciones que cumplen funciones directas en el sistema de humedales.

Como complemento a la información disponible sobre el sistema de recursos, se analizó la variación de la salud vegetal en Pisco Playa Norte, Pisco Playa Sur, y tres amplios sectores del humedal San Clemente a través de técnicas de teledetección, que incluyeron el cálculo del índice NDVI y extracción de series de tiempo a partir de imágenes satelitales LandSat (TM, ETM+ y OLI), para los periodos 1985-2021, utilizando la plataforma del Google Earth Engine (GEE) para la integración de datos. También se realizó el levantamiento topográfico de los humedales Pisco Playa Norte, Pisco Playa Sur y Costa Rica a partir de la técnica de fotogrametría aérea con dron y mediciones GNSS, y se realizaron sondeos eléctricos verticales (SEV) como método indirecto de análisis del suelo para la determinación del origen geológico del humedal, cuyos resultados se explican en los artículos de este mismo volumen "Levantamiento topográfico de los humedales Pisco Playa Norte, Pisco Playa Sur y

Costa Rica, en la ciudad de Pisco, Ica, a partir de fotogrametría aérea con dron y mediciones GNSS⁸" y "Origen geológico del sistema de humedales costeros de Pisco", respectivamente.

El sistema de recursos

Se calcula que existen al menos entre 140 a 150 humedales costeros distribuidos a lo largo de todo el litoral, desde Tumbes hasta Tacna (MINAM 2019b; Caso 2015: citado por MINAM 2019c); sin embargo, para la mayoría de ellos, principalmente los más pequeños y poco conocidos, existe escasa información sobre su extensión y principales características cartográficas (MINAM 2019c). Los humedales costeros de Pisco no son ajenos a esta situación, aunque han sido objeto de diversas iniciativas de delimitación en los últimos años, a cargo de la ANA (2018) y el MINAM (2020), donde la utilización de diferentes definiciones, datos de entrada y métodos de análisis dieron como resultado diferentes valores de superficie. Esta es una clara muestra de la complejidad de delimitar un ecosistema, donde además deben considerarse variables administrativas como la delimitación política de una zona, la propiedad de la tierra, o su nivel de protección.

Los humedales adyacentes al litoral, los de mayor extensión ubicados en la margen derecha y los oasis ubicados en la margen izquierda, cuentan con un nombre reconocible por la población en general, se conoce su localización, y en varios casos su extensión –al menos aproximada–. Sin embargo, a nivel general del sistema de humedales de Pisco, no hay total claridad sobre su número, límites, tamaño

⁸ El presente artículo resume el reporte técnico "Levantamiento topográfico de los humedales Pisco Playa Norte, Pisco Playa Sur y Costa Rica ubicados en la provincia de Pisco, a partir de fotogrametría aérea con dron y mediciones GNSS" preparado por el Instituto Geofísico del Perú en el marco de la actividad "Evaluación de la resiliencia de los ecosistemas ante peligros geofísicos" durante el año 2021.

y características de los recursos que albergan, ni un listado oficial sobre las instalaciones antrópicas en uso o desuso y/o sobre las actividades productivas que se desarrollan en su territorio o en sus alrededores. A continuación, se presentan las principales características de este subsistema en cada una de las unidades geográficas identificadas, a manera de una primera aproximación para su caracterización.

Humedales adyacentes al litoral

Existe una clara delimitación geográfica sobre los humedales Camacho, Caucato y Boca del Río desarrollada por la ANA (2018), sin embargo las entrevistas realizadas en el marco de este estudio recogieron el temor de la población cercana –y que hace usufructo directo o indirecto de los recursos de los humedales– a que dicho registro no tome en cuenta y/o se superponga con la existencia de “nuevas” propiedades privadas, sobre todo porque en la última década esta zona ha venido experimentando una rápida alza en el valor de los terrenos debido a la expansión del turismo residencial en el litoral del Pisco, Paracas e incluso San Clemente.

El desarrollo urbano avanza hasta Paracas y –aunque de manera fragmentada– han aparecido poseionarios de grandes extensiones de terrenos, ideales para proyectos inmobiliarios, sobre todo en los alrededores de Camacho (ANA 2017: 145) y Caucato. De acuerdo con informantes locales, antes del proceso expansivo las áreas indicadas eran de libre acceso para la población local, pues originalmente pertenecían a la antigua hacienda Montero de San Clemente –lugar que inspiró el cuento “El Caballero Carmelo” de Abraham Valdelomar–, pero actualmente los propietarios privados dificultan o incluso impiden el pase y/o el ingreso a los humedales. Por su parte, Boca de Río tiene menor presión inmobiliaria debido a su cercanía con la desembocadura del río Pisco (Figura 1), pues además de ocurrir desbordes

estacionales en época de avenida, se localiza junto a terrenos agrícolas de familias que se dedican principalmente a cultivos de pan llevar, así como el pastoreo de ganado vacuno y caprino en pequeña escala.



Figura 1. Vista del humedal Boca del Río. En las salidas de campo realizadas se apreciaron pocas construcciones, una gran cantidad de aves y un mínimo de visitantes en la orilla. 2021. Crédito: IGP.

Por su parte, los humedales de Pisco Playa Norte y Pisco Playa Sur son considerados como emblemáticos de la provincia, sin embargo, al no existir claridad sobre su estado catastral la Municipalidad Provincial de Pisco viene trabajando para aclarar la titularidad de los predios que lo conforman⁹, incluyendo a Boca del Río. Estos tres humedales son los que cuentan con mayor cantidad y extensión de instalaciones antrópicas construidas, incluyendo caminos conducentes a la playa que atraviesan el humedal (Figura 2), infraestructuras abandonadas (Figura 3), y la presencia de desmonte de construcción (Figura 4), depositado allí tras el terremoto de Pisco del 2007, y que no ha podido ser removido a pesar de los esfuerzos de la municipalidad provincial por la falta de una escombrera provincial¹⁰.

⁹ SUNARP 2019: Publicidad N°164965: 2.

¹⁰ En el año 2017, la municipalidad provincial realizó un perfil de proyecto que permitiera el retiro del desmonte, en aquel entonces el volumen calculado ascendía a 50 mil metros cúbicos, pero la falta de financiamiento impidió la generación de un expediente técnico. Actualmente se viene buscando una solución financiera a través de diversos mecanismos.



Figura 2. Humedal de Pisco Playa. Se observa la construcción de una vía tipo muelle que atraviesa el humedal. 2021. Crédito: IGP.

Figura 3. Construcción abandonada perteneciente originalmente a la Empresa Nacional Pesquera Pesca Perú que nació el 7 de mayo de 1973 como fruto de la estatización y fue posteriormente privatizada en la década del noventa. 2021. Crédito: IGP.



Figura 4. Material – principalmente desmonte de construcción post terremoto 2007– que marca una suerte de frontera que separa el humedal de la zona agrícola. 2021. Crédito: IGP.

Respecto a las actividades productivas presentes, en Pisco Playa Sur se aprecia el cultivo de maíz (Figura 5), y algunos entrevistados señalaron que la frontera agrícola se ha extendido sobre los humedales en los últimos años, haciendo uso de diversos cursos de agua para irrigar los cultivos. Asimismo, se observaron actividades de pastoreo de ovinos y caprinos (Figura 6), los que eventualmente ingresan al humedal para alimentarse de pasto y beber agua, y al mismo tiempo dejando sus excrementos en la zona.



Figura 5. Avance del cultivo de maíz. También se observa el desmonte de construcción como límite de la zona agrícola. 2021. Crédito: IGP.



Figura 6. Pastoreo de ganado ovino y caprino. 2021. Crédito: IGP.

Caucato colinda con espacios donde se desarrollan actividades agrícolas que drenan sus aguas a través de canales o drenes que alimentan al humedal (Figura 7); este sistema de canales toma el agua desde la bocatoma también llamada Caucato y la distribuye a la comisión de regantes del mismo nombre (ANA 2017:50). La expansión de terrenos agrícolas ha afectado la vegetación natural y estacional del humedal al hacer uso de maquinarias para la remoción del suelo, drenaje y desviación de cursos de agua, generando un conflicto con la actividad de extracción de totora¹¹, sumándose problemas por el acceso y cambio de uso de suelo del humedal.

Figura 7. Vista del humedal Caucato con maquinaria pesada abriendo espacio para la agricultura. 2021.
Crédito: IGP.



¹¹ Autorización otorgada por SERFOR con R.A. N° 274-2016-SERFOR-ATFFS ICA.

Humedales de la margen derecha

Si bien no existe una clara delimitación de sus linderos, San Clemente es el humedal más extenso de la provincia de Pisco, sin embargo, parece invisibilizado como tal, al ser más valorado como un área productiva, y encontrarse rodeado de una serie de infraestructuras antrópicas que han avanzado sobre el humedal. Tal como se indicó en la introducción al presente reporte técnico, San Clemente se divide en varios sectores, los que toman diferentes nombres, siendo los más conocidos Agua Santa –una de las zonas más amplias del humedal, la que se ha ido fragmentando en el tiempo y que es atravesada por la nueva y la antigua Panamericana Sur (Figura 8)– y Salinas, accesible desde la Panamericana Sur, así como el sector de California.

El distrito de San Clemente –parcialmente debido a su cercanía a importantes vías de comunicación– ha sufrido un crecimiento poblacional y urbano en la última década. Cuenta en la actualidad con cerca de ocho mil viviendas¹², lo que se evidencia en la existencia de asociaciones de vivienda alrededor del humedal, como Nuevo Amanecer y la recientemente creada Juan José Quispe Morales, además de cooperativas como Agua Santa y Jerusalén. La expansión urbana sin planificación promueve que las asociaciones de vivienda se asienten cerca a ejes viales, acercándose al humedal. Demandan suelo y agua, y la gestión del agua doméstica en el distrito está a cargo de la municipalidad de San Clemente, la que compra el recurso a EMAPISCO¹³.

La descarga de aguas residuales a los humedales afecta a este humedal así como a Pisco Playa. El distrito



Figura 8. Vista del humedal San Clemente atravesado por la carretera Panamericana Sur e infraestructura aledaña. 2021. Crédito: IGP.

de San Clemente cuenta con redes de alcantarillado casi en su totalidad, sin embargo, un problema que arrastran varias gestiones es el tratamiento de las que las aguas residuales. Si bien existe infraestructura que se construyó entre los años 2002-2003, actualmente la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), esta no está operativa, al estar pendiente el funcionamiento de la laguna de oxidación¹⁴. Gestiones anteriores direccionaron las aguas residuales a una cámara de bombeo, para bombearlas al humedal metros más arriba, pero problemas técnicos, así como el robo del motor y el hurto de las geomembranas han impedido a la municipalidad la reactivación de la laguna de

¹² El 16 de octubre del 2020, la Municipalidad provincial de Pisco firmó convenio con la Municipalidad distrital de San Clemente para la formalización y titulación de predios de las siguientes posesiones y habilitaciones urbanas: Agua Santa, Costa Verde, Los Rosales, El Mirador, Los Laureles, Nuevo Amanecer, Ollanta, Virgen Natividad, Eddy García, Villa Josue, Renacer, Nuevo Milenio, Sr.De Luren, Caucato, Agua Sta. Porvenir, Sta. Clara, Buen Pastor, Camacho, Bellavista, J.J. Quispe, Nueva Esperanza, Prol. Los Andes, Carlos Palomino, Grupo 5, La Nueva Luz de Esperanza (Fuente: <https://www.facebook.com/SanClementeOFICIAL>).

¹³ www.mapisco.com / ¹⁴ Se estima que el costo poner en operación la laguna de oxidación es de aproximadamente dos millones de soles; y por lo pronto la Autoridad Nacional del Agua (ANA) supervisó y multó a la municipalidad por el vertimiento de sus aguas sin tratamiento.



Figura 9. Vista de los alrededores de la laguna de oxidación, apreciándose el rebose de las aguas residuales. 2021. Crédito: IGP.

oxidación . En el recorrido de campo se apreció el rebose de las aguas residuales y su alimentación al humedal (Figura 9), y se observó la presencia de aves. Asimismo, vecinos del barrio Nuevo Amanecer, colindante con esta zona, señalaron haber denunciado que el olor, la contaminación, y la ocasional presencia de mosquitos, perturba constantemente a sus residentes.

Entre las actividades productivas que se desarrollan en el humedal y sus alrededores, está la extracción de yeso a tajo abierto: la empresa Unión Andina de Cementos S.A.A. UNACEM¹⁵ cuenta con autorización del Ministerio de la Producción para operar la concesión minera no metálica en la Unidad Económica Administrativa U.E.A "Las Dunas", "Las Dunas N°2" y "Las Dunas 3 Segunda", ubicadas entre los kilómetros 222 al 226 de la carretera Panamericana Sur, en el distrito de San Clemente

(OEFA 2014), sobre el humedal Santa Ana; mientras que otras concesiones no metálicas se encontrarían en trámite¹⁶. De acuerdo con la ANA (2018:99), cerca del 53 % de este humedal está bajo alguna modalidad de concesión minera.

Otras actividades productivas que se observaron en el humedal, específicamente en el sector Salinas, son la extracción de sal, la que se realiza estacionalmente, y es principalmente vendida a pequeños ganaderos. Además del aprovechamiento de totora, fibra vegetal llevada a Chíncha y vendida para la confección de esteras, cestas para la actividad pesquera (depósito para hueveras), y venta de pie o fardo. Los extractores de totora señalan sufrir ocasionales actos de hostigamiento¹⁷ por parte de terceros, que incluyen el cierre y desvío de canales que alimentan el humedal para secarlo y expandir otras actividades, así como la quema directa del humedal (Figura 10).



Figura 10. Sector Salinas en el humedal Agua Santa, donde se observan parcialmente las salinas, una zona de quema del humedal, además de rastros de quemados anteriores. 2021. Crédito: IGP.

¹⁵ unacem.com.pe

¹⁶ Concesión La Suerte 13-2014, cuyo titular es la Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A.

¹⁷ Los actos de hostigamiento incluyen el encontrar la totora –que ha sido tendida para su secado, lo cual toma varios días– rota o pisoteada, y se extiende a la sensación de temor e inseguridad, sobre todo por parte de las mujeres.

En la zona este del humedal San Clemente, colindante con la zona agrícola se aprecian varios canales de irrigación y el pastoreo de animales de la población local, así como la existencia de establos de empresas privadas que impiden el acceso a algunas zonas del humedal a través de cercos. Así, varios pequeños centros poblados circundantes al humedal están conformados principalmente por migrantes que son mano de obra de algunos establos y/o empresas de la zona; por ejemplo, Nuevo Jerusalén está formado por migrantes de la selva, principalmente pucallpinos. Finalmente, al oeste del humedal se observa una zona de residuos sólidos que empezó a funcionar el 2014, y que sería administrada por la municipalidad de San Clemente (Inchaustegui 2020).



El humedal Cabeza de Toro ubicado en el distrito de Independencia, quizás debido a su lejanía y menor tamaño, presenta menos perturbaciones en comparación con San Clemente. La Municipalidad de Independencia espera poder promocionarlo como un área de conservación. Este tiene un uso de pastoreo para población cercana (Figura 11).

Figura 11. Humedal Cabeza de Toro en el distrito de Independencia. 2022
Crédito: B. Mendoza.

Humedales de la margen izquierda

Gracias a trabajos de identificación y caracterización realizados en los últimos cinco años, se cuenta con información sobre la extensión de algunos de los principales humedales ubicados en este sector: La Palma tiene un área de 0,24 km² y un perímetro 7,72 km, y al ubicarse muy cerca de la Junta de Usuarios Pisco, Comisión de Regantes Murga-Casaconcha, Bloque de Riego Casaconcha, se estima que su hidrología estaría influenciada por excedentes de riego (ANA 2018: 174); Morón tiene un área de 0,18 km², con un perímetro de 2,69 km y se ubica dentro de la Unidad Hidrográfica Bajo Pisco¹⁸ (ANA 2018: 68); El Frontón¹⁹ tiene una extensión de 6,64 ha y un pantano de 30,39 ha (Inchaústegui 2020:

Los humedales de la margen izquierda están principalmente vinculados a ecosistemas de lagunas costeras y oasis –aun cuando este término se utilice muy poco–, y en la última década vienen sufriendo una fuerte presión por parte de empresas interesadas en desarrollar proyectos inmobiliarios y agrícolas que en varios casos rodean casi por completo los humedales, así como de actividades turísticas aún escasamente planificadas. La infraestructura construida observada está mayormente vinculada a esas tres actividades económicas.

En La Parra, Costa Rica, El Frontón, Santo Toribio y Fundo Vasco las principales instalaciones antrópicas



Figura 12. Vista del humedal Costa Rica, rodeado de construcciones precarias, algunas de ellas vinculadas a las actividades productivas de ganadería. 2021. Crédito: IGP.

18); mientras que el humedal Costa Rica tiene una extensión de 21,7 ha (Morricore et al. 2022, en este mismo volumen). Sin embargo, no existe claridad sobre los límites o el tamaño del sistema de otros humedales como La Parra, Pozo Hediondo²⁰, Pampa Ocas²¹ o Santo Toribio, Fundo Vasco y aparentemente extensas zonas serían de propiedad privada.

son construcciones rudimentarias (Figura 12). Además de casetas, cercos, postes eléctricos y mangueras de conducción de agua, los que estarían vinculados a potenciales suelos para cultivos de agroexportación (Figura 13), y en los alrededores de El Frontón se aprecian extensas zonas de cultivo e infraestructura para la captación de agua subterránea (Figura 14), así como el pastoreo de ganado vacuno y caprino.

18 Código 137521. / 19 También conocido como “Cochas-Frontón”.

20 también conocido como “Fundo El Salitre”. / 21 También conocido como “Fundo San Juan de Dios”.



Figura 13. Vista de material que puede vincularse a actividades de extracción de agua subterránea, como tubos y mangueras en El Frontón. 2021. Crédito: IGP



Figura 14. Vista de cultivos en los linderos del humedal. 2021. Crédito: IGP.

En Pozo Hediondo y Pampa Ocas existen caminos y canales de riego, vinculados a los campos de cultivo que rodean dichos humedales casi en su totalidad (Figura 15). En los alrededores de Pozo Hediondo se pueden apreciar algunos cercos vinculados a las actividades productivas de ganadería, e incluso una pequeña chanchería, además de la infraestructura vinculada al centro poblado Las Yeseras, y la presencia de algunos proyectos inmobiliarios en los límites de la zona este. Mientras tanto, Pampa Ocas está cortada por la antigua Panamericana Sur, y a lo largo de la vía se observan escombros y basura, además de quemas de vegetación en las zonas colindantes (Figura 16).

Figura 15. Vista de Pozo Hediondo, rodeado de zonas agrícolas. 2021. Crédito: IGP.



Figura 16. Vista de vegetación quemada en las zonas colindantes con el humedal Pampas de Oca. 2021. Crédito: IGP.

Por su parte, las llamadas lagunas Morón²² y La Palma corresponden al ecosistema de humedal costero oasis, y son cada vez más conocidas como espacios turísticos donde se puede acampar, pescar o dar paseos en bote (ANA 2018:17). Morón es aprovechado tanto por vecinos de poblados cercanos como Bernal, como foráneos, sin embargo, las instalaciones son bastante sencillas, y en algunos casos, precarias (Figura 17). La Palma tiene un uso turístico privado que gestiona el propietario de suelo alrededor del humedal. Por lo que su acceso es restringido. Incluso la venta del terreno, incluyendo al humedal como un valioso activo, despertó preocupación a las autoridades locales hace un par de años (Figura 18).

²² Morón sería el oasis más extenso de la región Ica (Bendezú y Cuadros, 2021:40).



Figura 17. Humedal
Cabeza de Toro
en el distrito de
Independencia. 2022
Crédito: B. Mendoza.

Figura 18. Vista de facilidades turísticas en Laguna La Palma. 2021. Crédito IGP.





Figura 19. Vista de la laguna Morón, donde se aprecia la actividad de extensión y secado de totora. 2021. Crédito: IGP.

En el Frontón no existe claridad sobre los límites del sistema porque parece encontrarse dentro de propiedad privada. Existen casetas de vigilancia, mangueras, tubos, un medidor, un pozo e infraestructura de conducción de agua subterránea. La actividad agrícola cercana se desarrolla dentro de una propiedad privada, puesto que existe un portón y cercos que impiden el ingreso, además de seguridad privada que monitorea el ingreso. El ALA Pisco, realizó una inspección técnica de campo en el sector El Frontón²³ encontrando la extracción de agua subterránea de la cocha sin el permiso, autorización y/o licencia correspondiente y sancionó a la empresa²⁴. Finalmente, en La Palma, Morón (Figura 19) y El Frontón, también se desarrolla la extracción de totora (Inchaustegui 2020: 44; observaciones en campo 2021 y 2022).

Las unidades de recursos

Las unidades de recursos se miden —principalmente— a través del análisis de la cantidad, calidad y movilidad (crecimiento o decrecimiento) de los factores bióticos y abióticos de cada humedal, donde el recurso hídrico tiene un papel preponderante; pero también por la extensión y sanidad de, por ejemplo, totorales

y juncuales, además de la caracterización de las llamadas “marcas distintivas”, que no son otras que características que definen y/o diferencian a cada humedal de otros de similares características, sean por aspectos físicos o sociales (de uso).

Si bien este tipo de mediciones no estuvieron inicialmente contempladas en el presente estudio exploratorio, se realizó el análisis de la variación de salud vegetal en Pisco Playa Norte, Pisco Playa Sur, y en tres amplios sectores de San Clemente, haciendo uso de la técnica de teledetección, que incluyó el cálculo del índice NDVI y extracción de series de tiempo a partir de imágenes satelitales LandSat (TM, ETM+ y OLI) para el periodo 1985-2021, utilizando la plataforma del Google Earth Engine (GEE) para la integración de datos (Anexo 1). Este tipo de mediciones son particularmente importantes, pues a nivel internacional se conoce que tanto la extensión como la calidad de los humedales ha disminuido en los últimos años, y que la pérdida de área de este ecosistema llegaría hasta un 40% en los últimos cuarenta años, siendo la principal y más visible consecuencia la reducción de los servicios ecosistémicos que los humedales brindan a la sociedad (Gardner et al. 2015; Leadley et al. 2014). Medir estos cambios con los métodos tradicionales de cartografiado y monitoreo de los humedales requiere de tiempo y extensos trabajos de campo, con la limitación de no permitir detectar cambios

²³ 5 de septiembre del 2019.

²⁴ Resolución N°098-2020 ANA/TRCH del 24 de enero del 2020.

en grandes extensiones de superficie (Ghosh et al. 2016), por lo que la técnica de teledetección fue la alternativa escogida, al proporcionar información para el monitoreo del uso y cambios de la cobertura de la tierra en tiempos cercanos al tiempo real para diferentes escalas y resoluciones (Wang et al. 2018).

Los resultados mostraron que, si bien a nivel general la salud vegetal de los humedales en su conjunto se habría mantenido relativamente estable a lo largo del periodo de estudio, las continuas fluctuaciones en sus tendencias en periodos más cortos de análisis, que cambiaron de positivas a negativas, y viceversa, muestran tanto la fragilidad del ecosistema ante cambios geofísicos y/o antrópicos, como su capacidad de recuperación; sin embargo son necesarios estudios complementarios que permitan explicar los factores que generaron dichos cambios, así como evaluar la pérdida total de grandes extensiones del sistema debido a la construcción de grandes obras de infraestructura, por ejemplo, vial. Complementariamente al análisis de la variación en la salud vegetal del humedal, se recogió la percepción de informantes locales sobre las presiones que estarían afectando su tamaño y salud, la que se presenta a continuación

Humedales adyacentes al litoral

Como se explicó líneas arriba, Caucato, Camacho y Boca del Río vienen siendo presionados en su extensión y salud vegetal, tanto por el desarrollo inmobiliario circundante como por la actividad agrícola creciente, en especial sobre los humedales Camacho y Caucato. De acuerdo con el inventario de humedales de Pisco, los campos de cultivos aledaños desaguan sus aguas través de canales o drenes que alimentan al humedal (ANA 2018), y en varios casos se estarían cerrando o desviando, con el propósito de desecarlos. La expansión urbana de los litorales costeros avanza desde Lima hacia Paracas de forma fragmentada,

lo que viene incrementado el precio del suelo en las costas, y presiona a los humedales aun cuando no se desarrollen directamente sobre ellos, debido a la presencia de escombros (Figura 17), perturbación de fauna por contaminación visual y sonora, entre otros varios factores²⁵. Este sería el caso de Camacho, el que se encontraría –al menos parcialmente– dentro de terrenos privados de la empresa Prisma Desarrollo SAC²⁶.



Figura 20. Vista de los alrededores de Camacho con maquinarias y material removido; si bien estas acciones no se llevan a cabo directamente sobre el humedal, la afectación a este se da por factores contaminantes que terminan afectando las unidades de recursos del ecosistema. 2021. Crédito: IGP.

Para el caso de Pisco Playa, Inchaústegui (2020:40) en su análisis multitemporal entre los años 2002 al 2019 muestra una reducción en la extensión de 11 ha, debido principalmente a presiones antrópicas que además perturban la interacción entre unidades de recursos, donde la contaminación de los suelos y cuerpos de agua –que además presentan un proceso

²⁵ Por ejemplo, cerca de estos humedales se viene desarrollando el proyecto inmobiliario náutico San Marino - Condominio & Marina Club, con una inversión de US\$ 50 millones ocupa un área de 38 ha., y está a cargo de la empresa San Marino De Pisco S.A.C., propietaria del terreno (<https://larazon.pe/pisco-tendra-un-nuevo-club-nautico/>).

²⁶ Partida registral N° 11000339.

de eutrofización— dejan menor espacio para, por ejemplo, el descanso de las aves marinas de la zona. La zona norte del humedal, de camino al río Pisco, es alimentada por una serie de canales de riego, sin embargo, por uno de ellos discurre agua residual de la PTAR de Emapisco, ubicada aguas arriba del humedal (Figura 18), la que es utilizada sin autorización por algunos agricultores de la zona para regar sus cultivos²⁷. A pesar de las diligencias llevadas a cabo por la ALA Pisco y la Comisión de Riego, la actividad persiste en la zona, y el olor en esta zona es fétido y las poblaciones urbanas contiguas al humedal señalan que en ocasiones este mal olor llega a sus barrios.

Humedales de la margen derecha

El sector Agua Santa del humedal San Clemente tiene una tasa de crecimiento —o reemplazo del humedal— negativo, e Inchaustegui en su análisis multitemporal muestra una reducción de solo 2 ha en el periodo 2002-2011, pero de 33 ha en el periodo 2011-2019, pasando de 597 ha a 564 ha (Inchaustegui 2020:40), y debe considerarse que, de acuerdo con el análisis de sanidad vegetal (Anexo 1), este sector es el que muestra mayor disminución y/o mortalidad de la vegetación a través de los años (Figura 19), y en los últimos años el colapso de los pozos de oxidación ha afectado incluso la zona de extracción de sal.

Por su parte, la actividad de extracción de materiales de construcción a cargo de la empresa UNACEM, de acuerdo con testimonio de informantes locales, habrían dragado el humedal, destruyéndolo, sin embargo, no se contaría con información cuantitativa al respecto (Ministerio de la Producción 2018). Adicionalmente, existirían numerosos intereses privados que buscan ampliar zonas urbanas sobre el humedal.



Figura 21. En uno de los canales que atraviesan los humedales de Pisco Playa discurren aguas residuales de la PTAR de Emapisco. 2021. Crédito: IGP.



Figura 22. Extracción de yeso en el sector Agua Santa. 2021. Crédito: B. Mendoza.

²⁷ Si bien las aguas residuales suelen contener nitratos y fósforos que en principio constituyen nutrientes para los cultivos, pero además deben cumplir con los estándares de calidad ambiental (ECA), para que su uso no afecte la salud de las personas y ecosistemas.

Humedales de la margen izquierda

En las visitas de campo a Pozo Hediondo, ubicado en el distrito de San Andrés, pudo observarse la existencia de desmonte de construcción en varias zonas del humedal, el que tendría allí muchos años. Sin embargo, informantes locales indicaron que también se trataría de desmonte de fechas mucho más recientes, además de observarse parte de los cuerpos de agua visiblemente contaminados (Figura 23).

agroexportación en las zonas contiguas, situación que -señalan- se estaría sumando al cambio climático. Las zonas eriazas alrededor del humedal han incrementado su valor económico por un proceso de especulación del suelo y su promoción para actividades de agroexportación, lo que viene generando una serie de conflictos por la posesión de estas tierras entre algunos pobladores de Bernal y



Figura 23. Vista de uno de los cuerpos de agua del humedal Pozo Hediondo. 2021. Crédito: IGP.

El estado de la laguna Morón es motivo de preocupación entre la población local de Humay y sus autoridades, pues se estaría dando un proceso acelerado de pérdida en su extensión, por lo que se vienen coordinando acciones conjuntas de monitoreo entre el ALA Pisco²⁸ y la municipalidad ante la disminución del nivel de agua. Informantes locales señalaron que, si bien siempre existió un descenso estacional del agua en el verano, en la actualidad este descenso es constante y permanente, y señalan como principal causa la perforación de pozos para

dueños pasados y los “nuevos dueños de las tierras”. Ese lado de la cuenca baja del río Pisco se encuentra en veda de nuevos pozos²⁹, lo que ha incluido el cierre de pozos de algunos agricultores de Bernal, quienes cuestionan que los pozos de las empresas agroexportadoras aledañas seguirían operando.

La Palma sí cuenta con información sobre sus características biofísicas gracias al inventario de humedales de Pisco, que señala que “en este ecosistema se ha podido observar diez familias de

²⁸ El ANA tiene pendiente la publicación de un estudio sobre el acuífero.

²⁹ Según la Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos, promulgada el 31 de abril de 2009, Título V del Artículo 78, La Autoridad Nacional “puede declarar zonas de veda y zonas de protección del agua para proteger o restaurar el ecosistema y para preservar fuentes y cuerpos de agua, así como los bienes asociados al agua”. Una de las zonas de veda actualmente vigente, es la del acuífero Ica-Villacuri-Lanchas (Resolución Jefatural N° 330-2011-ANA del 8 de junio de 2011), la que, entre otras zonas, incluye el valle Pampas de Lanchas, zona que abarca el distrito de Paracas, parte de los distritos de Humay, San Andrés y Túpac Amaru, ubicados en la margen izquierda del río Pisco.

especies del humedal costero que sirven de alimento y zona de anidación de la fauna que habita en el humedal" (ANA 2018: 161), aunque no se encontraron especies en categoría de amenaza³⁰. Asimismo, la tasa de crecimiento o reemplazo se evaluó en función al tamaño del humedal, el cual presentó una tasa negativa de -3,46 en el periodo 2002 al 2019, lo que se debería -al menos parcialmente- por la quema del humedal para su uso en agricultura.

Finalmente, para el caso de los humedales El Frontón, La Parra, Costa Rica, Fundo Vasco y Santo Toribio, si bien se aprecian cuerpos de agua y totorales, y se conoce que sus alrededores han incrementado su valor debido a la presión por desarrollar proyectos agrícolas para agroexportación (Inchaustegui 2019), no cuentan con estudios sobre sus respectivas tasas de crecimiento o reemplazo y la interacción entre las unidades de recursos, ausencia que no permite que autoridades como la ALA Pisco o la ATFFS Ica SERFOR puedan sustentar sus funciones de fiscalización.

El sistema de gobernanza

En Pisco existe un importante tejido organizativo sobre temas ambientales que en buena medida se articula a través de la Comisión Ambiental Municipal Provincial de Pisco (CAM-Pisco)³¹, coordinada por la Municipalidad Provincial de Pisco, e integrada por representantes de las municipalidades distritales que conforman la provincia, del Gobierno Regional

de Ica, de sectores como ambiente, salud, agricultura, educación y producción, de instituciones como SERNANP, IMARPE, empresas, y algunas organizaciones de base y ONG³², y su principal función es promover acciones de diversa índole en la búsqueda de una mejor calidad ambiental.

En el tema específico de conservación de los humedales costeros de la provincia, las principales organizaciones gubernamentales involucradas incluyen a las municipalidades de San Andrés, Túpac Amaru Inca y San Clemente³³, que cumplen múltiples funciones vinculadas a los ecosistemas como su conservación y control. Otros actores clave para este propósito son la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre (ATFFS) Ica SERFOR, la Autoridad Local del Agua Pisco (ALA-Pisco), la Capitanía de Puerto de Pisco DICAPI-Pisco y la Reserva Nacional de Paracas, así como el MINAM a través de sus Direcciones Generales de Ordenamiento Territorial y de la Gestión Integrada de los Recursos Naturales, y la de Diversidad Biológica, y a menudo acompañada por proyectos e iniciativas internacionales como el Proyecto EbaMar de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

La Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo (DIRCETUR) Zonal Pisco cumple un rol importante debido a las actividades turísticas que, en franca expansión, se desarrollan en la zona principalmente vinculadas a los oasis como Morón -también conocida como laguna Morón-, otras entidades directa o indirectamente vinculadas al turismo incluyen a la Asociación TERRA NUOVA³⁴, la Asociación de guías Oficiales de Turismo AGOTUR-Pisco³⁵ y la Asociación Grupo Aves del Perú³⁶, entre otras. También es

30 D.S. N° 004-2014-MIDARI, del 8 de abril de 2014.

31 Las CAR son las instancias de gestión ambiental encargadas de coordinar y concertar la política ambiental de sus jurisdicciones, y tienen la finalidad de promover el diálogo y el acuerdo entre los sectores público y privado y la sociedad civil (<https://www.minam.gob.pe/gestion-ambiental/comisiones-ambientales/>).

32 <http://sial.minam.gob.pe/eldorado/documentos/miembros-comision-ambiental-cam-provincial-pisco>

33 El 73 % (14,41 km²) de los humedales en la parte baja de la ALA Pisco se ubican dentro del distrito de San Clemente, como son Caucato, Agua Santa y Boca del Río (ANA 2018: 54).

34 www.terranuova.org.pe / 35 facebook.com/AgoturPiscoParacas/

36 facebook.com/GrupoAvesDelPeru/

importante tomar en cuenta que los procesos de monitoreo de diferentes parámetros biológicos o geofísicos son llevados a cabo por diversas entidades estatales como el IGP³⁷, SENAMHI³⁸, etc.

Por su parte, los procesos de sanción por el inadecuado uso de los recursos de los ecosistemas están a cargo del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre SERFOR³⁹, la ANA, la FEMA, la Policía Nacional del Perú, y por los municipios distritales, el provincial y el regional –que a menudo reciben documentos de queja y solicitudes de inspecciones–; mientras que el monitoreo del agua subterránea involucra un trabajo conjunto entre la ALA-Pisco⁴⁰ y las autoridades locales, como ocurre con la municipalidad de Humay, la que tiene personal permanente asignado para tal fin.

Para el caso de Pisco, el SERFOR opera a través de una de sus trece⁴¹ Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre ATFFS con sede en Ica (SERFOR s/f), donde actúa como un órgano desconcentrado con funciones⁴² que incluyen el otorgamiento de títulos habilitantes para el acceso y uso sostenible de recursos como la totora y el junco, la fiscalización en el cumplimiento de las obligaciones de los derechos otorgados bajo su competencia, la sanción de infracciones en el ámbito de su competencia territorial, y realizar labores de extensión y promoción sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos, entre

varias otras. También la ATFFS, en un trabajo conducido por la ANA y conformado además por el MINAM, conformaron el Grupo de Trabajo para el Inventario Nacional de Humedales (GTINH), quienes priorizaron los humedales Boca del Río, Caucato y Camacho en el Inventario de Humedales de Pisco (ANA 2018).

Otros actores relevantes para la gestión, incluyen a algunos frentes de defensa, como la Organización de Defensa de los Intereses de Bernal, en el distrito de Humay, y conformada por vecinos de Bernal; y comisiones de regantes como la Comisión de Regantes Murga-Casaconcha, Bloque de Riego Casaconcha, en las cercanías de La Palma y cuyos excedentes de riego alimentan al humedal, o la Comisión de Usuarios de Agua Casalla que forma parte de la Comisión de Usuarios de Agua Pisco en Pozo Hediondo; asimismo para el caso de la unidad de humedales adyacentes al litoral los agricultores pertenecen a la Junta de Usuarios Pisco. Varios de estos grupos, son, en muchos casos, también usuarios directos o indirectos de los recursos del sistema de humedales. A continuación, se presentan las principales características sobre el sistema de gobernanza encontradas en las tres unidades de humedales costeros identificadas en Pisco.

37 www.gob.pe/igp

38 www.gob.pe/senamhi

39 El SERFOR se creó bajo la Ley Forestal y de Fauna Silvestre Ley N° 29763 del 22 de julio de 2011, como un organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno, y adscrito al Ministerio de Agricultura, e inició sus funciones el 26 de julio de 2014. Es la entidad encargada de “promover la conservación y el uso sostenible de los recursos forestales y de fauna silvestre, también busca la armonía de la parte social, económica y ambiental” (SERFOR 2014), a través del cumplimiento de normas y establecimiento de procedimientos para la gestión, administración y uso sostenible de los recursos forestales y de fauna silvestre en todo el territorio nacional.

40 Las Administraciones Locales de Agua son las “unidades orgánicas de las Autoridades Administrativas del Agua, que administran los recursos hídricos en sus respectivos ámbitos territoriales”, y dependen jerárquicamente de la Autoridad Administrativa del Agua (D.S. N° 018-2017-MINAGRI: Artículo 47).

41 Las otras doce ATFFS corresponden a Apurímac, Arequipa, Cajamarca, Cusco, Lambayeque, Lima, Moquegua-Tacana, Piura, Puno, Selva Central, Áncash y Sierra Central.

42 Las funciones de la Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre fueron promulgadas en el D.S. N° 007-2013-MINAGRI el 18 de julio de 2013.

Humedales adyacentes al litoral

Los dirigentes vecinales entrevistados en los humedales Pisco Playa Sur y Norte indicaron que existen reglas comunitarias que promueven el cuidado del humedal, específicamente para prevenir el arrojo de basura lo que constituye un problema en constante crecimiento en la zona (Figura 24); por otro lado, dado el trabajo constante de ONG vinculadas al avistamiento y cuidado de aves, los mismos dirigentes señalan haber participado en campañas de concientización sobre la importancia del humedal para las aves migratorias, y conocer la problemática.

En los humedales adyacentes al litoral se pueden identificar numerosos derechos de propiedad visibles, tales como avisos y cercos, sin embargo, a menudo se desconoce si corresponden a propiedades inscritas en registros públicos y/o si poseen algún nivel de formalidad, y se requiere solicitar permiso al personal de vigilancia para el ingreso a los caminos que conducen a los humedales. Los informantes locales que fueron entrevistados señalaron que en décadas pasadas no se percibía ese interés por los terrenos, y no había delimitaciones con cercos y vigilancia como existen hoy en día (Figura 25); y señalan que antes la población y usuarios de los recursos del humedal y sus alrededores conocían y respetaban las diferentes actividades –agrícola, extractiva y pastoreo– que se desarrollaban normalmente.

A menudo estas situaciones causan conflictos no resueltos entre los aparentes posesionarios y otros usuarios de los recursos que brinda el humedal que ameritan la intervención de las autoridades (Figura 26). Por ejemplo, de acuerdo con los testimonios recogidos, vecinos del distrito de San Clemente dedicados al pastoreo han acudido a la municipalidad denunciando que no puede pastear sus animales por los cercos que han establecido en la zona de Caucato, Camacho y Boca del Río, y dichas denuncias han sido derivadas a la FEMA, SERFOR y la Policía Nacional del Perú. Por su parte, la municipalidad de San Clemente señala que, si bien los humedales figuran dentro de los límites políticos de su jurisdicción, no tienen competencias directas, y



Figura 24. En Pisco Playa Norte y Sur se ubican señales visibles del control comunitario –realizado por los propios vecinos– para evitar, por ejemplo, el arrojo de basura. 2021. Crédito: IGP.



Figura 25. En las inmediaciones de los humedales adyacentes al litoral como Caucato, Camacho y Boca del Río se aprecian numerosos derechos de propiedad visibles, como cercos, carteles y muretes que señalan propiedades privadas. Para el ingreso los agentes privados de seguridad denegaban el acceso o en su defecto se comunicaban telefónicamente con los propietarios para solicitar el permiso de ingreso. 2021. Crédito: IGP.

la presencia de cercos que han establecido empresas y/o desarrolladores inmobiliarios que aducen tener la propiedad del suelo les impide acercarse e ingresar a las zonas en conflicto. Otro caso tuvo lugar cuando un miembro de la Asociación de Extractores de Chincha-Pisco de Totorá, Junco, Caña y Carrizo denunció la expansión agrícola sobre el humedal Caucato y el cierre de caminos de acceso al humedal, en un conflicto que empezó en el 2018 y que produjo una serie de denuncias e intervenciones policiales y sanciones con la intervención de SERFOR, la FEMA y la Policía Nacional, y si bien el infractor fue multado, la siembra en la zona continuaba al 2021, y el 2022 el permiso del usuario extractor denunciante no ha sido renovado.



Figura 26. . Intervención conjunta de SERFOR y la Policía Ambiental ante una infracción. 2022.
Crédito: IGP.

Humedales de la margen derecha

Existen reglas comunitarias para el acceso a algunas zonas y caminos, y en muchos casos para acceder al humedal se requiere el paso por propiedades privadas, lo que dificulta el acceso. Asimismo, se identificaron sistemas de derechos de propiedad visibles, principalmente cercos vinculados a zonas de concesión de minería no metálica, apreciándose letreros de procesos de seguimiento y sanción (Figura 27), pero no se encontraron aquellos vinculados al cuidado del ecosistema y/o sanciones por no cuidarlo.



Figura 27. Letreros en San Clemente, donde se indica que la propiedad es privada sin incluir información adicional, tal como número del registro público. 2021.
Crédito: IGP.

En el humedal San Clemente están presentes una serie de asociaciones de vivienda que colindan con el humedal y que potencialmente podrían involucrarse en su gestión. Mientras que la Asociación de Extractores de Chincha-Pisco de Totorá, Junco, Caña

y Carrizo que también tiene presencia en esta zona, ha denunciado la afectación a dos de sus extractoras de totora. Algunos investigadores ambientales han mostrado preocupación pública por la afectación a este humedal, y una investigación reciente sugiere que este humedal costero es parte importante de un corredor biológico que termina en la Reserva Nacional de Paracas (Montoya & Salas s/f).

Humedales de la margen izquierda

Se observaron derechos de propiedad visibles en Pampa Ocas, tales como cercos en zonas de cultivo, pero que no necesariamente los bordean completamente. En Morón también se encontraron numerosos avisos relativos a la propiedad de la zona, los que corresponderían a registros existentes en la municipalidad de Humay. Mientras tanto, La Palma aparentemente se encuentra enteramente en terrenos privados del fundo La Inmaculada⁴³ (ANA 2018: 162, 163), donde existe vigilancia privada, cercos muy extensos y el ingreso está restringido por una tranquera (Figura 28), y cuyos terrenos –incluyendo la laguna– estuvieron a la venta durante el año

2021 (Adondevivir, 2021). Una situación similar se encontró en La Parra, apreciándose una serie de cercos, letreros y tranqueras identificando la zona como propiedad privada, elementos que dificultan el acceso al humedal, siendo necesario solicitar permiso al personal de vigilancia que circula en moto para el ingreso hacia la zona.

Por otro lado, se apreciaron letreros de procesos de seguimiento y sanción para el cuidado de la zona, no al arrojo de basura y advertencias para no ingresar a la laguna⁴⁴ en Morón. Mientras que en La Parra se encontraron letreros que advertían sobre delitos contra el patrimonio en una propiedad protegida y monitoreada, pero ninguna indicación directa al humedal. En el humedal Santo Toribio, si bien no se aprecian cercos y/o letreros que impidieran el paso, se registró una zona quemada recientemente (Figura 29), pero ningún indicio de algún proceso de seguimiento y/o acción sancionadora en la zona. De acuerdo con el testimonio de extractores, las quemaduras no son infrecuentes, por lo que se realizan denuncias ante SERFOR –lo que demanda tiempo y dinero por la distancia–, mientras que es usual que los especialistas lleguen algunos días después de la quema para realizar la inspección correspondiente.



Figura 28. Vista de la entrada a la laguna La Palma. Se aprecian derechos de propiedad visibles, como avisos y una tranquera. 2021. Crédito: IGP.

⁴³ La actividad turística en La Palma se promociona como un oasis turístico a través de plataformas digitales como Facebook y Tripadvisor. / ⁴⁴ Se han registrado casos de ahogos, siendo el más reciente en el 2021 (<https://lalupa.pe/ica/una-joven-de-18-anos-y-su-hermana-de-13-mueren-ahogadas-en-la-laguna-moron-37344/>)

Figura 29. Vistas de una amplia extensión quemada del humedal Santo Toribio en la margen izquierda del río Pisco. 2021. Crédito: IGP.



De acuerdo con los testimonios recogidos, existen derechos de aprovechamiento otorgados por la ATTFS-Ica para el aprovechamiento de especies como la totora a miembros de la Asociación de Extractores de Chinchapisco de Totorá, Junco, Caña y Carrizo en Pozo Hediondo, Laguna Morón, Costa Rica y Santo Toribio, La Parra y Costa Rica, y es creciente la preocupación de los extractores por las dificultades existentes para ingresar a las zonas de humedal por el cierre de caminos y accesos, así como por el avance de la frontera agrícola, tanto a cargo de pequeños agricultores como de agricultura de agroexportación, lo que representa una serie amenaza para los humedales debido al uso intensivo del agua.

La presión del desarrollo urbano y de la agricultura y agroindustria viene haciendo que terrenos que rodean los humedales de Pisco se vean afectados cada vez con mayor frecuencia, principalmente por el uso del agua, haciendo que el ALA Pisco tome acción a través de procesos sancionadores. Un ejemplo de esta situación se dio durante el año 2019⁴⁵ en Pozo Hediondo, donde un desarrollador urbano habría modificado los canales de drenaje, por lo que miembros de la Comisión de Usuarios de Agua Casalla solicitó a la ALA Pisco una inspección ocular en el "Dren de Pozo Hediondo Bajo-San Andrés del Pueblo", encontrándose que la Compañía Inmobiliaria Familia Flores S.A.C. había realizado una canalización con material noble de un dren colector que no cumplía los parámetros exigibles, por lo que la ALA Pisco inició un procedimiento administrativo sancionador a la empresa inmobiliaria (Figura 30).



Figura 30. Vista de Pozo Hediondo, donde un desarrollador urbano habría modificado un dren colector con material noble, afectando el humedal. 2021. Crédito: IGP.

45 Resolución N°1193-2019-ANA/TRCH.

Otro caso de monitoreo y sanción ocurrió en El Frontón, donde la ALA-Pisco sancionó a la empresa Redondos S.A. por utilizar el agua de una cocha con totora sin el correspondiente derecho de uso otorgado por la ANA luego de que una inspección técnica de campo encontrara que el agua de la cocha con totora se extraía para terminar en las instalaciones de la empresa⁴⁶. Los descargos de la empresa indicaron que la adquisición del predio ya incluía los implementos de extracción de agua, y que no existía un estudio técnico que determinara la afectación del humedal. Posteriormente, durante el año 2020, la ANA desestimó la solicitud de Acreditación de Disponibilidad Hídrica Superficial para fines pecuario en favor de Redondos S.A.⁴⁷,

considerando tanto la existencia de un título habilitante a favor de una extractora de totora y la constatación de la disminución del recurso hídrico por sobreexplotación por acción de la empresa, entre otros considerandos.

También en La Parra se registró un conflicto entre un extractor de totora autorizado por SERFOR, y la empresa Agrícola Andrea SAC, cuando el primero denunció el cierre de caminos, la colocación de cercos, y el impedir contar con el espacio necesario para el secado de la totora, por lo que el extractor acudió a la ATFFS y a la Municipalidad de Humay para solicitar apoyo.

Usuarios de recursos

Como se mencionó en la introducción, en este subsistema se incluyen a las personas y organizaciones que hacen uso de los recursos del humedal, sea para su sustento, actividades recreativas o propósitos comerciales, considerando su número y características socioeconómicas y culturales, pero también las prácticas y tecnologías que utilizan para el aprovechamiento de los recursos, la importancia que atribuyen al humedal para su vida diaria, y la variación en los distintos usos que se ha dado al humedal a través de los años, comprendiendo además los liderazgos y emprendimientos locales. Debe considerarse que en muchos de los casos el uso de los recursos del humedal puede ser informal, entendiendo informal como no reconocido "oficialmente" y/o regulado por alguna entidad pública, pero efectivamente identificados como usuarios.

La Asociación de Extractores de Totorá, Junco y Caña⁴⁸ tienen miembros certificados por SERFOR para aprovechar los recursos vegetales en la muchos de los principales humedales de Pisco. De acuerdo con los testimonios recogidos, esta asociación habría sido creada en el año 2017, y la articulación con

SERFOR habría sido fluctuante debido a su condición legalmente precaria, el continuo cambio en la jefatura de la ATFFS Ica, y las dificultades originadas por la pandemia por el Covid-19.

Si bien varios integrantes de la asociación cuentan con autorizaciones para el aprovechamiento de los recursos, éstos no vienen siendo renovados debido a que muchas áreas donde trabajaban ahora -aparentemente- presentan la titularidad de los terrenos por otros propietarios, esta superposición impide la autorización. Los socios entrevistados declararon sentirse indefensos ante esta situación y a la expectativa de lo que pueda ocurrir en un futuro próximo, sin embargo, un tema por analizar es la forma en que esta y otras asociaciones similares se formaron, quienes son sus asociados, y la forma en que los permisos son entendidos y utilizados por ellos.

A continuación, se presentan los principales hallazgos sobre las historias de uso de los humedales, características de los usuarios de los recursos, y la identificación de liderazgos locales.

⁴⁶ Resolución N°098-2020 ANA/TRCH.

⁴⁷ R.D N°312-2020-ANA-AAA-CH.CH.

⁴⁸ Los miembros de esta asociación viven mayoritariamente en el distrito de Grocio Prado en la provincia de Chincha.

Humedales adyacentes al litoral

Los usuarios presentes en Pisco Playa son, por un lado, la población urbana contigua, vecinos de Pisco que realizan actividades recreativas, y visitantes no locales que acceden a esta zona dado que forma parte de un circuito turístico vinculado a la Reserva Nacional de Paracas. Varias juntas vecinales se encuentran registradas por la Municipalidad Provincial de Pisco, y los dirigentes vecinales entrevistados señalan que han pasado por talleres de valorización de los humedales y consideran su diversidad biológica como importante, pero quisieran que las instalaciones públicas urbanas cercanas al humedal contaran con un mejor mantenimiento.

Los atributos socioeconómicos de los usuarios son diversos, parte de la población local se dedica a la agricultura en zonas contiguas al humedal, y en Caucato, Camacho y Boca del Río existen usuarios con autorizaciones otorgadas por SERFOR⁴⁹, quienes señalan que vienen trabajando en la zona desde hace varias décadas, y sostienen que sus padres también eran extractores; ellos se encuentran preocupados por los cambios en la tenencia del suelo ocasionados por el boom inmobiliario. Existen liderazgos locales, por ejemplo, de parte de la Asociación de Extractores de Tatora, Junco y Caña, quienes han empezado a cobrar mayor visibilidad en los últimos años por su defensa de los humedales ante la acelerada titulación por parte de las empresas inmobiliarias que vienen cercando su zona de trabajo (Figura 31); y si bien en un inicio esta asociación surgió por la autoorganización y con apoyo estatal, actualmente no se mantiene ese vínculo y buscan capacitarse y lograr el reconocimiento ante instituciones oficiales. Asimismo, realizan algunas actividades de acción colectiva para promocionar sus demandas.



Figura 31. Acción colectiva de los Extractores el 07 de agosto del 2021. Crédito: IGP.

Humedales de la margen derecha

De acuerdo con los usuarios locales del humedal Santa Ana, este nombre se debe a que desde mucho tiempo atrás se le atribuían propiedades medicinales milagrosas a las aguas de este sector, al identificarlas con el afloramiento de aguas subterráneas. El sector llamado Las Salinas debe su nombre a la existencia de regímenes estacionales de explotación de sal. Se han identificado liderazgos locales y/o emprendimientos por la conservación del humedal, además de investigadores ambientales preocupados por su depredación, y si bien la municipalidad de San Clemente quisiera tener una participación más activa, señala que, al estar concesionadas o privatizadas grandes zonas del humedal, sus competencias se ven recortadas.

⁴⁹ En Caucato existen dos autorizaciones: la R.A. N° 274-2016-SERFOR-ATFFS ICA y la R.A. N° 161-2018-MINAGRI-SERFOR-ATFFS ICA. En Camacho existe una autorización: la R.A. N° 43-2018-MINAGRI-SERFOR-ATFFS ICA.

Tal como ya se ha señalado en la descripción de los otros subsistemas, un usuario importante de los recursos del humedal es la empresa UNACEM que extrae yeso en Santa Ana. De acuerdo con Montoya & Salas (2012), su presencia se remonta al año 2003, cuando Cementos Lima adquirió las concesiones mineras para la extracción y secado de yeso a la Compañía Minera San Martín⁵⁰, que había obtenido la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) por parte del Ministerio de Energía y Minas MEM en el año 2000, sin que se llevara a cabo ningún monitoreo ambiental previo. Solo a partir del año 2006, Cementos Lima comenzó a presentar formalmente este tipo de informes al MEM; sin embargo, este ministerio determinó en el 2009 que la competencia fiscalizadora le correspondía al Ministerio de la Producción PRODUCE.

Si bien –como ya hemos indicado– no se cuenta con reportes cuantitativos sobre el posible daño ambiental para el humedal por acción de la empresa, incluyendo agua, aire, ruido o indicadores biológicos, las personas que habitan cerca al humedal indican que la pérdida del ecosistema es clara debido a su desecación. Los pequeños ganaderos piden que la empresa evite la colocación de cercos con púas que perjudican a sus animales, e indican que la responsabilidad social de la empresa solo considera al pequeño caserío de Santa Ana, y no al distrito de San Clemente en su integridad. También en el humedal Agua Santa existe dos autorizaciones para la extracción de totora dados por SERFOR⁵¹, y los miembros de la Asociación de Extractores de Chincha-Pisco de Totorá, Junco, Caña

y Carrizo participaron con otras organizaciones en la limpieza del humedal hace un par de años, ya que se suele acumular basura.

Humedales de la margen izquierda

Respecto a la historia de uso, un informante local contó que Pozo Hediondo era una zona de cultivo de inmigrantes chinos que trabajan en las “épocas de las haciendas”, y que sembraban hortalizas para autoconsumo, pero no se logró encontrar información adicional que confirme esta versión. Los usuarios de los recursos de Pozo Hediondo⁵² incluyen a pequeños ganaderos de ganado vacuno, quienes pastean sus animales muy cerca del humedal. Además, de acuerdo con el registro de autorizaciones de la ATFFS ICA SERFOR existen siete autorizaciones en el distrito de San Andrés, aunque solo uno se ubica directamente en Pozo Hediondo, por lo que no se descarta la presencia de más extractores en la zona. Se registró el secado de totora en el humedal (Figura 32). De acuerdo con los testimonios recogidos, la importancia del humedal para los usuarios de los recursos está conectada con las actividades productivas que se realizan a su alrededor, e incluso un informante local, inquirió sobre la forma de secar el humedal con el fin de mejorar sus actividades productivas.

Figura 32. Secado de totora en Pozo Hediondo. 2021. Crédito: IGP.



⁵⁰ Esta compañía había iniciado sus operaciones de cantera de yeso en el año 1998 (Montoya & Salas 2012).

⁵¹ Las R.A. N° 0102-2017-SERFOR-ATFFS ICA y N° 0259-2017-SERFOR-ATFFS ICA.

⁵² La R.A. N° 207-2016-SERFOR-ATFFS ICA.

Un usuario colindante con Pampa Ocas es la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Pisco Sociedad Anónima EMAPISCO S.A.⁵³, y su ámbito de prestación de los servicios de saneamiento abarca Pisco, San Andrés y Túpac Amaru Inca. EMAPISCO tiene dos fuentes de agua: la principal es el sistema de galerías de filtración Alberto Togushi, y la otra está conformada por las galerías filtrantes de Pampa Ocas, cuyo tipo de fuente de agua es subterránea y fue construida en 1988 (SUNASS 2018). Durante las visitas de campo se encontró un pozo construido –cuyas aguas aparentemente eran conducidas hasta Paracas– y otro en construcción, ambos a pocos metros del humedal, y pertenecientes a EMAPISCO (Figura 33). De acuerdo con los testimonios recogidos, la importancia del recurso está directamente conectada con la producción de agua cruda que se realiza en sus alrededores.

En el caso de Laguna Morón, los principales usuarios son los visitantes locales y foráneos que buscan recreación. El registro de visitas presenta turistas de Pisco, Ica, Lima y algunos extranjeros. Son varias las instituciones que vienen promoviendo este humedal para la actividad turística, como la ANA a través de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Chaparra Chíncha, la Municipalidad Distrital de Humay, la Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo (DIRCETUR) Zonal Pisco, SERFOR, y el GORE Ica – Sede Regional de Pisco, y existe la preocupación que la formalización de los derechos de uso de agua subterránea a través de constancias temporales otorgados en el año 2015 pudieran afectar el volumen de agua (ANA 2019). Además, se recogió información de que al menos un extractor de totora contaría con la autorización de SERFOR para operar en el humedal.

El potencial turístico de Morón también es impulsado por liderazgos locales y emprendimientos de la cercana población de Bernal, y de la Municipalidad Distrital de Humay, la que a través de una ordenanza municipal⁵⁴ lo declararon patrimonio turístico del distrito de Humay y de interés local su conservación, protección y promoción. Además, la historia de uso



Figura 33. Vista del pozo existente a pocos metros del humedal Pampa Ocas. 2021.
Crédito: IGP.

del humedal recoge el relato de que el nombre de la laguna se debe a que este lugar era el escondite del bandolero José Morón Cabrera, una suerte de héroe local de inicios del siglo XX, temido por los hacendados y querido por los pobres.

Por su parte, los usuarios del humedal La Palma son los locales que realizan pastoreo de ganado caprino. En las salidas de campo se identificó un tanque y mangueras que permiten inferir que también hacen extracción y uso del agua del humedal. La historia de uso recogida a través de informantes locales refiere que antes de la reforma agraria ya existían acuerdos para la extracción de recursos en el humedal, y que el hacendado de la Hacienda Cuchilla era quien otorgaba permiso para el corte de totora a cambio de la limpieza de los canales; sin embargo, la presencia de numerosos nuevos dueños ha generado disputas por las tierras y la conducción del agua subterránea.

Asimismo, los humedales El Frontón⁵⁵, La Parra⁵⁶ y Costa Rica⁵⁷ cuentan con al menos una autorización de extracción de totora por parte de SERFOR, y

⁵³ emapisco.com

⁵⁴ N° 026-2016-MDH / ⁵⁵ La R.A. N° 0257-2017-SERFOR-ATFFS ICA.

⁵⁶ La R.A. N° 135-2018-SERFOR-ATFFS ICA. ⁵⁷ La R.A. N° 0158-2016-SERFOR-ATFFS ICA.

se identificó liderazgos locales vinculados a la protección del humedal para preservar la extracción de totora, incluyendo acciones como denuncias ante la extracción ilegal del agua y el cierre de caminos, y la búsqueda del saneamiento físico legal de las tierras. Durante las salidas de campo, en todos ellos se observó infraestructura en uso o desuso para la conducción de agua (Figura 34).

Figura 34. Vista de infraestructura en uso/desuso para la conducción de agua en el humedal Costa Rica. 2021. Crédito: IGP.



Conclusiones

Estudiar las interacciones entre sistemas humanos o naturales en diferentes escalas espaciales y temporales es vital para una comprensión integral de los problemas ambientales con miras a la sostenibilidad, y en las últimas dos décadas a nivel internacional se han desarrollado diversos enfoques que buscan comprender en forma profunda los procesos sociales y naturales que rigen los cambios en el ambiente, considerando dichos procesos como simultáneos (Martínez-Alier 2014), y considerando una necesaria transdisciplinariedad (Agrawal & Ostrom 2006).

El enfoque de Sistemas Socio Ecológicos (SEE) de Ostrom (2009) ha probado ser útil en identificar las interacciones ambientales y sociales en el sistema de humedales costeros de Pisco a través de sus cuatro subsistemas: el sistema de recursos (SR), las unidades de recursos (UR), el sistema de gobernanza (SG) y los usuarios (U), incluyendo los niveles de aprovechamiento de los diversos usuarios, la información compartida, los procesos de deliberación, los conflictos y las actividades de inversión, de presión y auto organización, entre otras, que han permitido identificar los principales tensores ambientales que aquejan al sistema.

Entre estos últimos, indudablemente el cambio de uso de suelo para desarrollo urbano y para agricultura de agroexportación destacan, y se manifiestan a través de diferentes factores que incluyen desde la quema de gramadales para ampliar terrenos, la disminución de la calidad de cobertura vegetal debido al pastoreo, la contaminación del agua por agroquímicos, la acumulación de residuos sólidos, el desecamiento de los humedales por la construcción de pozos no declarados, la superposición en la titulación de tierras, el desarrollo de minería no metálica, el corte de los ecosistemas para la construcción de líneas de transporte, el boom de turismo precario y no controlado, etc.

Sobre este largo listado, hay tres temas sobre los que vale la pena prestar atención. La suburbanización como proceso de expansión urbana de las metrópolis en áreas periféricas o rurales cercanas, y relacionadas con el crecimiento poblacional y urbano de la costa peruana desde fines del siglo XX, que puede propiciar la destrucción de los humedales costeros no protegidos, pero al mismo tiempo representa una posibilidad para su incorporación de forma sostenible en la planificación local y regional. Un segundo punto es la dificultad de definir el alcance del valor social de los servicios ecosistémicos, considerando que el valor social es producto de la interacción entre otros valores, en particular del valor sostenido y el valor asignado, que son objetos de estudio en disciplinas económicas; y finalmente, la manera y vías que toma el Estado para proteger a los ecosistemas y que inevitablemente cruza su interacción con el ciudadano, pero donde se ha identificado que existe una superposición y/o vacíos de competencias sobre los humedales costeros de Pisco, tanto a nivel de autoridades (gobiernos distrital, provincial, regional y central), como de entidades vinculadas a la fiscalización y el control y la entrega de permisos de uso del suelo y/o extracción de los recursos.

Referencias

Adondevivir (2021). Anuncio de venta del terreno "Laguna La Palma, un Oasis Cerca del Cielo", por un total de 600 hectáreas. Recuperado de: <https://www.adondevivir.com/propiedades/laguna-la-palma-un-oasis-cerca-del-cielo-57709239.html>

ANA (2018). Estudio Piloto Inventario de Humedales en el Ámbito de la ALA Pisco.

ANA (2019). ANA promueve protección y conservación de laguna Morón en Humay Pisco. Nota de prensa. 17 de enero. Recuperado de: <https://www.ana.gob.pe/noticia/ana-promueve-proteccion-y-conservacion-de-laguna-moron-en-humay-pisco>

Baztan, J., Chouinard, O., Jorgensen, B., Tett, P., Vanderlinden, J. P., & Vasseur, L. (2015). Coastal Zones Solutions for the 21st century. In J. Baztan, O. Chouinard, B. Jorgensen, P. Tett, J. P. Vanderlinden, & L. Vasseur (Eds.), Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1748-0132\(08\)70028-8](https://doi.org/10.1016/S1748-0132(08)70028-8)

Bendezu J. y Cuadros K., (2021). Potencial turístico del distrito de Humay, Pisco, 2021, tesis profesional, Universidad Cesar Vallejo. Repositorio Institucional – Universidad César Vallejo.

Gardner, R.C., Barchiesi, S., Beltrame, C., Finlayson, C.M., Galewski, T., Harrison, I., Paganini, M., Perennou, C., Pritchard, D.E., Rosenqvist, A., and Walpole, M. (2015). State of the World's Wetlands and their Services to People: A compilation of recent analyses. Ramsar Briefing Note no. 7. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat. Recuperado de: <https://www.ramsar.org/es/documento/nota-informativa-7-estado-de-los-humedales-del-mundo-y-de-los-servicios-que-prestan-a-las>

Ghosh, S., Mishra, D.R., Gitelson, A. A. (2016). Long-term monitoring of biophysical characteristics of tidal wetlands in the northern Gulf of Mexico - a methodological approach using MODIS. Remote Sens. Environ. 173, 39–58. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.11.015>.

Hopkinson, C., Wolansky, E., Brinson, M., Cahoon, D., & Perillo, G. (2019). Coastal Wetlands: A Synthesis. In G. Perillo, E. Wolansky, D. Cahoon, & C. Hopkinson (Eds.), Coastal Wetlands (Elsevier B, pp. 1–75). Candice Janco.

Inchaustegui (2020). Servicio de Consultoría : Identificación , delimitación y tipificación de los humedales costeros de los departamentos de Lima e Ica. 1–81.

Jorquera Peña, Tomás. (2013). Potencialidades de la conservación ecosocial en los humedales costeros de Chiloé. Centro de Estudio y Conservación del Patrimonio Natural. Chile. <http://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1302>

Leadley, P. W., Krug, C. B., Alkemade, R., Pereira, H. M., Sumaila U. R., Walpole, M., Marques, A., Newbold, T., Teh, L. S. L, van Kolck, J., Bellard, C., Januchowski-Hartley, S. R., & Mumby, P. J. (2014). Progress towards the Aichi Biodiversity Targets: An assessment of biodiversity trends, policy scenarios and key actions (CBD Technical Series No. 78). Montreal, Canada: Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-78-en.pdf>

MINAM (2018). Definiciones conceptuales de los Ecosistemas del Perú. 112 págs. Descargable de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/definiciones-conceptuales-ecosistemas-peru>

MINAM (2019a). Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú. Descargable de: <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>

MINAM (2019b). Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú: Memoria Descriptiva. 124 págs. Descargable de: <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>

MINAM (2019c). Diagnóstico sobre el estado situacional actual de los Humedales Costeros. Informe Preliminar.

Montoya, K. y Salas, B. (s/f). Humedales de Ica continúan desprotegidos ante extracción de yeso Canteras de Cementos Lima están ubicadas en parte de los humedales que conforman la Zona de Amortiguamiento de la Reserva Nacional de Paracas y no reciben atención del Estado. Página web, recuperado de: <http://textos.pucp.edu.pe/pdf/2451>

Ministerio de la Producción (2018). Resolución Directorial N° 319-2018-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI. Recuperado de: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/291156/Resoluci%C3%B3n_Directoral_N_0319-2018-PRODUCEDGAAMI_100025_1_20190219-5545-ec7i4s.pdf

OEFA (2014). Reporte Público de Supervisión Directa. Reporte realizado sobre el administrado Unión Andina de Cementos S.A.A. Recuperado de: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13499.

Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social Ecological Systems. Science, 325(July), 419–422.

Ley N° 29763 de 2011. Ley Forestal y de Fauna Silvestre. 22 de julio de 2011. N° 11475. Diario El Peruano.

Rosa-Velázquez, Mayra Isabel de la, & Ruiz-Luna, Arturo. (2020). Valoración social de los servicios ecosistémicos de humedales costeros: estado actual y perspectivas. Acta biológica colombiana, 25 (3), 403-413. Epub 16 de diciembre de 2020. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n3.80387>

SERFOR (2014). ¿Qué es SERFOR? SERFOR. Ficha Informativa distribuida por redes sociales N°1. Disponible en <http://repositorio.SERFOR.gob.pe/handle/SERFOR/525>

SERFOR (s/f). Información institucional. <https://www.gob.pe/institucion/SERFOR/institucional>

SUNARP (2019). Informe técnico catastral 2019

SUNASS (2018). Estudio Tarifario de Emapisco.

Wang, X., Xiao, X., Zou, Z., Chen, B., Ma, J., Dong, J., Doughty, R.B., Zhong, Q., Qin, Y., Dai, S., Li, X., Zhao, B., Li, B., Qiaoyan, Z., Qin, Y., Dai, S., Li, X., Zhao, B., Li, B. (2018). Tracking annual changes of coastal tidal flats in China during 1986–2016 through analyses of Landsat images with Google Earth Engine. Remote Sens. Environ., 110987. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.11.030>.

QUINTA PARTE

TENSORES AMBIENTALES:

*URBANIZACIÓN Y DESARROLLO
AGROINDUSTRIAL EN TORNO
A LOS HUMEDALES
COSTEROS DE PISCO*

M. Mendoza , A. Martínez & B. Mendoza



Tensores ambientales: Urbanización y desarrollo agroindustrial en torno a los humedales costeros de Pisco

M. Mendoza⁵⁸, A. Martínez & B. Mendoza

Resumen

Este estudio busca ahondar en la comprensión y desarrollo de dos de los principales tensores ambientales que influyen los humedales costeros de Pisco: la urbanización y el desarrollo agroindustrial. Los cuales se analizan en torno a las variables de los marcos sociales, económicos y políticos que propone Ostrom para un análisis de la sostenibilidad de los ecosistemas. Los principales hallazgos indican que existen presiones externas vinculadas al crecimiento económico y crecimiento poblacional que influyen en el cambio de uso de suelo. Los humedales cercanos al litoral y en San Clemente transitan a suelo agrícola o suelo urbano; se registraron acciones para desecar y rellenar humedales. En la otra margen del río Pisco, en Humay la valorización de terrenos para el desarrollo de agroexportación promueve una competencia por la titularidad de estos suelos, lo que amenaza a los humedales y puede conllevar al uso de agua subterránea, en un área que presenta estrés hídrico.

La urbanización y el desarrollo agroindustrial son tensores que son parte de procesos globales en zonas costeras. Por ello, existe un esfuerzo institucional internacional a través de la "Convención de humedales", que influyen en la implementación de políticas a nivel nacional y regional para su protección, con diferentes resultados locales. El estudio de la gobernanza ambiental va más allá de las reglas o normas que influyen en la gestión de los recursos naturales. Es clave la comprensión de las prácticas estatales locales, en

particular las relaciones Estado-ciudadano. El presente estudio presenta una primera mirada de cómo se desarrolla la acción de las instituciones gubernamentales, explorando la interacción registrada en los humedales entre sus diversos usuarios y los funcionarios públicos, principalmente en los patrones cotidianos de gestión bajo el enfoque de gobernanza cotidiana. Se encuentra que los usuarios de los humedales son actores claves a considerar en su gestión, ya que influyen tanto en su conservación, su sostenibilidad, su modificación o incluso su destrucción. Por ello es central incluirlos en los planes de gobernanza, desarrollar mecanismos de coordinación y planificación urbana.

Palabras clave: Tensores ambientales; gobernanza cotidiana; sistema socio ecológico; humedales costeros.

⁵⁸ mmendozaf@pucp.edu.pe

Introducción

A nivel internacional prevalecen enfoques que proponen un análisis integrado en la gestión de los humedales costeros, identificando problemáticas comunes como el avance de la urbanización en zonas costeras, procesos de ocupación no planificados, contaminación por aguas residuales, cambio de uso de suelo, avance de la agricultura y el impacto de infraestructuras antrópicas. A esto se suma la percepción de que los humedales son tierras baldías o zonas de poco interés social y económico, y Leehsueh (2017) incide en el análisis de esta percepción de los humedales, donde los principales usuarios buscan como solución su drenado y rellenado, y donde el análisis de la relación de la condición económica de poblaciones circundantes y el humedal es crítico. Din et al. (2017) señalan en su estudio de caso sobre los manglares periurbanos de Douala en Camerún que existe una mayor tasa de deforestación relacionada directamente con la presión demográfica y pobreza de poblaciones locales cercanas, incluso a pesar de contar con leyes y reglamentos para proteger este tipo de ecosistema.

Dado que el grueso de la población mundial se asienta en zonas costeras —el 60 % de las principales ciudades del mundo ocupan zonas costeras y el 40 % de toda la población del planeta vive a menos de 100 km de una zona costera (Nicholls et al. 2007; Baztan et al. 2015)—, algunos autores señalan que se debería utilizar el concepto de sistema socio ecológico costero, ya que estas zonas sufren los mayores procesos de transformación del suelo, crecimiento demográfico y desarrollo de actividades (De Andrés, Muñoz y García Sanabria 2017: 13). Tanto las áreas urbanas como los servicios que brindan los humedales requieren mecanismos de coordinación entre la planificación urbana y la gestión de los ecosistemas, y se podría aprovechar estos espacios para promover acciones de conservación y prevenir su deterioro. Por ello, el análisis de los tensores ambientales, entendidos como eventos que originan mayor gasto de energía para el mantenimiento del ecosistema (Cintrón & Schaeffer-Novelli 1983), es crítico.

La “Convención de Humedales”⁵⁹ es un marco internacional que se implementa en diferentes países, con resultados variables entre y dentro de los propios países. Por ello, es necesaria una comprensión a nivel local para conocer logros y dificultades en el proceso de implementación. De ahí la importancia de identificar la gobernanza cotidiana de los humedales de Pisco, que involucra las prácticas estatales locales y su interacción con sus usuarios de manera regular, por lo que se realizó etnografía y entrevistas en profundidad con funcionarios para recoger los detalles cotidianos de la gestión de humedales en el día a día, identificando las prácticas individuales de los burócratas, las demandas de sus usuarios y otros actores vinculados, permitiendo revelar problemáticas y conflictos que surgen y se resuelven en estas interacciones locales entre Estado y sociedad, y que brindan espacios de trabajo y mejora para la gobernanza ambiental de este ecosistema.

Una mirada internacional de la gestión de humedales costeros

Los proyectos de conservación son parte integral de los esfuerzos para gestionar los humedales costeros, y el análisis de experiencias internacionales nos permite obtener algunas lecciones importantes. Para el caso de los conflictos que se generan en torno a los humedales, la superposición de usos e incompatibilidad de intereses a la hora de promover su gestión sostenible parece ser uno de los principales factores. Por ejemplo, la Corporación Ambientes

⁵⁹ ramsar.org

Acuáticos de Chile CAACH implementó el proyecto “Conservación y Manejo de Humedales Costeros de la Comuna de Coquimbo”, y el análisis de Luna et al. (2022) concluye que es vital contar con un ente articulador que genere espacios de acercamiento, diálogo y colaboración entre los actores enfocado en la gestión, para lo cual es crítica la sensibilización de los actores clave de la importancia sociocultural, económica y ambiental para poder dar un uso adecuado y productivo de estos ecosistemas.

Esta sensibilización de actores clave debe considerar el no asumir una uniformidad en las poblaciones locales, sino tener en cuenta las diferentes perspectivas locales en torno a los usos de los humedales costeros, especialmente al plantear planes sobre su gestión. Piñones et al. (2016) en su estudio de caso sobre el humedal Las Salinas de Huentelauquén, encontró una identificación de la comunidad local con la conservación de la avifauna y el patrimonio biocultural asociado al humedal. Sin embargo, se presentan diferencias intergeneracionales importantes: los adultos mayores tienen una visión más histórica, territorial y de importancia económica, en comparación con los jóvenes. Por ello, se requiere pensar a las comunidades locales no como un ente único, sino que toda comunidad local internamente puede tener diferentes visiones, usos y valoraciones de la fauna o biota de los humedales costeros, lo que podría –al menos parcialmente– responder a diferentes agendas de trabajo de ONG, del Estado o la sociedad civil. Por ejemplo, hay agendas que se enfocan en diversos aspectos de la flora y fauna de estos ecosistemas, y autores como Leehsueh (2017) señalan que, si bien existen muchos estudios sobre humedales costeros interesados en el estudio de las aves, se debe abogar por brindarle una perspectiva estética ecológica, pues son ecosistemas demasiados valiosos no solo por ser hábitats, sino también porque desempeñan diversas funciones en el ambiente.

En ese sentido, existe un llamado en la literatura especializada por lograr análisis con integralidad ecosistémica al momento de llevar a cabo investigaciones, gestión, monitoreo y/o restauración de humedales costeros. Li et al. (2017) señalan que los desafíos para la restauración de humedales costeros se vinculan a la falta de una comprensión integral de

dichos ecosistemas, y que, a pesar de estar sometidos a constantes interacciones a actividades humanas y naturales, no cuentan con un monitoreo permanente a largo plazo e incluso en tiempo real para los procesos críticos, como la redistribución de agua, sedimentos, hundimientos o dinámicas, interacciones biomorfológicas específicas.

Asimismo, existe la dificultad de definir el alcance del valor social de los servicios ecosistémicos. De la Rosa et al. (2020) sostienen que su valor social se concibe como producto de la interacción entre otros valores, en particular del valor sostenido y el valor asignado, que son objetos de estudio en disciplinas económicas. El valor sostenido se asocia con las creencias personales sobre la importancia de un objeto o espacio percibido como valioso, y el valor asignado caracteriza la importancia de los espacios en función de un bien, actividad o servicio percibido que sirve como comparativo. Mientras que el valor económico tiene un resultado antropocéntrico, el valor social se construye de pensamientos, sentimientos, memorias y motivaciones vinculadas a un sitio y que se perciben a nivel individual y comunitario (Kati y Jari 2016, como se citó en De la Rosa et al. 2020; Ruiz 2020). Por ello, valores sociales que relacionan al ambiente con la comunidad, contribuirían más a acciones de conservación que la mera descripción del impacto ambiental cambiando las conductas ambientales de los individuos que dependen de los servicios ecosistémicos. En el caso de los humedales costeros, no se cuenta con una base que permita la categorización del valor social, y se encuentran únicamente adaptaciones a sistemas de clasificación diseñados originalmente para ecosistemas terrestres (De la Rosa et al. 2020). Por ello, se debe sumar la valorización social junto con la valoración económica de los servicios ecosistémicos que prestan los humedales costeros.

En la revisión bibliográfica internacional realizada, se identificaron además tres temas de importancia en el desarrollo de estudios integrales en humedales costeros, y que merecen especial atención para el caso peruano: la calidad del agua, la gestión del riesgo de desastres, y la restauración de humedales, que se desarrollan brevemente a continuación.

Calidad del agua

Los humedales costeros son fuentes de agua, por ello, la cercanía entre el desarrollo urbano y estos ecosistemas requiere de una gestión que permita monitorear la cantidad y calidad del agua que a menudo se ve afectada por el vertimiento de aguas residuales de poblaciones aguas arriba. Estos vertimientos pueden impactar y cambiar los parámetros fisicoquímicos generando contaminación por microorganismos patogénicos que pueden afectar tanto a la flora y fauna como a las poblaciones aledañas a los humedales costeros. Esto significa una pérdida ambiental y social, pero también económica a largo plazo, pues el desarrollo económico local requiere cuidar los recursos que se pueden tornar escasos como el agua, tanto en su cantidad de agua como en su calidad, y diversos estudios señalan la contaminación del agua de los humedales por descargas de aguas residuales de poblaciones cercanas, les impiden brindar servicios ecosistémicos, como la filtración de agua.

Por ello, se requiere un monitoreo permanente de los clásicos parámetros fisicoquímicos para medir la calidad del agua como salinidad, temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez. Sin embargo, para tener un análisis más integral y de largo plazo se aboga por la utilización de bioindicadores para evaluar la biota y las cadenas tróficas. Además, los bioindicadores dan una perspectiva acumulada de la salud de un ecosistema a largo plazo, así como un análisis de sedimentos. Por ejemplo, Novoa et al. (2020) señalan la importancia de los taxones de macroinvertebrados como para evaluar las funciones de los sistemas naturales debido a que son clave en la productividad de los niveles tróficos superiores, donde especialmente los humedales urbanos pueden presentar concentraciones elevadas de coliformes totales y fecales debido a la descarga de agua poco tratada.

Otros estudios sobre humedales costeros tienen un enfoque de cuenca, vinculando el humedal, el río y el sistema ribereño. Pauchard et al. (2006) señalan que la expansión urbana en las ciudades de Concepción

y Talcahuano en Chile, supuso una pérdida de 1 734 ha de humedales y 1 417 ha por cobertura de suelo agrícola, forestal y arbustivo en el periodo de 1975 a 2000; y si bien la preocupación por esta pérdida ambiental empujó a la creación de un parque urbano, no se incorporó la función ecológica natural de los sistemas ribereños y de humedales, por lo que se aboga para que las investigaciones revelen los efectos biológicos de la urbanización en los ecosistemas urbanos y periurbanos para poder planificar y mantener elementos naturales en el entorno urbano y reducir los impactos sobre los ecosistemas periurbanos en constante cambio.

También existe una relación directa entre los humedales costeros, la extracción de agua subterránea y cambios en la salinidad. Estudios en Bangladesh señalan que este tipo de ecosistema está siendo afectado por la salinidad, los impactos de la intrusión y el aumento del nivel del mar, y la pérdida de manglares y agrobiodiversidad es un escenario común debido a la deforestación, cultivos de langostinos, cultivo de sal, extensión de tierras agrícolas, la extensión de la urbanización y el desarrollo de asentamientos que afectan de manera negativa a la producción de peces costeros y conducen a una pérdida de agrobiodiversidad y biodiversidad urbana costera y de medios de subsistencia (Islam et al. 2017).

Finalmente, existe un impacto de la capacidad de los humedales costeros como depuradores de agua. Bianconi et al. señalan cómo el humedal de Bahía Samborombón en Argentina estaría impactado por la influencia antrópica en su capacidad para la depuración del agua y la retención y exportación de nutrientes y sedimentos, las que se ven afectadas ya que el agua superficial que llega al humedal es producto de la actividad agropecuaria y de los vertidos de aguas residuales sin tratamiento de los centros urbanos ubicados aguas arriba en la cuenca (Bianconi et al. 2005: 312)

Gestión de Riesgos de Desastres (GRD)

Actualmente existe una serie de cuestionamientos sobre la poca efectividad de infraestructura gris para control de daños tras eventos extremos, y por ello, las soluciones basadas en la naturaleza, servicios ecosistémicos e infraestructura verde son promovidas por una serie de organizaciones que analizan el tema. Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) son las “acciones dirigidas a proteger, gestionar y restaurar de manera sostenible ecosistemas naturales o modificados, que hacen frente a retos de la sociedad de forma efectiva y adaptable, proporcionando simultáneamente bienestar humano y beneficios de la biodiversidad” (UICN 2016) pueden ser aplicadas en ecosistemas frágiles, y los humedales costeros son potenciales aliados para enfrentar desafíos como el cambio climático, el estrés hídrico, la reducción del riesgo de desastres, la seguridad alimentaria e hídrica y la salud, pues tanto los humedales naturales como los artificiales pueden minimizar la escorrentía dañina al absorber las aguas pluviales, reducir los riesgos de inundaciones y salvaguardar los ecosistemas de agua dulce (WWF 2020).

Jaramillo et al. (2012) señalan que las huellas ecológicas dejadas por eventos extremos como terremotos, tsunamis, volcanes, entre otros pueden persistir durante años. En el caso chileno, el terremoto y tsunami del 27 de febrero de 2010 afectaron duramente las costas, y, por ejemplo, generaron cambios que incluyeron las disminución, aumento, desaparición o aparición de diversas especies, y autores como Lagos (2019) señalan que los impactos generados por este evento tuvieron un papel importante en la dinámica del ecosistema. Por su parte, estudios en el humedal Tubul-Raqui antes y después del evento realizados por Rojas et al. (2017) encontraron que la percepción de la provisión de los servicios ecosistémicos (SE) después de un gran desastre fue significativamente más importante en los servicios culturales y de regulación, donde los residentes identificaron el hábitat para las especies, la recreación y la regulación de peligros como los SE más importantes. Cabe señalar que dicha percepción

estuvo influenciada por las variables categóricas de género, edad y etnia; por ejemplo, los servicios de regulación de peligros variaron fuertemente por género, donde los fuertes efectos socioeconómicos post-desastre experimentados por las personas del género femenino podrían estar relacionados con su mayor percepción de este SE (Rojas et al. 2017: 14).

A la resiliencia de los ecosistemas, se debe sumar el análisis la resiliencia social, central para la recuperación de humedales debido a que los terremotos y tsunamis tienen potencial de alterar las condiciones y los recursos asociados de los ecosistemas de los humedales afectando directamente a las comunidades locales. Por eso, es importante realizar una investigación transdisciplinaria a fin de desarrollar políticas y estrategias para una mejor gestión, conservación y sostenibilidad de los recursos de los ecosistemas en los humedales costeros (Lagos 2019).

Los humedales también pueden ser aliados en el control de inundaciones asociadas a eventos El Niño. Sousa & Miranda (2018) realizaron una modelación hidrológica e hidráulica cuyos resultados muestran que al restaurar la capacidad de almacenamiento del humedal en Durán (Ecuador) se puede obtener una reducción de entre un 50 % y 70 % de los flujos máximos para un evento de tormenta; y si bien la nueva expansión urbana a lo largo de las áreas vulnerables es preocupante, restaurar los humedales y beneficiarse de la mayor capacidad de almacenamiento y la protección contra inundaciones aumentaría la resiliencia de la ciudad frente a las inundaciones y permitiría una expansión limitada de la ciudad sin aumentar los daños por inundaciones.



Restauración de humedales

Los servicios ecosistémicos que cumplen los humedales costeros pueden ser modificados por influencia antrópica, modificaciones que en algunos casos pueden ser irreversibles, e incluyen que dichos servicios ecosistémicos dejen de brindarse, con el consiguiente efecto sobre la biota y el ambiente (Bianconi et al. 2005: 313). La restauración costera es el regreso de un ecosistema a su condición antes de la perturbación, siendo su objetivo emular un sistema natural, funcional y autorregulador que esté integrado con el paisaje ecológico en el que se produce. Como señala Ramasammy (2017: 445), esto no solo requiere un plan técnico, también necesita herramientas adecuadas, el consentimiento social, y la disponibilidad de recursos, personal y financiamiento.

En la India se han desarrollado interesantes iniciativas de restauración de humedales costeros: En la laguna Chilika –incluida en el Registro Montreux de Ramsar⁶⁰ por los graves cambios en sus características ecológicas debido a la contaminación y otras presiones antropogénicas– se tomaron diversas medidas de restauración que incluyeron la mejora del intercambio de agua y mantenimiento del gradiente de salinidad, el desarrollo de un programa de conservación del

ecosistema de la Isla Nalaban para aves migratorias, el manejo de malezas con participación comunitaria y su uso para generar biogás, un seguimiento hidrobiológico, la implementación de programas de concientización masiva y de desarrollo de recursos pesqueros, la mejora de la condición socioeconómica de la comunidad rural alrededor del lago, el establecimiento de un centro de investigación de manejo de humedales, y la mejora de la red de carreteras alrededor de Chilika, entre otras acciones. Los principales logros en Chilika incluyeron cambios de salinidad de las aguas del humedal, mejora en la productividad pesquera, el reclutamiento automático de peces, camarones y cangrejos y la disminución de la infestación de malezas. Al cambio ecológico se sumaron mejoras en los niveles de vida de la comunidad local, incluyendo cambios en sus ingresos y fortalecimiento del vínculo entre las autoridades y la comunidad de pescadores, entre otros.

La experiencia en India demuestra que los trabajos de restauración deben incluir previamente estudios de evaluación de impacto adecuados, pero además el necesario establecimiento de una institución que tome en cuenta los intereses de las diversas partes interesadas, incluyendo a las poblaciones locales, y

⁶⁰ La Convención Ramsar creó el Registro Montreux, una herramienta para proteger, de manera prioritaria, a humedales que estén amenazados gravemente o que vayan a estarlo como consecuencia del desarrollo tecnológico, la contaminación u otra actividad humana. El Registro de Montreux es una forma rápida para que los países atiendan con prioridad un sitio y obtengan el apoyo técnico y financiero necesario para hacerlo.

que además posea los debidos poderes legales para la gobernanza del ecosistema. En ese sentido, las acciones de protección y cuidado parten de una integración de diversas esferas para que pueda sostener en el tiempo las acciones necesarias en los humedales costeros. Un tema importante es la incorporación de un enfoque de género en los estudios sobre humedales costeros: Barreto (2020: 7-8) visibiliza cómo la perpetuación de un muestreo sesgado puede pasar por alto la importancia de las mujeres en actividades productivas en humedales, donde la falta de datos desglosados por sexo puede afectar el análisis cuantitativo al invisibilizar la importancia de las mujeres en actividades económicas como la pesca, señalando que en muchas investigaciones se produce la “evaporación” del género, incluso en aquellos espacios donde el género es considerado una variable importante.

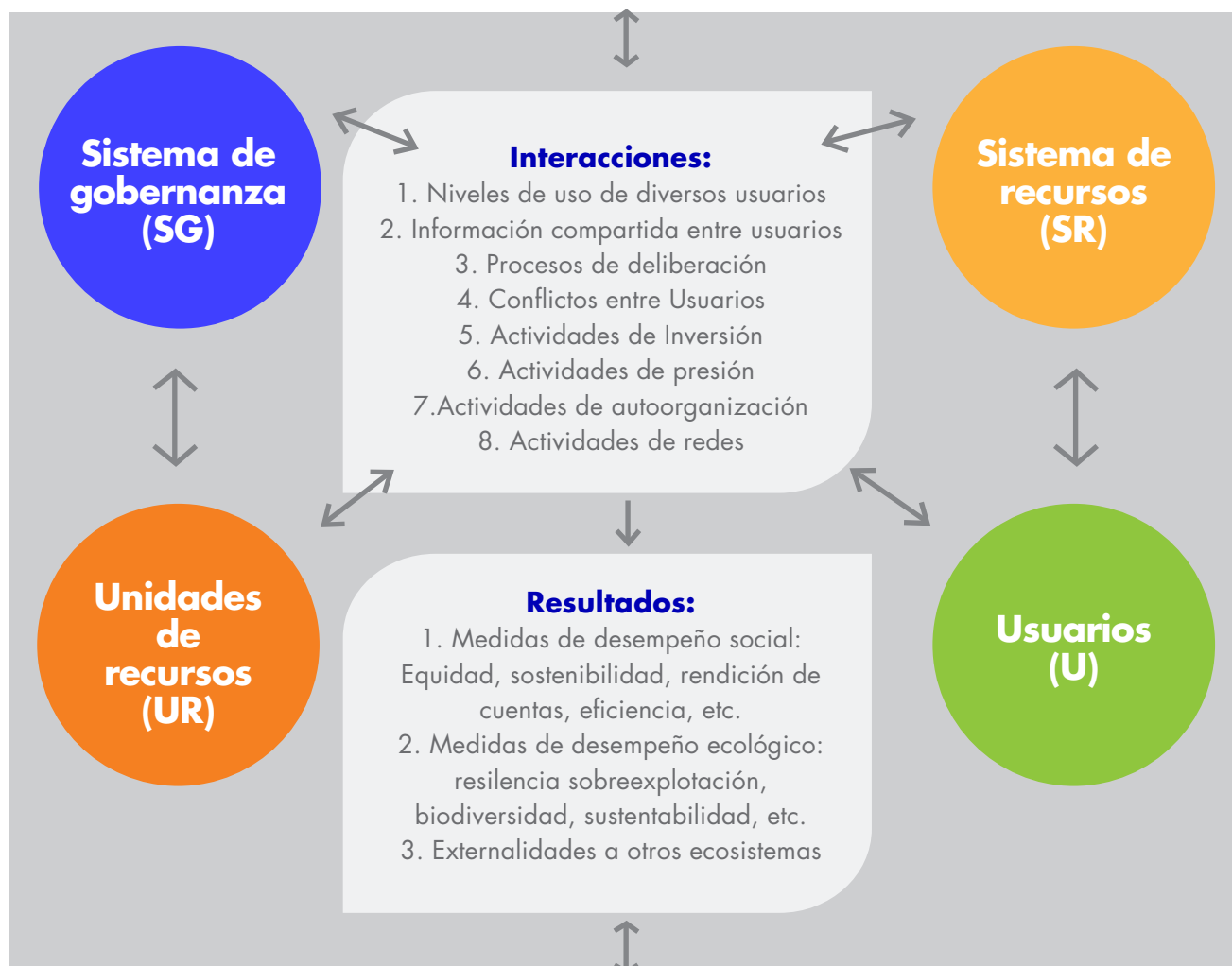
Marco teórico y metodología

El análisis institucional basado en Sistemas Socio Ecológicos (SSE) propuesto por Elinor Ostrom es el marco teórico que orientó esta investigación. Este análisis institucional se preocupa por los efectos que las políticas públicas tienen en sistemas locales de gestión de recursos, y como indica Ostrom: “...si bien muchos estudios que señalan que los usuarios de recursos nunca se podrán auto organizar para mantenerlos y que por ello el gobierno debe imponer las soluciones, existen muchas investigaciones desde diferentes disciplinas que señalan que algunas políticas de gobierno han acelerado la destrucción del recurso, mientras que algunos usuarios de recursos han invertido tiempo y energía en lograr su sostenibilidad” (Ostrom 2009: 419). Por ello, el análisis y evaluación de la implementación y consecuencias de dichas políticas públicas (o la falta de ellas), es un tema pendiente en el país.

Tal como se describió en el artículo de Martínez et al. en este mismo volumen, los Sistemas Socio Ecológicos (SEE) son un marco de análisis dinámico y supone un enfoque policéntrico, y se compone de cuatro subsistemas claves que interactúan y se afectan entre sí: El sistema de recursos (SR), las unidades de recursos (UR), sistema de gobernanza (SG) y los usuarios de los recursos (U). Además, cada subsistema se puede descomponer en un segundo nivel de variables: Las Interacciones (I) y los resultados (R).

Las relaciones que establecen los subsistemas tienen como resultado una serie de interacciones (I) como: Los niveles de aprovechamiento de los diversos usuarios (I1), información compartida entre usuarios (I2), procesos de deliberación (I3), conflictos entre usuarios (I4), actividades de inversión (I5), actividades de presión (I6), las actividades de auto organización (I7) y actividades de redes (I8). El análisis de los resultados (R) apunta a tres ejes de análisis: Las medidas de desempeño social (O1) como la eficiencia, equidad, rendición de cuentas (*accountability*) y sostenibilidad. Las medidas de desempeño ecológico (I2) como: La sobreexplotación, resiliencia, biodiversidad y sostenibilidad. Finalmente señala las externalidades a otros SSEs. Las variables del marco conceptual de Ostrom nos permiten hacer un diagnóstico de cómo opera la gobernanza en la zona de estudio, sin embargo, es necesario realizar mayores análisis a profundidad del tejido institucional. Los ecosistemas no se encuentran aislados, sino que reciben presiones a escala mayor, por ello, el enfoque de SSE supera los enfoques localistas analizando las variables sociales, económicas y políticas (S) que presionan a los humedales, y busca analizar la relación con otros Ecosistemas Relacionados (ECO), tal como se muestra en la Figura 1.

Variables sociales, económicas y políticas (S): S1: Crecimiento económico, S2: Tendencias demográficas, S3: Estabilidad Política, S4: Política gubernamental de humedales, S5 incentivos de mercado y S6 Organización de medios.



Ecosistemas relacionados (ECO)

ECO1: Patrones climáticos, ECO2: Patrones de contaminación.
ECO3: Flujos dentro y fuera del SES focal.

Figura 1. Marco teórico para analizar la sostenibilidad de los SSE. Fuente: Ostrom 2009.
Elaboración: propia.

Las variables sociales, económicas y políticas (S) son seis: El crecimiento económico (S1), variable externa que influye en los cambios de usos de suelo o en la extracción de recursos de flora, fauna o agua; las tendencias demográficas (S2), que permiten analizar cómo el incremento de población puede ser factor central en el uso o aprovechamiento de los humedales; la estabilidad política (S3) que puede influir en la gobernabilidad del

recurso; la política gubernamental (S4), que puede ser de carácter regional, nacional o internacional, y da forma a las políticas públicas que serán implementadas por las burocracias locales que administran los humedales; los incentivos de mercado (S5) que influyen en la mercantilización y conmodificación de algunos recursos naturales, los cuales, al incrementar su valor de cambio en el mercado, promueven una mayor extracción del recursos; y finalmente, la organización de medios (S6), como esfuerzos deliberados de diversas organizaciones y/o instituciones por dar a conocer una problemática en torno a un recurso, posicionar alguna dimensión y/o posibles soluciones como las más eficaces. Estos enfoques se promueven en la sociedad civil y/o organizaciones estatales para sensibilizar determinadas temáticas.

La metodología de la investigación es comparativa y sigue un paradigma cualitativo. Se realizó trabajo etnográfico y entrevistas como técnicas de recojo de información primaria en trece humedales de la cuenca baja de la Provincia de Pisco. Asimismo, se realizaron entrevistas a profundidad a funcionarios de instituciones como las municipalidades distritales de San Clemente, Humay, Independencia, San Andrés, la Municipalidad Provincial de Pisco, la ALA Pisco, ATFFS Serfor Sede Chíncha e Ica, la Fiscalía provincial Especializada en Materia Ambiental (FEMA), y otras instituciones con algún tipo de relación con los humedales de Pisco.

La información primaria fue recolectada en tres salidas de campo a la provincia de Pisco. La primera salida de campo exploratoria y de reconocimiento se llevó a cabo en julio del 2021. La segunda, en agosto del mismo año buscó conocer los usos y potencialidades de sus usuarios, y comprender cómo las instituciones locales atienden la problemática de los humedales. La tercera salida de campo se desarrolló en agosto del 2022, y se recolectó información sobre la gobernanza cotidiana de los humedales. Finalmente se realizaron algunas entrevistas presenciales y vía zoom con funcionarios de instituciones como SERFOR y la Autoridad Nacional del Agua; así como especialistas ambientales y legales en la ciudad de Lima.

Tensores Ambientales y sociales en gestión de los humedales de la provincia de Pisco

Existe un contexto regional y nacional que impacta en la sostenibilidad de los humedales de la provincia de Pisco. Siguiendo el enfoque de SES, los marcos sociales, económicos y políticos (S) que se desglosan en las seis variables detalladas el marco teórico del estudio son presentados, con énfasis en el desarrollo urbano y agricultura de agroexportación, tensores que impactan directamente en los humedales de la provincia.

Desarrollo económico (S1)

Existe un proceso de desarrollo económico que influye en la conservación y/o destrucción de los humedales costeros a nivel mundial. El avance de la agricultura y la urbanización no planificada pueden contribuir a destruir este ecosistema y con ello sus servicios ecosistémicos y beneficios socioeconómicos para las poblaciones cercanas. En el caso de los humedales de la provincia de Pisco, se aprecia una fragmentación de los humedales producto de las diferentes actividades económicas que utilizan sus recursos, y que modifican el suelo para convertirlo en suelo urbano, agrícola o en vías de comunicación.

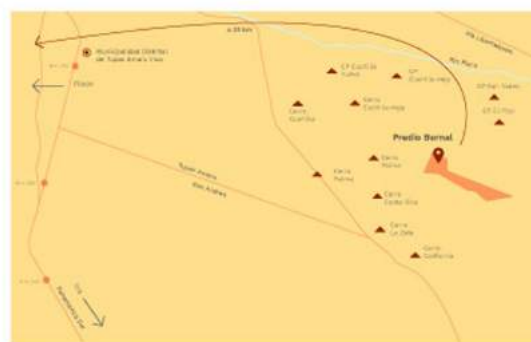
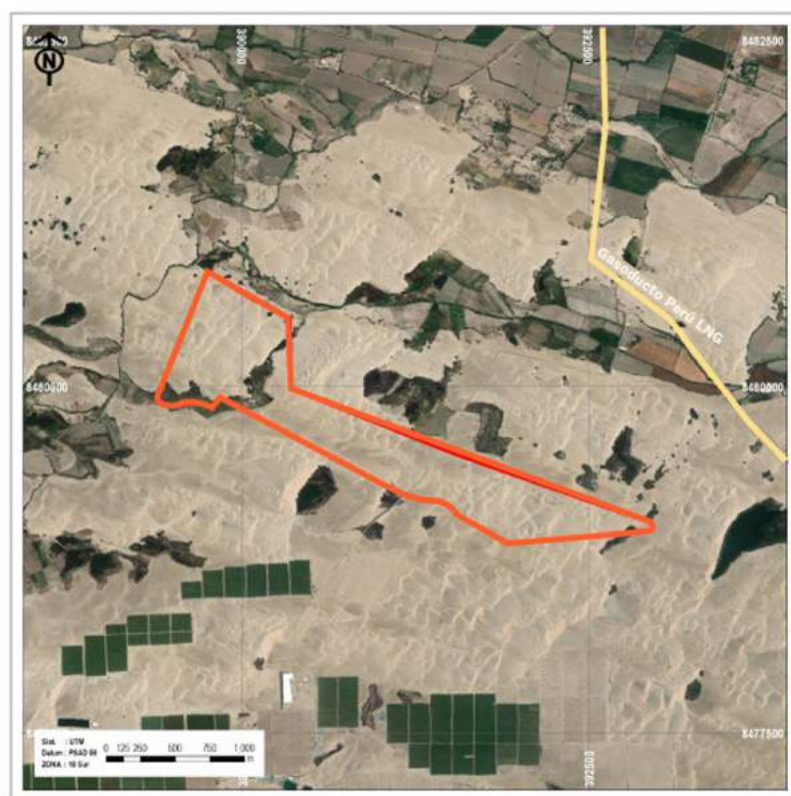
El desarrollo económico del litoral promueve la expansión urbana y genera cambios en la valorización del suelo, en parte por el desarrollo del turismo residencial que afecta las costas de Lima a Paracas.

En los humedales del litoral, el desarrollo de las actividades económicas y sociales cercanas conllevan al arrojado de residuos sólidos, su contaminación con aguas residuales, el avance de la frontera agrícola, el cierre o desvío de canales de alimentación y la acumulación de desmonte en los humedales tras el terremoto de Pisco del 2007. Existe un mecanismo de cerrar o modificar drenes o canales de agua que alimentan a los humedales, secarlos, tomar posesión y convertirlos en suelo cultivable o en suelo urbano, para posteriormente solicitar la titularidad del predio.

Aguas arriba, el humedal San Clemente, el más extenso de la provincia, ha sido fragmentado por actividades económicas, expansión urbana y grandes infraestructuras como la carretera Panamericana Sur (antigua y nueva), una planta de tratamiento de aguas residuales de la Municipalidad de San Clemente que actualmente, al estar fuera de funcionamiento, descarga las aguas residuales directamente al humedal. Asimismo, se desarrolla minería no metálica del proyecto Dunas –ya descrito en el artículo anterior, en este mismo volumen–, que ha fragmentado partes

importantes del humedal. Finalmente, muy cerca de ese mismo humedal prosperan asociaciones de vivienda, que crecieron en la última década y avanzan hacia el mismo, como la Asociación de Vivienda Nuevo Amanecer. En otros extremos del humedal se aprecia la presencia de pastoreo y empresas agropecuarias, las cuales podrían ser aliadas en su protección.

En la otra margen del río Pisco, el desarrollo económico en el distrito de Humay genera un proceso que viene modificando el uso del suelo vinculado a la presión y valorización de grandes extensiones de terreno para inversiones en mediana agricultura y agroexportación (Figura 2). Por ello, existe una competencia por la titularidad de suelo en Humay por diferentes propietarios e inversionistas foráneos, por ejemplo, un informante propietario de terrenos señaló que tuvo diversos y largos procesos judiciales con otras empresas para hacer prevalecer su titularidad. Asimismo, este proceso ocasiona algunos conflictos con usuarios locales por el avance de cercos que no les permite acceder al humedal, y se aprecia vigilancia, letreros de advertencia y cercos en esta zona.



UBICACIÓN

Departamento	Ica
Provincia	Pisco
Distrito	Humay
Referencia	Alt. Km 237, Panamerica Sur, a 16 km al este

CARACTERÍSTICAS

Área	163 ha
Aptitud	Agrícola
Veda	Dentro de veda
Disposición de agua	Subterránea
Tipo de clima	Seco y cálido
Topografía	Llano - Semi ondulado

Figura 2. Ejemplo de predio agrícola (Bernal) en venta en zona adyacente a los humedales en Humay, publicitado a través de redes sociales (<https://coscalla.com.pe>). Fuente: Sociedad Agrícola Coscalla 2020.

La agricultura de agroexportación necesita de fuentes de aguas constantes, controlables y de buena calidad, es decir, agua subterránea. Esto lleva a valorizar los humedales como espacios productivos y fuentes de agua, a pesar de que son ecosistemas frágiles y que deben protegerse ante la poca disponibilidad de agua que tiene la costa peruana. Existen percepciones locales sobre la disminución del agua que la relacionan con la perforación de pozos para agroexportación en las zonas contiguas a los humedales, además del cambio climático. Los regantes consultados señalan que las fuentes de aguas superficiales resultan ser insuficientes para sus áreas bajo riego. Ante ello, el ALA Pisco, ha implementado el monitoreo de agua en la Laguna Morón.

Asimismo, la Autoridad Nacional de Agua realizó la construcción del modelo SWAT en la cuenca del río Pisco para el periodo 1981-2016 y se estimó la oferta hídrica en sus nueve unidades hidrográficas. Concluye que en la cuenca baja del Río Pisco, que es el área de mayor intervención, el Índice de Estrés Hídrico Consuntivos (IEHC) para la unidad hidrográfica (UH) Bajo Pisco presenta un estrés moderado, debido principalmente al uso del agua para riego que se hace en esta UH (ANA 2022). Por lo que recomendaron la actualización del cálculo de la demanda de agua para los usos agrícolas de la cuenca. Análisis al cual es vital añadir el volumen de agua subterránea que utiliza y demanda el desarrollo de la agroexportación en Humay. Así como los efectos, con el desarrollo de esta actividad en zonas circundantes de Villacurí y Lanchas.

Tendencias demográficas (S2)

La provincia de Pisco tiene una historia rural. Este territorio tuvo una ocupación prehispánica, colonial y republicana que aprovechó el potencial agrario del valle de Pisco y su disponibilidad de agua. El crecimiento de la capital del país, Lima, incorporó a la provincia como parte del importante corredor vial sur, que llega hasta Ica, y que se fortaleció durante la última década con la ampliación de carriles de la carretera Panamericana sur, promoviendo la urbanización de espacios cercanos a este eje vial. Además, el terremoto de Pisco del año 2007 aceleró un proceso de urbanización no planificada y sin concordancia con un desarrollo sostenible con sus ecosistemas circundantes.

La ocupación del territorio sigue una lógica de urbanización progresiva, donde primero se ocupa y después se realiza la habilitación urbana en varias etapas. Eventos como el terremoto del 2007 generaron toneladas de desmonte de construcción que fueron depositados, principalmente, en el humedal de Pisco Playa. En la Tabla 1 se presenta las estadísticas de crecimiento poblacional en la provincia de Pisco, apreciándose un crecimiento poblacional global del 26 % entre los años 2007 y 2017; el distrito de Paracas, vinculado a la actividad turística presenta un crecimiento del 72,38 % para el mismo rango de fechas, seguido del distrito de Pisco con un 30 %, San Clemente con un 28 % y el distrito de Tupac Amaru Inca con 21 %.

Tabla 1.

Crecimiento poblacional distrital de la provincia de Pisco.

Población según distrito	Censo 2007	Censo 2017	Variación
Provincia de Pisco	125 879	159 111	26,40 %
Distrito de Pisco	54 997	71 519	30,04 %
Distrito de Humay	5 437	5 408	-0,53 %
Distrito de Independencia	12 390	12 987	4,82 %

Distrito de Paracas	4 146	7 147	72,38 %
Distrito de San Andrés	13 151	13 767	4,68 %
Distrito de San Clemente	19 324	24 814	28,41 %
Distrito de Túpac Amaru Inca	14 676	17 775	21,12 %

Fuente: INEI 2007 y 2017. Elaboración propia.

El constante crecimiento urbano aguas arriba de los humedales de las municipalidades de San Clemente y de Pisco, promueve el vertimiento de aguas residuales no tratadas a los humedales, en especial en el humedal Pisco Playa y el sector salinas del humedal de San Clemente, modificando la calidad del agua y potencialmente afectando a la fauna y flora, por lo que son necesarios más estudios fisicoquímicos sobre contaminación difusa que para determinar los cambios en los parámetros y sus consecuencias.

Incentivos de mercado (S5)

Existen una serie de incentivos de mercado que afecta a los humedales costeros en Pisco. Por un lado, la suburbanización, presiona por un cambio de uso de suelo a urbano, y por otro lado la agricultura de agroexportación demanda agua subterránea en zonas cercanas de los humedales, áreas que se encuentran en veda. La suburbanización es un proceso de expansión urbana de las metrópolis en áreas periféricas o rurales cercanas, y en el caso latinoamericano estas ocupaciones de tierra estructuran las grandes ciudades, consolidándose un desplazamiento de la oferta masiva de viviendas hacia sus periferias (Abramo 2017: 29). Para el caso de los departamentos de Lima e Ica, existe en marcha un proceso de litoralización (Matos Mar 2016) asociado al crecimiento económico, expansión urbana fragmentada y la ampliación de carriles de la Panamericana sur. Incluso se proyecta un proyecto de un tren de cercanías que una Huacho-Lima-Ica,

lo que lleva a la valorización del suelo cercano al litoral y existe una competencia entre diversos actores por la titularidad de estos suelos. Sin embargo, estos espacios contienen humedales costeros, como ocurre en el litoral de Pisco, San Clemente y Humay.

Esta situación genera conflictos entre los usuarios "habituales" de los humedales y los nuevos propietarios, quienes empiezan a cercar los accesos e impiden el acceso de, por ejemplo, extractores de totora, y cuestionan su uso del espacio para el tendido y secado de totora, aun cuando cuenten con autorización de la ATFF de SERFOR. Asimismo, funcionarios locales señalan que en ocasiones impiden su ingreso para acciones de control estatal y monitoreo de humedales, incluso registrándose algunas modificaciones de canales de drenaje que alimentan a los humedales. Estos procesos son llevados a cabo tanto por la expansión de asociaciones de vivienda para clases populares, como también por proyectos inmobiliarios para casas de playa y/o condominios, como se puede apreciar en las Figuras 3 y 4.



Figura 3. Lotización en el humedal San Clemente. 2022. Crédito: IGP.



Figura 4. Competencia por la titularidad del humedal en Caucato. 2022. Crédito: IGP.

Por otro lado, si bien parte del valle de Pisco se encuentra bajo un fuerte estrés hídrico, se conoce que la expansión de la agricultura de agroexportación utiliza en forma creciente el agua subterránea. Esto puede afectar e incluso desecar los humedales costeros y las zonas circundantes, y actualmente no se están entregando licencias o permisos de agua, y se sugieren estudios bajo un enfoque de ecohidrología, que incluya un balance hídrico actualizado y público. Asimismo, la pequeña agricultura avanza sobre los humedales, mientras que la extracción de fibra vegetal se vincula a su demanda como insumo central para la elaboración de esteras, infraestructura de recolección de hueveras, artesanías, etc., trabajo que se realiza especialmente en el distrito vecino de Grocio Prado en la provincia de Chincha.

Organización de medios (S6)

A nivel internacional existe una promoción de protección de humedales y del convenio Ramsar a través de sus diferentes órganos de adopción de decisiones, consultivos y de apoyo⁶¹. Entre estos últimos destacan varias ONG internacionales reconocidas por las partes como asociadas oficiales de la Convención como: Birlife international, el Instituto Internacional para el Manejo del agua, Wetlands International, La Unión Mundial para la Naturaleza y el Fondo Mundial para la Naturaleza (MINAM 2013), y que tienen presencia en el país.

⁶¹ Los órganos de adopción de decisiones son la Conferencia de las partes COP y el Comité permanente (CP) en cada país; los órganos consultivos quienes presentan informes al Comité Permanente (CP) y a la COP son: el Grupo de Supervisión de las actividades de Comunicación, Educación, Concienciación y Participación (CECoP), que es el órgano subsidiario de la convención que supervisa la ejecución del programa de la Convención e informa sobre él y fija las prioridades en materia de comunicación educación y creación de capacidad, y el Grupo de Examen Científico y Técnico (GECT), que es el órgano subsidiario de la Convención que ofrece a orientaciones científicas a la COP el CP y la Secretaría. Por su parte, los órganos de apoyo son la Secretaría de Convención que es una oficina administrativa con sede en Gland (Suiza) y las Organizaciones Internacionales Asociadas (OIA) [MINAM 2013]

Para el caso de Pisco, se visibiliza la centralidad de las actividades de comunicación de la cooperación internacional con énfasis en la biodiversidad y conservación, especialmente para la protección de la avifauna. Ello junto con el apoyo de organizaciones gubernamentales producen y refuerzan un discurso comunicacional para la protección de los humedales de Pisco Playa por ser un refugio de aves migratorias, lo que genera un énfasis en el cuidado de los humedales que se ubican adyacentes al litoral. Sin embargo, se registra un menor interés en otros humedales como San Clemente (que contienen sectores como Salinas, Agua Santa, California), La Palma, El Frontón, Costa Rica, Caucato, Camacho, Morón, etc.

La gobernanza de humedales

El desarrollo económico del siglo XX ejerció una gran presión sobre los ecosistemas costeros. Foley et al. señalan que las prácticas de uso del suelo desempeñan un papel en el cambio del ciclo global del carbono y el clima mundial. Desde 1850, más o menos el 35 % de las emisiones antropogénicas de CO₂ son resultado directo del uso de la tierra. Existen impactos en el ciclo hidrológico, los aportes de nutrientes antropogénicos a la biosfera de los fertilizantes y contaminantes superan fuentes naturales y tienen efectos en la calidad del agua, los ecosistemas costeros y la disminución de la biodiversidad a través de la pérdida, modificación y fragmentación de los hábitats; degradación del suelo y el agua; y la sobreexplotación de las especies nativas (Foley et al., 2005).

Este escenario de larga data generó una profunda preocupación internacional y la promoción de políticas ambientales en varios países desde hace varias décadas. Uno de las cuales es la ya mencionada “Convención sobre los Humedales”⁶², cuyo objetivo es “la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo” (Ramsar 2020). Si bien el nombre oficial del tratado⁶³, refleja el énfasis puesto inicialmente en la conservación y el uso racional de los humedales sobre todo como hábitat de aves migratorias, con los años la convención ha ampliado su ámbito de aplicación hasta abarcar la conservación y el uso racional de los humedales en todos sus aspectos, reconociéndolos como ecosistemas extremadamente importantes para la conservación de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas (Documento informativo Ramsar No. 2).

Políticas gubernamentales del recurso (S4)

Un análisis sobre la gobernanza entiende a la “Convención sobre los Humedales” como una política pública internacional de tipo *top-down*. Navarrete et al. (2013) sostienen que este tipo de políticas asumen que, tras su definición, esta será puesta en práctica por las administraciones públicas siguiendo los lineamientos tal y como fueron estipulados en el diseño, siendo las autoridades políticas las que deciden la política pública e imparten las instrucciones para que el personal de la administración pública las ejecute (2013: 84). Sin embargo, la aplicación de políticas tiene diversos resultados en los diferentes países, porque este enfoque se reconfigura a diferentes escalas y niveles, desde lo global a lo nacional y principalmente en los entornos locales.

⁶² Aprobado el 2 de febrero de 1971 en Ramsar, que entró en vigor en 1975. Actualmente cuenta con 164 Partes Contratantes (Estados miembros) en todo el mundo.

⁶³ Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas.

Por ello, es necesario monitorear y analizar críticamente cómo estas políticas gubernamentales se vienen implementando en el país⁶⁴. Para un análisis institucional específico se sugiere utilizar el concepto de acción pública⁶⁵ para ayudar a comprender la implementación de esta política pública a una menor escala, lo que implica comprender los desfases entre los programas públicos y conocer cómo se realiza su implementación en un caso específico, analizando el “conjunto de actividades heterogéneas que combinan dinámicas internas de la organización y un conjunto de negociaciones internas” (Lascombes & Le Gales, 2014). El Comité Nacional de Humedales creado en el año 2013, e integrado por el MINAM, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Ministerio de la Producción (Produce), Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), Instituto del Mar del Perú (IMARPE), entre otras instituciones, brinda un espacio ideal para desarrollar este análisis. En este sentido, cabe destacar el esfuerzo a nivel centralizado del MINAM, ANA y SERFOR por implementar efectivamente el Decreto Supremo N° 006-2021-MINAM que aprueba las disposiciones generales para la gestión multisectorial y descentralizada de los humedales a nivel nacional, brindando mayor claridad en cuanto a las competencias en torno a la gestión de humedales. Esta serie de normas generales indudablemente influyen a nivel local a través del performance de la burocracia, cuyas acciones influyen en el diseño de la arquitectura institucional en la gestión de dichos ecosistemas.

Estabilidad Política (S3)

Se aprecia un avance y esfuerzo institucional local y regional en torno a la gestión de los humedales, donde la Comisión Medioambiental de la Municipalidad Provincial de Pisco (CAR Pisco) funge como plataforma, en la que a pesar de diversos cambios políticos, se

continúa articulando a organizaciones estatales, cooperación internacional y sociedad civil para tratar acciones de gestión y conservación de los humedales de Pisco, mayormente centrados en los humedales adyacentes al litoral como los de Pisco Playa, por lo que se propone ampliar las áreas de sensibilización y trabajo hacia otros humedales de la provincia como San Clemente, Caucato, El Frontón, La Palma, Pozo hediondo, Costa Rica, Camacho, etc.

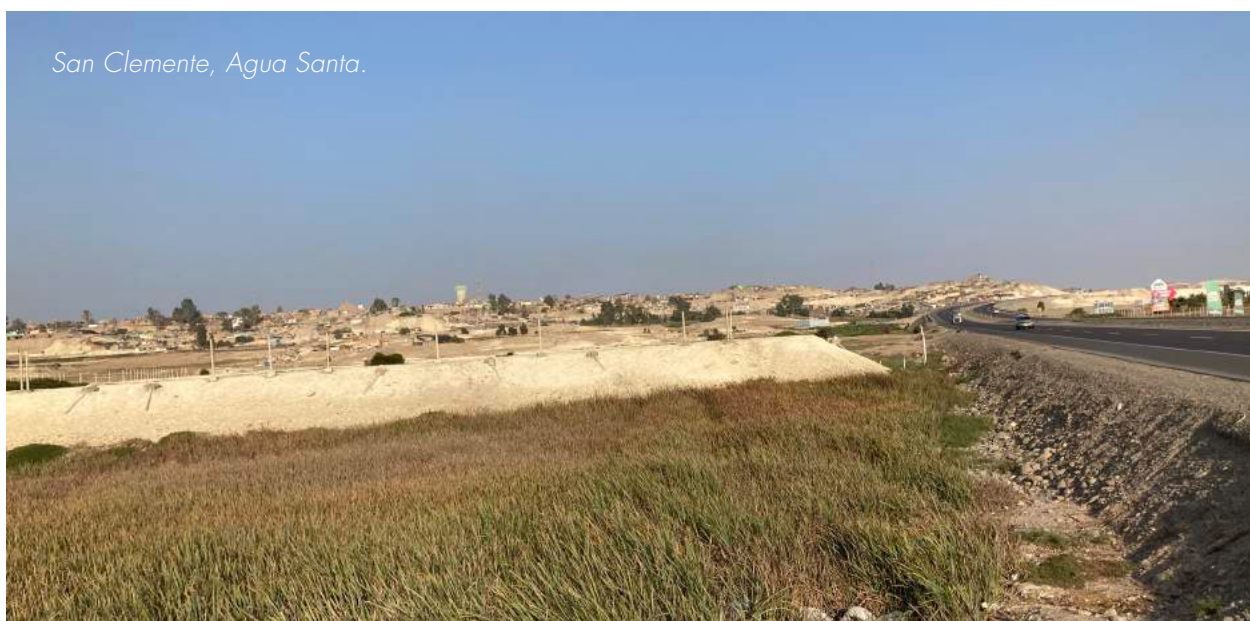
Algunos de los problemas identificados, y sobre los cuales coinciden varios funcionarios entrevistados, incluyen la excesiva rotación de personal operativo en algunas instituciones, así como la existencia de jefaturas como cargos de confianza en lugar de estar a cargo de técnicos especializados. En consecuencia, se generan diversas prácticas burocráticas que pueden impedir mantener una continuidad en algunos criterios de implementación y la gestión de los humedales.

Gobernanza cotidiana en los humedales costeros de Pisco

Una gestión sostenible de humedales costeros supone conocer los roles de los gobiernos locales en los procesos de gobernanza que influyen en su protección, y que deberían ser el soporte político para la articulación de los actores y fortalecer sus alianzas. Algunos enfoques de gestión señalan la importancia de la participación de los actores locales de forma directa. Islam et al. (2017) señalan que la gestión basada en la “comunidad costera” podría

⁶⁴ La convención RAMSAR fue aprobada en el Perú mediante Resolución Legislativa N°25353 del 23 de noviembre de 1991, entró en vigor el 30 de julio de 1992.

⁶⁵ De acuerdo con Lascombes & Le Gales (2014) se trata de “designar la acción realizada por la autoridad pública (sola o en asociación con el fin de tratar una situación percibida como problemática)”.



San Clemente, Agua Santa.

ser la mejor estrategia en la gestión integrada y su implementación, sumando que la comunidad costera indígena es respetuosa con el ambiente y una potencial fuente de activos intelectuales en la gestión del ambiente costero (Hidayati 2000; Islam et al. 2017).

En el ámbito político surgen y convergen opiniones, negociaciones, conflictos y acuerdos que tiene incidencia en la agenda pública, donde el Estado es central pues garantiza, legitima, controla y protege la distribución de recursos a través de sus órganos políticos administrativos. Así, el Estado se puede concebir como espacio de pugna entre grupos de poder e intereses al interior de la sociedad y puede cambiar de acuerdo con la correlación de fuerzas sociales que lo permean (Migdal 2010). Esto implica ver al Estado como una estructura compenetrada con la sociedad, como un aparato que ordena y legitima la asignación de diferentes recursos, entre ellos los humedales.

Gupta (2018) señala en sus estudios en la India, cómo para la mayoría de los ciudadanos, el contexto más inmediato para encontrarse con el Estado es proporcionado por sus relaciones con las burocracias gubernamentales en el ámbito local. Pone énfasis en las prácticas públicas locales y cómo las propias

oficinas de las distintas burocracias gubernamentales funcionan como sitios donde se intercambia información importante sobre el Estado y se forjan las opiniones acerca de las políticas o funcionarios. Por lo tanto, observar de cerca estos escenarios nos permite obtener una impresión del tejido de las relaciones entre los funcionarios de estado y sus clientes a nivel local (Gupta 2018: 83), y comprender de mejor manera como opera la gobernanza en la práctica a escala local.

La literatura sobre el “estado cotidiano” (Fuller & Bénéi 2001) ha mostrado que el Estado tiene una vibrante vida cotidiana propia, está compuesto por varios actores que tienen sus propias agendas, prácticas individuales de gobierno y diversas interacciones con los ciudadanos (Zimmer 2011: 9), donde la política pública más allá de la norma o leyes se entiende cómo “la suma de las prácticas individuales de los burócratas que interactúan con los ciudadanos de manera regular, y los conflictos de políticas se resuelven en estas interacciones (Lipsky 1980: xii; ibíd.: 3). Existe, pues, bajo la imagen unitaria del Estado, un “Estado de rutina” compuesto por una multiplicidad de “instituciones y formas de gobierno cotidianas” (Corbridge et al. 2005: 5; Oldenburg 2006: 207) que puede tomar expresiones muy localizadas. En consecuencia, el “Estado cotidiano”

se concibe como algo con lo que las personas mantienen relaciones íntimas y personales (Osella & Osella 2001: 157; Zimmer 2011: 24).

A nivel local hay usuarios y órganos del Estado que están muy presentes en la gestión de conflictos y usos del humedal, y en la Figura 5 se presenta una primera aproximación de un mapa de actores identificados. Vale la pena señalar que los actores estatales claves incluyen tanto a la Administración Técnica Forestales y De Fauna Silvestre (ATFFS) sede Chíncha Pisco, como a la sede central, que se encuentra en la ciudad de Ica.

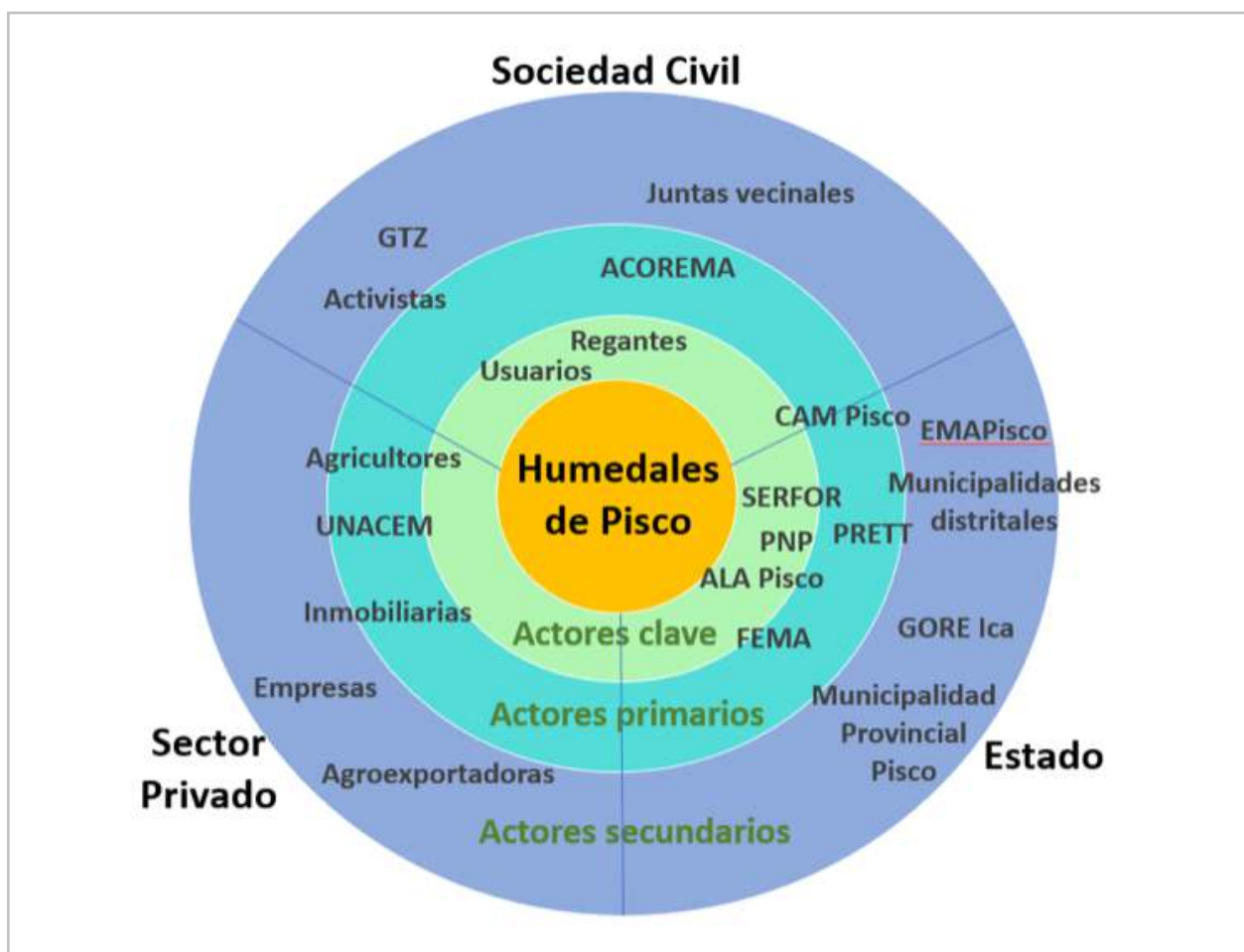


Figura 5. Mapa de actores de los humedales costeros de la provincia de Pisco. Elaboración propia.

La ATFFS Chíncha es la primera instancia a la que acuden los miembros de la asociación de extractores para solicitar sus permisos de aprovechamiento. El principal conflicto es la negación del permiso de aprovechamiento de recurso forestal no maderable, generalmente de totora, debido a la aparición de propietarios inscritos en registros públicos, cuyas áreas se superponen con el área de explotación solicitadas por los extractores, luego de la verificación del catastro. Aunque varios extractores han venido renovando sus permisos por décadas, la actual ley señala que la prioridad para el aprovechamiento la tiene el propietario del área circundante al humedal, según lo señalado por los funcionarios locales de SERFOR. Este avance en la titularidad en los últimos años y su inscripción en registros públicos, impide otorgar permisos y termina retirando a un importante usuario del humedal. Sin embargo, existe un numeral en la ley que señala que la negación del permiso ocurre cuando no hay acuerdo entre el usuario y el propietario.

No se ha identificado cual es la figura formal que evidenciaría ese acuerdo entre partes interesadas, por lo que existiría un espacio libre para la disyuntiva y jerarquización de derechos entre los funcionarios públicos locales, existiendo, además, diferencias generacionales. Los funcionarios más jóvenes, señalan que, por ser propiedad privada, no se pueden otorgar los derechos de aprovechamiento, y al ser cuestionados por la naturaleza de los humedales como bienes públicos estatales, se muestran de acuerdo. Sin embargo, se prioriza y prevalece el derecho de propiedad privada, al momento de asignar los derechos de aprovechamiento, aun cuando la asignación de dichas propiedades como privadas, sea relativamente reciente. También se identificó la existencia de una diferencia generacional importante, donde algunos funcionarios de ATFFS anteriores, y de mayor edad, señalan que establecían vínculos con varios actores para facilitar su trabajo y acceso al humedal, incidiendo en su carácter público respaldado por la ley. Además, fomentaban el desarrollo de canales informales que permitían el desempeño de sus funciones y acceso al humedal. En ambos grupos generacionales de funcionarios se identificaron acciones conjuntas con la policía y la fiscalía medioambiental.

El ALA Pisco es otro actor central en la gobernanza cotidiana de los humedales, especialmente cuando existe algún tipo de modificación de canales de drenaje o del humedal. Esta acción es denunciada por miembros de comités y/o juntas de usuarios de agua que tienen algún vínculo aguas arriba o abajo del humedal. Por ejemplo, han existido acciones de control del humedal y procesos sancionadores administrativos (PAS) a empresas de crianza de porcinos por el uso sin licencia, permiso o autorización de agua en el humedal El Frontón –ubicado en el distrito de Humay–, conflicto que incluso llegó al Tribunal de Controversias Hídricas de la Autoridad Nacional del Agua, con sede en Lima.

La Policía Nacional del Perú, a través de las comisarías es otro ente al que acuden los usuarios del humedal a denunciar la quema o la negativa de acceso de los propietarios de terrenos que rodean el humedal, y

dependerá de la logística disponible en ese momento para que un patrullero pueda acercarse a la zona en conflicto. El personal policial señala que no pueden ingresar en zonas señaladas como propiedad privada. Un actor más especializado en el tema ambiental es la Policía Ambiental de Paracas, que sin embargo no cuenta con vehículos asignados y solo disponen de personal mínimo, lo que dificulta la inspección sobre las denuncias que le llegan respecto a los humedales, señalando además que los principales conflictos tienen que ver con accesibilidad al humedal, quema de humedales y caza ilegal dentro de los humedales.

Cabe señalar que existen acciones de coordinación institucional entre la ATFF Sede Chincha⁶⁶ y Sede Central Ica y la Policía Medioambiental de Paracas. Algunos funcionarios señalaron que se dan acciones de coordinación de inspecciones entre el ATFF, la policía nacional o la policía medioambiental, el ALA Pisco y la Fiscalía especializada en lo Medioambiental (FEMA). Durante el trabajo de campo de agosto 2022, se presenció una inspección en el caso de humedal de Caucato tras una denuncia telefónica realizada por un usuario extractor a la ATFF sede Chincha sobre una posible infracción por quema de recursos forestales y cambio de uso. Allí, funcionarios de la ATFF sede Chincha y la policía medioambiental de Paracas realizaron un operativo inopinado en el sector de Caucato Bajo, evidenciándose la existencia de un canal de regadío de cauce alto con salida directa al mar, así como trabajos de sembrío de cultivos en un área donde se aprecian remanentes de totora semienterrada y remoción de suelo, lo que podría significar una modificación con fines de secado del humedal.

La teoría señala que los usuarios del recurso de uso común son los actores más interesados en mantenerlo y cuidarlo, en tanto que los recursos son un sustento de vida importante, en consecuencia, tienden a involucrarse en su cuidado (Ostrom 2007). En la Figura 6 se presenta un esquema comparativo en torno a la acción pública e interacciones ante la quema de humedales, un conocido y recurrente daño al ecosistema. La evidencia recogida muestra que un

⁶⁶ Acta de verificación N°100- 2022-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS ICA/Sede Pisco Chincha.

humedal que cuenta con usuarios puede tener un actor aliado, que comunique y gestione el cuidado del humedal ante las autoridades gubernamentales locales más cercanas, mientras que un humedal sin usuarios se encuentra en una situación más vulnerable. En consecuencia, es probable que el número de autorizaciones disminuya ante el avance de la titularidad y con ello que algunos usuarios extractores dejen de ser reconocidos formalmente como usuarios del humedal. Los propietarios circundantes al humedal son actores que tienen un mayor incentivo de mercado para la comercialización y uso de suelo para uso agrícola o urbano, mas no para su conservación, lo que puede promover su relleno y secado.



Figura 6. Interacciones ante la quema de un humedal observadas en las salidas de campo en Pisco durante los años 2021 y 2022. Elaboración: M. Mendoza.

Discusión

La sostenibilidad ambiental requiere de sistemas de gobernanza que involucren a todos los usuarios y se creen espacios que brinden oportunidades de participación. Existe un fuerte impulso de las políticas gubernamentales internacionales y nacionales para la protección de los humedales bajo el Convenio de Humedales (Ramsar). Sin embargo, la implementación de estas políticas y guías es todo un reto para la gestión pública local. Si bien existe un avance en el desarrollo de normativas centrales para guiar la gestión local de los humedales, por

ejemplo, con el Decreto Supremo 006-2021-MINAM, su gestión está fragmentada y sectorizada, cada institución gubernamental recibe competencias definidas hacia la implementación de estas políticas, pero se requiere un abordaje de sistema integrado.

Esta falta de una mirada integral permite que el grueso de actividades se centre y limite en ciertos humedales específicos, dejando fuera a varios humedales importantes que deberían protegerse. Una mirada desde SES, paisaje y/o corredor ecológico, tomaría en cuenta cada humedal costero como parte de un sistema mayor, lo que no implica desconocer el aporte individual de los humedales a la cuenca baja del río Pisco. Por ello, las prácticas de protección, conservación y/o compensación, aunque se limitan a humedales específicos –principalmente del litoral– deben considerar que la función acumulativa de todos los humedales de una cuenca hidrográfica puede ser diferente de la función aditiva de los humedales individuales en sí mismos (Johnston 1993:105). Específicamente, Johnston (1993) ha mostrado que la posición del paisaje y el almacenamiento hidrológico son más importantes que el tamaño o la extensión del humedal para determinar su contribución.

Si bien la gestión de humedales costeros muestra una sectorización con fronteras administrativas y/o políticas, ello no impide acciones de coordinación interinstitucional y promover un marco de buena gobernanza en un contexto de crisis tras la pandemia, que considere los impactos de las decisiones para la reactivación económica que demandan más recursos naturales y flexibilizan la normativa ambiental. Sin embargo, también hay ciertos vacíos como las actividades de restauración que son prácticamente nulas, y las sanciones económicas a los infractores no consideran acciones de remediación de humedales ni esquemas de financiamiento para los esfuerzos de reconexión y restauración de humedales costeros. No existe claridad sobre qué entidad debería asumir un proceso de remediación, por lo que cambios dramáticos –incluyendo el drenado y relleno– en los humedales costeros de Pisco son irreversibles.

Se requiere promover una valorización de los beneficios del humedal más allá de su belleza

paisajística. Los humedales costeros son importantes no solo por sus servicios ecosistémicos, sus funciones hidrológicas y/o de barrera ante desastres, sino también como un componente clave del ecosistema total compuesto por la cuenca fluvial, el río, el estuario y las aguas costeras. Por lo tanto, un enfoque de ecohidrología podría integrar la gestión de varios tipos de ecosistemas (Wolanski y Elliott 2015; Hopkinson et al. 2019). Living shoreline o “costas vivas” es un enfoque adoptado por administradores de recursos costeros y grupos ambientalistas que busca la estabilización de las costas incorporando vegetación o hábitats naturales (NRC 2007; Currin et al. 2010; NOAA 2015), y es una alternativa a las estructuras tradicionales endurecidas como mamparas, revestimientos y rompeolas que podrían tener graves impactos en los hábitats estuarinos, la función del ecosistema y el deseo de conservar el hábitat de los humedales amenazados por el aumento del nivel del mar y las costas (Arkema et al. 2013; Sutton-Grier et al. 2015; Currin 2019: 1024).

El desarrollo de la urbanización y el mercado de suelo inmobiliario en los litorales costeros sumado al desarrollo de suelo para proyectos de agroexportación son tensores ambientales vinculados a procesos globales con una expresión local en Pisco. Estos procesos se desarrollan tan rápidamente que la velocidad de la explotación de los recursos abruma la capacidad de respuesta de las instituciones locales. Se registraron diferentes niveles de aprovechamiento en los humedales, donde los procesos de expansión urbana y agrícola descritos promueven una competencia entre usuarios, que puede excluir a los usuarios locales y afectar seriamente la sostenibilidad de los humedales. Por ello, es central que el Estado los considere como ecosistemas frágiles y promueva una gobernanza equitativa entre todos sus usuarios, considerando también los requerimientos de la flora, fauna y caudales ecológicos.

Existe cierto liderazgo local entre usuarios extractores que han adquirido un conocimiento efectivo sobre el sistema de recursos y unidades de recursos que utilizan, concretamente la extracción de totora, junco y caña, que por sus atributos biológicos, permiten su renovación. Esta comercialización es parte de la

economía familiar que realiza ventas de fibra vegetal para pesquería, esteras y/o artesanía, y algunas de las familias se dedican al tejido, especialmente las mujeres. Por ley, la ATFFS regula su extracción por los usuarios, y en el proceso sus funcionarios y los usuarios de totora, caña y junco desarrollaron reglas y normas de extracción que han contribuido a la vigilancia y monitoreo de los humedales, y son usualmente estos quienes denuncian ante las autoridades la invasión, remoción de tierras y quemas en los humedales.

La supervisión y el cumplimiento autoorganizados desempeñan repetidamente un papel importante en la explicación de los esfuerzos exitosos de acción colectiva. Los usuarios con un interés a largo plazo en la sostenibilidad de un sistema de recursos en particular tienen más probabilidades de invertir en reglas y normas relacionadas con el uso, la tecnología y en generar información útil sobre las condiciones de los recursos y las estrategias de todos los usuarios. Sin embargo, avanzan los sistemas de derechos de propiedad privada en áreas que contienen los humedales y despliegan diversas marcas como formas de identificar la propiedad privada lo que impide su protección estatal. Ello podría impedir la renovación de las autorizaciones de extracción de los usuarios, con lo cual los humedales quedarían sin vigilancia.

Si bien la constitución garantiza el derecho a la propiedad privada, también señala en su artículo 66 que: "Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento". El artículo 67 señala que: "El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales". Los humedales proveen diversos servicios ecosistémicos que deben protegerse, especialmente en la costa peruana donde se asienta el grueso de la población del país. Además, prevenir los efectos del cambio climático requiere la protección de estos ecosistemas que posibilitan la existencia de la flora y fauna y son un medio de vida para los peruanos.

La CAM Pisco es el espacio más importante y con mayor potencial para la coordinación y trabajo intersectorial hacia una gestión sostenible y equitativa de los humedales de Pisco. Por ello, se sugiere continuar con sus actividades de redes con las municipalidades distritales, PRETT, FEMA, juntas de usuarios y comisiones de regantes, la Policía de Pisco y Chincha, debido a su importancia de facto en la gobernanza cotidiana de los humedales. Así como la inclusión de sus usuarios como los extractores de totora, las asociaciones de vivienda, ganaderos, etc.

Referencias

Abrams, P., Gupta, A., & Mitchell, T. (2015). Antropología del estado. Fondo de Cultura Económica.

Arias Ordonez, Priscila Jackeline & Mazina, Svetlana & Kharlamova, Marianna & Kurbatova, Anna. (2020). Hygienic Assessment Of The Wetland La Tembladera (Ecuador). Section Ecology and Environmental Protection Sanitary. DOI 10.5593/sgem2019/5.2.

Autoridad Nacional del Agua. (2022). Implementación del Modelo SWAT en la Cuenca del Río Pisco (p. 114). Lima, Perú. Recuperado en: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/5209>

Baztan, J., Chouinard, O., Jorgensen, B., Tett, P., Vanderlinden, J. P., & Vasseur, L. (2015). Coastal Zones Solutions for the 21st century. In J. Baztan, O. Chouinard, B. Jorgensen, P. Tett, J. P. Vanderlinden, & L. Vasseur (Eds.), Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1748-0132\(08\)70028-8](https://doi.org/10.1016/S1748-0132(08)70028-8)

Barreto, Giovanna & Di Domenico, Maikon & Medeiros, Rodrigo. (2020). Human dimensions of marine protected areas and small-scale fisheries management: A review of the interpretations. *Marine Policy*. 119, 104040. DOI 10.1016/j.marpol.2020.104040.

Blankespoor, B., Dasgupta, S., & Laplante, B. (2014). Sea-level rise and coastal wetlands. *Ambio*, 43(8), 996–1005. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0500-4>.

Bianconi, A.L; Volpedo, A.V; Fernández Cirelli, A. (2005). Las funciones en humedales costeros de la misma latitud (26°- 36°S): tres casos de estudio. CYTED, Programa de Interculturalidad UCHILE. Chile.

Cintrón, G., & Schaeffer-Novelli, Y. (1983). Introducción a la ecología del manglar. Montevideo, Uruguay: ROSTIAC.

Currin, C. A. (2019). Living Shorelines for Coastal Resilience. In *Coastal Wetlands* (pp. 1023- 1053). Elsevier.

De Andrés, M., Muñoz, J. & García Sanabria, J. (2017). Relationships between coastal urbanization and ecosystems in Spain. *Cities*. 68. (8-17). DOI .1016/j.cities.2017.05.004.

DE SOUSA, Ricardo da Cruz; MIRANDA, Olga Lopes. (2018). Incorporating wetlands in hydrologic and hydraulic models for flood zone delineation: An application to Durán, Ecuador. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 28, p. 375-383.

Din, Ndongo & Ngo massou, Vanessa & Essome Koum, Guillaume & Ndema-Nsombo, Eugene & Kotte Mapoko, Ernest & Nyamsi Moussian, Laurant. (2017). Impact of Urbanization on the Evolution of Mangrove Ecosystems in the Wouri River Estuary (Douala Cameroon). DOI 10.1007/978-3-319-56179-0_3.

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C. Ramankutty, N., & Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570–574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>

Islam, Shafi & Reinstädler, Sandra & Gnauck, Albrecht. (2017). Degraded Coastal Wetland Ecosystems in the Ganges-Brahmaputra Rivers Delta Region of Bangladesh. 10.1007/978-3-319-56179-0_6.

Islam, Shafi & Yahya, Umar. (2017). Impacts of Coastal Land Use Changes on Mangrove Wetlands at Sungai Mangsalut Basin in Brunei Darussalam. Doi 10.1007/978-3-319-56179-0_4.

Lagos, Nelson A., Labra, Fabio A., Jaramillo, Eduardo, Marín, Andrés, Fariña, José Miguel, & Camaño, Andrés. (2019). Ecosystem processes, management and human dimension of tectonically-influenced wetlands along the coast of central and southern Chile. *Gayana (Concepción)*, 83 (1), 57-62. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382019000100057>.

Lascoumes, P., & Le Galès, P. (2014). Sociología de la acción pública (p. 142). El Colegio de México.

Leehsueh, Lee (2017). Ecological Aesthetics Perspective for Coastal Wetland Conservation. En Finkl, Charles & Makowski, Christopher, Coastal Wetlands: Alteration and Remediation. (Pp. 455-478). Coastal Research Library 21, DOI 10.1007/978-3-319-56179-0_15.

Luna Quevedo et al (2006). Conservación y Manejo de Humedales Costeros de la Comuna de Coquimbo, Chile: experiencias y aprendizajes de un modelo de intervención en la Costa Pacífico Sudamericana. Taller Internacional CONyMA. Mexico. <http://hdl.handle.net/1834/2087>

Martínez, Carolina & Cienfuegos, Rodrigo & Inzunza, Simón & Urrutia, Alejandro & Guerrero, Nikole. (2019). Worst-case tsunami scenario in Cartagena Bay, central Chile: Challenges for coastal risk management. Ocean & Coastal Management. DOI 10.1016/j.ocecoaman.2019.105060.

Matos Mar, Jose (2016). Perú: estado desbordado y sociedad nacional emergente. Lima: Universidad Ricardo Palma. Centro de Investigación.

MINAM 2013. La Convención Ramsar en el Perú. Archivo. Recuperado el 25 de septiembre del 2022, de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/11928/La-Convenci%C3%B3n-RAMSAR.pdf?v=1530548063>

Navarrete Yáñez, Bernardo, & Figueroa Rubio, Pamela. (2013). Los problemas de la implementación top-down a nivel local: Un estudio de caso sobre seguridad ciudadana. Documentos y aportes en administración pública y gestión estatal, (20), 81-109. Recuperado el 20 de septiembre de 2022, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-37272013000100003&lng=es&tlng=es.

Novoa, Vanessa & Rojas, Octavio & Ahumada-Rudolph, Ramón & Saez, Katia & Fierro, Pablo & Rojas, Carolina. (2020). Coastal Wetlands: Ecosystems Affected by Urbanization?, Water 12, no. 3: 698. <https://doi.org/10.3390/w12030698> Pauchard A., Aguayo M., Peña E., Urrutia R. (2006). Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile), Biological Conservation, Volume 127, Issue 3, Pages 272-281. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.05.015>.

Ostrom, E. (2007). A diagnostic approach for going beyond panaceas. Proceedings of the national Academy of sciences, 104(39), 15181-15187.

Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social Ecological Systems. Science, 325(July), 419-422.

Piñones Cañete C, Zuleta Ramos C, Alfaro Rodríguez L & Bravo Naranjo V (2016) Diálogo intergeneracional en torno a las aves: análisis de su potencial para la educación ambiental y conservación del sitio Ramsar las Salinas de Huentelauquén (Coquimbo, Chile). Boletín Chileno de Ornitología 22(1): 107-119.

Ramsar (2009). Documento informativo Ramsar No. 2 ¿Qué es la Convención de Ramsar sobre los Humedales? Recuperado en: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/info2007sp-02.pdf>

Ramasamy Manivanan (2017). Coastal Wetland Restoration: Concepts, Methodology, and Application Areas Along the Indian Coast. En Finkl, Charles & Makowski, Christopher, Coastal Wetlands: Alteration and Remediation. (Pp. 437-454). Coastal Research Library 21, DOI 10.1007/978-3-319-56179-0_14.

Robertson, M., Galatowitsch, S. M., & Matthews, J. W. (2021). Wetland Compensation and Landscape Change in a Rapidly Urbanizing Context. *Environmental management*, 67(2), 355- 370.

Rojas, Octavio & Zamorano, María & Saez, Katia & Rojas, Carolina & Vega Alay, Claudio & Arriagada, Loretto & Basnou, Corina. (2017). Social Perception of Ecosystem Services in a Coastal Wetland Post-Earthquake: A Case Study in Chile. *Sustentabilidad* 9, no. 11: 1983. <https://doi.org/10.3390/su9111983>.

Rosa-Velázquez, Mayra Isabel de la, & Ruiz-Luna, Arturo. (2020). Valoración social de los servicios ecosistémicos de humedales costeros: estado actual y perspectivas. *Acta biológica colombiana*, 25 (3), 403-413. Epub 16 de diciembre de 2020. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n3.80387>.

Zimmer, A (2011). Thesis: "Everyday governance of the waste waterscapes". Universität Bonn.

SEXTA PARTE

ANEXO 1: ANÁLISIS TEMPORAL DE LA VEGETACIÓN EN LOS HUMEDALES DE PISCO



Anexo 1. Análisis temporal de la vegetación en los humedales de Pisco

Resumen

Se realizó el análisis de la variación de salud vegetal en los humedales de Pisco haciendo uso de la técnica de teledetección, que incluyó el cálculo del índice NDVI y extracción de series de tiempo a partir de imágenes satelitales LandSat (TM, ETM+ y OLI), para el periodo 1985-2021, utilizando la plataforma del Google Earth Engine (GEE) para la integración de datos. Si bien en promedio los resultados mostraron una tendencia positiva del índice de vegetación a lo largo del periodo de tiempo analizado, también se detectaron continuas fluctuaciones en sus tendencias en subperiodos de análisis, que cambiaron de positivas a negativas, y viceversa, mostrando tanto la fragilidad del ecosistema ante cambios geofísicos y/o antrópicos, como su capacidad de recuperación; sin embargo son necesarios estudios complementarios que permitan explicar los factores que generaron dichos cambios

Introducción

Estudios recientes indican que tanto la extensión como la calidad de los humedales a nivel mundial ha disminuido en los últimos años, y que la pérdida de área de este ecosistema llegaría hasta un 40% en los últimos cuarenta años, siendo la principal y más visible consecuencia la reducción de los servicios ecosistémicos que los humedales brindan a la sociedad (Gardner et al. 2015; Leadley et al. 2014). Medir estos cambios con los métodos tradicionales de cartografiado y monitoreo de los humedales requiere de tiempo y extensos trabajos de campo, con la limitación de no permitir detectar cambios en grandes extensiones de superficie (Ghosh et al. 2016). Por esta razón, la técnica de teledetección surge como una alternativa viable que proporciona datos para el monitoreo del uso y cambios de la cobertura de la tierra en tiempos cercanos al tiempo real para diferentes escalas y resoluciones (Wang et al. 2018). La serie de datos de imágenes LandSat, en conjunto con la plataforma de computación en la nube, proporciona una gran capacidad de información para el monitoreo y análisis de los cambios de la tierra en la superficie terrestre empleando para ello imágenes de varios petabytes (Gorelick et al. 2017).

Para el análisis de temporal de la vegetación en los humedales de Pisco se integraron los datos disponibles de la serie LandSat (TM, ETM+ y OLI) en la plataforma del Google Earth Engine (GEE), correspondiente al periodo 1985-2020. A partir de la información generada se extrajo el Índice de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés), el cual permitió realizar un análisis temporal del humedal proporcionando información de la salud vegetal y la actividad fotosintética existente.

Palabras clave: Teledetección, ecosistema, serie de tiempo.

Zona de estudio, materiales y métodos

Para el análisis temporal de la vegetación se tomó como zona de estudio cinco sectores de los humedales costeros de Pisco: Pisco Playa Norte, Pisco Playa Sur, San Clemente 1, San Clemente 2 (sector Agua Santa) y San Clemente 3, debido a que, por su gran extensión, posibilitaba el uso de imágenes satelitales LandSat con la metodología planteada; existía la disponibilidad de los polígonos (shape files) en esos sectores; y finalmente, por ser los humedales más cercanos a Pisco y San Clemente, las principales ciudades de la zona, por lo que se consideró

como mayores receptores de presión antrópica en comparación con otros sectores. La zona de estudio se muestra en la Figura 1, elaborada a partir de la media de 1800 imágenes del índice de vegetación de datos LandSat para el periodo 1986-2020, que permiten apreciar una distinción entre los valores desde el color amarillo que corresponde a cobertura vegetal, hasta el color rojo que vendría ser cuerpo de agua y suelo desnudo, mientras que el color verde representa aquellas zonas de mayor densidad vegetal.

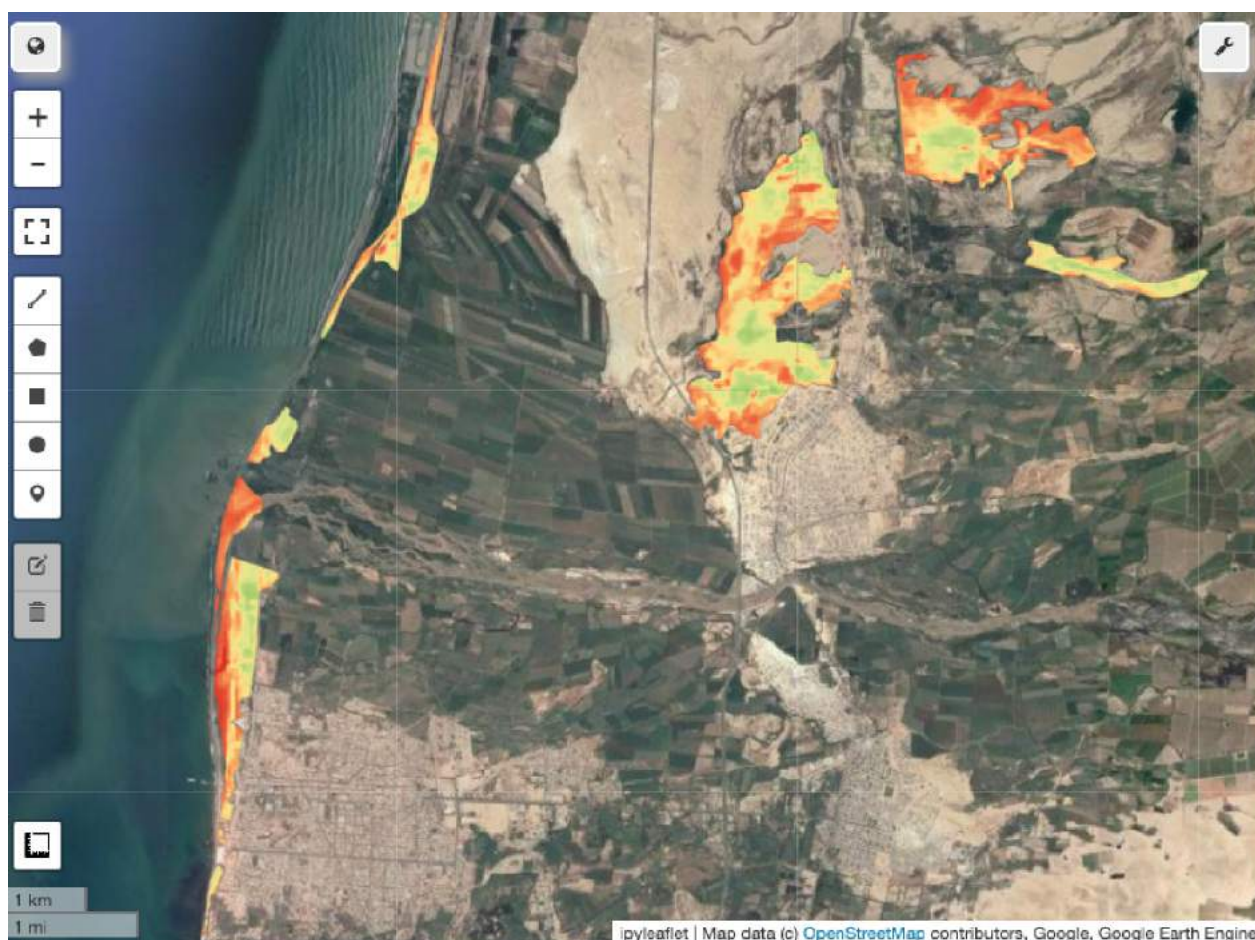


Figura 1. Zona de estudio, mostrando la media de imágenes del índice de vegetación de datos LandSat para el periodo 1986-2020: color amarillo = cobertura vegetal; color rojo = cuerpos de agua y suelo desnudo; color verde más oscuro = zonas de mayor densidad vegetal. Elaboración propia.

Set de datos y procesamiento

Índice de vegetación

Los índices de vegetación son transformaciones matemáticas de las bandas espectrales sometidas a correcciones radiométricas y atmosféricas para un mejor resultado en comparación a los originales captadas por el sensor remoto y es calculado mediante la Ecuación (1) (Chen et al. 2005).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde, ρ_{NIR} y ρ_R son las reflectancias en el infrarrojo cercano y el rojo. Los valores que adopta el NDVI se encuentran en el rango de -1 a +1. Los valores de NDVI en el rango 0,2 – 0,8 corresponden a suelos con alta densidad y vigor vegetal, mientras que valores de 0 a 0,2 son suelos desnudos a suelo con vegetación rala y los valores negativos corresponden a superficies sin cobertura vegetal, pudiendo referirse a cuerpos de agua, nieve y/o nube (Sobrino 2000).

Para realizar la serie de tiempo del índice NDVI con los datos del satélite LandSat se emplea la Ecuación (1), para la cual se seleccionó los datos disponibles en la plataforma del GEE de la serie de datos de los sensores TM, ETM+ y OLI, correspondiente a los Satélites LandSat 5, 7 y 8 respectivamente. Estos datos corresponden a imágenes producto reflectancia de superficie corregida atmosféricamente, están compuestos de las bandas visible, infrarrojo y térmico, y se utilizaron aquellos que permiten calcular el NDVI mediante la Ecuación (1) y tienen una resolución espacial de 30 metros. Para la generación del NDVI los datos que se encuentran en la plataforma GEE fueron filtrados mediante la máscara de nube, sombra y saturación por píxel (USGS 2020a).

Serie temporal

Las series de tiempo (ST) son un conjunto de observaciones sobre valores que toma una variable en diferentes momentos del tiempo. Los datos se pueden comportar de diversas maneras en el tiempo, como tendencia, ciclo y podrían tener una forma aleatoria o variar estacionalmente (Ríos 2008). Las ST caracterizan la dinámica de la vegetación en diferentes escalas de tiempo, distinguiendo las modificaciones que ocurre en la salud vegetal (MINAM 2014).

Las ST fueron descompuestas en tendencia, estacionalidad y efecto aleatorio, lo que permitirá visualizar y analizar las fechas de ocurrencia de cambios y tendencias de los valores del índice de vegetación. Este proceso de descomposición se realizó empleando una librería del software R.

Procesamiento mediante Google Earth Engine

Google Earth Engine (GEE) es una plataforma de computación en la nube para análisis de datos geoespaciales. Se puede acceder de manera gratuita a un conjunto de datos producto de imagen satelital en conjunto, con la capacidad de procesarlos de manera rápida a través de la paralización masiva (García et al. 2018). El catálogo de datos del GEE incluye datos de toda la serie LandSat procesada por la USGS, y además incluye el set de datos producto MODIS, entre otros datos. En este trabajo los datos requeridos fueron de la serie LandSat.

Por otro lado, el motor de computación de GEE ofrece dos interfaces de aplicación para programar⁶⁷, o API por sus siglas en inglés: JavaScript y Python, los cuales permiten desarrollar los algoritmos de automatización. Para el presente estudio se seleccionó la API de Python, ya que permite usar funciones propias de Python para la visualización y análisis de los resultados a través de Notebooks creados en VisualCodeStudio⁶⁸.

⁶⁷ En la actualidad también se ha desarrollado un API en R.

⁶⁸ <https://code.visualstudio.com>

Tendencias lineales

Existen varios métodos para estimar una tendencia, siendo una de ellas la regresión lineal, pero también se podría emplear regresiones como la cuadrática, logística, exponencial, entre otras. Una manera de apreciar la tendencia es suavizando la serie, y, de acuerdo con Ríos (2008), definir a partir de la serie observada una nueva serie que suavice los efectos ajenos a la tendencia como estacionalidad y efectos aleatorios, de tal manera que sea posible visualizar la tendencia. El análisis de la pendiente en una regresión lineal proporciona información del incremento paulatino o decremento de valores en la serie de tiempo. De esta forma para el caso de las ST del NDVI, una pendiente positiva significa un incremento en la actividad fotosintética, una pendiente negativa significa una disminución y una pendiente aproximada a cero resultaría en una posible estabilidad de la vegetación.

Resultados

Con el objetivo de identificar la respuesta temporal de la cobertura vegetal presente en el periodo 1985-2021 se trabajó en la preparación de las series de tiempo del índice de vegetación (IV) obtenidas a partir de datos imagen LandSat, donde los datos originales fueron sometidos a un proceso de filtrado. Este proceso dio como resultado las series de tiempo de la actividad fotosintética mostradas a continuación, donde la línea de tendencia (en color rojo), indica el incremento o disminución de la actividad fotosintética año a año. En el caso de

los humedales de Pisco Playa Norte (Figura 2a), si bien se aprecia una tendencia ligeramente positiva considerando el periodo total, también se identifican fuertes caídas en el índice de vegetación durante los años 1990 y 1996, y una prolongada caída entre los años 2010 al 2015, cuando empieza una recuperación con un pico en el año 2019. Mientras tanto, en Pisco Playa Sur se aprecia una tendencia positiva más estable, observándose solo una fuerte caída durante el año 1996.

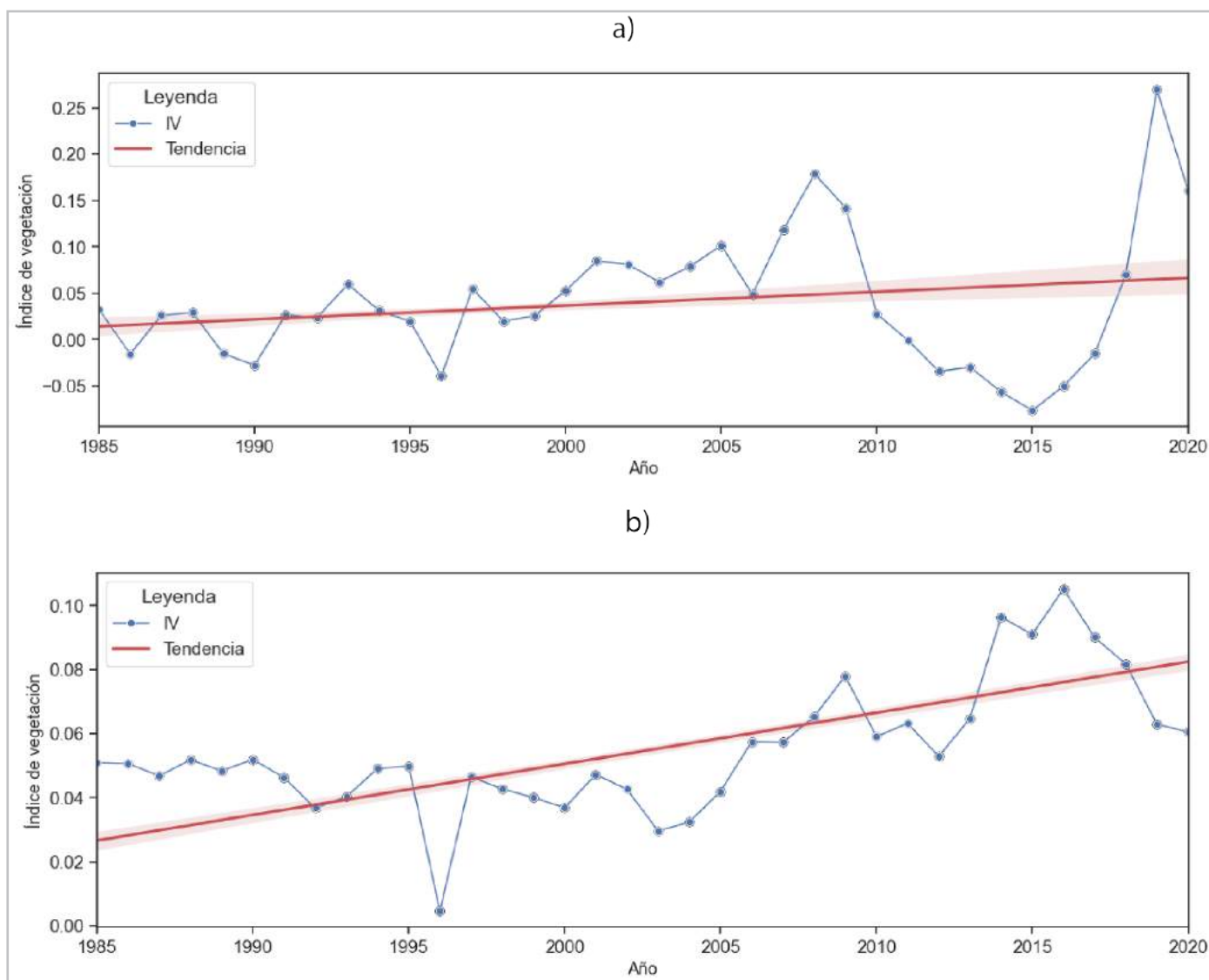


Figura 2. Serie de tiempo del índice SAVI para el intervalo de años 1985-2020 obtenido a partir de los datos imagen LandSat. a) Pisco Playa Norte y b) Pisco Playa Sur. La recta de color rojo representa la tendencia lineal positiva.

En San Clemente 1 (Figura 3a) se observa una declinación del índice de vegetación que empieza en 1986 y se extiende hasta el 2006 –observándose el punto más bajo durante ese año–, cuando empieza una marcada recuperación, aunque con bajones durante los años 2012 y 2017. Para el caso de San Clemente 2 –sector Agua Santa, se observa una ligera tendencia negativa, probablemente debido a que en esta zona existe mayor presión antrópica por su cercanía a zonas urbanas. Finalmente, para el caso de San Clemente 3 también se aprecia una tendencia positiva, aunque con caídas en los valores del índice de vegetación durante los años 1992, 2011 y 2017.

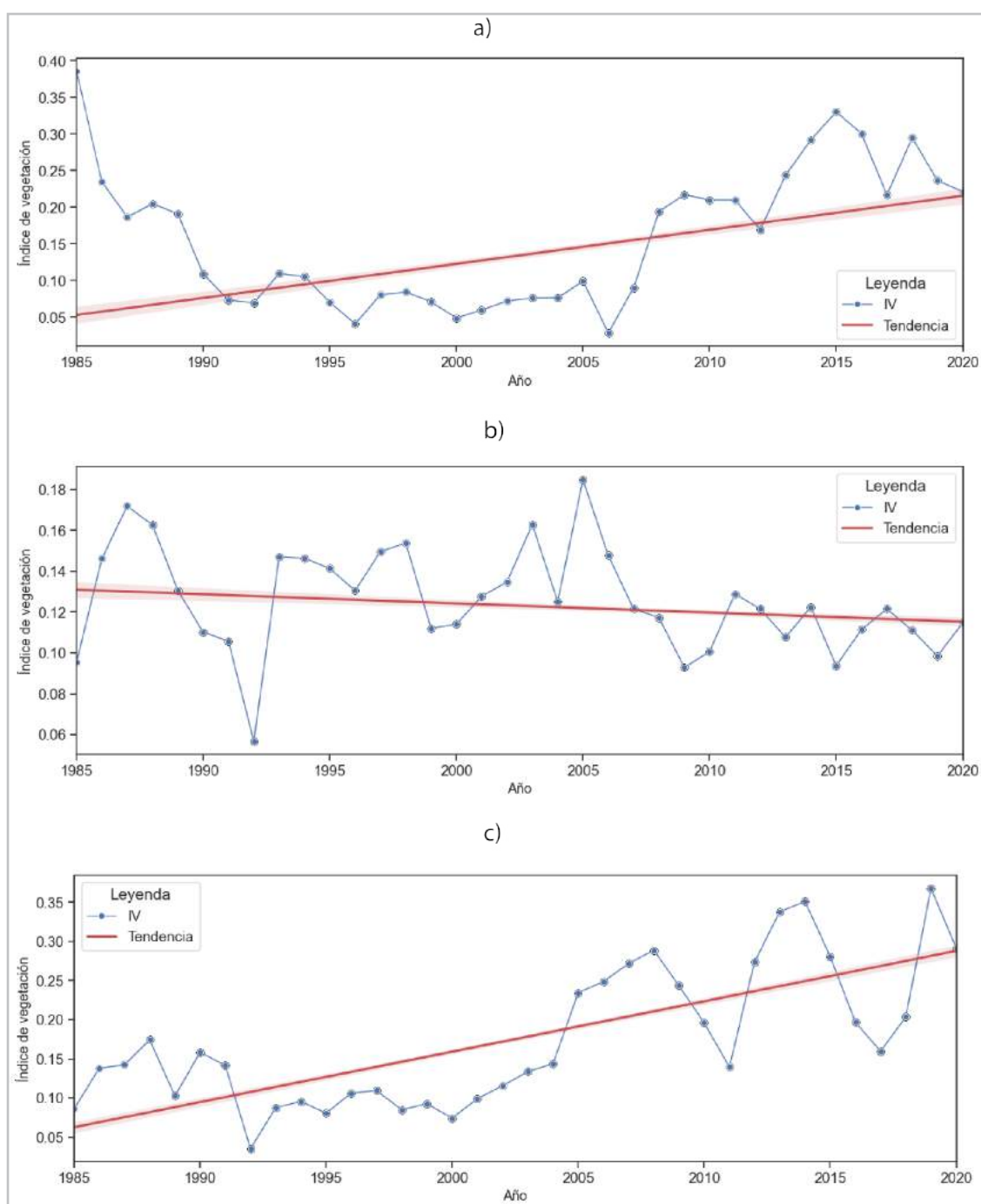


Figura 3. Serie de tiempo del índice NDVI para el intervalo de años 1985-2020 obtenido a partir de los datos imagen LandSat. a) San Clemente 1, b) San Clemente 2 – sector Agua Santa, y c) San Clemente 3. La recta de color rojo representa la tendencia lineal.

Los datos de precipitación disponibles⁶⁹ no permitieron inferir en qué grado los cambios en la salud vegetal (actividad fotosintética) dependen de la precipitación en la cuenca.

⁶⁹ Estación Hacienda Bernalles (www.gob.pe/senamhi).

Conclusiones

El análisis de las tendencias temporales del índice NDVI –derivado de los datos imagen LandSat– permitió observar los cambios en las tendencias de la salud de la vegetación en los humedales costeros de Pisco, utilizando como proxy la actividad fotosintética, concluyéndose que en el intervalo de tiempo analizado (1985-2020), si bien a nivel general la salud vegetal de los humedales en su conjunto se habría mantenido relativamente estable a lo largo del periodo de estudio, las continuas fluctuaciones en sus tendencias en periodos más cortos de análisis, que cambiaron de positivas a negativas, y viceversa, muestran tanto la fragilidad del ecosistema ante cambios geofísicos y/o antrópicos, como su capacidad de recuperación.

Los datos disponibles de precipitación no permitieron inferir en que grado los cambios en la actividad fotosintética dependen de la precipitación en la cuenca, y son necesarios estudios complementarios que permitan explicar los factores que generaron dichos cambios, así como evaluar la pérdida total de grandes extensiones del sistema debido a la construcción de grandes obras de infraestructura, la presión de la agroindustria y el crecimiento urbano.

Referencias

Chen, X., Vierling, L., Deering D. y Conley A. (2005). Monitoring boreal forest leaf area index across a Siberian burn chronosequence: a MODIS validation study. *International Journal of Remote Sensing*. 26, 24, pp.5435 – 5436.

García, M., Gómez, L., Amarós, J., Muños, J., Camps, G. (2018). Multitemporal cloud masking in the Google Earth Engine. *Remote Sens.* 10, 1079. doi: 10.3390/rs10071079

Gardner, R.C., Barchiesi, S., Beltrame, C., Finlayson, C.M., Galewski, T., Harrison, I., Paganini, M., Perennou, C., Pritchard, D.E., Rosenqvist, A., and Walpole, M. (2015). State of the World's Wetlands and their Services to People: A compilation of recent analyses. Ramsar Briefing Note no. 7. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat. Recuperado de: <https://www.ramsar.org/es/documento/nota-informativa-7-estado-de-los-humedales-del-mundo-y-de-los-servicios-que-prestan-a-las>

Ghosh, S., Mishra, D.R., Gitelson, A. A. (2016). Long-term monitoring of biophysical characteristics of tidal wetlands in the northern Gulf of Mexico - a methodological approach using MODIS. *Remote Sens. Environ.* 173, 39–58. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.11.015>.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R. (2017). Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sens. Environ.* 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.

Leadley, P. W., Krug, C. B., Alkemade, R., Pereira, H. M., Sumaila U. R., Walpole, M., Marques, A., Newbold, T., Teh, L. S. L, van Kolck, J., Bellard, C., Januchowski-Hartley, S. R., & Mumby, P. J. (2014). Progress towards the Aichi Biodiversity Targets: An assessment of biodiversity trends, policy scenarios and key actions (CBD Technical Series No. 78). Montreal, Canada: Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-78-en.pdf>

MINAM (2014). Estudio para la identificación de las áreas degradadas y propuesta de monitoreo. Dirección de Ordenamiento Territorial Ambiental.

Ríos, G. (2008). Series de tiempo. Universidad de Chile, Departamento de ciencias de la computación.

Sobrino, J. (2000). Teledetección. Guada Impresiones, España, Guada impresiones S.L, 467 páginas.

United States Geological Survey – USGS (2020a). Landsat Surface Reflectance Quality Assessment. Recuperado de: https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-surface-reflectance-quality-assessment?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con

United States Geological Survey – USGS (2020b). MOD13Q1 v006 - MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250 m SIN Grid - Description. Recuperado de: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13q1v006/>

Wang, X., Xiao, X., Zou, Z., Chen, B., Ma, J., Dong, J., Doughty, R.B., Zhong, Q., Qin, Y., Dai, S., Li, X., Zhao, B., Li, B., Qiaoyan, Z., Qin, Y., Dai, S., Li, X., Zhao, B., Li, B. (2018). Tracking annual changes of coastal tidal flats in China during 1986–2016 through analyses of Landsat images with Google Earth Engine. *Remote Sens. Environ.*, 110987. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.11.030>.



IGP

Instituto
Geofísico
del Perú

ISBN: 978-612-47606-9-3



9

7 8 6 1 2 4 7 6 0 6 9 3

© Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz N° 169, Urb. Mayorazgo,
IV Etapa. Ate, Lima, Perú
Central Telefónica: (511) 317-2300
<http://www.igp.gob.pe>
<http://www.facebook.com/igp.peru>
http://twitter.com/igp_peru