

# Evaluación multitemporal de la superficie del humedal Huacho-Hualmay-Carquín entre los años 1986 y 2019

## Multi-temporal evaluation of the surface of the Huacho-Hualmay-Carquín wetland, between the years 1986 and 2019

Aarón Iván Hoyos Gonzales<sup>1,2\*</sup>, Norma Luz Quinteros Camacho<sup>1</sup>, Mirton Enrique Crisólogo Rodríguez<sup>1</sup>

1 Facultad de Ingeniería Agraria de la Universidad Católica Sedes Sapientiae. Lima, Perú.  
2 Red Guardianes de los Humedales. Lima, Perú.



**Citar como:** Hoyos Gonzales *et al.* (2022). «Evaluación multitemporal de la superficie del humedal Huacho-Hualmay-Carquín entre los años 1986 y 2019». *South Sustainability*, 3(1), e053. <https://doi.org/10.21142/SS-0301-2022-e053>

Artículo recibido: 22/2/2022  
Arbitrado por pares  
Artículo aceptado: 11/4/2022



© Los autores, 2022. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

\* E-mail de correspondencia:

aaronhoyos.gonzales@gmail.com

### RESUMEN

En la provincia de Huaura existen varios humedales costeros; uno de ellos es el humedal Huacho-Hualmay-Carquín, que se distribuye a lo largo de los distritos que le dan el nombre. Este humedal, a pesar de ocupar un espacio en la zona costera de Huacho y ser de fácil acceso, cuenta con pocos estudios sobre sus características biológicas y sobre los cambios que ha tenido su superficie con el transcurso de los años. Ello motivó el interés por estudiar ese último aspecto. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la variación de la superficie del humedal de 1986 a 2019. Para ello se emplearon imágenes satelitales de los sensores Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI, las cuales pasaron por un preprocesamiento inicial y luego fueron analizadas aplicando inicialmente el índice de diferencia normalizado (NDVI), acompañado de composición de bandas e interpretación visual y trabajo de campo. Para procesar toda la información se usaron los sistemas de información geográfica (SIG). Los resultados arrojaron que el humedal presentó una reducción de 7,06 ha con una tasa de cambio anual (TCA) promedio de -1,06 %. Asimismo, se presentan los resultados considerando los límites políticos, los cuales arrojaron que la sección correspondiente al distrito de Carquín tuvo una reducción de 1,07 ha con una TCA promedio de -0,26, mientras que la sección de humedal del distrito de Hualmay tuvo una reducción de 1,86 ha, con una TCA promedio de -0,70 %. Finalmente, la sección de humedal del distrito de Huacho tuvo una reducción de 4,14, con una TCA promedio de -2,34 %. De este modo, se muestra información relevante para continuar replicando este tipo de estudios en otros humedales costeros, a diferentes escalas, con la finalidad de obtener un panorama real sobre la situación en que se encuentran estos ecosistemas.

**Palabras clave:** Huacho-Hualmay-Carquín, humedal, SIG, teledetección, uso de suelo, NDVI

### ABSTRACT

In the province of Huaura there are several coastal wetlands, one of which is the Huacho-Hualmay-Carquín wetland, which is distributed across the districts that give it its name. This wetland, despite occupying a section of the coastal area of Huacho and being easily accessible, has been the subject of few studies of its biological characteristics and the changes experienced in its surface area over the years, and this motivated our interest in studying the latter aspect. The aim of this research was to evaluate the variation in the wetland's surface area between the years 1986 and 2019, to which end satellite images from the Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI sensors were used, after being subjected to initial pre-processing for subsequent analysis through application of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), together with band composition analysis, and visual interpretation and fieldwork. In order to process all the information obtained, geographic information systems (GIS) were used. The results showed that the wetland had undergone a reduction in its surface area of 7.06 hectares, with an average annual rate of change (RC) of -1.06%. In addition, the results obtained were presented in accordance with the area's political geography, demonstrating that the section corresponding to the district of Carquín had experienced a reduction of 1.07 hectares, with an average annual RC of -0.26, while the section of wetland corresponding to the district of Hualmay had experienced a reduction of 1.86 hectares, with an average annual RC of -0.70%, and the section of wetland in the district of Huacho had experienced a reduction of 4.14 hectares, with an average annual RC of -2.34%. Thus, relevant information was produced for the replication of this type of study in other coastal wetland systems, at different scales, in order to obtain an overall picture of the situation in which these ecosystems find themselves.

**Keywords:** GIS, Huacho-Hualmay-Carquin, land use, NDVI, remote sensing, wetland



## Introducción

A nivel mundial los humedales afrontan una disminución en su superficie, que durante el siglo XX se halló entre el 64 % y el 71 % (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2015).

El Perú es considerado como un país megadiverso por su gran variedad de ecosistemas representativos y por la fauna y flora de cada región natural. Uno de estos ecosistemas son los humedales. A lo largo de la costa peruana se localizan los denominados humedales costeros, que no presentan una distribución espacial continua. Sin embargo, estos ecosistemas albergan una significativa diversidad de especies, tanto de flora como de fauna silvestre, y funcionan como un corredor biológico (Aponte y Ramírez, 2011).

Por su riqueza natural, los humedales son considerados oasis en medio del desierto (Arana y Salinas, 2003). Su origen se asocia principalmente al afloramiento de aguas subterráneas de tipo marino o continental (Aponte, 2016). Estos ecosistemas brindan a las poblaciones, que habitan en la periferia, servicios ambientales relacionados con el aprovechamiento de su flora, como el junco y la totora, que son empleados en la elaboración de artesanía para la venta (Aponte *et al.*, 2014). Los ecosistemas también sirven como espacio de esparcimiento y ocio, por lo que se convierten en un lugar turístico que beneficia a la localidad y generan ingresos económicos. Otro servicio ambiental muy importante que proveen estos ecosistemas para la costa peruana es la captura de carbono, ya que son importantes mitigadores del cambio climático (Gutiérrez *et al.*, 2021; Aponte *et al.*, 2021; Pérez *et al.*, 2020; Pérez *et al.*, 2015; Palomino, 2007).

A pesar de la importancia de estos ecosistemas y de las potencialidades que poseen para ser aprovechadas, atraviesan por una situación vulnerable debido principalmente al aumento poblacional y el crecimiento desordenado de las urbes, lo que ha determinado su pérdida superficial y su constante deterioro. Rodríguez (2010) concluye que las ciudades ejercen un gran impacto, ya que generan residuos y emisiones por la demanda de recursos naturales necesarios para desarrollarse. Esto se evidencia en el cambio de uso del suelo que sufren determinadas áreas, como producto del desarrollo de la agricultura, la ganadería y la construcción de viviendas. La situación puede ser evidenciada en humedales costeros de la región Lima como Paraíso, Santa Rosa, Poza de las Arenillas, Pantanos de Villa, entre otros (Aponte *et al.*, 2020), e incluso en humedales relictos ubicados dentro de las zonas urbanas, que son afectados directamente por los cambios de uso de suelo (Sanchez *et al.*, 2021).

Los humedales pertenecientes a la provincia de Huaura no están ajenos a las perturbaciones antrópicas. Pese a contar con un área de conservación regional dedicada a la protección del humedal Albuferas de Medio Mundo,

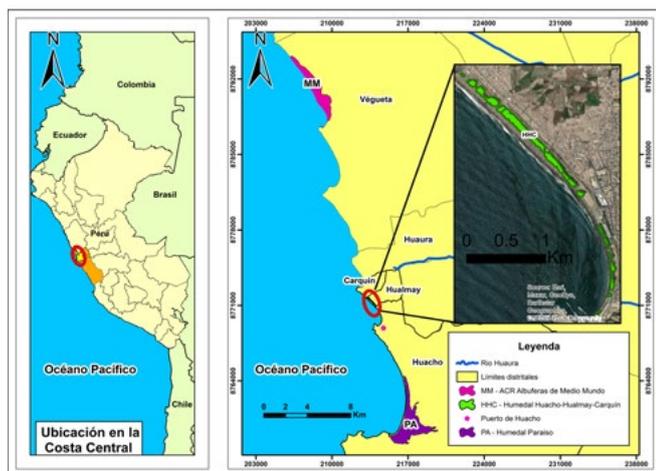
se ven afectados por: (a) la invasión de terrenos, (b) el sobrepastoreo, (c) los residuos sólidos, (d) la falta de presencia del Estado (e) las quemadas, entre otros factores (Gobierno Regional de Lima, 2015). Asimismo, esta jurisdicción político-administrativa cuenta con otros humedales muy conocidos, como (a) el humedal El Paraíso (distrito de Huacho), (b) el humedal Laguna La Encantada (distrito de Huacho), (c) el humedal Huacho-Hualmay-Carquín (distritos de Huacho, Hualmay y Carquín) o (d) el humedal Las Totoritas (de Végueta), que presentan similares o peores situaciones que el Área de Conservación Regional (ACR) Albuferas de Medio Mundo. El sobrepastoreo y el arrojado de desmonte son los principales impulsores del cambio en dichos humedales (Aponte *et al.*, 2020).

El humedal Huacho-Hualmay-Carquín, perteneciente a la provincia de Huaura, departamento de Lima, no está exento a esta situación, como consecuencia del crecimiento urbano desordenado, lo que ha determinado que algunas de sus zonas sean utilizadas como depósito de desmonte. A ello se suma el uso de los puquiales, por parte de la población, para lavar ropa y el constante arrojado de residuos sólidos sobre la cobertura vegetal, lo que altera el paisaje y la biodiversidad presente (Aponte y Cano, 2018; Hoyos, 2021). Cuando se realizó la presente investigación eran escasos los trabajos de investigación relacionados con la pérdida de superficie del humedal y los impactos antrópicos que recibe por parte del asentamiento poblacional de sus inmediaciones. A ello se suma la poca información bibliográfica que se tiene del humedal (Alberca y Aponte, 2018), así como el mínimo interés mostrado por las autoridades locales y regionales por conservarlos. Por ello, el objetivo del presente trabajo consistió en evaluar la variación de la superficie y la tasa de cambio anual de uso de suelo que ha sufrido el humedal en un periodo de 33 años, comprendidos entre 1986 y 2019, mediante el uso de herramientas de teledetección y los sistemas de información geográfica.

## Materiales y métodos

El humedal Huacho-Hualmay-Carquín se ubica en la zona noroeste de la provincia de Huaura, departamento de Lima, entre los humedales El Paraíso y el Área de Conservación Regional Albuferas de Medio Mundo, en las costas de los distritos de Huacho, Hualmay y Carquín. Este ecosistema se localiza entre las coordenadas geográficas de 10°56'41,9" de latitud sur y 77°39'25,2 de longitud oeste, a una altitud aproximada de 8 metros sobre el mar. Por el norte limita con el distrito de Huaura; por el sur, con el puerto de Huacho; por el este, con la zona urbana de los distritos de Huacho, Hualmay y Carquín; y por el oeste, con el océano Pacífico (figura 1).

El humedal tiene una estrecha relación con el río Huaura, ya que en la parte baja del valle de este río existe un sistema de acuíferos porosos no consolidados, los cuales, por su estructura geológica, generan condiciones



**Figura 1.** Mapa de ubicación del humedal Huacho-Hualmay-Carquín. A la izquierda se aprecia el detalle de su ubicación en la costa central peruana, y a la derecha, el de su localización en la costa peruana.

de percolación y proporcionan condiciones más factibles para el aprovechamiento de aguas subterráneas (Peña *et al.*, 2019). Además, los resultados de los estudios hidrogeológicos de calidad de agua subterránea que se tomaron (cuatro chorrillos distribuidos en los sectores de Carquín, Hualmay y Huacho) arrojaron valores de caudal de 10 l/s y 8 l/s para Carquín y Hualmay, mientras que los dos chorrillos ubicados en Huacho reportaron un caudal de 10 l/s y 11 l/s (Peña *et al.*, 2019). Ello ubica a los chorrillos dentro de la quinta y cuarta categoría (Mainzer, 1923) y califica al acuífero debajo del humedal como altamente productivo.

## Evaluación multitemporal y tasa de cambio

Para el presente estudio se emplearon imágenes satelitales del sensor Landsat Thematic Mapper (TM) y Operational Land Imager (OLI) (tabla 1), pertenecientes al área de estudio, cuyos PATH y ROW son 8 y 68, respectivamente. La descarga se realizó de la plataforma digital EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). Las imágenes Landsat descargadas cuentan con una resolución espacial de 30 m, y fueron preprocesadas mediante una calibración radiométrica y corrección atmosférica, con la finalidad de evitar las distorsiones provocadas por la atmósfera y los problemas radiométricos que habría podido tener el sensor a la hora de realizar la captura de la escena. De esta manera, la imagen final sería lo más cercana a una captura ideal (Chuvienco, 2002).

Para identificar la superficie del humedal se calculó el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), que permite diferenciar las características de la vegetación de otras superficies (Chuvienco, 2002). La ecuación del NDVI está dada por:

$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R}$$

Donde:  
R = banda roja  
IRC = banda del infrarrojo cercano

El rango de los valores de NDVI se encuentran entre los -1 y +1. Los valores más cercanos a 1 son los que presentan una mayor actividad fotosintética y, por lo tanto, revelan una vegetación más vigorosa (Tucker y Sellers, 1986), mientras que valores inferiores a 0,1 o negativos indican superficies con ausencia de cobertura vegetal, como rocas, nieve, agua, arena, entre otros (Díaz, 2015). Para la determinación de la superficie del humedal se consideró la zona continental. Con ese fin, se empleó como insumo inicial el NDVI, en combinación con interpretación visual en composición RGB (para vegetación) y de reconocimiento de campo. Luego de contrastarse los resultados del NDVI con los de la combinación RGB (para vegetación), se realizó una reclasificación en los componentes vegetación, suelo y agua, los cuales pasaron un proceso de vectorización para ser editados. La edición se realizó mediante interpretación visual en composición RGB (en color natural) y con conocimiento del terreno, lo que permitió definir la superficie correspondiente al humedal, el área urbana, el área agrícola, el área de playa y el mar. Finalmente, el resultado fue recortado en función de los límites distritales. El proceso se muestra en la figura 2.

Por otro lado, para determinar el cambio de uso de suelo se aplicó la ecuación propuesta por la FAO (1996, citada por Ruiz, 2013), para calcular la tasa de cambio anual.

$$(TCA): TCA = \left( \left[ \frac{S2}{S1} \right]^{1/n} - 1 \right) * 100$$

Donde:  
TCA = tasa de cambio anual  
S2 = superficie en la fecha 2  
S1 = superficie en la fecha 1  
n = número de años entre las dos fechas

**Tabla 1.** Escenas descargadas del sensor Landsat.

Fecha	Satélite	Sensor
10/4/1986	Landsat-5	TM
18/11/1991	Landsat-5	TM
31/12/1995	Landsat-5	TM
31/12/2001	Landsat-5	TM
3/5/2006	Landsat-5	TM
14/5/2010	Landsat-5	TM
25/3/2015	Landsat-8	OLI
14/10/2019	Landsat-8	OLI

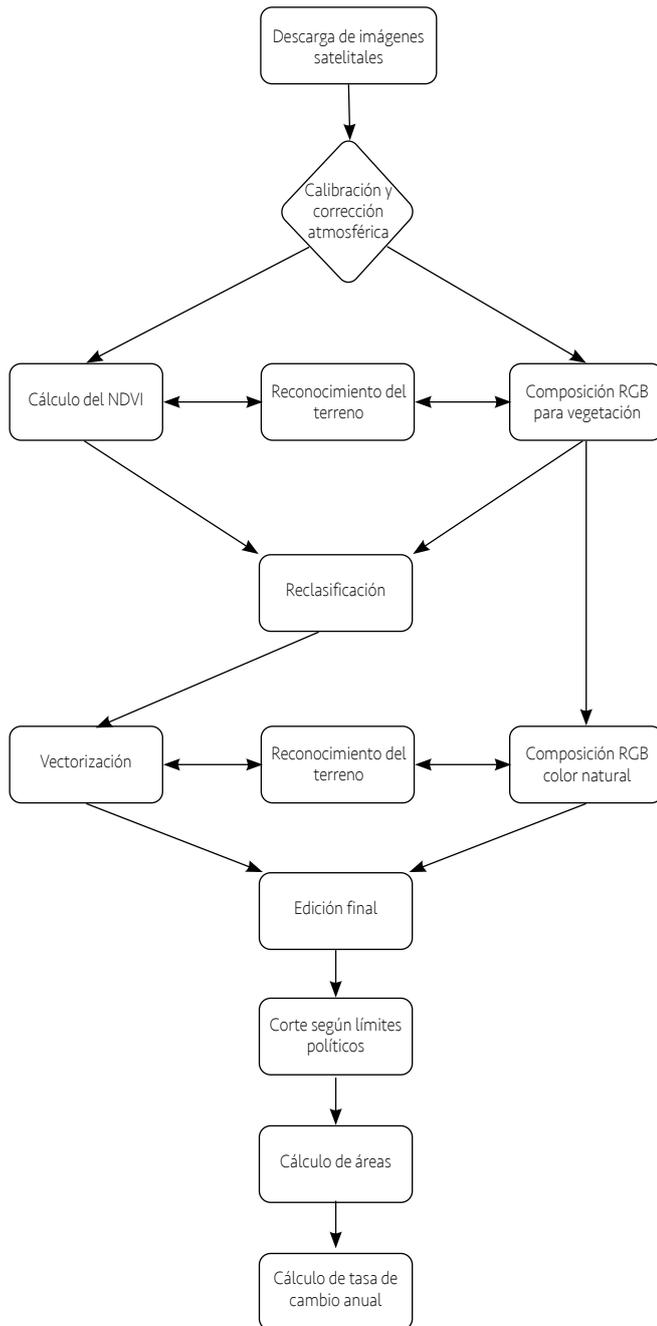


Figura 2. Esquema del procesamiento de información satelital y geográfica.

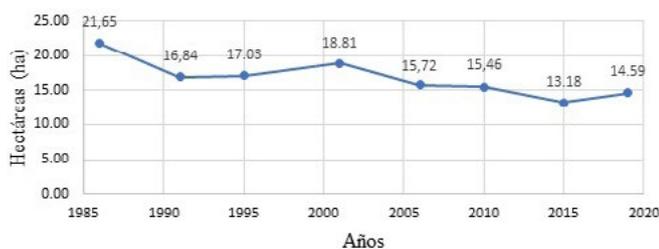


Figura 3. Variación de la superficie del humedal Huacho-Hualmay-Carquín.

## Resultados

En 1986 el humedal presentó una superficie total de 21,65 ha. Posteriormente comenzó a disminuir y presentó para 1991 una superficie de 16,84 ha, representada con una TCA de -4,9 %. De 1995 a 2001 mostró ligeros incrementos en su superficie, hasta alcanzar 17,03 ha y 18,81 ha, representadas con una TCA de 0,28 % y 1,67 %, respectivamente. A partir de 2001 su superficie se redujo y alcanzó en 2015 13,18 ha, con una TCA de -3,14 %. Finalmente, en 2019 el humedal presentó una superficie de 14,59 ha (figura 3). El análisis realizado mostró que el humedal Huacho-Hualmay-Carquín ha presentado una reducción progresiva de su superficie de 1986 a 2019 (figura 4). En 2019 arrojó un total de 7,06 ha de superficie perdidas, lo que representó una TCA promedio de -1,06 % (tabla 2).

Respecto a las variaciones de superficie que han presentado de manera individual las secciones del humedal en relación con los límites políticos a los cuales pertenecen (figura 5), se puede apreciar que el humedal del distrito de Carquín presentó durante 1986 una superficie de 4,59 ha y tuvo una reducción de 1,10 ha hasta

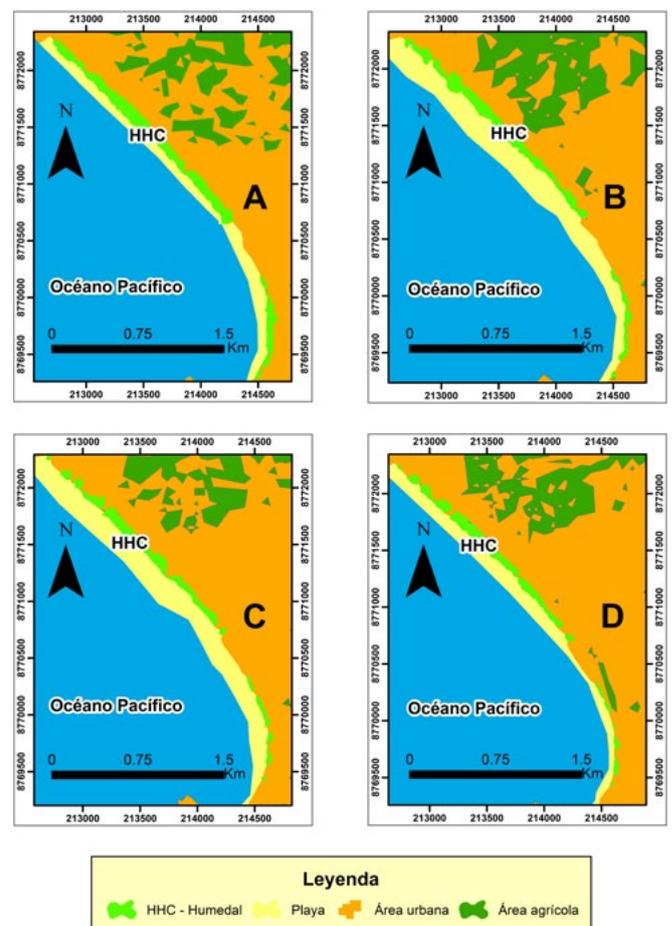


Figura 4. Mapa de representación de la variación de la superficie total del humedal Huacho-Hualmay-Carquín de 1986 a 2019. A: superficie en 1986, B: superficie en 2001, C: superficie en 2010 y D: superficie en 2019.

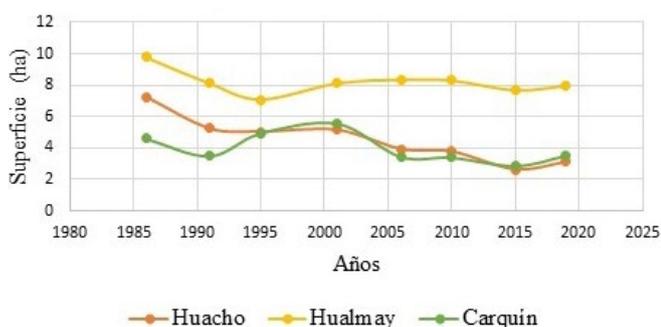
**Tabla 2.** Variación de la superficie y la TCA en porcentaje del humedal Huacho-Hualmay-Carquín de 1986 a 2019.

Año/Distrito	Huacho	TCA	Hualmay	TCA	Carquín	TCA	Superficie total	TCA
1986	7,25	-	9,81	-	4,59	-	21,65	-
1991	5,24	-6,8	8,11	-3,73	3,49	-5,33	16,84	-4,9
1995	5,04	-0,96	7,06	-3,4	4,93	9	17,03	0,28
2001	5,15	0,36	8,11	2,33	5,55	1,99	18,81	1,67
2006	3,93	-5,26	8,34	0,7	3,45	-9	15,72	-3,52
2010	3,77	-1,03	8,29	-0,15	3,4	-0,36	15,46	-0,41
2015	2,64	-6,87	7,67	-1,54	2,87	-3,33	13,18	-3,14
2019	3,11	4,18	7,95	0,9	3,52	5,23	14,59	2,57
Promedio	-	-2,34	-	-0,70	-	-0,26	-	-1,06

1991, con una TCA de -5,33 %. Sin embargo, para 2001 presentó un incremento de superficie, hasta alcanzar 5,55 ha de extensión, pero tuvo una reducción progresiva en su superficie que alcanzó las 2,03 ha para 2019. Así, presentó una superficie final de 3,52 ha, con una TCA promedio de -0,26 % de 1986 a 2019.

En cuanto a la sección de humedal que corresponde al distrito de Hualmay, se evidenció que durante 1986 tuvo una superficie de 9,81 ha. En 1995 presentó una reducción de 2,75 ha, hasta alcanzar 7,06 ha en total; sin embargo, en los posteriores 15 años presentó un aumento de 1,23 ha y tuvo en 2010 una superficie de 8,29 ha. En los años sucesivos presentó una disminución superficial, hasta llegar a las 7,67 ha en 2015. Luego se evidenció un ligero incremento al alcanzar para 2019 una superficie de 7,95 ha. La reducción total fue de 1,86 ha para el periodo 1986-2019, con una TCA promedio de -0,70 %.

Los resultados obtenidos mostraron una disminución progresiva de la sección correspondiente al distrito de Huacho, que tenía inicialmente una superficie de 7,25 ha en 1986, mientras que en años posteriores se produjo una reducción superficial, con algunos ligeros incrementos menores a 1 ha en los periodos 1995-2001 y 2015-2019, hasta alcanzar 3,11 ha como superficie final en 2019. De este modo, de 1986 a 2019 la superficie perdida fue de 4,14 ha, con una TCA promedio de -2,34 %.

**Figura 5.** Variación de la superficie del humedal según límites políticos.

## Discusión

La evaluación multitemporal de la superficie del humedal Huacho-Hualmay-Carquín de 1986 a 2019 dio como resultado final una reducción de 7,06 ha, con una TCA promedio de -1,06 %. Esta reducción se asocia directamente a los factores de antropización, principalmente debido al progresivo crecimiento urbano evidenciado por estos distritos, en cuyas zonas marino-costeras se distribuye el humedal, que durante estos últimos 33 años se ha usado de manera constante como lugar para acumular los residuos sólidos de construcción (figura 4). A ello se suman otros factores que pueden contribuir a la modificación de la superficie del humedal, como la utilización de los puquiales como lugares para el lavado de prendas de vestir, vehículos y mascotas, y la presencia de ganado vacuno, que es frecuente en las zonas correspondientes a Carquín y Hualmay (Aponte y Cano, 2018).

Esta situación es común en los humedales de la costa peruana; así, también es reportada en los humedales de Puerto Viejo y Ventanilla (Moschella, 2012), el humedal de Villa María (Vilela, 2010), el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (Flores *et al.*, 2020), el Área de Conservación Regional Albuferas de Medio Mundo, la Poza de la Arenilla, el humedal Paraíso y el humedal Santa Rosa (Aponte *et al.*, 2020).

Por otro lado, también se evidenciaron dos momentos en los que el humedal presentó incremento en su superficie. El primero se apreció entre 1995 y 2001 y el segundo entre 2015 y 2019. Una de las posibles causas que podrían explicar esas variaciones se relaciona con los eventos del fenómeno de El Niño, que ocurrieron de 1997 a 1998 y de 2015 a 2017, los cuales fueron los más fuertes aparecidos hasta la fecha (Comité Técnico del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño [ENFEN], 2012; Índice Costero El Niño [ICEN], 2022). El fenómeno motivó que las precipitaciones incrementaran el caudal promedio del río Huaura, hasta llegar, en algunos casos, a 95,4 m<sup>3</sup>/s (Corporación Andina de Fomento, 2000) y 145 m<sup>3</sup>/s para 2017 (Centro de



Operaciones de Emergencia Nacional [COEN], 2017). Sin embargo, es necesario realizar una mayor investigación que vincule al fenómeno de El Niño y las variaciones que puedan producir en los humedales costeros.

Si bien las secciones de humedal que corresponden a Carquín y Huacho son las que tienen mayor cercanía con la población, la porción del humedal de Huacho es la más impactada, porque existió una transformación de la superficie natural del humedal a zona recreativa. Esto se debe a que el crecimiento urbano ha sido desordenado y acelerado, considerando las cifras censales. El octavo censo nacional de 1981 nos mostró que Huacho tuvo una población de 40 589 habitantes, el noveno censo poblacional de 1993 evidenció un ascenso poblacional a 49 275, en el decimoprimer censo nacional de 2007 la población ascendió a 55 442 y en el último censo nacional de 2017 la población alcanzó los 63 142 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 1981; INEI, 1993; INEI, 2007; INEI, 2017).

Si analizamos el humedal en su totalidad, con las tres secciones que lo conforman, se obtuvo que la TCA promedio es de -1,06 %, una cifra ligeramente inferior a la tasa de cambio de todos los humedales (-1,08 %), ligeramente superior a la tasa de cambio considerando solamente los humedales costeros (-0,94 %) y notoriamente inferior a la tasa de cambio considerada para los humedales del neotrópico (-1,95) (Davidson, 2014). Sin embargo, si el análisis se realiza considerando cada sección del humedal, respetando los límites políticos, se obtiene que las TCA promedio de las secciones de Carquín (-0,26 %) y Hualmay (-0,70 %) son inferiores a las reportadas a nivel mundial, también a la reportada para humedales costeros e incluso a la reportada para la región del neotrópico. Sin embargo, la TCA promedio de la sección de Huacho (-2,34 %) fue superior a las mencionadas. Estas variaciones en los valores de tasa de cambio permiten inferir que el nivel de escala es un factor determinante a la hora de realizar el análisis y también que es importante evaluar los humedales costeros de manera individual, ya que sus gestiones de conservación dependerán de las autoridades locales competentes en su respectiva jurisdicción, como es el caso del humedal en estudio.

Finalmente, como consecuencia del presente trabajo podemos resaltar la importancia de la aplicación de las herramientas SIG y teledetección para el estudio de los humedales y ecosistemas en general. Al mismo tiempo, es necesario proporcionar información relevante sobre

la situación espacial de un importante humedal costero, el cual es necesario conservar por la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que posee. Asimismo, se debe señalar que al realizar evaluaciones en humedales costeros utilizando teledetección y sistemas de información geográfica, las resoluciones (espacial, temporal, radiométrica y espectral) de una imagen satelital son determinantes en la obtención de los resultados. Esto se debe a que el desarrollo tecnológico trae consigo la mejora de los productos satelitales, que permiten obtener un mejor resultado y evitar caer en sobreestimaciones (Davidson *et al.*, 2018).

## Conclusión

De 1986 a 2019, el humedal Huacho-Hualmay-Carquín sufrió una reducción de 7,06 ha, con una TCA promedio de -1,06 %. A pesar de ser pequeño, este humedal alberga componentes representativos de biodiversidad, que son relativamente conocidos y por lo cual es necesario continuar realizando investigación. De este modo, aumentará la información científica del humedal y se podrán elaborar propuestas que busquen conservar estos importantes espacios naturales para evitar su completa desaparición y, con ello, los servicios ecosistémicos que proveen. Es imperioso también continuar replicando los estudios multitemporales en los humedales, a fin de tener un panorama más claro sobre la situación en la que se encuentran, ya que mientras los gobiernos locales no impulsen mecanismos que busquen su conservación, corren el riesgo de desaparecer.

## Agradecimientos

Al M. Sc. Wilfredo Mendoza Caballero por sus aportes en la revisión del presente artículo y al Lic. Sebastián Rosado Quinteros por su aporte en la redacción del documento final.

## Fuente de financiamiento

El trabajo fue autofinanciado.

## Contribución de la autoría

Los autores contribuyeron equitativamente en cada etapa del desarrollo del presente artículo.

## Conflictos de interés

El presente estudio no presenta conflictos de interés.

## Referencias bibliográficas

- Alberca, L. C. y Aponte, H., (2021).** «Diversidad y recambio espacial de las plantas vasculares del humedal marino costero de Carquín-Hualmay (Lima - Perú)». *Arnaldoa*, 28, pp. 319-338. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v28n2/2413-3299-arnal-28-02-319.pdf>
- Aponte, H. (2016).** «Ecosistemas potenciales para el turismo en la costa de Lima y Callao: oportunidades y perspectivas». *Novum Otium*, 1(1). Disponible en: [http://aplicaciones.cientifica.edu.pe/repositorio/catalogo/\\_data/2.pdf](http://aplicaciones.cientifica.edu.pe/repositorio/catalogo/_data/2.pdf)
- Aponte, H. y Ramírez, D. (2011).** «Humedales de la costa central del Perú: Estructura y amenazas de sus comunidades vegetales». *Ecología Aplicada*, 10(1), pp. 31-39.
- Aponte, H., Corvacho, M. F., Lertora, G. y Ramírez, D. W., (2021).** «Reserva de carbono en un humedal del desierto costero de Sudamérica». *Gayana Botánica*, 78, pp. 184-190.
- Aponte, H., Gonzales, S. y Gomez, A. (2020).** «Impulsores de cambio en los humedales de América Latina: El caso de los humedales costeros de Lima». *South Sustainability*, 1(2), e023-e023. DOI: <https://doi.org/10.21142/SS-0102-2020-023>
- Aponte, H., Pérez-Irigoyen, P. y Armesto, M. (2014).** «Notas sobre el uso y mercado de *Schoenoplectus americanus* 'junco' en la costa central del Perú: implicancias para su manejo y conservación». *Científica*, 11, pp. 220-231. Disponible en: [http://aplicaciones.cientifica.edu.pe/repositorio/catalogo/\\_data/10.pdf](http://aplicaciones.cientifica.edu.pe/repositorio/catalogo/_data/10.pdf)
- Aponte, H. y Cano, A. (2018).** «Flora vascular del humedal de Carquín-Hualmay, Huaura (Lima, Perú)». *Ecología Aplicada*, 17(1), pp. 69-76.
- Arana, C. y Salinas, L. (2003).** «Flora vascular de los humedales de Chimbote, Perú». *Revista Peruana de Biología*, 10(2), pp. 221-224. DOI: [10.15381/rpb.v10i2.2508](https://doi.org/10.15381/rpb.v10i2.2508)
- Chuvieco, E. (2002).** *Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio*. Barcelona: Ariel.
- Centro de Operaciones de Emergencia Nacional, COEN. (2017).** *Primer Reporte N.º 077/19 MAR-2017/Hora: 11:00 AM*. Boletín Informativo de Emergencias.
- Cooperación Andina de Fomento. (2000).** *Fenómeno El Niño 1997-1998. Memoria, retos y soluciones*. Vol. IV, Perú. Cooperación Andina de Fomento.
- Davidson, N. C. (2014).** «How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area». *Marine and Freshwater Research*, 65(10), pp. 934-941.
- Davidson, N. C., Fluet-Chouinard, E. y Finlayson, C. M. (2018).** «Global extent and distribution of wetlands: trends and issues». *Marine and Freshwater Research*, 69(4), pp. 620-627.
- Díaz M. P. B. (2015).** *Caracterizaciones ecológicas de los bofedales, como hábitat vital de las vicuñas en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo con la aplicación de herramientas de SIG y teledetección*. Tesis de doctorado. Universidad San Francisco de Quito.
- Estudio Nacional del Fenómeno El Niño, ENFEN. (2012)** *Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú*. Lima: ENFEN.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (1996).** *Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forestcover and study of change processes*. Number 130. Roma: FAO.
- Flores, N., Castro, I. y Aponte, H. (2020).** «Evaluación de las unidades de vegetación en Los Pantanos de Villa (Lima, Perú) mediante sistemas de información geográfica y teledetección». *Arnaldoa*, 27(1), pp. 303-321.
- Gobierno Regional de Lima. (2015).** *Plan Maestro 2015-2019 de Área de Conservación Regional Albufera de Medio Mundo*. Lima: Gobierno Regional de Lima.
- Gutierrez, C. L., Mendoza, W., Castro, I. e Irio, A. (2021).** «Estimativa da captura de CO<sub>2</sub> da juncal na Área Regional de Conservação Albufera de Medio Mundo, Huaura, Lima - Peru». *Atena*, pp. 81-91. DOI: [10.22533/at.ed.89421100810](https://doi.org/10.22533/at.ed.89421100810)
- Hoyos Gonzales, A. I. (2021).** *Determinación del estado de conservación del humedal Huacho-Hualmay-Carquín, provincia de Huaura, departamento de Lima*. Tesis de grado. Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Índice Costero El Niño (2022).** *Serie de tiempo del índice costero El Niño (ENFEN, 2012; Takahashi et al., 2014) desde 2000*. [Actualizado al 28/2/2022]. Disponible en: [http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/index2.php?id\\_seccion=101780903000000000000000](http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/index2.php?id_seccion=101780903000000000000000)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI. (1981).** *Censo nacional 1981*. Lima: INEI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI. (1993).** *Censo nacional 1993*. Lima: INEI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI. (2007).** *Censo nacional 2007*. Lima: INEI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI. (2017).** *Censo nacional 2017*. Lima: INEI.
- Lopez, Z. M. S., Millones, L. y Ordoñez, J. (2021).** «Evaluación del cambio de uso de suelo en un humedal relicto de la costa peruana». *South Sustainability*, 2(1), e027-e027. DOI: <https://doi.org/10.21142/SS-0201-2021-e027>
- Meinzer, O. E. (1923).** «Outline of ground-water hydrology, with definitions (No. 494)». US Gov. *Print off*.
- Moschella, P. (2012).** *Variación y protección de humedales costeros frente a procesos de urbanización: casos Ventanilla y Puerto Viejo*. Tesis de maestría. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Palomino, C. D. (2007).** *Estimación del servicio ambiental de captura de CO<sub>2</sub> en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Peña, F., Renou, F., Condori, E., Sánchez, M. y Pari, W. (2019).** *Hidrogeología de la cuenca del río Huaura (13756) - región Lima*. INGEMMET. Boletín, Serie H: Hidrogeología, 5, 466 p. 2, mapas.
- Pérez, A., Machado, W., Gutiérrez, D., Saldarriaga, M. S. y Sanders, C. J. (2020).** «Shrimp farming influence on carbon and nutrient accumulation within Peruvian mangroves sediments». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 243, 106879. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106879>
- Pérez, H., Luccini, E., Herrera, L., Parodi, M., Matar, M., Barrea, L. y Masramón, E. (2015).** «Cuantificación de la captura de CO<sub>2</sub> por la flora nativa de totora en un humedal costero de Perú». *Energeia*, 13(13). Disponible en: <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/5761/1/cuantificacion-captura-co2-flora-nativa.pdf>
- Rodríguez, E. L. (2010).** «Reflexiones medioambientales de la expansión urbana». *Cuadernos Geográficos*, 46, pp. 293-313.
- Ruiz, V., Savé, R. y Herrera, A. (2014).** «Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo en un área protegida de Nicaragua, Centroamérica». *Ecosistemas*, 22(3), pp. 117-123. DOI: [10.7818/ECOS.2013.22-3.16](https://doi.org/10.7818/ECOS.2013.22-3.16)
- Sanchez, Z., Millones, L. y Ordoñez, J. (2021).** «Evaluación del cambio de uso de suelo en un humedal relicto de la costa peruana». *South Sustainability*, 2(1), e027.doi: <https://doi.org/10.21142/SS-0201-2021-e027>.



**Secretaría de la Convención de Ramsar. (2015).** «Estado de los humedales del mundo y de los servicios que prestan a las personas: una recopilación de análisis recientes». *Nota Informativa Ramsar*, 7. Disponible en: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/bn7s.pdf>

**Tucker, C. J. y Sellers, P. J. (1986).** «Satellite remote sensing of primary production». *International journal of remote sensing*, 7(11), pp. 1395-1416.

**Vilela, J. R. E. (2010).** «Estudio del recurso natural humedales de Villa María y su importancia en el desarrollo urbano, ambiental y turístico en la ciudad de Chimbote-Perú». *UCV-Scientia*, 2(1), pp. 81-90. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6181505>