



**DELIMITACIÓN DE HUMEDAL URBANO Y BIEN NACIONAL USO
PÚBLICO DE HUMEDAL DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO
HUASCO, REGIÓN DE ATACAMA**

ID: 610176-1-LE22

**SUBSECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE
SEREMI ATACAMA**

Informe Final

Diciembre 2022

MANDANTE	SUBSECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE			
NOMBRE DEL CONTRATO	DELIMITACIÓN DE HUMEDAL URBANO Y BIEN NACIONAL USO PÚBLICO DE HUMEDAL DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO HUASCO, REGIÓN DE ATACAMA			
TITULO DEL DOCUMENTO	INFORME FINAL			
CÓDIGO	E120-22-SMAA			
Rev.	Fecha	Preparó	Revisó	Aprobó
0	19/12/2022	Marco Matamala Sebastián Bozo	Felipe Espinoza	Alejandro Arenas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	1
2	OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	2
2.1	OBJETIVO GENERAL	2
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
3	ÁREA DE ESTUDIO.....	3
4	METODOLOGÍA PROPUESTA CARACTERIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL B.N.U.P. (ACTIVIDAD 1) 4	4
4.1	CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	5
4.2	ANTECEDENTES HUMEDAL	5
4.3	FOTOINTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES (ACTIVIDAD 3)	6
4.4	IMÁGENES DRON Y GOOGLE EARTH PRO	7
5	CARACTERIZACIÓN GENERAL	8
5.1	GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	8
5.2	HIDROGRAFÍA	9
5.3	SUELOS.....	10
5.4	MEDIO HUMANO	11
5.5	CLIMA Y RED HIDROMETEOROLÓGICA	12
6	ANTECEDENTES HUMEDAL.....	15
6.1	INVENTARIO NACIONAL DE HUMEDALES	15
6.2	COBERTURA DE SUELOS	16
6.3	ÍNDICE TOPOGRÁFICO DE HUMEDAD.....	16
7	DESARROLLO OBJETIVOS	18
7.1	DELIMITACIÓN PRELIMINAR B.N.U.P. (ACTIVIDAD 2).....	18
7.2	FOTOINTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES (ACTIVIDAD 3)	18
7.3	JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN CARTOGRÁFICA DEL B.N.U.P. (ACTIVIDAD 4).....	21
7.4	METODOLOGÍA DELIMITACIÓN DEL HUMEDAL URBANO	22
7.5	IDENTIFICACIÓN DE HUMEDALES Y DELIMITACIÓN.....	23

7.6	CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA BIOGEOGRÁFICA DE ESTUDIO (ACTIVIDAD 5)	28
7.7	CONDICIONES AMBIENTALES NORMALES (CAN) Y PREPARACIÓN EN TERRENO	29
8	INSPECCIÓN EN TERRENO (Actividad 6)	30
8.1	RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO	30
8.2	TRANSECTOS PARA MUESTREOS VEGETACIONALES, Y CALICATAS	31
8.2.1	<i>Subtransecto ST1</i>	32
8.2.2	<i>Subtransecto ST2</i>	34
8.2.3	<i>Subtransecto ST3</i>	36
8.2.4	<i>Subtransecto ST4</i>	38
8.2.5	<i>Subtransecto ST5</i>	40
8.2.6	<i>Subtransecto ST6</i>	42
8.2.7	<i>Subtransecto ST8</i>	43
8.2.8	<i>Subtransecto ST9</i>	44
8.2.9	<i>Subtransecto STL1</i>	46
8.2.10	<i>Subtransecto STL2</i>	48
8.2.11	<i>Subtransecto STL3</i>	50
8.2.12	<i>Subtransecto STL4</i>	52
8.2.13	<i>Subtransecto STP1</i>	54
8.2.14	<i>Subtransecto STP2</i>	56
8.2.15	<i>Subtransecto STR1</i>	59
8.2.16	<i>Subtransecto STR2</i>	60
8.2.17	<i>Resumen de resultados</i>	62
8.3	MUESTREO DE AVES	66
8.4	VUELO AEROFOTOGRAMÉTRICO DEL ÁREA DE ESTUDIO	68
8.4.1	<i>Antecedentes de Vuelo</i>	68
8.4.2	<i>Puntos de Apoyo Terrestre</i>	69
8.4.3	<i>Planificación de Vuelos</i>	70
8.4.4	<i>Resultados del vuelo aerofogramétrico</i>	71
8.5	REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS A LUGAREÑOS Y VISITANTES DEL HUMEDAL	72
9	JUSTIFICACIÓN DELIMITACIÓN HUMEDAL URBANO (ACTIVIDAD 7)	73
10	ZONIFICACIÓN HUMEDAL URBANO (ACTIVIDAD 8)	76

11	DESLINDES PREDIO RIBEREÑOS	81
11.1	ACTUALIZACIÓN DE PREDIOS RIBEREÑOS	81
11.2	ACTUALIZACIÓN DE CONTACTOS DE PROPIETARIOS DE PREDIOS RIBEREÑOS (ACTIVIDAD 9).....	84
12	EVALUACIÓN RELACIÓN HUMEDAL-ACUÍFERO	91
12.1	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	91
12.2	CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	92
12.3	RELACIÓN HUMEDAL ACUÍFERO.....	96
13	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
13.1	CONCLUSIONES.....	98
13.2	RECOMENDACIONES	98
14	BIBLIOGRAFÍA.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1:	Actividades propuestas a desarrollar	4
Tabla 7-1:	Rangos valores del NDWI	20
Tabla 7-2:	Índices de bandas espectrales.....	24
Tabla 8-1:	Reconocimiento vegetacional en el punto ST1	33
Tabla 8-2:	Registro fotográfico subtrasecto ST1	34
Tabla 8-3:	Reconocimiento vegetacional en el punto ST2	35
Tabla 8-4:	Registro fotográfico subtrasecto ST2	35
Tabla 8-5:	Ubicación de la calicata ST2	36
Tabla 8-6:	Reconocimiento vegetacional en el punto ST3	37
Tabla 8-7:	Registro fotográfico subtrasecto ST3	37
Tabla 8-8:	Reconocimiento vegetacional en el punto ST4	38
Tabla 8-9:	Registro fotográfico subtrasecto ST4	39

Tabla 8-10: Ubicación de la calicata ST4	40
Tabla 8-11: Registro fotográfico subtransecto ST5	41
Tabla 8-12: Ubicación de la calicata ST5	41
Tabla 8-13: Reconocimiento vegetacional en el punto ST6	42
Tabla 8-14: Registro fotográfico subtransecto ST6	43
Tabla 8-15: Reconocimiento vegetacional en el punto ST8	44
Tabla 8-16: Registro fotográfico subtransecto ST8	44
Tabla 8-17: Reconocimiento vegetacional en el punto ST9	45
Tabla 8-18: Registro fotográfico subtransecto ST9	45
Tabla 8-19: Reconocimiento vegetacional en el punto STL1	46
Tabla 8-20: Registro fotográfico subtransecto STL1	47
Tabla 8-21: Ubicación de la calicata STL1	48
Tabla 8-22: Reconocimiento vegetacional en el punto STL2	49
Tabla 8-23: Registro fotográfico subtransecto STL2	49
Tabla 8-24: Ubicación de la calicata STL2	50
Tabla 8-25: Reconocimiento vegetacional en el punto STL3	51
Tabla 8-26: Registro fotográfico subtransecto STL3	51
Tabla 8-27: Ubicación de la calicata STL3	52
Tabla 8-28: Reconocimiento vegetacional en el punto STL4	53
Tabla 8-29: Registro fotográfico subtransecto STL4	53
Tabla 8-30: Reconocimiento vegetacional en el punto STP1	54
Tabla 8-31: Registro fotográfico subtransecto STP1	55
Tabla 8-32: Ubicación de la calicata STP1	55
Tabla 8-33: Reconocimiento vegetacional en el punto STP2	56

Tabla 8-34: Registro fotográfico subtransecto STP2.....	57
Tabla 8-35: Ubicación de la calicata STP2	59
Tabla 8-36: Reconocimiento vegetacional en el punto STR1.....	59
Tabla 8-37: Registro fotográfico subtransecto STR1.....	59
Tabla 8-38: Reconocimiento vegetacional en el punto STR2.....	60
Tabla 8-39: Registro fotográfico subtransecto STR2.....	60
Tabla 8-40: Ubicación de la calicata STR2	61
Tabla 8-41: Resumen caracterización vegetacional sectorizado	62
Tabla 8-42: Presencia de agua en calicatas.....	63
Tabla 8-43: Indicadores hidrología para delimitación de humedales por grupo de indicadores, Zona Hiperárida.....	65
Tabla 8-44: Categorización H'	67
Tabla 8-45: H' en los transectos del área de estudio	67
Tabla 8-46: Puntos de apoyo terrestre.	69
Tabla 11-1: Actualización de Propietarios Ribereños 2022.....	85
Tabla 12-1: Permeabilidades determinadas zona de estudio.....	92
Tabla 12-2: Pozos con registros de nivel.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1: Ubicación área de estudio.....	3
Figura 4-1: Esquema Metodológico Determinación B.N.U.P.	5
Figura 5-1: Geología en área de estudio	9
Figura 5-2: Cuenca del río Huasco.....	10
Figura 5-3: Clima en el área de estudio.....	12

Figura 5-4: Red hidrometeorológica	13
Figura 5-5: Climograma estación meteorológica Huasco Bajo 1993-2010	14
Figura 6-1: Humedales en el área de estudio.....	15
Figura 6-2: Cobertura de suelos en el área de estudio	16
Figura 6-3: Índice Topográfico de Humedad.....	17
Figura 7-1: Polígono preliminar B.N.U.P.	18
Figura 7-2: Análisis del índice NDWI en colores azulados los pertenecientes al cuerpo de agua	19
Figura 7-3: Valores obtenidos del índice NDWI con umbral 0	20
Figura 7-4: Delimitación B.N.U.P.....	22
Figura 7-5: Metodología propuesta en Guía de delimitación y caracterización de humedales urbanos	23
Figura 7-6: Análisis del índice NDVI.....	25
Figura 7-7: Análisis del índice NDVI con umbral de clasificación de 0,24	26
Figura 7-8: Delimitación humedal urbano sin cultivos.....	27
Figura 7-9: Zonas biogeográficas según clasificación de regímenes hídricos	28
Figura 8-1: Track Recorrido por el área de Estudio.....	31
Figura 8-2: Transectos realizados en la campaña de terreno	32
Figura 8-3: Calicata ST2	36
Figura 8-4: Calicata ST4	40
Figura 8-5: Calicata ST5	42
Figura 8-6: Calicata STL1	48
Figura 8-7: Calicata STL2	50
Figura 8-8: Calicata STL3	52
Figura 8-9: Calicata STP1	56

Figura 8-10: Calicata STP2	58
Figura 8-11: Calicata STR2	62
Figura 8-12: Inicios de cada transecto de muestreo de aves.....	66
Figura 8-13: Flujo de trabajo para los levantamientos	69
Figura 8-14: Generación de ortomosaico a partir del vuelo dron en el área de estudio.....	71
Figura 8-15: Panorámica a la laguna y desembocadura del humedal de Huasco.....	72
Figura 9-1: Tipos de Vegetación.....	73
Figura 9-2: Delimitación Humedal Urbano.....	75
Figura 10-1: Tránsitos actuales del humedal	76
Figura 10-2: Zonificación del humedal urbano	78
Figura 11-1: División predial del humedal de la desembocadura de Huasco, al año 2019	81
Figura 11-2: División predial SII, octubre 2022	83
Figura 11-3: Cartografía de delimitación predial actualizada 2022 del SII.....	84
Figura 11-4: Predios en el área de estudio.....	89
Figura 11-5: Predio y B.N.U.P.	90
Figura 12-1: Caracterización geológica área de estudio	91
Figura 12-2: Ubicación pozos con registro de niveles.....	93
Figura 12-3: Niveles freáticos.....	94
Figura 12-4: Profundidad de niveles freáticos (c/r al terreno).....	94
Figura 12-5: Profundidad de niveles freáticos (c/r al terreno).....	95
Figura 12-6: Dirección preferentes del flujo	95
Figura 12-7: Relación Acuífero-Humedal	97

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A:	Fotografías Terreno
Anexo B:	Entrevistas
Anexo C:	Solicitud de Reuniones
Anexo D:	Predios SII (Octubre 2022)
Anexo E:	Figuras
Anexo F:	SIG
Anexo G:	Características DRON
Anexo H:	Muestreo Avifauna
Anexo I:	Productos Esperados

1 INTRODUCCIÓN

Los humedales son considerados como uno de los ecosistemas más importantes dentro de la Tierra, ya que principalmente albergan un espacio para el desarrollo de la vida silvestre (Mitsch & Gosselink, 2015). Los humedales son capaces de actuar como reservorios de flujos acuáticos provenientes de fuentes tanto naturales como humanas (Romero, 2018). Además, logran estabilizar los suministros en períodos de sequías e inundaciones, recargan acuíferos de aguas subterráneas y limpian las aguas contaminadas. Son conocidos como “supermercados naturales” debido a su rica biodiversidad pues proveen de un hábitat para una gran variedad de flora y fauna. Históricamente, en el período Carbonífero, estos ambientes fueron sepultados a gran presión originando las fuentes de combustibles fósiles que hoy en día utilizamos a diario (Mitsch & Gosselink, 2015).

Nuestro país, es reconocido por la gran presencia de cuerpos de aguas, entre ellos destaca la presencia de los humedales dadas las particulares características de estos ambientes acuáticos.

Dado lo anterior el Ministerio de Medio Ambiente a través de la Subsecretaría del Medio Ambiente Atacama requiere una asesoría en el marco de la aplicación de la Ley 19.300 con el fin de continuar con las tareas para declarar el estuario del Huasco en un Santuario de la Naturaleza, ya que forma parte de los sitios prioritarios de conservación de la naturaleza definidos para la región. Por esta razón, y continuando con las actividades requeridas, este estudio se centra en la identificación y definición de los límites del humedal, tomando como punto de partida el uso de herramientas digitales, y el desarrollo de trabajos de terreno y otros trabajos de gabinete.

2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

2.1 Objetivo General

El objetivo general de estudio es “delimitar el humedal urbano y bien nacional de uso público (B.N.U.P.) de humedal de la desembocadura del río Huasco”.

2.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos del presente estudio son:

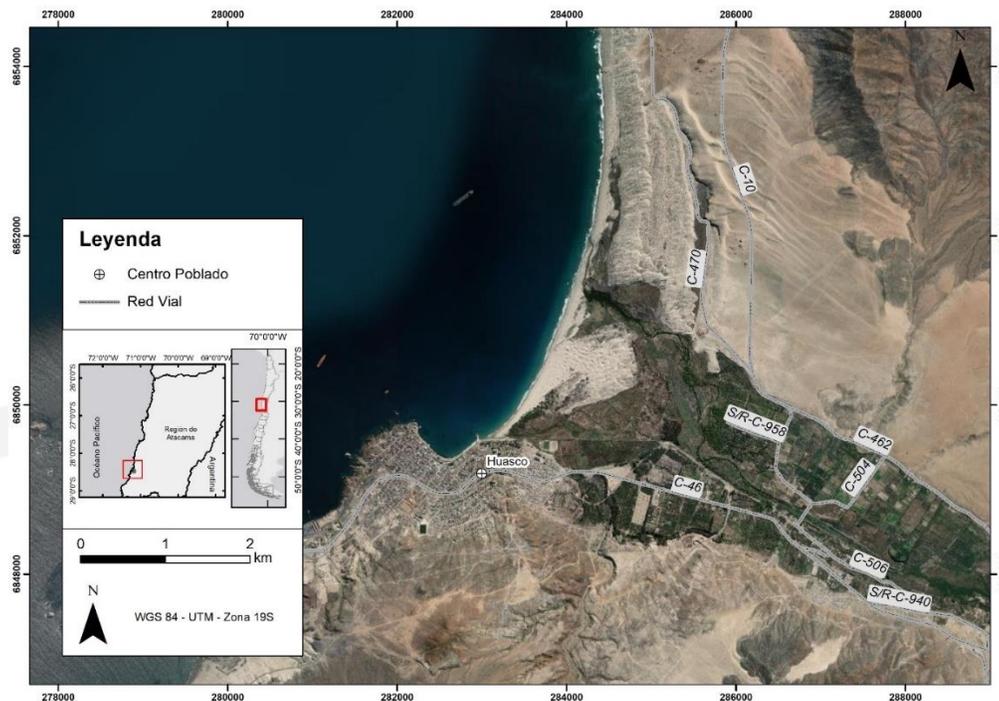
- a) Determinar el bien nacional de uso público del río Huasco en el humedal de su desembocadura.
- b) Delimitar propuesta de Humedal Urbano asociado al humedal desembocadura del río Huasco.
- c) Actualizar información de propietarios y límites de propiedades privadas asociadas al Humedal desembocadura río Huasco.

3 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende el Humedal Costero Estuario Huasco que se presenta en la Figura 3-1. Ubicado en la comuna de Huasco, región de Atacama, el humedal es colindante a la ciudad de Huasco y la localidad de Huasco Bajo. Pertenece a la zona geográfica denominada Norte chico, sector donde el clima abandona las características desérticas septentrionales, pasando a ser semiárido, además en este sector existe la influencia marina.

La vía de acceso principal a esta zona es la ruta C-46 que une Vallenar, Freirina y Huasco. Esta vía conecta a la ruta 5. También la ruta C-470 y C-10 son vías de acceso a Huasco y son una ruta costera que continua hacia el norte para el sector de Carrizal Bajo. A partir de estas vías surgen caminos no oficiales que conectan al humedal principalmente de las rutas C-470 y C-950. EL otro acceso principal es desde el sector de la playa de Huasco.

Figura 3-1: Ubicación área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

4 METODOLOGÍA PROPUESTA CARACTERIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL B.N.U.P. (ACTIVIDAD 1)

En el marco de la caracterización y delimitación del B.N.U.P. asociado al Humedal de la Desembocadura del río Huasco se mencionan las distintas metodologías que se pueden utilizar, haciendo una evaluación de estas.

En primer lugar hay que establecer lo que menciona el cuerpo legal que regula los Bienes Nacionales de Uso Público. En el artículo 4 del Decreto 609 de 1979 que establece los deslindes de propietarios ribereños, se menciona que para determinar los terrenos que constituyen cauces de ríos, lagos y esteros, se deben considerar las siguientes normas:

- a) Porción de tierra por la que permanentemente corren aguas
- b) Superficie que el agua ocupa y desocupa alternativamente en sus creces periódicas ordinarias
- c) Son creces extraordinarias aquellas de rara ocurrencia y que se deba a causas no comunes, producidas sin regularidad, durante períodos, en general, mayores de cinco años. Los terrenos ocupados y desocupados alternativamente en estas creces extraordinarias, no se considerarán cauce de ríos, lagos y esteros y, por tanto, pertenecen a los propietarios ribereños.

En base a este decreto a continuación se determinarán distintas actividades que apuntan a delimitar el B.N.U.P.

En la Tabla 4-1 se detalla las actividades propuestas que se analizarán posteriormente.

Tabla 4-1: Actividades propuestas a desarrollar

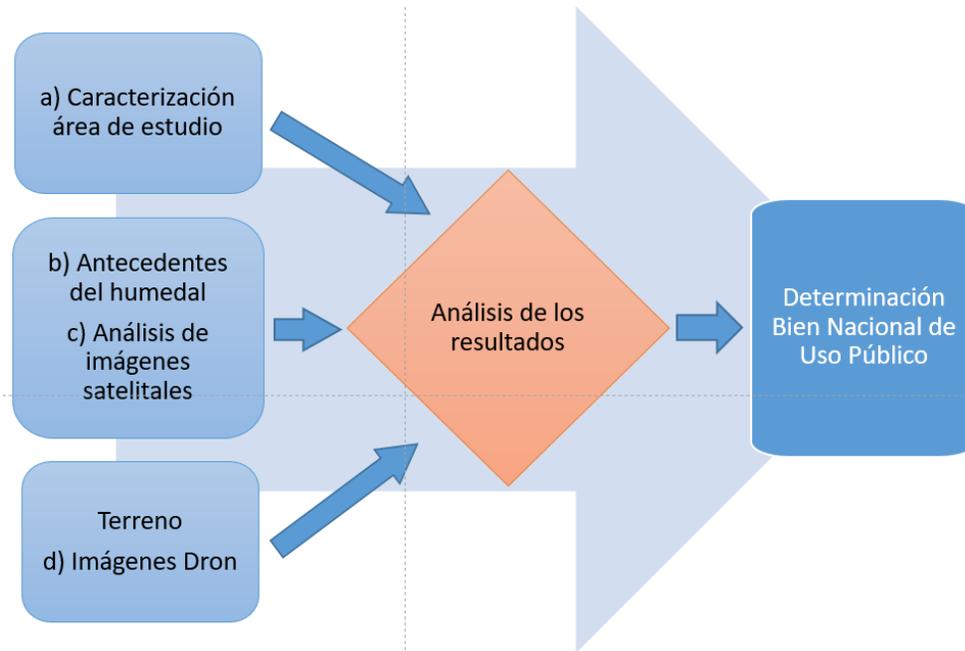
Actividad	Tipo de trabajo
Caracterización general área de estudio	Gabinete/Terreno
Antecedentes humedal	Gabinete
Análisis de imágenes satelitales	Gabinete
Imágenes dron y Google Earth Pro	Terreno

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4-1 se resume la metodología a utilizar.

En lo que sigue se describen los principales elementos del esquema metodológico.

Figura 4-1: Esquema Metodológico Determinación B.N.U.P.



Fuente: Elaboración propia.

4.1 Caracterización general del área de estudio

Basándose en conocer el contexto geográfico en el que se enmarca el área de estudio, esta actividad busca conocer las siguientes variables: geología y geomorfología, hidrografía, suelos, medio humano, clima y red hidrometeorológica.

Las variables consideradas permiten conocer cómo se formó el área de estudio, logrando identificar ciertas dinámicas que debieran ocurrir por dichas características. Además, permite conocer como es el contexto actual en relación a la hidrografía, suelos, medio humano y clima.

Los insumos para desarrollar este apartado tienen que ver con información espacial. Para ello es importante la información proveniente de IDE Chile, además de otras instituciones como SERNAGEOMIN (carta geológica) o la DGA (estaciones hidrometeorológicas). Además, esta actividad tiene dualidad de tipo, ya que las visitas a terreno pueden completar información.

4.2 Antecedentes humedal

Si bien esta actividad guarda relación con el humedal principalmente y la zona identificada con humedal no necesariamente será un B.N.U.P., dado el contexto del estudio es importante realiza

esta caracterización. Además, la información referente al humedal permite tener más antecedentes a la hora de determinar el B.N.U.P.

Es un apartado de gabinete ya que se revisará la información disponible actualmente, para ello es fundamental la revisión del Inventario Nacional de Humedales (MMA, 2020). La inclusión en este apartado de la cobertura de suelos guarda relación con el análisis que se hará con esta información y como se caracteriza a los humedales. Por último, a través de un Modelo de Elevación Digital (DEM en inglés) se realizará un cálculo del Índice Topográfico de Humedad (TWI en inglés). El DEM se obtiene desde la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE Chile) y tiene por principal característica la alta resolución (pixel de 12,5 m).

4.3 Fotointerpretación de imágenes satelitales (Actividad 3)

En esta actividad se utilizarán imágenes satelitales de libre acceso y serán procesadas a través de un software SIG (Sistema de Información Geográfica). Las imágenes provienen de la misión Sentinel-2, que se caracterizan por tener una buena resolución dentro del catálogo de imágenes satelitales libres, aunque esta varía según la banda espectral que se utilice. Se revisará la utilización de una fecha que este dentro de los criterios que establece el Decreto 609.

La utilización de imágenes satelitales tiene relación con la utilización de índices, resultado de la combinación de bandas espectrales. Dentro de la posibilidad de índices a utilizar, se preferencia el NDWI y NDVI.

El NDWI sería traducido al español como el Índice Diferencial de Agua Normalizado y permite identificar masas de agua y zonas con alta saturación de humedad. Existen diferentes versiones de del NWDI, pero para este estudio se utilizará el propuesto por McFEETERS (1996) donde se utiliza la banda infrarrojo cercano (banda 8 en el caso de sentinel-2) y la banda verde (banda 3 en sentinel-2). De esta manera se utiliza la ecuación:

$$NDWI = \frac{\text{Verde} - \text{Infrarrojo cercano}}{\text{Verde} + \text{Infrarrojo cercano}}$$

Por otro lado, también se utiliza el NDVI, cuya traducción es Índice Diferencial de Vegetación Normalizado, el cual indica densidad y salud de la vegetación. Utiliza la siguiente ecuación:

$$NDVI = \frac{\text{Infrarrojo cercano} - \text{Rojo}}{\text{Infrarrojo cercano} + \text{Rojo}}$$

Siendo para Sentinel-2 las bandas 8 (infrarrojo cercano) y 4 (rojo).

El NDVI se puede utilizar tanto para la delimitación del humedal como para determinar los límites del B.N.U.P.

Hay que señalar las brechas que genera esta actividad, ya que si bien las bandas a utilizar son de alta resolución (10 m por pixel), el área de estudio no alcanza a ser bien representada inclusive con esos 10 m de resolución. Este es un fenómeno que se repite en humedales de la zona norte, principalmente por su menor extensión. Es por esto que la siguiente actividad busca compensar esta limitante.

4.4 Imágenes dron y Google Earth Pro

Las imágenes obtenidas a partir de un dron permiten tener una mejor resolución que las imágenes satelitales disponibles públicamente en la actualidad. Si bien la actividad anterior permite un análisis más acabado producto del análisis multiespectral, la resolución continúa siendo un problema.

Por su parte, las imágenes obtenidas a través de un dron también tienen una desventaja que se puede compensar con las imágenes satelitales. Es por esto que en esta actividad se suma el software Google Earth Pro, ya que gracias a su catálogo y su imagen RGB de buena resolución, buscan ser un elemento definidor entre las dudas que puede generar tanto las imágenes satelitales como el dron.

EL dron que se utilizó en este estudio es el PHANTOM 4 Professional, cuyas características son presentadas en el **Anexo G**.

5 CARACTERIZACIÓN GENERAL

Con el objetivo de comprender el sitio en que se sitúa el área de estudio, a continuación, se revisarán diversas variables que darán el contexto geográfico del Humedal Desembocadura del río Huasco.

5.1 Geología y geomorfología

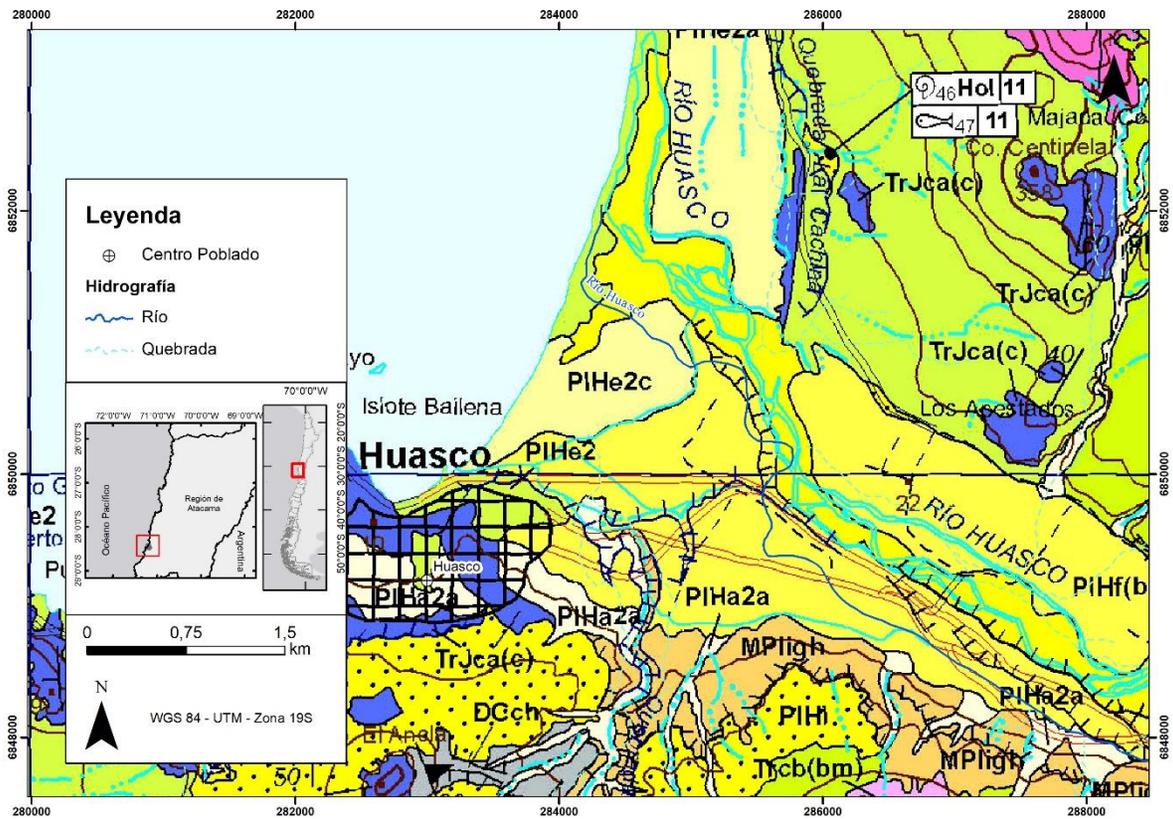
En la desembocadura el río llega a tener un ancho aproximado de 3,5 km, teniendo un ancho promedio de 2 km aguas arriba en el sector del área de estudio. En el estudio de (Börgel, 1983) se define esta área como una planicie fluvio-marina, ya que la acción fluvial del río Huasco en conjunto con la acción marina de la costa moldearon esta zona (Figura 5-1).

La carta geológica de (Arévalo & Welkner, 2008) permite definir de mejor manera el fenómeno que moldeó cada sector del área de estudio. El lecho del río corresponde a depósitos fluviales del Pleistoceno-Holoceno, definido por los autores como PIHf(a). Mientras tanto, la sección que rodea a la mencionada y que continúa siendo el cajón del río son depósitos fluviales PIHf(b). A partir de esta descripción, se diferencian las dos terrazas presentes en el área de estudio. En ambas categorías se desarrolla el humedal y la escasa diferencia de altitud y de época demuestran su característica de relleno de valle influenciado principalmente por acción fluvial, más que tectónica o marina.

En la línea de costa, continuo a la zona de desembocadura, existen unos depósitos eólicos denominados PIHe2c, pertenecientes al Pleistoceno-Holoceno y corresponden a un campo dunario que separa la zona final de desembocadura. La que sigue el curso de agua principal es PIHf(a) y la sección sur es PIHf(b).

Hay que señalar que el cajón fluvial de depósitos Pleistocénicos-Holocénicos se encuentra rodeado por depósitos aluviales y coluviales antiguos (Mioceno Superior – Plioceno) por el sur y depósitos eólicos inactivos (Pleistoceno – Holoceno) por el norte. Se desarrollan además pequeñas quebradas en los depósitos sur y norte formando depósitos aluviales que fueron rellenos por los depósitos fluviales.

Figura 5-1: Geología en área de estudio



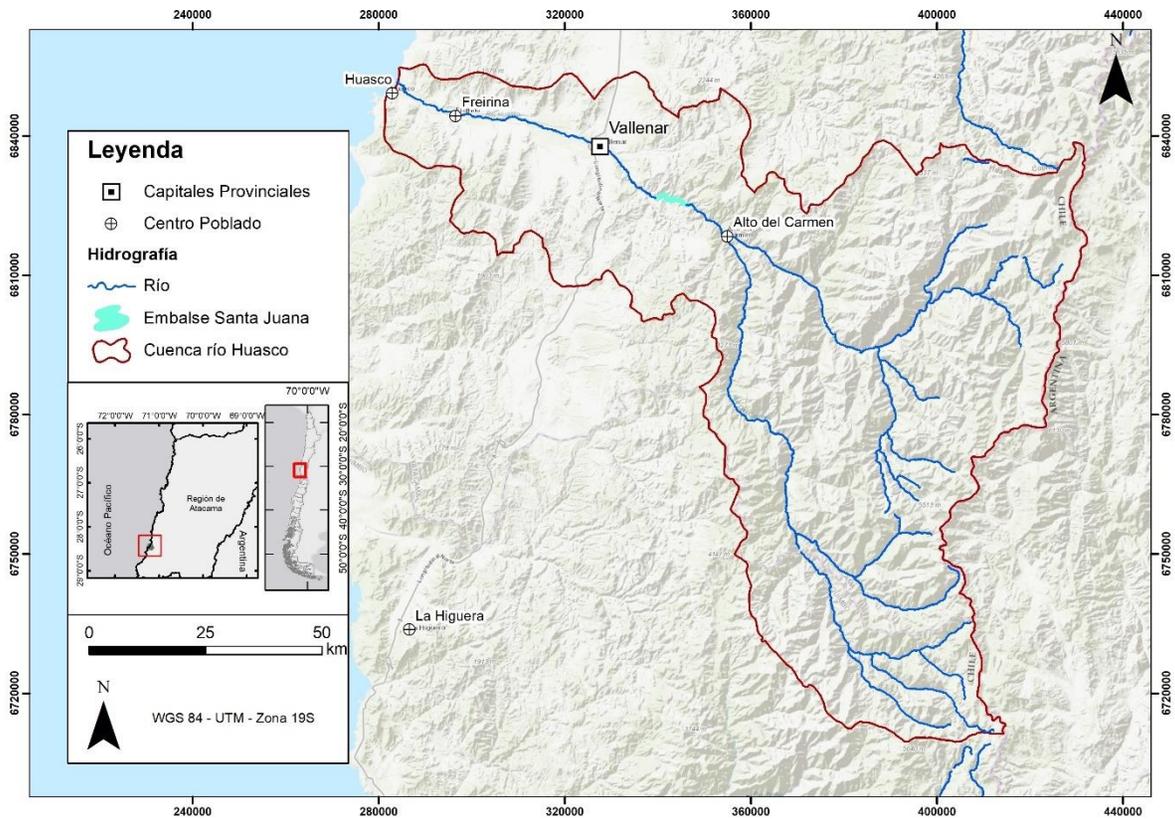
Fuente: Elaboración propia en base a Arévalo & Welkner (2008).

5.2 Hidrografía

El área de estudio comprende la zona desembocadura del río Huasco, por ende, es el punto culmine de la cuenca del río Huasco. Este curso de agua se forma por la confluencia de los ríos del Tránsito y del Carmen, recorriendo desde allí 88 km hasta la desembocadura.

La cuenca del río Huasco posee una superficie de 9.850 km² y su curso de agua principal, el río Huasco, se encuentra regulado por el embalse Santa Juana, ubicado 20 km aguas arriba de la ciudad de Vallenar, tal como se muestra en la Figura 5-2.

Figura 5-2: Cuenca del río Huasco



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2022).

5.3 Suelos

Respecto a los suelos, la información existente se refiere de manera global a la cuenca del río Huasco, mencionando que la zona de valle es la donde se encuentran los suelos con mejor calidad de drenaje, menor salinidad y permite desarrollar la agricultura.

En el área de estudio se reconoce la mala capacidad de drenaje en suelos con contenidos finos tipos arcillosos en su matriz, hecho que permite el desarrollo de un humedal, sin embargo, se ha observado que en el área de estudio se desarrolla actividad agrícola, relacionada principalmente con la plantación de olivos. Cabe destacar que la producción de olivos es característica de la zona, ya que, dado las condiciones ambientales son favorables para desarrollar este tipo de especie vegetal.

5.4 Medio humano

El área de estudio se ubica en el sector norte de la ciudad de Huasco, ciudad ubicada en la Provincia homónima, al sur de la región de Atacama. En el límite este, se encuentra el sector poblado de Huasco Bajo.

En Huasco habitan 7.071 personas, mientras que en Huasco Bajo 1.589 personas. Huasco es una ciudad de baja densidad poblacional (INE, 2017), teniendo su sector urbano una superficie de 3,67 km². Por su parte Huasco Bajo es categorizado como pueblo dado su cantidad de habitantes y superficie (0,88 km²).

Geográficamente, la ciudad se encuentra en la bahía de Huasco, sector que ha sido aprovechado para instalar diversas actividades económicas. Las más emblemáticas debido a su magnitud son la Planta de Pellets de CAP Minería, la Central termoeléctrica Guacolda y los puertos Guacolda I y Guacolda II. Estas industrias son las que han producido que la zona de la ciudad de Huasco sea conocida como zona de sacrificio, principalmente por los problemas de contaminación ambiental, relacionado con el material particulado presente en el aire.

El turismo también se desarrolla en el sector, principalmente en época de desierto florido. Esto se debe a que es la ciudad más cercana al Parque Nacional Llanos de Challe, lugar donde se desarrolla de manera significativa el fenómeno. Por otro lado, ha surgido en el sector norte al área de estudio una serie de poblados que son principalmente segundas viviendas o residencias utilizadas en época estival.

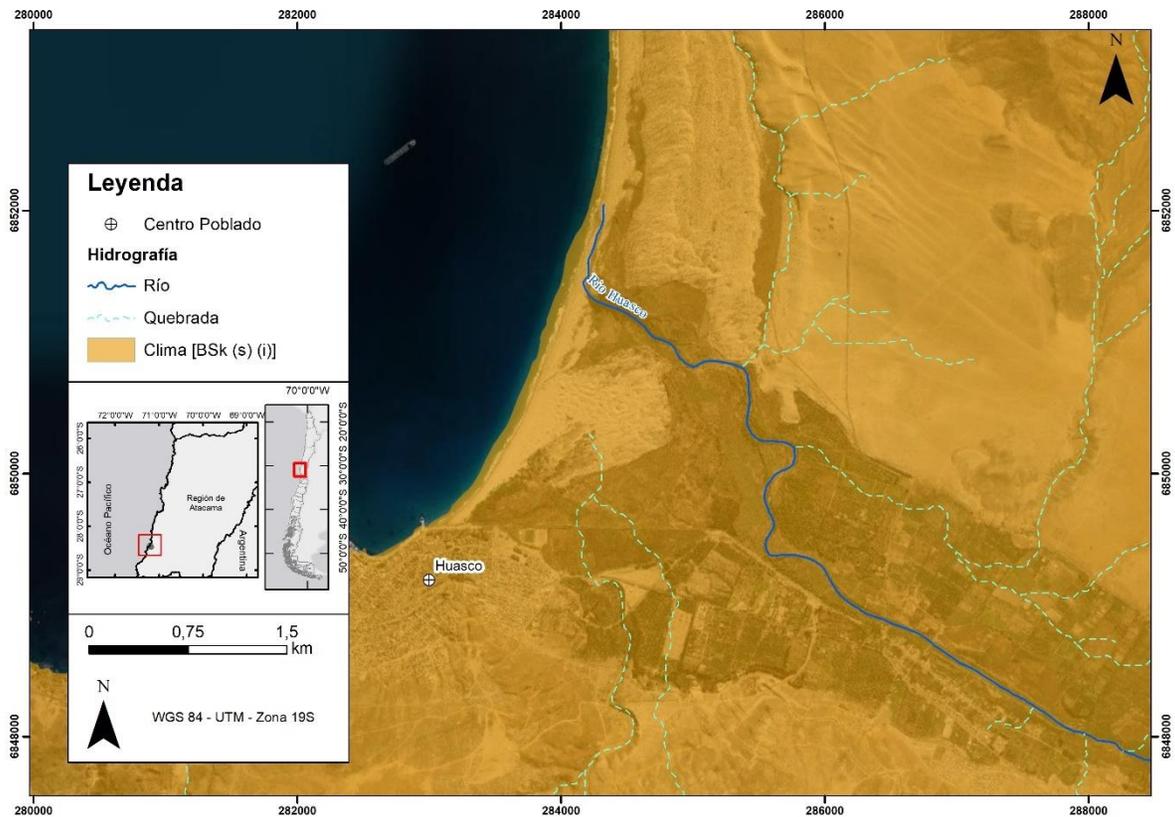
El sector del humedal colindante con la ciudad de Huasco corresponde a un área residencial, además de una zona con equipamiento deportivo y una plaza. Existe una diferencia topográfica entre el sector residencial y la plaza y el humedal, mientras que el recinto deportivo se encuentra a la misma altura del humedal. En el sector de Huasco Bajo se evidencian dos zonas distintas, las viviendas del sector urbano de Huasco Bajo que colindan con el humedal se encuentran con una diferencia topográfica, marcando las morfologías fluviales de terraza. Mientras que la otra zona es la de predios colindantes con el humedal, cuyas delimitaciones se vuelven más difusas sobre todo en zonas donde el humedal abandona características ribereñas y expande su superficie más allá que el curso de agua. En estas zonas ya no se colinda con viviendas, sino con sectores agrícolas.

En la visita a terreno se pudo evidenciar la relación que tiene la población con el humedal. Si bien se aprecia como parte de la población lo utiliza con un área de esparcimiento, también se ve en algunos sectores el desarrollo de microbasurales, la extracción de aguas y la presencia de animales no pertenecientes al humedal como perros, caballos o vacas.

5.5 Clima y red hidrometeorológica

Para el área de estudio se considera que el clima es de tipo semiárido de lluvia invernal e influencia costera, esto según la clasificación de Koppen (Sarricolea, Herrera, & Meseguer-Ruiz, 2017) (Figura 5-3).

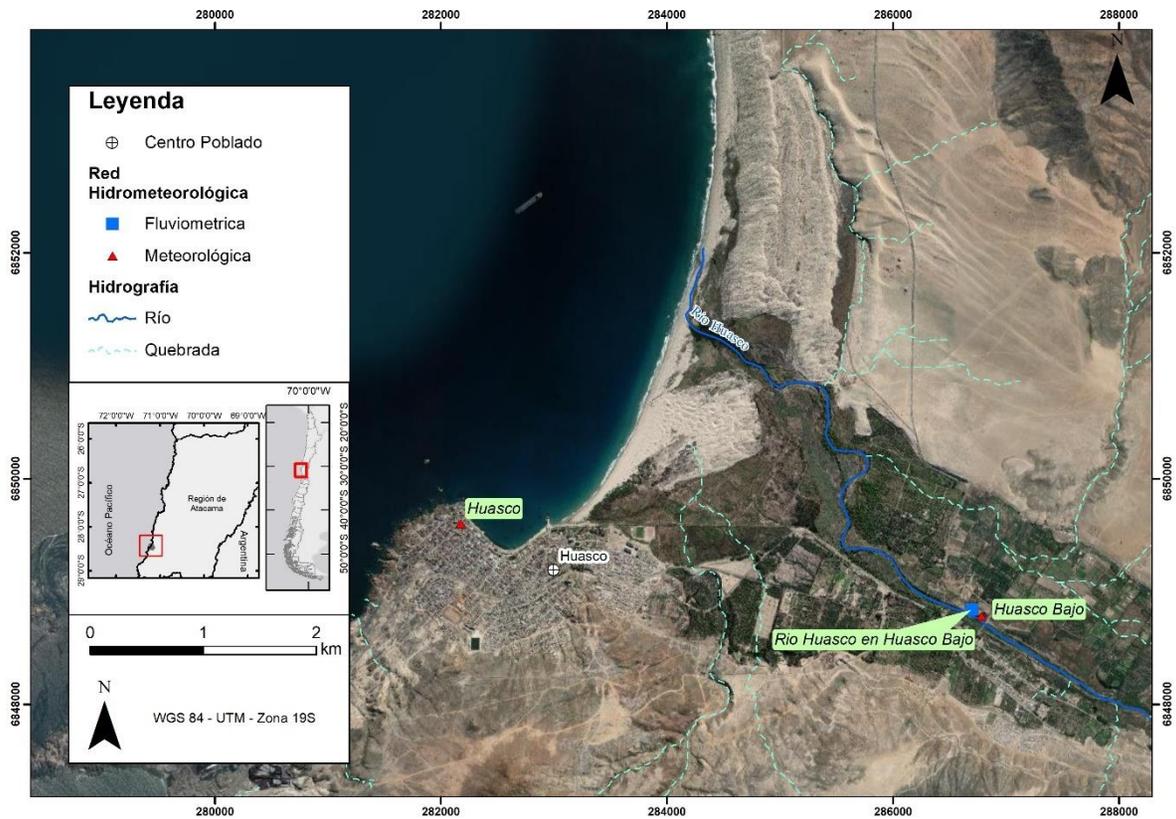
Figura 5-3: Clima en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia en base a Sarricolea, Herrera, & Meseguer-Ruiz (2017).

Por otro lado, la red hidrometeorológica perteneciente a la Dirección General de Aguas cuenta con 3 estaciones de medición, dos meteorológicas y una fluviométrica (Figura 5-4). Todas las estaciones cuentan con vacíos de información importantes, y en la actualidad no presentan mediciones, sin embargo, solo la estación meteorológica Huasco es la única que tiene categoría de “suspendida”.

Figura 5-4: Red hidrometeorológica.



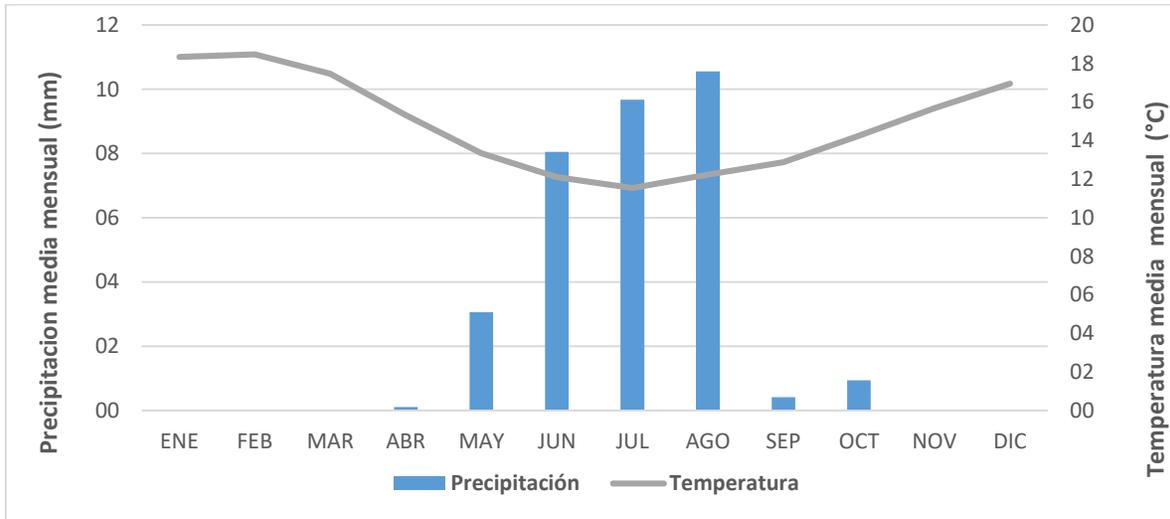
Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2022).

La estación fluviométrica Río Huasco en Huasco Bajo registra los últimos datos en 1997, mientras que en la estación meteorológica Huasco Bajo, sus últimos datos son de 2018 para precipitaciones y 2011 para temperatura. La estación meteorológica Huasco registra los últimos datos en 1992.

En la Figura 5-5 se observa el climograma de la estación meteorológica Huasco Bajo para el periodo 1993-2010 a nivel promedio.

La influencia marina permite mantener en un rango constante las temperaturas, notando una baja en estas en los meses de invierno. Mientras tanto, las lluvias son puntuales y en promedio, el peak no necesariamente está asociado con el invierno.

Figura 5-5: Climograma estación meteorológica Huasco Bajo 1993-2010



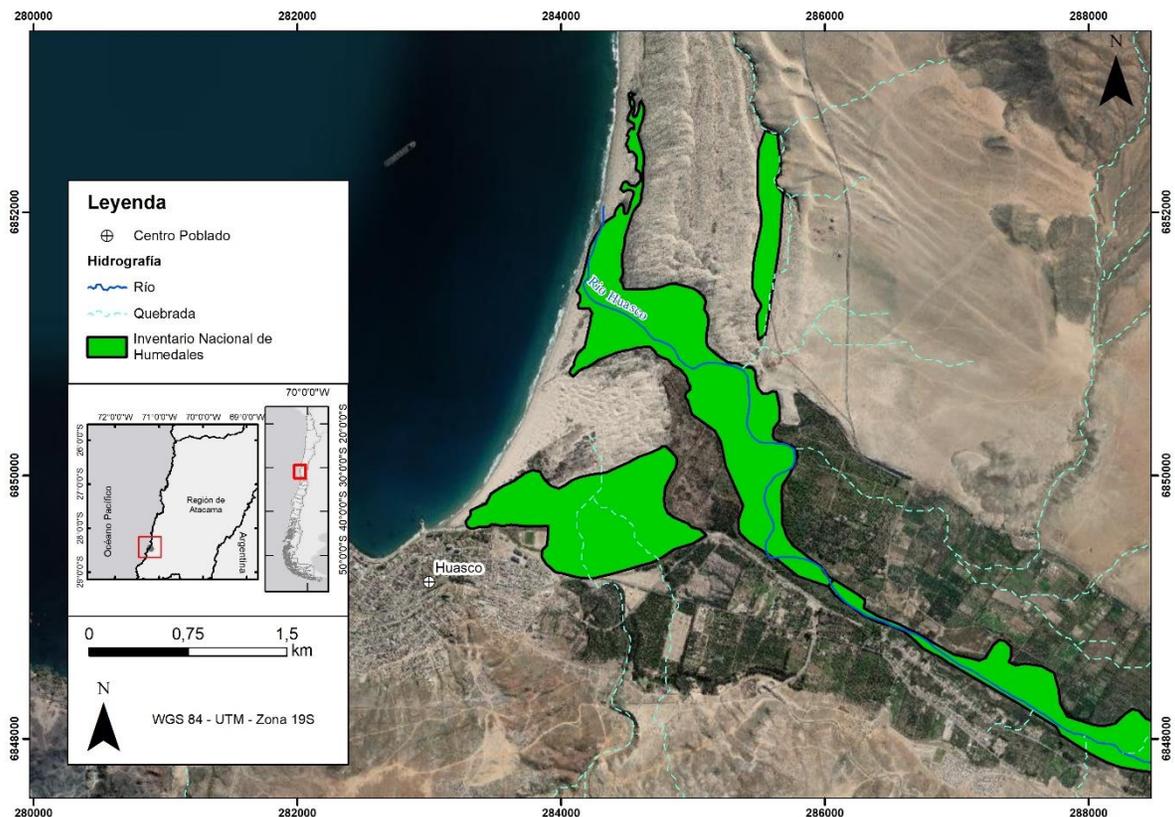
Fuente Elaboración propia con antecedentes BNA-DGA.

6 ANTECEDENTES HUMEDAL

6.1 Inventario Nacional de Humedales

El Inventario Nacional de Humedales desarrollado por el Ministerio de Medio Ambiente (2020) (MMA, 2020) describe para la zona la existencia de humedales. Estos se ven representados en la Figura 6-1 y su categoría varía en humedales marinos y costeros, estuarinos e intermareales, para los cercanos a la costa y humedales continentales, ribereños y permanentes para las secciones de humedal ubicado aguas arriba del río Huasco.

Figura 6-1: Humedales en el área de estudio



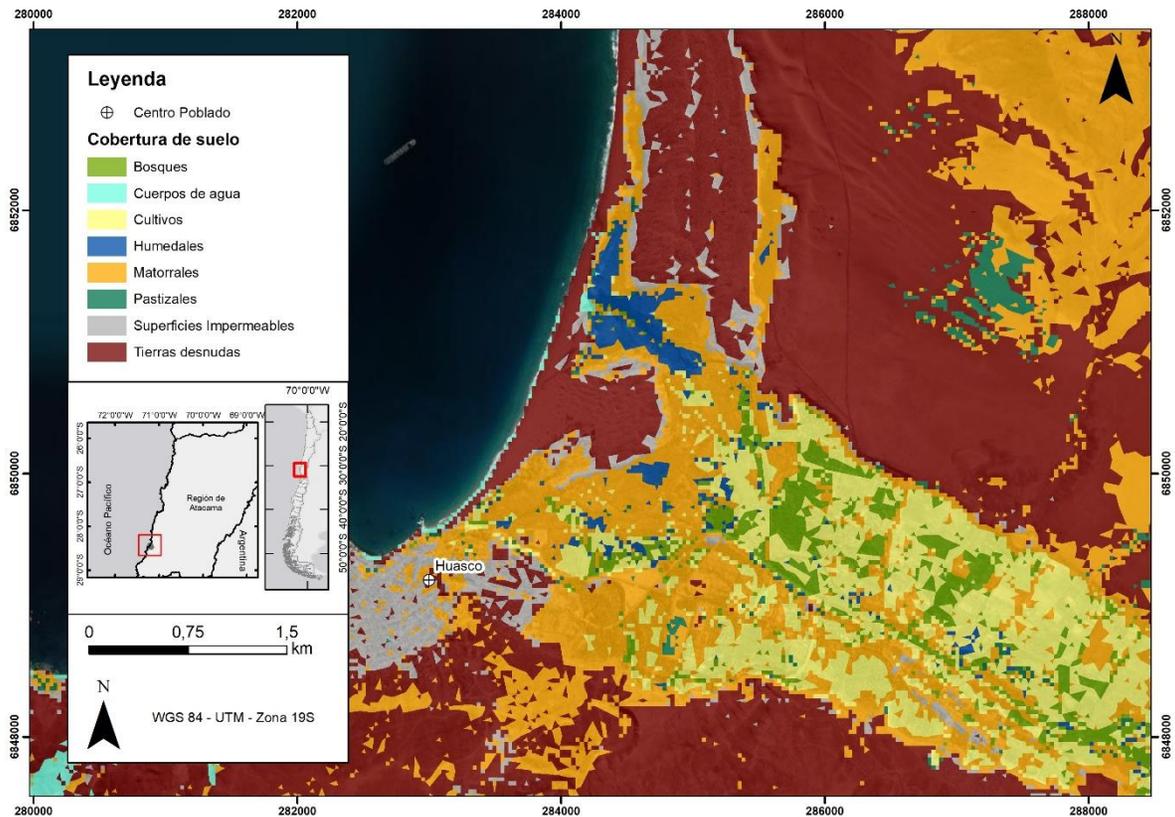
Fuente: Elaboración propia en base a MMA (2020).

Se establece que los humedales de esta zona están asociados a límites urbanos. Además, se refleja una desconexión superficial, en lo que se refiere al área de la desembocadura, identificando a partir de esta fuente un sector sur, cercano a la ciudad de Huasco; un sector norte, asociado al curso de agua y sectores aislados más al norte

6.2 Cobertura de suelos

Para (Hernández, Galleguillos, & Estades, 2014) la zona de la laguna de la desembocadura del río Huasco representa únicamente cobertura del suelo humedal, describiendo para el área de estudio la existencia de Bosques, Matorrales y en su mayoría Cultivos (Figura 6-2).

Figura 6-2: Cobertura de suelos en el área de estudio



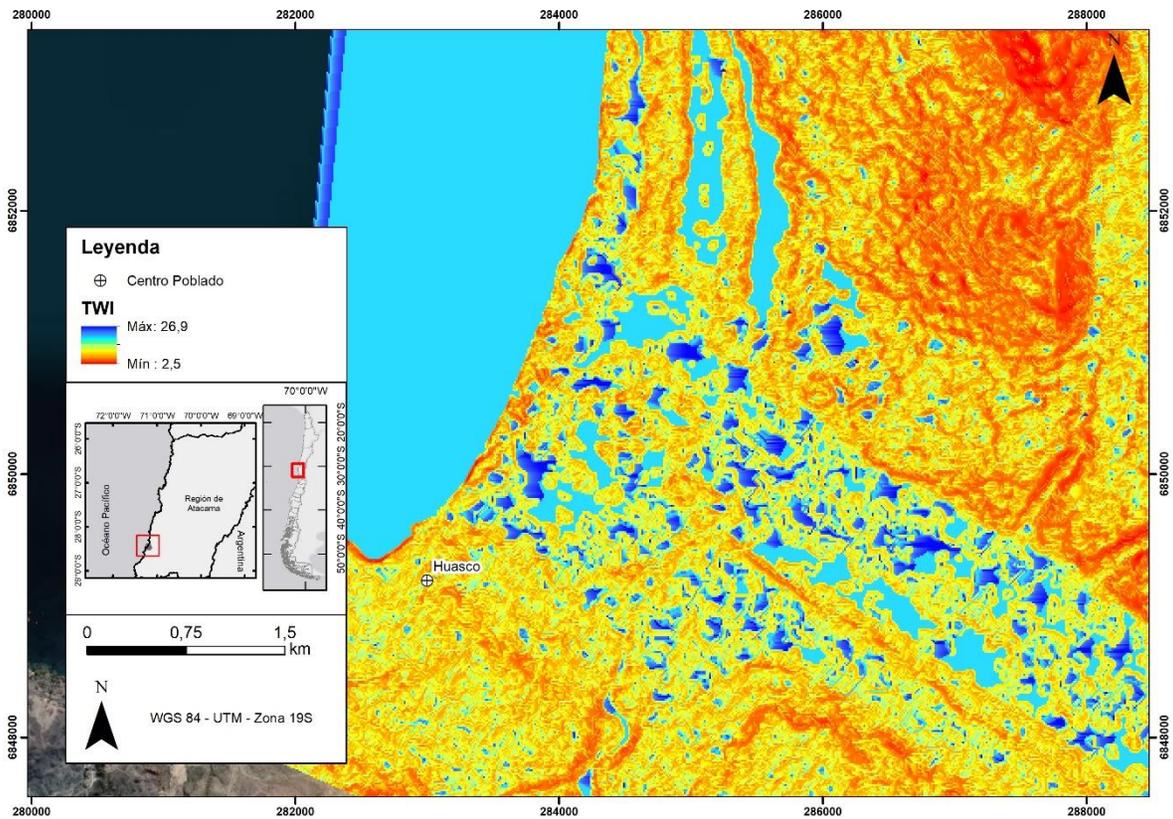
Fuente: Elaboración propia en base a Hernández, Galleguillos, & Estades (2014).

6.3 Índice Topográfico de Humedad

El índice topográfico de humedad sirve para definir zonas que por sus características de relieve son propicias a contener humedad. Mientras más alto el valor del índice (azul), más susceptible es el lugar para la humedad.

En la Figura 6-3 se observan las diferencias marcadas en las variables ya revisadas anteriormente. Si bien, lo que se puede dominar humedal no está definido claramente por este índice, permite diferenciar zonas homogéneas.

Figura 6-3: Índice Topográfico de Humedad



Fuente: Elaboración propia en base a Alos Palsar (2012).

De la misma manera, permite comprender que tal desconexión observada en el Inventario Nacional de Humedales difiere en esta variable. Esto basándose en que, si bien se identifica una clara zona con capacidad de retención de humedad, también es identificable una difuminada área sin capacidad de retención de humedad, ubicándose en el fraccionamiento identificado en el Inventario de Humedales y el mapa de cobertura de suelo.

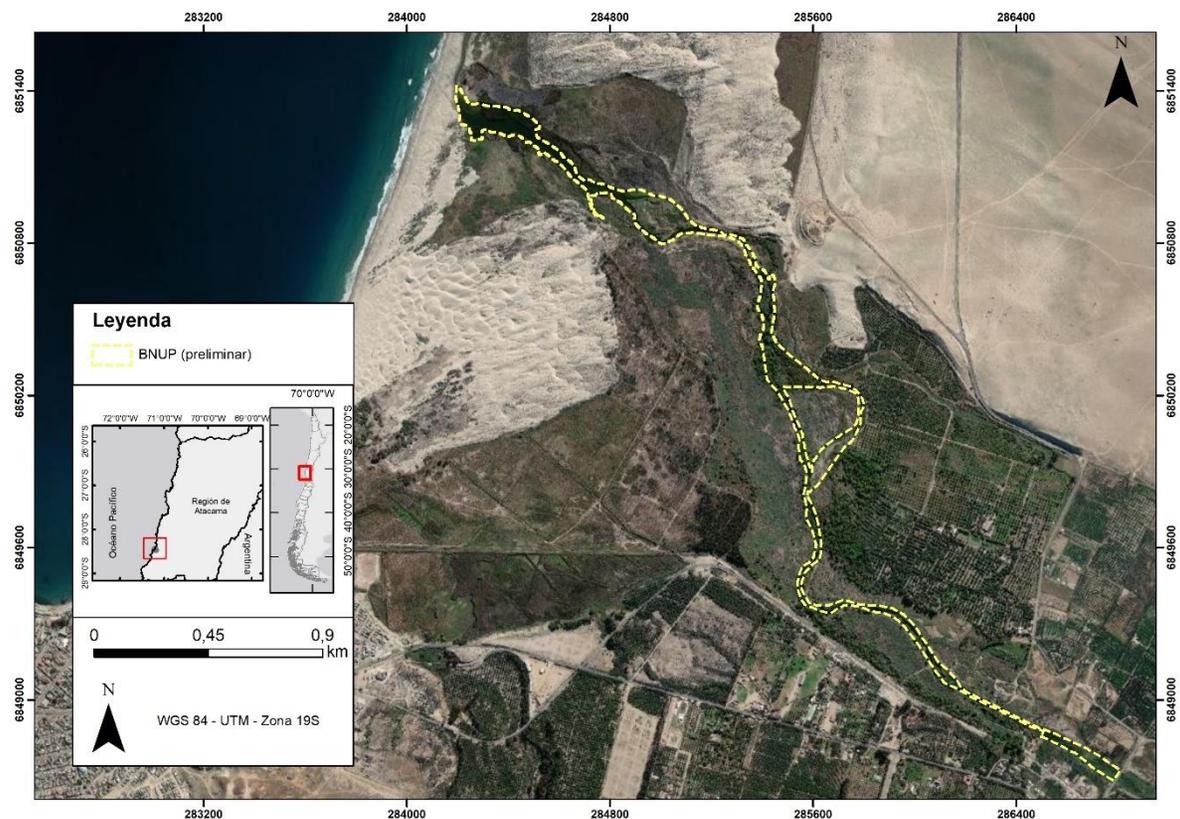
7 DESARROLLO OBJETIVOS

7.1 Delimitación Preliminar B.N.U.P. (Actividad 2)

Las imágenes de dron fueron obtenidas durante la tercera semana de septiembre de 2022 y tienen una resolución de píxel de 4 cm aproximadamente.

El desarrollo de esta actividad se basó básicamente en dibujar el contorno observable del espejo de agua y su resultado se observa a continuación en la Figura 7-1.

Figura 7-1: Polígono preliminar B.N.U.P.



Fuente: Elaboración propia.

7.2 Fotointerpretación de imágenes satelitales (Actividad 3)

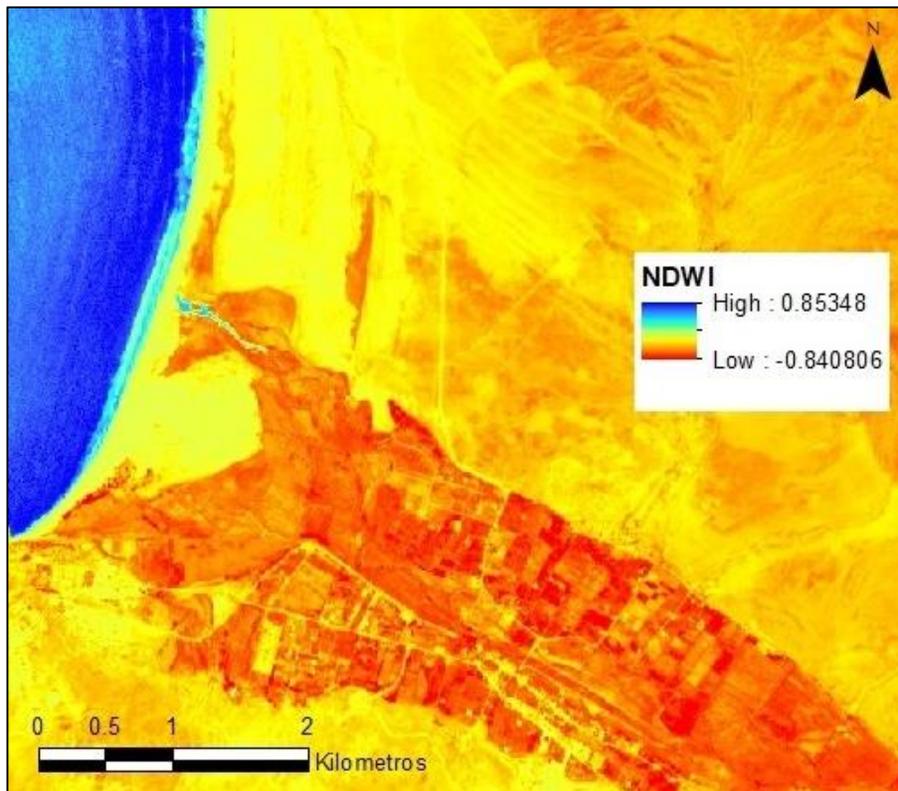
La metodología de trabajo se basó en el procesamiento de imágenes satelitales, utilizando diferentes índices. Además, estas variables permiten diferencia entre las áreas homogéneas y difusas que se interpreta como zona de humedal, y por otra parte, las zonas bien definidas que indican las áreas que no son humedales (tierras desnudas y superficies superficiales) (ver Tabla 7-1).

En promedio la resolución de las imágenes satelitales es de 30 m por lo que se pierden en ciertos detalles cuando la escala de trabajo es pequeña (cauces estrechos son difíciles de identificar), por lo que se debe interpretar de manera visual las áreas que no pueden ser caracterizadas por método del índice NDWI.

Cabe destacar la utilización de imágenes Google Earth (septiembre 2022) para contrastar la información obtenida. Esta definición se basa particularmente en lo observado en septiembre de 2022, por lo que se contrastó también esta información con el procesamiento de imágenes satelitales como apoyo al trabajo aerofotogramétrico realizado en terreno.

Para la delimitación del humedal se procedió al análisis del índice NDWI que resalta a través de sus valores los cuerpos de agua de la imagen (ver Figura 7-2).

Figura 7-2: Análisis del índice NDWI en colores azulados los pertenecientes al cuerpo de agua



Fuente: Elaboración propia.

Según la literatura disponible, la interpretación del índice NDWI se puede interpretar de la siguiente manera (ver Tabla 7-1).

Tabla 7-1: Rangos valores del NDWI

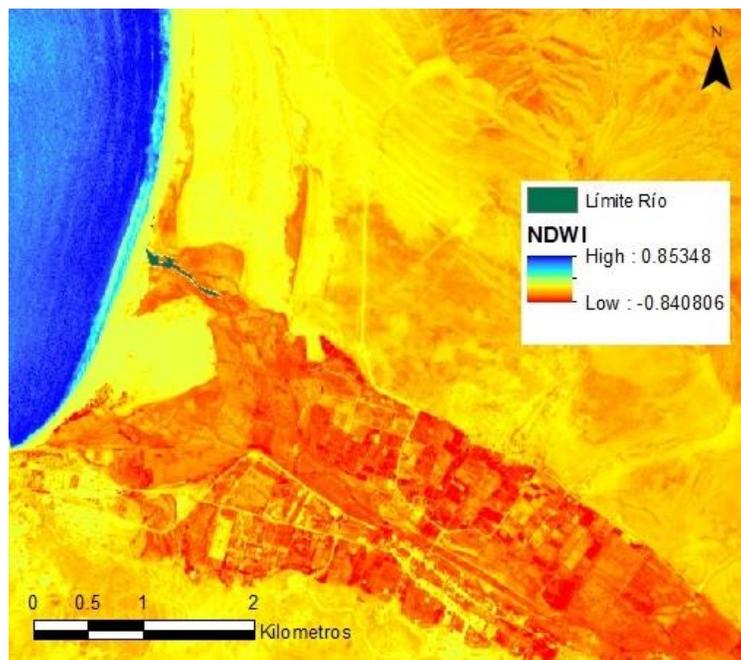
Desde	Hasta	Cobertura
0.2	1	Superficie del agua
0	0.2	Inundación, humedad
-0.3	0	Sequía moderada, superficies sin agua
-1	-0.3	Sequía, superficies sin agua

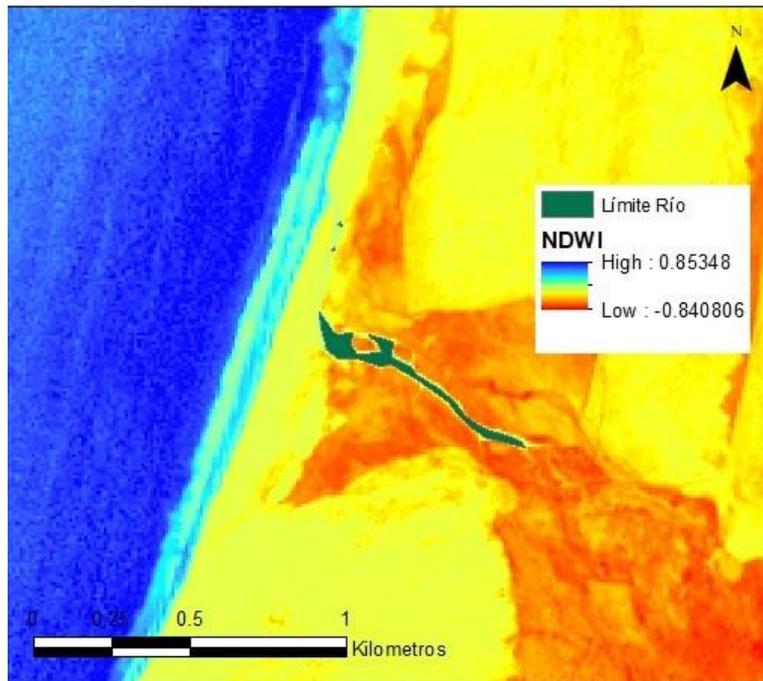
Fuente: Gao (1996).

Por lo tanto, en virtud a los rangos de interpretación del índice y el tamaño píxel de la imagen, se adoptó el valor 0 como valor diferenciador entre la superficie inundada y el resto de la imagen.

Para delimitar el cuerpo de agua se utilizó un umbral de 0 para los valores obtenidos del índice NDWI, lo que se muestra en la Figura 7-3.

Figura 7-3: Valores obtenidos del índice NDWI con umbral 0



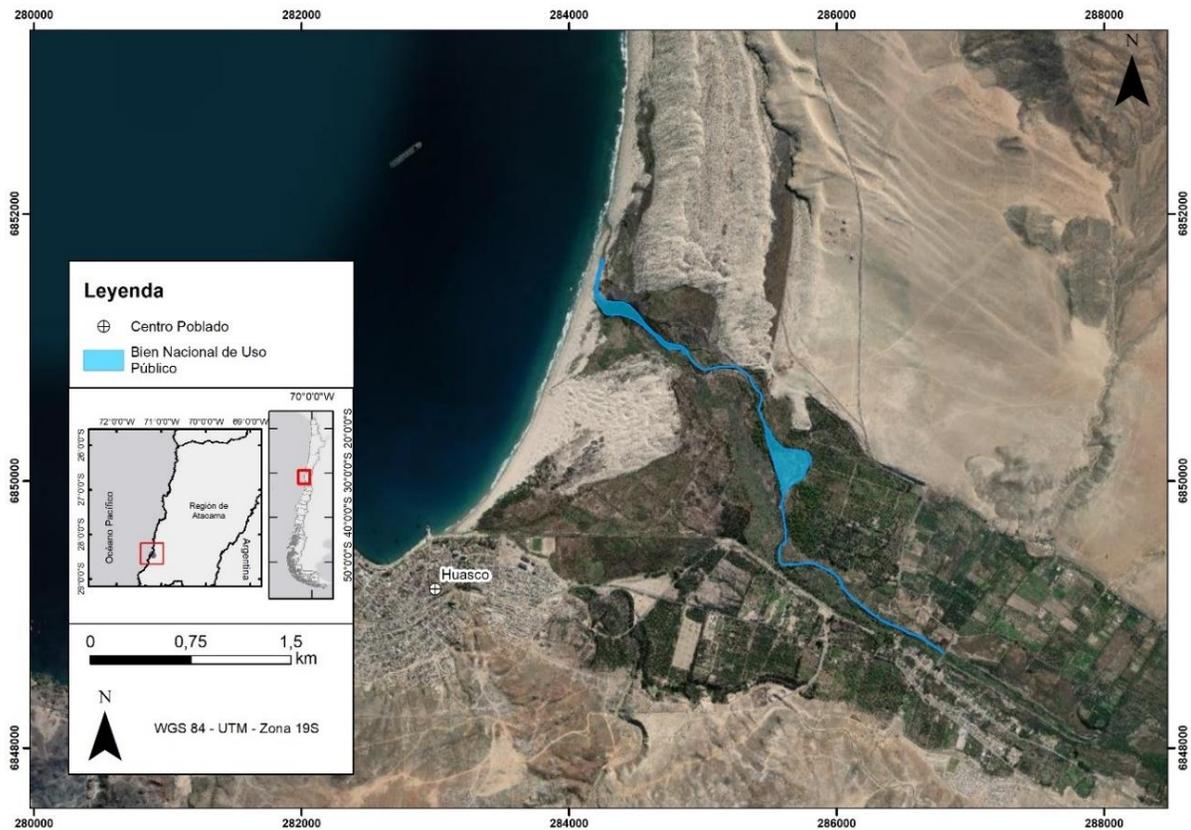


Fuente: Elaboración propia.

7.3 Justificación y Delimitación Cartográfica del B.N.U.P. (Actividad 4)

Cabe destacar que, al tratarse de un río muy pequeño, en la zona de desembocadura, el tamaño del píxel no permite la delimitación a medida que éste va disminuyendo su ancho hacia aguas arriba y también hacia la desembocadura en el mar. Esto se evidencia también en la información de gabinete recogida, con el análisis de capas como la cobertura de suelos o el TWI. El grueso de píxel no lograba definir de forma idónea el área del B.N.U.P., sin embargo, daba la primera aproximación de lo que ocurría en el territorio, demostrando una zona de quiebre en lo relacionado a cuerpos de agua y humedad. De esta manera, y complementando con el registro dron y las imágenes Google Earth para distintos años se construyó el polígono completo del cuerpo de agua perteneciente al B.N.U.P., el cual es presentado en la Figura 7-4. Cabe mencionar que este polígono está disponible dentro del **Anexo F** para más detalles.

Figura 7-4: Delimitación B.N.U.P.



Fuente: Elaboración propia.

7.4 Metodología Delimitación del Humedal Urbano

El segundo objetivo del presente estudio es delimitar el Humedal Urbano presente en el Humedal de la Desembocadura del río Huasco. Para ello se utiliza como base metodológica lo propuesto en la Guía de delimitación y caracterización de humedales urbanos (MMA, 2022). En el presente informe se tiene como objetivo establecer la zona biogeográfica de estudio, sin embargo, respondiendo a la metodología de la Guía, hay pasos previos que se realizan y además, hay pasos posteriores que ya se encuentran avanzados. Por lo tanto, a continuación se detallará el estado del segundo objetivo de este estudio.

En la Figura 7-5 se representa la metodología a desarrollar para satisfacer el objetivo dos. La identificación de la zona biogeográfica al área de estudio es el segundo paso de la metodología, siendo el primer paso la definición preliminar del humedal urbano, cuestión que ya se desarrolla en actividades del objetivo 1 (capítulo 6).

Figura 7-5: Metodología propuesta en Guía de delimitación y caracterización de humedales urbanos



Fuente: Elaboración propia en base a MMA (2022).

De esta manera, el desarrollo de actividades se desglosa a continuación.

7.5 Identificación de Humedales y delimitación

La propuesta metodológica para la definición preliminar del humedal urbano, utiliza principalmente la información existente en estudio anteriores, como también análisis de imágenes satelitales históricas (identificando y excluyendo imágenes tomadas en periodos de crecida) aplicando análisis de bandas espectrales y fotografías por medio de dron para asegurar una imagen de precisión para la delimitación del humedal y los distintos predios que existan tanto dentro del humedal como de las propiedades ribereñas.

De esta manera, y avanzando en el análisis de la definición del humedal, se realiza un primer análisis espectral con el vuelo dron realizado en el mes de septiembre de 2022 (ver acápite 8.2.1), se buscó una imagen satelital capturada en una fecha similar. En este caso se obtuvo una imagen Sentinel 2 con corrección atmosférica de la Agencia Europea Espacial. Las imágenes Sentinel 2 están formadas por 13 bandas que operan desde el visible hasta el infrarrojo de onda corta (SWIR por su sigla en inglés). Aunque Sentinel 2A y Sentinel 2B mapean de manera común, el ancho espectral de mapeo entre ambos es ligeramente diferente. Las bandas trabajan a lo largo del espectro visible, el borde rojo, infrarrojo cercano e infrarrojo de onda corta para procesar diferentes bandas de trabajo.

La imagen utilizada posee 12 bandas espectrales que varían en resolución entre los 10 y 60 m.

Para poder tener la mejor resolución espacial, se trabaja con índices que utilicen bandas espectrales que tienen la resolución espacial de 10 m (ver Tabla 7-2).

Con la finalidad de delimitar el humedal se obtuvieron los índices espectrales NDVI, que indica el verdor, densidad y salud de la vegetación en cada píxel de una imagen de satélite, en un rango que va desde -1 a 1 y que utiliza las bandas 8 (Infrarrojo Cercano) y 4 (rojo).

El otro índice calculado es el NDWI que se utiliza para resaltar el aspecto de las masas de agua en una imagen de satélite en un rango que va desde -1 a 1 y que utiliza las bandas 8 (Infrarrojo Cercano) y 3 (verde).

Tabla 7-2: Índices de bandas espectrales

	SENTINEL 2	
	Longitud de onda (μm)	Resolución (m)
Banda 1 - Aerosol	0,43 - 0,45	60
Banda 2 - Blue	0,45 - 0,52	10
Banda 3 - Green	0,54 - 0,57	10
Banda 4 - Red	0,65 - 0,68	10
Banda 5 - Red edge 1	0,69 - 0,71	20
Banda 6 - Red edge 2	0,73 - 0,74	20
Banda 7 - Red edge 3	0,77 - 0,79	20
Banda 8 - Near Infrared (NIR) 1	0,78 - 0,90	10
Banda 8A - Near Infrared (NIR) 2	0,85 - 0,87	20
Banda 9 - Water vapour	0,93 - 0,95	60
Banda 10 - Cirrus	1,36 - 1,39	60
Banda 11 - SWIR 1	1,56 - 1,65	20
Banda 12 - SWIR 2	2,10 - 2,28	20

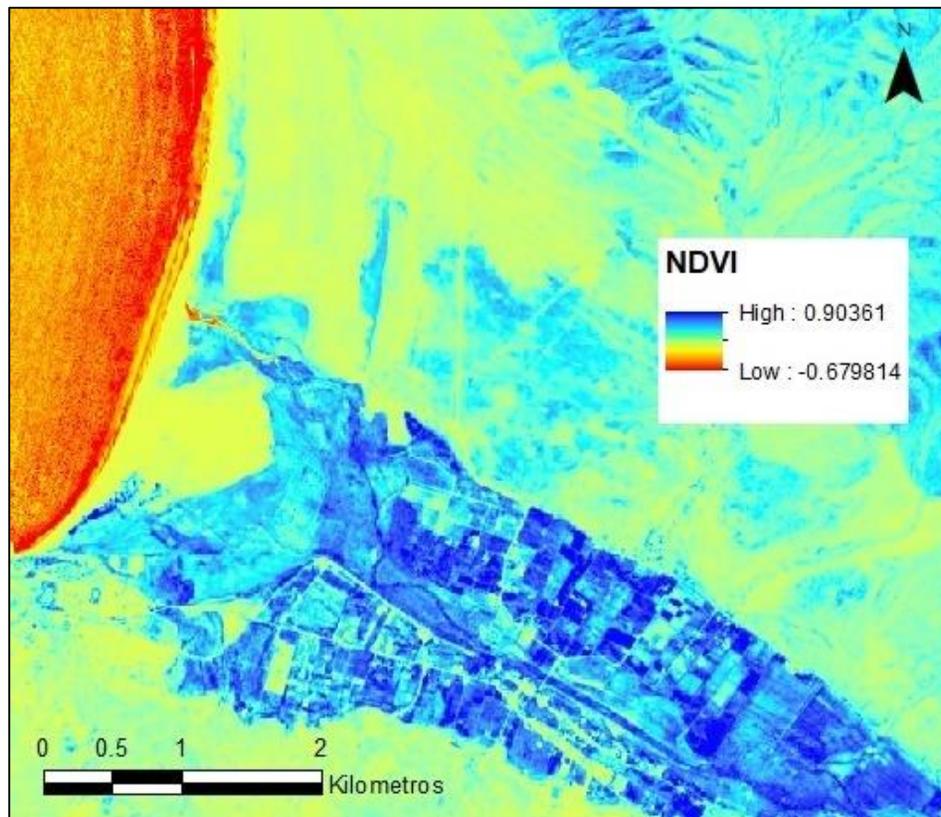
Fuente: Gis&Beers (2019).

Estos índices fueron obtenidos con el software SNAP de la Agencia Europea Espacial.

Para la delimitación del humedal se procedió al análisis del índice NDVI que indica a través de sus valores la vigorosidad y estado de la vegetación al momento de la captura de la imagen (ver Figura 7-6. Además, se puede apreciar claramente en tonos azules los sectores que poseen vegetación activa.

Según la literatura disponible, la interpretación del índice NDWI se puede interpretar de la siguiente manera: Los resultados del cálculo del NDVI varían de -1 a 1. Los valores negativos corresponden a áreas con superficies de agua, estructuras artificiales, rocas, nubes, nieve; el suelo desnudo generalmente cae dentro del rango de 0,1 a 0,2; y las plantas siempre tendrán valores positivos entre 0,2 y 1. El dosel de vegetación sano y denso debería estar por encima de 0,5, y la vegetación dispersa probablemente caerá dentro de 0,2 a 0,5.

Figura 7-6: Análisis del índice NDVI



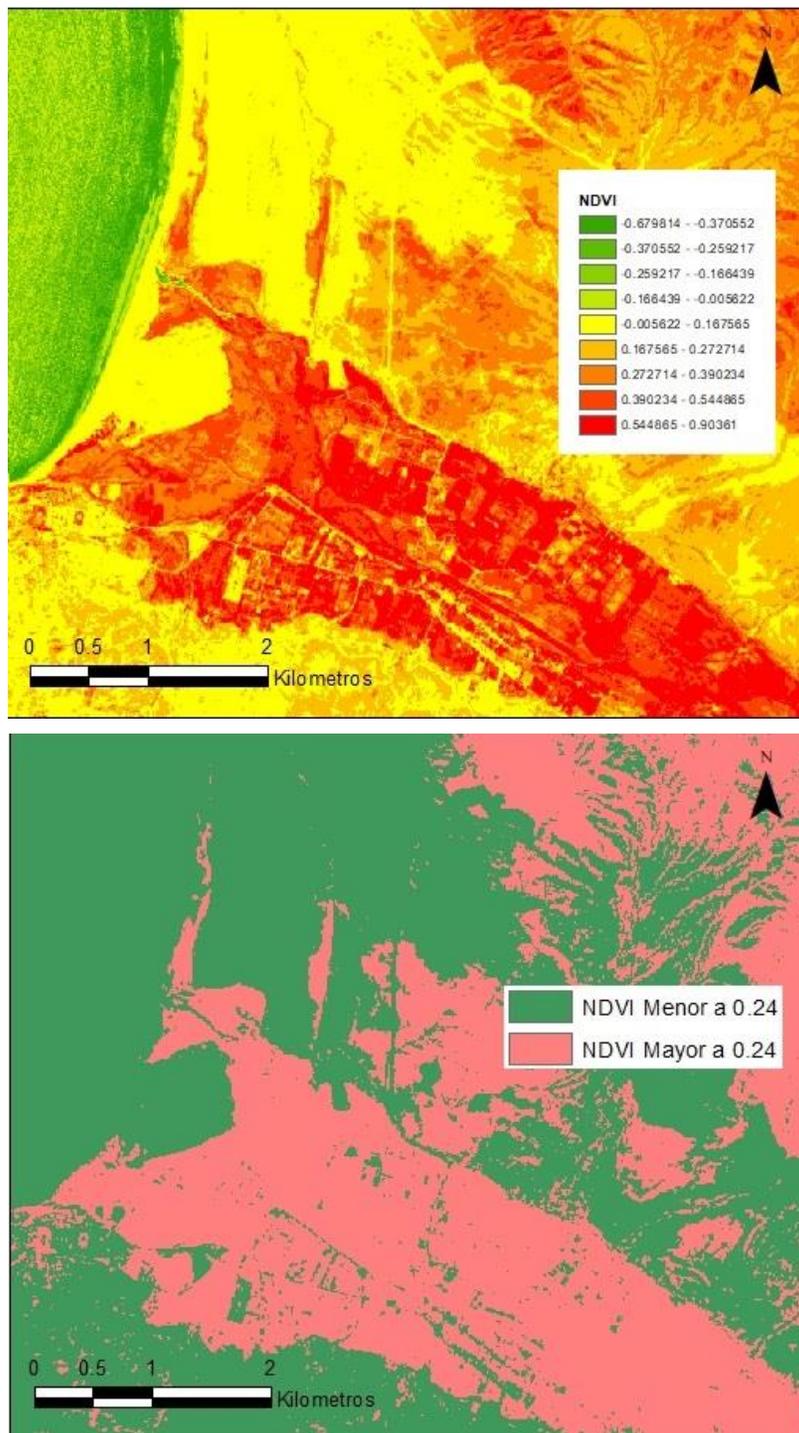
Fuente: Elaboración propia.

Lo señalado corresponde a un marco de referencia general y la interpretación final del índice, pues se deben tomar en cuenta diversos factores como, por ejemplo, la época del año, la cantidad de agua disponible, el tipo de vegetación existente en el lugar, etc.

En esta ocasión se disponía de una imagen de alta resolución, por lo que se agregó al análisis, realizando una superposición de la imagen satelital y la imagen tomada con dron. Teniendo la superposición de ambas imágenes se realizaron pruebas de cambio en los valores límites, obteniendo el valor 0.24 como valor más cercano a la delimitación de la cubierta vegetal.

Con este valor fue posible delimitar el polígono general del humedal, tal como se presenta en la Figura 7-7.

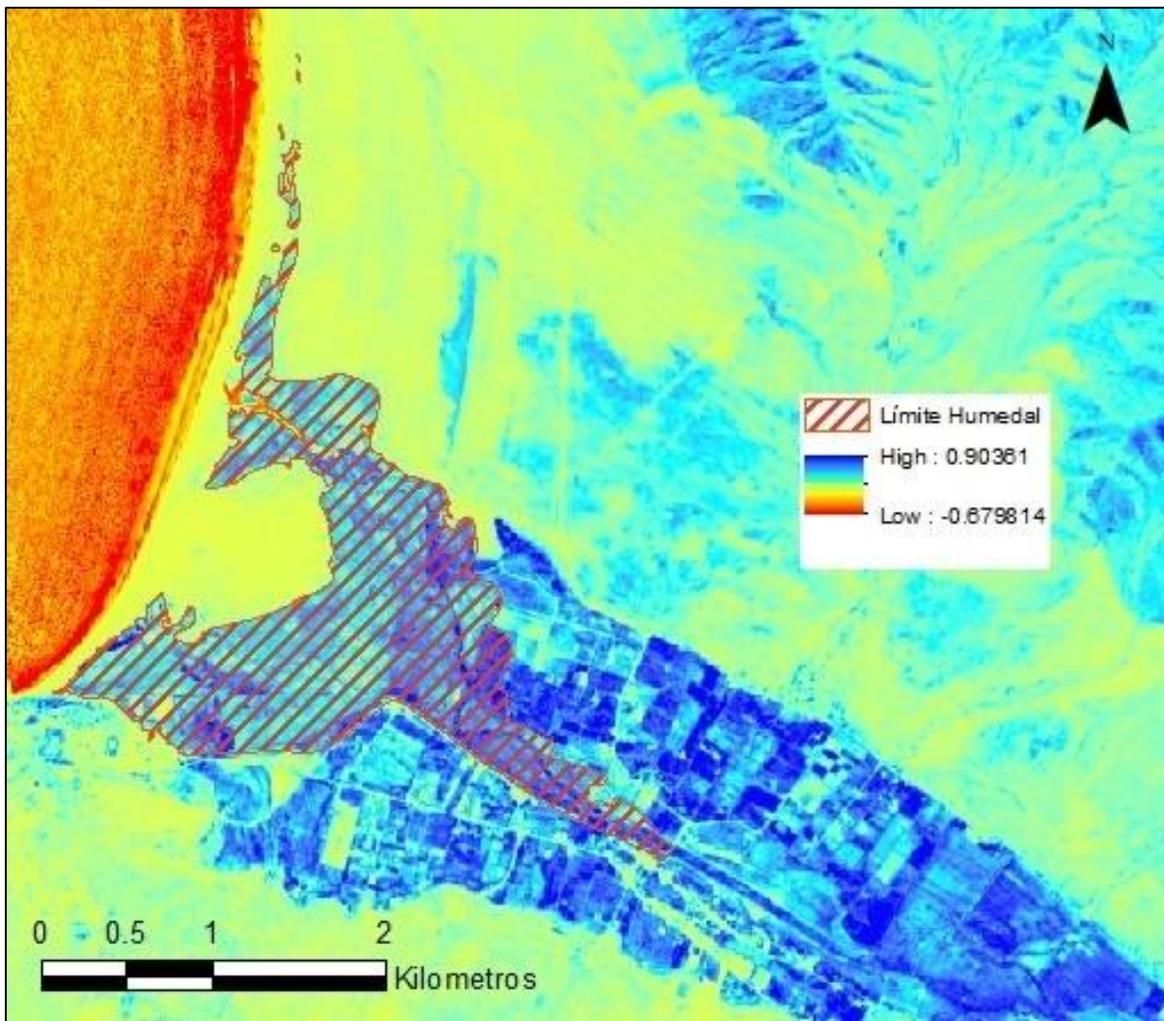
Figura 7-7: Análisis del índice NDVI con umbral de clasificación de 0,24



Fuente: Elaboración propia.

Al tratarse de un índice que muestra la vegetación no se tiene una discriminación entre la vegetación silvestre y la vegetación perteneciente a cultivos, por lo que para poder separar los cultivos es necesario recurrir a imágenes en color verdadero (RGB) (ver Figura 7-8).

Figura 7-8: Delimitación humedal urbano sin cultivos



Fuente: Elaboración propia.

El análisis de estas variables permitió establecer un esbozo preliminar del Humedal Urbano, del cual se dibujaron los transectos de la actividad en Terreno (acápite 7.2).

7.6 Caracterización de la Zona Biogeográfica de estudio (Actividad 5)

Según la Guía de Delimitación de Humedales Urbanos (MMA, 2022) la caracterización biogeográfica se define usando la información contenida en la Figura 7-9.

Figura 7-9: Zonas biogeográficas según clasificación de regímenes hídricos

Zona	Extensión geográfica
Hiperárida desértica	Arica a Coquimbo
Árida estepárica fría de altura	Altiplano o Puna de Atacama
Árida	Coquimbo a Aconcagua
Semiárida	Aconcagua a Región del Maule
Subhúmeda	Región del Maule al Biobío
Húmeda	Del Biobío al Toltén
Hiperhúmeda	Del Toltén al Sur
Semiárida estepárica fría	Regiones orientales de Aysén y Magallanes (Tierra del Fuego)

Fuente: MMA (2022).

Por lo anterior, dado que la zona de estudio se ubica en la Región de Atacama, la clasificación puede ser hiperárida desértica o árida estepárica fría de altura, que se define como zonas “con precipitaciones anual de entre 30 y 100 mm, con un período seco que se extiende por 11 o 12 meses. Las demandas atmosféricas elevadas de agua, asociadas a una mínima cantidad de precipitaciones y a una intensa radiación solar, generan niveles elevados de déficit hídrico especialmente durante el período primaveral y estival, superando los 1200 mm al año. El índice de humedad invernal se mantiene por debajo de 0,2, es decir, la precipitación durante la estación húmeda no alcanza a cubrir el 20% de las demandas creadas por la evapotranspiración potencial. No existe excedente invernal de precipitación, por lo que el escurrimiento superficial es extremadamente escaso y errático” (MMA, 2014).

Por otra parte, al considerar su ubicación en términos de elevación, al área de estudio le corresponde una clasificación de hiperárida desértica, en lo que respecta al territorio que está aledaño al humedal. Esto queda de manifiesto al observar el climograma de la Figura 5-5, donde se observa que la precipitación media en el territorio en el mes de máxima no supera los 11 mm, aunque hay algunos años muy húmedos.

7.7 Condiciones Ambientales Normales (CAN) y Preparación en Terreno

Como lo establece la Guía, las CAN no se aplican para humedales estuariales, por lo que el paso siguiente fue la preparación en terreno para desarrollar los siguientes tres puntos que funcionan en paralelo.

En el siguiente capítulo se describen las actividades realizadas para el desarrollo metodológico de los objetivos planteados en el estudio.

8 INSPECCIÓN EN TERRENO (Actividad 6)

En este capítulo se describen las actividades y resultados obtenidos de la campaña en terreno realizada entre los días 20 y 23 de septiembre de 2022. Dichas actividades son listadas a continuación:

- Reconocimiento por toda el área de estudio.
- Vuelos Aerofotogramétrico que servirán para una delimitación más detallada del humedal urbano y el resto del humedal como bien de uso público.
- Transectos para el reconocimiento vegetacional.
- Caracterización de factores hidrológicos.
- Entrevistas a lugareños y visitantes del Humedal.

8.1 Reconocimiento del área de Estudio

Se presenta en la Figura 8-1 el track del recorrido completo por el área de estudio, lo que representa un total de 74 km recorrido, este recorrido estuvo principalmente orientado para la descripción vegetacional, descripción de factores hidrológicos, vuelo Aerofotogramétrico mediante drone, y encuestas a visitantes del humedal.

Figura 8-1: Track Recorrido por el área de Estudio



Fuente: Elaboración propia.

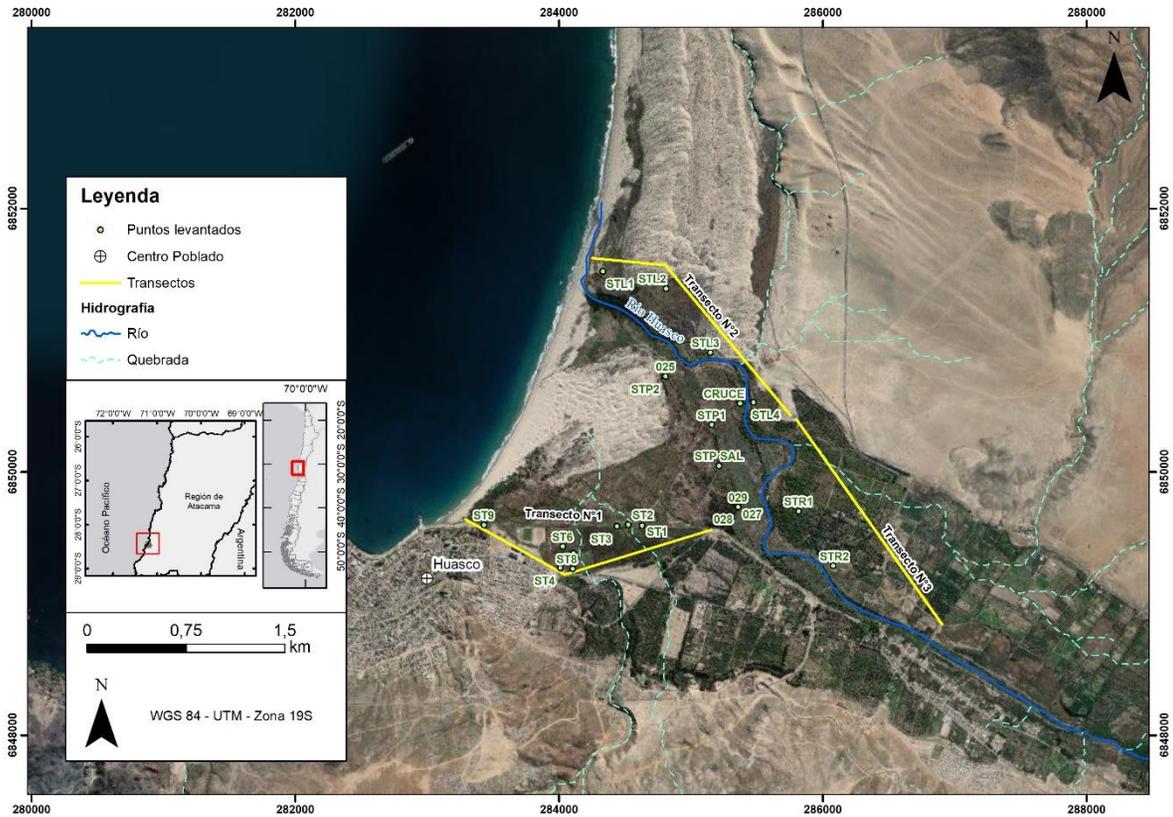
8.2 Transectos para muestreos vegetacionales, y calicatas

Para la labor de reconocimiento vegetacional se realizaron Transectos mediante cuadrícula de PCV con separaciones cada 20 cm con el fin de generar una cuadrícula de 25 espacios, los que se utilizaron para el análisis de la vegetación representativa en el sector cercano al punto de

monitoreo. Cabe señalar que por cada punto se realizaron al menos dos observaciones utilizando esta cuadrícula con la finalidad de catastrar toda la vegetación presente en los distintos lugares

Se presenta en la Figura 8-2 los Transectos realizados y los subtransectos en el espacio.

Figura 8-2: Transectos realizados en la campaña de terreno



Fuente: Elaboración propia.

En lo que sigue se presenta la descripción de la flora encontrada en el reconocimiento de cada subtransecto.

8.2.1 Subtransecto ST1

Se presenta en la Tabla 8-1 el detalle de las especies halladas en el muestreo vegetacional del subtransecto ST1.

Tabla 8-1: Reconocimiento vegetacional en el punto ST1

Familia	Especie	Nombre Común	Hábito de vida	Origen
Chenopodiaceae	Sarcocornia neei	Sosa	helófito halófila	nativa
Asteraceae	Tessaria absinthioides	Brea	helófito leñosa	nativa
Nolanaceae	Nolana crassulifolia	Suspiro		
Gramineae	Distichlis spicata	Pasto salado	Distichlis	nativa

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se debe señalar que en el sector se identifican costras de sal en el suelo, debido a la interacción permanente con el cuerpo de agua, el cual, presenta salinidades características de zonas estuariales. Así mismo el suelo está en su mayor parte saturado y al remover la capa superficial del suelo (cobertura vegetacional) esta desprendió un fuerte olor a azufre, y su color era oscuro típico de suelos con material vegetal en descomposición.

Se presenta en la Tabla 8-2 el registro fotográfico del reconocimiento vegetacional del subtransecto ST1.

El sector se caracteriza por ser del tipo vegetal arbustivo con un estrato dominado por *Sarcocornia neei*. Posee una altura que va de los 50 a 80 cm. El estrato herbáceo es dominado por *Distichlis spicata* con alturas que no superan los 10 cm.

Este tipo de vegetación se caracteriza por poseer una cobertura poco densa a muy densa y crece en terrenos planos húmedos, además de sustratos arenosos en cajas de río del estuario.

Por otra parte, el matorral de *Tessaria absinthioides* posee una cobertura vegetacional densa y se emplaza generalmente en sustratos arenoso-pedregosos en las cajas de río que forma el estuario Río Huasco y sectores de dunas existentes.

Tabla 8-2: Registro fotográfico subtrasecto ST1

<p align="center">Muestreo 1</p>	<p align="center">Muestreo 2</p>
<p align="center">Muestreo 3</p>	<p align="center">Evidencia de hidrológica humedal</p>

Fuente: Equipo Consultor.

8.2.2 Subtrasecto ST2

Se presenta en la Tabla 8-3 el detalle de las especies halladas en el muestreo vegetal del subtrasecto ST2.

Se presenta en la Tabla 8-4 el registro fotográfico del reconocimiento vegetal del subtrasecto ST2.

Tabla 8-3: Reconocimiento vegetacional en el punto ST2

Familia	Especie	Nombre Común	Hábito de vida	Origen
Chenopodiaceae	Sarcocornia neei	Sosa	helófito halófila	nativa
Asteraceae	Tessaria absinthioides	Brea	helófito leñosa	nativa
Gramineae	Distichlis spicata	Pasto salado	Distichlis	nativa
Dicotiledóneas	Alisma plantago-aquatica	Llantén de agua	helófito herbácea glicófila	introducida
Poaceae		Césped silvestre		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-4: Registro fotográfico subtransecto ST2

Muestreo 1	Presencia de agua a 50 cm de prof.

Fuente: Equipo Consultor.

Esta muestra presenta características similares al Subtransecto ST1, dando cuenta de características propias de muestra vegetacionales insertas en ambiente de alta humedad o cajas de río como lo son los humedales.

Por otra parte, se realiza calicata con una profundidad de 60 cm, donde se identifica un primer horizonte de 30 cm con cobertura vegetal limo arena arcillosa de color gris con presencia de raíces con media a alta humedad de plasticidad media a baja, para pasar a un segundo horizonte de arenas

finas arcillosas de color gris de baja plasticidad, sin presencia de raíces saturado, se presencia agua a los 50cm. Todo el perfil presenta una compactación media a baja.

Cabe destacar la presencia de un fuerte olor a azufre en la excavación.

Se presenta en la Tabla 8-5 la ubicación geográfica de la calicata, y en la Figura 8-3 una fotografía de la excavación.

Tabla 8-5: Ubicación de la calicata ST2

ID Calicata	Coordenada UTM WGS 84 Huso19S	
	Norte (m)	Este (m)
ST2	6.849.600	284.526

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8-3: Calicata ST2



Fuente: Equipo Consultor.

8.2.3 Subtrasecto ST3

Se presenta en la Tabla 8-6 el detalle de las especies halladas en el muestreo vegetal del subtrasecto ST3.

Se identifica principalmente una especie herbácea en el punto por lo que no se requieren más levantamientos en el sector. Además, se observan los suelos totalmente saturados.

Tabla 8-6: Reconocimiento vegetacional en el punto ST3

Familia	Especie	Nombre Común	Hábito de vida	Origen
Dicotiledóneas	Alisma plantago-aquatica	Llantén de agua	helófito herbácea glicófila	introducida
Poaceae		Césped silvestre		

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla 8-7 el registro fotográfico del reconocimiento vegetacional del subtransecto ST3.

Tabla 8-7: Registro fotográfico subtransecto ST3

	
Muestreo 1	Suelos completamente saturados



Presencia de agua

Fuente: Equipo Consultor.

Este sector cuenta con una vegetación predominante tipo césped de una altura aproximada de entre 5 a 10 cm de alto, insertada en un suelo altamente saturado.

8.2.4 Subtrasecto ST4

Se presenta en la Tabla 8-8 el detalle de las especies halladas en el muestreo vegetal del subtrasecto ST4.

Tabla 8-8: Reconocimiento vegetal en el punto ST4

Familia	Especie	Nombre Común	Hábito de vida	Origen
Chenopodiaceae	Sarcocornia neei	Sosa	helófito halófilo	nativa
Asteraceae	Tessaria absinthioides	Brea	helófito leñoso	nativa
Cruciferae	Lepidium Subulatum	Hierba de las pecas		
Gramineae	Distichlis spicata	Pasto salado	helófito halófilo	nativa

Fuente: Elaboración propia.

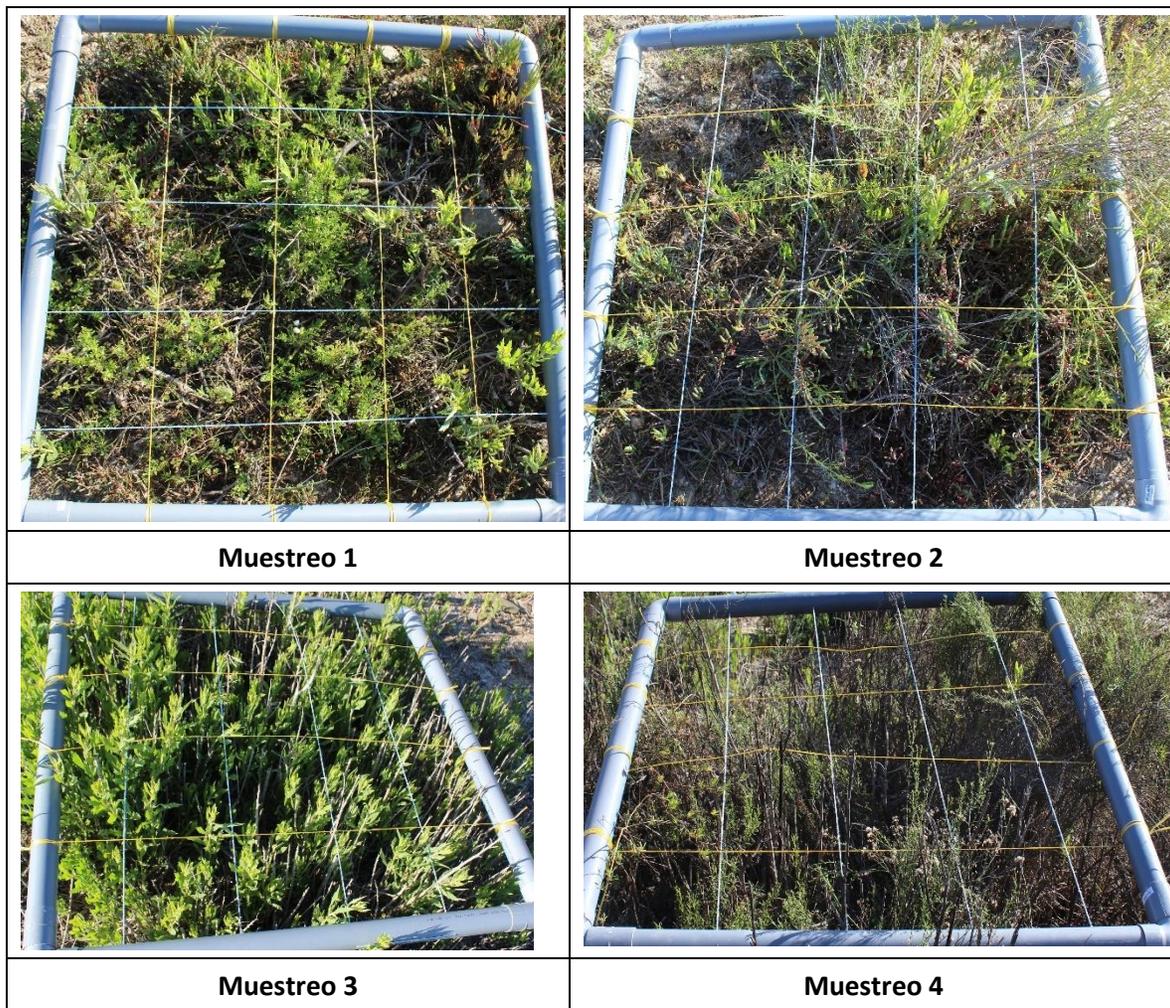
Se presenta en la Tabla 8-9 el registro fotográfico del reconocimiento vegetal del subtrasecto ST4.

Esta muestra presenta características similares al Subtrasecto ST1, dando cuenta de características propias de muestra vegetacionales insertas en ambiente de alta humedad o cajas de río como lo son los humedales.

Por otra parte, se realiza calicata con una profundidad de 60 cm, donde se identifica un primer horizonte de 10 cm con cobertura vegetal limo arcillosa con descomposición orgánica de color negra con presencia de raíces con media humedad de plasticidad media, para pasar a un segundo horizonte de arenas finas limosas de color café de baja a nula plasticidad con presencia de raíces hasta los 40 cm, por último, un tercer estrato de arenas finas limpias sin presencia de raíces con una humedad media. Todo el perfil presenta una compactación media a baja.

Cabe destacar la presencia de un fuerte olor a azufre en la excavación.

Tabla 8-9: Registro fotográfico subtransecto ST4



Fuente: Equipo Consultor.

Se presenta en la Tabla 8-10 la ubicación geográfica de la calicata, y en la Figura 8-4 una fotografía de la excavación.

Tabla 8-10: Ubicación de la calicata ST4

ID Calicata	Coordenada UTM WGS 84 Huso19S	
	Norte (m)	Este (m)
ST4	6.849.270	284.009

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8-4: Calicata ST4



Fuente: Equipo Consultor.

8.2.5 Subtrasecto ST5

Se presenta en la Tabla 8-11 el registro fotográfico del reconocimiento vegetal del subtrasecto ST5. En este subtrasecto se identifican las mismas especies herbáceas que en el subtrasecto ST4.

Tabla 8-11: Registro fotográfico subtrasecto ST5



Fuente: Equipo Consultor.

Se realiza calicata con una profundidad de 60 cm, donde se identifica un primer horizonte de 15 cm con cobertura vegetal limo arcillosa de color café con presencia de raíces con media a alta humedad de plasticidad media, para pasar a un segundo horizonte de limos arenosos de color gris oscuro de plasticidad media con presencia de raíces hasta los 30 cm, por último un tercer estrato de arenas limo arcillosas de color gris oscuro sin presencia de raíces con una humedad alta a saturada, con presencia de agua desde los 50cm. Todo el perfil presenta una compactación media.

Cabe destacar la presencia de un fuerte olor a azufre en la excavación.

Se presenta en la Tabla 8-12 la ubicación geográfica de la calicata, y en la Figura 8-5 una fotografía de la excavación.

Tabla 8-12: Ubicación de la calicata ST5

ID Calicata	Coordenada UTM WGS 84 Huso19S	
	Norte (m)	Este (m)
ST5	6.849.324	284.012

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8-5: Calicata ST5



Fuente: Equipo Consultor.

8.2.6 Subtransecto ST6

Se presenta en la Tabla 8-13 el detalle de las especies halladas en el muestreo vegetacional del subtransecto ST6.

Tabla 8-13: Reconocimiento vegetacional en el punto ST6

Familia	Especie	Nombre Común	Hábito de vida	Origen
Chenopodiaceae	Sarcocornia neei	Sosa	helófito halófilo	nativa
Asteraceae	Tessaria absinthioides	Brea	helófito leñoso	nativa
Brassicaceae	Lepidium Subulatum	Hierba de las pecas		
Gramineae	Distichlis spicata	Pasto salado	helófito halófilo	nativa

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla 8-14 el registro fotográfico del reconocimiento vegetacional del subtransecto ST6. Además, existe evidencia de costras de sal en el suelo, debido a la interacción permanente con el cuerpo de agua, el cual, presenta salinidades características de zonas estuariales.

Esta muestra presenta características similares al Subtrasecto ST1, dando cuenta de características propias de muestra vegetacionales insertas en ambiente de alta humedad o cajas de río como lo son los humedales.

Tabla 8-14: Registro fotográfico subtrasecto ST6

<p>Muestreo 1</p>	<p>Muestreo 2</p>
<p>Muestreo 3 y evidencias de costras de sal</p>	<p>Muestreo 4</p>

Fuente: Equipo Consultor.

8.2.7 Subtrasecto ST8

Se presenta en la Tabla 8-15 el detalle de las especies halladas en el muestreo vegetacional del subtrasecto ST8.

Como indicadores hidrológicos se observan algunos sectores con costras de sal y presencia de suelos saturados, los cuales están directamente relacionados con las variaciones del nivel topográfico.

Se presenta en la Tabla 8-9 el registro fotográfico del reconocimiento vegetacional del subtransecto ST8.

Tabla 8-15: Reconocimiento vegetacional en el punto ST8

Familia	Especie	Nombre Común	Hábito de vida	Origen
Asteraceae	Tessaria absinthioides	Brea	helófita leñosa	nativa

Fuente: Elaboración propia.

Sector predominado principalmente por la especie *Tessaria absinthioides* con una altura que alcanza 15 cm. Se emplaza en topografía de terrenos planos con sustrato salino. Se le reconoce en sustratos arenoso-pedregosos en las cajas de río que forma el estuario Río Huasco y sectores de dunas existentes.

Tabla 8-16: Registro fotográfico subtransecto ST8

	
Muestreo 1	Presencia costras de sal y suelos saturados

Fuente: Equipo Consultor.

8.2.8 Subtransecto ST9

Se presenta en la Tabla 8-17 el detalle de las especies halladas en el muestreo vegetacional del subtransecto ST9.

Tabla 8-17: Reconocimiento vegetacional en el punto ST9

Familia	Especie	Nombre Común	Hábito de vida	Origen
Chenopodiaceae	Sarcocornia neei	Sosa	helófito halófilo	nativa
Asteraceae	Tessaria absinthioides	Brea	helófito leñoso	nativa
Cruciferae	Lipidium Subulatum	Hierba de las pecas		
Asteraceae	Baccharis pilularis	Arbusto del coyote		
Thyphaceae	Schoenoplectus californicus	Totora	helófito herbácea glicófila	nativa
Solanaceae	Nolana salsoloides (Lindl.)	Suspiro		

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla 8-9 el registro fotográfico del reconocimiento vegetacional del subtransecto ST9.

Tabla 8-18: Registro fotográfico subtransecto ST9





Muestreo 3

Fuente: Equipo Consultor.

8.2.9 Subtransecto STL1

Se presenta en la Tabla 8-19 el detalle de las especies halladas en el muestreo vegetacional del subtransecto STL1.

Tabla 8-19: Reconocimiento vegetacional en el punto STL1

Familia	Especie	Nombre Común	Hábito de vida	Origen
Chenopodiaceae	Sarcocornia neei	Sosa	helófito halófila	nativa
Asteraceae	Tessaria absinthioides	Brea	helófito leñosa	nativa
Gramineae	Distichlis spicata	Pasto salado	helófito halófila	nativa

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla 8-20 el registro fotográfico del reconocimiento vegetacional del subtransecto STL1.

Tabla 8-20: Registro fotográfico subtransecto STL1

<p align="center">Muestreo 1</p>	<p align="center">Muestreo 2</p>
<p align="center">Muestreo 3</p>	<p align="center">Excavación calicata y evidencia de sal</p>

Fuente: Equipo Consultor.

Este sector presenta un tipo vegetacional mixto con un estrato arbustivo dominado por *Tessaria absinthioides* con *Sarcocornia neei* de una altura no mayor a 50 cm. El estrato herbáceo es dominado por *Distichlis spicata* con altura que no supera los 20 cm. La cobertura de esta formación vegetacional es muy densa y crece en terrenos planos salinos de alta humedad.

Por otra parte, se realiza calicata con una profundidad de 50 cm, donde se identifica un primer horizonte de 20 cm con cobertura vegetal arenas limo arcillosa de color café con presencia de raíces, y baja humedad de plasticidad baja, para pasar a un segundo horizonte de arenas limosa de color café de plasticidad baja con una humedad media, sin presencia de agua en el fondo. Todo el perfil presenta una compactación media a baja.

Cabe destacar la presencia de un fuerte olor a azufre en la excavación.

Se presenta en la Tabla 8-21 la ubicación geográfica de la calicata, y en la Figura 8-6 una fotografía de la excavación.

Tabla 8-21: Ubicación de la calicata STL1

ID Calicata	Coordenada UTM WGS 84 Huso19S	
	Norte (m)	Este (m)
STL1	6.851.523	284.332

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8-6: Calicata STL1



Fuente: Equipo Consultor.

8.2.10 Subtransecto STL2

Se presenta en la Tabla 8-22 el detalle de las especies halladas en el muestreo vegetacional del subtransecto STL2.

Se presenta en la Tabla 8-23 el registro fotográfico del reconocimiento vegetacional del subtransecto STL2.

Tabla 8-22: Reconocimiento vegetacional en el punto STL2

Familia	Especie	Nombre Común	Hábito de vida	Origen
Chenopodiaceae	Sarcocornia neei	Sosa	helófita halófila	nativa
Juncaceae	Juncus acutus	Junquillo	helófita halófila	nativa
Asteraceae	Tessaria absinthioides	Brea	helófita leñosa	nativa

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-23: Registro fotográfico subtransecto STL2

	
Muestreo 1	Muestreo 2
	
Muestreo 3	Presencia de agua a los 55 cm

Fuente: Equipo Consultor.

Por otra parte, se realiza calicata con una profundidad de 50 cm, donde se identifica un primer horizonte de 15 cm con cobertura vegetal arenas limo arcillosa de color gris oscura con materia orgánica descompuesta con presencia de raíces con de media humedad de plasticidad baja, para pasar a un segundo horizonte de arenas limosa de color café de plasticidad baja con una humedad

media a alta, con presencia de agua en el fondo a los 55 cm. Todo el perfil presenta una compactación baja.

Cabe destacar la presencia de un fuerte olor a azufre en la excavación.

Se presenta en la Tabla 8-24 la ubicación geográfica de la calicata, y en la Figura 8-7 una fotografía de la excavación.

Tabla 8-24: Ubicación de la calicata STL2

ID Calicata	Coordenada UTM WGS 84 Huso19S	
	Norte (m)	Este (m)
STL2	6.851.392	284.613

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8-7: Calicata STL2



Fuente: Equipo Consultor.

8.2.11 Subtriansecto STL3

Se presenta en la Tabla 8-25 el detalle de las especies halladas en el muestreo vegetacional del subtriansecto STL3.

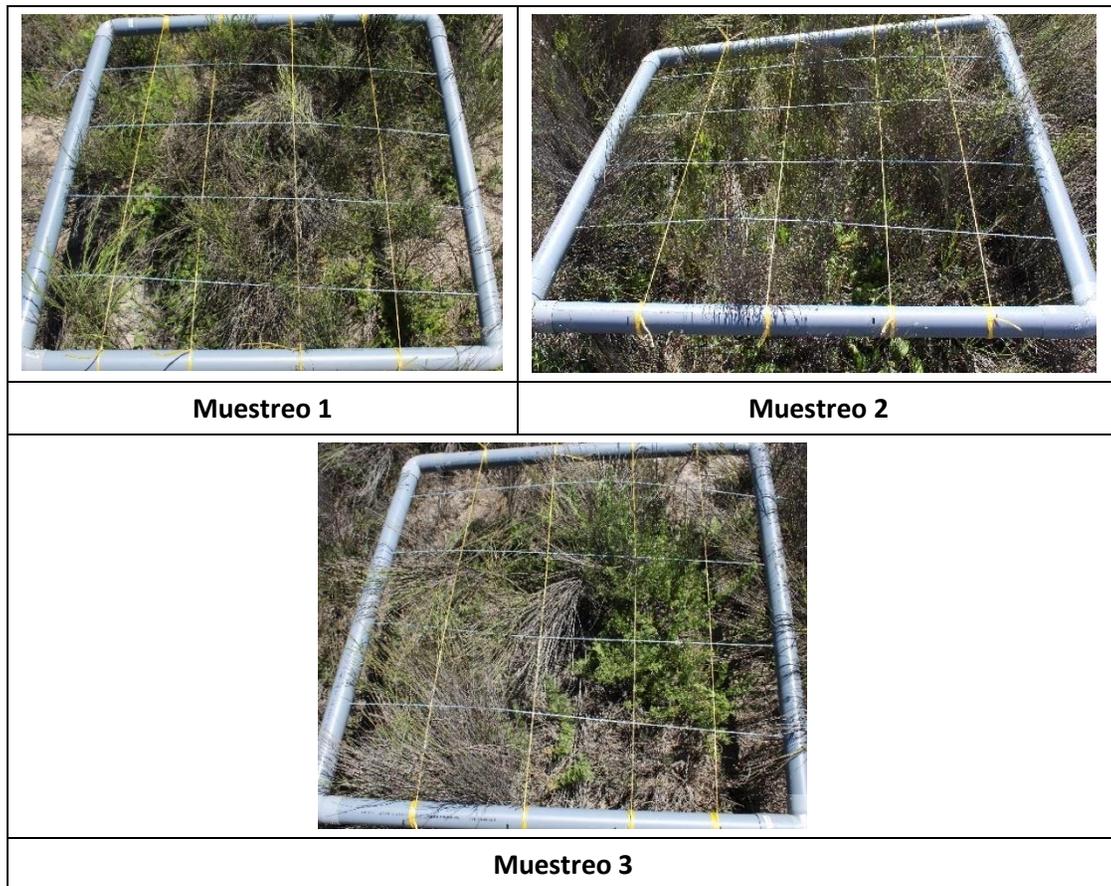
Tabla 8-25: Reconocimiento vegetacional en el punto STL3

Familia	Especie	Nombre Común	Hábito de vida	Origen
Thyphaceae	Schoenoplectus californicus	Totora	helófito herbácea glicófila	nativa
Nolanaceae	Nolana paradoxa	Suspiro		
Asteraceae	Tessaria absinthioides	Brea	helófito leñosa	nativa

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla 8-26 el registro fotográfico del reconocimiento vegetacional del subtransecto STL3.

Tabla 8-26: Registro fotográfico subtransecto STL3



Fuente: Equipo Consultor.

Por otra parte, se realiza calicata con una profundidad de 50 cm, donde se identifica un primer horizonte de 15 cm con cobertura vegetal arenas limosas de color gris oscura con presencia de raíces con de baja a nula humedad de plasticidad baja, para pasar a un segundo horizonte de arenas finas

de color café de plasticidad nula con una humedad baja, sin presencia de agua en el fondo. Todo el perfil presenta una compactación media a alta.

Se presenta en la Tabla 8-27 la ubicación geográfica de la calicata, y en la Figura 8-8 una fotografía de la excavación.

Tabla 8-27: Ubicación de la calicata STL3

ID Calicata	Coordenada UTM WGS 84 Huso19S	
	Norte (m)	Este (m)
STL3	6.850.906	285.149

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8-8: Calicata STL3



Fuente: Equipo Consultor.

8.2.12 Subtransecto STL4

Se presenta en la Tabla 8-28 el detalle de las especies halladas en el muestreo vegetacional del subtransecto STL4.

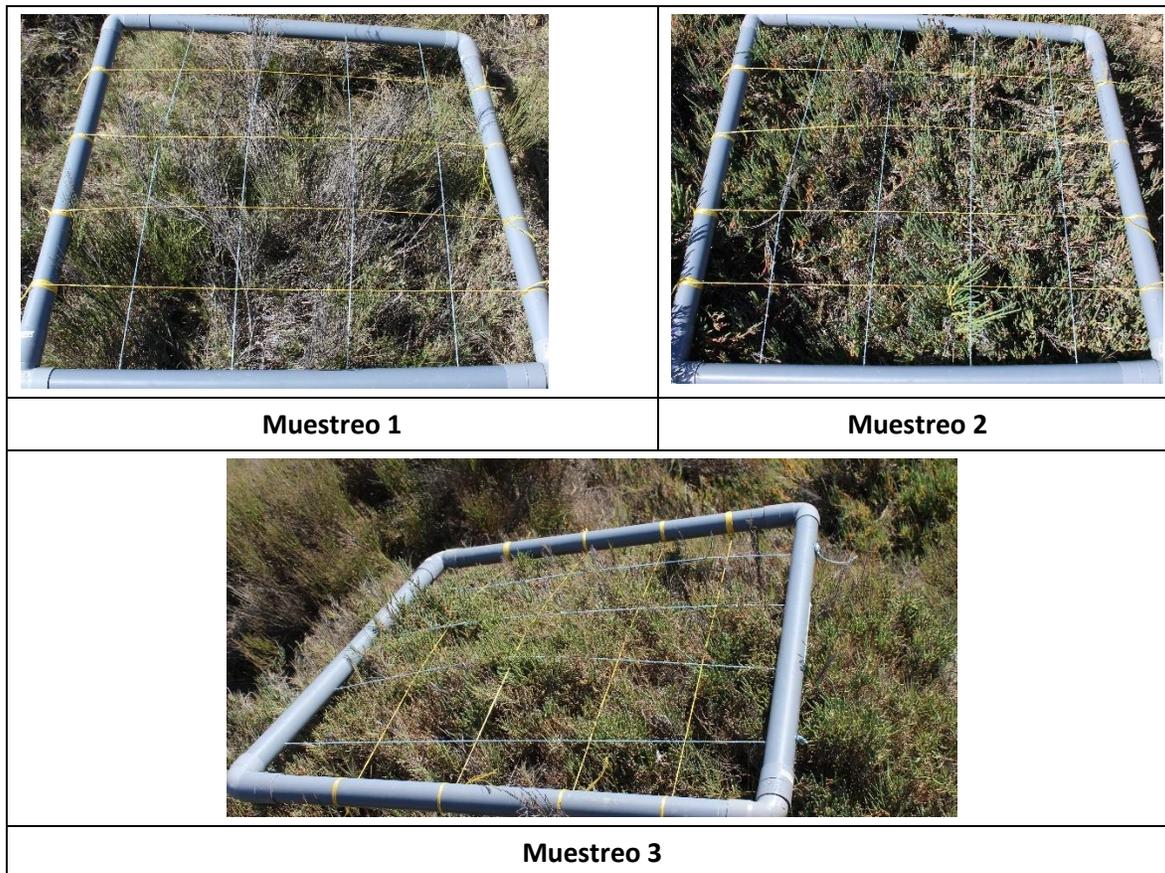
Tabla 8-28: Reconocimiento vegetacional en el punto STL4

Familia	Especie	Nombre Común	Hábito de vida	Origen
Chenopodiaceae	Sarcocornia neei	Sosa	helófito halófila	nativa
Gramineae	Distichlis spicata	Pasto salado	helófito halófila	nativa
Poaceae	Cortaderia selloana	Cola de Zorro	helófito herbácea glicófila	nativa

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla 8-29 el registro fotográfico del reconocimiento vegetacional del subtransecto STL4.

Tabla 8-29: Registro fotográfico subtransecto STL4



Fuente: Equipo Consultor.

8.2.13 Subtransecto STP1

Se presenta en la Tabla 8-30 el detalle de las especies halladas en el muestreo vegetacional del subtransecto STP1.

Tabla 8-30: Reconocimiento vegetacional en el punto STP1

Familia	Especie	Nombre Común	Hábito de vida	Origen
Chenopodiaceae	Sarcocornia neei	Sosa	helófito halófilo	nativa
Amaranthaceae	Salicornia (Sarcocornia neei (Lag.))	Sosa	helófito halófilo	nativa
Asteraceae	Artemisia campestris	Tomillo		
Malvaceae	Malvella leprosa (Ortega) Krapov	Oreja de ratón		

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla 8-31 el registro fotográfico del reconocimiento vegetacional del subtransecto STP1. Cabe destacar que se evidencia costras de sal, pero en la calicata no se encontró agua en el fondo.

Por otra parte, se realiza calicata con una profundidad de 60 cm, donde se identifica un primer horizonte de 10 cm con cobertura vegetal arcillo limosa de color café con presencia de raíces con de baja humedad de plasticidad media alta, para pasar a un segundo horizonte de limo arenosa de color café de plasticidad media baja con una humedad baja con presencia de raíces, sin presencia de agua en el fondo. Todo el perfil presenta una compactación media.

Se presenta en la Tabla 8-32 la ubicación geográfica de la calicata, y en la Figura 8-9 una fotografía de la excavación.

Tabla 8-31: Registro fotográfico subtransecto STP1



Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 8-32: Ubicación de la calicata STP1

ID Calicata	Coordenada UTM WGS 84 Huso19S	
	Norte (m)	Este (m)
STP1	6.850.358	285.158

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8-9: Calicata STP1



Fuente: Equipo Consultor.

8.2.14 Subtransecto STP2

Se presenta en la Tabla 8-33 el detalle de las especies halladas en el muestreo vegetacional del subtransecto STP2.

Tabla 8-33: Reconocimiento vegetacional en el punto STP2

Familia	Especie	Nombre Común	Hábito de vida	Origen
Chenopodiaceae	Sarcocornia neei	Sosa	helófito halófilo	nativa
Amaranthaceae	Salicornia (Sarcocornia neei (Lag.))	Sosa	helófito halófilo	nativa
Asteraceae	Artemisia campestris			
Malvaceae	Malvella leprosa (Ortega) Krapov			

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla 8-34 el registro fotográfico del reconocimiento vegetacional del subtransecto STP2. Si bien el sector mantiene el mismo tipo de vegetación que el resto del humedal, también se evidencia gran cantidad de árboles de eucaliptus, y una evidente diferencia topográfica

con el resto del humedal. Este tipo vegetacional, es compuesto por dos estratos principales el primero dominado por la especie arbórea introducida *Eucalyptus camaldulensis* que alcanza una altura de hasta 8 m y una cobertura que no supera el 10 %. El segundo estrato es dominado por el arbusto nativo *Tessaria absinthioides* con una altura de hasta 1 m. Esta formación vegetacional se emplaza en terrenos planos y posee una cobertura clara para ambos estratos. El estrato herbáceo está conformado por el taxón *Malvella leprosa* con altura que no supera los 15 cm (CEA, 2020).

Tabla 8-34: Registro fotográfico subtransecto STP2

<p>Muestreo 1</p>	<p>Muestreo 2</p>
<p>Muestreo 3</p>	<p>En el sector existen árboles introducidos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> con <i>Tessaria absinthioides</i></p>

Fuente: Equipo Consultor.

Por otro lado, se realiza calicata con una profundidad de 60 cm, donde se identifica un primer horizonte de 10 cm con cobertura vegetal limosa arenosa de color café con presencia de raíces con de baja humedad de plasticidad baja, para pasar a un segundo horizonte de areno limosa de color café de plasticidad baja con una humedad baja con presencia de raíces, sin presencia de agua en el fondo. Todo el perfil presenta una compactación baja.

Se presenta en la Tabla 8-35 la ubicación geográfica de la calicata, y en la Figura 8-10 una fotografía de la excavación.

Figura 8-10: Calicata STP2



Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 8-35: Ubicación de la calicata STP2

ID Calicata	Coordenada UTM WGS 84 Huso19S	
	Norte (m)	Este (m)
STP2	6.850.725	284.799

Fuente: Elaboración propia.

8.2.15 Subtransecto STR1

Se presenta en la Tabla 8-36 el detalle de las especies halladas en el muestreo vegetacional del subtransecto STR1.

Tabla 8-36: Reconocimiento vegetacional en el punto STR1

Familia	Especie	Nombre Común	Hábito de vida	Origen
Apiaceae	Apium panul			
Asteraceae	Tessaria absinthioides	Brea	helófito leñosa	nativa

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla 8-37 el registro fotográfico del reconocimiento vegetacional del subtransecto STR1.

Tabla 8-37: Registro fotográfico subtransecto STR1



Fuente: Equipo Consultor.

Tipo vegetacional de origen introducido. Corresponde a un bosque asilvestrado que se encuentra en coberturas claras en terrenos planos. Se compone de dos estratos, el primero dominado por la especie adventicia de hábito arbóreo *Acacia saligna*, con una altura de 2 a 4 m. El segundo estrato es arbustivo, tiene una altura de 1 m y se compone por la especie *Tessaria absinthioides*.

8.2.16 Subtransecto STR2

Se presenta en la Tabla 8-38 el detalle de las especies halladas en el muestreo vegetacional del subtransecto STR2.

Tabla 8-38: Reconocimiento vegetacional en el punto STR2

Familia	Especie	Nombre Común	Hábito de vida	Origen
Chenopodiaceae	<i>Atriplex chilensis</i>	Cachiyuyo	helófito halófila	endémica
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Rábano Silvestre		
Asteraceae	<i>Tessaria absinthioides</i>	Brea	helófito leñosa	nativa

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla 8-39 el registro fotográfico del reconocimiento vegetacional del subtransecto STR2.

Tabla 8-39: Registro fotográfico subtransecto STR2





Fuente: Equipo Consultor.

En este sector se encontró la especie *Atriplex halimus* que tiene capacidad de adaptación a climas muy áridos, suelos salinos y marginales. Aguanta la exposición continuada al viento, y es muy frecuente encontrarlos en zonas costeras.

Por otra parte, se realiza calicata con una profundidad de 60 cm, donde se identifica un primer horizonte de 10 cm con cobertura vegetal limosa arcillo arenosa de color café con presencia de raíces con de baja humedad de plasticidad baja a media, para pasar a un segundo horizonte de areno limo arcillosa de color café de plasticidad media a baja con una humedad baja con presencia de raíces, sin presencia de agua en el fondo. Todo el perfil presenta una compactación media a baja.

Se presenta en la Tabla 8-40 la ubicación geográfica de la calicata, y en la Figura 8-11 una fotografía de la excavación.

Tabla 8-40: Ubicación de la calicata STR2

ID Calicata	Coordenada UTM WGS 84 Huso19S	
	Norte (m)	Este (m)
STR2	6.849.286	286.080

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8-11: Calicata STR2



Fuente: Equipo Consultor.

8.2.17 Resumen de resultados

8.2.17.1 Caracterización vegetal

La Tabla 8-41 presenta un resumen de las características vegetacionales encontradas en la campaña de muestreos en Transectos.

Tabla 8-41: Resumen caracterización vegetal sectorizado

Puntos de muestro Transectos	Descripción
<p>ST1 ST2 ST3</p>	<p>Sector Humedal Urbano cercano a cuerpo de agua: El sector se caracteriza por ser del tipo vegetal arbustivo dominado por <i>Sarcocornia fruticosa</i>. Posee una altura que va de los 50 a 80 cm. El estrato herbáceo predominante es <i>Distichlis spicata</i> con alturas que no superan los 10 cm.</p> <p>Este tipo de vegetación se caracteriza por poseer una cobertura poco densa a muy densa y crece en terrenos planos húmedos, además de sustratos arenosos en cajas de río del estuario.</p> <p>Por otra parte, el matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> posee una cobertura vegetal densa y se emplaza generalmente en sustratos arenoso-pedregosos en las cajas de río que forma el estuario Río Huasco y sectores de dunas existentes.</p>

Puntos de muestreo Transectos	Descripción
ST4 ST6 ST8 ST9	Sector Humedal Urbano cercano a cancha: Sector predominado principalmente por la especie <i>Tessaria absinthioides</i> con una altura que alcanza 15 cm. Se emplaza en topografía de terrenos planos con sustrato salino. Se le reconoce en sustratos arenoso-pedregosos en las cajas de río que forma el estuario Río Huasco y sectores de dunas existentes.
STP1 STR1 STR2	Sector arboleda introducida cercana a cuerpo de agua: Tipo vegetacional de origen introducido. Corresponde a un bosque asilvestrado que se encuentra en coberturas claras en terrenos planos. Se compone de dos estratos, el primero dominado por la especie adventicia de hábito arbóreo <i>Acacia saligna</i> , con una altura de 2 a 4 m. El segundo estrato es arbustivo, tiene una altura de 1 m y se compone por la especie <i>Tessaria absinthioides</i> . Este sector cuenta con márgenes bien definidos y con una cota significativamente mayor al resto del área, presumiblemente por rellenos artificiales, a continuación cambia para pasar a estratos vegetacional similar a los observados en el resto del humedal hasta llegar al cuerpo de agua del río Huasco

Fuente: Elaboración propia.

8.2.17.2 Caracterización de suelos

Se presenta en la Tabla 8-42 la ubicación geográfica de la calicata, y su indicador de presencia de agua y a la profundidad que esta se observa.

Tabla 8-42: Presencia de agua en calicatas

ID Calicata	Coordenada UTM WGS 84 Huso19S		Presencia de agua	Profundidad agua (cm)
	Norte (m)	Este (m)		
ST2	6.849.600	284.526	Si	60
ST4	6.849.270	284.009	Si	40
ST5	6.849.324	284.012	Si	50
STL1	6.851.523	284.332	No	-
STL2	6.851.392	284.613	Si	55
STL3	6.850.906	285.149	No	-
STP1	6.850.358	285.158	No	-
STP2	6.850.725	284.799	No	-
STR2	6.849.286	286.080	No	-

Fuente: Elaboración propia

8.2.17.3 Caracterización hidrológica

Los indicadores hidrológicos de los humedales incluyen evidencia de inundaciones recientes y/o saturación del suelo o que, dada la presencia de vegetación hidrófita y suelos hídricos, el sitio debe experimentar humedad típica de los humedales en función de su posición en el paisaje y otros factores (MMA, 2022).

Los indicadores de hidrología de humedales pueden ser de dos tipos:

- **Indicadores primarios:** son signo inequívoco por sí mismos de la existencia de un humedal. Basta con la presencia de un indicador primario para el sustento del proceso de delimitación.
- **Indicadores secundarios:** permiten establecer la sospecha fundada sobre la presencia de un humedal urbano. Son útiles para orientar la verificación de otros indicadores de hidrología, vegetación y suelos hídricos, pero por sí solos no son suficientes para la delimitación.

Un único indicador puede ser primario o secundario dependiendo de la zona biogeográfica, para este caso el humedal de la desembocadura de Huasco se puede clasificar como hiperárido y por estar inserto en la costa como un clima tipo costero.

En la Tabla 8-43, se presentan los indicadores de hidrología útiles para delimitación del humedal. Donde es posible identificar dentro de cada transectos analizado sus respectivos indicadores que dan cuenta de las zonas que entran de manera directa (P: prioritarios) o de manera secundaria (S) en la clasificación de humedal cumpliendo en la mayoría de los transectos con varios indicadores Prioritarios para su delimitación, mientras que los transectos en las zonas asociadas zonas más altas o son intervención antrópica se descartan dentro del área de humedal.

Tabla 8-43: Indicadores hidrología para delimitación de humedales por grupo de indicadores, Zona Hiperárida

INDICADORES		SUBTRASECTOS MONITOREADOS															
		ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST8	ST9	STL1	STL2	STL3	STL4	STP1	STP2	STR1	STR2
Grupo A - Observación de aguas superficiales o suelos saturados																	
A1	Agua superficial			P													
A2	Nivel freático alto		P	P		P					P						
A3	Saturación	P	P	P		P	P	P									
A4	Pleamar																
Grupo B - Evidencia de inundación reciente																	
B1	Marcas de agua			P						P		P	P	P			
B2	Depósitos de sedimentos	P	P		P	P	P	P		P		P	P	P			
B3	Depósitos de deriva (drift)																
B4	Estera o costra de algas																
B5	Depósitos de hierro	P	P		P		P	P									
B6	Grietas superficiales de suelo								P	P	P	P	P	P			
B7	Inundación visible en imágenes aéreas			P													
B8	Superficie cóncava con escasa vegetación	P	P	P		P	P	P									
B9	Hojas manchadas								P								
B10	Patrones de drenaje	S	S		S	S	S	S			S						
B11	Costras de sal	P	P		P	P	P	P		P	P		P	P			
B12	Costras de biota																
B13	Invertebrados acuáticos (o "fauna")																
B14	Depósitos de marga																
B15	Líneas de corte de musgo			P		P											
Grupo C - Evidencia de saturación del suelo actual o reciente																	
C1	Olor a sulfuro de hidrógeno	P	P	P	P	P	P			P	P						
C2	Nivel freático en estación seca			S													
C3	Rizósferas oxidadas a lo largo de raíces vivas																
C4	Presencia de hierro reducido										P						
C5	Depósitos de sal					S			S	S							
C6	Reducción reciente de hierro en suelos labrados																
C7	Superficie de estiércol fino					S											
C8	Madrigueras de cangrejos de río o camarones																
C9	Saturación visible en imágenes aéreas	S	S	S	S	S	S	S	S	S				S			S
Grupo D - Evidencia de otras condiciones del lugar o datos																	
D1	Plantas atrofiadas o estresadas		S	S		S								S			
D2	Posición geomorfológica																
D3	Acuitardo poco profundo																

P: Primario S: Secundario

Fuente: Elaboración propia a partir de (MMA, 2022)

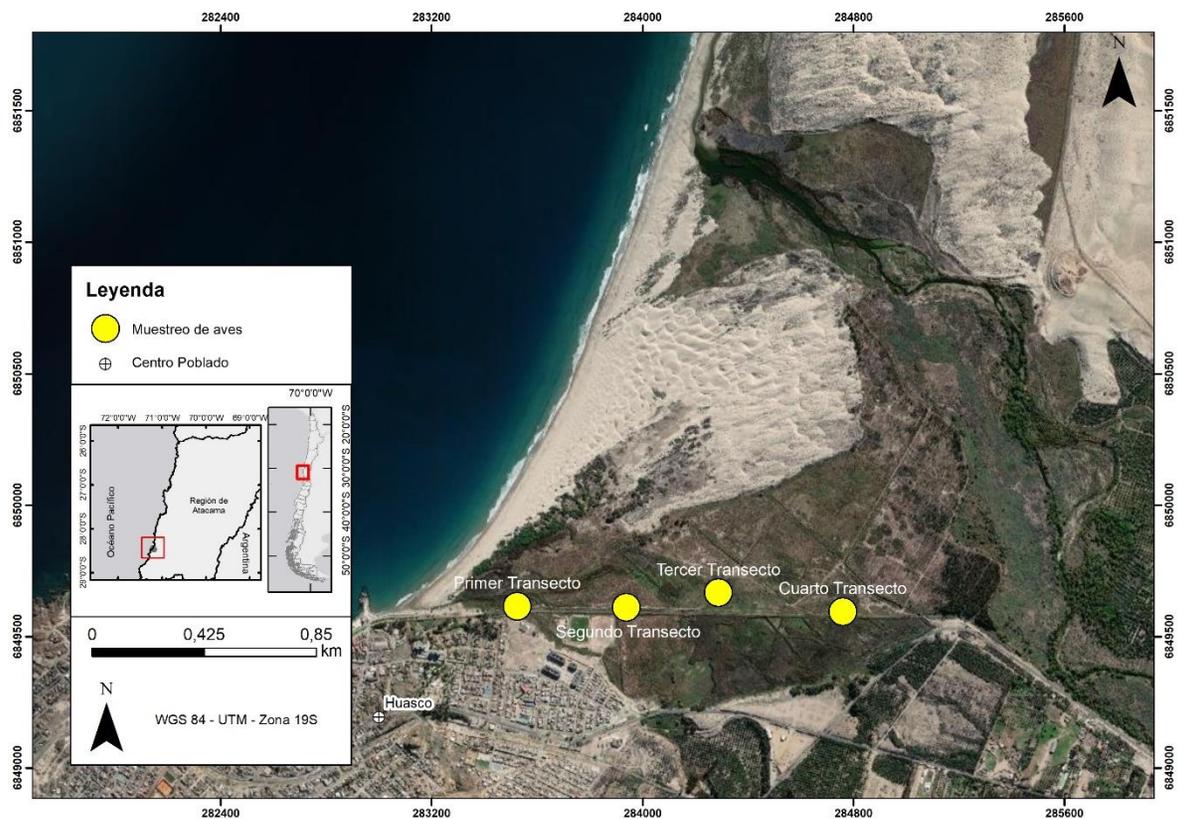
8.3 Muestreo de aves

Se realizó un registro de avifauna en un sector del Humedal Desembocadura del río Huasco durante el mes de septiembre de 2022. La selección del sector guarda relación con los anteriores estudios realizados en el área.

De esta manera se realizó el muestreo de aves en el sector del humedal más cercano a la ciudad de Huasco, asociado al terraplén perteneciente a la antigua vía férrea.

Los transectos realizados se ven representados en la Figura 8-12, teniendo la particularidad que los puntos N°1, 2 y 4 se realizaron a lo largo del camino que existe en el humedal y el punto N°3 fue dentro del humedal en un sector de más difícil acceso.

Figura 8-12: Inicios de cada transecto de muestreo de aves



Fuente: Elaboración propia.

Se registraron un total de 169 individuos pertenecientes a 20 especies distintas. El transecto N°3 posee la mayor cantidad de individuos con 47 registros, agrupados en 13 especies, mientras que en

los tramos N°1 y N°2 se registraron 9 especies con 42 y 35 individuos en cada tramo respectivamente.

Cabe destacar que todas las especies registradas son nativas y poseen la categoría de conservación “riesgo menor” según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés).

Respecto a las especies, destaca la alta presencia en los transectos N°1 y 2 del Jilguero (*Spinus barbatus*). Los transectos N°3 y 4 están asociados a mayor cantidad de suelo anegado, provocando mayor cantidad de especies. Algunas de las especies exclusivas de estos sectores son el Pato jergón grande (*Anas geórgica*), Pato rana pico ancho (*Oxyura jamaicensis*), Huairavillo (*Ixobrychus involucris*) y Becacina (*Gallinago paraguaiiae*).

Para contar con un dato cuantitativo que analice la presencia de cada individuo y especie, se aplicó el índice de Shannon-Wiener (H') sobre los datos catastrados en cada transecto. Como indica la Tabla 8-44 de (Caviedes, 1999), dependiendo de los valores de este índice se puede interpretar un nivel de biodiversidad, ya que este factor evalúa el promedio de incertidumbre en predecir la especie de un individuo seleccionado al azar dentro de una colección.

Tabla 8-44: Categorización H'

Rango	Interpretación
< 1	Muy baja diversidad
> 1- 1,8	Baja diversidad
>1,8 – 2,1	Diversidad media
>2,1-2,3	Alta diversidad
>2,3	Muy alta diversidad

Fuente: Caviedes (1999).

Para el área de estudio los valores fueron los mostrados en la Tabla 8-45.

Tabla 8-45: H' en los transectos del área de estudio

Transectos	H'
N°1	1,50
N°2	2,03
N°3	2,53
N°4	2,44

Fuente; Elaboración propia.

Se puede concluir que en los sectores más próximos a la ciudad (transectos N°1 y N°2), que además son las zonas con menor anegamiento, poseen un nivel de diversidad menor en comparación a los sectores (N°3 y N°4) menos cercanos a la ciudad y que cuentan con mayor anegamiento de agua. Estos sectores, además, destacan según los parámetros de Caviedes (1999) con una muy alta diversidad.

El detalle de la información recogida, junto con el cálculo del índice e imágenes registradas en terreno se encuentra en el **Anexo H**.

8.4 Vuelo Aerofotogramétrico del área de Estudio

8.4.1 Antecedentes de Vuelo

El Phantom 4 professional es un UAV (Unmanned Aerial Vehicle) o Drone que puede alcanzar velocidades horizontales de hasta 16 m/s. También cuenta con una velocidad vertical de despegue de entre 3 y 5 m/s. Puede alcanzar una altitud de 1.500 m y puede viajar más de 2.000 m desde el punto de despegue. Está equipado con una cámara UHD4K, la que se estabilizan utilizando cardanes de 3 ejes para mantener la cámara en posición cenital independientemente de las condiciones de vuelo o viento.

El flujo de trabajo para los levantamientos se presenta en la Figura 8-13.

Figura 8-13: Flujo de trabajo para los levantamientos



Fuente: Elaboración propia.

8.4.2 Puntos de Apoyo Terrestre

Para el tramo a levantar se materializaron 12 puntos de apoyo terrestre, los que fueron georreferenciados mediante GPS geodésico en tiempo real. Los puntos realizados se presentan en la Tabla 8-46.

Tabla 8-46: Puntos de apoyo terrestre.

ID Punto	Coordenadas UTM WGS84 19HS		Elevación (m s.n.m.)
	Este (m)	Norte (m)	
PC1	283.363	6.849.599	29,93
PC2	283.263	6.849.604	29,35
PC3	283.344	6.849.738	32,00
PC4	283.372	6.849.808	28,43
PC5	283.596	6.849.906	29,52

ID Punto	Coordenadas UTM WGS84 19HS		Elevación (m s.n.m.)
	Este (m)	Norte (m)	
PC6	284.170	6.850.370	29,34
PC7	285.122	6.851.297	34,59
PC8	284.289	6.850.038	33,53
PC9	285.455	6.850.583	31,47
PC10	285.877	6.849.797	35,93
PC11	286.070	6.849.266	36,48
PC12	286.891	6.848.837	41,17
PC13	286.689	6.848.580	47,19
PC14	285.148	6.849.544	45,22
PC15	284.978	6.849.596	34,42
PR1	283.822	6.849.635	29,95
PR2	284.603	6.849.208	51,45

Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros principales que se deben definir en la planificación de los vuelos son: la altura de vuelo, el traslape de fotografías y la velocidad del UAV. Estos parámetros tienen directa relación con el área que se necesita cubrir y el tamaño del píxel a obtener con las fotografías.

La altura de vuelo se definió en atención a los diferentes obstáculos naturales o artificiales que se encuentren en terreno, como por ejemplo cerros o torres de alta tensión para este caso se voló a una altura de 100 m.

Se deben tener en cuenta además, factores propios del equipo, como por ejemplo la autonomía de vuelo del UAV, que en este caso corresponde a aproximadamente 20 minutos (tiempo de duración de la batería).

8.4.3 Planificación de Vuelos

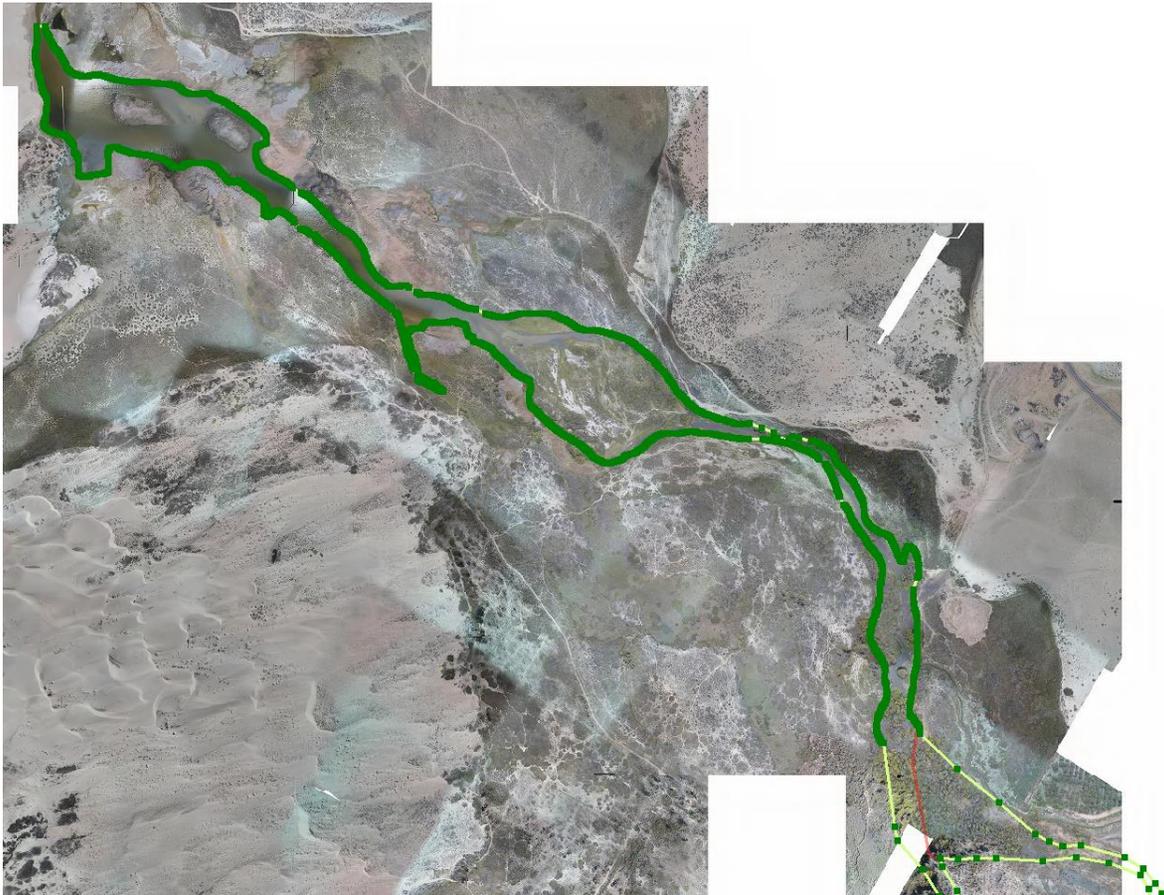
La planificación de los vuelos se realiza en un software especializado, en donde se definen los parámetros del vuelo, cantidad de líneas de vuelo, orientación de líneas, punto de despegue, punto de aterrizaje y tiempo de duración del vuelo. Una vez definido el vuelo, este se transmite al UAV mediante red inalámbrica.

La planificación de los vuelos realizó considerando una altura máxima de vuelo de 100 m y un traslape de fotografías no menor a 85%. Resolución de imágenes (GSD: Ground Sample Distance) de 2 cm x píxel como máximo.

8.4.4 Resultados del vuelo aerofotogramétrico

Se presenta en la Figura 8-14 la generación del ortomosaico generado y su identificación del curso y cuerpo de agua hasta la desembocadura del humedal de Huasco. Además, se presenta en el **Anexo A**, las fotografías panorámicas del humedal de Huasco tomadas mediante el dron (ver Figura 8-15).

Figura 8-14: Generación de ortomosaico a partir del vuelo dron en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8-15: Panorámica a la laguna y desembocadura del humedal de Huasco



Fuente: Elaboración propia.

8.5 Realización de entrevistas a lugareños y visitantes del humedal

Se realizaron 9 entrevistas en total, de ellas 6 fueron hombre y 3 mujeres. Sus edades fluctuaban entre los 27 a los 65 años. En general, coincidían en la frecuencia de las inundaciones y en los sectores inundados, que básicamente se pueden resumir en dos, el sendero del humedal urbano y la cancha de fútbol ubicado a un costado del humedal urbano. Señalan que antiguamente hace un par de décadas las inundaciones por crecidas eran más frecuentes que hoy en día, y que, en condiciones normales, no se han visto tantas diferencias en el curso de agua, aunque uno de los entrevistados recuerda que la laguna era más grande antes. Por otra parte se pudieron obtener fechas aproximadas donde se habían producidos inundaciones por eventos de crecida en el humedal.

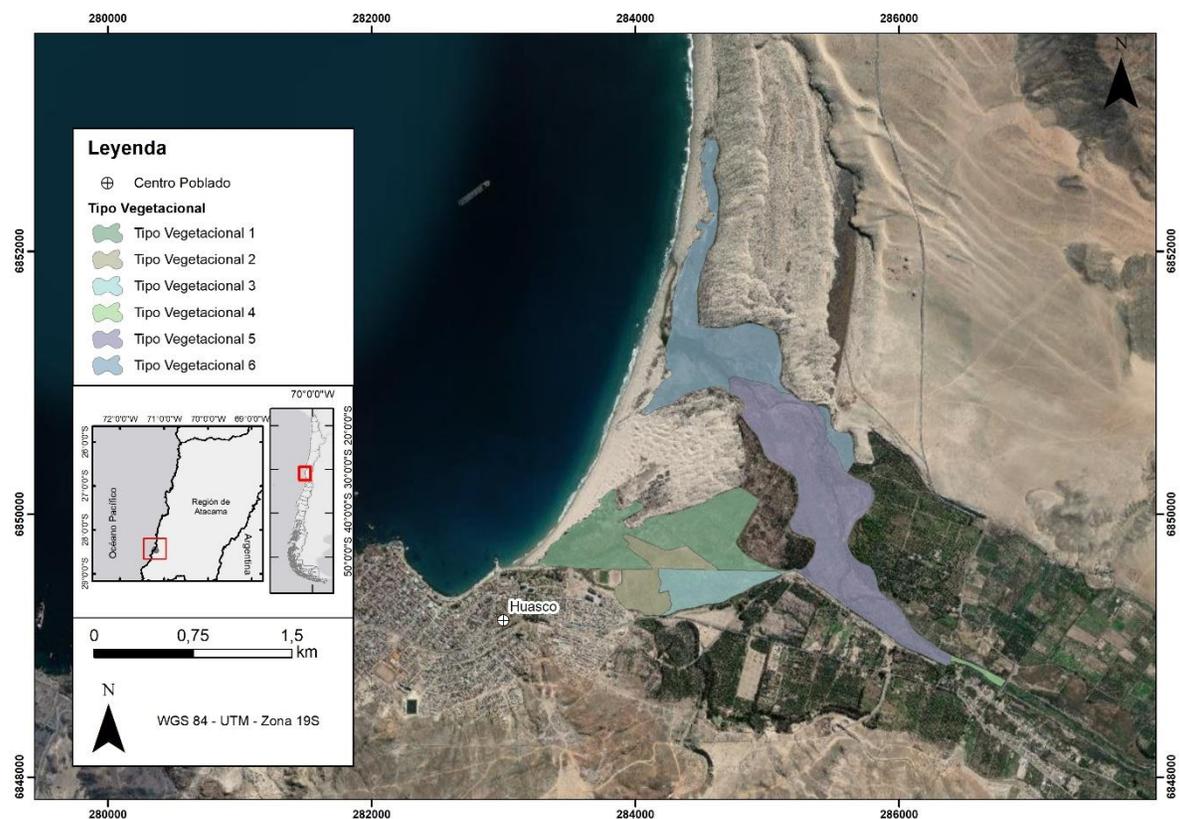
Se deja en **Anexo B**, un Excel con el compilado de las entrevistas realizadas.

9 JUSTIFICACIÓN DELIMITACIÓN HUMEDAL URBANO (ACTIVIDAD 7)

Teniendo en consideración los datos recogidos en las actividades en terreno, la delimitación de Humedal urbano se va basa en tres criterios según la Guía de delimitación y caracterización de humedales Urbanos (MMA, 2022).

Del análisis de la información recabada en terreno, es posible señalar que en toda el área de Estudio se identifican al menos dos indicadores que permiten identificar características propias de un humedal (criterio vegetacional, criterio de suelo, criterio hidrológico), siendo la principal y más presente en indicador vegetacional presentado en la Figura 9-1, donde se observan áreas homogéneas que cuentan con elementos diferenciadores entre sí.

Figura 9-1: Tipos de Vegetación



Fuente: Elaboración propia.

El criterio hidrológica que guarda relación con la presencia de agua o de elementos que evidencian la presencia de agua, se da principalmente en los sectores con curso de agua, pero además, en sectores aledaños a estos, tal como se presenta en el acápite 8.2.

Los tipos vegetacionales 2, 3 y 5 son el área de inundación periódica evidenciada por anegamiento durante la visita o por sectores con agrietamiento o con costras salinas. El sector 4 está asociado a zonas de humedal con características ribereñas, por lo que la delimitación del sector pasa principalmente por el criterio hidrológico, es decir, el curso del río Huasco.

El criterio suelo guarda relación con ciertas características edáficas, referidas al nivel de saturación, color, olor y el nivel freático. El sector 6 son suelos arenosos que sostienen una vegetación hidrófita. Mientras que suelos como el 1 evidencian el olor característico de los humedales como también se encuentra en el sector 2 con rasgos de oxidación. Finalmente, el suelo del sector 5 guarda relación con un suelo no arenoso pero permeable permitiendo sostener un humedal.

El criterio vegetacional guarda relación con las especies que conforman un piso vegetacional homogéneo, siendo esta la base para la delimitación que ayudó al análisis. Cabe señalar que las especies que se señalan como referencia de piso vegetacional resultaron ser hidrófitas. El sector uno se refiere a un piso vegetación arbustivo de mediana altura, en los sectores cercanos al curso de agua o anegados desarrollan juncos, especie que puede llegar a sobrepasar los 2 m de altura. Esta situación también ocurre en el sector n°3. Mientras que el sector número dos, dominan pisos de herbáceas y pequeñas arbustivas que miden aproximadamente 1 m de altura, también se dan ciertas especies arbóreas que no son hidrófitas. El sector número 5 domina un piso vegetacional herbáceo y arbustivo de baja altura, aunque destacan sectores arbóreos en zonas ribereñas del curso de agua. Finalmente, el sector n°6 corresponde a un sector herbáceo.

Teniendo en consideración la caracterización realizada, se definió como Humedal Urbano lo presentado en la Figura 9-2.

Figura 9-2: Delimitación Humedal Urbano

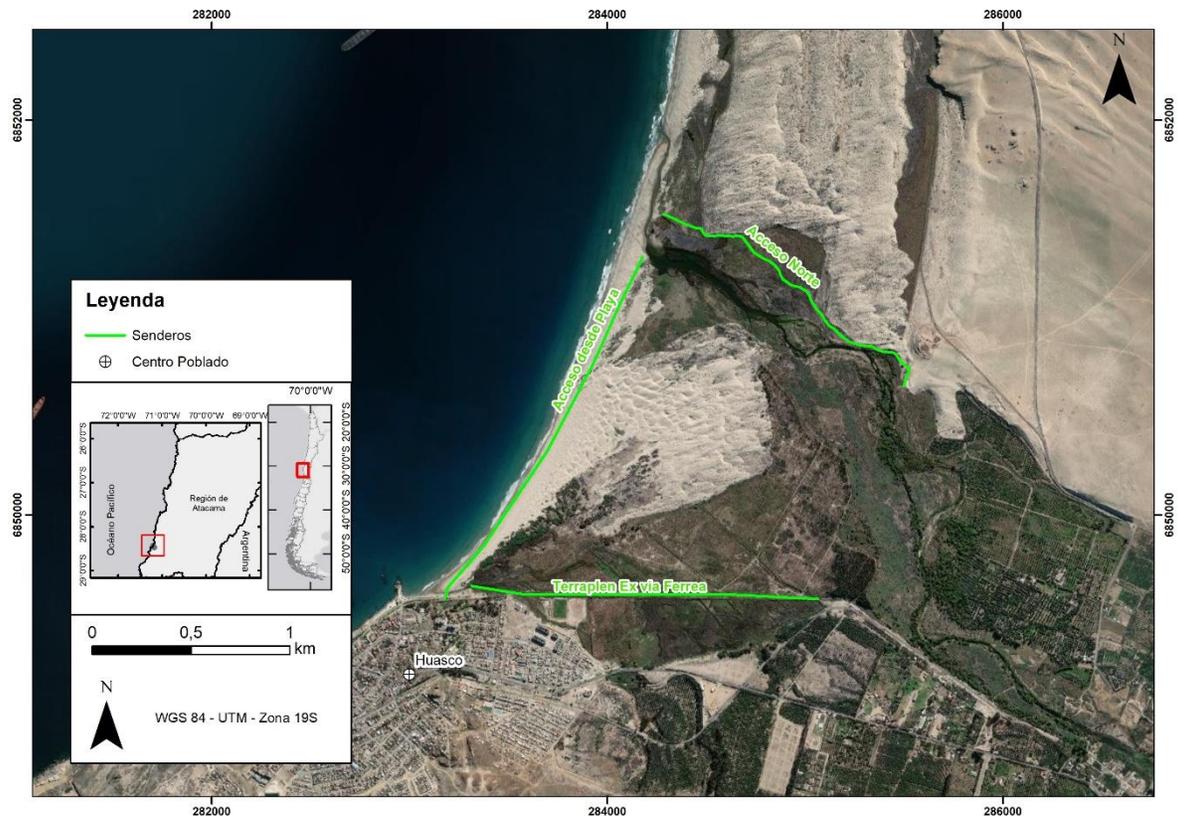


Fuente: Elaboración propia.

10 ZONIFICACIÓN HUMEDAL URBANO (ACTIVIDAD 8)

Para realizar una zonificación, hay que entender primero el uso actual que se le da al humedal. En la Figura 10-1 se trata de señalar los principales accesos con los que cuenta el humedal, siendo estos, el terraplén del antiguo tren de pasajeros que llegaba a Huasco, un camino que se ha consolidado en el sector norte del humedal y el acceso desde la playa hacia la laguna que se realiza bordeando el pequeño campo de dunas que existe entre medio del humedal. Cabe señalar otros accesos o intervenciones como el uso que se le da al río como espacio de esparcimiento en el área cercana al puente de Huasco Bajo y las intervenciones que sufren los campos dunarios del límite norte con el uso de vehículos 4x4.

Figura 10-1: Tránsitos actuales del humedal



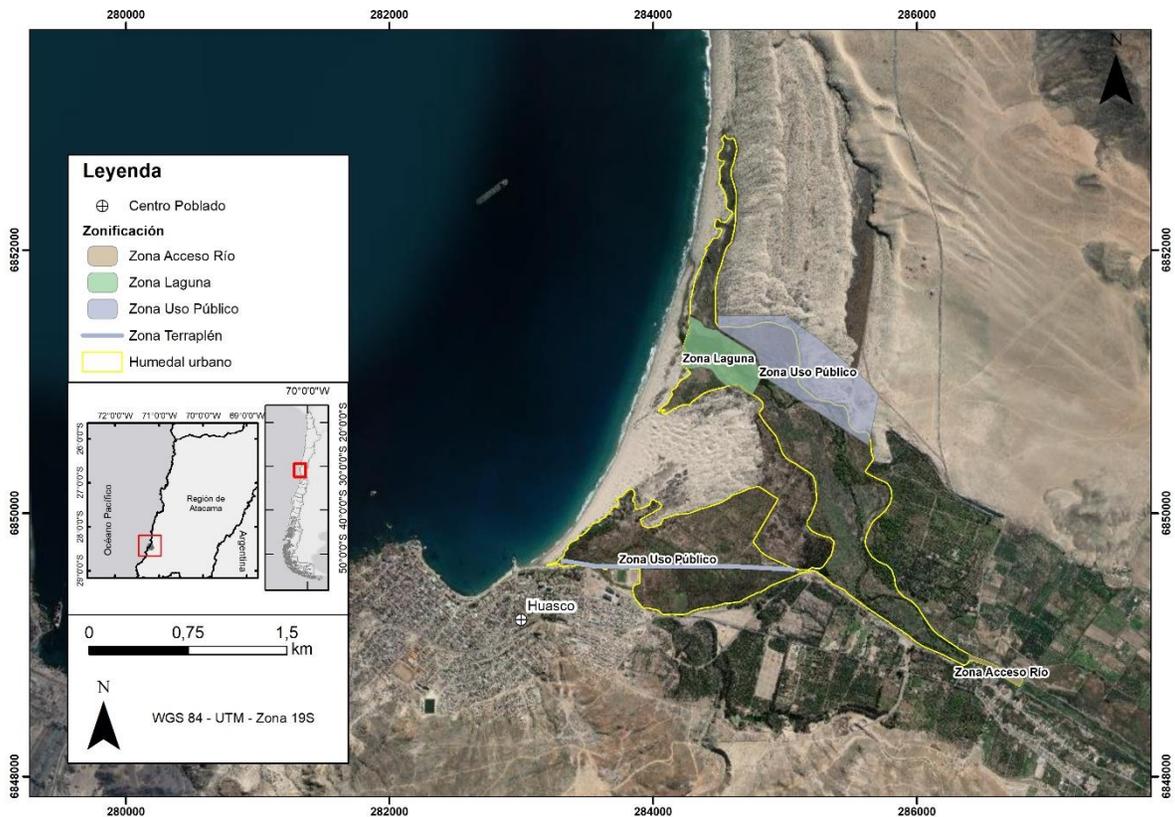
Fuente: Elaboración propia.

El objetivo de consignar estos accesos y usos del humedal es para que a la hora de proteger y zonificar el mismo se provoque que las actividades que realiza la comunidad puedan ser adaptadas para que sean sustentables en el tiempo y no afecten el ecosistema.

Dentro de los estudios del CEA y el muestreo de avifauna que realizó el presente estudio, se determinó que existen sectores de gran importancia para la fauna y que, con relación a lo recientemente expuesto, se encuentran en zonas con presión antrópica por el uso que le dan las personas.

De esta manera se proponen 4 zonas que se presentan en la Figura 10-2. El área no zonificada ya contaría con la categoría de protección de humedal urbano y no se observa, dado a sus condiciones de accesos, elementos perturbadores que amenacen estas áreas. Además, la justificación de zonificar estas áreas en específico guarda relación con ser zonas con alta presencia de personas, por áreas de acceso, por contar con senderos identificables y relevar elementos del paisaje. La zonificación se basa en el concepto de diversidad biocultural, que establece que una comunidad vinculada con los ecosistemas y biodiversidad que la rodea, forma una relación de protección para las tradiciones de dicha comunidad y de sobrevivencia para el ecosistema. Actualmente, la comunidad local y turismo se acercan al humedal de manera no sustentable, por lo mismo la zonificación busca crear una relación en que la visita al humedal no signifique un impacto al mismo. Cada elemento propuesto en cada zona guarda relación con el uso actual que se observó en terreno y evidencio en las entrevistas, y si bien, la ejecución de propuesta debe contar con la respectiva consulta ciudadana, las zonas y relaciones entre zonas se establecieron considerando senderos establecidos, impactos y valores ecosistémicos (basándose en muestre avifauna del presente estudio y CEA (2020)).

Figura 10-2: Zonificación del humedal urbano



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detallará cada zona propuesta:

- Zona Acceso Río:** esta zona se ubica en el extremo sureste del área del humedal urbano y su zonificación se debe al uso que se le da al río Huasco como espacio de esparcimiento. De esta manera, la habilitación que se desea hacer con este lugar, necesita de estudios más detallados sobre la flora y fauna que se encuentra en esta zona y si es posible que conviva un espacio de recreación con el hábitat de especies. Sin embargo, en el marco de este estudio es importante señalar que el río, en su ribera, cuenta con espacios donde la comunidad disfruta del curso del agua y que las vías de acceso a estas zonas están medianamente consolidadas, en el sentido que existe un sendero definido, pero no bien delimitado, provocando que, ante una desorientación, termine afectando a las especies vegetales. Por lo mismo, se propone delimitar y mantener un sendero con un destino definido como el lugar de esparcimiento, que se tenga

en consideración la capacidad de carga de personas que se sostiene y que la implementación de estos espacios de esparcimiento no se concentren en un único lugar.

- Zona Laguna: asociado al cuerpo de agua que se desarrolla en la desembocadura del río Huasco, la zona de Laguna es uno de los puntos más representativos del Humedal. Su importancia radica en ser una visita para turistas, pero también para la comunidad, además desde el punto de vista de la biodiversidad, en esta zona se encuentra la mayor diversidad de especies de avifauna, incluyen especies que se asocian exclusivamente a esta parte del humedal. Es por esta razón la importancia de proteger esta zona, sin negar el acceso a las personas, pero que las actividades que se realicen no afecten al ecosistema existente.

Tomando como ejemplo las experiencias de los humedales de Algarrobo y Pichilemu, esta zona del humedal puede ser promovida como un centro de educación ambiental (al igual que la zona de uso público), centrandose su foco en las especies de avifauna que residen y visitan la laguna. De esta manera, el lugar necesitaría de una zona de mirador que permitiría que los visitantes asistan únicamente ese sector sin perturbar las zonas adyacentes a la laguna. También este lugar debe informar sobre el campo dunario vecino, que, si bien no forma parte del humedal, es parte del ecosistema del lugar.

Al norte de la laguna existe un sendero medianamente consolidado que fracciona el humedal y que conecta con la zona de uso público. Dicha conexión puede seguir ejemplos que evitan dicha separación con pasarelas aéreas y que para este caso conectarían la Zona de uso público con la de la laguna.

-Zona Uso Público: en este lugar se evidencia un sendero consolidado que es de uso peatonal pero también vehicular, ayudando a la compactación de suelo, el ingreso de vehículos a otras partes del humedal y al fraccionamiento del mismo. El uso como lugar de esparcimiento también se desarrolla en esta zona, provocando zonas con microbasurales.

De esta manera, la presión antrópica existente se encuentra degradando el humedal, siendo la zona más crítica de toda el área de estudio. Es por eso como se señaló preliminar en la Zona de laguna, se propone generar un área conectada entre ambas zonas que fomenten la educación ambiental y la importancia de humedales. Esta zona en particular permitiría entender de mejor forma los dinámico y variable que es en su paisaje un humedal, ya que siguiendo el sendero actual (a través

de una pasarela aérea) se encuentran diversos tipos vegetacionales representativos de humedal, como también suelos en diferentes estados, agrietados, saturados, oxidados, etc.

Se reconoce como mayor desafío para esta zona la conexión que posee con la ciudad de Huasco, ya que su acceso es desde la laguna (y la playa) o desde la carretera 470 a través de vehículo, lo que genera la mayor presencia de vehículos motorizados.

-Zona Terraplén: este sector es el que más cercano se encuentra a la ciudad (colinda con ella), por lo que la relación con la comunidad es más cotidiana, evidenciando durante el trabajo en terreno, el uso como lugar de esparcimiento. Sin embargo, este mismo uso viene acompañado de riesgos dado que los visitantes visitan el humedal con sus mascotas, como también se observó la presencia de animales domésticos como caballos y vacas. Cabe destacar que dichas especies ayudan a la compactación de los suelos humedal, provocando un deterioro del ecosistema.

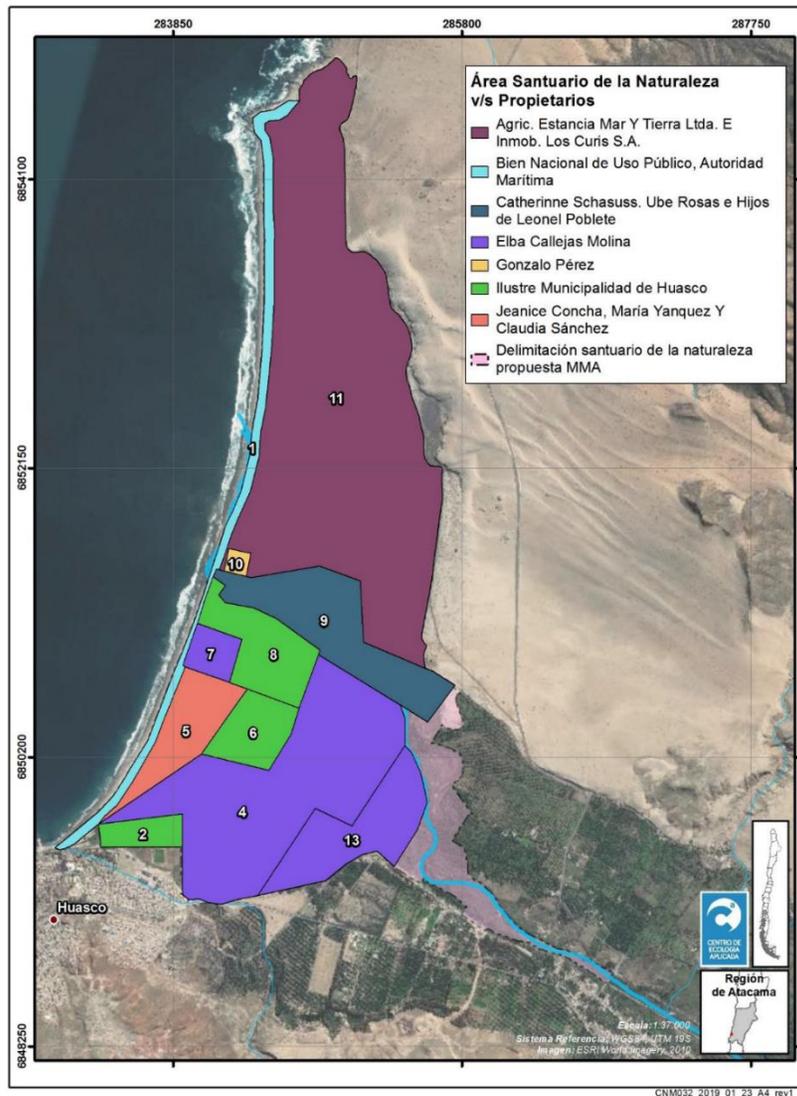
El Terraplén de la antigua línea férrea ofrece una oportunidad de coexistencia armónica entre los habitantes de Huasco y el humedal, por lo que el uso de esta zona debiese limitarse a la extensión de dicho terraplén. La educación y señalética que promueva los beneficios que posee el humedal para la ciudad de Huasco debiesen promover para que la comunidad aludida se vincule con este espacio. De la misma manera, la fiscalización en esta zona debe ser constante, dado a las actividades descritas al inicio.

11 DESLINDES PREDIO RIBEREÑOS

11.1 Actualización de predios ribereños

Esta actividad comprende la actualización de la información sobre predios ribereños y sus límites cartográficos, según sus roles de avalúo en el conservador de bienes raíces (mediante el análisis de imágenes satelitales corroborado en terreno y encuestas con propietarios), colindantes o en el mismo humedal Costero desembocadura del Río Huasco, teniendo como base los estudios previo realizados por el Ministerio del Medio Ambiente y desarrollado por el CEA (2020) (ver Figura 11-1).

Figura 11-1: División predial del humedal de la desembocadura de Huasco, al año 2019



Fuente: (CEA, 2020)

Para realizar esto se contemplan un catastro del área de Estudio, con encuestas a propietarios ribereños o dentro del humedal, como también la realización de reuniones virtuales con organismos públicos. Se presenta en **Anexo C** el respaldo de los correos de coordinaciones con servicios Públicos. Se realizaron 4 entrevistas con organismos públicos:

- Departamento de Medio Ambiente de La Ilustre Municipalidad de Huasco,
- SAG,
- CONAF
- SERNAPESCA

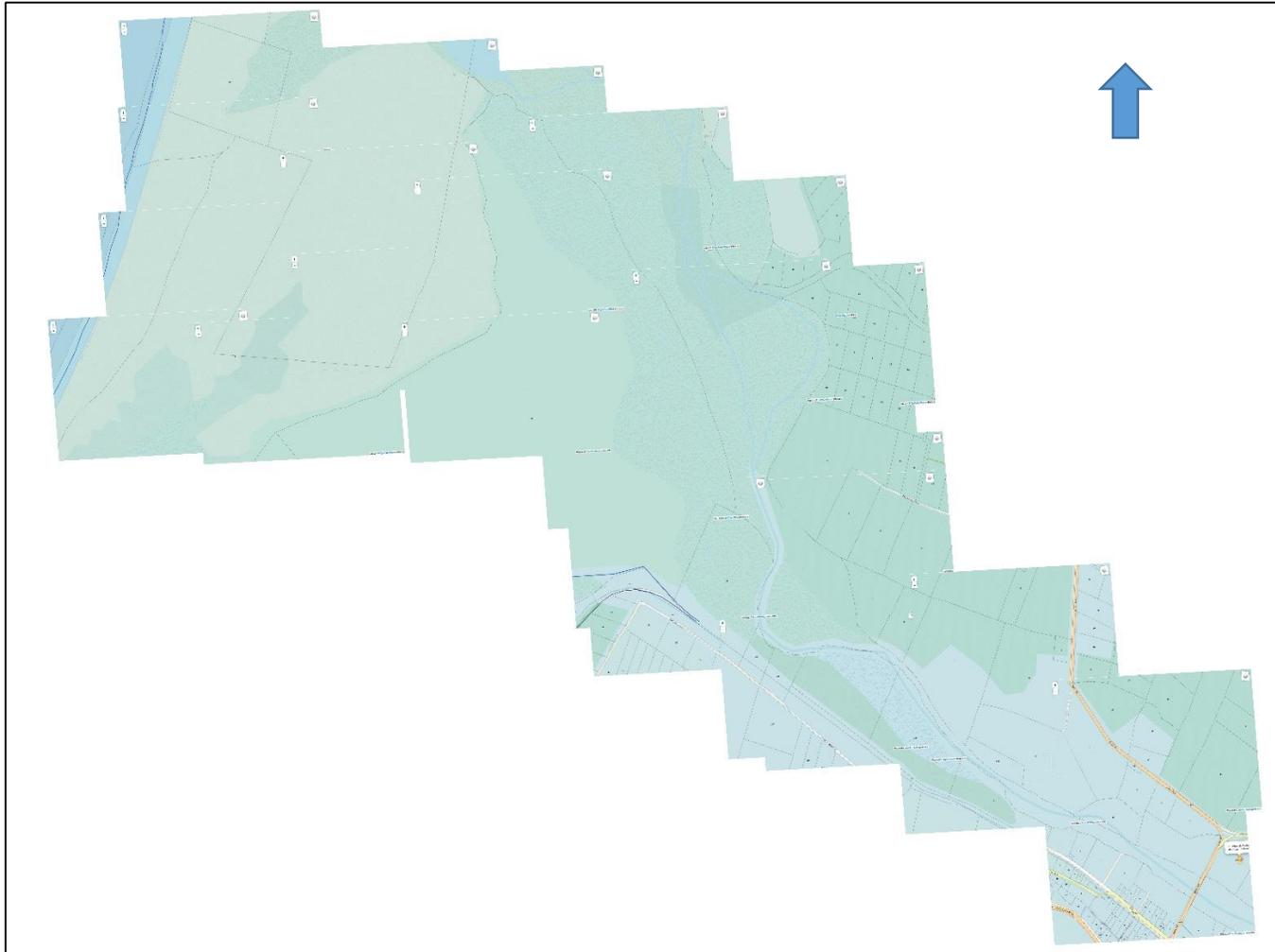
Si bien los organismos no han desarrollado estudio de interés en el área de estudio, detallaron sus experiencias personales en el territorio. Donde comentaron que no se han observado cambios significativos en el cuerpo de agua y tampoco en los límites del humedal, que si bien se han producido eventos de crecida que inundan buena parte de la localidad de Huasco Bajo, estos con puntuales y no alteran la permanentemente la dinámica del humedal. Por otra parte señalan que en el sector de la laguna del humedal se producían cultivos de machas, las que ya no existen seguramente debido a la exposición ante marejadas.

Particularmente la Municipalidad de Huasco indicó lo complejo que es la comunicación con los dueños de predio ribereños o dentro del humedal, además indica que la obtención de sus contactos se hace más difícil a que muchos de ellos viven fuera de Chile.

Por último SAG indica que desde la reforma agraria ya no poseen dominio sobre predios dentro del humedal, que si tienen sectores de con prohibición de caza y pesca. Hasta la fecha de la entrega de este informe final no se ha tenido respuesta del dueño actual que predio denominado SAG.

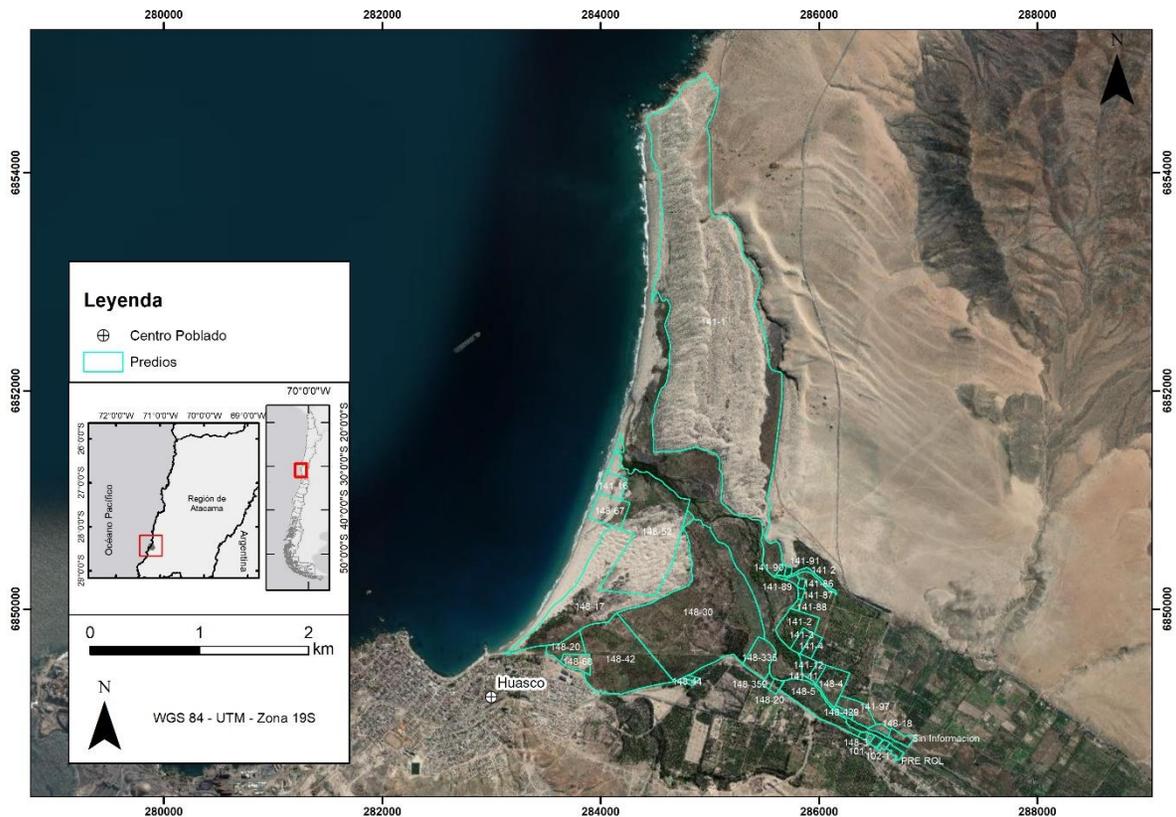
En base a la información recopilada del (SII, 2022) se obtienen la distribución predial presentada en la Figura 11-2. Esta información es digitalizada y su cartografía es presentada en la Figura 11-3

Figura 11-2: División predial SII, octubre 2022



Fuente: SII (2022).

Figura 11-3: Cartografía de delimitación predial actualizada 2022 del SII



Fuente: Elaboración propia a partir del catastro predial de SII (2022).

11.2 Actualización de contactos de propietarios de predios ribereños (Actividad 9)

La Tabla 11-1 presenta la información de los propietarios de predios que están registrados en el SII tanto dentro como en las riberas del humedal de la desembocadura del río Huasco. Cabe señalar que la cantidad de predios están inserta dentro del área de estudio, específicamente e inmediatamente desde aguas debajo de puente de Huasco Bajo (ruta C-470) hasta la desembocadura del humedal.

Se presenta en **Anexo D** los datos extraídos del SII de cada propiedad, se reconocen una cantidad total de 32 predios (entre predios ribereños y predios dentro del mismo humedal).

Tabla 11-1: Actualización de Propietarios Ribereños 2022

ID Propiedad	ROL SII	Propietario	Contacto	Dirección	Observaciones
7	148-20	Álvarez Cerda Gabriel Domingo		Lote 2-B del Lote 2 Fundo Bellavista	No se logra encontrar contacto
32	101-1	Ayala Verdejo Héctor		Bernardo O'Higgins 115	No se logra encontrar contacto
17	141-86	Callejas Araya Edith	Graciela Callejas 993353018 Kimokay9@hotmail.com	Lote 63 Fdo. Porvenir	
15	141-88	Callejas Araya Graciela del Carmen	Graciela Callejas 993353018 Kimokay9@hotmail.com	Lote 65 Fundo Porvenir	
24	141-90	Callejas Araya Margarita Aranzazu	Graciela Callejas 993353018 Kimokay9@hotmail.com	Lote 67 Fundo Porvenir	
16	141-87	Callejas Araya María Julieta	Paz Callejas (Hija) 56965095662 pazcallejasgonzalez@gmail.com	Lote 64 Fundo Porvenir	
18	141-89	Callejas Araya Olga	Graciela Callejas 993353018 Kimokay9@hotmail.com	Lote 66 Fundo Porvenir	
28	141-91	Callejas Araya Valentina y Otros	Valentina Callejas 942643951 lacachina@hotmail.com	Lote 68 Fundo Porvenir	
19	148-44	Callejas Molina Alberto		PC 3 Hacienda Bellavista	
5	148-42	Callejas Molina Elba Margarita	Paola Baraquis Callejas (hija) 995497800 pbaraquicallejas@icloud.com Ignacio Rodríguez Callejas (hijo) 983410623 Elba Callejas 942643253	Fundo Bellavista PC 5	Paola Baraquis Callejas es la hija y representante legal de la Señora Elba (actualmente con Alzheimer) indica que era intención de su madre y del resto de los hijos la declaración para la protección del humedal.
3	148-52	Callejas Molina Elba Margarita		Sector Bellavista PC 5 Lote 2 A Lote 2	
1	148-67	Callejas Molina Elba Margarita		Lote 2 A de Lote 2 Dunas de Playa	

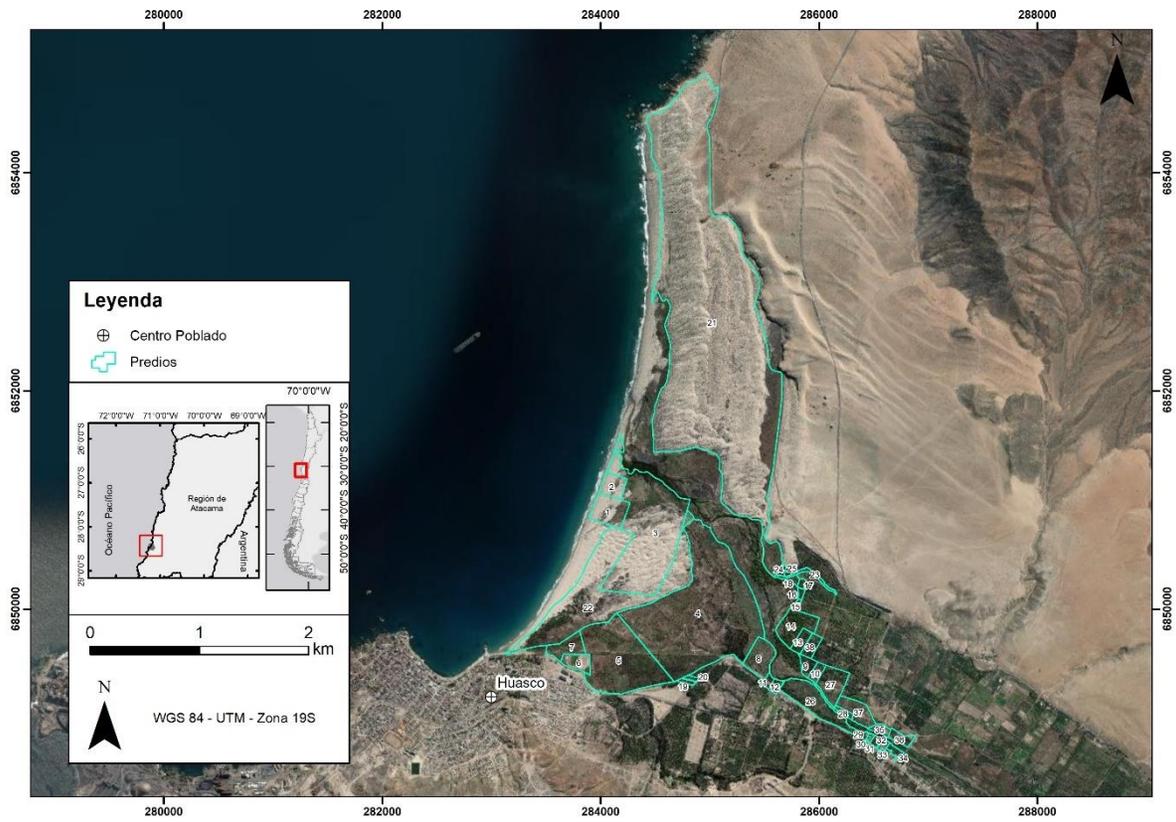
ID Propiedad	ROL SII	Propietario	Contacto	Dirección	Observaciones
4	148-30	Callejas Molina Hernán S	Paola Baraquis Callejas 995497800 pbaraquicallejas@icloud.com	Parcela 4 Bellavista	No se logra encontrar contacto
14	141-2	Callejas Zamora Luis Hernán	Graciela Callejas 993353018 Kimokay9@hotmail.com Valentina Callejas 942643951 lacachina@hotmail.com Elba Callejas 942643253	Fundo Porvenir o La Cachina Su	
37	141-97	CIA Minera del Pacifico S A		Lote B PC Quinta la Rosa	No se logra encontrar contacto
26	148-5	CIA Minera del Pacifico S A		Lote B 1 Huasco Bajo	No se logra encontrar contacto
31	101-2	González María Lucrecia		Bernardo O'Higgins 105 Huasco Bajo	No se logra encontrar contacto
35	148-18	Ilustre Municipalidad de Huasco	Unidad de Medio Ambiente: Cintya Iriarte 56995436167 ambiental@imhuasco.cl	I. Carrera Pinto Lote 3 Hacienda Bellavista	En conversación telefónica con la encargada de la unidad de medio ambiente, indica que han estado varios años tratando de ubicar a los dueños de propiedades ribereñas sin éxito, posiblemente porque la mayoría de ellos tienen domicilio fuera de Chile
29	148-3	López Ponce Justo Pastor		Quinta Rosario Bajo Bella Vista	No se logra encontrar contacto
2	141-16	Mocarquer Sifri Ana María		Desembocadura Río Huasco	No se logra encontrar contacto

ID Propiedad	ROL SII	Propietario	Contacto	Dirección	Observaciones
6	148-68	Municipalidad de Huasco	Unidad de Medio Ambiente: Cintya Iriarte 56995436167 ambiental@imhuasco.cl	Lote B de PC 5 Hacienda Bellavista	
9	141-12	Rojas González Elizabeth	Roberto Rojas Ávila Sobrino Sra. Elizabeth rto_pastor@hotmail.com elizabethdk@ol.dk	La Glorieta Huasco Bajo	
33	102-1	Rojas Rojas Francisco Ceferino		Bernardo O'Higgins 225 Huasco Bajo	No se logra encontrar contacto
8	148-335	Rojo Jofre Gilberto Ibar		PC 1 Bellavista Lote 2	Subdivisión Total, no se pudo ubicar a los nuevos propietarios
22	148-17	SAG	Alejandra Provoste encargada sectorial recursos naturales en Servicio Agrícola y Ganadero SAG	P Bellavista RES	Alejandra Provoste encargada sectorial recursos naturales en Servicio Agrícola y Ganadero SAG indica que terreno no se encuentra dentro de su dominio, pero que si hay resolución para la prohibición de caza en el terreno.
30	101-5	Sandoval Torres Fernando Antonio		Bernardo O'Higgins 105 Lote 2	No se logra encontrar contacto
11	148-359	Schaaf Espina Max Raúl		Lote 2 a 2 del Lote 2 Fundo Bellavista	No se logra encontrar contacto

ID Propiedad	ROL SII	Propietario	Contacto	Dirección	Observaciones
21	141-1	Schauss Stone Catherine y Otro (Fallecido- Sucesión)	Alejandra Briseño (abogada de la Sra. Schauss Stone) 942941336 ale_abv@hotmail.com	Vegas El Milagro	Indica que la propiedad está a nombre de la Sra. Catherine Schauss y de otra persona más, la cual falleció y se encuentra en trámite de sucesión, por lo demás afirma que existen intenciones de vender la totalidad del terreno
10	141-11	Tamblay Álvarez Julio Roberto	(32) 228 4027 ¿??	Qta. Marzal o Esperanza Huasco Bajo	No se logra encontrar contacto
27	148-4	Tamblay Álvarez Julio Roberto		Los Olivos Lote A Huasco Bajo	No se logra encontrar contacto
28	148-429	Tamblay Álvarez Julio Roberto		Lote A Malaguena Huasco Bajo	No se logra encontrar contacto
38	141-4	Zamorano González Nelson		Los Perales Huasco Bajo	No se logra encontrar contacto

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11-4: Predios en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11-5: Predio y B.N.U.P.



Fuente: Elaboración propia.

12 EVALUACIÓN RELACIÓN HUMEDAL-ACUÍFERO

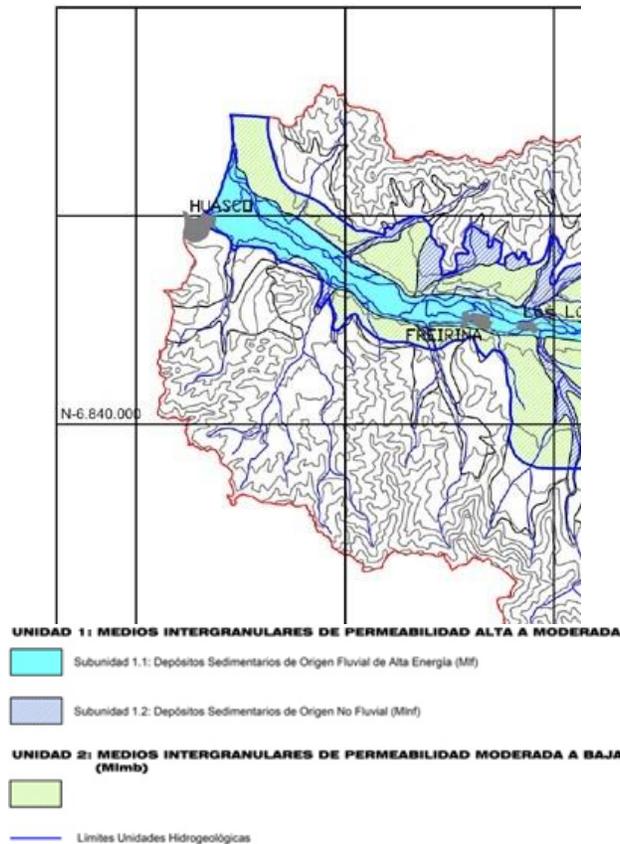
Este capítulo del tiene como objetivo analizar la relación existente entre el acuífero y el humedal, y en el evento en que no se disponga de información suficiente, proponer las actividades requeridas para lograr el objetivo perseguido.

12.1 Caracterización geológica del área de estudio

En la zona de interés, se han identificado 2 zonas geológicas bien definidas en el estudio Estudio de Calidad de Aguas Subterráneas en las Cuencas del Huasco y Mataquito (CNR, 2006), según se muestra en la Figura 12-1:

- **Unidad 1:** Medios intergranulares de permeabilidad moderada a alta: mayor a 10^{-6} m/s.
- **Unidad 2:** Medios intergranulares y fracturados de permeabilidad moderada a baja: entre 10^{-6} y 10^{-9} m/s.

Figura 12-1: Caracterización geológica área de estudio



Fuente: CNR (2006).

La Unidad 1 está compuesta por depósitos sedimentarios de granulometría gruesa (bolones, ripios, gravas), media (arenas gruesas y medias) y fina (arcillas y limos), de origen fluvial y no fluvial, de permeabilidad alta y media principalmente. Se distribuye a lo largo del cauce del río Huasco y en valles y quebradas de cauces afluentes a éste. La Unidad 2 en tanto, está compuesta por depósitos de gravas y conglomerados semiconsolidados y su distribución es paralela al río Huasco bordeando tanto el valle como algunos afluentes mayores. Se hace notar que la información geológica disponible está a una escala tal que no permite garantizar el comportamiento local del estrato 2 en el área de estudio, lo que en todo caso no modifica lo presentado, ya que corresponde a un análisis global del comportamiento geológico del sistema.

12.2 Caracterización hidrogeológica del área de estudio

Para caracterizar hidrogeológicamente el acuífero existente, se considera por una parte la evaluación de las permeabilidades del sistema subterráneo, y por otra, la ubicación del nivel freático. Para caracterizar la permeabilidad, se usa la información contenida en el estudio Evaluación de la Explotación Máxima Sustentable del Acuífero de Huasco (DGA-DARH, 2007), donde se identificaron 8 pozos ubicados en la zona de interés, con una permeabilidad adoptada de $1,6 \cdot 10^{-4} \text{m/s}$ a partir de las permeabilidades mostradas en la Tabla 12-1, definiendo un acuífero libre.

Tabla 12-1: Permeabilidades determinadas zona de estudio

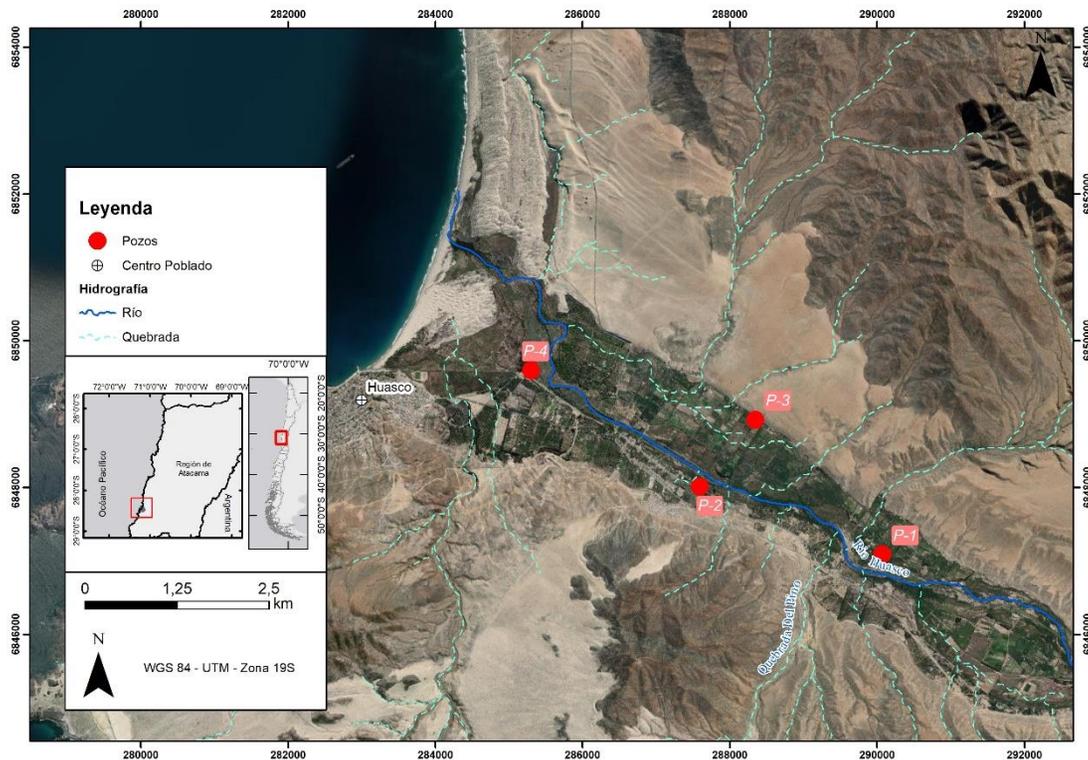
Pozo Id.	UTM Este (m)	UTM Norte (m)	K (m/s)
1	285.489	6.849.978	$2,20 \cdot 10^{-4}$
2	286.422	6.849.482	$1,50 \cdot 10^{-5}$
3	286.518	6.849.439	$1,30 \cdot 10^{-4}$
4	286.647	6.849.418	$9,61 \cdot 10^{-5}$
5	286.772	6.849.434	$1,49 \cdot 10^{-4}$
6	287.217	6.849.445	$2,75 \cdot 10^{-4}$
7	287.450	6.849.443	$2,05 \cdot 10^{-4}$
8	287.681	6.849.382	$2,07 \cdot 10^{-4}$

Fuente: DGA-DARH (2007).

Por otra parte, para la caracterización de los niveles freáticos, se dispone de la información del Banco Nacional de Aguas (BNA) (DGA, 2022), la que se muestra en forma gráfica en la Figura 12-2 y como datos en la Tabla 12-2. Posteriormente, en la Figura 12-3, se muestra la variación de los niveles en el acuífero desde el año 2002, donde se observan valores bastante constantes, e incluso en un pozo se observa surgencia, es decir, el agua se observa a nivel de terreno, o incluso más arriba. Con

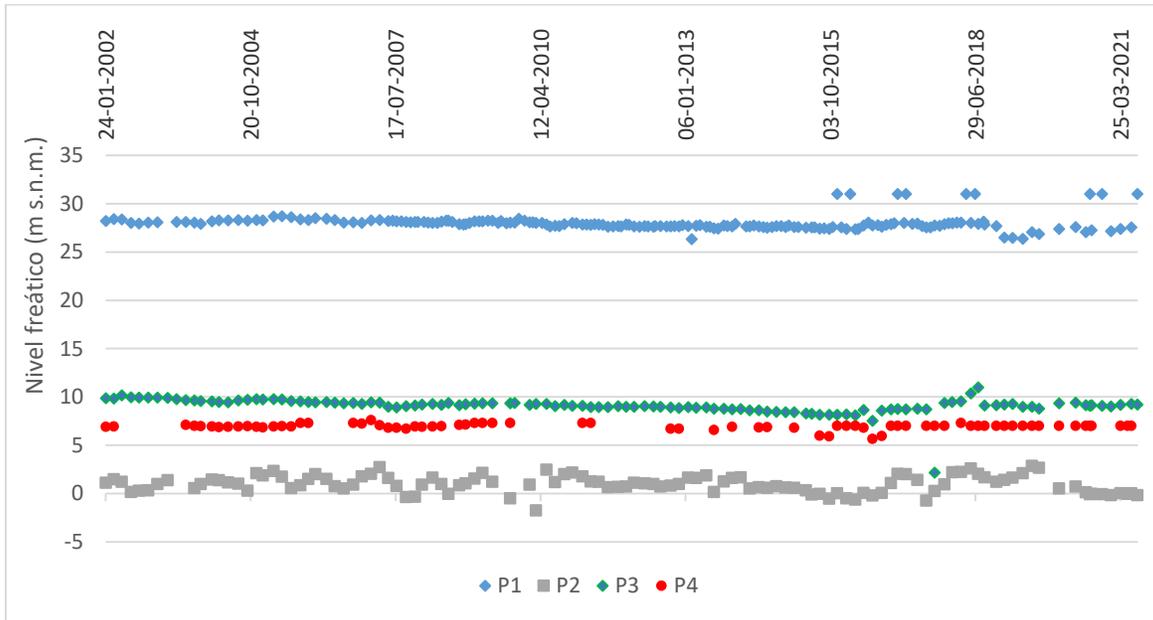
el fin de complementar el análisis, se preparó la Figura 12-4, que muestra la profundidad del agua subterránea a lo largo del sistema. En esta figura se observa que a la salida del sistema el agua subterránea se transforma en surgente encontrándose bastante superficial, llegándose a tener surgencia. Lo anterior también se observa en la presencia de humedad en la inspección vegetacional y de suelos, lo que en todo caso no puede ser corroborado sin hacer estudios de calidad de aguas que apunten a la búsqueda del origen del agua, sino que solo su ocurrencia. Para entender en mejor forma la dirección del flujo, se preparó la Figura 12-5, que muestra la profundidad promedio en cada pozo. La figura muestra claramente que en la entrada los niveles se ubican en promedio a 3 m del terreno, luego se profundizan en la zona dentro sur del sector, elevándose en la zona centro norte. Finalmente, los niveles se elevan en la zona baja., que es la zona donde se ubica el humedal en estudio. Lo anterior se visualiza en la Figura 12-6, que muestra las direcciones preferenciales del flujo en el sistema, y también se muestra la zona en la que se concentran las extracciones.

Figura 12-2: Ubicación pozos con registro de niveles



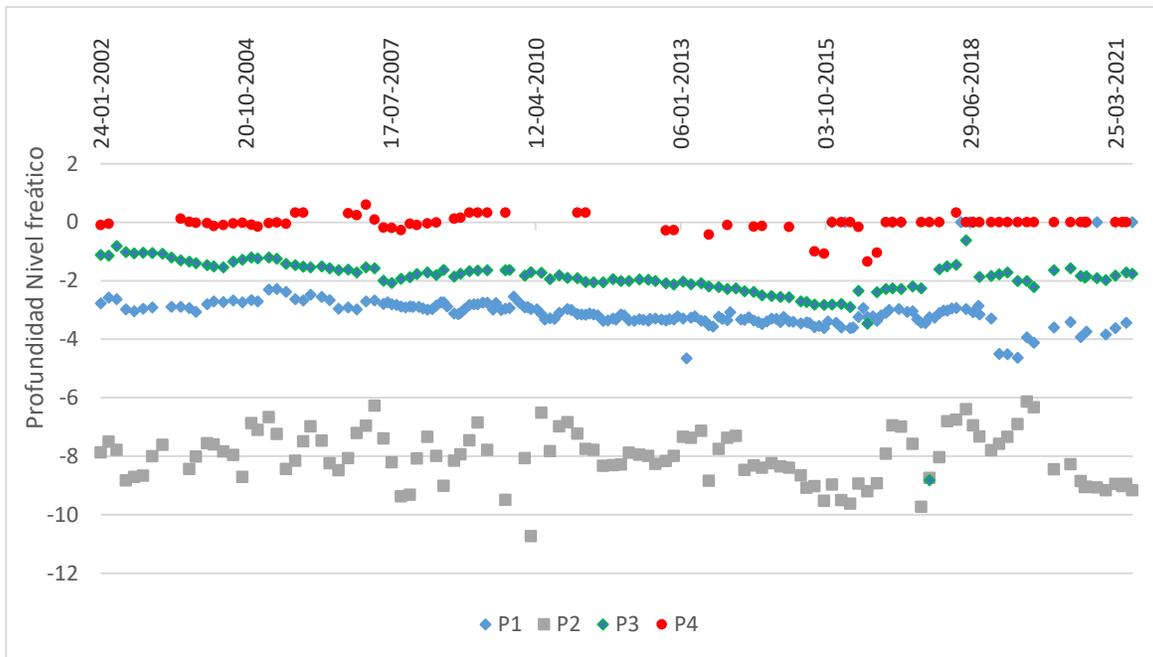
Fuente: Elaboración propia con antecedentes DGA (2022).

Figura 12-3: Niveles freáticos



Fuente: Elaboración propia con antecedentes DGA (2022).

Figura 12-4: Profundidad de niveles freáticos (c/r al terreno)



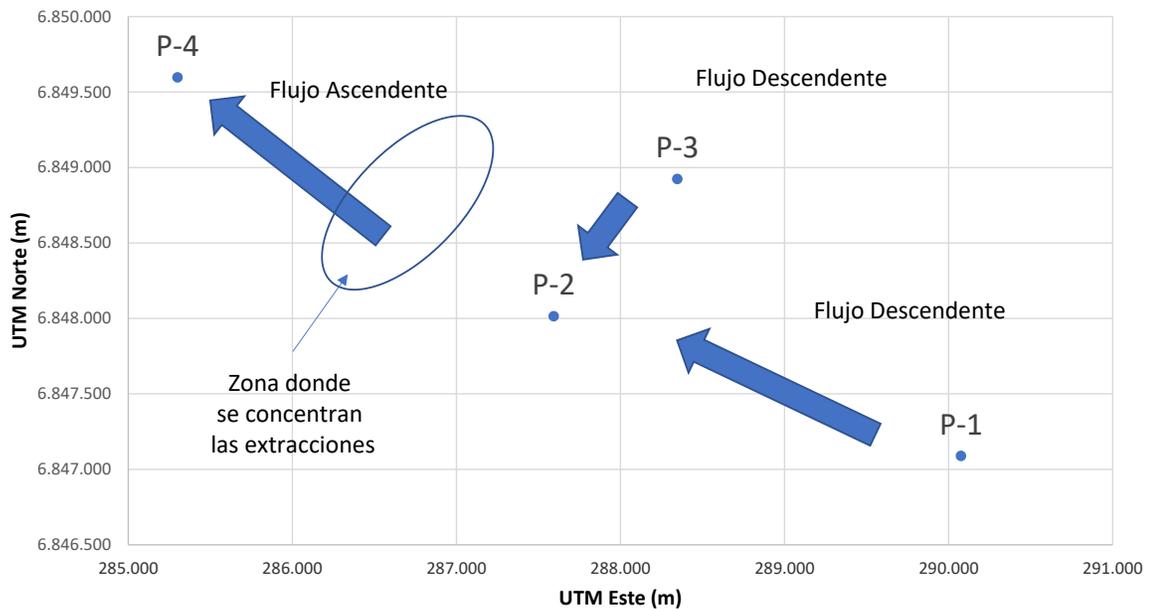
Fuente: Elaboración propia con antecedentes DGA (2022).

Figura 12-5: Profundidad de niveles freáticos (c/r al terreno)



Fuente: Elaboración propia con antecedentes DGA (2022).

Figura 12-6: Dirección preferentes del flujo



Fuente: Elaboración propia con antecedentes DGA (2022).

Tabla 12-2: Pozos con registros de nivel

Pozo	Código BNA	Nombre	Coordenadas UTM		Vigencia BNA
			Este (m)	Norte (m)	
P-1	03826005-7	Canal Madariaga	290.076	6.847.089	1971 a la fecha
P-2	03826006-5	Huasco Alto	287.594	6.848.014	1969 a la fecha
P-3	03826004-9	Huasco Alto C - 2	288.347	6.848.924	1969 a la fecha
P-4	03826010-3	Olivarera Huasco (D - 13)	285.300	6.849.597	1989 a la fecha

Fuente: DGA (2022).

12.3 Relación Humedal Acuífero

Como punto final del análisis, se muestra en la Figura 12-7, la ubicación del humedal urbano a proteger, según se definió en los capítulos anteriores, en conjunto con el humedal íntegro (MMA, 2020), y el acuífero de la desembocadura del Huasco (DGA-DARH, 2007). Se observa claramente que el humedal urbano se encuentra íntegramente dentro del acuífero identificado, lo que en conjunto con el tipo de acuífero identificado como libre, la permanente presencia de agua en el río (aunque llegando a ser muy poca en la época de estío, y la ubicación de los niveles de aguas subterráneas), permite inferir a priori una alimentación desde la superficie al acuífero, es decir, más probablemente desde el humedal al acuífero, pero ya que este a su vez está alimentado desde aguas arriba, se estima que el aporte de agua desde el humedal no es la mayor fuente de agua del acuífero.

Se debe dejar en claro que el análisis presentado es a nivel promedio, tanto en forma espacial como temporal, pero que localmente la dinámica puede ser diferente, tanto a nivel espacial como temporal.

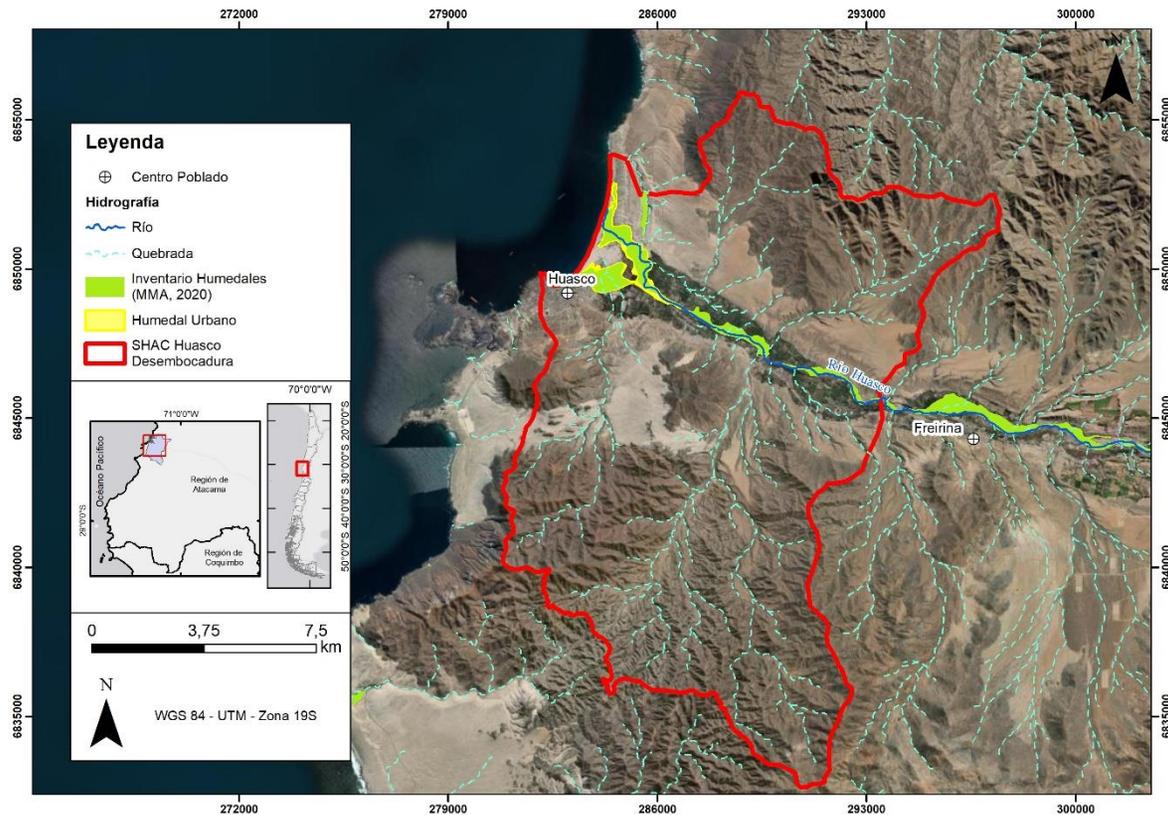
Las relaciones presentadas antes quedan claramente establecidas en el análisis presentado en la Figura 12-6, que mostró anteriormente las direcciones preferentes del flujo, la que indica un flujo ascendente hacia el humedal, pero no se sabe si efectivamente lo alcanza.

Por otra parte, y con el fin de analizar la explotación esperada del acuífero, se analizó la información contenida en el estudio Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca de Huasco (DGA, 2020), donde se muestra que el sector acuífero está cerrado a nuevas extracciones, es decir, el caudal a bombear desde el sistema acuífero solo puede disminuir, y no aumentar. En el estudio también se analizó la sustentabilidad del sistema acuífero en el largo plazo, para lo que se determinó que en términos volumétricos el sistema es sustentable, ya que el volumen extraído en promedio en 50 años es menor al 5% al volumen total de agua disponible. Por otra parte, en términos de la relación

entre el sistema superficial y el subterráneo, se determinó que en la actualidad más del 10% del agua extraída subterráneamente tiene un origen superficial, por lo que de acuerdo a criterios DGA el sistema no es sustentable.

Se debe hacer notar que tal como se observa en la Figura 12-6, las extracciones están concentradas en un sector muy menor del acuífero, lo que explica el problema de sustentabilidad en términos de la relación acuífero-sistema superficial, ya que al estar las extracciones concentradas en un sector, el acuífero es presionado a entregar su agua, lo que fuerza al flujo desde el sistema superficial.

Figura 12-7: Relación Acuífero-Humedal



Fuente: Elaboración propia.

13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 Conclusiones

Como conclusión de este trabajo se tiene lo siguiente:

- Se logró aplicar satisfactoriamente la metodología propuesta, lográndose definir los límites del humedal, tanto desde el punto de vista hidrológico, como desde los tipos de suelos existentes, y los vegetacionales.
- Al incluir la variable uso actual del suelo, se definió el humedal a proteger que es compatible con lo identificado y con lo legalmente factible de proteger, dado que por su uso actual ya no se comporta como humedal.
- Se identificó la relación entre el humedal y el acuífero, infiriéndose que si bien físicamente el humedal está físicamente en el mismo espacio del acuífero, no se determinó una conexión real, sino que una potencial, especialmente ya que el acuífero tiende a aflorar en algunos sectores.

13.2 Recomendaciones

Se plantean las siguientes recomendaciones:

- Para la generación de los contactos se recomiendan actividades de participación ciudadana, en permanente comunicación con la Municipalidad y otros actores relevantes del área de estudio, con el fin de completar el registro de propietarios ribereños y propietarios dentro del humedal.
- Con el fin de conocer en mayor detalle la relación entre el humedal y el acuífero, se propone el desarrollo de un estudio local, incluyendo geológico local, prospecciones geofísicas, calidad de aguas, isotopía, entre otros.
- Por último es recomendable, complementar el estudio de la delimitación con modelos hidráulicos de crecida para determinar periodos de retorno de ocurrencia.
- Se recomienda establecer un monitoreo de la calidad del agua, tanto entrante como en el mismo humedal, considerando a lo menos monitoreos mensuales de modo de complementar los monitoreos estacionales que ejecuta la DGA en el territorio. Para diseñar la red de monitoreo debe desarrollarse un estudio específico que puede ser

complementario al estudio propuesto previamente para el análisis de la interacción humedal-acuífero.

- Para el análisis de otros humedales, se recomienda usar una metodología similar a la empleada. Especialmente en lo que se refiere al uso combinado de imágenes satelitales con el uso de drones para tener imágenes de la situación actual con mayor detalle a lo logrado con el satélite.

14 BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, C., & Welkner, D. (2008). *Geología del Área Carrizal Bajo-Chacritas*. Región de Atacama: Servicio Nacional de Geología y Minería - Chile.
- Börgel, R. (1983). *Geomorfología de Chile*. Santiago: Instituto Geográfico Militar.
- Caviedes, B. (1999). *Manual de métodos y procedimientos estadísticos*. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- CEA. (2020). *Apoyo al Proceso de Declaratoria de Santuario de la Naturaleza y Propuesta de Medidas de Gestión de los Sitios Prioritarios para la Conservación, Humedal Estuario del Río Huasco Humedal Costero de Carrizal Bajo*. Ministerio del Medio Ambiente.
- CNR. (2006). *Estudio de Calidad de Aguas subterráneas en las Cuencas de Huasco y Mataquito*.
- DGA. (2020). *Plan estratégico de gestión hídrica en la cuenca de Huasco*.
- DGA. (Diciembre de 2022). *Banco Nacional de Aguas*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes>
- DGA-DARH. (2007). *Evaluación de la Explotación Máxima Sustentable del Acuífero de Huasco, SIT N°131*.
- Gao, B. (1996). NDWI—A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. . *Remote Sensing of Environment*, 58, 257-266. doi:10.1016/S0034-4257(96)00067-3
- Gis&Beers. (21 de 12 de 2019). *Gis&Beers*. Obtenido de Todo lo que deberías saber sobre imágenes Sentinel 2: <http://www.gisandbeers.com/lo-deberias-saber-imagenes-sentinel-2/>
- Hernández, H., Galleguillos, M., & Estades, C. (2014). *Mapa de Cobertura de Suelos de Chile*. Santiago: Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.
- INE. (2017). *Censo de población y vivienda*. Santiago: Instituto Nacional de Estadísticas.
- McFEETERS, S. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425-1432. doi:10.1080/01431169608948714

- Mitsch, W., & Gosselink, J. (2015). *Wetlands, 5th Edition*. Wiley.
- MMA. (2014). *Atlas de Cambio Climático de*. Fondo de Protección Ambiental. Ministerio del Medio Ambiente.
- MMA. (2020). *Inventario Nacional de Humedales*. Santiago: Ministerio de Medio Ambiente.
- MMA. (2022). *Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile*. Santiago: Ministerio del Medio Ambiente.
- Sarricolea, P., Herrera, M., & Meseguer-Ruiz, O. (2017). Climatic regionalisation of continental Chile. FONDECYT N°1150701: Investigación participativa a través de observatorios ecológico-sociales de los cambios y variabilidades climáticas del altiplano andino del Norte de Chile. *Journal of Maps*, 13(2), 66-73. doi:10.1080/17445647.2016.1259592
- SII. (1 de 10 de 2022). *CARTOGRAFIA DIGITAL SII MAPAS* . Obtenido de Roles prediales, Comuna Huasco, Región Atacama: <https://www4.sii.cl/mapasui/internet/#/contenido/index.html>