



UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Escuela de Pregrado

Carrera de Geografía

**EVALUACIÓN DE CONDICIONES ECOSISTÉMICAS DE LOS HUMEDALES
URBANOS EN QUILICURA – LAMPA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA
INFLUENCIA ANTRÓPICA DURANTE EL PERIODO 1985 – 2020.**

Memoria para optar al Título Profesional de Geógrafo

Carlos Javier Llanos Migeot

Profesora guía: Pamela Smith G.

SANTIAGO - CHILE

2022

Agradecimientos

Agradecer a mi familia por su apoyo durante el tiempo en que estuve realizando la memoria en especial cuando hubo contratiempos como las cuarentenas por el COVID - 19 y destaco a mi mami por haberme consolado y darme ánimos cuando estuve hospitalizado luego de una operación.

También agradecer a el grupo más cercano que tuve en la FAU y con quienes siempre hicimos grupo en todos los trabajos en las buenas y en las malas, los miniratas compuestos por la Fran, Claudio, la Pindi y el Sergio

Por supuesto que mencionar a la profe Pame por la buena onda y la paciencia solucionar cualquier duda y cuando a veces desaparecía por dificultades personales o cuando le decía que le iba a entregar avances, pero lo hacía bien tarde.

Resumen

Si bien algunos estudios respecto a humedales han abordado temáticas relacionadas con el impacto que representan las amenazas de tipo antrópicas o frente al cambio de las condiciones climáticas, no se detallan investigaciones a nivel local y de línea investigativa de carácter multitemporal respecto a la causalidad de ambas variables que tienen sobre estos ecosistemas en Chile, especialmente cuando limitan dentro de la zona urbana y donde la Megasequía ha repercutido fuertemente en este sector estos últimos años.

Dentro de la metodología se utiliza el software Google Earth Engine para el procesamiento del NDVI y la transformación Tasseled Cap de humedad y verdor en promedios multitemporales de imágenes satelitales. También se cuenta con la utilización de un método de evaluación rápida de humedales para analizar el estado ecológico presente en cada humedal en la actualidad. Además, se destaca la inclusión de criterios en la evaluación de calidad ambiental validados por consulta de expertos: amenazas antrópicas y sequía meteorológica, proveniente del índice de precipitación estandarizada

Los resultados detallan que, desde el inicio del periodo de investigación, hay una disminución lineal tanto del límite de cada humedal como de su estructura y funciones ecológicas y de calidad ambiental, Solo el humedal Batuco presenta una mejor situación debido a su estado de conservación, mientras que Kula Kura y Puente Negro presentan mayor degradación y fragmentación de su paisaje.

Se muestra una tendencia de menores condiciones ambientales de humedad y verdor vegetal cuando existen mayores valores de sequía, mientras que la acción antrópica tiene un impacto directo e irreversible, siendo la variable que mayor alteración produce en estos humedales urbanos.

Este estudio en el marco de memoria de título busca ser un aporte para la creación de nuevos campos de investigación respecto a las dificultades que presentan los humedales al momento de tomar decisiones frente a medias de planificación territorial sustentable y la protección y conservación de estos importantes ecosistemas en el medioambiente urbano.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN	7
1.1 Introducción.....	7
1.2 Planteamiento del problema	8
1.3 Estado del asunto.....	10
1.3.1 Estado ecológico.....	12
1.3.2 Calidad ambiental en humedales	13
1.4 Área de estudio	16
1.4.1. Geología	18
1.4.2 Geomorfología	18
1.4.3 Climatología.....	18
1.4.5. Fauna	20
1.4.6 Vegetación.....	21
1.4.7 Medio antrópico	22
1.5. Objetivos de investigación	23
1.5.1 Objetivo general.....	23
CAPÍTULO 2: MARCO METODOLÓGICO	24
2.1. Metodología.....	24
2.1.1 Objetivo n°1: Estado ecológico de los humedales.....	24
2.1.2. Objetivo n°2: Analizar multitemporalmente la evolución de la superficie de los humedales a partir del año 1985 hasta 2020.....	26
2.1.3 Objetivo n°3: Evaluar la calidad ambiental de los humedales a partir del año 1985 hasta 2020	29
CAPITULO 3: RESULTADOS	35
3.1 Resultados objetivo N°1: Estado ecológico de humedales	35
3.1.1 Humedal Batuco	37
3.1.2 Humedal Puente Negro.....	39
3.1.3 Humedal Kula kura	41
3.2 Evolución de la superficie de los humedales entre 1985 y 2020	45
3.2.1 Kula Kura	46
3.2.2 Puente Negro.....	48
3.2.3 Humedal Batuco	50
3.3 Evaluación de la calidad ambiental a partir de 1985 hasta la actualidad.....	52
3.3.1 Calidad ambiental período 1985-1995	55
3.3.2 Calidad ambiental período 1993-1999.	58
3.3.3 Calidad ambiental período 2000-2015	61

3.3.4 Calidad ambiental período 2016-2020	64
3.3.5 Evolución de parches de muy alta calidad ambiental 1985-2020	67
CAPITULO 4: DISCUSSIONES Y CONCLUSIONES.....	69
4.1 Discusión.....	69
4.2 Conclusión	71
Bibliografía.....	73
Anexos.....	77

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio	17
Figura 2: Antecedentes de área de estudio: geología, geomorfología y clima.....	20
Figura 3: Humedales y áreas de evaluación	25
Figura 4: Esquema metodológico de primer objetivo.....	26
Figura 5: Esquema metodológico del segundo objetivo	29
Figura 6: Esquema metodológico del tercer objetivo específico.....	34
Figura 7: Área de evaluación n°1 de humedal Batuco	37
Figura 8: Área de evaluación n°2 de humedal Batuco	38
Figura 9: Área de evaluación n°3 de humedal Batuco.....	39
Figura 10: Área de evaluación n°4 de humedal Batuco	39
Figura 11: Área de evaluación n°1 de humedal Puente Negro.....	40
Figura 12: Área de evaluación n°2 de humedal Puente Negro.....	40
Figura 13: Área de evaluación n°3 de humedal Puente Negro.....	41
Figura 14: Área de evaluación n°1 de humedal Kula Kura	42
Figura 15: Área de evaluación n°2 de humedal Kula Kura	42
Figura 16: Área de evaluación n°3 de humedal Kula Kura.....	43
Figura 17: Área de evaluación n°4 de humedal Kula Kura	44
Figura 18: Estado ecológico en puntos de observación de humedales Batuco, Puente Negro y Kula kura	45
Figura 19: Evolución multitemporal de humedal Kula kura	47
Figura 20: Evolución multitemporal de humedal Puente Negro.....	50
Figura 21: Evolución multitemporal de humedal Batuco	52
Figura 22: Evolución multitemporal de amenazas antrópicas.....	55
Figura 23: Calidad ambiental para periodo 1985-1992	57
Figura 24: Calidad ambiental para periodo 1993 – 1999.	60
Figura 25: Calidad ambiental para periodo 2000 – 2015.	63
Figura 26: Calidad ambiental para periodo 2016 – 2020.	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales especies animales en los humedales.....	21
Tabla 2: Principales especies vegetales en los humedales	22
Tabla 3: Áreas de evaluación y coordenadas geográficas.....	24
Tabla 4: Periodos seleccionados para delimitación temporal de los humedales	27
Tabla 5: Reclasificación de valores NDVI.....	28

Tabla 6: periodos seleccionados para funciones de humedad y verdor en Tassaled cap.....	29
Tabla 7: Reclasificación de amenazas.....	30
Tabla 8: valores de bandas para satélites Lansat 5, 7 y Sentinel 2 para humedad.....	31
Tabla 9: Valores de reclasificación en humedad.....	31
Tabla 10: valores de bandas para satélites Lansat 5, 7 y Sentinel 2 para verdor.....	31
Tabla 11: Valores de reclasificación en humedad	31
Tabla 12: Porcentaje superficie impermeabilizada	32
Tabla 13: Relación entre porcentajes de impermeabilización y condiciones para la vida natural, con respecto a la salud de la cuenca de los paisajes	32
Tabla 14: índice de precipitación estandarizada.....	33
Tabla 15: Escala de Saaty	34
Tabla 16: Ejemplo de matriz de comparaciones.....	34
Tabla 17: Resultados estado ecológico a nivel de humedal.....	36
Tabla 18: Resultados de estado ecológico por áreas de observación.....	37
Tabla 19: Variación de superficie en hectáreas en humedal Kula Kura	46
Tabla 20: Variación de superficie en hectáreas en humedal Puente Negro.....	49
Tabla 21: Variación de superficie en hectáreas en humedal Puente Negro.....	51
Tabla 22: Resultados encuesta a consulta de expertos.....	53
Tabla 23: Porcentajes de criterios para ponderarlos en Weigthed Overlay	53
Tabla 24: Superficies por categorías de calidad ambiental en humedales periodo 1985-1992.....	56
Tabla 25: Superficies por categorías de calidad ambiental en humedales periodo 1993-1999.....	58
Tabla 26: Superficies por categorías de calidad ambiental en humedales periodo 2000 - 2015.....	61
Tabla 27: Superficies por categorías de calidad ambiental en humedales periodo 2015 – 2020.....	64

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Temperaturas anual promedio durante 1985 – 2020 estación Pudahuel.	19
Gráfico 2: Precipitación acumulada anual durante 1985 - 2020 estación Pudahuel.	19
Gráfico 3: Evaluación de estado ecológico en porcentajes.....	26
Gráfico 4: Porcentaje de estado ecológico por componentes.....	36
Gráfico 5: Variación de superficie en hectáreas en humedal Kula Kura.....	46
Gráfico 6: Variación de superficie en hectáreas en humedal Puente Negro	48
Gráfico 7: Variación de superficie en hectáreas en humedal Puente Negro	51
Gráfico 8: Porcentaje de superficie de calidad ambiental en humedales periodo 1985-1992.....	58
Gráfico 9: Porcentaje de superficie de calidad ambiental en humedales periodo 1993 – 1999.....	61
Gráfico 10: Porcentaje de superficie de calidad ambiental en humedales periodo 2000 – 2015.....	64
Gráfico 11: Porcentaje de superficie de calidad ambiental en humedales periodo 2000 – 2015.....	67
Gráfico 12: Evolución de la alta calidad ambiental en los humedales periodo 1985 – 2020.....	68

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN

1.1 Introducción

El análisis de las condiciones naturales de los humedales y las explicaciones de su deterioro han sido objeto de estudio desde la mitad del siglo pasado, cuando se comprendió su importancia intrínseca como ecosistema y debían ser protegidos ante amenazas que los afectan hasta su desaparición.

Así es como la literatura a nivel global se enfocaba en entender la estructura y funciones de estos ecosistemas para ampliar el conocimiento relacionado a ellos e incentivar su conservación escala nivel mundial, llegando a comprender el nivel de estado ecológicos de los humedales por medio de estudios hidrológicos, vegetacional, de componentes fisicoquímicos, entre otros. Es más, a nivel nacional se ha investigado a una escala espacial local la calidad ambiental de humedales frente a la urbanización y al patrón de a cambio de uso de suelo que conlleva ese proceso.

Sin embargo, no se ha abordado sobre el efecto de las amenazas de manera multitemporal en humedales urbanos en la zona norte de la capital donde además se presenta el fenómeno de Megasequía desde hace más de 10 años, situación que viene a agravar la degradación en estos cuerpos.

Considerando la brecha investigativa comentada en el párrafo anterior, presente memoria de título tiene por fin evaluar el comportamiento de los ecosistémicos a partir de una revisión del estado ecológico y la calidad ambiental a nivel multitemporal de los humedales urbanos en la zona norte de la región metropolitana, mediante la evaluación rápida de humedales y el análisis multicriterio para el periodo 1985 - 2000, respectivamente.

Palabras clave: estado ecológico, calidad ambiental

1.2 Planteamiento del problema

Con el pasar de los años, cada vez son más acentuadas las consecuencias del cambio climático a nivel mundial, por lo que se ha levantado una creciente preocupación sobre los impactos de este fenómeno resultando en la elaboración de numerosos estudios desde el siglo pasado. Este concepto es entendido como una modificación atribuida directa o indirectamente a la actividad antrópica que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables, según lo plantea la Comisión Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992).

Dentro de sus efectos, se caracteriza por el aumento de la temperatura promedio del aire y del océano, lo que a su vez provoca el derretimiento generalizado de la nieve y el hielo y aumento del nivel medio global del mar (IPCC, 2007). Este incremento global de la temperatura va de la mano con una menor cantidad de precipitaciones, la que puede generar el aumento de la severidad y/o extensión de los periodos secos en zonas donde ya preexistía esta condición.

En este sentido, uno de los fenómenos climáticos extremos que más se están viendo potenciados corresponden a las sequías, caracterizadas como un desbalance temporal en la cantidad de agua en base a reducciones en las precipitaciones bajo un valor promedio, cuya frecuencia se desconoce al igual que su duración, resultando una menor disponibilidad en los recursos hídricos (Pereira, 2009), es decir, se refiere a la no ocurrencia de lluvias durante un tiempo indeterminado.

Si bien la sequía es un fenómeno climático habitual en los registros históricos del clima de Chile, el último de estos fenómenos se ha prolongado desde el año 2010 hasta la actualidad afectando a una gran extensión del territorio del país, entre las regiones de Coquimbo y de La Araucanía, registrando un déficit de precipitaciones cercano al 30% de forma ininterrumpida, razón por la cual se le ha denominado como Megasequía (CR2, 2019).

Debido a esta situación, se han producido impactos en diversos ámbitos, tales como el aumento de incendios forestales y una consecuente disminución de la vegetación y de los recursos hídricos por la falta de precipitaciones, evidenciándose una preocupante merma en los ríos, lagos, embalses y reservas acuíferas del Chile central (CR2, 2015).

Adicionalmente, sumado a la prolongada sequía dentro del contexto del cambio climático, los recursos hídricos se ven intervenidos para el uso humano ya sea para su consumo o de forma productiva, pudiendo generar una disminución tanto del caudal de los cursos de agua superficiales como las reservas subterráneas.

Por otro lado, el recurso hídrico subterráneo influye sobre los ecosistemas superficiales, a los que sustenta a través de los mecanismos de retroalimentación, donde se destacan los humedales debido a su estrecha y frágil dependencia de estos cuerpos de agua (Ministerio del medio ambiente, 2020).

Según el Informe Final sobre el Diseño del Inventario de Humedales del Ministerio de Medio Ambiente (MMA) en el 2011, los humedales corresponden a ecosistemas asociados a sustratos saturados temporal o permanentemente de agua, los cuales permiten la existencia y desarrollo de biota acuática”. Es decir, son sistemas que pueden estar secos e inundados dependiendo de la disponibilidad de agua en el suelo y el

acuífero, y que además permiten la existencia de especies de animales, plantas y de otros organismos acuáticos.

Con el pasar de las últimas décadas, se ha ido resaltando cada vez más la importancia que poseen los humedales como ecosistemas naturales y por sus contribuciones al bienestar humano, en distintas escalas espaciales. Es en este contexto que, en el año 1971, se organiza la primera convención internacional sobre humedales en la ciudad de Ramsar, India, y se crea la primera definición científica de ellos.

En respuesta a la firma de la Convención Ramsar por parte del gobierno de Chile, se inicia la implementación del marco de protección de humedales en el territorio nacional, con la identificación y medidas de protección a 13 humedales con importancia internacional inscritos en dicha convención (MMA, 2020). Sin embargo, con el pasar del tiempo, la realidad de los humedales en el país está lejos de la conservación, por lo que aún se requieren esfuerzos importantes para identificar y conservar estos ecosistemas.

En Chile, sólo los humedales Ramsar y los que están dentro de un área bajo el Sistema SNASPE, cuentan con una protección legal que los resguarda (Rodríguez, 2018). Por otro lado, los humedales conservados se encuentran fuera de los límites urbanos, lo cual deja totalmente desprotegidos a los que se encuentran dentro de la administración urbana o en áreas de expansión urbana frente a la acción antrópica.

Es por esto, que los humedales cercanos a las zonas urbanas han sido reconocidos para ser conservados legalmente y en el año 2019 se crea la Ley de Humedales Urbanos, la cual se centra en establecer una definición legal sobre los humedales urbanos y periurbanos, y en modificar diversos cuerpos legales para su protección efectiva. Sin embargo, aún no se ha aplicado efectivamente esta ley ni establecido cuales humedales van a ser incluidos, por lo tanto, todos se encuentran aún desprotegidos.

Las ciudades son actualmente el hábitat principal del ser humano. En el año 2002, el 77,6% de los habitantes en el mundo vivía en ciudades (ONU 2006). En ese mismo año, nuestro país supera esta cifra, albergando en zonas urbanas al 87% de su población total (INE). Tanto en Chile como en el resto del mundo, el proceso de urbanización se manifiesta como una tendencia que va en aumento a partir de la segunda mitad del siglo XX, proyectándose también hacia el futuro

En Chile, el crecimiento de la urbanización no ha tenido una distribución uniforme, es más, ha carecido de planificación al punto de no respetar lugares que representan restricciones para la construcción, ambientes naturales como lo son humedales, quebradas, suelos inundables de muy baja calidad, etc. (Azócar et. al, 2003).

Es así como Romero (2004) señala que *“la urbanización es la perturbación ambiental más drástica, actúa afectando a los servicios ambientales, altera los climas locales, los componentes del ciclo hidrológico, la biodiversidad y la calidad ambiental general del paisaje”* lo que se interpreta como el proceso que trae consigo la degradación de los ecosistemas en sus características intrínsecas sus y funciones para el medio ambiente, afectando a todo el sistema y por ende, a los seres vivos que están relacionados.

La expansión urbana representa una amenaza que puede afectar los humedales, pero no es el único factor que los puede perturbar, siendo la contaminación (Zedler, 1992), fragmentación del hábitat (Zedler, 1996), uso recreacional (Anderson, 1995), rellenos desarrollo residencial y complejos industriales. (Pauchard et. al.,2005).

Producto del suelo reemplazado por actividades antrópicas que amenazan los paisajes, estos “están siendo fragmentados a una tasa creciente. Esto significa que hábitats, originalmente continuos son subdivididos en dos o más fragmentos de menor tamaño, que quedan aislados por una matriz estructural y funcionalmente diferente, usualmente de origen antrópico, la que puede modificar profundamente la biodiversidad que habita los fragmentos remanentes” (Grez *et al.*, 2006, citado en Pauchard, 2006).

Los humedales en la zona norte de la capital corresponden a remanentes de una gran zona de humedales que comprendía el valle donde está inserto desde la localidad de Batuco hasta Quilicura, los que han ido disminuyendo hasta quedar fragmentados en tres, a la vez que el uso de suelo ha sido reemplazado con áreas agrícolas y asentamientos urbanos. Estos fueron declarados parte de un sitio de protección de la biodiversidad en 2010 por la CONAMA, no obstante, esto no significó un marco legal para su real conservación y se han visto amenazados hasta el día de hoy.

En el caso del humedal en Quilicura, el uso de suelo planificado para el área no urbana en el instrumento de planificación vigente dicta que puede ser utilizado para la construcción de urbanización de baja densidad, eso incluye a la zona en donde están insertos los humedales, lo cual se ha visto reflejado el latente desarrollo inmobiliario deja su valor ecológico sujeto a la desaparición y con pocas posibilidades de protección efectiva por parte de instrumentos de planificación territorial (Palma, 2021).

Los humedales en la comuna de Lampa no corren mayor suerte que el mencionado recientemente, debido a que se encuentran dentro del límite urbano la expansión inmobiliaria, industrial han alterado su paisaje y su calidad ambiental al adentrarse dentro de sus límites. Mientras uno está rodeado por 3 localidades y presenta un suelo para desarrollo silvoagropecuario y de baja densidad, otro está dentro de una zona de conservación y cuenta con resguardo por ser catalogado como un santuario para la naturaleza.

Producto de lo anterior, surge el interés por realizar la siguiente investigación que busca evaluar el impacto humano en los humedales urbanos de Quilicura y Lampa, producto del proceso de urbanización, la actividad industrial y los efectos de la prolongada sequía dentro del escenario de cambio climático.

1.3 Estado del asunto

En el presente proyecto de memoria, se ha realizado una lectura de los antecedentes correspondientes a las publicaciones de investigaciones sobre humedales y los efectos que ha tenido la acción humana en ellos, como también los efectos que han sufrido producto del cambio climático y sus impactos asociados. De lo anterior, se ha identificado literatura descriptiva de impactos, aquellas que proponen medidas y modelos, algunas que incluso incluyen hasta análisis de futuras tendencias.

La publicación realizada por la organización Ramsar (1999), es un primer intento por abordar el tema del cambio climático en humedales, en donde se logró identificar los impactos actuales y los que se podían predecir ante distintas amenazas o por cambios en las variables climáticas a nivel global.

Además, se formulan una serie de propuestas entre organismos internacionales como la Comisión Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y la Convención sobre los Humedales, las cuales están enfocadas hacia la conservación y el uso racional de ellos.

Años más tarde, Moya et. al. (2005) profundizó aún más sobre los efectos globales esperados en humedales e introdujo el término “adaptación”, como medida para enfrentar los impactos potenciales al reconocer las vulnerabilidades de cada humedal.

Algunas otras fuentes que analizaron los impactos y medidas de adaptación a un nivel más local en Latinoamérica fueron realizadas por Iturraspe et al. (2010) en Argentina, dando a conocer la capacidad mitigadora que tienen los humedales patagónicos para absorber gases de efecto invernadero (GEI); Por otro lado, Asencio & Roa (2012) y Andrade et. al. (2013) identifican impactos antrópicos directos y como estos incrementan la vulnerabilidad en los humedales; Además, Eusse (2013), aporta con evaluaciones de su vulnerabilidad y resiliencia.

En el año 2013, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) estableció orientaciones de orden metodológico respecto del manejo de humedales en tierras con suelos húmedos y mal drenados o como cuerpos de agua artificiales, además de proporcionar una guía sobre las estimaciones de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de tierras con suelos orgánicos y minerales húmedos, y en humedales.

Por su parte, en Buenfil (2009) se proponen medidas políticas y modelos de adaptación de humedales para disminuir su vulnerabilidad frente al cambio climático. Más tarde, Figueroa & Valencia (2014) crean un modelo que considera el análisis socio ambiental de la vulnerabilidad de los humedales frente al mismo proceso global y la intervención antrópica, considerando a la población local e indígena. Retrospectivamente, en Ferrati et al. (1997) ya se había propuesto la aplicación de dos balances hídricos para un sistema de humedales, con el fin de analizar y distinguir los efectos del cambio climático y las variaciones provocadas por el fenómeno del niño (ENSO).

Alfaro et. al. (2018) realizó un análisis de las condiciones geomorfológicas y climáticas ante el cambio climático en humedales de Costa Rica, lo que dio por resultado distintas tendencias según los datos climáticos con que se trabajó, llegando a la conclusión que resulta óptimo generar proyecciones con estimaciones del clima a un nivel más local que nacional o internacional.

En cuanto al análisis multitemporal de límites en humedales, el estudio de Barrera (2011), determinó los cambios en la laguna del humedal Batuco a través de la interpretación de los registros históricos de la precipitación y como esta impactó en la variación de la superficie del humedal, además de generar tendencias de decrecimiento del humedal a partir de esa información

1.3.1 Estado ecológico

A nivel general, este concepto define como la “expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales” (Centro Nacional del Medio Ambiente del Gobierno de Chile, 2010)

En esta dirección, Corrochano (2007) complementa esta definición al señalar que el estado ecológico se evalúa “...en función de una serie de indicadores biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos y en relación con las condiciones naturales en ausencia de presiones” (p. 59).

Cabe destacar que un buen estado ecológico no presenta presiones, sin embargo, un ecosistema es susceptible a perturbaciones antrópicas que generan cambios en uno o todos sus componentes estructurales y funcionales. (Ortega et. al.,2003). Por esta razón, resulta relevante considerar el impacto de amenazas provocadas por el ser humano dentro la evaluación de este concepto.

En otro sentido, el estado ecológico abarca entre otras dimensiones, las condiciones que requieren los organismos en el ecosistemas acuático y terrestre adyacente para desarrollar sus funciones vitales, tales como crecer, reproducirse y alimentarse (Mendoza-Cariño et al., 2014)

Este concepto aún está en desarrollo y discusión debido a que existen múltiples definiciones de este (Centro Nacional del Medio Ambiente, Gobierno de Chile, 2010)

Es a nivel internacional que se encuentran gran parte de metodologías e investigaciones que abordan el estudio del estado ecológico de los humedales, siendo principalmente Estados Unidos y Australia los países que han elaborado la gran mayoría de estas. Las más conocidas son las evaluaciones rápidas o en inglés “*Rapid Assessment Method*”, de Ohio, California, Florida, entre otras, que permiten determinar el estado ecológico según las condiciones geográficas características de cada territorio en que se encuentran los humedales.

A nivel nacional no existe mucha literatura respecto a la evaluación de estado ecológico en humedales, contando solo con 3 estudios a la fecha.

El primero fue llevado a cabo el año 2006 por el Servicio agrícola y Ganadero (SAG), donde se utilizó una metodología de complejidad nivel 3 utilizada para evaluar diferentes humedales en Chile. Se analizaron criterios hidrológicos, vegetacional, de buffer, y grado de naturalidad de humedales a través de pruebas químicas, físicas y biológicas para realizar una evaluación ambiental en los humedales seleccionados con el fin de monitorearlos y proponer medidas de mitigación.

El segundo estudio trata sobre la realización de un proyecto para el SAG en 2008 que contempló la utilización de una ficha para el análisis en terreno de 3 humedales a partir de una adaptación del método de evaluación rápida de California. Los criterios evaluados en esta investigación fueron de paisaje, tamaño y condición Biótica y Abiótica, pero además intentó complementar el análisis ambiental al combinar con parámetros fisicoquímicos en la calidad de los humedales en mediciones como PH, nitratos, oxígeno, entre otros.

Finalmente, en 2019, Olivares propone un método de evaluación rápida de humedales combinando la metodología de análisis de California y Ohio, que trata de una ficha de terreno adaptada de la investigación anterior, con el fin de determinar el estado

ecológico de los humedales en Pichilemu. Los criterios evaluados corresponden a estructura física, componentes hidrológicos, estructura vegetal y amenazas antrópicas.

Para Ruza (2008) el estado ecológico se clasifica en 5 niveles y son los siguientes:

- Muy buen estado: No se perciben alteraciones antropogénicas con relación a indicadores fisicoquímicos e hidromorfológicos. Pueden existir pequeñas alteraciones, con indicadores biológicos que lo demuestren, y no se observen indicios de distorsión, o indicios sin relevancia.
- Buen estado: Los indicadores biológicos que demuestran valores bajos de distorsión por alteraciones antropogénicas, respecto de las condiciones inalteradas, pero sólo se desvían ligeramente
- Aceptable: Los indicadores biológicos demuestran un cambio moderado respecto a los valores normalmente asociados a condiciones inalteradas. Los valores demuestran signos moderados de distorsión por alteraciones antropogénicas, y se observan perturbaciones significativas en relación al buen estado ecológico.
- Deficiente: Se observan alteraciones importantes con relación a los indicadores biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos.
- Malo: Se observan alteraciones graves con relación a los indicadores biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos.

1.3.2 Calidad ambiental en humedales

La calidad ambiental de un humedal se expresa como el conjunto de características o propiedades inherentes del mismo que permite hacer comparaciones con otros humedales con el fin de hacer un paralelo en función de su estado de conservación. Existen dos maneras de evaluar la calidad ambiental de un ecosistema, una económica y otra en materia ecológica, donde esta última está dada por el mantenimiento del estado de sus procesos o dinámicas de funcionamiento (Ortega et. al.,2003). Para efectos de esta memoria de título solo se trabajará con la calidad ambiental de meramente ligada a las condiciones naturales ecológicas.

Otra definición de este concepto viene dada por el Observatorio Ambiental de la Unión Europea, que lo expresa como “*el conjunto de propiedades, elementos o variables del medio ambiente, que hacen que el sistema ambiental tenga mérito suficiente como para ser conservado*”. Vale decir, que la calidad ambiental determina la conservación de un humedal en función de sus características naturales intrínsecas como de su relación con el medio antrópico para la preservación de la biodiversidad (2010, citado en Rojas 2011).

Clasificación de las áreas de calidad ambiental de los humedales (Smith, 2011).

- Áreas con alta calidad ambiental: Corresponden a aquellas áreas donde los parches vegetales son de tamaño importante, predominando hidrológicamente en ellos la infiltración de las aguas por sobre la escorrentía. Poseen una alta aptitud de uso biológico y ofrecen servicios ambientales significativos, como

control de crecidas, hábitat de vida silvestre, recarga de acuíferos, entre otros. El contenido de humedad en el suelo oscila de alto a máximo, al igual que el verdor, que representa a la vegetación. La gran mayoría de estos terrenos no posee superficies impermeables, brindando excelentes condiciones para la vida. Se trata de aquellos sitios donde se encuentra el cuerpo de agua y sus áreas aledañas, y dónde es posible encontrar vegetación hidromórfica de juncos

- Áreas con calidad ambiental media alta: Son aquellas áreas donde tanto el contenido de humedad superficial como el verdor de la vegetación oscilan entre niveles definidos como medios a altos. Sus parches vegetales se presentan más fragmentados, con tamaños medianos a grandes; la vegetación nativa de arbustos posee algunos individuos exóticos. Corresponde a aquellos sitios que, por poseer menor contenido de humedad, cambian su constitución vegetal, manteniéndose como humedales o bien, constituyendo cobertura de vegetación dispersa. Las condiciones que brindan para la vida son buenas, variando en general su porcentaje de impermeabilización entre 0,1 a 10%
- Áreas de calidad ambiental media o moderada: Corresponden a aquellas zonas de cobertura natural fuertemente degradada o bien, donde la urbanización se ha instalado con bajas densidades de construcción. Sus parches vegetales son de pequeños a regulares, brindando servicios ambientales escasos. Los porcentajes de impermeabilización del suelo oscilan entre 10.1 y 30, pudiendo llegar hasta valores cercanos al 50%. En el primer caso presentan un medio ambiente impactado para la vida, llegando a verse degradado para estos fines en aquellos casos en que el porcentaje de impermeabilización supera el 30%. Su contenido de humedad superficial oscila entre bajo y medio, al igual que el verdor de su vegetación. Son terrenos de fácil acceso, por lo que sufren mayores alteraciones antrópicas
- Áreas de baja calidad ambiental: Coinciden con aquellos terrenos que ya han sido urbanizados con un grado de consolidación importante. Ocupados principalmente por urbanizaciones de alta densidad o predios industriales, presentan concentraciones mínimas de verdor y humedad del suelo, y sus tasas de impermeabilización superan el 50%, lo que los vuelve terrenos inhóspitos para la vida, con parches vegetales escasos, muy fragmentados en el espacio y de tamaño pequeño.

La literatura enfocada a la intervención antrópica en humedales cuenta con variados estudios, pasando de estudios con objetivos modestos como reconocer las amenazas presentes en humedales hasta investigaciones que realizan una evaluación multitemporales de la calidad ambiental y proponen medidas de mitigación y conservación.

Para el primer caso, se encuentra el estudio de Paredes en 2010 sobre la identificación y determinación de amenazas en los humedales de Valdivia y cuanta superficie abarcan utilizando Sistemas de información geográfica.

Correa et. al. (2011) señala la importancia de realizar estudios más ecosistémicos en humedales y como la falta de conservación lleva a que sean susceptibles a las actividades antrópicas que los amenazan.

En 2019 junto con el lanzamiento de la iniciativa de la ley de humedales urbanos, el MMA crea un manual de sustentabilidad para estos donde detalla todas las amenazas

antrópicas de la mayoría de los humedales en Chile, además de establecer el impacto que representan a nivel nacional en base a una extensa consulta de expertos.

En Smith (2009) se analizó la evolución multitemporal en los humedales de Concepción producto del crecimiento urbano y como esto impactó en su calidad ambiental, lo que se tradujo en una pérdida de superficie disponible por el cambio de uso de suelo, la fragmentación de los parches vegetales y la reducción o desaparición de óptimas condiciones ambientales para el desarrollo de la vida natural. Utilizó 8 criterios para ser procesados en el análisis multicriterio, desde los naturales a los que representan impactos antrópicos como la distancia a caminos y ciudades.

El concepto de Ecología del Paisaje surge en las décadas de 1930 y 1940, momento en que la escuela europea de Geógrafos y Ecólogos de la Vegetación comienzan a utilizar las fotografías aéreas para clasificar y tratar de entender los patrones espaciales de los ecosistemas terrestres, según lo señala Schreiber (1989). Forman (1995), expresa que, aparentemente, el primero en utilizar el término de Ecología de Paisajes fue Carl Troll (1939 y 1968). Desde entonces, comienzan a incorporarse nuevos elementos para enriquecer el trabajo realizado por esta nueva disciplina.

Carl Troll define ecología de paisaje como “el estudio de la red global compleja de causa efecto entre las comunidades vivientes (biocenosis) y las condiciones ambientales que prevalecen en una sección específica del paisaje” (Sukachev & Dylis, 1964). Más adelante, en el año 1979, ZONEVELD señaló que la ecología del paisaje “es un aspecto del estudio de la geografía que considera a la tierra como una entidad holística, conformada por múltiples elementos que se influyen recíprocamente”. Más recientemente, autores señalan que la Ecología del Paisaje es el, estudio de las interacciones y dinámicas entre los distintos elementos que conforman el paisaje (Pauchard *et al.*, 2006).

La Ecología del Paisaje puede ser comprendida como una disciplina perteneciente o vinculada fuertemente a la geografía, en la medida que las estructuras y funcionamientos de los ecosistemas son analizados y explicados mediante el estudio sistemático de sus formas y relaciones espaciales. Los elementos espaciales al interior del paisaje, según lo señala Forman (1995), han recibido diversas denominaciones, tales como: elementos del paisaje, ecosistemas locales, ecotopos, biotopos, biogeocenosis, geocomplejos, sitios, entre otros.

La Ecología del Paisaje se ocupa de tres aspectos fundamentales: La estructura, que consiste en el arreglo espacial de los elementos y unidades ecológicas del paisaje. La función, que está dada por la interacción entre los elementos espaciales, y el cambio, preocupándose de las alteraciones en la estructura y el funcionamiento de las unidades en el tiempo (Forman y Gordon, 1986). La Ecología del Paisaje estudia la estructura y funcionalidad de los ecosistemas mediante el análisis de sus formas e interacciones espaciales, cuyos atributos pueden ser denominados métrica del Paisaje.

Vila-Subirós *et al.* (2006) menciona que las métricas del paisaje se pueden agrupar en 5 grupos según las categorías propuestas por McGarigal y Marks, (1995); McGarigal, (2002); Botequilha *et al.*, (2006). Estas categorías corresponden a métricas de: (1) área, (2) forma, (3) ecotono y hábitat, (4) distancia y conectividad y (5) variabilidad y diversidad (citado en Rojas, 2016).

1.4 Área de estudio

El área de estudio corresponde a los humedales de Lampa y Quilicura más sus alrededores. En la primera comuna se ubica el humedal Laguna de Batuco y Puente Negro, de los cuales el primero corresponde a un cuerpo de agua y el segundo a zonas inundables.

En Quilicura, se identifica una zona palustre de humedal en el norte de la comuna. Para el MMA, se ha denominado el sistema de humedales como Quilicura, sin embargo, para la comunidad se habla como Kula kura, nombre con el cual se trabajará en esta investigación.

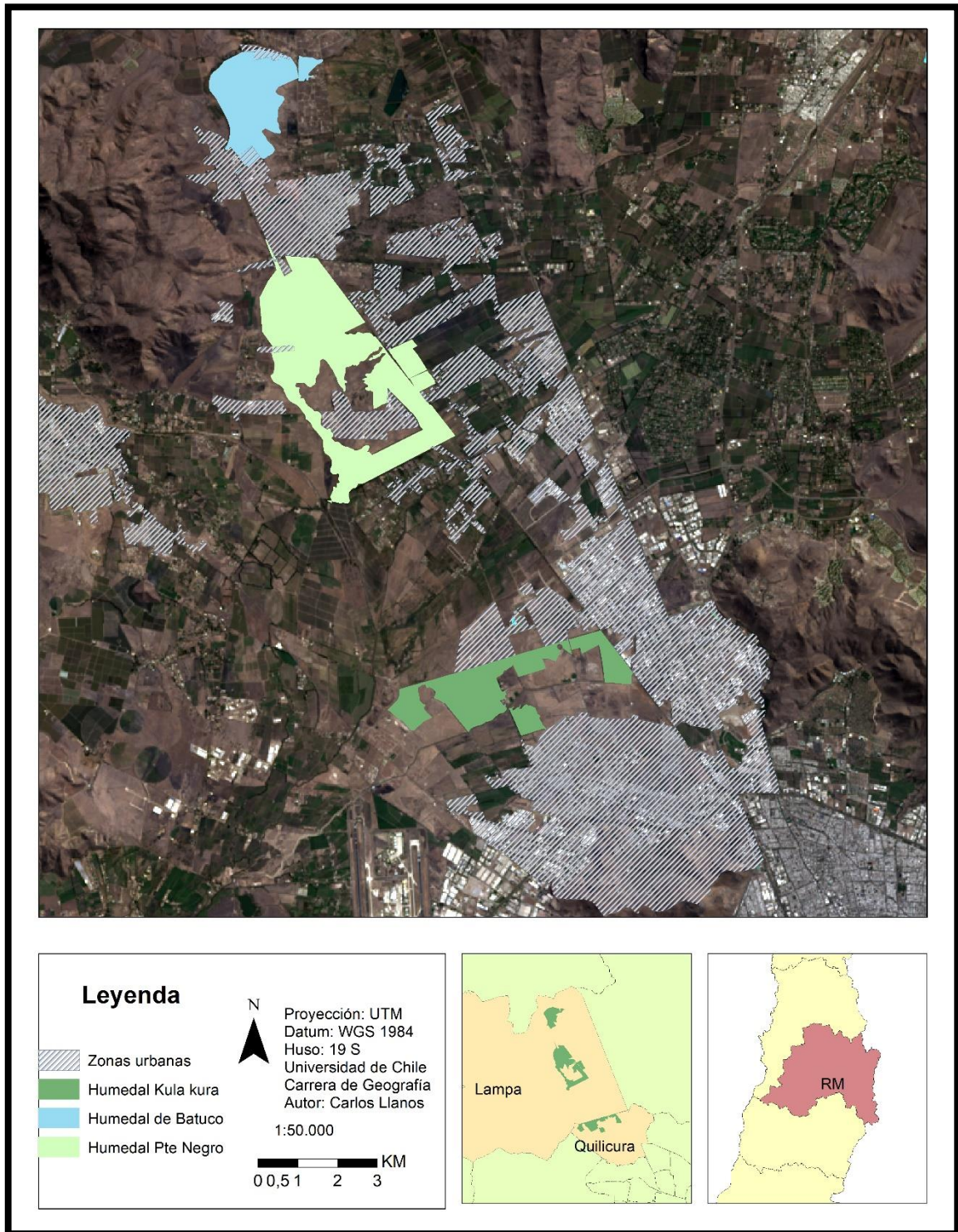
El humedal de Batuco corresponde a una zona gran zona lacustre y palustre, es uno de los más grandes espejos de agua en la región metropolitana, abarcando cerca de 288 hectáreas inundadas en invierno (Fundación San Carlos, 2018) y que además cuenta con vegetación acuática dentro de ella, la cual se caracteriza por poseer una amplia variedad de aves que llegan por migración o anidan en este sector. Se emplaza entre la zona urbana de Batuco por el este y sur y el sistema montañoso que atraviesa a la comuna en el norte y oeste.

Puente Negro es un humedal urbano con una gran extensión y se caracteriza por estar fragmentado por una carretera y por zonas residenciales, lo que hace que tenga una delimitación peculiar con un centro ocupado con viviendas. Se ubica desde el fin de la zona urbana de Batuco en el norte, la línea de tren lo limita en el este, en el oeste limita con campos agrícolas y una zona residencial y en el sur con parcelas.

Kula kura es otro humedal urbano se caracteriza por estar anegado intermitentemente durante el año, debido a la existencia de una serie de canales y un cauce principal denominado Estero las Cruces, que conecta a las zonas inundables. Se ubica en la zona inhabitada entre las viviendas de Quilicura y Valle grande en Lampa, por sur y norte, respectivamente, mientras que en el oeste con los cerrillos Lo Castro y al este limita con la línea de tren y el sector industrial Quilicura – Lampa.

En torno a estos, se cuenta con la presencia de zonas urbanas hacia el sur y el norte, correspondientes a Quilicura y Valle grande de la comuna de Lampa; hacia el este se destaca el parque industrial que comprenden ambas comunas; en el oeste hay terreno baldío junto con los cerrillos Lo Castro y entre los humedales hay loteos de viviendas y rellenos de materiales.

Figura 1: Área de estudio



Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.4.1. Geología

Según la cartografía nacional de Sernageomin (2003), en las comunas de Lampa y Quilicura predominan las formaciones en edad de Pleistoceno-Holoceno durante el cuaternario (Q1), las cuales están ubicadas en el sector del valle donde se encuentran los humedales y que corresponden a secuencias sedimentarias constituidas de depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa. Los principales aportes de sedimentos aluvo-fluviales provienen de los ríos Lampa y colina, mientras que en Quilicura participa el estero las Cruces.

Las formaciones montañosas al norte de la laguna de Batuco datan del cretácico inferior (Kia2), el cordón montañoso de Colina fecha en el oligoceno-mioceno (OM2c) y los cerros islas de Quilicura durante el cretácico (Ks3a) las que están constituidas por depósitos volcánico sedimentario.

1.4.2 Geomorfología

La geomorfología compone el área de estudio a nivel general, está emplazada dentro de la depresión intermedia en la cuenca del río Maipo, la cual está limitada por dos grandes estructuras orográficas hacia el oeste y este, correspondientes a la cordillera de la Costa y la cordillera de los Andes, respectivamente, mientras que hacia el norte se delimita por el Cordón de Chacabuco y en el sur por la Angostura de Paine.

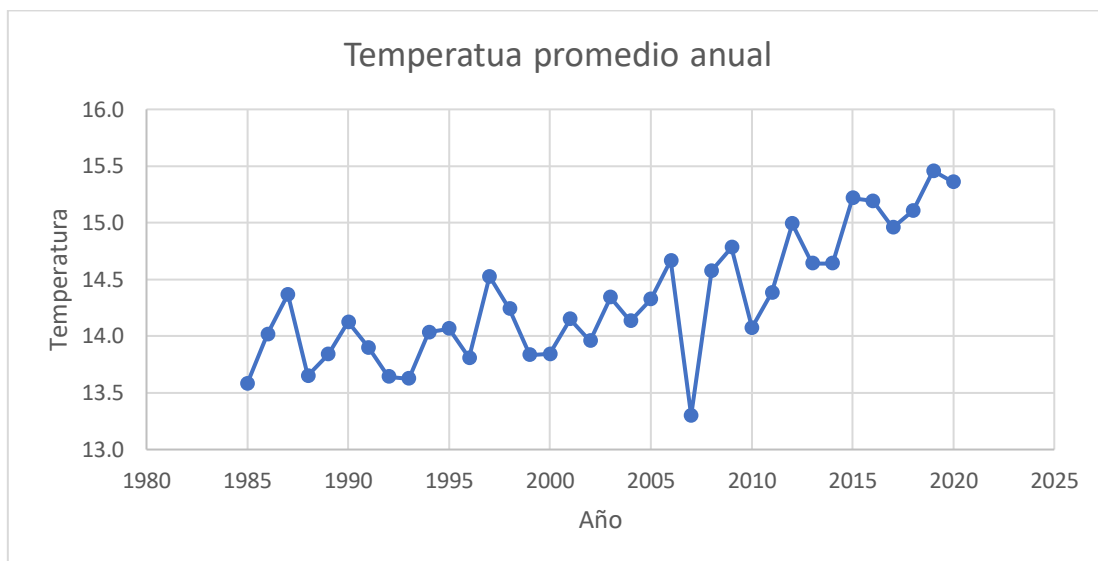
Por otro lado, se encuentra la zona de cuencas transicionales semiáridas al norte de Batuco, que se caracterizan por moldear la cuenca en donde se inserta este sector. Hacia el límite sur se encuentran los cerros islas Renca, Colorado y Punta Lo Ruiz en Quilicura, mientras que entre esta comuna y lampa se advierte la presencia de pequeñas colinas (PLADECO, 2015).

1.4.3 Climatología

La clasificación climática de Köppen – Geiger (Sarricolea et al, 2017) en el área donde están insertos los humedales estudiados, corresponde a semiárido de lluvia invernal BSk (s) para la zona del valle y mediterráneo de lluvia invernal Cbs en los sectores montañosos. Se caracteriza por tener un periodo seco en verano y con lluvioso en invierno.

La evolución de la temperatura desde 1985 muestra una tendencia al aumento sostenido hacia finales de 2020, pasando de 13,6°C a 15,8°C respectivamente. La temperatura media anual para esta estación alcanza los 14,9°C, mientras para el periodo climático 1960 – 1990 fue de 13°C. Los meses con mayor temperatura corresponden a los de la época estival, siendo enero el con mayor temperatura con 21,5, mientras los meses con menores temperaturas corresponden a los meses correspondientes a invierno, siendo la más baja en julio con 8,3 y 7,8.

Gráfico 1: Temperaturas anual promedio durante 1985 – 2020 estación Pudahuel.



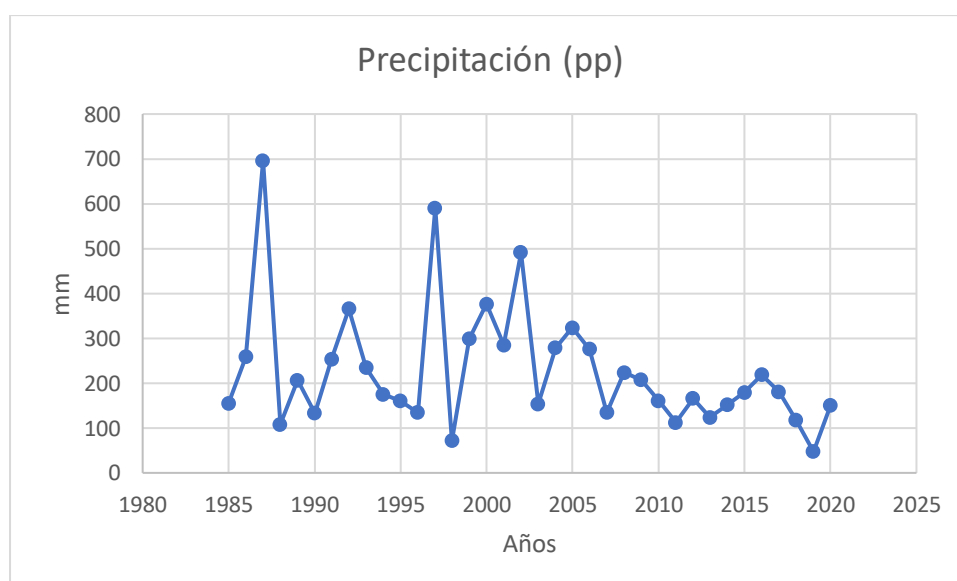
Elaboración propia (2021), en base a Dirección Meteorológica de Chile (2020).

La evolución de las precipitaciones muestra que los mayores niveles de agua acumulada corresponden a los años 1987, 1997 y 2001, mientras se aprecia una tendencia a la disminución sostenida durante del presente siglo XXI, especialmente desde el año 2010.

La precipitación media anual para la estación Pudahuel fue de 218 mm, mientras que para el periodo climático 1961 – 1990 fue de 300 mm, con lo cual se desprende que en estos últimos 30 años la precipitación ha disminuido casi 80 mm.

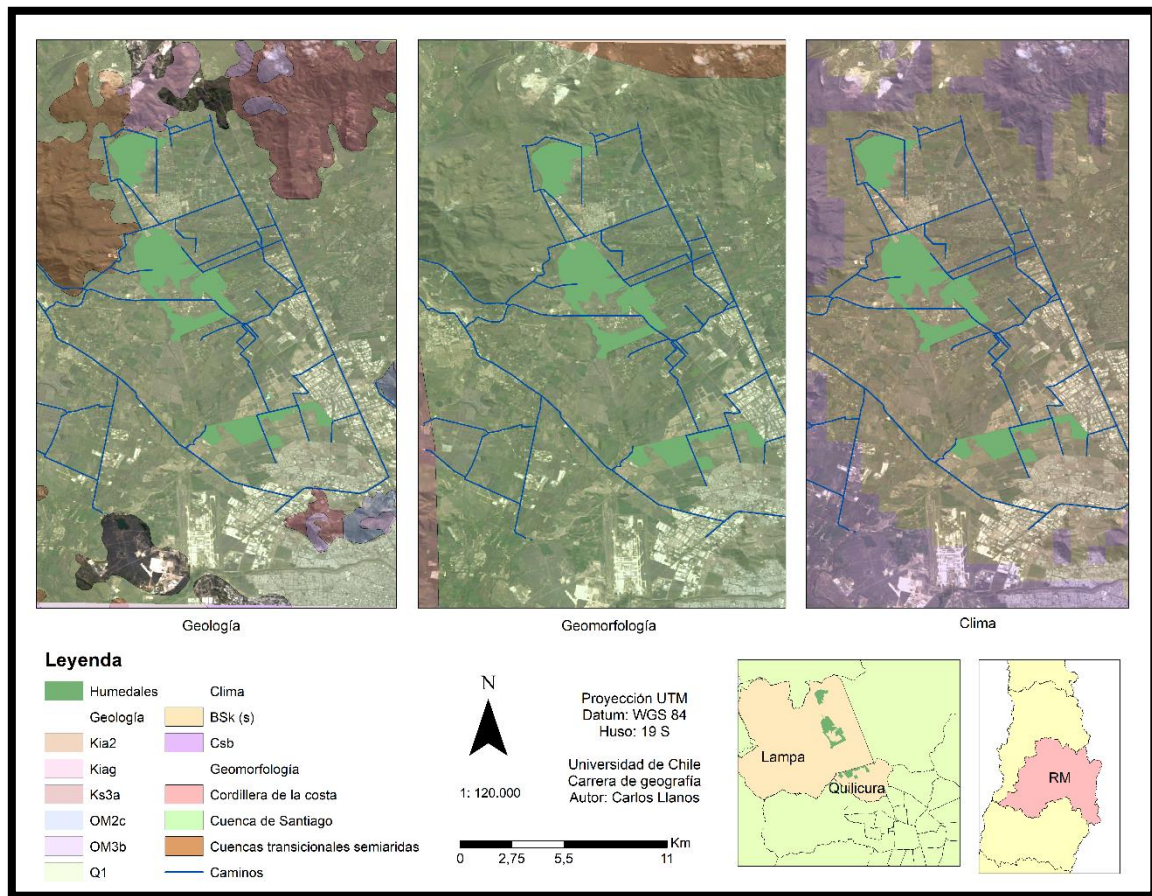
A nivel mensual, se obtiene que en verano se obtienen las menores concentraciones de agua caída, siendo enero el mes que se acerca a los 0 ml en promedio, además de resaltar los meses de octubre, noviembre y diciembre. Por otro lado, junio corresponde al mes más lluvioso con 80,7 ml caídos.

Gráfico 2: Precipitación acumulada anual durante 1985 - 2020 estación Pudahuel.



Elaboración propia (2021), en base a Dirección Meteorológica de Chile (2020).

Figura 2: Antecedentes de área de estudio: geología, geomorfología y clima.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.4.5. Fauna

Se han reconocido 157 especies de aves entre los humedales según la red de informadores Ebird (2022), donde se resalta al Siete colores (*Tachuris rubrigastra*). Por otro lado, desde años anteriores se ha detectado la presencia de la Becacina pintada (*Nycticryphes semicollaris*), ave nativa en peligro de extinción que habita solamente en los humedales de Quilicura-Lampa (Batuco) dentro de la región metropolitana.

De acuerdo con una investigación de Cuevas (2018) en el humedal Kula Kura, este cuerpo de agua posee el 22,9% de especies de aves acuáticas presentes en Chile en época estival, donde se destaca como orden más abundante los anseriformes con 1250 aves y a nivel de especies se avistó con mayor frecuencia *Anas geórgica* (pato jergón grande) y *Anas sibilatrix* (pato real), con 419 y 386 individuos respectivamente.

Otros tipos de animales presentes son el Coipo (*Myocastor Coypus*) y la culebra de cola larga (*Philodryas chamissonis*).

Tabla 1: Principales especies animales en los humedales.

<i>Tachuris Rubrigastra</i> (Siete colores)	<i>Myocastor coypus</i> (Coipo)
<i>Nycticryphes semicollaris</i> (Becacina Pintada)	<i>Philodryas Chamissonis</i> (Culebra de cola larga)
<i>Fulica Armillata</i> (Tagua)	<i>Parabuteo Unicinctus</i> (Peuco)
<i>Gallinula Melanops</i> (Taguita)	<i>Mimus Thenca</i> (Tenca)
<i>Ardea Cocoi</i> (Garza cuca)	<i>Sicalis Luteola</i> (Chirihue)
<i>Egretta Thula</i> (Garza chica)	<i>Lessonia Rufa</i> (Colegial)
<i>Leistes loyca</i> (Loica)	<i>Agelasticus thilius</i> (Trile)
<i>Vanellus Chilensis</i> (Queltehue)	<i>Athene Cunicularia</i> (Pequén)
<i>Zonotrichia Capensis</i> (Chincol)	Huairavo (<i>Nycticorax Nycticorax</i>)
<i>Tachycineta meyeri</i> (Golondrina chilena)	<i>Milvago Chimango</i> (Tiuque)
<i>Falco Sparverius</i> (Cernícalo)	<i>Anas Sibilatrix</i> (Pato Real)
<i>Leucophaeus Pipixcan</i> (Gaviota de franklin)	<i>Anas geórgica</i> (Pato jergón grande)
<i>Callipepla californica</i> (Codorniz)	

Fuente: Elaboración propia (2022), en base a Barrera (2011) y Municipalidad de Quilicura (2021).

1.4.6 Vegetación

Según Guajardo (1993), el área de estudio se inserta en la Región del matorral del bosque Esclerófilo, donde se encuentran las formaciones vegetacionales del Matorral espinoso de las Serranías y la Subregión del matorral y bosque Espinoso. La primera formación se ubica en el sector sur y este de la comuna, comprendiendo parte de la zona urbana y los cerros de la comuna, mientras que la segunda se inserta el resto de la zona residencial y la zona de inundación donde se ubican los humedales.

En la zona de la Subregión del matorral y bosque Espinoso, predomina la presencia de los arbustos espinosos, donde es posible encontrar *Acacia Caven* y *Prosopis Chilensis*. Además, se identifican arbustos suculentos o caducifolios de verano, tales como algunas especies de *Bromeliaceae* y *Cactaceae*.

Otra caracterización de la vegetación presente en la comuna es la realizada por Leubert y Pliscoff (2006) en la cual define los pisos bioclimáticos, en donde se identifican los del Bosque espinoso mediterráneo andino de *Acacia Caven* y *Baccharis Paniculata*.

Tabla 2: Principales especies vegetales en los humedales

Nativas	Introducidas
<i>Typha angustifolia</i> (Totora)	<i>Urtica dioica</i> (Ortiga)
<i>Hirschfeldia Incana</i> (Yuyo)	<i>Hordeum murinum</i> (Cebadilla)
<i>Scirpus californicus</i> (Junco)	<i>Chamaemelum nobil</i> (Manzanilla)
<i>Ludwigia peploides</i>	<i>Salix babylonica</i> (Sauce llorón)
<i>Acacia Caven</i> (Espino)	<i>Silybum marianum</i> (Cardo Mariano)
<i>Rycinus Communis</i> L. (Flor de quebrada)	<i>Patamogeton nodosus</i> (Espiga de agua)
<i>Nicotina Glauca</i> (Campanitas Gandul)	<i>Patamogeton Lucens</i>
<i>Equisetum bogotense</i> Kunth (yerba de plata)	<i>Galega officinalis</i>
<i>Baccharis linearis</i> (Romerillo)	<i>Rumex patientia</i> (Acederón)
<i>Schinus Molle</i> (Pimiento falso)	<i>Eleocharis macrostachya</i>
<i>Frankenia salina</i> (Flor del salitre)	<i>Erodium cicutarium</i>
<i>Distichlis spicata</i>	<i>Lythrum hyssopifolia</i>
<i>Eleocharis macrostachya</i>	<i>Polypogon monspeliensis</i>
<i>Cressa truxillensis</i>	<i>Hordeum murinum</i>

Fuente: Elaboración propia (2022), en base a Barrera (2011) y Municipalidad de Quilicura (2020).

1.4.7 Medio antrópico

En la zona comunal construida, se destaca el gran crecimiento de viviendas y desarrollo del área industrial durante las últimas décadas. La cantidad de viviendas para Quilicura para el año 2017 alcanzó la cifra de 62.470, mientras que en Lampa se han construido 102.034 a la fecha (INE, 2017).

La población para la comuna de Lampa en el año 2002 tenía 40.228 habitantes (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2020), mientras que para 2017 hubo un aumento de más del doble con 102.034. Al 2020 se proyectaba una población de 126.898 según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en 2017. En Quilicura la cantidad de personas alcanzó los 210.410 tiempo después que para el año 1992 existían aproximadamente 41.000 (INE, 2017).

1.5. Objetivos de investigación

1.5.1 Objetivo general

Evaluar las condiciones hidrológicas y ecosistémicas de los humedales en Quilicura – Lampa durante el periodo 1985 – 2020 y su evolución.

1.5.1.1 Objetivos específicos

- Realizar una evaluación ambiental actual del estado ecológico de los humedales.
- Analizar multitemporalmente la evolución de la superficie de los humedales a partir del año 1985 hasta 2020.
- Evaluar la calidad ambiental de los humedales a partir del año 1985 hasta 2020.

CAPÍTULO 2: MARCO METODOLÓGICO

2.1. Metodología

La metodología empleada es de carácter cuantitativo, al realizar un trabajo de gabinete con antecedentes bibliográficos escritos y gráficos, como también datos numéricos.

En la fase 1 se realizó una revisión bibliográfica y salidas a terreno a los humedales con el fin de detectar la mejor ubicación para establecer los puntos de observación utilizados para calificar el estado ecológico.

En la segunda fase se empleó el uso de un software para recopilar y tratar imágenes satelitales para obtener el NDVI de diferentes rangos de fechas para los periodos invernal y estival, para luego procesar la información en SIG para delimitar multitemporalmente los humedales.

En la última fase se realizó una evaluación multicriterio (EMC) a partir de puntajes obtenidos de una consulta de expertos para determinar la variación de la calidad ambiental a nivel multitemporal de los humedales.

2.1.1 Objetivo n°1: Estado ecológico de los humedales

El primer objetivo específico, consta de salidas a terrenos con el fin de observar y determinar las características actuales de cada humedal en distintos puntos de observación. Los atributos que se evalúan corresponden a la zona de amortiguación, hidrología, vegetación y posibles perturbaciones antrópicas presentes en cada área de evaluación, lo cual se hace basándose en la guía elaborada por Olivares (2019), correspondiente a una evaluación rápida de humedales en Pichilemu, la cual fue adaptada a la área de estudio de la presente memoria de título (ver anexo n°1)

Las áreas de evaluación fueron distribuidas en ubicaciones de cada humedal utilizando Google Earth Pro según las diferentes características visuales de vegetación y uso de suelo adyacente para comprender la diferencia de biodiversidad y las amenazas antrópicas presentes en cada lugar seleccionado (ver figura 3). Se cuenta con 4 áreas de evaluación en el humedal Batuco, 3 en Puente Negro y 4 en Kula Kura como se muestra en la tabla 3.

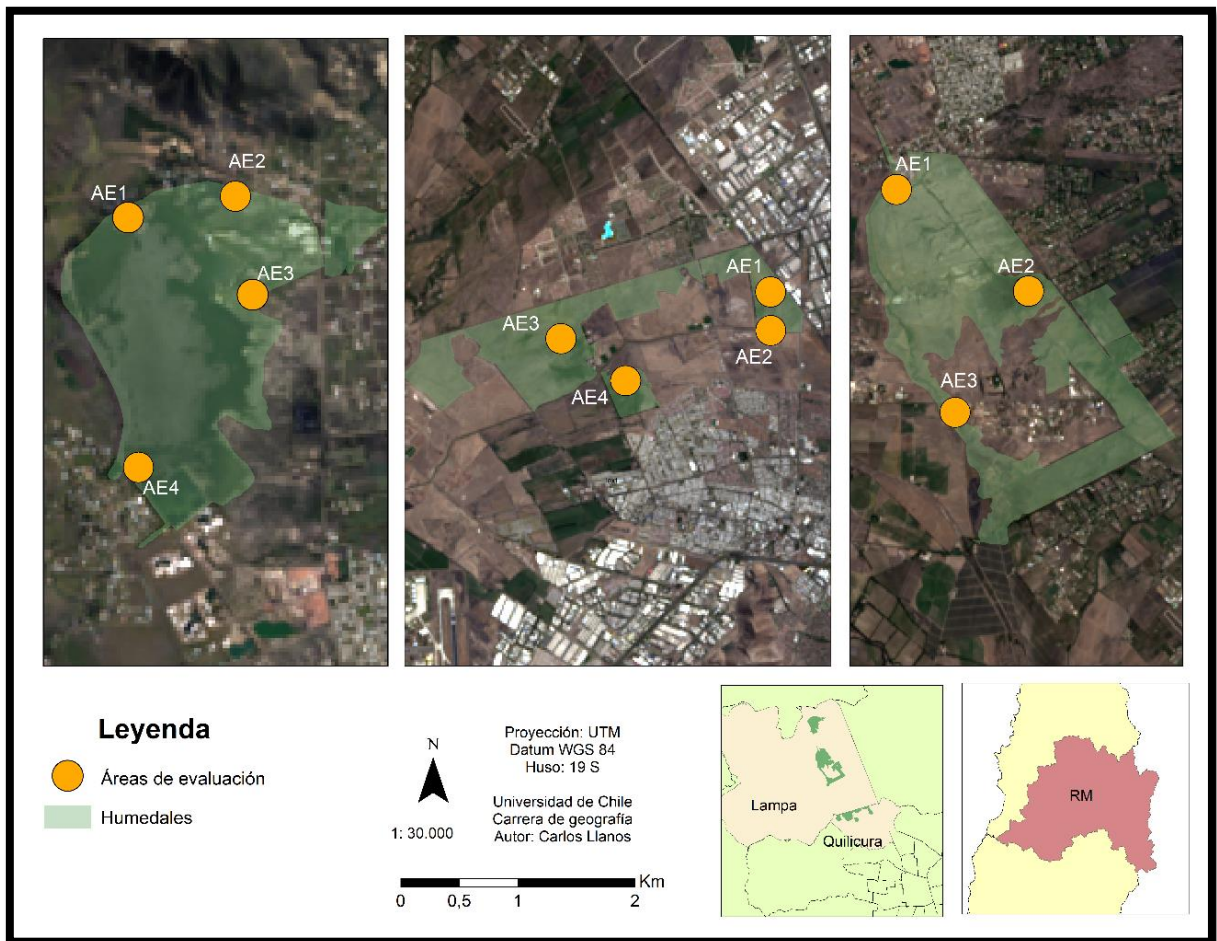
Tabla 3: Áreas de evaluación y coordenadas geográficas.

Humedal	Área de observación	Coordenadas eje x	Coordenadas eje y
Batuco	AE1	33°12'4.14"S	70°50'13.14"O
	AE2	33°11'49.29"S	70°49'47.88"O
	AE3	33°12'22.96"S	70°49'24.60"O
	AE4	33°13'5.39"S	70°50'1.89"O
Puente Negro	AE1	33°14'45.25"S	70°49'18.45"O

	AE2	33°15'43.27"S	70°47'54.45"O
	AE3	33°16'41.58"S	70°48'37.57"O
Kula kura	AE1	33°20'7.92"S	70°43'54.54"O
	AE2	33°20'23.07"S	70°44'6.81"O
	AE3	33°20'26.57"S	70°45'56.50"O
	AE4	33°20'53.44"S	70°45'23.64"O

Fuente: Elaboración propia, 2022.

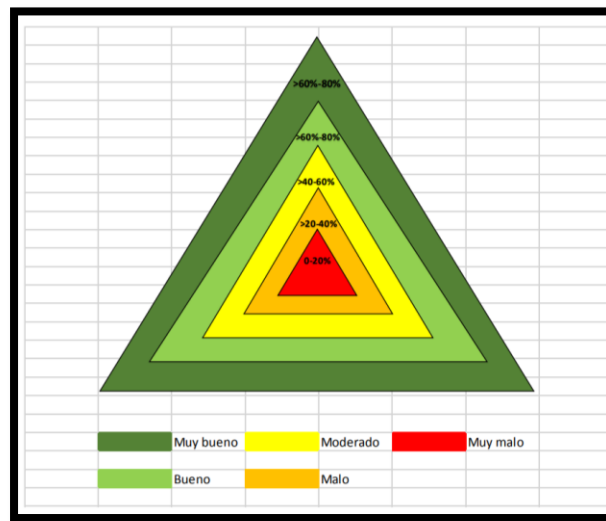
Figura 3: Humedales y áreas de evaluación



Fuente: Elaboración propia, 2022.

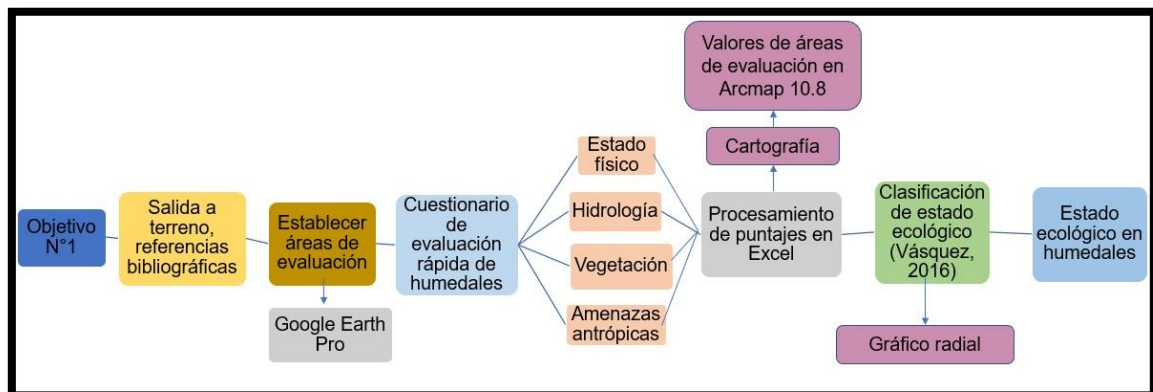
A partir de la metodología de Vázquez (2016) sobre la evaluación de resultados de estado ecológico, se transforman los valores de los puntajes obtenidos a porcentajes, teniendo como 100% el máximo de cada ítem evaluado y se elaboran gráficos de tipo radial que integren las dimensiones de Estructura física, Vegetación e Hidrología, los cuales se clasifican en 5 categorías de estado ecológico de acuerdo a los criterios establecidos en la figura n°1 Las categorías son “Muy bueno”, “bueno”, “moderado”, “malo” y “muy malo” estado ecológico (Olivares, 2019).

Gráfico 3: Evaluación de estado ecológico en porcentajes



Fuente: Olivares, 2019.

Figura 4: Esquema metodológico de primer objetivo



Fuente: Elaboración propia, 2022.

2.1.2. Objetivo n°2: Analizar multitemporalmente la evolución de la superficie de los humedales a partir del año 1985 hasta 2020.

La evaluación multitemporal se dividió por época estival e invernal, comprendiendo los tres meses correspondientes a dichas estaciones, con el objeto de observar el comportamiento interanual.

Para seleccionar los periodos de evaluación desde 1985 al 2020, se realizaron conjuntos de años en relación con los diferentes satélites que han procesado las imágenes según la época de inicio del primero hasta el que le sucede hasta llegar a Copernicus, con el fin de utilizar las mejores imágenes según la disponibilidad en internet. Se expresa de la siguiente manera:

Tabla 4: Periodos seleccionados para delimitación temporal de los humedales

Satélite	Sensor	Periodo útil	Periodos seleccionados
LANSAT 5	TM	1985 - 1999	1- 1985 - 1992 2- 1993 - 1993
LANSAT 7	TM+	2000 - 2012	1- 2000 - 2006 2- 2007 - 2012
LANSAT 8	OLI	2013 - 2015	2013 - 2015
Copernicus	Sentinel 2	2016 - 2020	2016 - 2020

Fuente: Elaboración propia.

Luego de haber seleccionado los seis periodos que se utilizaron para dividir el rango de años del estudio, se procedió a trabajar con el software Google Earth Engine, en el cual se establecieron los parámetros para seleccionar las imágenes correspondientes según las fechas y el área de investigación por medio de comandos o scripts.

Google Earth Engine es una plataforma que combina un catálogo de múltiples petabytes de imágenes satelitales y conjuntos de datos geoespaciales con capacidades de análisis a escala planetaria y está disponible para que todos puedan detectar cambios, mapear tendencias y cuantificar las diferencias en la superficie de la Tierra (Gorelik et al., 2017).

Expresión script para cálculo de NDVI en Google Earth Engine para Sentinel 2:

```
var NIR = NDVISE2.select('B8');
var RED = NDVISE2.select('B4');
var ndvi = NIR.subtract(RED).divide(NIR.add(RED))
```

En primera instancia, se indicó que las imágenes utilizadas debían de tener menos de un 30% de cobertura nubosa, para eliminar posibles errores.

Luego se indicaron las fechas a trabajar separadas según sea época estival o invernal y se configuró para que el programa hiciera un promedio de las imágenes disponibles para cada rango de años, esto con el fin de obtener valores representativos para cada periodo en vez de solo seleccionar arbitrariamente una sola imagen. Posteriormente, se ordenó al software que calculara el NDVI para cada fecha, resultando finalmente como el promedio de los NDVI para cada periodo. Se procede a descargar las 12 imágenes correspondientes.

Ejemplo de delimitación de fechas en GEE para invierno desde el 2016 al 2020

```
var verano1 = SE2.filterDate('2016-06-21','2016-09-20');
```

```
var verano2 = SE2.filterDate('2017-06-21','2017-09-20');
```

```
var verano3 = SE2.filterDate('2018-06-21','2018-09-20');
```

```
var verano4 = SE2.filterDate('2019-06-21','2019-09-20');
```

```
var verano5 = SE2.filterDate('2020-06-21','2020-09-20');
```

Para delimitar los humedales y analizar las variaciones de estos, las imágenes se procesaron en el SIG Arcgis 10.8, en donde se optó por trabajar con quiebres naturales en 5 categorías dentro de la configuración de los NDVI, siendo los mayores valores de vegetación representados por las 3 últimas categorías y los cuales se consideraron para delimitar.

Las categorías de NDVI fueron seleccionadas a partir de la reclasificación de Martínez-Menes et. al (2015) que se muestran a continuación:

Tabla 5: Reclasificación de valores NDVI

Clasificación	Valor
Nubes y agua	< 0,01
Suelo sin vegetación	0,01 - 0,1
Vegetación ligera	0,1 - 0,2
Vegetación mediana	0,2 - 0,4
Vegetación alta	> 0,4

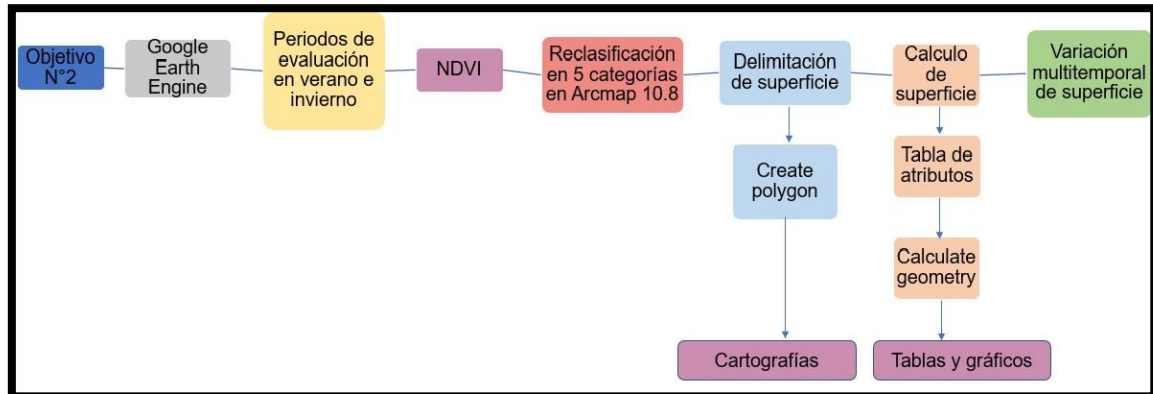
Fuente: Martínez – Menes, 2015.

Para la delimitación multitemporal, en primera instancia se tomó como referencia los límites establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente en su trabajo sobre la incorporación de humedales urbanos para el año 2020.

Posteriormente, se crearon shapefiles de polígonos para trazar las rectas que demarcan las superficies de cada humedal según las diferencias de colores de píxeles en las categorías seleccionadas y las descartadas. Se estableció delimitar tomando los bordes de los píxeles puesto que fue más fiable en vez de atravesar los píxeles, por ejemplo

Luego de haber terminado los shapefiles con los límites de cada humedal, se procedió a calcular la superficie en su tabla de atributos, para de esta forma apreciar cuantitativamente la variación provocada por las diferencias de precipitación y temperatura según la estacionalidad y con el pasar de los años hasta llegar al periodo actual de Megasequía.

Figura 5: Esquema metodológico del segundo objetivo



Fuente: Elaboración propia, 2022.

2.1.3 Objetivo n°3: Evaluar la calidad ambiental de los humedales a partir del año 1985 hasta 2020

Se utilizó como referencia el estudio de Callaway et. al (20021) citado en Smith (2011) para seleccionar criterios que puedan ser incluidas en el análisis de calidad ambiental de los humedales según la pertinencia que tengan en el área de estudio.

Las variables elegidas fueron: humedad, verdor, tasa de impermeabilización, distancia a cursos de agua, amenazas antrópicas y sequía meteorológica.

Tanto para la humedad y verdor, se utilizó la función Tasseled cap (Chuvieco, 2002), que corresponde a una transformación espectral lineal que combina 6 bandas para arrojar como resultado tres, que son el brillo, verdor y humedad.

Junto con lo anterior, se consideró utilizar 4 periodos a diferencia del primer objetivo que presentaba 6, debido a la relevancia de transformaciones espaciales en estos nuevos rangos y para simplificar el análisis, resultando así la agrupación de los periodos desde el año 2000 al 2015, que significa la exclusión del satélite Lansat 8 para trabajar solo con el 7 en este rango, como se muestra a continuación:

Tabla 6: periodos seleccionados para funciones de humedad y verdor en Tassaled cap.

Satélite	Sensor	Periodos seleccionados
LANSAT 5	TM	1- 1985 - 1992 2- 1993 - 1993
LANSAT 7	TM+	1- 2000 - 2015
Copernicus	Sentinel 2	2016 - 2020

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Para realizar el análisis de la suma de las capas de variables, se utilizó una escala del 1 al 5 en la reclasificación de cada una, donde 1 corresponde a una muy baja calidad ambiental, 2 a una baja, 3 a un valor medio, 4 a un alta y 5 una muy alta calidad o área núcleo de alta calidad ambiental.

A) Amenazas antrópicas

En primer lugar, se tomó como referencia el informe del Ministerio de Medio Ambiente (MMA) en 2020 sobre criterios de sustentabilidad de humedales, en el cual se documenta sobre las amenazas presentes en cada humedal de Chile para así poder identificar las que se encuentran en el área de estudio. Se determinaron las amenazas presentes para cada rango de años mediante información bibliográfica, archivos shapefile y fotointerpretación para las fechas anteriores a 2016-2020, mientras que para esta última se contó además con la constatación en terreno.

Una vez con los shapefile de amenazas por cada rango de años, se procede a reclasificar según el impacto que representa para los humedales del presente estudio en base al mencionado informe del MMA donde establece los valores para cada amenaza en promedios del 1 al 5 a partir de 427 encuestas a actores claves en todo Chile (Anexo N°1). De esta forma, se establecen las 5 categorías para la reclasificación, siendo el valor 1 el de mayor impacto a los humedales y el 5 el de menor (tabla 7).

Tabla 7: Reclasificación de amenazas

Amenaza	Grado de impacto	Reclasificación
Rellenos de material	5	1
Basura	5	1
Viviendas	5	1
Riles	4	2
Industrias	4	2
Recreación	3	3
Ganadería y pastoreo	3	3
Caminos	3	3
Agricultura	2	4
Corte de vegetación	1	5
Energías renovables	1	5

Fuente: Elaboración propia en base a MMA (2019)

B) Humedad

Para esta variable se utilizó la herramienta Google Earth Engine para realizar un procedimiento de descarga de imágenes similar al NDVI del primer objetivo, con la diferencia en el procesamiento espacial del área de estudio mediante el script Tassaled Cap, el que cumple la función de analizar y representar los cambios de desarrollo urbano y el comportamiento de la vegetación.

Tabla 8: valores de bandas para satélites Lansat 5, 7 y Sentinel 2 para humedad

	Azul	Verde	rojo	NIR1	SWIR1	SWIR2
Landsat 5	0.1509	0.1973	0.3279	0.3406	-0.7112	-0.4572
Landsat 7	0.2626	0.2141	0.0926	0.0656	-0.7629	-0.5388
Sentinel 2	0.1363	0.2802	0.3072	-0.0807	-0.4064	-0.5602

Fuente: Crist (1985), Huang et. al. (2002), Lamqadem et. al (2018).

Ejemplo de expresión de script en Google Earth Engine:

$VarHumedad=tcl5.expression('(b1*0.1509)+(b2*0.1973)+(b3*0.3279)+(b4*0.3406)+(b5*-0.7112)+(b7*-0.4572)'$

Para su procesamiento, se utilizó el geoprocésamiento Pertenece difusa (Fuzzy membership) del SIG Arcmap 10.8, la cual se utiliza para categorizar los valores ráster en una escala del 0 al 1, siendo los valores más bajos ubicándose cerca del cero y los más altos cercanos al 1. Para la reclasificación, se determinó dividir los valores en 5 categorías por quiebres naturales y posteriormente se realizó un promedio para cada categoría para los rangos de años seleccionados.

Tabla 9: Valores de reclasificación en humedad

Reclasificación	1	2	3	4	5
Promedio	0,391	0,661	0,732	0,779	0,894

Fuente: Elaboración propia, 2022.

C) Verdor

Utilizando la misma metodología que el criterio anterior, se cambió la expresión para cada satélite según los valores de las bandas señalados en la siguiente tabla:

Tabla 10: valores de bandas para satélites Lansat 5, 7 y Sentinel 2 para verdor

Valor por banda	Azul	Verde	rojo	NIR1	SWIR1	SWIR2
Landsat 5	-0.2848	-0.2435	-0.5436	0.7243	0.0840	-0.1800
Landsat 7	-0.334	-0.3544	-0.4556	0.6966	0.0242	-0.2630
Sentinel 2	-0.1128	-0.1680	-0.3480	0.3165	-0.4578	-0.4064

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los promedios utilizados en la reclasificación se muestran a continuación:

Tabla 11: Valores de reclasificación en humedad

Reclasificación	1	2	3	4	5
Promedio	0,274	0,59	0,659	0,722	0,874

Fuente: Elaboración propia, 2022.

D) Tasas de Impermeabilización por usos de suelo (ATIs).

Para determinar esta variable, se procedió a confeccionar el uso y cobertura de suelos del área de estudio para cada rango de año. Lo anterior fue realizado a partir de shapefile de uso de suelos, fotointerpretación en Google Earth Pro y salida a terreno para las últimas fechas, para así crear las distintas categorías de uso de suelo en base a los porcentajes de ATIs según Smith (2011) (tabla 12)

Tabla 12: Porcentaje superficie impermeabilizada

Porcentaje Superficie Impermeabilizada (%)	Usos y Coberturas del Suelo
0	Humedales, Cursos y Cuerpos de Agua
2.5	Vegetación Densa
4.5	Vegetación Dispersa
10	Espacios con poca o nula vegetación
25	Cultivos
37.6	Urbanización Baja Densidad
59	Industrial
75	Urbanización Alta Densidad
100	Aeropuertos, Autopistas

Fuente: Smith, Pamela (2008).

Para su reclasificación, se utilizó la categorización de condiciones para la vida natural según Arnold & Gibbons (1996) citado en Smith (2007) que se muestra a continuación (Tabla n°13):

Tabla 13: Relación entre porcentajes de impermeabilización y condiciones para la vida natural, con respecto a la salud de la cuenca de los paisajes

	Condiciones para la vida natural	Impermeabilización (%)
5	Excelente	0
4	Buena	0,1 a 10
3	Impactado	10,1 a 30
2	Degradado	30,1 a 50
1	Inhóspito	> 50

Fuente: Arnold & Gibbons, 1996.

E) Distancia a cursos de agua

Para obtener las capas de esta variable, se descargaron archivos shapefile de cursos de agua en IDE Chile (2020) y se realizó una documentación bibliográfica y una revisión en Google Earth pro para complementar la red hidrográfica del área de estudio. A

continuación, se utilizó el geoprocesamiento Euclidean Distance de Arcmap 10.8 para transformar el archivo shapefile a formato ráster en función de su distancia. Finalmente, se reclasificó en valores de 100 metros en las 5 categorías, siendo el rango de 0 a 100 el que presenta la mayor valoración mientras que la categoría 5 corresponde a las mayores distancias respecto a los cursos de agua.

F) Sequía meteorológica

Para determinar esta variable, se utilizó el índice de precipitación estandarizada (IPE) de Mckee (1993), la cual establece los periodos de sequía o superávit en una estación meteorológica en función de las precipitaciones en un rango de tiempo establecido y son clasificados en una escala de -2 a 2 (tabla N°). Para este estudio, se utilizó un análisis de 12 meses, es decir, cada año corresponde a un valor específico, con lo cual se promedió según los rangos de años establecidos para así tener los valores IPE deseados. Para su representación gráfica, se seleccionaron las estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio que contaran con registros de precipitaciones desde el año 1985 en adelante, las que resultaron en la estación Pudahuel, Til Til y Embalse Huechún.

Calcular el IPE, se utilizó el software R Studio, el cual mediante script de IPE, fue capaz de calcular los valores anuales de sequía o superávit pluvial por cada estación meteorológica. Una vez obtenido esos valores, se le asignaron al shapefile de puntos de las estaciones y se utilizó el geoprocesamiento Krigging para interpolar los valores en una capa ráster a través del área de estudio.

Tabla 14: índice de precipitación estandarizada.

Valor	Categoría	Reclasificación
mayor que 2	Extremadamente lluvioso	1
entre 1,5 y 2	lluvioso	2
entre 1 y 1,5	moderadamente lluvioso	3
entre 0,5 y 1	ligeramente lluvioso	4
entre 0,5 y -0,5	normal	5
entre -0,5 y -1	ligeramente seco	4
entre -1 y -1,5	moderadamente seco	3
entre -1,5 y -2	seco	2
mayor que -2	Extremadamente seco	1

Fuente: Elaboración propia en base a Mckee (1993).

Una vez obtenidas y reclasificadas las variables, se procedió a realizar encuestas a profesionales relacionados con temas de humedales donde de los cuales 8 participaron, proceso denominado consulta de expertos, preguntando sobre la preferencia en relación con la importancia de una variable sobre otra.

Para consultar lo anterior, se aplicó la escala de Saaty (1980), que es un sistema de evaluación que consta de valores que van del 1 al 9, tanto números naturales como negativos, en donde los primeros reflejan una preferencia de un criterio sobre otro y los segundos lo contrario.

Tabla 15: Escala de Saaty

Valor	Definición	Comentarios
1	Igual importancia	El criterio A es igual que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho mas importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios	

Fuente: Yepes, 2018.

Los resultados de las encuestas fueron trabajados en una matriz de comparaciones en Microsoft Excel (ver tabla 16) que permite la normalización y ponderación de los valores de cada variable, datos numéricos que permiten señalar la coherencia de las preferencias en la escala de Saaty a través de la razón de consistencia, formula que debe dar como resultado valores iguales o menor a 0,1 (Brumen & Llamazares, 2007).

Lo siguiente fue transformar las ponderaciones anteriores a porcentajes, los que fueron promediados por cada una de las personas en la consulta de expertos para determinar los valores finales de cada variable.

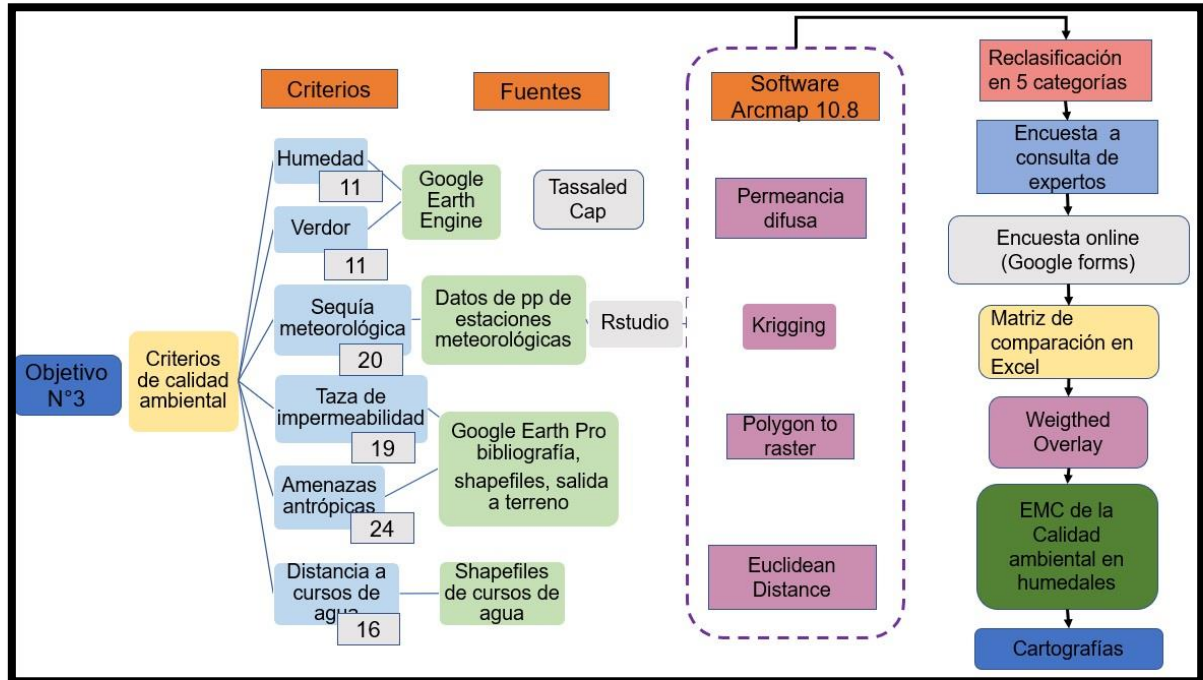
Tabla 16: Ejemplo de matriz de comparaciones.

VARIABLES	VAR-1	VAR-2	VAR-3	VAR-4	VAR-5	VAR-6	NORMALIZACIÓN	PORCENTAJE
VAR-1	1	1	1	1	1	1		
VAR-2	1	1	1	1	1	1		
VAR-3	1	1	1	1	1	1		
VAR-4	1	1	1	1	1	1		
VAR-5	1	1	1	1	1	1		
VAR-6	1	1	1	1	1	1		
Σ	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0		

Fuente: Elaboración propia en base a Basado en Grajales, Serrano & Hahn, 2013.

Finalmente, se utilizó el geoproceto Weigthed Overlay para combinar las capas ráster reclasificadas de cada criterio junto con su respectivo porcentaje resultante obtenido de la escala de Saaty para de esta forma obtener la evaluación multicriterio para los tres humedales a lo largo del tiempo.

Figura 6: Esquema metodológico del tercer objetivo específico



Fuente: Elaboración propia, 2022.

CAPITULO 3: RESULTADOS

3.1 Resultados objetivo N°1: Estado ecológico de humedales

A nivel general, el humedal Batuco es el que presenta mejor estado ecológico y también en los temas de evaluación, Kula kura un estado ecológico bueno a intermedio, mientras que Puente Negro obtiene los valores más bajos en cada componente evaluada y registra un mal estado (ver tabla n°16)

En Batuco se evidencia un menor impacto antrópico, factor que explica porque es el único que obtiene resultados de buen estado en los temas de evaluación, en especial la vegetación palustre. En tanto, en el ítem de hidrología se aprecian algunos canales secos, pero que no afectan significativamente el régimen hídrico debido a cursos de agua permanentes que alimentan al humedal. Mientras que, en estructura física, la zona de amortiguación de los puntos era ancha en los sectores menos intervenidos lo que hace que las funciones del humedal se conserven.

Kula Kura en tanto presenta dos áreas de evaluación con buen estado ecológico y las otras dos con un estado moderado, siendo la diferencia principal que tienen es la cercanía a amenazas antrópicas como los rellenos de materiales y viviendas, provocando zonas de amortiguamientos estrechos y de mala calidad. Contiene vegetación hidrófita en zonas adyacente a cursos de agua mientras que en el resto del humedal corresponde a gramíneas, cardos y vegetación de baja altura.

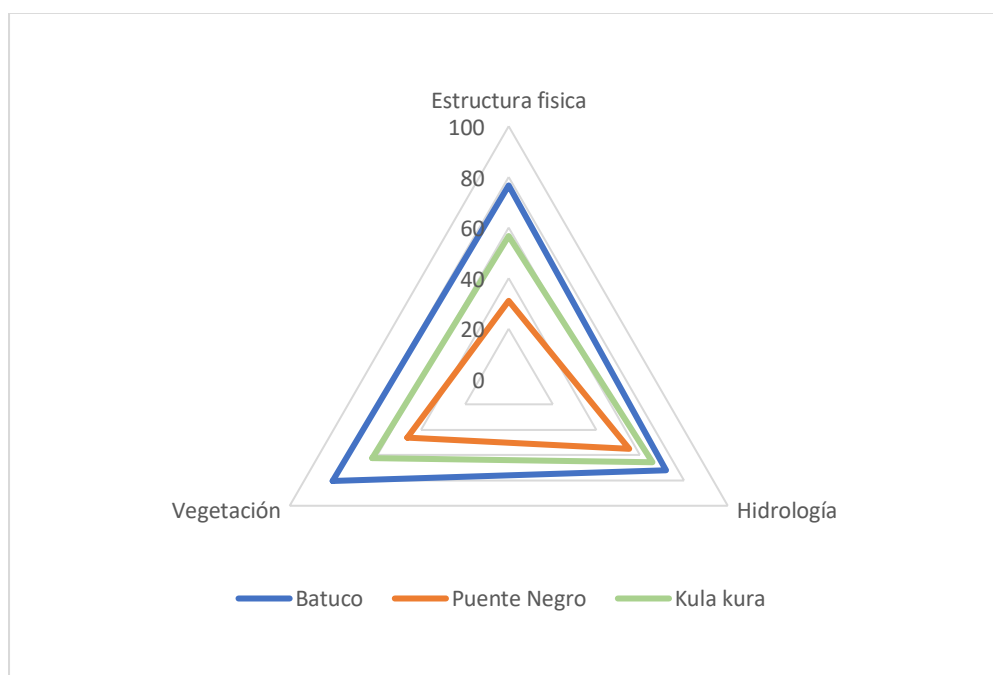
Puente Negro presenta el peor estado ecológico, donde sus áreas de evaluación corresponden a una mala, muy mala y otra de buena. La zona de amortiguación es la temática que menos puntaje obtiene el humedal debido a su mal estado y su estrechez por la poca o nula distancia caminos y amenazas antrópicas. Por otro lado, se aprecia una baja densidad vegetacional y poca variedad de especies, siendo dominado generalmente por un bosque de espinos a excepción del área de buen estado. Las condiciones hidrológicas de este humedal apuntan a un sector predominante seco con cauces intermitentes que se pueden reactivar en época invernal y un canal con caudal todo el año en el área de mejor condición.

Tabla 17: Resultados estado ecológico a nivel de humedal.

Temas de evaluación	Batuco	Puente Negro	Kula kura
Estructura física	23 (76,6%)	9,3 (24,3%)	17 (53,3%)
Hidrología	30,25 (71,8%)	22 (54%)	26,2 (51,25%)
Vegetación	24,2 (80,4%)	13,7 (42,3%)	18,7 (52,3%)
Amenazas antrópicas	-2,4	-8,2	-5,7
Total	75,5	36,8	56,2

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Gráfico 4: Porcentaje de estado ecológico por componentes



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 18: Resultados de estado ecológico por áreas de observación

Humedal	Área de observación	Estado ecológico
Batuco	AE1	Muy bueno
	AE2	Bueno
	AE3	Muy bueno
	AE4	Moderado
Puente Negro	AE1	Malo
	AE2	Bueno
	AE3	Muy malo
Kula kura	AE1	Bueno
	AE2	Moderado
	AE3	Bueno
	AE4	Moderado

Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.1.1 Humedal Batuco

Este humedal se caracteriza por poseer una gran cantidad de flora acuática, compuesta principalmente por totora y junco, donde conviven una rica diversidad de aves. Posee entradas de agua en el sector noreste, proveniente de cursos naturales y de la planta de tratamiento de aguas servidas la Candellada.

El punto N°1 de muestro se realizó dentro de la Fundación San Carlos, lugar que se caracteriza por el turismo ecológico y de conservación de la laguna de Batuco. Se aprecian elementos recreacionales como miradores que se adentran al cuerpo de agua y asientos para apreciar la vida silvestre del humedal, los cuales no afectan significativamente a la biota del sector. En esta área se encuentra la mayor parte de flora y fauna de la laguna. Presenta un gran buffer mediano de buena condición de amortiguación, compuesto por un bosque disperso de espinos.

Figura 7: Área de evaluación n °1 de humedal Batuco



Fuente: Elaboración propia, 2022.

En el siguiente punto, se aprecian condiciones similares a la anterior, debido a que se ubica más al norte en otra reserva ecológica llamada Fundación Batuco Sustentable, sin embargo, esta área presenta menor ancho de amortiguamiento y con viviendas a solo metros de la orilla de la laguna, en la cual se aprecia una calle donde entran autos y sonidos proveniente de las casas que pueden afectar a la fauna. Hay un mirador, pero en tierra firme, por lo tanto, las visitas casi no afectarían el entorno.

Figura 8: Área de evaluación n°2 de humedal Batuco



Fuente: Elaboración propia, 2022.

El punto N°3 ubicado en el área noreste de la laguna, vendría a ser el sector con menos (o casi sin) intervención del ser humano y con fuentes hidrológicas directas, por lo que representa a la zona con mejor estado ecológico del humedal. Solo se evidencia unas rejas en la zona de amortiguamiento y unos pocos animales introducidos realizando pastoreo (vacas y caballos). Este sector representa el mejor estado ecológico del humedal Batuco y se asemeja a un ecosistema natural casi inalterado, sujeto principalmente a variables ambientales y climáticos.

Figura 9: Área de evaluación n°3 de humedal Batuco



Fuente: Elaboración propia, 2022.

El último punto es el con menos atributos favorables, debido a que se ubica en el sector suroeste, próximo a la zona residencial que allí se ha instalado. Se aprecian muchas visitas humanas por la cercanía a las viviendas y hay una menor estratificación vegetal comparado con los sitios de estudio anteriores, además que en la zona de amortiguación pasan trenes por las vías ferroviarias. Hay un dique que interviene de forma significativa el curso de agua de la laguna, el cual fue instalado por la industria adyacente de cerámicas (Motadima, 2020).

Figura 10: Área de evaluación n°4 de humedal Batuco



Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.1.2 Humedal Puente Negro

Este humedal consta de 3 puntos debido a la dificultad para acceder a varios sectores debido al loteo y cercamiento de privados.

El punto N°1 se encuentra en el inicio norte del humedal, donde hay un cauce proveniente de la laguna de Batuco que es donde se concentra la mayor parte de vegetación, la cual se caracteriza por una baja cantidad de totora, especies introducidas como el cardo y otras malezas y plantas acuáticas flotantes. Se aprecia eutroficación del cauce, desechos residenciales y caballos pastando. Este lugar está terminando la zona urbana de la localidad de batuco, por lo cual el área de amortiguación es nula y las condiciones son malas debido a la cercanía y la alta afluencia de personas.

Figura 11: Área de evaluación n°1 de humedal Puente Negro



Fuente: Elaboración propia, 2022.

El siguiente punto es el que mejores condiciones posee en Puente Negro, debido a que se ubica en un área zona poco intervenida y con pequeños cauces de agua. Se aprecia una mayor cantidad de vegetación, pero con poca variedad, principalmente compuesto por totora y plantas acuáticas. Corresponde a terrenos privados que son utilizados solamente para pastoreo de ganado, por lo tanto, no suele recurrir más personas al lugar. La zona de amortiguación es corta y con condiciones de medias a medias malas debido a la cercanía inmediata de la línea del tren y la zona residencial contigua a esta.

Figura 12: Área de evaluación n°2 de humedal Puente Negro



Fuente: Elaboración propia, 2022.

El último punto corresponde al sector con peores condiciones ecosistémicas, principalmente a la planificación de la calle Cacique Colín que secciona en la mitad de lo que era este humedal y el poblamiento urbano hacia ambos lados. La vegetación es casi nula, habiendo muchos espinos, gramíneas con poco verdor y zonas donde no se aprecia flora. Este lugar depende de un cauce que proviene directamente de la laguna de Batuco pero que funciona de manera estacional, por lo que en verano el sector está prácticamente seco. El estado físico del buffer es malo dado a la cercanía inmediata con las viviendas y zonas de recreación, zonas de rellenos de material y la calle principal (cacique Colín) que es utilizada frecuentemente.

Figura 13: Área de evaluación n°3 de humedal Puente Negro



Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.1.3 Humedal Kula kura

La primera área de evaluación está ubicada en la parte este, justo en el centro donde confluyen dos canales provenientes de los cerros de Huechuraba. Este sector se caracteriza por poseer totoras a lo largo de los cursos de agua y suelos anegados de forma estacional por el régimen pluvial. Cabe destacar que los canales presentes en este sector fueron creados antrópicamente, desviándolos de su flujo natural y resultando en una zona de zanjas que atraviesan el humedal en este sector. Además, hay una especie de cañería que se ubica en la intersección de los dos canales, pero cumple su función y el agua se acumula y dispersa a zonas adyacentes. Hay prescencia de pastoreo de vacuno y escasa visitas humanas.

Figura 14: Área de evaluación n°1 de humedal Kula Kura



Fuente: Elaboración propia, 2022.

El siguiente punto se ubica al sur del anterior, donde confluye el estero formado por los 2 canales descritos junto con el estero las cruces, que es el curso de agua principal del sistema Kula kura. A orillas de este estero se aprecia la mayor cantidad de vegetación y especies de avifauna, pero también existe intervención antrópica en cuanto a una canalización del estero, basura que desechan personas y contaminación por riles industriales que hacen que el agua obtenga un color rojizo.

Aquí se presencia una menor área de amortiguamiento y la zona de relleno de materiales hacia el oeste, además de una mayor frecuencia de visitantes, actividades como ciclismo, motocross y pastoreo de animales.

Figura 15: Área de evaluación n°2 de humedal Kula Kura

A– Canal los patos

B– Estero las cruces



C- Vista área de los rellenos de material



Fuente: Elaboración propia (2022) y Puga Ortiz (2021) foto C.

El punto N°3 está ubicado en la parte este de Kula kura, donde pasa un canal permanente que proveniente de Lampa que alimenta al humedal, el cual tiene un aumento de caudal que inunda de las zonas aledañas principalmente en invierno y primavera. La vegetación presente corresponde a plantas ribereñas de baja altura y otras subacuáticas. El área de amortiguación es mediana y de buena condición, en la cual se observa una alta frecuencia de personas transitando el sector, pero sin mayor impacto

Figura 16: Área de evaluación n°3 de humedal Kula Kura



Fuente: Elaboración propia, 2022.

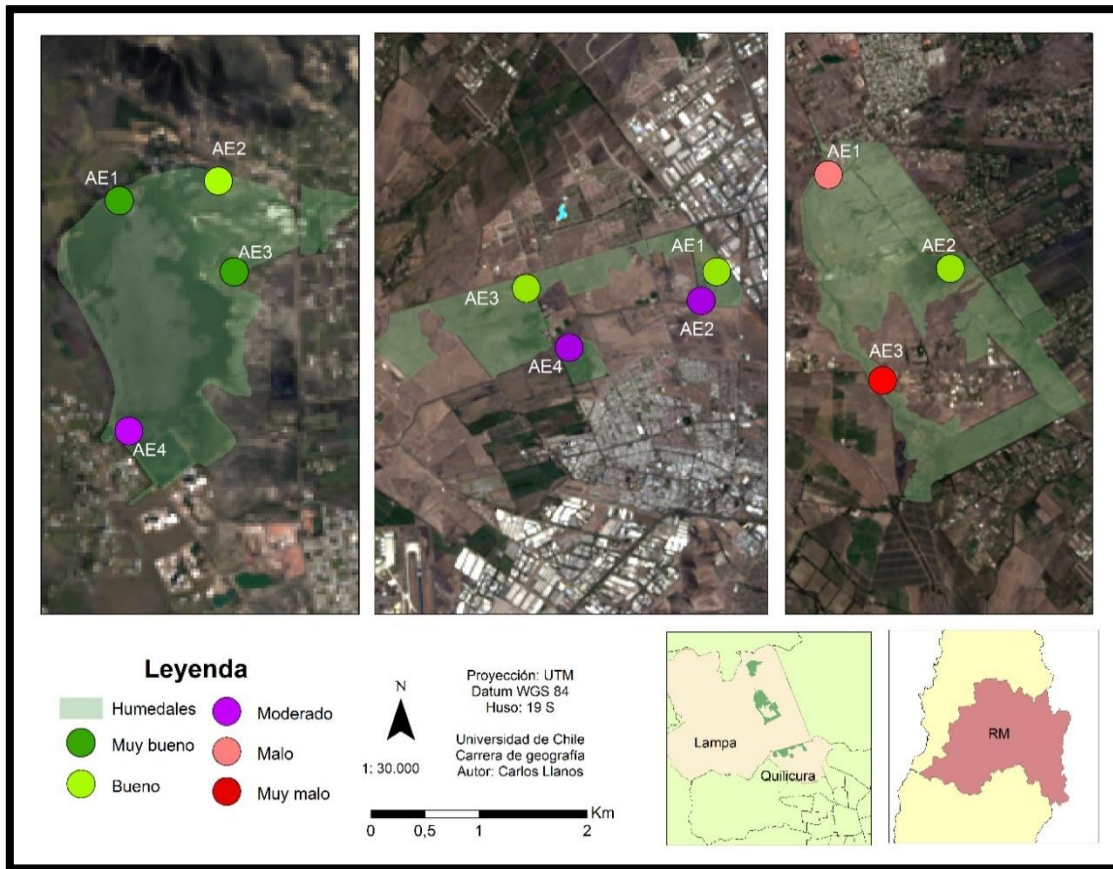
La última área de evaluación se ubica al sureste del anterior, comienza al sur del estero las Cruces y tiene un canal intermitente que atraviesa por el centro de este lugar. Está ubicado en un sector cercado y tiene una parte con vegetación silvestre mientras que otra se cultiva de maíz. Producto de lo anterior, mientras que el sector natural se seca en época estival, la parte agrícola se aprecia como siempre verde por el riego de los propietarios. En tanto la condición física, el buffer es algo estrecho y de mediana condición, ya que está próximo a una comunidad rural que posee muchos animales exóticos como gansos, burros e incluso llamas, además de ganado como vacas y caballos que hacen pastoreo intensivo, que pasan al área del humedal.

Figura 17: Área de evaluación n°4 de humedal Kula Kura



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 18: Estado ecológico en puntos de observación de humedales Batuco, Puente Negro y Kula kura



Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.2 Evolución de la superficie de los humedales entre 1985 y 2020

Los humedales de Quilicura y Lampa presentan variaciones considerables en cuanto a superficie cubierta por vegetación, humedad y/o agua respecto a la estacionalidad, siendo la época invernal el apogeo de estas condiciones, por el contrario, a la estival donde se aprecia la decadencia y la sequía en algunos sectores.

A nivel general, las superficies de los humedales del estudio han disminuido desde 1985 a la fecha, siendo puente negro el más afectado a la actualidad tanto en las épocas invernal y estival, mientras que Kula Kura presenta solo altos valores en invierno y la laguna de batuco es la más estable entre estaciones y con el paso de los años.

El humedal Kula kura es el que mayor variación ha tenido en su superficie, pasando de más de 1000 hectáreas a cerca de las 100 en invierno. Por otro lado, Puente negro mostraba una tendencia a la mantención de área vegetal para el periodo invernal, pero desde 2016 al 2020 presenta una baja significativa. Por último, la laguna de batuco tuvo una disminución respecto a los primeros años que se mantuvo hasta 2016, donde se destaca un aumento relevante del cuerpo de agua y de la vegetación lacustre.

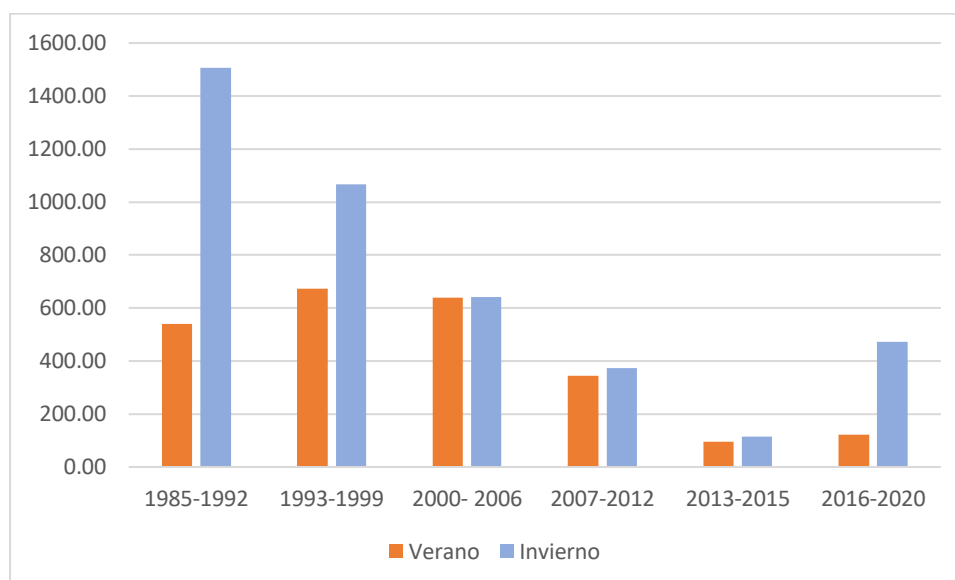
3.2.1 Kula Kura

Durante el año 1985, Quilicura casi en su totalidad correspondía a zonas de humedales, seguido de áreas agrícolas y en menor de la zona urbana y la incipiente industrial. Luego desde 1993 al 2006 el sector de industrias crece a un ritmo acelerado, expandiéndose hacia Lampa. En tanto, el negocio inmobiliario se desarrolla de forma exponencial desde el periodo 2000 – 2006, doblando la cantidad de habitantes y transformando gran parte del uso de suelo agrícola y de humedal colindantes en áreas residenciales.

Por otro lado, desde el año 2007 se aprecia el crecimiento de grandes sectores de relleno de materiales en el sector del humedal, desechos que son generados en su mayoría por desperdicios de la construcción de viviendas y que pasa a transformarse en una amenaza activa en Kula Kura, secando y dejando infértiles los suelos húmedos que eran parte del sistema palustre.

Desde el año 2012 solo se aprecia el resultado de todas las transformaciones urbana/industrial, sumado la baja general de precipitaciones y el alta en temperatura asociado al fenómeno de la Megasequía.

Gráfico 5: Variación de superficie en hectáreas en humedal Kula Kura



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 19: Variación de superficie en hectáreas en humedal Kula Kura

Años	Verano	Invierno
1985-1992	540,18	1507,07
1993-1999	673,52	1067,31
2000-2006	639,64	641,93
2007-2012	345,10	372,43
2013-2015	95,13	114,04
2016-2020	121,18	471,15

Fuente: Elaboración propia, 2022.

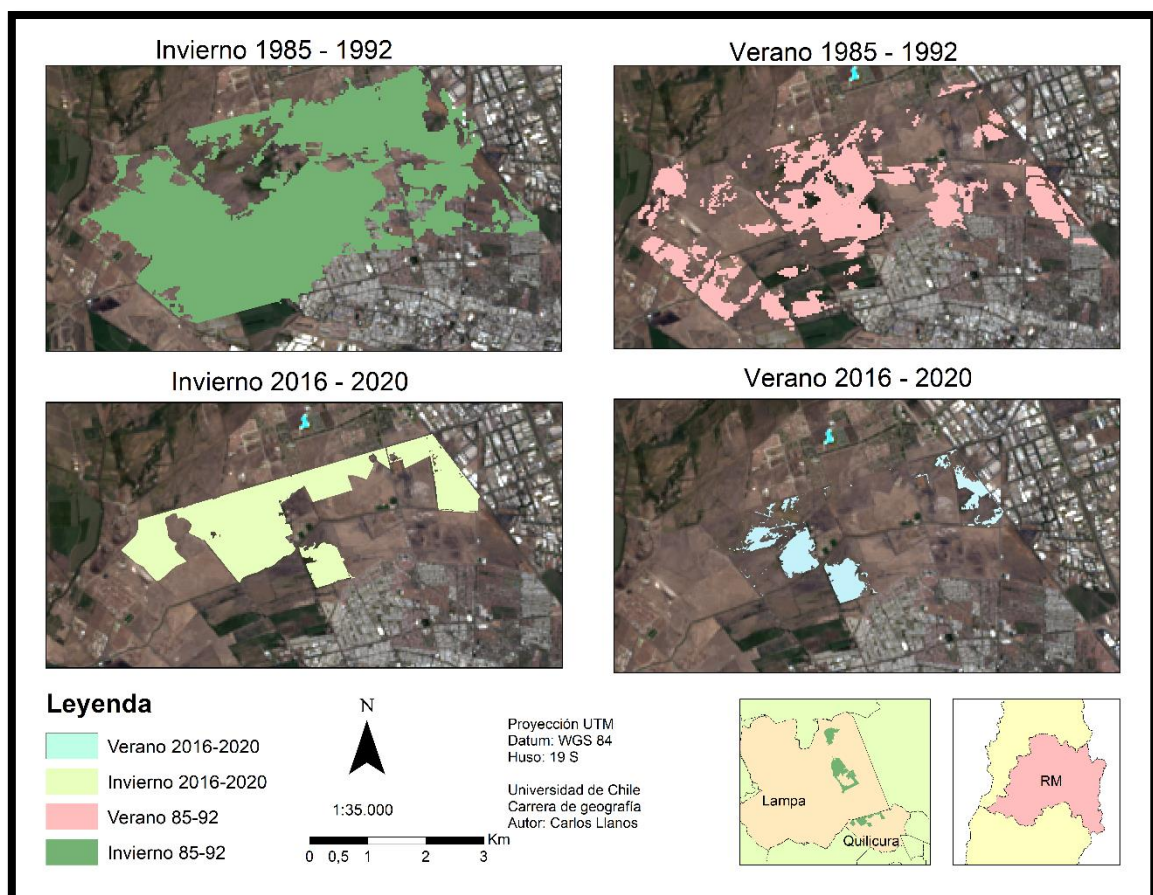
Este humedal contaba con una gran extensión en siglo pasado, con más de 1000 hectáreas en la época de invierno, siendo el rango 1985 a 1992 el más próspero en cuanto a superficie ocupada con vegetación palustre, con 1204.

Desde el año 2007 se comenzó a reducir considerablemente la superficie del humedal producto de los rellenos de material de inmobiliarias, principalmente.

Durante la última década se ha apreciado el crecimiento más bajo de vegetación que se relaciona con incremento de la temperatura y la disminución promedio la precipitación, siendo los años 2013 a 2015 el periodo en donde más se ha visto el declive de Kula Kura.

Sin embargo, desde el 2016 se aprecia un aumento considerable de la superficie cubierta por vegetación especialmente en invierno, pasando de los 114 del 2015 a 471 hectáreas a la actualidad. Por otro lado, cabe destacar que el crecimiento vegetal ocupa casi toda el área disponible del humedal debido a que la capacidad máxima es de 489 hectáreas, es decir, este periodo el humedal estuvo un 96% cubierto por vegetación.

Figura 19: Evolución multitemporal de humedal Kula kura



Fuente: Elaboración propia (2022).

3.2.2 Puente Negro

Durante los primeros años desde 1985, se aprecian sectores agrícolas a los alrededores del humedal, hacia el norte colinda con la zona urbana de Batuco y ya se evidencia la fragmentación por la calle Cacique Colín y el asentamiento en sus bordes que se estaba generando.

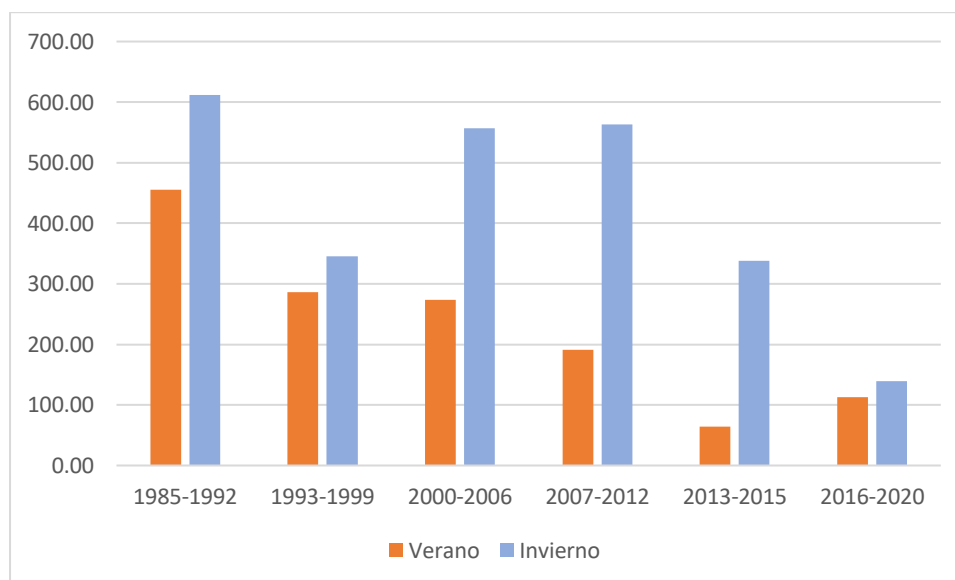
Desde el año 2000 hacia adelante, uso de suelo agrícola comienza a ser reemplazado con viviendas en el sector oriente del humedal y en la continuación oeste de la calle Cacique colín.

Desde 2006 hasta 2015 se evidencia la construcción de un grupo de viviendas en el sector noroeste del humedal, lugar por donde pasa un curso de agua y que ocupa un total de 31 hectáreas. Además, durante ese mismo periodo se construye una zona residencial al norte del sistema palustre, ocupando otras 10 hectáreas.

Más tarde, en el año 2019 un loteo llamado Lampa Spa afecta 40 hectáreas al intentar construir ilícitamente en el sector suroeste de este humedal sin finalizar sus obras debido a denuncias, pero trajo como consecuencias el relleno del suelo, escombros de construcción y operaciones y maquinaria que afectan a la biodiversidad alrededor de este proyecto (Superintendencia del Medio Ambiente, 2021).

A la fecha final de evaluación, el tamaño de este humedal ha sido intervenido y reducido por la construcción de viviendas y los rellenos de materiales, donde los primeros han ocupado 214 hectáreas y los últimos 22 aproximadamente.

Gráfico 6: Variación de superficie en hectáreas en humedal Puente Negro



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 20: Variación de superficie en hectáreas en humedal Puente Negro

Años	Verano	Invierno
1985-1992	455,69	611,35
1993-1999	286,38	345,55
2000-2006	273,13	556,50
2007-2012	191,22	563,34
2013-2015	63,80	337,74
2016-2020	112,78	138,81

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Durante el rango de 1985 a 1992, este humedal presentó su máxima superficie tanto en verano como en invierno respecto a los años futuros, representando 455 y 611 hectáreas, respectivamente.

Para ser un humedal palustre, no varió demasiado en sus límites respecto al de Quilicura, puesto que ya existían residencias dentro de su área.

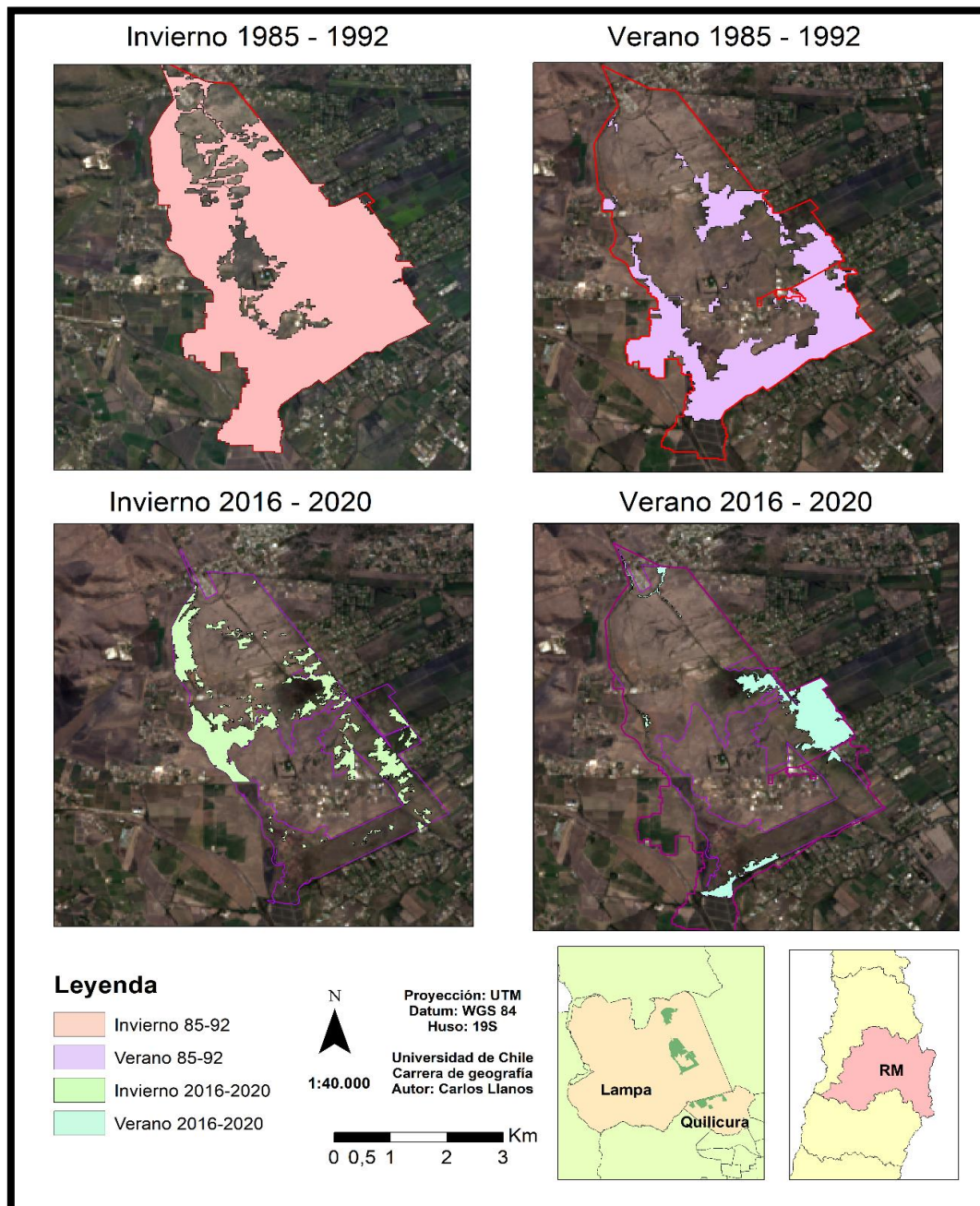
Durante 1993 al 1999, hubo una baja respecto a los años anteriores y los posteriores, fenómeno que se puede explicar por un drástico descenso de las precipitaciones.

Del año 2000 al 2012, se aprecia una superficie relativamente estable en invierno, de más de 550 hectáreas, pero se acrecienta la desigualdad respecto con la época estival.

Adicionalmente, desde el año 2013 al 2015, se aprecia una fuerte disminución, llegando a valores más bajo que para el periodo desde 1993 con 337,74 hectáreas, mientras el área en verano es la más reducida en todo el periodo de análisis, con 63 hectáreas.

Finalmente, en los últimos años se ha casi igualado la superficie vegetacional tanto en época invernal como estival, con 138 y 112 hectáreas, respectivamente. Hubo una baja significativa respecto a los años anteriores para la época de invierno, siendo la época con más baja superficie.

Figura 20: Evolución multitemporal de humedal Puente Negro



Fuente: Elaboración propia (2022).

3.2.3 Humedal Batuco

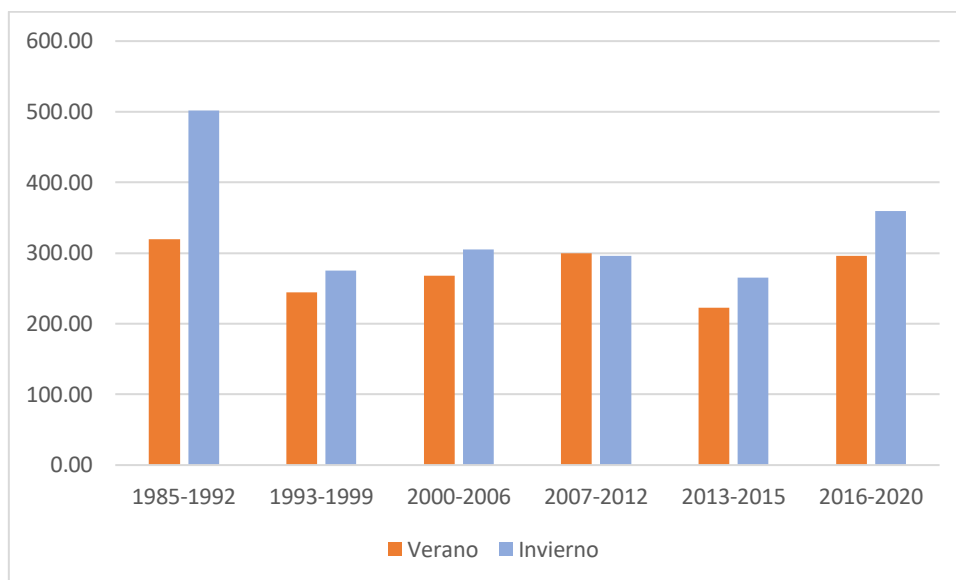
A principios de 1985 y hasta 1992, el cuerpo de agua de Batuco se extendía a más de 500 hectáreas, llegando a casi conectarse con el humedal Puente Negro por su parte sur.

Desde 1993 en adelante, el sector industrial llegó a ocupar gran parte de la parte sur del lago y haciendo uso de sus aguas, lo que se tradujo en una disminución considerable

de superficie de 142 hectáreas del total de humedal, mientras que la vegetación cubrió menos de 300 tanto en verano como en invierno.

A partir del 2000 se comienza a construir viviendas contiguas al sector suroeste de la laguna y en 2015 hay loteos en la zona norte del humedal.

Gráfico 7: Variación de superficie en hectáreas en humedal Puente Negro



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 21: Variación de superficie en hectáreas en humedal Puente Negro

Años	Verano	Invierno
1985-1992	319,64	502,04
1993-1999	244,51	275,10
2000-2006	267,86	304,90
2007-2012	299,62	295,94
2013-2015	222,26	265,55
2016-2020	295,94	359,56

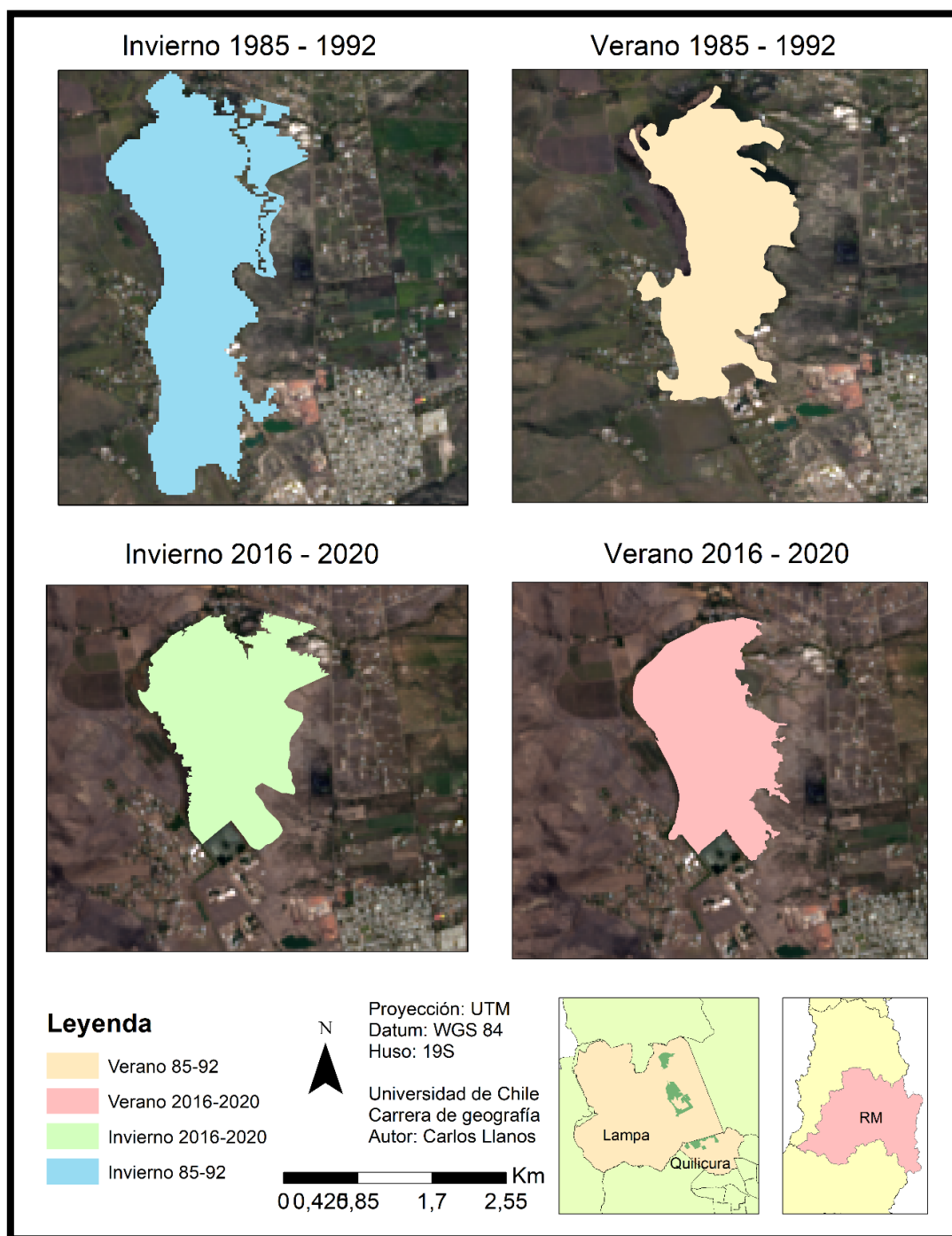
Fuente: Elaboración propia, 2022.

La cantidad de vegetación que cubría el Batuco fue de 319 hectáreas mientras que para invierno 502, que representan los valores más altos de superficie del humedal durante la investigación.

Los años posteriores hasta 1999, fue el periodo de menor superficie del humedal, con 244 para la época estival y de 275 para la invernal, la más baja hasta la actualidad.

A nivel general, se aprecia un leve descenso desde el año 2007 al 2015 tanto para la época invernal como la estival, pero en el último periodo se aprecia un aumento significativo en invierno sostenido incluso llegando a 359 hectáreas y uno leve en verano con 295.

Figura 21: Evolución multitemporal de humedal Batuco



Fuente: Elaboración propia (2022).

3.3 Evaluación de la calidad ambiental a partir de 1985 hasta la actualidad

Obteniendo las puntuaciones de la escala de Saaty por cada participante, se verificó la consistencia de sus respuestas y se procedió a calcular el promedio final de cada criterio, dando como resultado la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 22: Resultados encuesta a consulta de expertos.

Criterios	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Experto 6	Experto 7	Experto 8	Promedio
Humedad	10,10	15,88	8,78	10,82	10,47	11,74	9,34	12,10	11,15
Verdor	10,43	11,49	6,09	12,11	10,75	14,20	8,54	13,19	10,85
Impermeabilidad	15,10	22,34	34,98	12,00	12,16	14,87	20,71	19,45	18,95
D. cursos de agua	16,20	15,59	19,68	12,95	17,64	11,82	13,90	17,92	15,71
Amenazas	25,74	20,37	13,32	29,38	29,99	23,62	28,95	19,32	23,84
Sequía	22,44	14,33	17,16	22,74	18,99	23,76	19,56	19,23	19,78

Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionadas por los expertos consultados, 2022.

Dado a que la herramienta Weigthed Overlay trabaja solo con números enteros, se procedió a aproximar los valores la eliminar decimales, quedando como resultado los siguientes porcentajes:

Tabla 23: Porcentajes de criterios para ponderarlos en Weigthed Overlay

Criterios	Peso de los criterios (%)
Humedad	11
Verdor	11
Impermeabilización	19
Dist. cursos de agua	16
Amenazas	24
Sequía	20

Fuente: Elaboración propia, 2022.

A partir de lo anterior, se concluye que el criterio de amenazas antrópicas (24%) corresponde al que mayor relevancia posee dentro del estudio según los especialistas, mientras que en segundo lugar se encuentra la sequía meteorológica (20%) seguido de cerca de la tasa de impermeabilización (19%). Las variables que menos valoración tuvieron fueron la humedad y el verdor vegetal (11% cada una).

Las amenazas antrópicas comprenden cualquier perturbación humana que impacte negativamente a los humedales, siendo el criterio que más influencia tuvo sobre los otros debido por abarcar una amplia categoría de acciones, por su capacidad de degradar rápidamente y la ocupación del uso de suelo que suelen ser irreversible, como la expansión urbana o el relleno de los cuerpos palustres.

La sequía meteorológica dentro del índice de precipitación estandarizada responde a un fenómeno climático evidenciado por el déficit de agua lluvia que afecta al balance hídrico que forma parte del sistema de los humedales. Tiene la segunda mayor prioridad entre los criterios tratados debido a su influencia sobre las características naturales de estos ecosistemas palustres y puede estar relacionada con la humedad y el verdor vegetal, razón por la cual posiblemente los expertos les dieron menor valoración a estas dos últimas variables.

Con respecto al análisis de evolución del criterio amenazas antrópicas en los humedales, para el año 1985 las amenazas que existían desde antes de esa fecha y hasta 1992,

consistían en solo 3 categorías que eran los campos agrícolas, las zonas urbanas y los caminos principales hacia estas.

Kura kura se encontraba adyacentes solamente a las zonas agrícolas, la que bordeaba al humedal y estaba entre la urbe. Puente negro estaba rodeado de zonas agrícolas al este y oeste y en el norte ya estaba próximo a la zona urbana de Batuco. Mientras que el humedal Batuco tenía una zona agrícola al noroeste y menos de 1 kilómetro el área urbana con su mismo nombre, además está próximo a una planta de tratamiento de aguas servidas que vierte sus aguas en los cauces que alimentan al humedal.

Para el año 1993 al 1999, se evidencia la llegada y consolidación de la industrialización en el sector norte de la capital, que se inserta principalmente al este de Quilicura y Lampa, mientras en esta última comuna además cuenta con la instalación de las industrias al sur del humedal Batuco. Por otro lado, el área urbana va ganando terreno, lo que se observa en Quilicura que va desplazando el uso de suelo agrícola y comienza adentrarse en territorio del humedal Kula Kura.

La expansión urbana es evidente desde el año 2000, la que va ocupando gran parte del área de estudio en todas direcciones junto con la construcción de calles, al igual que la agricultura que llega a instarse a otros sectores.

En el humedal de Batuco se establece un nuevo sector urbano hacia el suroeste y volverse turístico llega mayor presencia humana y áreas de entretenimiento.

Puente Negro se ve mayormente intervenido por el inminente crecimiento urbano del área urbana de Batuco y el asentamiento urbano en su interior, además de presentar pastoreo y estar cercano a vertederos.

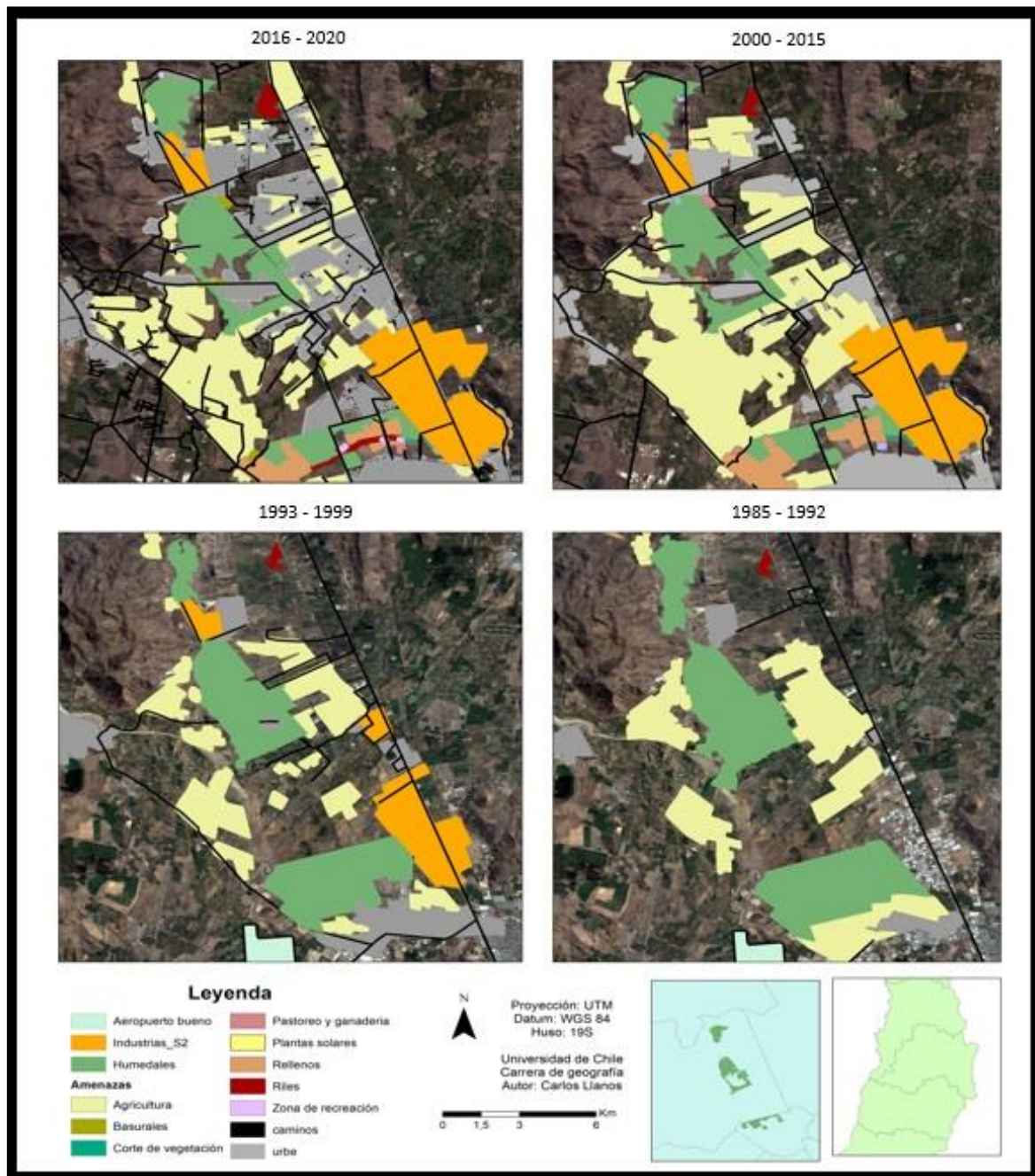
Kula kura se ve fuertemente impactado principalmente por el relleno de materiales de construcción, que cambia radicalmente el área de humedal, mientras que la zona urbana aumentó considerablemente del siglo pasado.

Para el último periodo comprendido entre 2016 a 2020, el panorama para los tres humedales va empeorando en diversas formas, pero siendo el crecimiento urbano el que mayor influencia tiene todos los casos. En el norte de Batuco se advierte la instalación de un asentamiento urbano producto de loteos en área del humedal.

El asentamiento urbano en el centro de Puente negro sigue en aumento, mientras que aparecen rellenos de material y vertederos.

Al norte de Kula Kura el área urbana está en plena expansión, mientras al sur las viviendas se instalan de manera mas lenta. En la zona oeste se aprueban proyectos de energía renovables. Entre la zona de relleno de materiales aparecen zonas de entretenimiento de cachas de fútbol, tenis y una pista de bicicletas.

Figura 22: Evolución multitemporal de amenazas antrópicas



Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.3.1 Calidad ambiental período 1985-1995

Para el periodo 1985-1992, tanto como Kula kura, Puente Negro y Batuco presentan áreas de muy alta calidad ambiental, siendo generalmente la categoría que mayor presencia tiene a diferencia de Kula Kura, donde predomina la categoría siguiente. La categoría alta se ubica adyacente de la anterior en cada humedal y compone casi todo el resto de la superficie.

Tabla 24: Superficies por categorías de calidad ambiental en humedales periodo 1985-1992.

Calidad ambiental	Muy alta	alta	media	baja
Batuco	404,58	165,63	11,03	0
Puente negro	1158,75	535,81	50,53	49,43
Kula kura	859,25	915,67	137,43	0

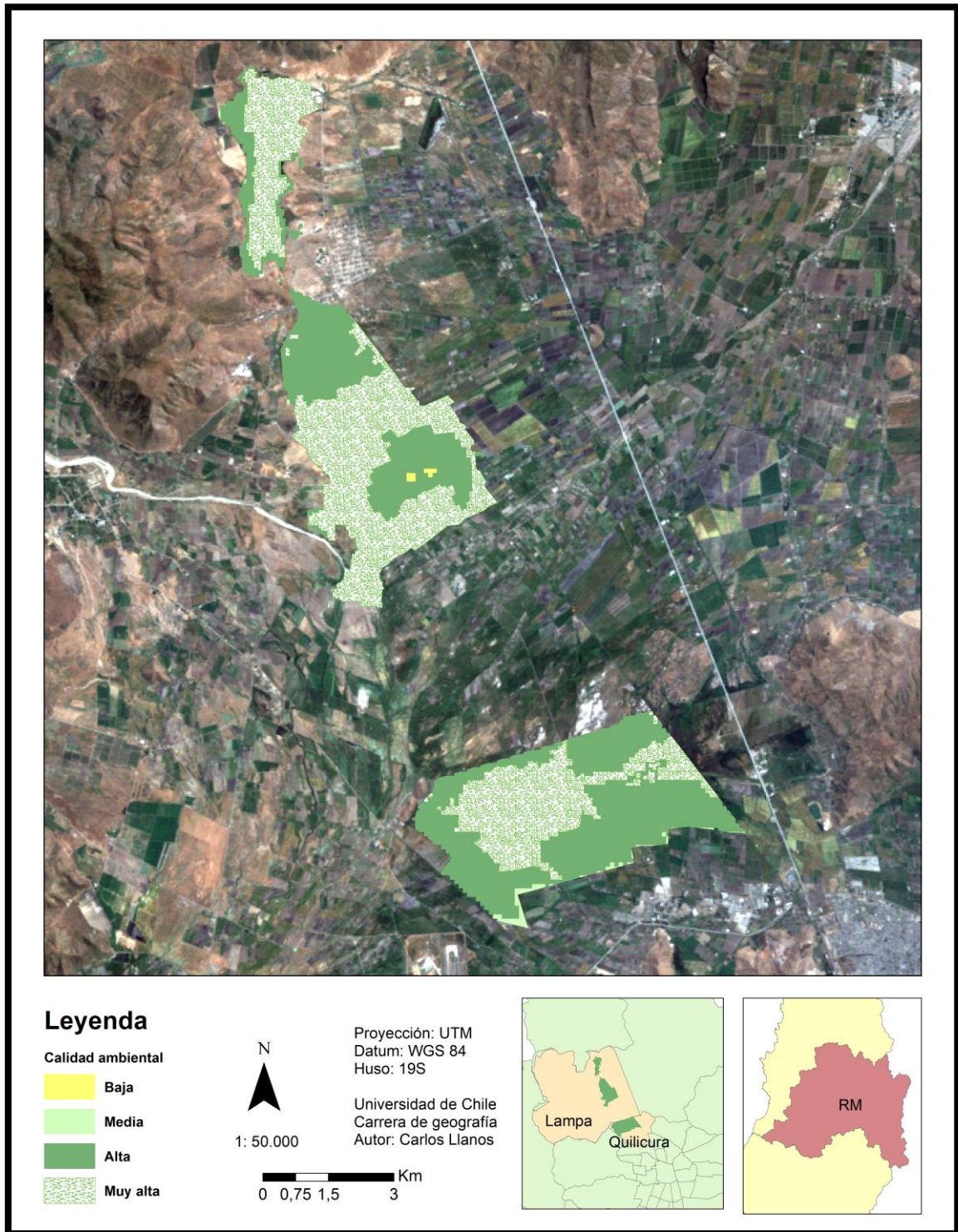
Fuente: Elaboración propia, 2022.

En Kula kura se encuentran 3 categorías, muy alta, alta y media, donde la primera ocupó el centro del humedal con cerca del 45% y bordeando esta se ubica la de alta calidad representando un 47%, superando por poco a la muy alta calidad ambiental, mientras que la media se presenta en el borde sur debido a la cercanía de cultivos agrícolas y urbanización dispersa.

Para Puente Negro gran parte del área corresponde a muy alta calidad, ocupando un 64,57% que se ubica en el centro del humedal, mientras que el sector norte y por dentro de esta área contiene parches de alta calidad con un cerca de un 30%, que a su vez está bordeando una zona de media y baja calidad correspondiente a un pequeño asentamiento urbano en la calle Cacique Colin, la cual fragmenta a este humedal, pero no representa mayor amenaza, y que representan un 2,8 y 2,75 respectivamente.

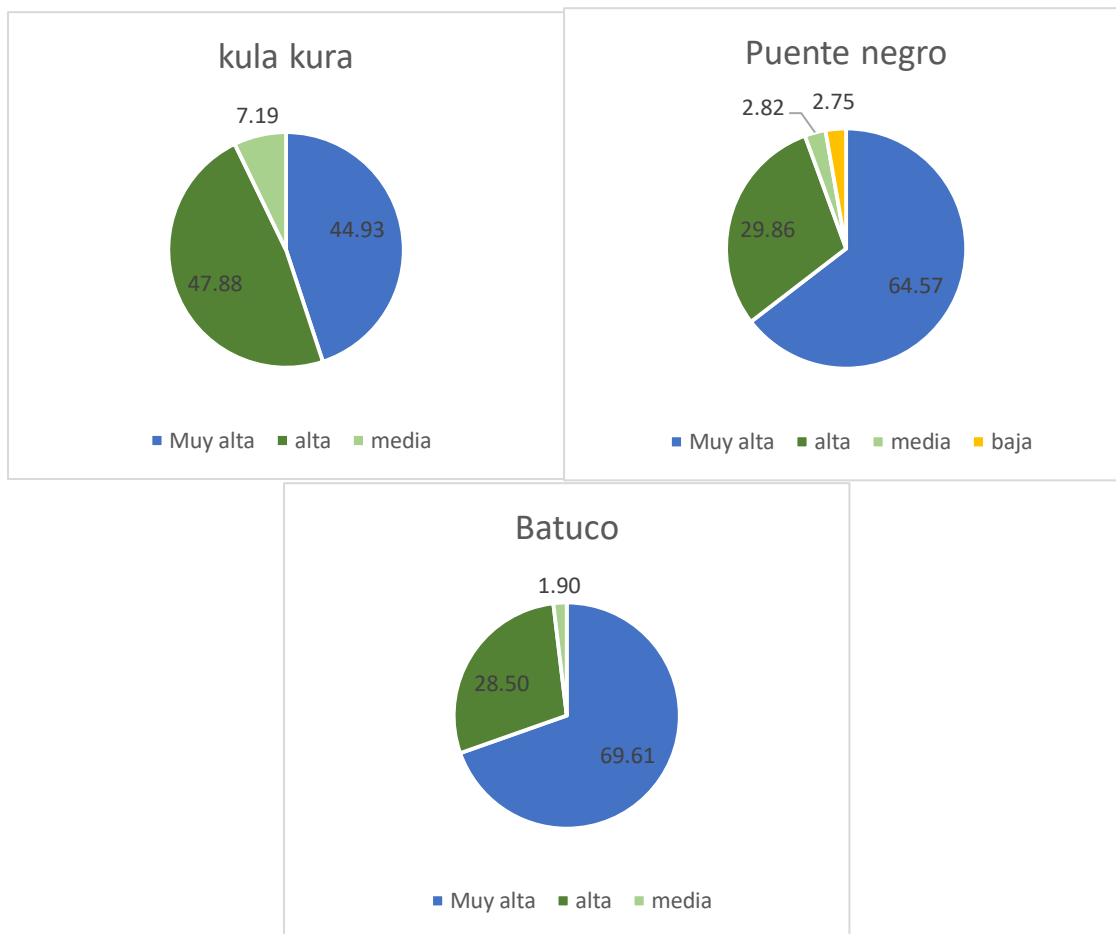
Para el humedal Batuco, se aprecia con un 69,61% que la mayoría del área corresponde a una calidad muy alta que se ubica desde el centro al límite este de todo el humedal, mientras que el resto se ubica en el borde oeste comprendiendo la alta calidad (28,5%) y un pequeño sector se clasifica como calidad media.

Figura 23: Calidad ambiental para periodo 1985-1992



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Gráfico 8: Porcentaje de superficie de calidad ambiental en humedales periodo 1985-1992.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.3.2 Calidad ambiental período 1993-1999.

Para esta época, los tres humedales presentan cambios de sus categorías al reducirse considerablemente sus áreas de muy alta calidad a la vez que va aumentando la de media y la baja, y apareciendo la muy baja a medida que la expansión urbana comienza a avanzar a las áreas de los humedales.

Tabla 25: Superficies por categorías de calidad ambiental en humedales periodo 1993-1999.

Calidad ambiental	Muy alta	alta	media	baja	muy baja
Batuco	239,54	120,07	176,65	44,99	0
Puente negro	507,00	1084,05	117,25	86,24	28,63
Kula kura	392,15	985,63	479,11	55,47	0

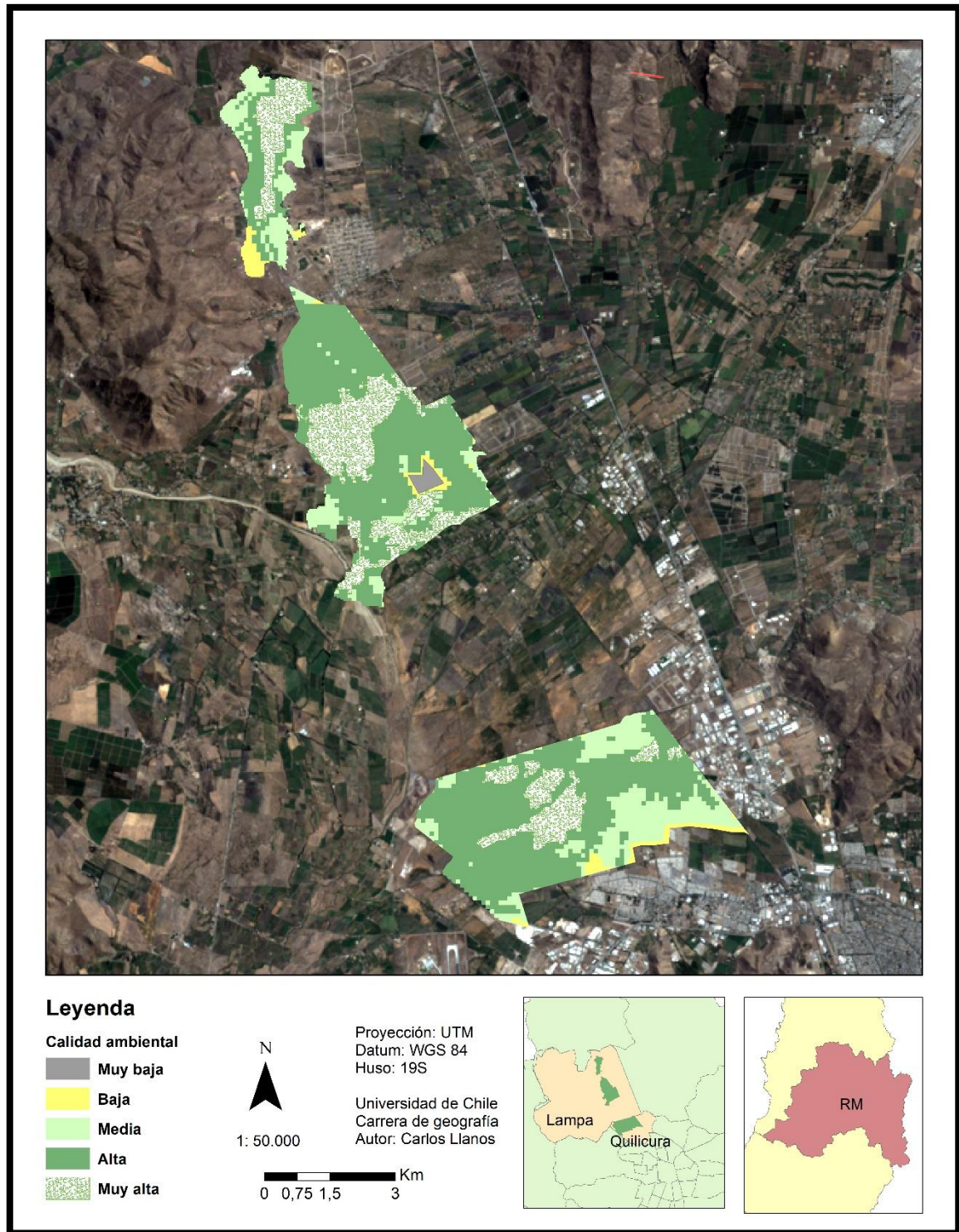
Fuente: Elaboración propia, 2022.

Para Batuco, se presenta un cambio de calidad alrededor de las zonas con muy alta calidad ambiental del periodo pasado, quedando con más de 41% del área total del humedal, en donde parte de su superficie es reemplazada por la categoría de alta calidad en todos sus bordes, pasando a ubicarse al centro de esta última con 20% aproximadamente, sin embargo, la muy alta calidad sigue siendo la categoría predominante. La mediana está contigua a la de alta calidad en la zona norte y este, y representa una gran superficie de más del 30%, mientras la baja calidad ambiental se ubica en la zona sur del área del humedal en donde se instalan las industrias con un 7,74%.

En Kula kura la baja calidad se presenta en el sur por donde comienza a expandirse una incipiente zona urbana de Quilicura con apenas un 2,9%, la alta calidad continúa siendo la que mayor superficie abarca (51,54%), pero comienza a ser reemplazada por la calidad media con un 25,1%. El área de muy alta calidad ambiental disminuye considerablemente comparado al periodo anterior, de 859,25 hectáreas a 392,15 (44,5% a 20,5%) y se fragmenta en varios parches en la zona oeste y dos en la zona este.

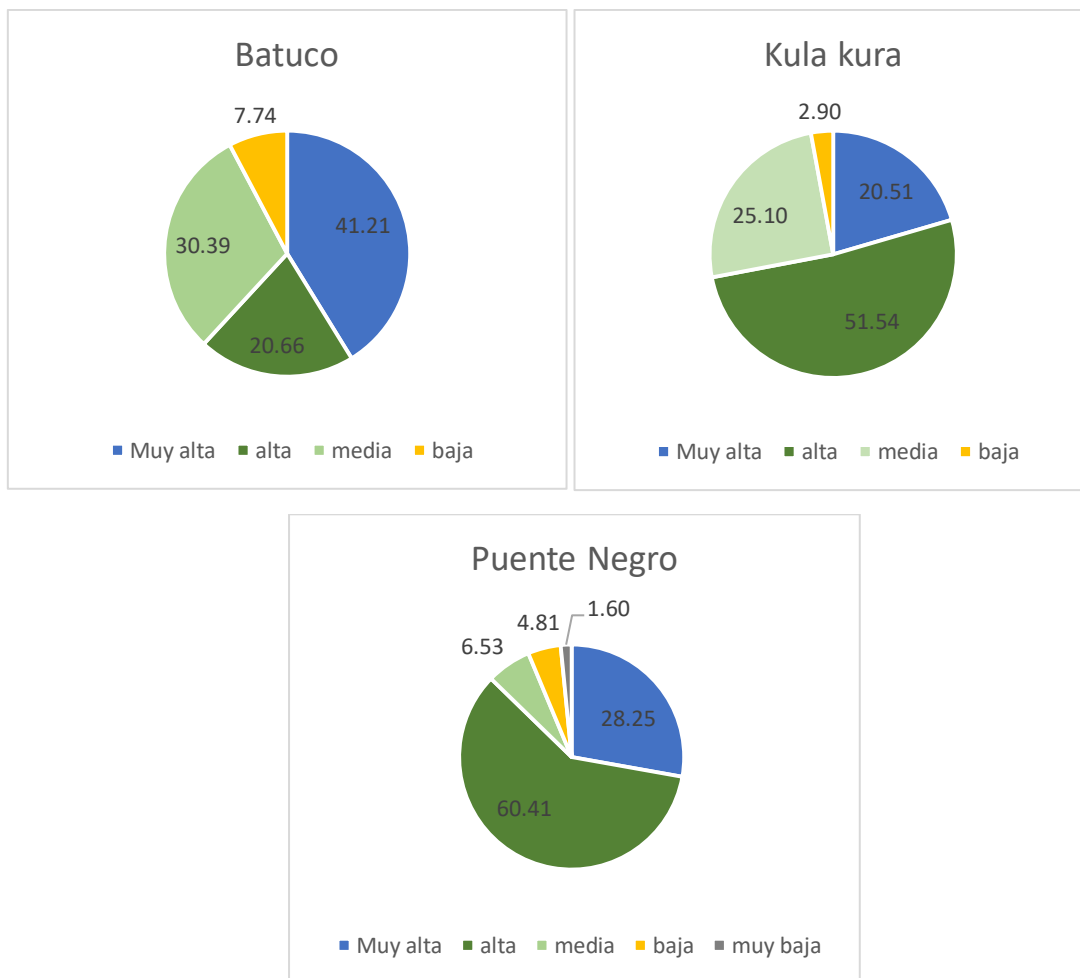
El área de muy alta calidad en Puente Negro pasa a representar el 28,25% al fragmentarse en 2 grandes parches, uno en la zona norte y otro en la sur divididos por la alta calidad, representada ahora con más del 60% al reemplazar superficie de la anterior categoría por el centro y el este, mientras en el oeste aparece la media con un 6,53%. El asentamiento ubicado en el centro del humedal se expande y pasa a presentar una muy baja calidad ambiental, rodeado de una zona de baja calidad hacia los bordes, con un 4,81% y 1,6% respectivamente.

Figura 24: Calidad ambiental para periodo 1993 – 1999.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Gráfico 9: Porcentaje de superficie de calidad ambiental en humedales periodo 1993 – 1999.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.3.3 Calidad ambiental período 2000-2015

En este periodo comprendido desde 2000 hasta 2015, las áreas de muy alta calidad han disminuido drásticamente, al punto de reducirse a superficies mínimas o de desaparecer. Las áreas de valores bajas y muy bajas continúan aumentando a medida de la alta y media van perdiendo terreno.

Tabla 26: Superficies por categorías de calidad ambiental en humedales periodo 2000 - 2015

Calidad ambiental	Muy alta	alta	media	baja	muy baja
Batuco	269,99	100,44	45,54	72,09	93,17
Puente negro	31,81	398,44	1157,56	78,54	128,18
Kula kura	9,57	501,85	702,40	315,53	383,00

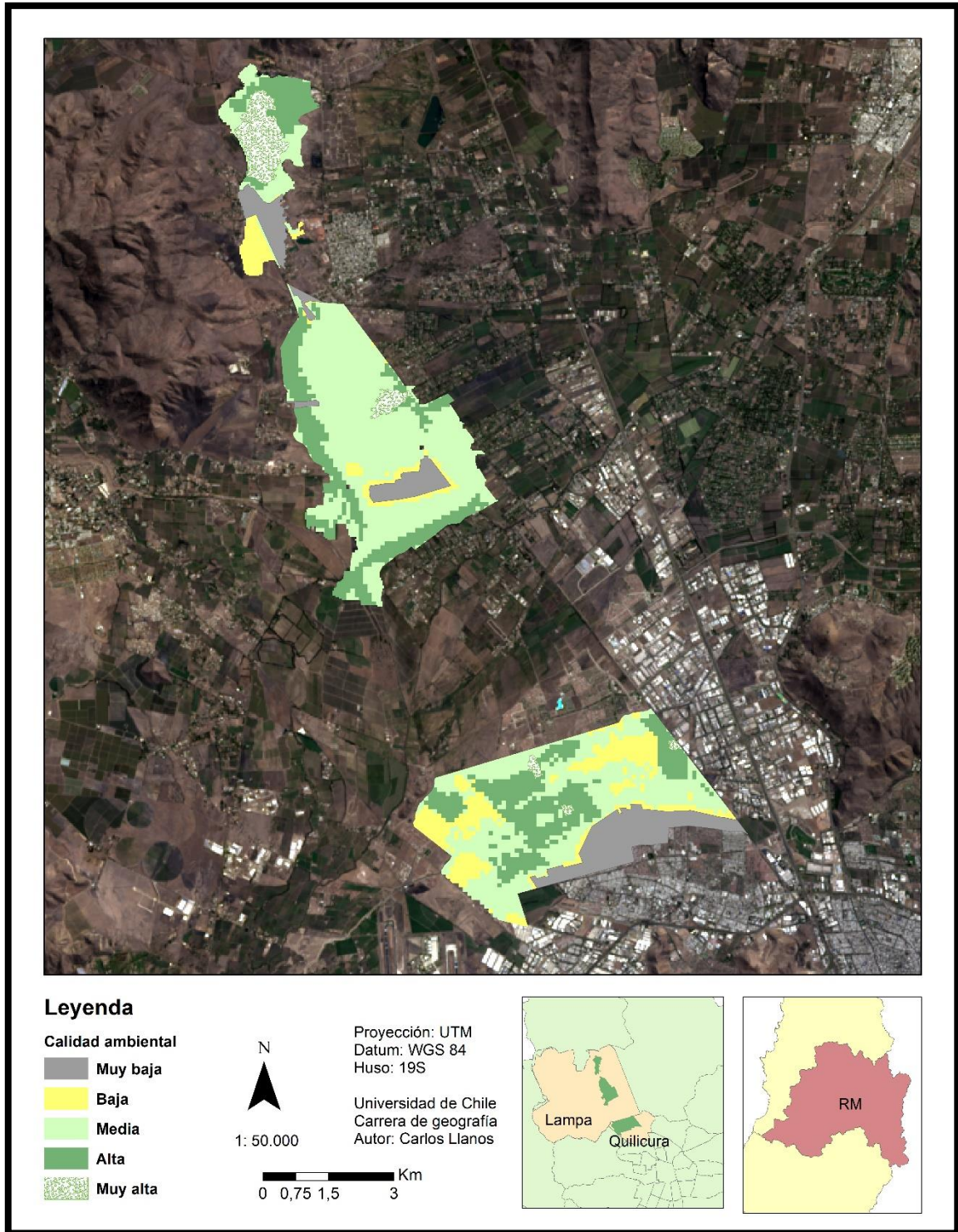
Fuente: Elaboración propia, 2022.

En Puente Negro continua el crecimiento del área de muy baja calidad en donde se ubica el asentamiento urbano de la calle Cacique Colin, mientras que en la zona norte la zona urbana de Batuco se expande hacia este humedal y en el noroeste hay una calle con un pequeño asentamiento de urbanización dispersa, lo que en total representa un 6%. La categoría de calidad media ocupa la mayoría del humedal con un 64,5%, mientras que la alta calidad se limita a los bordes y las áreas de mejores condiciones ocupan solamente un muy reducido espacio en la zona centro oeste, representando solo un 2,58%.

En el humedal Batuco se aprecia un fuerte aumento de la muy baja calidad ambiental en la zona sur, donde se establece el sector industrial y con esto el humedal reduce su superficie casi en la mitad y de manera irreversible, pasando de 581 hectáreas a 430 disponibles, es decir un 74% aproximadamente del límite original desde 1985. Hacia el suroeste se advierte la aparición de superficies con baja calidad debido a la proximidad de la expansión urbana en ese sector, mientras que las áreas de calidad alta y media se limitan a bordear el remanente de muy alta calidad que se emplaza en la mayoría de lo que quedó del humedal, con un 17,28 y un 7,84 respectivamente.

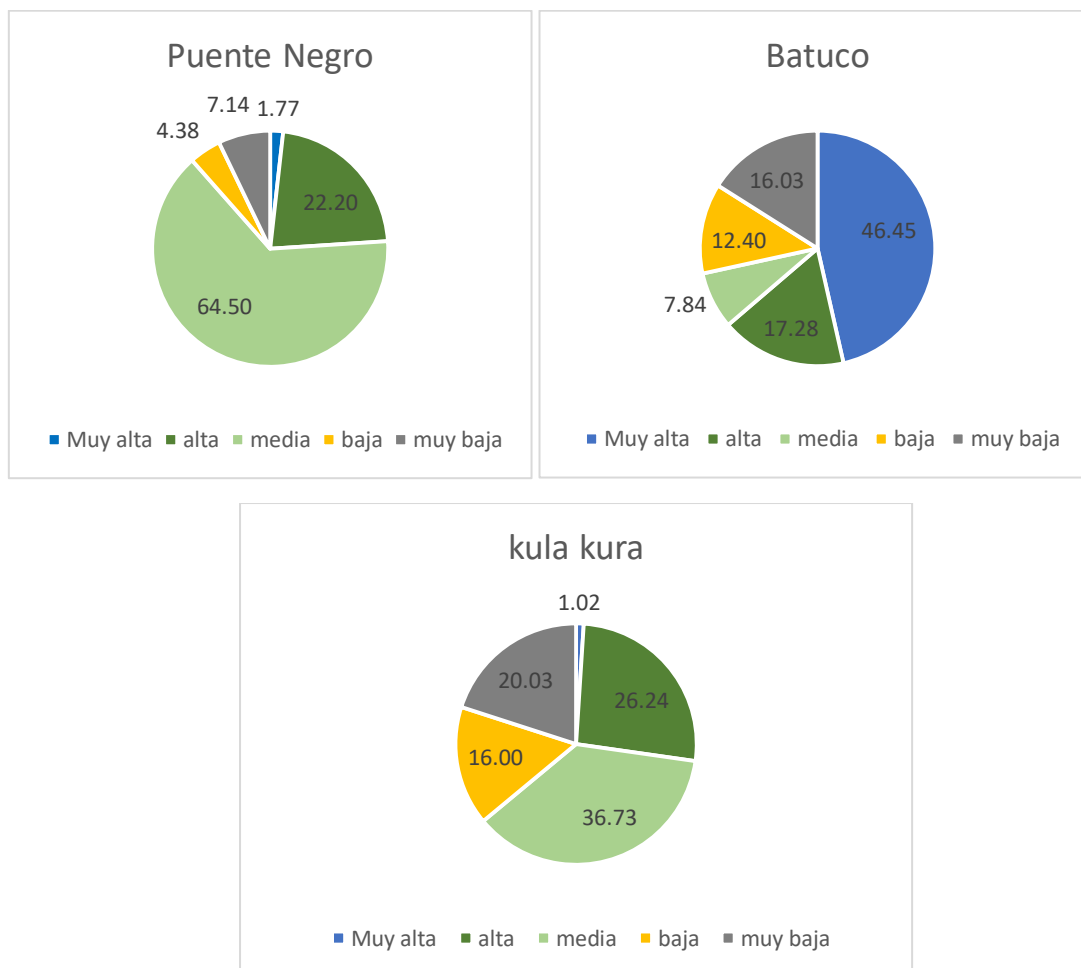
Para Kula Kura ya no existen áreas de muy alta calidad ambiental, siendo estas reemplazadas con zonas de calidad alta y media donde antes se ubicaba, con un 26,24% y un 36,73 respectivamente. La calidad baja pasa a ocupar una gran superficie debido a la presencia de actividades antrópicas en la zona de humedales, principalmente de rellenos de material, superficies que fueron perdidas irreversiblemente y que determinó la morfología y el límite actual del humedal, lo que se traduce de poseer una superficie disponible inicial de 1912 hectáreas a solamente 480, reduciéndose este humedal en más del 75%. Por otro lado, la categoría muy baja se va consolidando con la expansión urbana hacia la zona del humedal desde el sur, pasando a representar un 20% del total.

Figura 25: Calidad ambiental para periodo 2000 – 2015.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Gráfico 10: Porcentaje de superficie de calidad ambiental en humedales periodo 2000 – 2015.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.3.4 Calidad ambiental período 2016-2020

Tabla 27: Superficies por categorías de calidad ambiental en humedales periodo 2015 – 2020.

Calidad ambiental	Muy alta	alta	media	baja	muy baja
Batuco	151,24	53,94	164,06	228,96	134,28
Puente negro	0	122,96	914,59	581,55	209,77
Kula kura	0	65,43	769,70	721,49	355,70

Fuente: Elaboración propia, 2022.

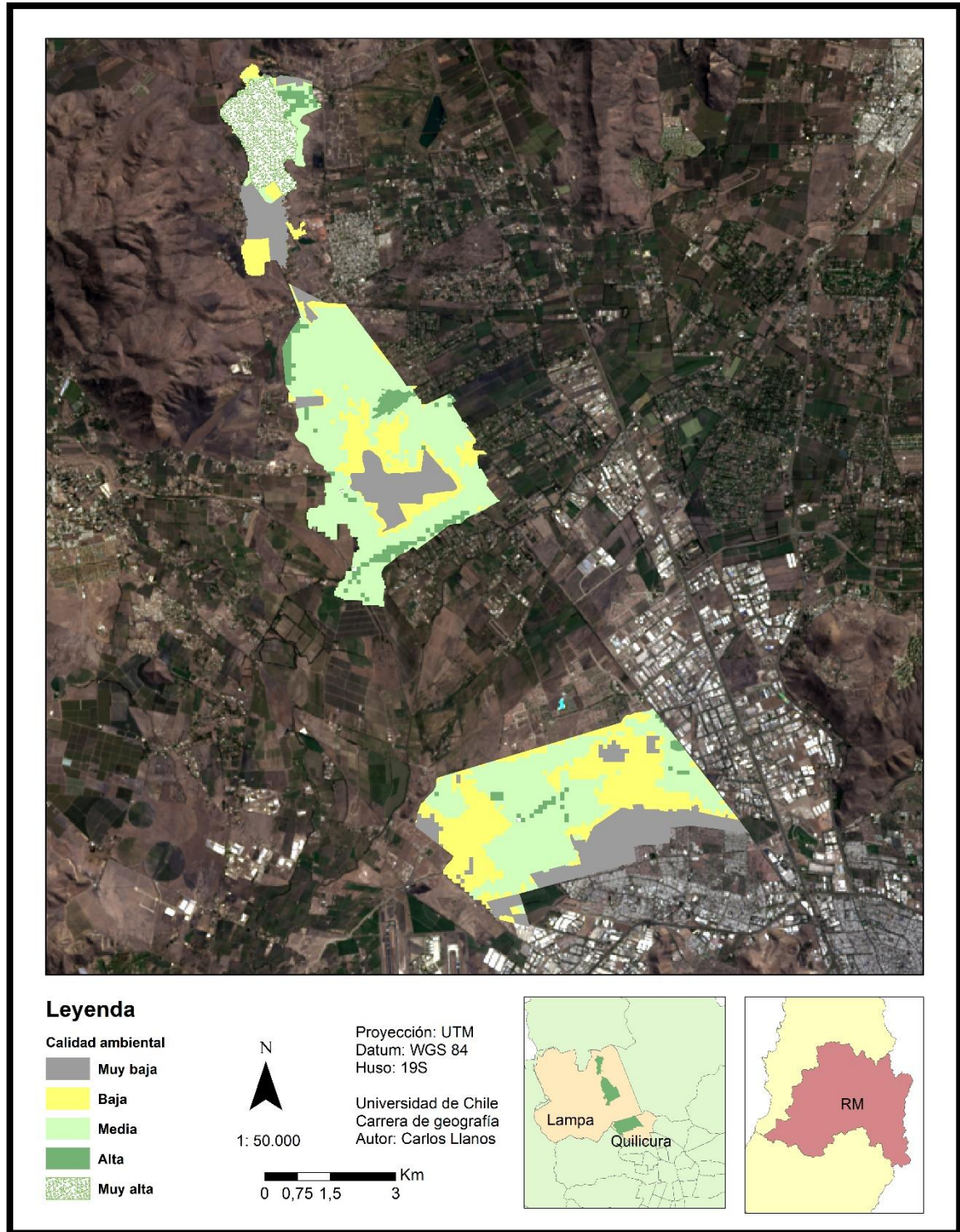
El humedal de Batuco es el único que continúa poseyendo áreas de muy alta calidad ambiental, siendo la zona central donde se concentra esta categoría con un 26%, que

viene a ser el lugar el cual se encuentra mayormente inundado como cuerpo de agua y se encuentra la zona de totora y la mayor abundancia de aves. La alta calidad representa solo el 9,28% y corresponde la zona noreste, lugar donde se encuentra la desembocadura de cursos de agua y de basta vegetación ripariana, pero existe pastoreo de animales. La mediana calidad se emplaza en la zona noroeste y la sureste, siendo la primera una zona más degradada y la entrada publica a la laguna y la segunda un área con vegetación dispersa y cercana a viviendas hacia el sur, áreas que suman un 28,23 de superficie. La calidad baja gana terreno en los sectores meridional y septentrional del actual límite del humedal, pasando a ser la categoría con más superficie con más del 39%, mientras que la categoría muy baja (26%) aumenta en el sur por la expansión de la urbanización y en el norte comienza a asentarse una zona viviendas muy próximas al humedal, con apenas 20 metros de distancia desde la laguna.

En Puente Negro deja de existir la diminuta zona núcleo de alta calidad del periodo pasado, pasando a ser un área de calidad alta y la de mayor presencia en este humedal para esta categoría. Este humedal es en su mayoría de calidad media con aproximadamente el 51%, presentándose muy seco en verano y con vegetación dispersa y baja en invierno. El área de calidad baja (32,41%) se expande a medida que lo hace la categoría muy baja (11,69%), siendo la que va modificando y estableciendo el límite de este humedal desde su centro. La suma de estas categorías pasa a ocupar un área considerable al consolidarse la mancha urbana en el sector de la calle Cacique Colin que se expande hacia el sur y en la parte norte en la localidad de Batuco, donde en la primera se construye de manera ilegal con rellenos de material, situación que continúa degradando el centro de este humedal hacia los extremos.

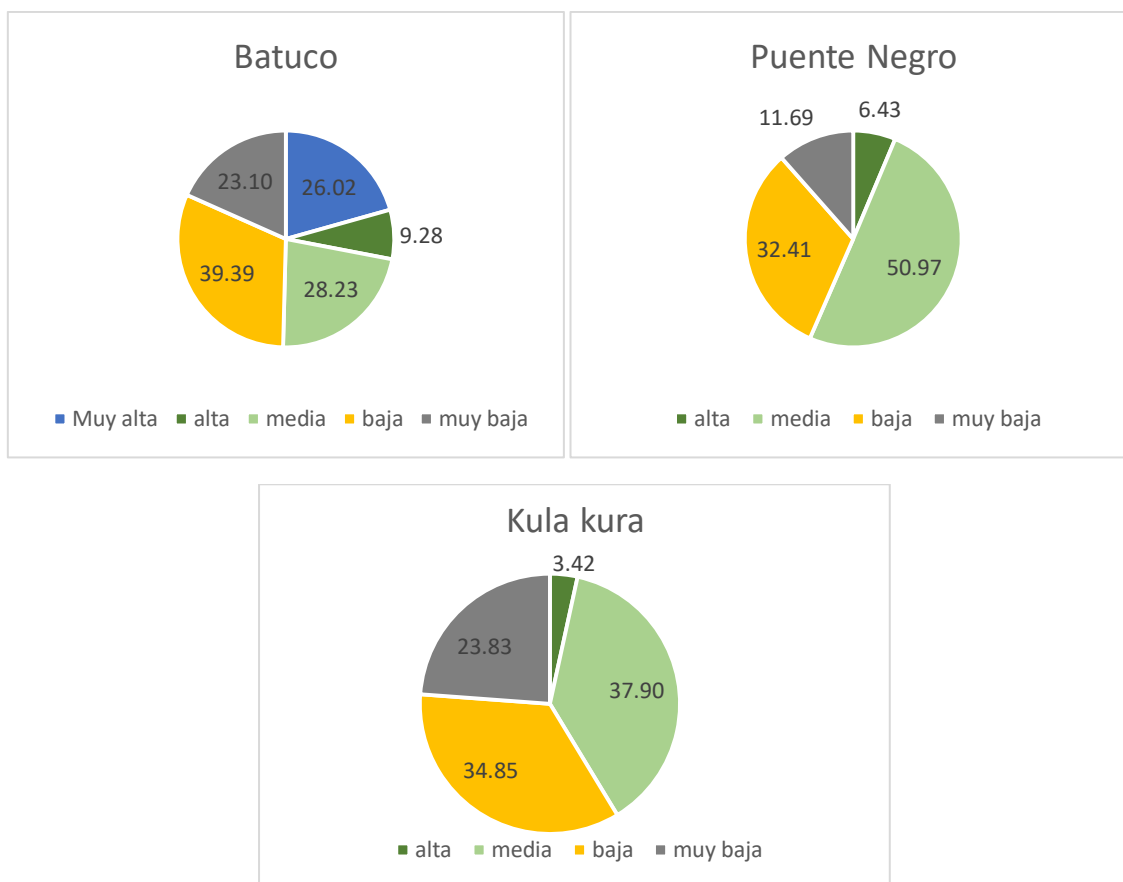
En Kula Kura, en el último periodo pasa a componer generalmente la categoría media y baja, en donde la primera con un 37,9%, corresponde al límite actual del humedal presentado principalmente por herbácea baja en invierno y suelo desprovisto de vegetación en invierno, con un 34,85% la baja calidad corresponde a la zona de rellenos de materiales y otras actividades antrópicas como pastoreo, recreación y urbanización de baja densidad. La categoría de muy baja calidad sigue en aumento debido a la expansión urbana de Quilicura, pasando a tener más del 23% de la superficie total. La alta calidad representa solamente el 3,42% y es posible encontrarla en los sectores donde existen cursos de agua permanentes, en el este y el oeste de este humedal, que corresponden a canales de desviación de aguas lluvia que pasan entre Kula Kura y presentan vegetación ripariana a ambos lados de ellos, mientras que cuando se presentan precipitaciones, se forman cuerpos de agua alrededor de estos cursos de agua.

Figura 26: Calidad ambiental para periodo 2016 – 2020.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Gráfico 11: Porcentaje de superficie de calidad ambiental en humedales periodo 2000 – 2015.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.3.5 Evolución de parches de muy alta calidad ambiental 1985-2020

El humedal Batuco fue el que poseía la menor superficie dentro de sus límites de los tres en el año 1985 con apenas 581,24 hectáreas, frente al más grande que era Kula Kura con 1912,36, pero, sin embargo, era el que tenía mejor calidad ambiental de todos con un casi un 70% de su área con zonas de categoría muy alta, seguido de Puente Negro con 64,57% y, por último, Kula Kura con 44,93%. En el humedal de Quilicura no predominó la muy alta calidad ambiental puesto que la categoría con que mayor superficie representaba era la de alta calidad con un 47,88%, pudiendo afirmar este humedal tenía su mejor ecosistema en casi la mitad de su superficie. Puente negro que poseía 1794,53 hectáreas en su límite de humedal, la mayoría de su superficie correspondía a la muy alta calidad ambiental con 1158,75, una relevante y extensa área que cubría antaño el territorio.

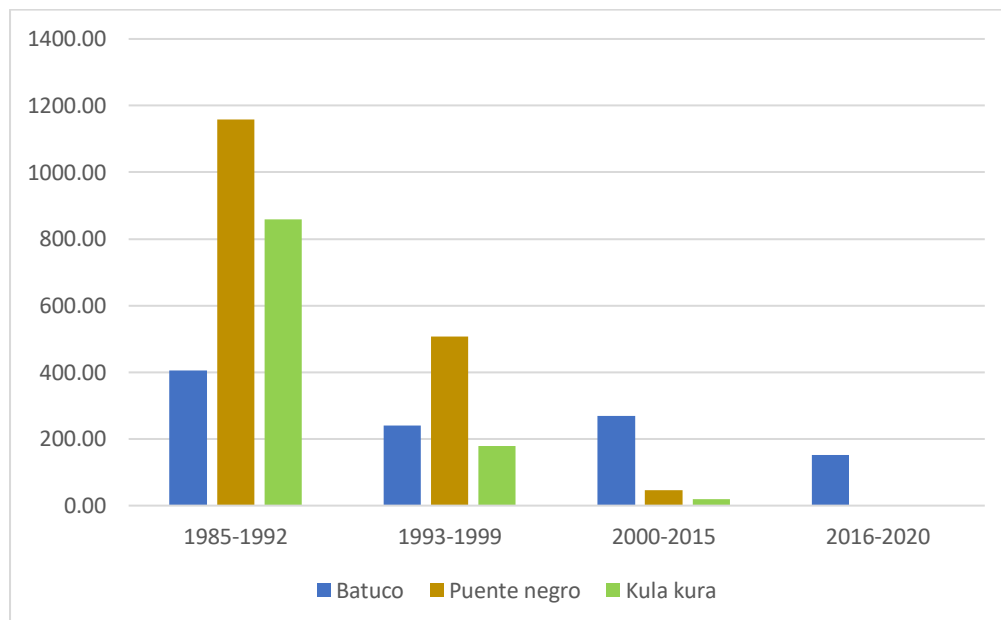
A partir del año 1993 hasta el 1999, todos sufren una disminución en sus áreas de muy alta calidad, llegando por debajo de la mitad del periodo anterior, a excepción de Batuco que está por sobre el 50%. Puente Negro sigue siendo el que posee la mayor superficie

con muy alta calidad de los tres, con 507 hectáreas. Para Kula Kura se establece que fue el humedal que más se redujo tanto en su máxima calidad ambiental como en la superficie que esta abarca dentro de su límite disponible pasando a contener solo 157 hectáreas, que corresponden solo al 9,35%.

Durante el siglo XXI hasta el año 2015 la situación solo empeora para todos los humedales, siguiendo la línea del descenso sostenido de su calidad ambiental hasta casi su desaparición. Para este periodo los tres humedales reportan una baja significativa en sus áreas de mejor calidad, pero con especial mención a Kula Kura que pasa a tener solamente el 1% en total de su superficie con menos de 20 hectáreas, situándose en 2 parches que están a un costado de la ribera de canales. Puente Negro no tiene mejor situación que el anterior, debido a que solo presenta 46,3 hectáreas, un 2,6% del total de su área. Batuco, sin embargo, si bien sus zonas de muy alta calidad también ven una fuerte disminución, este aún contiene una superficie considerable con un 46%, 270 hectáreas que resisten a las perturbaciones presentes en esta época.

Hasta la actualidad, Batuco es el único que continúa presentando una muy alta calidad ambiental con 151 hectáreas, representando ahora un 26%, casi la mitad de su superficie, pero aun presente a comparación de los otros dos humedales al sur, que vieron la total desaparición del último relicto de un ecosistema óptimo a un paisaje generalmente degradado y muy seco en la mayor parte del año.

Gráfico 12: Evolución de la alta calidad ambiental en los humedales periodo 1985 – 2020.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

CAPITULO 4: DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Resulta de suma importancia el análisis y evaluación de la evolución de las condiciones ecosistémicas de los humedales urbanos debido a la degradación producida principalmente por las perturbaciones antrópicas y la Megasequía que afecta al estado ecológico y la calidad ambiental. Es así como en la investigación de Correa et al (2011), se determina las principales amenazas de los humedales boscosos en Chile, afirmando que el cambio de uso de suelo producido por la urbanización o la agricultura son agentes de intervención y modificación del paisaje natural que transforma en superficies drenadas y rellenadas a cada humedal, perdiendo todo valor ecosistémico. Por otro lado, agrega que las características hidrológicas se ven afectadas por el cambio climático global traduciéndose en una variación del régimen hídrico, reduciendo la frecuencia, duración y tasa de inundación o desecación de los ecosistemas palustres. Comparando con los resultados de esta investigación, se destaca la expansión urbana y los rellenos de material como las alteraciones que deterioran más a los ecosistemas acuáticos estudiados, mientras que la reducción de precipitación impacta a las variables ambientales que determinan la cantidad de humedad y la extensión de la vegetación.

En cuanto al primer objetivo, la evolución del humedal de Batuco se condice con los resultados de Barrera (2011), mostrando como su superficie disminuyó producto de la modificación del uso de suelo por la instalación de industrias desde el año 1993 y como varió respecto a la cantidad de precipitación caída, mostrando una disminución directa cuando llovía menos. En otro sentido, a nivel metodológico se considera que resulta más pertinente realizar una delimitación de humedales mediante índices como el NDVI como los utilizados en este estudio debido a que la capa ráster presenta valores que puede ser categorizados en función del contenido de verdor o agua y según la literatura del índice, al contrario de un análisis de fotointerpretativo de píxeles en color natural u otra composición de bandas porque contienen una amplia gama de colores que puede confundir al investigador como en la investigación citada.

Respecto al estado ecológico, la ficha de evaluación modificada por Olivares (2019) fue un eficiente método que pudo ser aplicado a los humedales urbanos de Quilicura – Lampa pese a estar diseñado para cuerpos de agua costeros. Se destaca la valoración negativa que se considera para determinar la condición general de cada humedal en la sección de alteración antrópica, puesto que el área de estudio presentaba muchas y con un alto grado de amenaza. Solamente el ítem de las diferencias de superficies no pudo ser incluido debido a que las áreas de los humedales investigados en esta memoria presentan sobrepasan las categorías. Se necesita de la incorporación de una categorización realizada por expertos para establecer las dimensiones que determinan que tan grande o pequeño es cada ecosistema palustre.

En cuanto a la calidad ambiental, se establece una tendencia a disminuir principalmente debido al cambio de uso de suelo, especialmente con la expansión urbana como se concluye en Smith 2007, en donde a medida que crecía el área metropolitana de Concepción, la calidad ambiental de los humedales en esa área de estudio era cada vez menor a la vez que los parches de mejores condiciones iban perdiendo superficie y fragmentándose. Al igual que en el estudio citado, existe una relación entre criterios de cambio de uso de suelo como la distancia a las ciudades e industrias con las tasas de

impermeabilidad, en la cual, a medida que la expansión urbana ocupa superficie de humedales la permeabilidad del suelo disminuye. Adicionalmente el verdor y la humedad también se ven comprometidos respecto a las perturbaciones antrópicas, especialmente a aquellas que modifican el territorio como la ya mencionada cercanía a la urbanización, debido que a medida que se aproximan y ocupan áreas de humedal, las componentes ambientales ven reducida sus condiciones y hay mayor degradación en las áreas circundantes.

La fragmentación y la pérdida de superficie de los parches de alta calidad ambiental es una tendencia que se repite tanto en Quilicura-Lampa como en Concepción a medida que avanza la expansión de acciones antrópicas en los humedales, se impermeabiliza el uso de suelo y las condiciones de humedad y verdor disminuyen con el correr de los años. La variación de estas últimas dos variables puede estar relacionada u obedecer a criterios relacionados con las condiciones climáticas especialmente en una zona afectada por la Megasequía, como la precipitación y la temperatura, razón por la cual se incluyó la sequía meteorológica en la evaluación de los humedales en esta investigación.

La situación vivida en época de cuarentenas desde la pandemia en el año 2020 mermó las capacidades y oportunidades para realizar esta investigación, tanto en lo que compete a las salidas a terrenos para recopilar información del área de estudio, como las consultas a expertos para la encuesta de la evaluación multicriterio. Las primeras fueron posibles realizarlas el 2021 para completar el primer objetivo, mientras la consultas a expertos resultaron más complejo de conseguir sus respuestas, por no haber presencialidad, contactos electrónicos obsoletos, no conocimiento de la herramienta utilizada en el estudio para consultar en la encuesta, entre otros aspectos.

Un relevante objeto de estudio que no pudo ser incluido para complementar el estado ecológico, que corresponde al análisis de biodiversidad de Shannon, debido a la dificultad de salir a terreno, el difícil acceso a ciertas áreas de evaluación y el paso prohibido en horarios claves para observación de aves en el humedal Batuco porque el paso está controlado por limitadas horas y no contar con una cámara profesional para captar las aves.

Hay criterios que fueron descartados en esta investigación en la evaluación de calidad ambiental debido a la falta de información en años anteriores, tales como: distribución de avifauna y comunidad vegetal, extracción de cauces y agua subterránea, calidad de aguas. El primero no pudo integrarse debido a que no contaba con registros posteriores al año 2013 en documentos o lugares de aportes ciudadanos como Ebird o Gbif, el segundo no contaba con información debido a que no existen estaciones de monitoreo en los cauces que intervienen en el balance hídrico de los humedales y no hay estudios de las condiciones de las napas subterráneas para cada todo el periodo que se utilizó en esta memoria de título.

Por otro lado, la incorporación del criterio de amenazas antrópicas y del IPE para analizar la calidad ambiental no fue considerado en estudios anteriores, puesto que el análisis multicriterio puede ser cuestionado por dicha razón. No obstante, la comisión de expertos validó y hasta sugirieron dichas variables dado por ser los principales agentes de problemas y por el contexto espacial y temporal que enmarca este estudio sobre los humedales urbanos. Por otro lado, existen nexos en otros estudios que permiten su relación con la evaluación ambiental en humedales, tales como el estudio del MMA que consulta sobre los impactos de amenazas de cada humedal a nivel nacional y la utilización del índice de precipitación estandarizado para estudios

climáticos multitemporales en escalas territoriales que incluye la comunal.

No se estimó realizar una categorización de criterios en subcriterios por la falta de bibliografía y la arbitrariedad que conllevaría hacerlo resultando en una pérdida de confianza y en variables con muy poca pertinencia (a nivel porcentual para cada criterio) en el estudio.

4.2 Conclusión

A partir de los resultados del estado ecológico en terreno y la calidad ambiental obtenida para el periodo 2016 – 2020, se desprende que la puntuación de los valores de los puntos de observación de los primeros coincide con distribución espacial de las categorías de los segundos.

Para el humedal Batuco, se obtiene que en los puntos donde los valores corresponden a muy bueno, se relacionan con zonas donde se ubican los parches con alta calidad ambiental, debido a que presentan una elevada concentración de vegetación y agua y una muy casi inocua perturbación antrópica. Por otro lado, en el sector la calidad ambiental baja debida por las industrias, la línea férrea y principalmente el sector urbano se condice con un muy mal estado ecológico.

En Kula kura, las dispersas superficies alta calidad se distribuye en zonas con una menor presencia de actividades antrópica y se agrupa próximo a los puntos de observación que establecen un buen estado ecológico. Mientras que donde el estado ecológico disminuye a uno moderado, la calidad ambiental se torna hacia una media categoría en parte por el asentamiento en el oeste y la zona de rellenos de materiales en la parte este.

Puente Negro no corre la misma suerte y presenta en general bajos valores tanto como de calidad ambiental como de estado ecológico. La zona de menor calidad se solapa en el área de evaluación en la urbe en el centro del humedal y la zona de rellenos allí presente. En el mal estado ecológico de la zona norte está presente la calidad baja explicada por la cercanía a la zona urbana de Batuco. El punto con un buen estado está inserto en la mayor agrupación de alta calidad ubicado en el este de este cuerpo palustre, la que presenta vegetación casi en toda la época del año y no se ve fuertemente impactada por la línea de tren y el pastoreo para que sea una zona mayor degradación

El humedal Batuco es el que único en que ha perdurado la mejor calidad de su ecosistema a través del tiempo, explicándose porque las perturbaciones antrópicas no se adentraron de una forma muy intrusiva en el núcleo o centro del humedal y solo redujo sus dimensiones hacia los bordes, caso contrario como Puente Negro y Kula Kura. Probablemente también contuvo una buena alimentación hidrológica, al presentar un espejo de agua en la mayoría de los años. Cabe destacar el esfuerzo por la conservación de este humedal por parte de diversas organizaciones que administran el humedal desde el año 2015, razón por la cual se ha visto un aumento de la vegetación y la mantención del cuerpo de agua. En este sentido puede que se mantenga o disminuya levemente durante los próximos años si se resguarda de la aparición de nuevas amenazas y del avance urbano

Las condiciones ambientales y ecosistémicas de los humedales estudiados han sido reducidas considerablemente con el paso del tiempo producto de cambios en atributos naturales y de la intervención de procesos antrópicos. Los primeros se han visto a una baja debido a la acción de la Megasequía y la reducción de precipitaciones por el cambio climático producido por gases de efecto invernadero, mientras los segundos se deben fundamentalmente a la expansión urbana hacia las zonas de humedales, trayendo consigo efectos secundarios en forma de amenazas que serían producto de la proximidad del humano a estas zonas inundables.

La planificación territorial representa un rol considerable en la conservación de áreas de valor ecológico como los humedales, donde puede designarse estas zonas como lugares protegidos y resguardarlos de amenazas antrópicas presentes o potenciales. Además, la conservación es un proceso clave si se quiere proteger y postergar la vida de la comunidad animal y vegetal y las funciones de los humedales.

Producto de planificaciones anteriores, esta zona de humedales en el norte de la capital ha visto reducidas sus dimensiones al considerarse que son zonas con capacidad urbana, produciéndose grandes alteraciones como el paso de Cacique Colin y todas las viviendas aledañas en Puente Negro, los loteos y la instalación de industrias en la laguna de Batuco y la construcción de viviendas próximas y los rellenos de material en Kula Kura.

Sin embargo, actualmente se han visto esfuerzos estatales por proteger estas zonas inundables por la vigencia de la ley de humedales urbanos y otros aportes locales en las municipalidades de Quilicura y Lampa. No obstante, faltarán acciones para que los humedales no pierdan atributos o desaparezcan en el futuro, razón la cual debe proponerse una red de monitoreo y más estudios en estas zonas junto con un catastro oficial de las especies presentes e intermitentes que visitan estos humedales. Además, de contar con medidas paliativas frente al cambio climático para frenar y/o superar la situación de sequía que se vive en la actualidad, tales como la recarga artificial de napas subterráneas y controlar el agua de cauces frente a extracciones ilegales o sobreexplotación para obtener un balance hídrico positivo en la subcuenca.

Bibliografía

- Anderson et al. (1976). A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Geological Survey Professional Paper 964, edición digital 2001.
- Andrade, G., Delgado, J. y Vidal, L. (2013) - Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global. Cuadernos de Geografía. Revista Colombiana de Geografía.
- Alfaro, E., Hidalgo, H., Quesada, A & Veas, N. (2018). Humedales del Parque Nacional Chirripó, Costa Rica: características, relaciones geomorfológicas y escenarios de cambio climático. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442018000401436
- Ascencio, M. & Roa, M. (2012). Determinación de los principales efectos ambientales en humedales debido a la variación climática en la ciudad de Bogotá D.C. como un análisis del cambio climático. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del medio ambiente y recursos naturales.
- Barrera, S. (2011). Análisis del nivel hídrico y las condiciones del humedal de la laguna de Batuco. Memoria para optar al Título Profesional de Geógrafo. Universidad de Chile Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Escuela de Geografía. Disponible en: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/aq-barrera_s/html/index.html
- Berumen, S. & Llamazares, F. (2007). La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente.
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2020). Lampa. Reporte comunal 2020. Disponible en: https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/comunas_v.html?anno=2020&idcom=13302
- Buenfil, J. (2009). Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Chuvienco, (2002). “Teledetección Ambiental”. Tercera Edición.
- Comisión Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (1992). Naciones Unidas. FCCC/INFORMAL/84* GE.05-62301 (S) 220705. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Correa et. al. (2011). Estado del conocimiento y principales amenazas de los humedales boscosos de agua dulce de Chile. Revista Chilena de Historia Natural. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2011000300002
- Corrochano, A. (2007). El Estado Ecológico de las Aguas Superficiales: Un nuevo enfoque en la Gestión del Agua.
- CR2. (2015). Informe a la Nación La Megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro noviembre 2015 Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia.
- CR2. (2019). La Megasequía 2010-2019: Una lección para el futuro. Recuperado en: <http://www.cr2.cl/megasequia/>
- Cuadernos de Administración, 20(34),65-87. [fecha de Consulta 30 de Julio de 2021].

ISSN: 0120-3592. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20503404>

Dirección Meteorológica de Chile (2020). Dirección General De Aeronáutica Civil. Servicios climáticos. Temperatura del aire histórica. Disponible en:
<https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/index/productos/RE3002>

Dirección Meteorológica de Chile. (2020). Dirección General De Aeronáutica Civil. Servicios climáticos. Agua Caída. Disponible en:
<https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/index/productos/RE2009>.

EBIRD. (2012). eBird: Una base de datos en línea para la abundancia y distribución de las aves. eBird, Ithaca, New York. Disponible: <http://www.ebird.org>.

Eusse, D. (2013) Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de humedales importantes para aves acuáticas en las sabanas inundables de la Orinoquía en Colombia. Tesis de grado para la obtención del título de Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Quito.

Fundación San Carlos (2018). Plan de conservación humedal de Batuco 2018 – 2023.

Grajales, A. Serrano, E. & Hahn, C. (2013) Los métodos y procesos para la evaluación. Luna Azul. Vol. N°36. 285 – 306 pp. Disponible en:
http://190.15.17.25/lunazul/downloads/Lunazul36_14.pdf

IDE Chile. (2020). Información territorial. Aguas continentales. Canales. Ministerio de bienes nacionales. Disponible en: <https://www.ide.cl/index.php/aguas-continentales/item/1507-canales>

Instituto Nacional de Estadísticas (2017) Resultados Censo 2017. Disponible en:
<http://resultados.censo2017.cl/>

IPCC. (2007) Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

Martinez – Menes, M. et al. (2015) Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de vegetación. Tecnología y ciencias del agua vol.6 no.1 Jiutepec. Disponible en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222015000100007#c2

Mckee (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Disponible en:
https://www.droughtmanagement.info/literature/AMS_Relationship_Drought_Frequency_Duration_Time_Scales_1993.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (2011). Diseño del inventario nacional de humedales y seguimiento ambiental. Disponible en:
<http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/6276/HUM-CEA-001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio del medio ambiente. (2020). Humedales de Chile. Ecosistemas acuáticos continentales y costeros. Disponible en: <https://humedaleschile.mma.gob.cl/ecosistemas/humedales/>

Ministerio del medio ambiente. (2020) Convención Ramsar. Ecosistemas acuáticos continentales y costeros. Disponible en: <https://humedaleschile.mma.gob.cl/ramsar/>

Moya, B.; Hernández, A., & Elizalde, H. (2005). Los humedales ante el cambio climático. Investigaciones Geográficas. Universidad de Alicante. España.

Municipalidad de Quilicura. (2020). Estudio “Diagnostico e imagen objetivo actualización plan regulador comunal Quilicura”. Informe de diagnostico ambiental estratégico (DAE) etapa 2.

Olivares, (2019). Evaluación del estado ecológico y avifauna de tres humedales en la comuna de Pichilemu, región del Libertador Bernardo O Higgins. Memoria para optar al título de geógrafo. Universidad de Chile.

Pauchard, A., Aguayo, M. & Alabak P. (2006). Cuantificando la fragmentación del paisaje: las métricas y sus significados ecológicos. En: (A. Grez, J. Simonetti & R.O. Bustamante), “Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: patrones y procesos a diferentes escalas”.

Pereira, L.S.; Cordery, I. & Iacovides, I. (2009): Coping with Water Scarcity. Addressing the Challenges. Dordrecht: Springer.

PLADECO (2015). Plan de Desarrollo Comunal 2015-2020. Municipalidad de Quilicura.

PLADECO (2015). Plan de Desarrollo Comunal 2015-2020. Municipalidad de Quilicura.

Ramsar (1999). Los humedales y el cambio climático. Examen de la colaboración entre la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán 1971) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Puga Ortiz (2021). fotos Humedal OHiggins PugaOrtiz abogados. Presenta antecedentes Humedal O'Higgins / Listado Humedales 1° de marzo 2021.

Rodríguez, I. (2018). Ley nacional para la protección de humedales, ¿Por qué no?. Noticias UACH. Área de Prensa y Medios - Relaciones Públicas Universidad Austral de Chile.

Rojas, Andreina. (2011). Calidad de vida, calidad ambiental y sustentabilidad como conceptos urbanos complementarios. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/705/70538663003.pdf>.

Rojas, J. (2016). Evaluación de las transformaciones en el paisaje y la previsión de servicios ecosistémicos en la provincia de Chacabuco entre 1984 y 2012. Memoria para optar al Título Profesional de Geógrafo. Universidad de Chile Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Escuela de Geografía.

Saaty, T. (1980). The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.

Sarricolea, P. et al. (2017). Climatic regionalisation of continental Chile. Journal of Maps. N°13. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17445647.2016.1259592>

Sernageomin (2003). Mapa geológico de Chile: versión digital. Servicio nacional de minería y geología.

Superintendencia de Medio Ambiente. (2021). Informe técnico de fiscalización ambiental. Loteo inversiones Lampa Spa. Gobierno de Chile.

Vásquez, A. (2016). An integrative approach to assess urban riparian greenways potential: The case of Mapocho River in Santiago de Chile. Universität Leipzig, Leipzig, Alemania.

Yepez, v. (2018). Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP). Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/saaty/>.

Zedler et al. (1998). Managing urban wetlands for multiple uses: research, restoration, and recreation. Urban Ecosystems Volumen 2 número 4. Páginas 189 – 204.

Anexos

Anexo n°1: Ficha de terreno de evaluación rápida de estado ecológico de humedales

Localidad:	Fecha:		
Humedal:	Evaluador:		
Superficie del humedal (Ha):	Puntaje evaluación:		
Area de evaluación:			
ITEM 2: Zonas de amortiguación (max 30 pts)			
Subtotal Puntos			
	2.1 Porcentaje de área de evaluación con zona de amortiguación		
		75-100% de AE con zona de amortiguación (10)	
		50-74% de AE con zona de amortiguación (5)	
		25-49% de AE con zona de amortiguación (3)	
		0-24% de AE con zona de amortiguación (0)	
	2.2 Calcular Ancho promedio de buffer de amortiguación		
		Amplio (10)	
		Medio (5)	
		Estrecho (3)	
		Muy estrecho (0)	
	2.3 Condición de la zona de amortiguación		
		Condición optima (10)	
		Condición buena (5)	
		Condición media (3)	
		Condición mala (0)	

		ITEM 3: Hidrología (max 40 pts)	
Subtotal Puntos			
	3.1 Fuentes de agua. Marque todas las que apliquen		
		Aguas subterráneas de alto PH (5)	
		Otras aguas subterráneas (3)	
		Precipitación (1)	
		Agua superficial estacional (3)	
		Agua superficial perenne (5)	

3.2 Conectividad	
	A.- Sin mayor restricción de flujo de agua a zonasadyacentes (15)
	B.- Restricciones medias al flujo de agua a zonasadyacentes (10)
	C.- Grandes restricciones no naturales de flujo de agua a zonas adyacentes (5)
	D.- Restricciones no naturales de flujo de agua a zonas adyacentes en prácticamente todo el humedal(0)

		3.3 Hidroperiodo		
			Hidroperiodo con patrones de inundación y drenaje normales (15)	
			Hidroperiodo con patrones de inundación de mayor magnitud o duración, y drenaje normales (10)	
			1) Hidroperiodo con patrones de inundación normales, pero sujeto a patrones de drenaje más rápidos; 0	
			2) Hidroperiodo con patrones de inundación de magnitud o duración sustancialmente menor a lo que se espera en condiciones normales, pero sujeto a patrones de drenaje normales (5)	
			Tanto inundación como drenaje se desvían de las condiciones naturales (aumentadas o disminuidas en magnitud y/o duración) (0)	
		ITEM 4. Estructura biótica (max 30 pts)		
Subtota	Puntos	4.1 Comunidad vegetacional		
		A) Número de capas de plantas presentes		
			4-5 (15)	
			3 (10)	
			1-2 (5)	
			0 (0)	
		B) Número de especies codominantes		
			≥ 12 (15)	
			9-11 (10)	
			6-7 (5)	
			0-5 (0)	
		C) Porcentaje de invasión		
			0-15% (15)	
			16-30% (10)	
			31-45% (5)	
			46-100% (0)	
		4.2 Interspersión horizontal		
			Alta (15)	
			Moderada (10)	
			Baja (5)	
			Nula (0)	

“Evaluación de condiciones ecosistémicas de los humedales urbanos en Quilicura – Lampa ante el cambio climático y la influencia antrópica durante el periodo 1985 – 2020”

5. Perturbaciones antrópicas		
5.1 Estresores atributo hidrología		
Lista de verificación de factores de estrés		
Estresor	Presente	Efecto Significativo
Descargas puntuales, plantas de tratamiento, otras descargas de aguas no pluviales		
Descargas difusas (drenaje urbano, agrícola)		
Desvíos de flujos o entradas nonaturales		
Presas (embalses, recarga o descarga de cuencas)		
Obstrucciones de flujo (alcantarillas, cruces pavimentados)		
Diques		
Extracción de agua subterránea		
Zanjas		
Gestión activa de hidrología		
Otro		
Puntaje total		

5.2 Estresores atributo estructura biotica		
Lista de verificación de factores de estrés		
Estresor	Presente	Efecto Significativo en AE
Siembra, pastoreo, herbivoría excesiva		
Visitas humanas excesivas		
Predación y destrucción de hábitat por fauna no nativa y depredadores domésticos		
Remoción de árboles eliminación de residuos leñosos		
Tratamiento de especies de plantas no nativas		
Aplicación de plaguicidas		
Falta de manejo de vegetación para conservar RRNN		
Falta de tratamiento de plantas invasoras		
Puntaje total		

“Evaluación de condiciones ecosistémicas de los humedales urbanos en Quilicura – Lampa ante el cambio climático y la influencia antrópica durante el periodo 1985 – 2020”

5.3 Estresores atributo zona de amortiguación
(500 metros)

Lista de verificación de factores de estrés		
Estresor	Presente	Efecto Significativo en AE
Zona urbana / residencial		
Industria / comercial		
Tráfico aéreo		
Represas (u otras regulaciones)		
Cultivo de tierras secas		
Agricultura intensiva		
Huertos / viveros		
Corrales de engorde ganado		
Ganadería		
Corredor de transporte		
Pastizales		
Campos deportivos / parques urbanos		
Recreación pasiva (senderismo,		
Recreación activa (4x4, caza, pesca, ciclismo montaña)		
Extracción de recursos físicos (roca, sedimentos, petróleo, gas)		
Puntaje total		
Efecto significativo	Puntaje	
A	+4	
B	+3	
C	+2	

Anexo n°2: Aspectos a evaluar en estado ecológico

A. Estructura física y zonas de amortiguación:

1. Área del humedal: Este apartado evalúa el tamaño del humedal, asignando mayores puntajes a los humedales de mayor tamaño. Se utilizan categorías de tamaño para amortiguar la variabilidad en la puntuación y los errores en la medición. El tamaño del humedal puede ser determinado con imágenes satelitales a través del Software Google Earth. Para los propósitos de este ítem, la medición debe realizarse sobre la superficie considerada como “espejo de agua”. El espejo de agua será considerado como la máxima superficie ocupada por el cuerpo de agua en un año normal sin eventos extraordinarios de inundación, sequía, etc.
2. Porcentaje de áreas circundantes con zona de amortiguación o buffer: Este sub ítem se basa en la relación entre la extensión del buffer y la provisión de funciones de amortiguación de este al humedal. Se consideran como buffer las coberturas de suelo no antropogénicas que tienen la capacidad de proteger la integridad biológica, física y/o química del humedal de los efectos de las actividades humanas. Áreas con mayores zonas de buffer proveen

mayores valores de hábitat, mejor calidad de agua y otras funciones valorables. Los usos humanos intensivos de la tierra no deben contarse como amortiguadores, como, por ejemplo, cultivos agrícolas en hilera, áreas pavimentadas, urbanizaciones, campos deportivos, parques segados o altamente manejados, sitios de minería o construcción, etc.

3. Ancho promedio de zona de amortiguación: Este ítem evalúa el ancho promedio del buffer presente en el paisaje circundante del humedal, asignando mayores puntajes a buffers más anchos. Se debe calcular el ancho promedio del buffer de amortiguación (con un máximo de 150 metros). La estimación se puede realizar con imágenes satelitales a través del Software Google Earth. Se pueden usar estimaciones visuales, siempre y cuando se tenga certeza de que la categoría final asignada es correcta. Se estima en primera instancia el ancho del buffer en cada lado del humedal (Norte, Sur, Este, Oeste como referencia), luego se suman dichos valores y se dividen por el total de los lados sumados.

4. Condición de la zona de amortiguación: La condición del buffer es evaluada de acuerdo a su extensión y calidad de su cobertura de vegetación, condición general del sustrato, y la cantidad de visitas humanas. La condición del buffer es evaluada solo para las zonas contiguas al humedal que han sido identificadas como buffers. Por ende, la evidencia de impactos directos (construcciones, caminos, viviendas, etc.) son excluidos de esta métrica, porque esas capas no son incluidas como coberturas de suelo buffers; estos impactos son incluidos en otro ítem de evaluación. Si no hay buffer asignar puntaje de 0. La condición del buffer debe evaluarse en terreno. Se asume que la prevalencia de la vegetación nativa, la ausencia de vegetación exótica, la ausencia de alteración reciente del sustrato y la ausencia de basura o desechos, indican buenas condiciones de amortiguación. La visita humana de bajo impacto incluye actividades como senderismo, observación de aves u otra recreación pasiva. Las visitas humanas moderadas o intensas podrían incluir actividades como el uso de vehículos todoterreno, acciones que alteren la presencia de aves u otras actividades que perturben el suelo o las comunidades de plantas. Para la evaluación se deben considerar: Vegetación nativa/no nativa, perturbaciones o compactación del suelo e intensidad de las visitas antrópicas.

B. Hidrología

1. Fuentes de agua: Los humedales que presentes ciertos tipos de fuentes de agua, o múltiples fuentes pueden ser de muy alta calidad, o pueden tener altas funciones y valores. El evaluador debe hacer un checklist de las diferentes fuentes de agua que son parte del presupuesto hídrico del humedal. Si existen varias fuentes de agua se genera una sumatoria entre los puntajes específicos de cada fuente presente (de acuerdo a su relevancia).

2. Conectividad: La Conectividad Hidrológica describe la capacidad del agua para fluir dentro o fuera del humedal, para inundar sus zonas de transición de las tierras altas adyacentes, permitiendo que el sistema se adapte a las inundaciones crecientes sin cambios dramáticos en el nivel del agua, lo que puede causar estrés a las plantas y animales del humedal. Además, la presencia de esta zona de transición entre el humedal y las tierras altas proporciona zonas de saturación variadas y sus hábitats asociados y aumenta la complejidad. Se evalúa en terreno la capacidad que tiene el agua para fluir a

las zonas de transición adyacentes al humedal, teniendo en cuenta la presencia de elementos naturales o no naturales que puedan obstruir en cierto modo el flujo de agua hacia zonas laterales en períodos en que aumenta el nivel del agua.

3. Hidroperíodo: El hidroperíodo es la frecuencia característica y la duración de la inundación o saturación de un humedal durante un año típico. Para la gran mayoría de tipos de humedales, el hidroperíodo es el aspecto más dominante de la hidrología. Esta métrica evalúa los cambios recientes en el hidroperíodo, el régimen de flujo o el régimen sedimentario de un humedal y el grado en que estos cambios afectan la estructura y composición de la comunidad de plantas de humedales.

C. Estructura biótica

1. Número de estratos de plantas presentes: Las capas de las plantas desempeñan un papel importante en la evaluación del atributo de la estructura biótica. Se distinguen entre sí por las diferencias en las alturas máximas promedio de sus especies de plantas co-dominantes. Se han definido un máximo de 5 tipos de capas de plantas posibles de encontrar. Es esencial que las capas sean identificadas por las alturas reales de la planta (es decir, las alturas máximas aproximadas) de las especies de plantas evaluadas,

independientemente del potencial de crecimiento de la especie. Para ser considerada en esta evaluación una planta debe cubrir una superficie mínima. Se recomienda incorporar plantas que cubran al menos un 5% del área evaluada en el humedal. Para este cálculo se pueden usar estimaciones visuales de cobertura, o enfoques cuantitativos. Por ej.: Área de evaluación de 3000m²

□ Mínima superficie para ser considerada como capa: $3000 \times 0.5 = 1500\text{m}^2$. Además de la vegetación viva, se puede usar vegetación muerta o senescente (vertical) de la temporada de crecimiento anterior para evaluar el número de capas de plantas presentes. Sin embargo, no se tienen en cuenta las longitudes de los tallos o brotes postrados. En otras palabras, la vegetación caída no debe ser "sujetada" para determinar la capa vegetal a la que pertenece. El número de capas de plantas debe determinarse en función de la forma en que la vegetación se presenta en el terreno.

2. Número de especies co-dominantes: Esta submétrica evalúa el número de especies co-dominantes en cada capa vegetal identificada en la submétrica anterior. Para cada capa vegetal en el área evaluada, todas las especies representadas por vegetación viva que comprenden al menos un 10% de cobertura relativa dentro de la capa se consideran dominantes. Para este cálculo se pueden usar estimaciones visuales de cobertura, o enfoques cuantitativos. Por ej.: Área de evaluación de 3000m² y Capa de vegetación media abarca 2/3 del área de evaluación

□ Mínima superficie para ser considerada como especie dominante en la capa media: $\frac{2}{3} \times 3000 = 2000$, $2000 \times 0.10 = 200\text{m}^2$. En esta métrica sólo se considera la vegetación viva en posición de crecimiento. La vegetación muerta no se tiene en cuenta. El evaluador lista los nombres de todas las especies de plantas dominantes en cada capa. La lista se utiliza para determinar el número total de especies codominantes para todas las capas que están representadas en el área evaluada. Algunas especies pueden dominar varias capas. Estas plantas proporcionan un conjunto diferente de hábitats para la vida silvestre, diferentes

cantidades de sombreado e intercepción de lluvia, y tienen otras diferencias funcionales entre capas. La aparición de una especie entre múltiples capas aumenta la complejidad general del área evaluada.

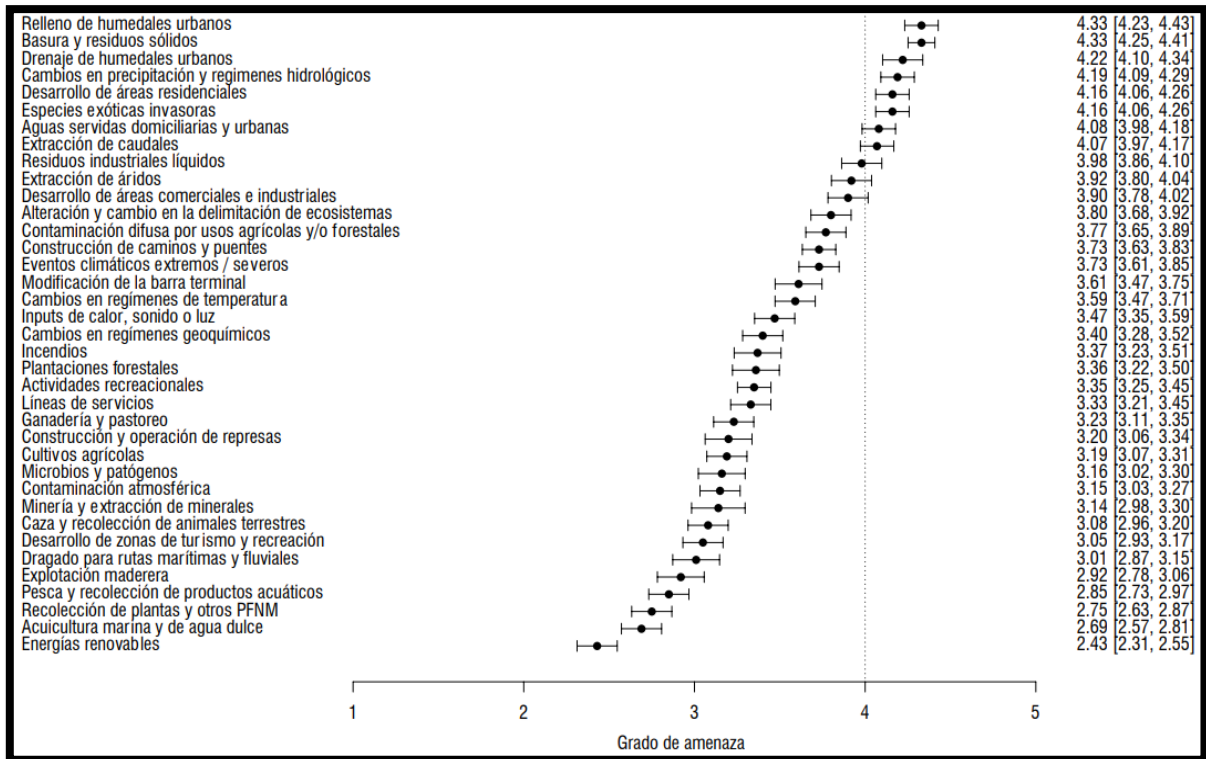
3. Porcentaje de especies invasoras: Esta submétrica evalúa el número de especies codominantes invasoras para todas las capas de plantas combinadas como un porcentaje del número total de co-dominantes, basado en los resultados del número de especies codominantes. Si no se puede determinar el origen de una especie a través de la experiencia botánica del evaluador en el campo, se debe realizar un muestreo y registros documentales de la especie en cuestión, para ser identificadas en trabajo de gabinete

4. Interdispersión: La interdispersión es básicamente una medida del número de distintas zonas de plantas y la cantidad de bordes que se intersectan entre ellas. La existencia de múltiples zonas de plantas horizontales indica una comunidad vegetal bien desarrollada o de mayor complejidad. Para los humedales grandes, la zonificación prominente es evidente en las fotografías aéreas de la escala 1: 24,000 o más pequeño. Para los humedales pequeños la zonificación es evidente sólo en el campo. Las zonas pueden ser discontinuas y pueden variar en número dentro de un humedal. Las zonas vegetales consisten a menudo de más de una especie vegetal, pero algunas zonas pueden ser mono-específicas. En algunos casos, una o dos especies de plantas dominan cada zona. Con el fin de anotar esta métrica, el evaluador debe evaluar el humedal desde una "vista en planta", es decir, como si el observador estuviera flotando sobre el humedal en el aire y mirando hacia abajo sobre él.

D. Perturbaciones antrópicas: Para los propósitos de esta evaluación, un factor de estrés es una perturbación antropogénica dentro de un humedal o su ambiente que es probable que tenga un impacto negativo en la condición y función del Área de Evaluación (AE). Un disturbio es un fenómeno natural que afecta al AE. Se enumeran una variedad de posibles factores de estrés, y se evalúa su presencia y probabilidad de afectar significativamente el funcionamiento del humedal. Para los atributos de Hidrología y Estructura Biótica, se enfoca en los factores de estrés que operan dentro del AE. Para el atributo Zona de amortiguación, el foco está en los factores de estrés que operan a menos de 500 m de la AE. En la evaluación de esta métrica debe ser anotado cada factor de estrés identificado para el ítem que corresponda, señalando si dicho factor de estrés está solamente presente (no implica mayores impactos para el humedal) o presenta un efecto significativo en el área evaluada. El protocolo de aplicación de la ficha de terreno contiene todos los detalles y pormenores que deben ser tomados en cuenta para la correcta aplicación de la ficha de evaluación en terreno. Además, se detalla el procedimiento para asignar puntajes a las diferentes dimensiones evaluadas a través de una descripción narrativa

“Evaluación de condiciones ecosistémicas de los humedales urbanos en Quilicura – Lampa ante el cambio climático y la influencia antrópica durante el periodo 1985 – 2020”

Anexo n°3: Grado de amenaza en acciones antrópicas a nivel nacional



Fuente: Ministerio de medio ambiente, 2019.

Anexo n°5: Resultados encuesta de Experto 1

VARIABLES	Humedad	Verdor	Impermeabilización	Distancia cursos de agua	Amenazas	Sequía
Humedad	1	1	1/2	1/2	1/3	1/3
Verdor	1	1	1/2	1/2	1/3	1/2
Impermeabilización	2	2	1	1	1/2	1/2
Distancia cursos de agua	2	2	1	1	1/2	1
Amenazas	3	3	1	2	1	1
Sequía	3	2	2	1	1	1

Anexo n°6: Resultados encuesta de Experto 2

“Evaluación de condiciones ecosistémicas de los humedales urbanos en Quilicura – Lampa ante el cambio climático y la influencia antrópica durante el periodo 1985 – 2020”

VARIABLES	Humedad	Verdor	Impermeabilización	Distancia cursos de agua	Amenazas	Sequía
Humedad	1	2	1/2	1	1/2	1
Verdor	1/2	1	1/2	1	1/2	1
Impermeabilización	2	3	1	1/2	2	1/2
Dist cursos de agua	1	1	2	1	2	1
Amenazas	2	2	1/2	1/2	1	1
Sequía	1	1	2	1	1	1

Anexo n°7: Resultados encuesta de Experto 3

VARIABLES	Humedad	Verdor	Impermeabilización	Distancia cursos de agua	Amenazas	Sequía
Humedad	1	1/7	1/7	1/2	1/9	2
Verdor	1/9	1	1/9	1/3	1/9	1
Impermeabilización	7	7	1	2	1/8	1/2
Dist cursos de agua	2	3	1/2	1	1/9	3
Amenazas	1/9	1/9	1/8	1/9	1	2
Sequía	1/2	1/3	2	1/3	1/2	1

Anexo n°7: Resultados encuesta de Experto 4

VARIABLES	Humedad	Verdor	Impermeabilización	Distancia cursos de agua	Amenazas	Sequía
Humedad	1	1	4	1	1/3	1/5
Verdor	1	1	3	3	1/3	1/5
Impermeabilización	1/4	1/3	1	1	1/2	1/2
Dist cursos de agua	1	1/3	1	1	1/2	1/5
Amenazas	3	3	2	3	1	3
Sequía	5	5	2	2	1/3	1

“Evaluación de condiciones ecosistémicas de los humedales urbanos en Quilicura – Lampa ante el cambio climático y la influencia antrópica durante el periodo 1985 – 2020”

Anexo n°8: Resultados encuesta de Experto 5

VARIABLES	Humedad	Verdor	Impermeabilización	Distancia cursos de agua	Amenazas	Sequía
Humedad	1	2	1	1/3	1/3	1/2
Verdor	1/2	1	2	1/3	1/2	1/3
Impermeabilización	1	1/2	1	1	1/2	1
Distancia cursos de agua	3	3	1	1	1/2	1/2
Amenazas	3	2	2	2	1	3
Sequía	2	3	1	2	1/3	1

Anexo n°9: Resultados encuesta de Experto 6

VARIABLES	Humedad	Verdor	Impermeabilización	Distancia cursos de agua	Amenazas	Sequía
Humedad	1	1	1	1	1/4	4
Verdor	1	1	1	1/4	1/4	1
Impermeabilización	1	1	1	1/2	1/2	1/2
Distancia cursos de agua	1	4	2	1	1/3	1
Amenazas	4	4	3	2	1	1/2
Sequía	1/4	1	2	1	2	1

Anexo n°10: Resultados encuesta de Experto 7

VARIABLES	Humedad	Verdor	Impermeabilización	Distancia cursos de agua	Amenazas	Sequía
Humedad	1	3	2	2	1/5	1/3
Verdor	1/3	1	2	2	1/5	1/3
Impermeabilización	1/2	1/2	1	5	1/2	1/3
Distancia cursos de agua	1/2	1/2	1/5	1	1/2	1/2
Amenazas	5	5	2	2	1	7
Sequía	3	3	3	2	1/7	1

“Evaluación de condiciones ecosistémicas de los humedales urbanos en Quilicura – Lampa ante el cambio climático y la influencia antrópica durante el periodo 1985 – 2020”

Anexo n°11: Resultados encuesta de Experto 8

VARIABLES	Humedad	Verdor	Impermeabilización	Distancia cursos de agua	Amenazas	Sequía
Humedad	1	1	1	1	1/3	2
Verdor	1	1	2	2	1/3	2
Impermeabilización	1	1/2	1	5	1/5	1/3
Dist cursos de agua	1	1/2	1/5	1	1/5	1
Amenazas	3	3	3	3	1	1
Sequía	1/2	1/2	3	1	1	1
Σ	7,5	6,5	10,2	13,0	3,1	7,3