



UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

ANÁLISIS DEL CLIMA URBANO EN ÁREAS DE EXPANSIÓN DELA COMUNA DE
PUDAHUEL, PROPONIENDO MEDIDAS DESDE LOS OBJETIVOS DE
DESARROLLO SOSTENIBLE

Memoria para optar al título en Geografía

SUSAN PAZ LILLO HERNÁNDEZ

Profesor Guía: Dr. Pablo Sarricolea

SANTIAGO – CHILE

2023

AGRADECIMIENTOS

Madre y amigos, en la etapa de memoria de título.

RESUMEN

El presente informe de memoria de título, es sobre el análisis del clima urbano en las áreas de expansión en la comuna de Pudahuel y las implicancias que produce en los cambios de las temperaturas. La comuna pertenece a la provincia de Santiago, capital nacional de la Región Metropolitana de Chile. Fue posible realizar una evaluación de la expansión urbana, basado en los antecedentes históricos.

Se analizaron los cambios de temperaturas superficiales de la tierra o *land surface temperatures* (LST), extraídas mediante diferentes técnicas, realizando una caracterización térmica y vegetacional en las áreas de expansión del desarrollo urbano consolidado. Los satélites MODIS Terra y satélite Landsat 8 OLI TIRS, facilitaron la información a través de la plataforma electrónica *Google Earth Engine* (GEE), sobre temperatura de LST.

Las áreas de expansión tuvieron resultados de temperaturas más moderadas en comparación a las zonas de desarrollo urbano consolidado, puesto que, al interior de los condominios y viviendas con espacios abiertos, contribuyen al enfriamiento del ambiente, en desmedro de una ciudad altamente compacta con déficit de vegetación, lo que aumenta las temperaturas dentro de los límites urbanos.

Los ríos, esteros, cuerpos de agua y presencia de vegetación tienen la capacidad de enfriar el ambiente, demostrado por los registros de temperaturas que en estas áreas fueron más frías. En línea de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se promueve la expansión de áreas verdes públicas, para mitigar los impactos del cambio climático y el alza de las temperaturas.

SIGLAS

ActionLac: Acción climática Latinoamericana. Red Chilena de Municipios ante el Cambio Climático

CRF: Certificado de recepción parcial o final de obras de edificación.

CONAMA: Comisión del medio ambiente.

CORECC: Comités regionales de cambio climático.

DMC: Dirección meteorológica de Chile.

ESRI: *Environmental Systems Research Institute*.

EIA: Evaluación de impacto ambiental

GEE: *Google Earth Engine*.

GEI: Gases de efecto invernadero.

LCC: Ley de cambio climático.

LGUC: Ley general de Urbanismo y Construcciones.

LST: *Land surface Temperature* o Temperatura superficial de la tierra.

MMA: Ministerio del Medio Ambiente.

MINVU: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

MODIS: *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*.

MOP: Ministerio de Obras Públicas.

NDVI: *Normalized Difference Vegetation Index*, Índice diferenciado de vegetación normalizado.

NDWI: *Normalized Difference Water Index*, Índice diferenciado de agua normalizado.

OCUC: Observatorio de ciudades Universidad Católica de Chile.

ODS: Objetivos de desarrollo Sostenible.

OGUC: Ordenanza general de Urbanismo y Construcciones.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

PAS: Permisos ambientales se

PNACC: Plan nacional de adaptación al cambio climático

REDMUNICC: Red Chilena de Municipios por el cambio climático.

RSL: *Robust least squares regression* o Regresión lineal robusta.

SAG: Servicio Agrícola y Ganadero.

Satélite Landsat 8 OLI TIRS: *Landsat 8 Operational Land Imager TIRS*.

SEIA: Servicio de evaluación de Impacto ambiental.

TCB: Tasa de crecimiento bruto.

USGS: *United state geological survey*, Servicio geológico de Estados Unidos.

LCZ: *Local Climate Zone*, zonas climáticas locales o ZCL.

INDICE

Contenido

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN	7
1.1 Introducción.....	9
1.2 Planteamiento del problema	12
1.3 Área de estudio	17
1.4 Geomorfología.....	21
1.5 Clima	23
1.6 Objetivos.....	27
1.7 Antecedentes.....	27
1.7.3 Información Meteorológica de la Estación de Pudahuel.	34
1.8 Legislación ambiental de Chile.	36
CAPÍTULO 2: MARCO METODOLÓGICO	41
2.1 Objetivo específico n°1: Evaluación del crecimiento urbano en la comuna de Pudahuel.	42
2.2 Objetivo n°2: Identificación de los cambios de las temperaturas superficiales de la tierra (LST), de día y noche.....	44
2.2.5 Selección de la morfología de diseños urbanos, en la comuna de Pudahuel:.....	48
2.3 Objetivo n°3: Análisis espacial de las variables LST, NDVI y NDWI, para propuestas de seguimiento ODS, en espacios públicos para el Municipio de Pudahuel.	49
CAPÍTULO 3: RESULTADOS	52
3.1 Resultado Objetivo n°1: Evaluación del crecimiento urbano en Pudahuel y sus impactos ambientales en el territorio.....	52
3.1.1 Áreas en hectáreas de crecimiento urbano.	53
3.2 Resultado Objetivo 2: Caracterización térmica y vegetacional de las áreas de expansión y desarrollo urbano consolidado.	60
3.2.1 Serie de datos de LST (día/noche) e Índice NDVI de los años (2000-2022).	62
3.2.2 Análisis de temporalidad, de los cambios de las temperaturas de LST, desde la fecha de entregas de recepción de las viviendas CRF.	68
3.2.3 Imagen promedio de LST de día, de los años (2014-2021) en la estación de verano (Diciembre, Enero y Febrero).....	69
3.2.4 Imagen promedio del Índice de Vegetación NDVI, de los años (2014-2021) en la estación de verano (Diciembre, Enero y Febrero).....	70
3.2.5 Imagen promedio del Índice de Agua NDWI, de los años (2014-2021) en la estación de verano (Diciembre, Enero y Febrero).	71
3.2.6 Imagen promedio de noche sobre Temperatura superficial de la Tierra LST, estación de verano, del 2 de febrero del año 2023.....	72
3.2.7 Evaluación térmica, de verano en LST, NDVI y NDWI (2014-2022) y LST de noche (2023), representada por las Zonas climáticas locales ZCL en las siguientes ilustraciones.	73
3.3 Resultado Objetivo 3: Análisis espacial de las variables LST, NDVI y NDWI, para propuestas de seguimiento ODS en espacios públicos para el Municipio de Pudahuel.	77

4 DISCUSIÓN	84
5 CONCLUSIÓN	85
6 BIBLIOGRAFÍA	88

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN

Las ciudades son aglomeraciones de construcciones diversas, donde habitan la mayoría de las personas que producen los bienes necesarios para la vida social y la economía ideológica predominante. El cambio climático es una preocupación mundial. Los impactos ambientales que provocan las abruptas variaciones climáticas, en términos de las prolongadas sequías o eventos pluviométricos inusuales, inundaciones de gran magnitud y aumento de las temperaturas en las ciudades, adicionadas por la contaminación atmosférica.

Las características del clima urbano, fueron evaluadas por las temperaturas superficiales de la tierra (LST), que indican valores de emisividad de los materiales en superficie. La emisividad es temperatura, detectada por los sensores remotos incorporados en los satélites (Sarricolea et al 2014), que para el presente caso, fueron los satélites MODIS Terra y Satélite Landsat 8 OLI TIRS, los cuales registran los valores de temperatura de emisión (Oke et al 1997), utilizando la plataforma de nube *Google earth engine* (GEE) (Pech et al 2020). Los satélites cuentan con una alta resolución espacial, temporal y espectral, lo que les da la capacidad de monitorear los cambios y el desarrollo de la vegetación, a través de grandes áreas con acertada precisión (Zuluaga et al 2021 p3). El análisis de las temperaturas, se integra como un aporte a los estudios del clima urbano, los cuales abarcaron índices representativos del medio ambiente, tal como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), e Índice de agua de diferencia normalizada (NDWI), en las áreas de expansión y desarrollo urbano consolidado en la comuna de Pudahuel.

Los países Latinoamericanos comenzaron a experimentar un intenso proceso de urbanización, caracterizado por la expansión del límite de las ciudades, alta densificación, crecimiento vertical y pérdida importante de áreas verdes (Palme et al, 2016). La morfología de la ciudad, es decir de los espacios urbanos comodificados, predomina la especulación, desplazo del poder del estado, segregación socio-espacial, que presentan las condiciones medioambientales en las ciudades (Sarricolea et al, 2022), lo que aumenta la contaminación al interior de la ciudad, donde prevalecen las edificaciones densificadas, el déficit de áreas con vegetación, reducción de parques urbanos y el incremento de los gases de efecto invernadero (GEI). El clima sobre la superficie de la tierra, sufre variaciones constantemente, a través del espacio que requiere de mediciones frecuentes y detalladas para obtener series de tiempo de temperatura superficial consistentes (Rojas, 2019 p18), que requieren la indagaciones multitemporales.

Las imágenes satelitales visualizan los datos espaciales, que mejoran la resolución de la imagen, que causa la topografía del terreno, las condiciones climáticas, la combinación del albedo, la conductividad de la energía calórica (Oke et al 2017), es

decir la transmisión de la temperatura, que condicionan las características del clima urbano.

Pudahuel es una comuna Periurbano de la Periferia compacta, ubicada al límite oeste de la provincia de Santiago, donde el área de desarrollo urbano consolidado, se localiza al Este la comuna y el uso de suelo rural hacia el Este.

Existen zonas edificadas de viviendas densas, con características de un crecimiento urbano compacto, los últimos años con un progresiva expansión de zonas de condominios, parques industriales, equipamientos y almacenamientos de comercio. La urbanización altera los balances de radiación, las propiedades térmicas de la superficie, la humedad y los vientos (Rojas, 2019 p22), que originan las variabilidades del clima urbano en cubierta de la tierra, después de eventos climáticos intensos. Para esto, son prácticas las técnicas de análisis multiespacial y multitemporal para apreciar la observación tras la destrucción o pérdida de hábitat, que enlazan impactos de mayor complejidad y magnitud, generados sobre la fauna silvestre, que implica la remoción total del suelo, vegetación y cuerpos de agua (SAG, 2016, p16), que evidencia la ocurrencia de la fragmentación de los hábitats naturales, cuando comienzan los procesos de urbanización.

Pudahuel en su extensión espacial es mayormente rural, hacia el oeste de la comuna, por ella cruzan vías de circulación importantes a nivel regional, la autopista G-68, es la principal vía de accesibilidad, desde la Provincia de Santiago a la Provincia de Melipilla, que une la región de Valparaíso con la región Metropolitana, en términos de límites administrativos. Desde la geografía física, la geomorfología es de particular importancia, por el límite geográfico que dispone la Cordillera de la Costa, al límite oeste de Pudahuel, con relieves importantes y pendientes pronunciadas, donde se pueden presentar posibles desprendimientos de las laderas, en épocas de invierno localizadas en el pie de monte, en sus laderas aluviales y coluviales. Hacia el Este de Pudahuel, se conecta con el Aeropuerto Arturo Merino Benítez.

El cambio climático, es una preocupación mundial, históricamente desde la época post-industrial, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), insiste con énfasis en realizar proyectos de desarrollo, en líneas de las estrategias de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS, para incidir en propuestas para adherir proyectos ambientales, en los Estados de los países en vías de desarrollo.

El año 2015 Chile, suscribe el Decreto n°49 que define la importancia de los ODS, en la lógica de reducir los impactos ambientales, en el contexto del cambio climático para evaluar los impactos ambientales que puedan afectar en la población urbana.

1.1 Introducción

La expansión de las ciudades es propio de las relaciones sociales, jerarquías de poder y expresión de las culturas, donde los aumentos de las construcciones de inmobiliarias, expandieron el límite urbano con casas y edificaciones en altura. Las estructuras materiales, surgen en respuesta de las condiciones sociales y económicas propias de un territorio.

La modificación del uso de suelo y la reproducción de conceptos sobre el espacio público y habitabilidad surgen en respuesta de las condiciones de las estructuras materiales, sociales y económicas propias de un territorio. El desarrollo sostenible persigue integrar las metas sociales con las metas económicas y ambientales en la búsqueda de la equidad social (CONAMA 1998, p11). Es parte, de las transformaciones incipientes que ocurren en el transcurso de la construcción y avance de la ciudad, donde todo comienza por observar el clima.

El crecimiento urbano del último siglo a nivel mundial ha sido el permanente comportamiento de las personas a concentrarse en las ciudades Chilenas, de forma exponencial, en conjunto con el alza de la población urbanizada. El medio ambiente, desde las relaciones entre los componentes naturales y sociales, se establece al interior de las ciudades (Romero et al, 2010 p36). La conformación del desarrollo urbano, en algunos casos con un acelerado aumento inmobiliario de edificaciones en altura, extensas bodegas comerciales y de industria que implica una disminución del acceso a utilizar los bienes de la naturaleza, al mismo tiempo que encarecen los costos de producirlos.

En la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), Del capítulo I sobre Normas de Competencias, Definiciones y Plazos, El Artículo 1.1.2 define:

Área urbana: superficie del territorio ubicada al interior del límite urbano, destinada al desarrollo armónico de los centros poblados y sus actividades existentes, proyectadas por el instrumento de planificación territorial. (MINVU DS n°47, 2020. p21). Los límites urbanos son estipulados en el Plan Regional Metropolitano y Plan regulador comunal.

Los acontecimientos económicos han establecido desregulaciones sobre el control del Estado, en materia sobre los usos de suelos, resulta que los límites urbanos, no siempre coinciden con los límites administrativos.

Las principales ciudades de Chile están construidas sobre los valles centrales, es decir, donde existiera facilidad para obtener provisión de agua y refugio, producto de los eventos climáticos desfavorables. Denominadas como áreas funcionales: Santiago, Valparaíso y Concepción, por su tamaño, densidad y conexión. Santiago es parte de la situación estructural, entendida en el concepto de núcleos urbanos: Gran Santiago – Colina – Buin – Paine (MINVU, 2020 p58.) La capital nacional,

Santiago, según el Censo 2017, la población alcanzaba los 7.112.808 millones de habitantes y se registraba una densidad poblacional de 462 habitantes por km², situándose como la más poblada a nivel nacional, con el 40,5% de la población del país. (MINVU, 2020. p115). Es una inquietud, la disposición de los materiales de los cuales están construidas las casas y el confort térmico que atraen los problemas de insolación, en verano. Las relaciones del clima, donde el rol de la vegetación, se traduce en un atenuador de las temperaturas extremas (Encinas, 2022 p11). La ciudad de Santiago se expande ilimitadamente y los proyectos inmobiliarios privados constituyen la principal inversión a nivel nacional (Romero et al, 2012 p1). Lo cual es preocupante, dado que en un Estado debilitado, no es posible restringir los usos de suelo destinados a estructuras que respondan a los requerimientos de sostenibilidad ambiental y orden social, que disminuya los impactos ambientales, donde la liberalización de la economía Capitalista, convierte el bien económico predominantemente, por sobre el bienestar social.

El estudio de la ciudad respecto al análisis del clima, implica relacionar datos sobre los cambios del clima, específicamente de las temperaturas. La meteorología estudia los frentes sinópticos, que se usan para referirse a las anomalías en la atmósfera (MMA 2018 p41), donde importan los fenómenos de la radiación directa, las presiones atmosféricas y la termodinámica. El tiempo sinóptico trae buen tiempo, en sistemas de Anticiclones y presiones altas. En su defecto, sobre las latitudes medias, los Ciclones son sistemas de baja presión, que traen mal tiempo, es decir, las tormentas.

La climatología principalmente estudia los fenómenos globales, las corrientes oceánicas, flujos de los vientos y precipitaciones por estación, pero las series de datos de las tres variables climáticas (temperatura, precipitación y presión atmosférica) y de las variabilidades de las mismas, mes a mes y entre temporadas, es posible definir cómo los modelos regionales no son capaces de elaborar una buena predicción del clima urbano (Meseguer, et al 2014), que abarca el estudio de la topografía, tipo de superficie, las zonas construidas, las características de la economía y la producción, además del comportamiento de la cultura, que influye en los procesos de producción y habitabilidad, las cuales incorporan considerables cantidades de polución y por lo tanto, el aumento de la temperatura.

El sensor remoto y el satélite, entrega productos de datos, que han sido obtenidos por la clasificación del agua en superficie y la influencia de la atmósfera, como la nubosidad, nieve y hielo. Por ejemplo, por medio de la misión de imágenes Landsat (Yang, 2019 p218), es posible distinguir como la urbanización, ha transformado el ambiente rural, disminuyendo los suelos agrícolas, producido por la emergencia habitacional.

El sistema de clasificación de ZCL desarrollado por Stewart (2012), facilita el orden en las definiciones de los espacios urbanos, de los usos de suelo, según el ámbito de la Climatología Local, posee una mayor especificidad con interrelaciones más evidentes y directas entre los distintos elementos y factores geográficos (Peña, 1975). El desarrollo urbano puede tener repercusiones negativas, durante eventos pluviométricos intensos, causando aluviones (Oke et al 2017), sobre todo en las poblaciones densas, donde la disminución de áreas con vegetación provoca el anegamiento o impermeabilización del suelo en invierno y en verano el excesivo aumento de la temperatura, escasez de precipitaciones y suelos sin vegetación.

La temperatura, tiene en un objeto o sustancia una determinada magnitud. La energía es transferida y se observa por los cambios de las magnitudes de las variables termométricas, cambios de estado, calor, volumen y presión. La transmisión del calor ocurre, por un proceso de conducción cuando es de forma directa, por convección cuando es por las corrientes en un fluido (gas-líquido) y radiación por electromagnetismo. Existen materiales que son buenos conductores de energía y que por lo tanto, se enfrían rápido, por ejemplo el cobre, aluminio y hierro (metales). Lo contrario, los materiales que no tienen buena conducción, funcionan como aislantes térmicos, por ejemplo la madera, que retienen la transferencia de temperatura. De esto depende la capacidad de enfriamiento de un material, además de la disponibilidad de vegetación en un ambiente, agregando que los flujos de viento, que posibilita la topografía y los factores dinámicos del clima a nivel atmosférico, para analizar la capacidad de enfriamiento en una ciudad.

Los espacios urbanos, se componen de personas, lo inerte cobra vida con los seres humanos, ellos son parte del medio ambiente, quienes transforman los espacios. Al expandirse un espacio urbano, aumenta la posibilidad de vivir y si es posible desarrollarse en conjunto con el proyecto que la ciudad propone. Un sujeto individual, una familia o un grupo de personas, interrelacionadas son receptores de los cambios e impactos del clima en una ciudad. La responsabilidad del Estado es establecer normas que disminuyan los impactos ambientales, en la población de menos recursos. Puesto que los riesgos ambientales, son intensificados por la producción industrial, sobre todo en zonas compactas donde se acumulan residuos tóxicos, que tras fuertes eventos pluviométricos, pudieran ocurrir inundaciones y desfavorablemente se filtren los residuos tóxicos.

En su defecto, los periodos de sequía, en escenarios urbanos donde existen grandes liberaciones de polución atmosférica, dónde no fluyen los vientos necesarios, intensificando los periodos de preemergencia ambiental que afecta la salud de la población. El cambio climático es un factor de riesgo de impacto ambiental y debe ser justificado el mínimo impacto ambiental para el funcionamiento, de cualquier proyecto industrial, según las leyes y normas de calidad ambiental vigentes.

En los estudios que involucran la geografía, se distinguen dos grandes definiciones relacionados al desarrollo, así algunos autores prefieren el uso de la

Sustentabilidad, que es entendida como la capacidad que tiene una sociedad, para hacer un uso consciente y responsable de sus recursos, sin agotarlos o exceder su capacidad de renovación y sin comprometer el acceso a éstos por parte de las generaciones futuras, considerando las dimensiones económicas, sociales, ambientales, la conservación del patrimonio natural y cultural (MOP, 2017 p32). El uso de la definición Sostenible, por otro lado, destaca en las iniciativas de los gobiernos extranjeros, de forma principal la Organización de las Naciones Unidas (ONU), impulsó la implementación de (ODS), impuestos por la Agenda para el desarrollo sostenible 2030, donde Chile adhirió su participación el año 2015, por parte del Ministerio de relaciones exteriores. Esto ayudaría a avanzar en materias de legislación medio ambiental. Plantean 17 (ODS), la cual es una agenda global de desarrollo, universal y holística.

La organización no gubernamental (ONG) Adapt Chile, han coordinado la (RedMunicc), que genera instancias de discusión para incluir los (ODS), en la estrategia nacional contra el cambio climático. Los lineamientos son Agua, Energía, Ecosistemas y Gestión de riesgo de desastres. La Red Chilena de Municipios ante el Cambio Climático, es una comunidad abierta, considerando el cambio climático como la situación que está determinando los desafíos del siglo XXI. La Red nace en el 2014, impulsada por Adapt-Chile, como una instancia de cooperación, capacitación e intercambio de experiencias en materia de cambio climático (ActionLac, 2016). Actualmente son 56 municipios de Chile, donde la comuna de Pudahuel, no es participante, hasta la fecha actual de la presente publicación y consulta electrónica, en la RedMunicc, al año 2023.

La temperatura superficial es de vital importancia en los estudios del clima urbano (Voogt y Oke ,2003), porque condiciona la estimación de los balances energéticos y determina el bioclima en el interior de los edificios y los intercambios de temperatura con el entorno, que afectan al confort de los habitantes de la ciudad. En este sentido, (Stewart y Oke, 2009) proponen áreas homogéneas desde el punto de vista térmico y de diseño urbano, las cuales son, en parte, responsables de la distribución de las temperaturas urbanas (Sarricolea, 2014). El desarrollo sostenible, de forma conceptual relaciona el crecimiento urbano y el impacto ambiental del cambio climático, sobre los elementos del medio ambiente y los habitantes al interior de una ciudad.

1.2 Planteamiento del problema

La comuna surge en 1981 con el nombre de Pudahuel, tras la promulgación del Decreto n°13.160 (Memoria explicativa del Plan regulador comunal PRC, 2020). Previamente se llamaba comuna de las Barrancas, desde 1857 y que era dividida en los sectores de El Resbalón y las Barrancas. El Plan Regulador Comunal de Las Barrancas, data de julio de 1971 y después de los procesos de reformatión tras la dictadura de 1973, las Políticas de Desarrollo urbano de 1979, la comuna pasó a denominarse Pudahuel. Por otra parte, las normas provenientes del Plan Regulador Metropolitano de Santiago PRMS 1994, 1997 y la última conocida como Plan Regulador Metropolitano de Santiago PRMS 100 aprobado el año 2013, ha sido la normativa de ordenamiento territorial que incorporó el sector de las Mercedes en áreas de extensión urbana.

Los impactos ambientales del crecimiento de las ciudades, en los balances energéticos urbanos (Picone et al, 2021), es una preocupación el impacto ambiental en la población, causado por la contaminación atmosférica. La demanda de equipamientos, por medio de normas urbanísticas y de uso del suelo, que hagan posible e incentiven la localización dentro del área urbana y de mejoramiento a la red vial (Plan de desarrollo comunal, 2019 p38). Ante el engorroso trámite burocrático que implica aprobar proyectos de carácter públicos o privados, que dificultan la expansión de la infraestructura verde, como podría ser un parque o una plaza, en contrapunto con la alta demanda de viviendas. La urgencia del uso de suelo disponible para construir casas, en una comuna que ha crecido de forma compacta, altamente densificada, es que los proyectos respondan a cada necesidad, según las condiciones que presenta el clima, en función de las variaciones, usos y coberturas de suelo (González, 2021), de las morfologías urbanas, desde su ubicación en el territorio, debe proponer medidas de mitigación ante el cambio climático, las cuales se contextualizan dentro del espacio público.

Dada las distintas actividades productivas que acontecen en la comuna de Pudahuel, la contaminación atmosférica, proveniente de actividades industriales, situadas en los bordes externos del área urbana (Plan de desarrollo comunal, 2019), como la minería, extracción de áridos, agricultura, hidroeléctricas, líneas de alta tensión, producción de materiales y equipamiento comercial, además del funcionamiento de un Aeropuerto y la autopista provincial-regional, en combinación a una importante densidad habitacional.

En 1990, la ciudad de Santiago en la Región Metropolitana, tuvo episodios críticos de alta contaminación (alerta, preemergencia y emergencia ambiental) al año y sólo en esta ciudad se monitoreaba la calidad del aire. Durante la segunda mitad de la década de los 90', se inició una sostenida reducción en los niveles de los contaminantes, gracias al cambio de combustible en la industria y a la exigencia del convertidor catalítico en automóviles (CONAMA 2002, p7). Las variaciones sufridas como consecuencia de los cambios directos e indirectos causados por la ocupación urbana de sus superficies (Romero y Vásquez, 2005). La expansión

urbana provoca importantes modificaciones en las temperaturas e interrumpe el flujo de los vientos, lo que intensifica los episodios de contaminación atmosférica.

La urbanización es uno de los principales factores de incremento de la temperatura a escala local (Oke et al, 1987). El uso de suelo que se caracteriza principalmente por su alta calidad, son las zonas de infiltración, recarga de acuíferos y hábitat para diversas especies biológicas (Smith y Romero, 2009 p83) de fauna, en zonas con vegetación, que vieron la destrucción, pérdida y fragmentación de los hábitats, limitando su desplazamiento y viendo obligada su sobrevivencia al interior de las urbanizaciones.

Desde el análisis de las morfologías urbanas, tales como barrios compactos o abiertos, edificaciones en altura, vías de circulación peatonal y vial. ¿Cómo se pueden vincular las estrategias de desarrollo sostenible, en las ciudades?, surgen las siguientes preguntas:

1. ¿Qué cambios tendrán las temperaturas superficiales de la tierra (LST), con el crecimiento urbano y su impacto en la vegetación? por ejemplo en las bodegas u ocupación residencial?
2. ¿Es posible encontrar un cambio brusco de la temperatura e Índice de vegetación NDVI, que detecte los años de construcción en el área?

En referencia al concepto medio ambiental, tanto la producción del daño, como su naturaleza y entidad, (Segundo tribunal ambiental, 2021 p44) su procedencia, respecto del concepto de daño, debe entenderse como una afectación, la que si bien en algunos casos puede coincidir, no es equivalente al concepto de daño ambiental, definido en la letra e) del artículo 2 de la Ley de bases generales del medio ambiente, n° 19.300. Así también ha sido sostenido que, lo esencial de esta circunstancia, es que a través de ella se determina la relevancia, importancia o alcance del daño, con independencia de que éste sea o no daño ambiental.

Las inversiones realizadas por el Estado aseguraban en la década de los '90 una cobertura de agua potable de un 95% de cobertura. El tratamiento de aguas servidas en el área urbana en la misma fecha era de un 5% (CONAMA 2002, p13), lo que registra la deficiente intención, de no mejorar las técnicas de saneamiento en la ciudad, de la época.

El riesgo, definido como la probabilidad de ocurrencia del efecto adverso sobre el receptor (Segundo tribunal ambiental, 2021 p146), para entender que la teoría conceptual contempla diferenciadamente el daño a la salud y daño ambiental, aunque estos se relacionen. La ley n° 19.300, no define el concepto de salud, pero establece que en cada (EIA), el impacto a la salud de la población debe utilizar los valores límites establecidos en las normas de calidad ambiental y acepta el reglamento de ley n° 20.417, refiriéndose al:

Artículo 7º: Siempre deberán someterse a evaluación ambiental estratégica los planes regionales de ordenamiento territorial, planes reguladores intercomunales, planes reguladores comunales, planes seccionales. Para evaluar si los límites y proyectos consideran, los instrumentos de planificación (IPT), que cumplan con las normas vigentes y si prescinden de impactos ambientales significativos. Los elementos del medio ambiente, que son objeto de protección, son en estricto rigor:

1. La salud de la población
2. Poblaciones
3. Recursos naturales
4. Áreas protegidas
5. Áreas de conservación de la biodiversidad
6. Humedales protegidos, glaciares
7. Valor ambiental del territorio
8. Sitios prioritarios de conservación

Los 17 ODS, en la Agenda 2030, y su papel queda claramente establecido en la resolución del Decreto n°49:

Los ODS 17 de la Agenda para el Desarrollo Sostenible, invita a la construcción de alianzas para la consecución de los objetivos, en los que el esfuerzo colectivo es el mejor y más efectivo mecanismo para alcanzar desafíos nacionales (Ministerio de desarrollo social, 2022). Para mitigar los impactos del cambio climático es crucial definir un marco teórico de Desarrollo Sostenible:

Se define cambio climático, como el cambio del clima, atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante períodos de tiempo comparables (Ministerio de desarrollo social, 2022).

Desarrollo Sostenible: El proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras nacionales (Ministerio de desarrollo social, 2022).

Las indagaciones del clima sobre las áreas de expansión y desarrollo urbano consolidado, en lo que respecta a la integración de mecanismos de fiscalización ambiental y formalización de sanciones/multas generadas, por incumplimientos a la legislación ambiental (Plan de desarrollo comunal de Pudahuel, 2019). El desarrollo de ciudades sustentables y la calidad de vida de las personas, depende de los bienes públicos urbanos, utilizando criterios de eficiencia, adaptabilidad y resiliencia (MINVU, 2020 Decreto n°17), a los cambios del clima.

La participación de los Municipios para incorporar la Agenda 2030, que formulan los (ODS), por las Naciones Unidas en Chile, es reconocido en que los municipios son órganos autónomos del Estado, pero que previamente, debe ser admitida su

incorporación, por el Consejo compuesto por representantes, dictados por el siguiente orden:

1. Ministerio de Relaciones Exteriores
2. Ministerio Secretaría General de la Presidencia
3. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo
4. Ministerio de Desarrollo Social y Familia
5. Ministerio del Medio Ambiente

Desde la ocurrencia que, a escala planetaria, las consecuencias del cambio climático son distintas por cada zona geográfica, esto aumenta la necesidad de incluir metodologías que puedan adecuarse a la realidad de cada región y ciudad, en los procesos de adaptación y mitigación del cambio climático. La presencia de vegetación al interior de la ciudad son un aporte fundamental para la captura de contaminantes atmosféricos, y el almacenamiento de carbono, la capacidad de retención de agua del suelo, aporte de materia orgánica en la regulación micro climática (MINVU Decreto n°17, 2020), además de las propuestas de los organismos internacionales como la ONU, de los estados desarrollados e industriales, tras la experiencia de la época del siglo XX, han planteado que los usos de energías fósiles deberían disminuir su frecuencia, por los impactos medio ambientales, en combinación con la expansión de áreas con vegetación.

Algunas instancias internacionales ya anticipaban la importancia del medio ambiente, como la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, conocida como Cumbre de la Tierra, realizada en Río de Janeiro en junio de 1992, que debían considerar la participación de todos los ciudadanos interesados (Segundo tribunal ambiental, 2021 p51), también lo hizo la Declaración de Buenos Aires y la Agenda 21 de las Naciones Unidas (Segundo tribunal ambiental, 2021 p52).

Respecto a los conceptos teóricos, la amenaza climática se puede distinguir como aquella parte que corresponde a la variabilidad, es decir, que no es permanente, aluviones, intensas precipitaciones, sequías prolongadas y temblores de gran magnitud. La polución o contaminación atmosférica, asocia el aumento de las temperaturas en las áreas urbanas, con la producción industrial, por las emisiones de gases y vapores, que aumentan las concentraciones de material particulado, como los óxidos de nitrógeno, azufre, monóxido de carbono, hidrocarburos y contaminantes peligrosos, como el plomo y el arsénico (CONAMA, 1998 p6). Es así, como a través, de la mitigación de la emisión de Gases de Efecto Invernadero, se puede reducir en el largo plazo la magnitud de la amenaza (Ministerio de Obras Públicas MOP 2017 p56) y del riesgo para la salud de la población en ambientes expuestos a esta situación.

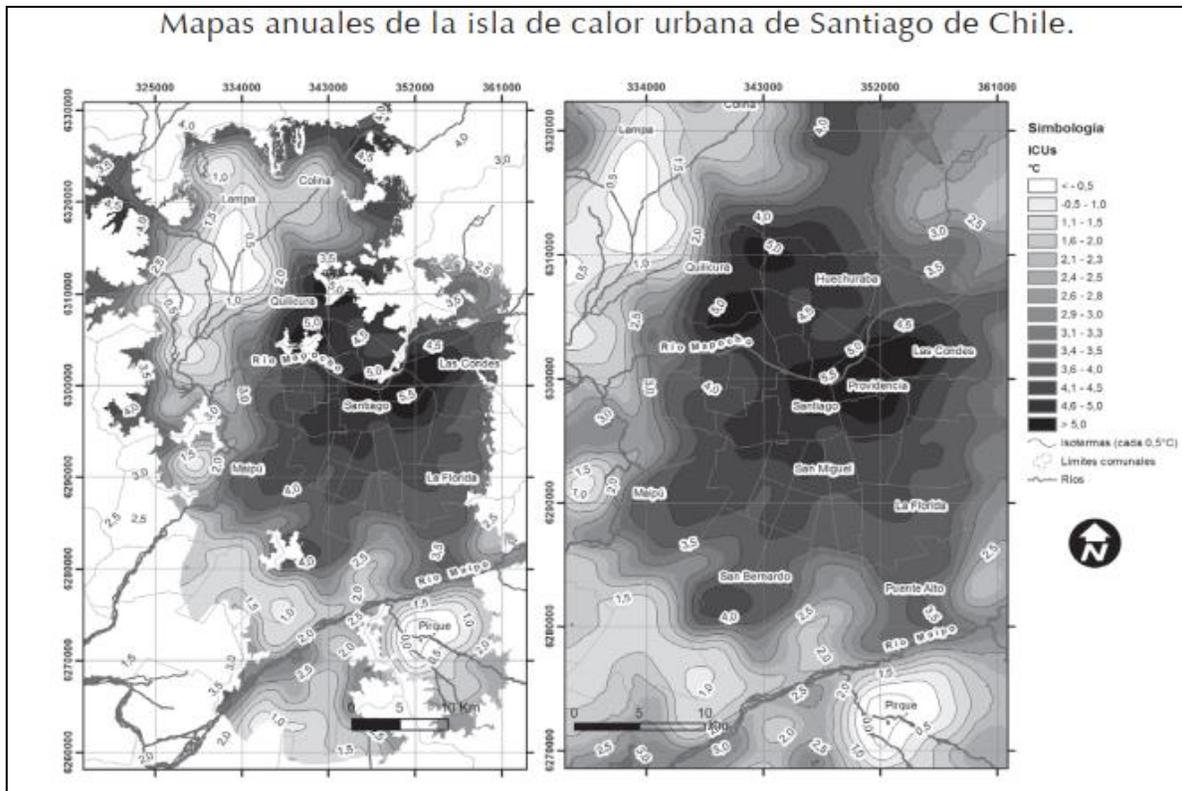
Uno de los cambios más considerables en la climatología urbana son las Islas de calor urbano (ICUs), y en lo que respecta a la comuna de Pudahuel, algunos estudios de isla de noche, han demostrado que no presenta alta intensidad en los

resultados, en comparación a las otras comunas de la región, por ser Pudahuel una comuna periurbano y de límite provincial.

Es importante recalcar que en Pudahuel, durante la noche los valores relacionados a las (ICUs) son mínimos, pero durante el día indican una de las comunas con mayores resultados, durante la estación de verano. (Sarricolea, 2022). Evidencian su rápido enfriamiento, por ser una comuna mayormente rural, en comparación con las comunas aledañas y el resto de las comunas de la región metropolitana.

La siguiente (Fig.1), muestra las características en la intensidad de las (ICUs) en la ciudad de Santiago, que demuestra la mínima intensidad anual de islas de calor en Pudahuel y por lo cual, es descartado el estudio de islas de calor en la comuna:

Figura 1 Mapa anual de isla de calor urbana de Santiago.



Fuente: En base a Sarricolea, (2014).

El presente informe abarca los cambios de la temperatura anual, concentradas en verano y busca evaluar por medio de los indicadores ambientales, caracterizar el clima urbano.

1.3 Área de estudio

La comuna de Pudahuel tiene 197,4 km², está ubicada en los 33° 15' Latitud Sur – 70°45' Longitud Oeste. La comuna de Pudahuel, está circunscrita al Norponiente, en la provincia de Santiago más al Oeste, limita con la Provincia de Melipilla en particular, con la comuna de Curacaví y al Norte con la Provincia de Chacabuco, en la comuna de Lampa. Al Noreste con la comuna de Quilicura, al Este de Renca y Cerro Navia, al Sur-Este con Estación Central y Lo Prado, al Sur con Maipú. Todas sus comunas vecinas son parte de la región Metropolitana de Santiago.

En la comuna de Pudahuel, en 1964 fue construido el Aeropuerto Arturo Merino Benítez. Es conectado rápidamente por la Autopista Costanera Norte, Autopista Central, Autopista G-70, Autopista G-68 con sus respectivas caletas. Son vías rápidas y directas, que conectan los traslados interregionales (Ruta G-68), existiendo en la práctica un solo circuito interno: camino a El Noviciado-camino a Lampa- camino Lo Boza (Plan regulador comunal PRC, 2021). Actualmente en la comuna existen tres estaciones del servicio de Metro Empresa de Transporte de Pasajeros Metro S.A, empresa del Estado, en las áreas de desarrollo urbano consolidado al Este, de la comuna de Pudahuel y el suelo rural al Oeste, exento de zonificación, por lo cual queda supeditado al Plan Regulador Metropolitano. Esta área está compuesta por paisajes agrarios, naturales y seminaturales.

La hidrología distingue los cursos de ríos más importantes en Pudahuel, desde el Oeste son los esteros Lampa - Colina y Cruces, que se unen con el río Mapocho. Entre la Cordillera de la Costa y el Cerro Lipangue en Lampa, surge el Estero Cruces. Específicamente se describen los esteros que vienen desde el Nor-Este de la comuna de Colina, es el estero Til-Til, el Chacabuco y Peldehue, que fluyen en dirección Sur-Oeste, se juntan al estero Polpaico, posteriormente se adhieren al Estero Lampa y el Estero Lebu, hacia el sur, se une con laguna Caren, en Pudahuel.

En la comuna, el estero Lampa cruza desde el Oeste la autopista G-68. Por el Este el río Mapocho, que viene por el costado de la autopista Costanera Norte, se dirige hacia el Sur de la autopista G-68. Finalmente el Estero Lampa se une al Río Mapocho, por el Este de las Lomas de Pudahuel. El uso de suelo que describe las áreas hidrológicas, se localizan en áreas de expansión urbana. Hacia el sur entrando en la comuna de Maipú, se adhiere el Zanjón de la Aguada, desde el Este, cruza la autopista G-70, para unirse al Río Mapocho.

El Secretario municipal Don Camilo Ruiz, el Alcalde Don Johnny Carrasco y la Asesora urbanista Doña Claudia Campodonico, al presente promulgado por el secretario y ministro de fé que suscribe y certifica la aprobación del Plan regulador comunal de Pudahuel (Ministerio del interior y seguridad pública, 2021). Rectifican las siguientes áreas de restricción, en las zonas aledañas al Aeropuerto.

Tabla 1 Áreas de restricción del Aeropuerto adscritos al Plan regulador comunal.

Areas	Descripción
De resguardo de Infraestructura de Transporte y telecomunicaciones. Artículo 8.4.1. PRMS	Áreas de alto riesgo, aplica las restricciones del artículo 8.4.1.3
De aeropuertos, Aeródromos y Radio ayudas. Artículo. 8.4.1.3. Letra b.1. PRMS.	De Aeropuertos Aeródromos y Radio ayudas, letra b, numeral b1, del PRMS. Decreto n°173 del 16
De Resguardo de Infraestructura Energética. Sub-Estaciones y Líneas de Transmisión de Energía Eléctrica. Art 8.4.3. letra b. PRMS	N°173 del 16/10/2023 del Ministerio de Defensa Nacional (D.O 19.02.2004), el cual incluye el Plano de Protección del Aeropuerto Arturo Merino Benítez N°PP-03-01 confeccionado por la Dirección General de Aeronáutica Civil.
Artículo 84.1 PRMS de Aeropuertos, Aeródromos	Artículo n° 56 del DFL 1982 del Ministerio de Minería.
Decreto 173 del 16/10/2003 (D.O. 19/02/2004) Ministerio de Defensa Nacional.	De resguardo de infraestructura de Transporte y telecomunicaciones. Artículo 8.4.1. PRMS De aeropuertos, Aeródromos y Radio ayudas. Artículo. 8.4.1.3. letra b.1 PRMS
	Zonas restringidas en su altura de edificación por las superficies.

Fuente: Elaboración propia (2023), en base a PRC de Pudahuel (2021).

1.4 Geomorfología

La carta geomorfológica de la (Tabla.1) es de la sección central y occidental, de la Región Metropolitana de Santiago, se presenta en proyección UTM a escala 1:250.000, en base a Araya Vergara 1985. Pudahuel, al Nor-Oeste, limita con la Cordillera de la Costa. Es importante el aporte de las quebradas que alimentan el Estero Lampa, desde las cuencas altas de la Cordillera de la Costa.

Las cumbres más destacadas, son el Cerro Bustamante con 1877 m.s.n.m, Cerro Alto Lipangue con 463 m.s.n.m, las Lomas de Pudahuel con 991 m.s.n.m y hacia el Sur del límite comunal, el Cerro Bandera con una cota de 675 m.s.n.m.

Es descrito, el sistema de vertientes en las laderas del pie de monte de la Cordillera de la Costa, conos aluviales intermitentes y quebradas, que se activan con las precipitaciones y los conos fluviales permanentes. La importancia de la exposición de la ladera, es sobre la cantidad de humedad y presencia de vegetación, en superficie, que depende del relieve en su desigual calentamiento (Martín Vide, 2005), para distinguir si están orientadas en Sotavento parte resguardada del viento o Barlovento.

Tabla 2 Geomorfología

Categorías	Indicadores	Descripción
Sistema de Vertientes	Monoclinal de sustrato Volcánico	Los sistemas de vertientes, según Araya (1985), procesos dinámicos actuales desarrollados en procesos de erosión y generación de flujos de detritos. El uso de suelo: edificaciones.
Formas de acumulación	Cono aluvial torrencial	Los sistemas de conos aluviales, torrenciales. Que suelen gradar hacia formas de glacis, sobre todo de tipo glacis de derrame.
Formas de Glacis	De Derrame	Los glacis de derrame son aquellas formas depositacionales desarrolladas a partir del lavado de los sedimentos de calibre más fino desde los conos aluviales(p.96) al Sur Oeste la zona de la cordillera de la costa más próxima del área de desarrollo urbano, con presencia de vertientes graníticos hacia el sur-este, en donde la exposición noreste presenta formas de glacis.
Formas polifásicas de terrazas	Terraza fluvial holocénica	La terraza holocénica corresponde al nivel más bajo, e incluye a las denominadas To y T'. (p97) Estas terrazas presentan rodados frescos, sin suelos. La primera To una condición de inundación estacional. La segunda T' episódica polifásicas de terrazas holocénicas de cirenitas, en la unión del estero Lampa - Colina con el Mapocho y al Sur Oeste la zona de la cordillera de la costa más próxima del área de desarrollo urbano
Formas Palustres	Terraplamiento Palustre	Desarrollados durante el Cuaternario.

Fuente: Elaboración propia (2022), en base a Soto Bäuerle et al, (2007). Revista de publicación n° (39), realizada en base a estudios de (Araya Vergara 1985). Carta Geomorfológica de las secciones centrales y occidentales. Región metropolitana de Santiago, escala 1:250.000. Proyección Universal Transversal Mercator UTM.

La (Fig.3), ilustra la clasificación de morfoestructuras de las laderas del pie de monte de la Cordillera de la Costa, Lomas de Pudahuel y de las formaciones en las áreas de expansión y desarrollo urbano consolidado.

Figura 3 Mapa geomorfológico de Pudahuel.



Mapa geomorfológico de la cuenca del Mapocho. Araya Vergara, 1985.

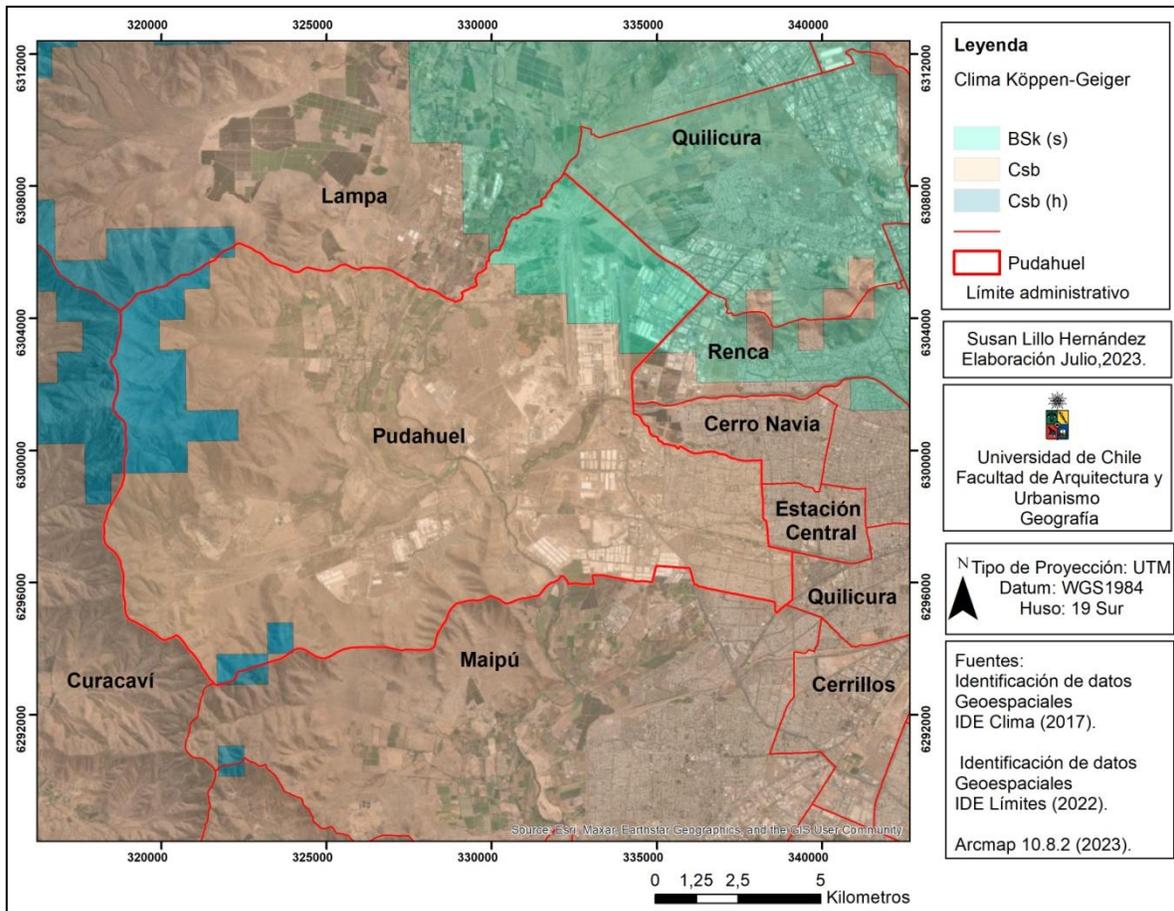


Fuente: Elaboración propia en base a arcgis.com (Consulta electrónica, 2023) y José Araya-Vergara en 1985. La escala de trabajo fue 1:250.000.

1.5 Clima

El clima de Pudahuel se enmarca dentro de los climas subtropicales, de tipo semiárido y mediterráneo (Fig. 3). La precipitación de la tabla 3 representa el promedio de los tipos de clima, sin embargo el promedio de Pudahuel no supera los 300 mm anuales. Lo mismo ocurre con temperatura y altitud (en que se sitúa el tipo climático (Sarricolea at al, 2017). Las superficies climáticas están a escala 1:1.500.000, en base a la clasificación continental de Chile de Köppen–Geiger en la (Fig. 4):

Figura 4 Mapa de clima según Köppen -Geiger.



Fuente: Elaboración propia (2023), en base a clasificación climática de Köppen-Geiger en IDE (2017) por Arcmap 10.2.8

La siguiente (Tabla.2), describe las tres clasificaciones de clima, precipitación y altitud, localizadas en la comuna de Pudahuel:

Tabla 3 Zonas climáticas de Chile según Köppen-Geiger.

Clasificación	Promedio de precipitación (pp)	Altura mínima	Altura Máxima
1. Clima semiárido de lluvia invernal BSk (s)	130 mm	50 m.s.n.m	3100 m.s.n.m
2. Clima mediterráneo de lluvia invernal Csb	700 mm	11 m.s.n.m	100 m.s.n.m
3. Clima mediterráneo de lluvia invernal de altura Csb (h)	700 mm	1000 m.s.n.m	3000 m.s.n.m

Fuente: Elaboración propia (2023), en base a Zonas climáticas de Chile según Köppen-Geiger escala 1:1.500.000. IDE, (2017).

La conclusión sobre el uso de superficies climáticas permite desarrollar nuevas clasificaciones e índices en función de la escala. Estos climas permiten comprender mejor el origen de las masas de aire que afectan a su distribución, por ejemplo, con respecto a elevación (h), el predominio de los vientos del oeste en las precipitaciones concentradas de invierno (s), precipitaciones concentradas de verano (w), con una estación invernal seca (w) en base a (Sarricolea, et al 2017, p66).

El viento es aire en movimiento paralelo al suelo, con intercambios de calor y transporte de vapor de agua, influyendo en el equilibrio de las desigualdades térmicas y pluviométricas (Martín Vide, 2005). La Tabla 3 describe la relación pluviométrica con la estación climática por cada orden de clasificación:

Tabla 4 Orden de vocablos de clasificación climática

Primer Orden	Segunda Orden Pluviométrica	Tercer Orden
1. Arido (B)	Semiárido (BS)	"h" (cálido) o "k" (frío).
2. Templado (C)	-	Cálidas (a) templadas (b) o suaves (c).
3. Mediterráneo (Cs)	Estación seca estival "s"	-

Fuente: Elaboración propia (2023), en base a Sarricolea et al, (2017).

De forma prevista los datos pluviométricos facilitan el conocimiento preciso del régimen de lluvia en cada localidad, permite prever los sistemas de protección y

evacuación de aguas lluvias, ya sea estableciendo las pendientes de cubiertas de techumbre, secciones de canales y bajadas, drenajes, etc. (Mellado, 2003 p9). La (Fig.5), describe los antecedentes de la estación meteorológica de Pudahuel, es representativa para la formulación del clima.

Figura 5: Características climáticas en Estación Meteorológica Pudahuel (1995):

	Tem máx	Tem mín	% Humed rel	Horas de sol	Precipitac.	
Estación	abs °C	abs °C	8 ⁰⁰ / 14 ⁰⁰	mensual / anual	en mm. anual	máx 24 hrs
Pudahuel	32,9 Feb	-4 en Jul	97 Jul / 65 Sep	346,3 Dic / 2.774,9	298,3	31,8

Fuente: (Mellado, 2003 en base a Dirección Meteorológica de Chile, Sub Dirección de Climatología y Meteorología Aplicada, Departamento de Climatología. “Valores Normales y Series de Temperaturas Extremas”.1995. Dirección General de Aeronáutica Civil, Dirección Meteorológica DMC, Sub Dirección de Climatología y Meteorología Aplicada. “Anuario Climatológico” 1999).

Los demás valores de Humedad relativa y horas de exposición son condiciones que integran la caracterización del clima. El aire frío es más denso, y por tanto, más pesado, que el aire a mayor temperatura. La superficie terrestre, por factores astronómicos, como la misma redondez del planeta, y por sus diferentes características geográficas y propiedades físicas, experimenta calentamientos y enfriamientos, ante la llegada de la energía radiante o solar y las emisiones de radiación terrestre (Martín Vide, 2005). También los Vientos predominantes,, precipitación y temperaturas del aire. A nivel atmosférico El Niño y la Oscilación del Sur, tiene especial importancia el fenómeno del niño, que es un evento climático global, que ocurre en la región del océano pacifico tropical. El niño es de fase cálida conocida como ENOS (MMA2018 p40).

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General:

1. Analizar las estrategias relacionadas al clima con foco en las áreas de expansión urbana en Pudahuel, y las oportunidades de considerar los Objetivos de Desarrollo sostenible (ODS).

1.6.2 Objetivos Específicos:

1. Evaluación de expansión urbana en la comuna de Pudahuel, desde 1940 al 2022 y las consecuencias medioambientales.

2. Caracterización térmica y vegetacional de las áreas de expansión urbano.

3. Análisis espacial de las variables LST, NDVI y NDWI, para propuestas de seguimiento ODS, en espacios públicos para el Municipio de Pudahuel.

1.7 Antecedentes

1.7.1 Sostenibilidad y los 17 ODS, de las Naciones Unidas ONU.

Los análisis de las estrategias relacionadas a los (ODS), en términos del cambio climático, aborda la producción sostenible, la gestión de los recursos naturales y medidas urgentes para hacer frente al cambio climático, de manera que puedan responder con las necesidades de desarrollo sostenible. De acuerdo con el Decreto Supremo n°49 del Ministerio de Relaciones Exteriores del 2015 y el Decreto Supremo n°67 del Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile (MINREL), publicado en noviembre de 2019, el Consejo Nacional, de cada ministerio que es parte de la Implementación de la Agenda 2030, para el Desarrollo Sostenible, Asesoría Técnica del Consejo y de la Secretaría Técnica (INE ODS 2019). Las cumbres internacionales por el medio ambiente que anticipan la Agenda 2030, de las cuales ha participado, el Estado de Chile son:

1. Informe Brundtland (1987)
2. Cumbre de la Tierra, en Río de Janeiro (1992) para las Naciones Unidas (ONU).
3. COP25 (2019)
4. Agenda 21 (2021)

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe, y a la Unión Europea (MOP 2017 p53), proponen que el desarrollo sostenible busque metas de salud, reducción de la congestión vehicular, calidad del aire y uso de energía (MOP 2017 p6), para aminorar la permanente alza del dióxido de carbono en el planeta (Gonzales, 2021 p2). El cambio climático a nivel mundial ha originado cambios fuertes en los parámetros meteorológicos. Esto indica el requerimiento de tomar medidas urgentes que disminuyan los impactos ambientales del cambio climático, considerado un riesgo ambiental.

Las Naciones Unidas buscan extender y establecer sus líneas de estrategias en Chile, que suscribe su participación en La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, establecen una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental de los 193 Estados Miembros que la suscribieron. (Naciones Unidas, 2018 p7). Para vincular al Estado Chileno, quien aún depende de la producción de los recursos naturales y producción primaria, en vías de desarrollo.

En mención al Decreto n°49 refiriéndose a:

Artículo 1º.- La Implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que tendrá por objeto asesorar al Presidente/a de la República y servir de instancia de coordinación para la implementación y seguimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en adelante ODS. (Ministerio de Relaciones Exteriores, 2016).

Artículo 20º: la Agenda 2030 está compuesta por contrapartes pertenecientes a cada ministerio, secretarías, servicios públicos, autónomos y demás órganos del Estado, quienes serán invitados a participar por la Secretaría Técnica del Consejo. (Ministerio de Relaciones Exteriores, 2016).

El Municipio, es un organismo autónomo del Estado, donde cualquier proyecto tiene la obligación de ingresar previamente al Consejo ministerial, que requiera permisos medioambientales en materia de la Agenda 2030, de la ONU. Los lineamientos de interés medio ambiental son los siguientes:

ODS 3: Salud y Bienestar

Para lograr el desarrollo sostenible es fundamental garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos a cualquier edad. Se han obtenido grandes progresos en relación con el aumento de la esperanza de vida y la reducción de algunas de las causas de muerte más comunes relacionadas con la mortalidad infantil y materna. (Naciones Unidas, 2018 p23).

ODS 7: Energía asequible y no contaminante

La energía es central para casi todos los grandes desafíos y oportunidades a los que hace frente el mundo actualmente. Ya sea para los empleos, la seguridad, el cambio climático, la producción de alimentos (Naciones Unidas, 2018 p37).

ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

Los problemas comunes de las ciudades son la congestión, la falta de fondos para prestar servicios básicos, la escasez de vivienda adecuada y el deterioro de la infraestructura (Naciones Unidas, 2018 p51).

ODS 13: Acción por el clima

El cambio climático afecta a todos los países en todos los continentes. Tiene un impacto negativo en la economía nacional y en la vida de las personas, de las comunidades y de los países. En un futuro las consecuencias serán todavía peores. Las personas viven en su propia piel las consecuencias del cambio climático, que incluyen cambios en los patrones climáticos, el aumento del nivel del mar y los fenómenos meteorológicos más extremos y las emisiones de gases de efecto invernadero. (Naciones Unidas, 2018 p59).

En la (Fig.6), son ilustradas las estrategias relacionadas al clima, establecidas desde los (ODS), de forma particular los vinculados al medio ambiente en la ciudad, por medio de la implementación de la Agenda 2030, que resolvió el establecimiento de los siguientes 17 ODS:

Figura 6 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):



Fuente: En base a Naciones Unidas (2018, p1).

La segunda instancia que responde en la búsqueda de información para incluir al Municipio de la comuna de Pudahuel en proyectos medioambientales, es la (RedMunicc), la cual nace el 2014, impulsada por Adapt-Chile, como una instancia de cooperación, capacitación e intercambio de experiencias en materia de cambio climático entre las municipalidades de Chile (Adapt Chile y RedMuniCC, 2017 p6). Discute las propuestas de la Agenda 2030, y los (ODS), sobre el cambio climático.

La Organización no gubernamental (ONG) Adapt Chile busca apoyar a los municipios de Chile en la incorporación del cambio climático en la gestión, comunal, de manera de contribuir en las tareas de mitigación de los estudios medio ambientales y del clima urbano. El cambio climático es atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. (Adapt Chile y RedMuniCC, 2017 p49). El aumento de las temperaturas, extensas sequías y eventos pluviométricos con recurrentes inundaciones, en suelos urbanos.

La agenda de Municipios de Chile, ante el cambio climático propone líneas de estrategias para enfrentar los impactos, que afectan estructuralmente en los materiales de producción fundamentales para la economía local del país, determinar áreas de influencia, en primera instancia en las ciudades, donde habitan las poblaciones más expuestas a los riesgos ambientales.

En el contexto de seguir las ideas que propone la Agenda 2030, la Redmunicc propone 8 elementos de adaptación ante el cambio climático en la (Fig.7):

Figura 7 Manual para la incorporación a la red chilena de Municipios ante el cambio climático.



Fuente: Adapt Chile y Redmunicc Agenda (2017), p13.

La red de municipios proyecta incorporar estudios de impacto ambiental del orden de la prevención de riesgos ambientales, en la ciudad e integrar el concepto de desarrollo sostenible, en relación con la producción industrial y el bienestar económico y social. Una de las estrategias de prevención del riesgo es la gestión integrada de residuos, que se refiere a un sistema de manejo (generación, almacenamiento, recolección, transporte, procesamiento y evacuación) (Adapt Chile y RedMuniCC, 2017). Es decir, que los residuos no son liberados a los elementos del medio ambiente, que puedan provocar riesgos a la salud de la población, integrando las normas de calidad ambiental.

1.7.2 Red Chilena de municipalidades por el cambio climático (Redmunicc):

Fue una propuesta por la organización Adapt-Chile, sin fines de lucro, la Red Chilena de Municipios ante el cambio climático, entrega la opción donde cada municipio debe expresa su convenio de colaboración con la ONG Adapt Chile. Tiene el objetivo de generar instancias directas de participación, especialmente que traten de experiencias y proyectos referidos en materia medio ambiental. La siguiente (Tabla.5), muestra la manera de ingresar a la Red de Municipios:

Tabla 5 Incorporación en la Red Municipal por el cambio climático:

Documento(s):	<ul style="list-style-type: none"> • Link directo a redmunic.cl dentro de la página web municipal • Comunicado de prensa municipal
Plazo:	1 mes a partir de la firma del convenio

Fuente: Elaboración propia (2023) en base a Adapt-Chile, (2017).

Los residuos tóxicos industriales generan emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El total de gases emitidos por Chile el año 2013, aportó 4,1%, siendo el principal gas el Metano (CH₄) y al año 2017 aumentó 17,3%. (Adapt Chile y RedMuniCC, 2017 p28). La mitigación de impactos, es la intervención humana para reducir las fuentes o aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero, contaminación, industria, proyectos medio ambientales, al interior de una comuna, provincia o región. Puede generar un Riesgo, en la probabilidad de que se produzca un evento pluviométrico, sequías y consecuencias negativas. (RedMuniCC, 2017), al medio ambiente. Los gases de efecto invernadero (GEI), son el vapor de agua (H₂O, dióxido de carbono CO₂, Óxido de nitroso N₂O, metano CH₄ y ozono. (Adapt Chile y RedMuniCC, 2017). Al interior de una ciudad la polución atmosférica afecta al medio ambiente, hidrología, salud de la población y clima urbano.

La disponibilidad de agua del país tiene importantes reservas de agua dulce en los glaciares (Adapt Chile y RedMuniCC, 2017), pero el avance de la ciudad y la expansión urbana, implica que el efecto más negativo son las sequías, porque impacta, más significativamente en las comunas, donde los flujos de los ríos no son permanentes, lo cual es preocupante por la escasez de precipitaciones.

Una herramienta clave para la planificación de desarrollo sostenible en Chile, se aprobó el año 2022, mediante la Ley de marco de cambio climático n°21.455, que dicta lo siguiente:

Artículo 1° La presente ley tiene por objeto hacer frente a los desafíos que presenta el cambio climático, transitar hacia un desarrollo sustentable de emisiones de gases de efecto invernadero y otros forzantes climáticos, hasta alcanzar y mantener la neutralidad de emisiones de gases de efecto invernadero al año 2050, reduciendo la vulnerabilidad y aumentando la resiliencia de los cambios de las temperaturas, cumpliendo a los compromisos internacionales asumidos por el Estado de Chile en la materia.

Son pertinentes las siguientes definiciones:

b) Cambio climático: cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma

a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

k) Mitigación: acción, medida o proceso orientado a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros forzantes climáticos, o restringir el uso de dichos gases como refrigerantes, aislantes o en procesos industriales, entre otros, o a incrementar, evitar el deterioro o mejorar el estado de los sumideros de dichos gases, con el fin de limitar los efectos adversos del cambio climático.

Del párrafo IV, en su Artículo 12 dicta: Planes de Acción Comunal de Cambio Climático. Las municipalidades deberán elaborar planes de acción comunal de cambio climático, los que serán consistentes con las directrices generales establecidas en la Estrategia Climática de Largo Plazo y en los planes de acción regional de cambio climático.

En su Artículo 3° define:

a) Adaptación al cambio climático: acción, medida o proceso de ajuste al clima actual o proyectado o a sus efectos en sistemas humanos o naturales, con el fin de moderar o evitar los daños, reducir la vulnerabilidad, aumentar la resiliencia o aprovechar las oportunidades beneficiosas.

f) Efectos adversos del cambio climático: los cambios en el medio ambiente, provocados por el cambio climático, que tienen consecuencias nocivas en la composición, la capacidad de recuperación o la productividad de los ecosistemas, en la salud y el bienestar humano, o en los sistemas socioeconómicos.

Del Título IV, párrafo I, destaca el Artículo 24 y los Comités Regionales para el Cambio Climático (CORECC):

Artículo 25.- Municipalidades. Sin perjuicio de las atribuciones conferidas por la ley, las municipalidades colaborarán en la gestión del cambio climático a nivel local, individualmente o a través de asociaciones municipales, mediante el apoyo e integración de los CORECC, propuesta por el Plan nacional de adaptación al cambio climático (PNACC) y la participación en la elaboración de los planes regionales y comunales de cambio climático, en concordancia con las directrices de la Estrategia Climática de Largo Plazo. Las municipalidades en la dictación de sus planes, programas y ordenanzas deberán incluir la variable de cambio climático, en lo que corresponda.

La municipalidad de Pudahuel no está adherida a la Red Chilena de Municipios ante el Cambio Climático, en (Consulta electrónica: 2023). Sin embargo, desde el ámbito público y privado existen los fundamentos legales que definen los principales parámetros medio ambientales, desde la visión de los ODS de la ONU. La RedMunicc, es una propuesta adecuada para incluir el análisis del clima urbano y proponer ideas de mitigación ante el cambio climático, que para el presente caso de

estudio, fue sobre temperatura de LST y descripción de las áreas de expansión urbana y desarrollo urbano consolidado.

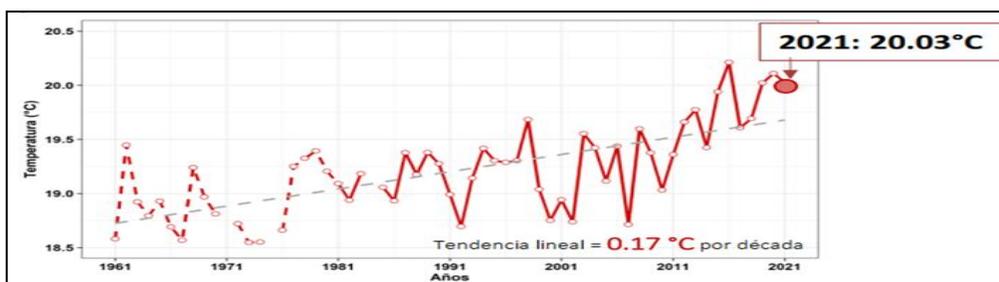
Las estrategias municipales actualmente poseen un marco legal, que desde el ámbito medio ambiental propone lineamientos para concretar proyectos de inversión que aminoren los cambios del clima, que requieren de los estudios científicos, en función del clima urbano, en proyección de analizar los posibles impactos ambientales ante el cambio climático global.

1.7.3 Información Meteorológica de la Estación de Pudahuel.

La adaptación de la infraestructura contra los riesgos relacionados a la variabilidad y el Cambio Climático puede parecer un nuevo concepto, tradicionalmente se ha tomado en cuenta las condiciones climáticas históricas en el diseño, construcción, uso y mantenimiento de la infraestructura (MOP 2017 p33). Es importante establecer la relación entre la temperatura del aire y de la superficie no está completamente consensuada. Sin embargo, hay mucha discusión sobre ello. Algunos autores, señalan la estrecha y positiva relación entre las temperaturas del aire y la superficie (Weng, 2009).

En Chile continental la temperatura media durante el año 2022, fue de 13.47°C, levemente más frío que el año anterior, pero de igual forma se convirtió en el cuarto año más cálido en 61 años (González, 2021 p10), debido al episodio de La Niña. La temperatura media de Santiago fue de 15.20°C, siendo más cálido que el promedio de 109 años (DMC, 2023 p46). En Santiago de Chile desde el año 2010, las temperaturas tuvieron un alza considerable. La siguiente (Fig.8) muestra la temperatura del aire de Santiago durante los años 1961-2022:

Figura 8 Temperaturas del aire, media de Santiago.



Fuente: En base a DMC, (2022) p10.

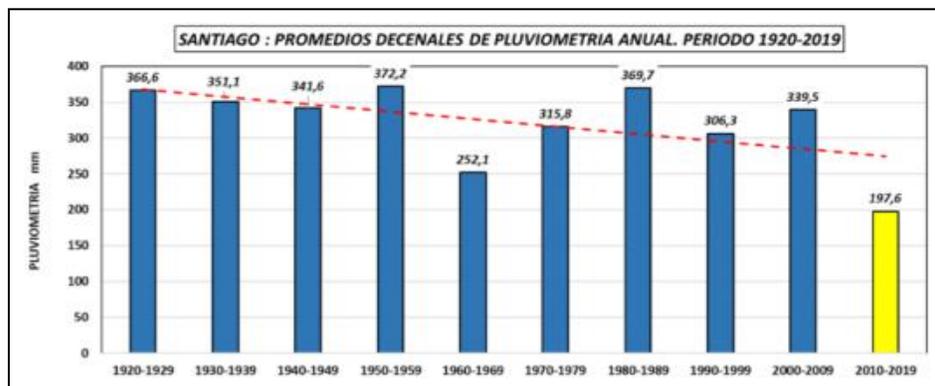
El cambio climático ha establecido un aumento en la temperatura del aire en las últimas décadas, lo que ha provocado que la isoterma cero se desplace a niveles más altos, generando una reducción de la superficie andina que recibe nieve, por lo que la disponibilidad de agua disminuye y contribuye a las sequías, sobre todo, en el periodo estival. Las sequías meteorológicas corresponden a un período prolongado de ausencia de precipitaciones (MOP 2017 p21).

Las sequías son desastres naturales recurrentes y que se insertan en las condiciones climáticas, hidrológicas e institucionales y sociales de sus respectivas regiones (MOP 2017, p21). En el caso de Chile central, la permanencia del anticiclón del Pacífico durante el invierno entre las regiones de Valparaíso y La Araucanía, han ido bloqueando año a año los corredores por donde debieran derivar los sistemas frontales con las lluvias necesarias para los sistemas agroecológicos.

Por otro lado, ante eventos de precipitación importantes, aumenta el agua que escurre por la cuenca, lo que podría influir en la ocurrencia de remociones en masa o aumento de caudales (DMC, 2022 p20).

La (Fig.9) es una muestra de la precipitación caída en la ciudad de Santiago, en 100 años del registro estacional pluviométrico, que muestra que en la década 2010-2019, ha sido la más deficitaria del período (González, 2021 p2), anual en la cuenca de Santiago, cabe recordar que Pudahuel es localizada al interior de la provincia:

Figura 9 Pluviometría anual de Santiago en 100 años.



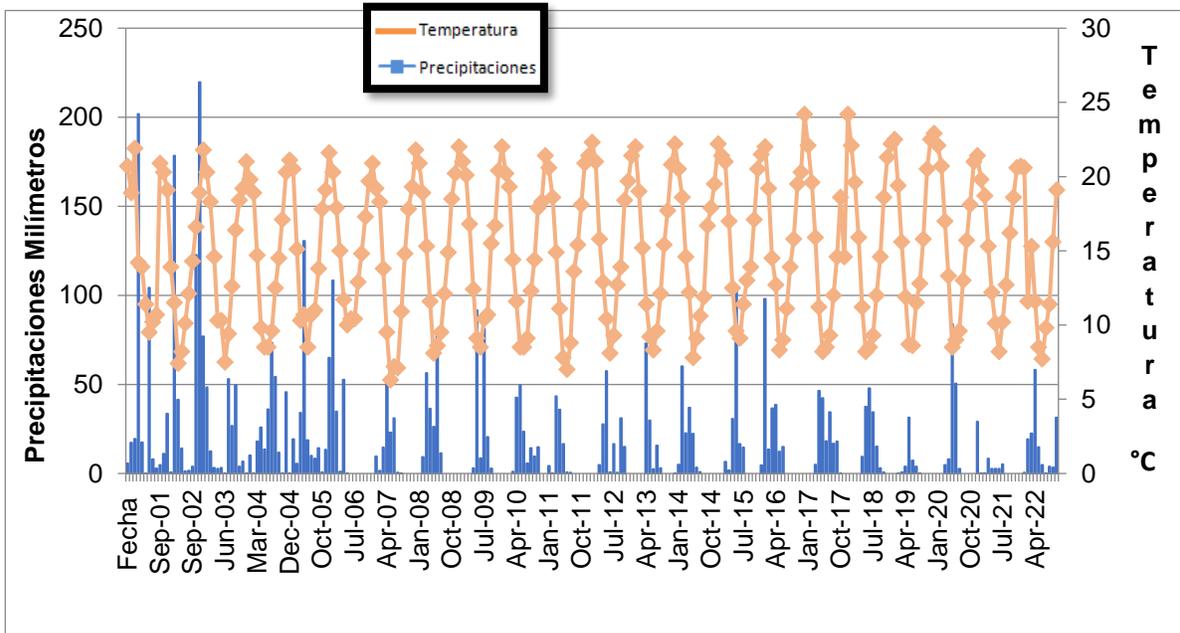
Fuente: Agroclimatólogo del Centro de Transferencia en Riego y Climatología (CITRA) de la Universidad de Talca, Sr. Patricio González, Situación climatológica de Chile central, publicado en Boletín Pomáceas 2021.

En la (Fig.10) muestra que el año 2000 al 2017 las temperaturas del aire, aumentaron, mientras la precipitación acumulada disminuía considerablemente. Las precipitaciones no superaron más los 200 ml del promedio mensual, desde el año 2003 en adelante, lo que demostraba una fuerte propensión a la ausencia de precipitaciones. El año 2018 la temperatura del aire comienza a disminuir llegando el año 2022 a resultar con los valores más fríos, pero con escasas precipitaciones.

Las Temperaturas medias del aire, de la Estación Meteorológica de Pudahuel, tiene una altitud de 482 m.s.n.m, se localiza en las Coordenadas: - 33,37833° - 70,78778°. La expansión urbana, al interior de la comuna en el periodo del año 2000 al 2017, aumentó significativamente y las temperaturas de la estación meteorológica,

registran alzas importantes entre los años 2015-2017, que posteriormente disminuyen drásticamente la media aritmética de 25°C a casi 20°C el año 2022.

Figura 10 Temperatura media y Precipitación mensual, Estación Pudahuel.



Fuente: Elaboración propia (2023) en base a información anual de Temperaturas medias mensuales y Precipitaciones total mensual, por la dirección meteorológica DMC (2000-2022).

1.8 Legislación ambiental de Chile.

La legislación en materia ambiental, en el tiempo histórico más reciente, ha tenido implicancias importantes para el territorio de Chile. Con la transición del régimen dictatorial en 1989, el primer gobierno representado por el derecho civil ciudadano, establece la Ley n° 19.300 de bases generales del medio ambiente promulgada en 1994, la cual es fundamental en términos de la protección de los recursos de la naturaleza de Chile.

La implementación del Servicio de evaluación de impacto ambiental SEIA (es de aplicación obligatoria desde abril de 1997) (CONAMA 1998, p18), el procedimiento de evaluación de los componentes del medio ambiente, tiene la finalidad de acreditar desde los titulares, de considerar lo estipulado en el Artículo 11 de la ley, dónde identifiquen las fases, partes, obras y acciones incluyendo la gestión de residuos, que estimen de forma directa o indirecta, las alteraciones en los elementos del medio ambiente y receptores de los efectos, características o circunstancias, en un área de influencia determinada o fuera de sus límites.

Se materializa el Ministerio del medio ambiente MMA, el año 2010. La ley n° 20.600 promulga los Tribunales Ambientales el año 2012, que permitirían ejercer acciones, por defectos del proceso participativo. La impugnación de proyectos que no consideraron de forma debida las observaciones ciudadanas o de forma más general para conocer las reclamaciones en contra del acto que resuelve un procedimiento administrativo (Segundo tribunal ambiental, 2021 p54).

Considerando que el Territorio Chileno debe aplicar normas de restricción y regulación de la producción privada y estatal, que responda a los requerimientos de cada territorio, es decir, de los aspectos geográficos que puedan contribuir en las observaciones de las líneas de base, con la capacidad del suelo, agua, aire, clima y economía. En relación con la causa de los impactos ambientales, los cuales se pueden considerar, directos cuando la alteración de los elementos es inmediata, indirectos si el riesgo no es permanente, acumulativo en propensión al progresivo aumento del daño y sinérgico, agregando de modo que la acción que induce la aparición de otros nuevos impactos.

En referencia al Artículo 2° de la Ley n°19.300, la definición de contaminante es la siguiente:

En su letra d) es: Contaminante, todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, luminosidad artificial o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas.

Del Artículo 2 letra o) definen: Norma de Emisión: las que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante en medida del efluente de la fuente emisora.

Las normas de calidad ambiental están definidas en la Ley n°19.300. Las normas primarias son relacionadas con la Salud humana y las normas secundarias de calidad ambiental, tratan de la gestión de las normativas ambientales aplicables. Todo titular de un proyecto o actividad que produzca efluentes, emisiones o residuos, debe predecir y evaluar sus impactos ambientales, y en función de ellos; del efecto adverso sobre un receptor humano producto de la cantidad y calidad de los elementos del medio ambiente (Servicio de Evaluación Ambiental SEA, 2023 p22). Ante la urgencia en los días críticos de preemergencia y emergencia ambiental, respecto de los límites de polución atmosférica que afecta de forma principal la salud de la población, en la Región Metropolitana fue declarada zona saturada por:

1. Material particulado (MP10)
2. Ozono Troposférico (O3)
3. Monóxido de Carbono (CO)
4. Zona latente por Dióxido de Nitrógeno (NO₂¹)
5. Material particulado (MP2, 5)
6. Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

En contexto sobre Emisiones y Efluentes, el inciso n°5 del Artículo 6 del Reglamento de la ley n°19.300, que es el Decreto n°40, se refiere:

La Cantidad, Composición, Concentración, Peligrosidad, Frecuencia y Duración, de las emisiones y efluentes del proyecto. Lo anterior debe ser adecuadamente presentado en las descripciones de las evaluaciones de impacto ambiental. En la actualidad, el Cambio climático es considerado como un Riesgo medio ambiental, que debe considerar la predicción del impacto.

Se establece en la Ley n°21.455 de marco del cambio climático, aprobado el año 2022, define:

Artículo 9°.- Planes Sectoriales de Adaptación al Cambio Climático. Los Planes Sectoriales de Adaptación establecerán el conjunto de acciones y medidas para lograr adaptar al cambio climático aquellos sectores con mayor vulnerabilidad y aumentar su resiliencia climática, de conformidad con los objetivos y las metas de adaptación definidas en la Estrategia Climática.

En la Ley n°19.300 de, el concepto de salud no está definido, ausente también del Reglamento del SEIA Decreto n°40. Sin embargo, el referido marco normativo establece que para la evaluación de los impactos en la salud de la población, se deben utilizar los valores límites establecidos en las normas primarias de calidad ambiental, de emisión o normas de referencia, que abordan la protección de la vida

¹Decreto supremo D.S. N°131 de 1996 (MMA2018 p3).

y salud de la población (SEA 2023 p26), para otras normas sectoriales que reconocen la protección del medio ambiente, en las implicancias para el bienestar humano, social, económico, cultural y científico.

La situación de la calidad del medio ambiente y las emisiones atmosféricas, entra en contexto la Ley REP n° 20.920, promulgada el año 2016, que establece la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje; (Segundo tribunal ambiental, 2021 p53), son avances legislativos medio ambientales, pero en referencia a los residuos, más no al nivel de emisión de la industria, es decir, es de carácter compensatorio y no preventivo.

El uso de suelo son conjuntos de actividades, en un determinado territorio y de acuerdo con el artículo 2.1.2.4 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C), los usos de suelo urbano se agrupan en seis tipos:

1. Residencial
2. Equipamiento
3. Actividades productivas
4. Infraestructura
5. Espacio público
6. Área verde.

El concepto de espacio urbano, desde la base teórica, no solamente considera el espacio residencial y viviendas, sino que integra la funcionalidad de la economía, producción y oficios, de la ciudad. Es absolutamente posible que la participación civil pueda demandar y exigir medidas de restricción, en base a los dictámenes vigentes. Pero el elevado costo de los procesamientos legales, desde un sujeto civil, impide llegar a acuerdos y respuestas burocráticas oportunas, para que existan consensos respecto al tiempo prolongado de horas de funcionamiento de las grandes industrias, para atenuar el impacto ambiental.

La siguiente (Tabla.2), caracteriza una lista de leyes, reglamentos, decretos, normas y ordenanzas vigentes en Chile, dentro del contexto medio ambiental, para facilitar el conjunto de planes estratégicos que formulen acciones legales, para dar fundamento a la interpretación de las reclamaciones y EIA:

Tabla 6 Legislación

Nombre	Año	Vinculación	Descripción
Decreto 4740	1947	Ministerio del interior	Limpieza de calzadas urbanas.
Ley n° 19.300 de bases generales del Medio ambiente	1994	Secretaria General de la Presidencia	Concretar el desarrollo jurídico adecuado a la garantía constitucional que asegura a todas las personas vivir en un medio ambiente libre de contaminación.
Ley n° 19.525	1997	MOP	Regula Sistemas de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias
Decreto supremo n°22	2010	Secretaria general de la presidencia	Norma de calidad secundaria de aire para ácido anhídrido sulfuroso (So2).
Ley n°20.417	2010	CONAMA	Evaluaciones ambientales estratégicas sometidas a políticas y planes.
Decreto supremo n°13	2011	CONAMA	Normas de emisión para termoeléctricas. De prevención y control de emisiones al aire.
Decreto n°38	2012	Ministerio del medio ambiente	Reglamento Normas de calidad Ambiental y de Emisión.
Decreto 160 Ley 20416	2012	Ministerio de economía, fomento y turismo	Acuerdos de producción limpia. Marco normativo
Decreto supremo n°40	2013	Ministerio del Medio ambiente	Reglamento del sistema de evaluación ambiental.
Ordinano n°151.276 del SEA.	2015	SEA	Observación obligatoria de las guías de EIA.
Ley n°20780	2016	Superintendencia de Medio Ambiente	Impuestos verdes
Ley n°19.821	2016	Ministerio del Medio Ambiente	Residuos industriales
Ley n° 20.920 REP	2016	Ministerio Del medio ambiente	Responsabilidad extendida del productor
Decreto supremo n°49	2016	Ministerio de relaciones exteriores	Denomina el consejo de ministros de la comisión asesora presidencial de la Agenda 2030.
ORD n° 3.126	2016	Ministerio del medio ambiente	Cumplimiento metas MP y Nox
Oficio n°180.515	2018	SEA	Normativas Pas permisos ambientales sectoriales
Ley n°21.455 Ley marco del Cambio Climático	2020	Ministerio del Medio Ambiente	Tiene la finalidad de de alcanzar y mantener la neutralidad de emisiones de gases de efecto invernadero al año 2050.
Ley n°21364	2021	Ministerio del Medio Ambiente	Sistema nacional de prevención y respuesta ante Desastres.
Resolución 1331 Art°34	2022	Dirección general de aguas DGA	Escenarios de Sequia

Fuente: Elaboración propia (2023), en base a información pública, de archivos del Congreso nacional.

Las emisiones industriales y urbanas, degradación, pérdida de suelo y agua, la sobreexplotación, el cambio de uso de suelo por urbanizaciones, obras hidráulicas e infraestructura, producen alteraciones en demasía sobre las características del terreno, las interacciones con el clima y el ciclo hidrológico, como también la modificación permanente de la cubierta vegetal, impactan irreparablemente en el ambiente sin estrategias hídricas y de renovación de la reglamentación ambiental.

La legislación sienta las bases para estipular medidas de mitigación, idealmente preventivas o correctoras en su defecto, en un área de influencia, si produce una pérdida periódica o permanente, de la calidad de las condiciones ambientales.

CAPÍTULO 2: MARCO METODOLÓGICO

La metodología aplicada al presente proyecto de título, para concretar los resultados, son en base a la recolección de datos, previamente existentes por instituciones. Puede definirse como Mixta, al ser una combinación de métodos cuantitativos y cualitativos, referidos al contenido de la información. Principalmente el enfoque es la técnica no experimental, cuando es información anteriormente registrada (Toro y Parra, 2006), tales como las imágenes satelitales o número de población, archivos institucionales, científicos y literarios. Los estudios cualitativos dan como resultado información o descripciones de situaciones, eventos, acciones humanas, registros y estudios de casos prácticos (Cadena et al., 2017 p1605). En los estudios de la teledetección, el satélite, es un instrumento que detecta la energía radiante y calórica. La metodología cualitativa involucran los estudios en urbanización, la historia, cultura y formas de producción económica, que incluyen aspectos del ámbito social.

En un principio la caracterización de las áreas de expansión y desarrollo urbano consolidado en la comuna de Pudahuel, se obtuvo por un análisis multiespacial y multitemporal, seleccionados debido a su localización (Smith y Romero, 2009). Se utilizó la técnica de la fotointerpretación del territorio, es decir, la observación del espacio en periodos diferentes, en una misma región, para el estudio de cambios en las coberturas vegetales por urbanización y se utilizó el uso de sensores remotos (Chan y Xu, 2013) por medio de imágenes satelitales, que hacen posible archivar las series de tiempo y descargar los datos procesados, desde la provisión de cada sensor remoto de un territorio (Yi et al., 2008 p220).

La metodología para resolver el análisis del clima es sobre los cambios de la temperatura superficial de la tierra (LST) y el índice de vegetación (NDVI), los cuales registran los valores de temperatura de emisión de las cubiertas de suelo (Oke y Voogt, 1997). La temperatura, es detectada por el satélite que entrega los datos de interés climático, por espacio temporal (VerMOTE y Vermeulen, 1999), lo que permite realizar estudios multitemporales, desde una nube de información en la plataforma en *Google Earth engine* (GEE), que necesita internet para su funcionamiento. Incorporando la metodología cuantitativa, la regresión lineal fue aplicada en el cálculo estadístico, sobre los datos de LST día y NDVI, de las áreas seleccionadas de zonas climáticas locales ZCL basadas en Stewart y Oke 2012, en las áreas de expansión y desarrollo urbano consolidado.

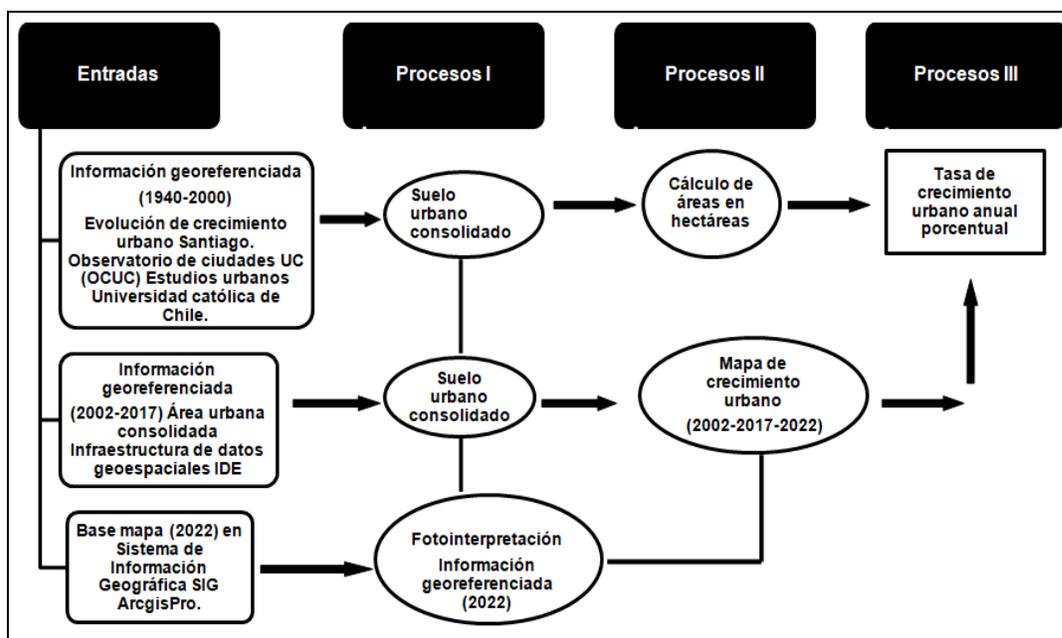
Las morfologías urbanas o facetas se articulan, las cuales componen bloques o manzanas que agrupadas forman los barrios, que del conjunto de barrios emerge la escala de ciudad (Roco, 2022), con el objetivo de analizar las temperaturas LST y la evaluación del clima urbano, en la comuna de Pudahuel.

2.1 Objetivo específico nº1: Evaluación del crecimiento urbano en la comuna de Pudahuel.

La metodología cuantitativa en los estudios de la teledetección ambiental, es entendida como aquella técnica que permite obtener información visual, detectada para identificar el suelo construido, dentro de la imagen satelital (INE, 2019, p31). Al inicio, los límites urbanos de la comuna de Pudahuel, desde 1940 al 2021, georeferenciados y disponibles en formato shapefile (archivo shp). Con esto fueron obtenidas, las tasas de crecimiento en hectáreas, para posteriormente realizar la fotointerpretación, de las áreas de expansión urbana, al año 2022. El usuario obtiene imágenes satelitales con el propósito de identificar objetos y juzgar su significado, creando categorías o clases en el proceso (Rojas, 2019 p33) de la fotointerpretación. La evaluación puede aplicarse con imágenes satelitales, en color natural, con las que se realizaron análisis multiespaciales (Molero et al, 2007 p84), para establecer los límites de expansión y obtener las dimensiones más recientes del desarrollo urbano consolidado en la comuna de Pudahuel.

La herramienta Calculated Geometry Field, del SIG ArcgisPRO, agrega información a campos de atributos de una entidad que representan las características espaciales o geométricas y la ubicación, que entrega la provisión de áreas, que se expresarán en las unidades propias, de las coordenadas (ESRI, 2022) y calcular las áreas de crecimiento urbano, desde 1940 al 2022, en (Fig.11):

Figura 11 Metodología cuantitativa: Evaluación del crecimiento urbano.



Fuente: Elaboración propia 2023, en base a OCUC UC 2020, IDE 2020, ArcgisPro 2022.

Fue agregado el límite urbano del Plan Regulador Metropolitano del año 2013, para realizar una comparación de las regulaciones administrativas con los límites urbanos de la OCUC, IDE y de la fotointerpretación.

Tras la obtención del Mapa de crecimiento y las tasas porcentuales, fueron ilustradas las Manchas urbanas, que representan el área total de los usos de suelo existentes al interior de la comuna, tales como, residencial, comercio, industria, vialidad y otros (Sarricolea, 2008, p26). Las dimensiones de las áreas OCUC e IDE están previamente establecidas desde la información respectiva institucional, proyectada en la conversión Universal Transversal Mercator UTM WGS1984, al igual que las áreas de expansión, determinadas en grados.

2.1.2 Cálculo de tasas de áreas crecimiento urbano.

De esta forma, se determinaron las zonas más dinámicas de crecimiento urbano. Este cálculo también puede ser aplicado según lo estime conveniente el usuario y según los periodos que se requiera analizar. El paso siguiente ha sido la obtención de un análisis estadístico y una tabulación en Excel, para calcular las áreas en hectáreas, con la siguiente ecuación aplicada:

Tabla 7 Tasa de crecimiento Bruto

Crecimiento Urbano	Ecuación
Tasa de crecimiento bruto (TCB)	= $((2088) / 1443) * 100 = 144.87 \%$
(TCB)	= $((3531 - 1443) / 1443) * 100$
Tasa de crecimiento promedio anual	= $((\text{Valor final} / \text{Valor inicial})^{(1 / \text{Número de años})}) - 1$

Fuente: Elaboración propia en base a Sarricolea 2023.

2.1.3 Análisis demográficos, del Censo de Vivienda y Población, de suelo urbano en la comuna de Pudahuel.

Fue formulada una tabulación de los datos demográficos y de vivienda disponibles de los Censos 1992, 2002 y 2017, en las zonas de suelo urbano. Los datos demográficos fueron representados en una pirámide de población, por edad y género. Además fueron ordenados los resultados de tipología de vivienda, casas o edificios, para analizar las áreas de expansión y desarrollo urbano consolidado.

2.2 Objetivo n°2: Identificación de los cambios de las temperaturas superficiales de la tierra (LST), de día y noche.

Fue utilizada la metodología cuantitativa, para el cálculo de las series de tiempo (LST). El producto es realizado en *Google Earth Engine* (GEE) (Wang et al, 2022 p5), calculan la temperatura superficial nocturnas diarias por estaciones y diurnas anuales, por medio de la programación Javascript y JSON (Williams, 2019). En las áreas de expansión de suelo urbano, se descargaron los productos de LST, para calcular las temperaturas de emisión, en Terra MODIS (Sarricolea, 2014 p124), su frecuencia de registro es cada 8 días en LST, con resolución espacial de 1000 metros, de día y de noche.

2.2.1 Análisis de Indicadores medio ambientales, por medio del Índice diferenciado de vegetación normalizado (NDVI), en la comuna de Pudahuel.

La información espectral de la imagen capturada abarca, el infrarrojo cercano (NIR), que reacciona por la actividad fotosintética de la vegetación (Huete et al, 1997). La temporalidad en la obtención de los datos del Índice NDVI, es cada 16 días a una resolución de 250 metros.

Los productos MODIS LST, son colecciones archivadas en *Hierarchical Data Format - Earth Observing System* (HDF-EOS), *EOS Data Information System* (EOSDIS), usan los puntos por clase en las franjas que son estructuradas en una grilla que funciona de soporte geolocalizado de los datos (Wan, 2013 p5). Es decir, mantiene una secuencia temporal de imágenes, procesadas por el Sensor de base MODIS, sobre una misma región.

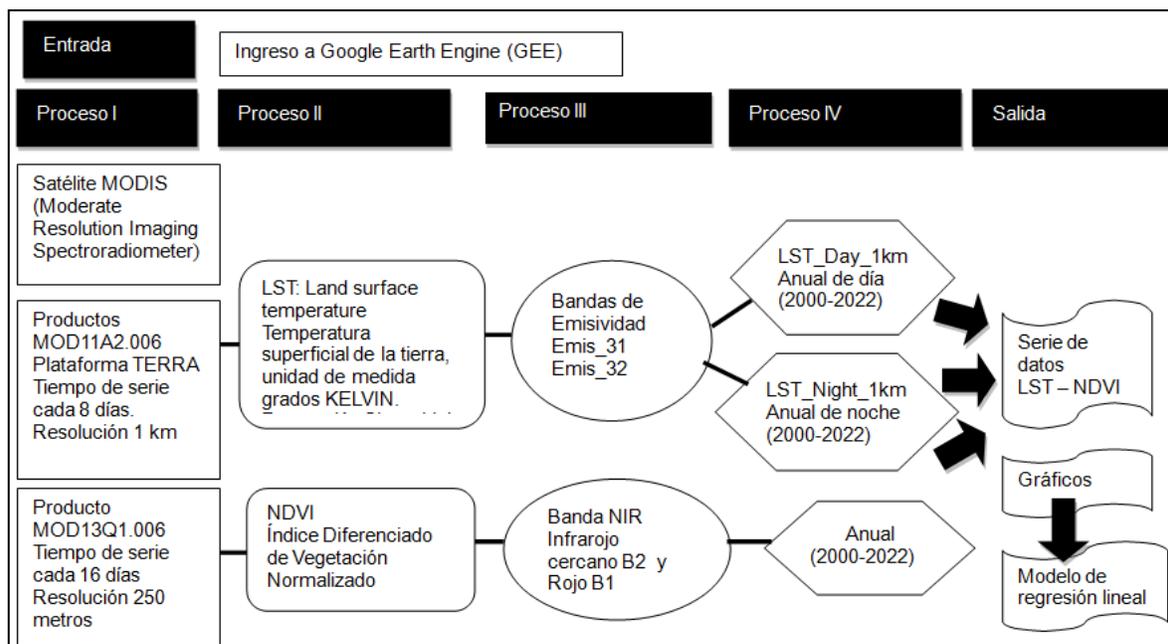
Los algoritmos y datos contienen aquellos productos de LST que están descritos en la guía de la NASA, el uso de la información sobre el contenido y estructura de los datos que habilitan el uso sobre el estudio de las temperaturas y sus diferentes usos (Wan, 2013 p5). MODIS posee 36 bandas del espectro visible, el Infrarrojo cercano (NIR) y el Infrarrojo (IR), con provisiones globales de cobertura, por cada satélite, la información es capturada en grados Kelvin, estos son transformados a grados Celsius, por la siguiente ecuación:

$$\frac{(\text{Valor Lst} \times 0,002) - 273,15}{1} = t \text{ } ^\circ\text{c}$$

Fuente: Elaboración propia (2023).

Existe dentro del espectro electromagnético, los datos que calculan la emisividad de los materiales, mostrados en las bandas 31 y 32. Son estimadas por las clasificaciones basadas en los métodos de emisividad, sobre cubiertas de la superficie de la tierra (Wan, 2013 p9). Las colecciones de imágenes realizadas, en este caso por el satélite MODIS terra, es explicado en la siguiente (Fig.12):

Figura 12 Metodología cuantitativa: Esquema de aplicación GEE.



Fuente: Elaboración propia (2023), en base a *USGS Guías de metodología de la Nasa en Google earth engine (GEE)* en Wan, (1999).

2.2.2 Índice diferenciado de vegetación normalizado NDVI:

Como aspecto deductivo de la demostración cuantitativa de los resultados se obtuvieron indicadores ambientales, como el NDVI (Stas et al, 2016), en datos anuales (2000-2022), para todas las estaciones. De forma integral, una imagen promedio del Índice NDVI, de los años (2014 - 2021), de la estación de verano (Diciembre, Enero y Febrero), que fue extraída del satélite Landsat 8 *Operational land imager* OLI TIRS, del producto Reflectancia superficial (*Surface Reflectance*).

El NDVI, permite entregar características de las áreas de desarrollo urbano, en los diferentes niveles que el espacio tiene en las zonas de expansión (Deng et al, 2018) y su vinculo con la presencia de vegetación. Un incremento en los valores denota que la fracción de la vegetación verde tiene más vigor. Por ejemplo, el resultado de $NDVI = > 0.5$ muestra una condición positiva respecto al crecimiento de la vegetación, de su cobertura y densidad (Deng et al, 2018 p10). El objetivo buscó encontrar las inflexiones en los resultados de la serie de datos de NDVI con los cambios de las temperaturas LST y determinar en qué momentos ocurrieron, con la finalidad de encontrar coincidencias con los documentos de las fichas de entrega de propiedades y evaluar la disminución o aumento de los índices ambientales, según las características del diseño urbano.

2.2.3 Evaluación térmica, vegetacional y de estrategia hídrica.

Las imágenes satelitales son obtenidas de la plataforma *Google Earth Engine* (GEE). Realizando una imagen promedio por cada índice ambiental, LST de día, NDVI, como fue descrito anteriormente y NDWI, en las fechas y estaciones seleccionadas, a través del Satélite Landsat 8 OLI TIRS. La radiatividad de la LST, es calculada a partir de la temperatura de brillo en la imagen la Banda 10.

La imagen promedio de noche térmica de LST, es un resultado que utilizó las técnicas de fusión de imágenes (Liu et al, 2022), de la combinación de bandas del satélite MODIS Terra, en la noche de verano del 2 de febrero del año 2023.

2.2.4 Índice diferenciado de agua normalizado NDWI.

La metodología del Índice de agua (Yi et al, 2008), define los cambios de contenido en aguas superficiales. Se calcula con la banda (Infrarojo cercano) NIR y la banda verde (ESRI, 2023), las cuales maximizan la reflectividad del agua (Pech, 2020 p56). Está representado en una imagen (Sheng, 2015 p132), promedio con el Satélite Landsat 8 OLI TIRS, del producto Reflectancia superficial.

El índice, propuesto para la detección de agua líquida (Yi et al, 2008) presente en la vegetación o suelo. Representado en una imagen promedio de los meses de verano (Diciembre, Enero y Febrero), durante los años (2014-2021), la descripción de las bandas espectrales son definidas en la (Fig.9):

Figura 13 Índice NWDI

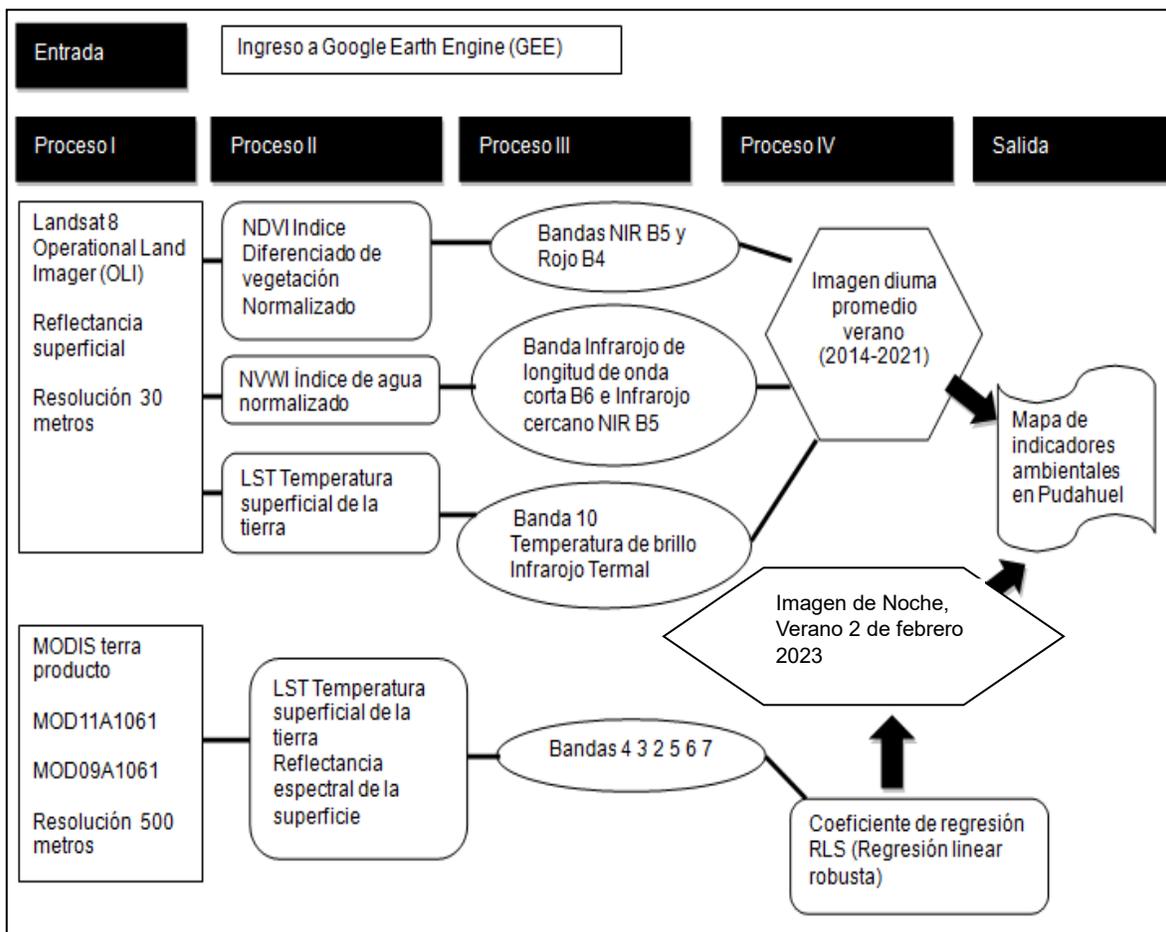
$$\text{NWDI} = (\text{Verde} - \text{Infrarojo cercano NIR}) / (\text{Verde} + \text{Infrarojo cercano NIR})$$

Fuente: Elaboración propia, en base a ESRI (2023).

La propuesta de las evaluaciones son a través de *Google Earth Engine* (GEE) a 10 metros de resolución espectral, en una combinación de los productos de los satélites MODIS terra, que utiliza el enfoque estadístico de los datos por los mínimos cuadrados de información almacenada para la fusión de los datos. La metodología de aplicación RSL en Ten-ST-GEE (Mhaweji y Abunnasr, 2022 p1), es funcional con la aplicación en la plataforma de nube.

En la siguiente (Fig.14), se muestra la metodología aplicada en la obtención de los indicadores ambientales, por medio de las imágenes promedio para LST (día/noche), NDVI y NWDI:

Figura 14 Esquema metodológico de cálculo de imágenes promedio satelital.



Fuente: Elaboración propia (2023) en base a USGS Guías de metodología de la Nasa en *Google earth engine* (GEE) y RSL Mhawej y Abunnasr (2022).

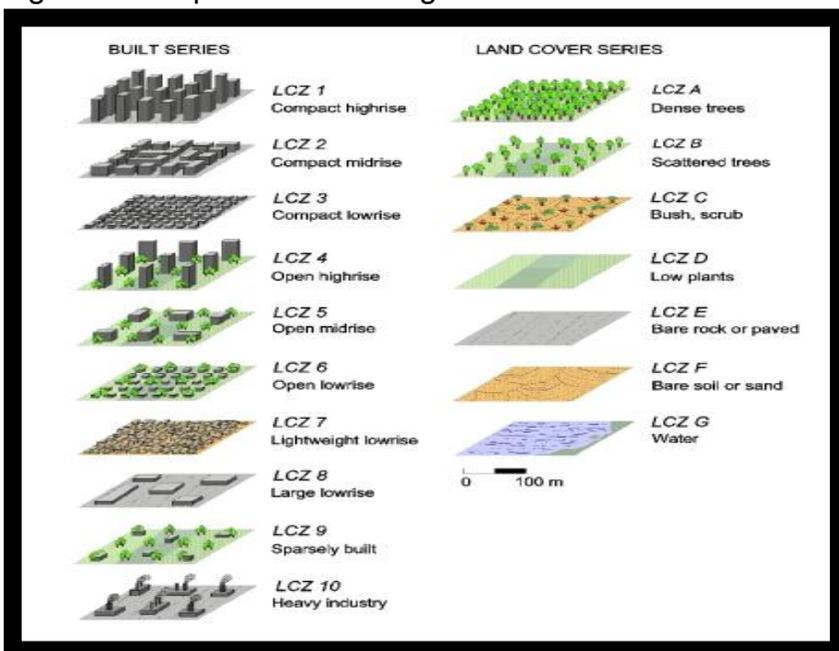
2.2.5 Selección de la morfología de diseños urbanos, en la comuna de Pudahuel:

La clasificación de las coberturas del terreno, en un ambiente urbano, donde los hábitats, cada día más intervenidos por la antropogenia, la expansión de las ciudades, el avance de las culturas y el desarrollo de la economía, intensifican los cambios climáticos urbanos. Las zonas climáticas locales (ZCL), en base a (Stewart y Oke 2012), son agrupadas por su capacidad de influencia (Oke et al, 2017 p48), porque están relacionadas con la densidad y formas urbanas, al interior de una ciudad.

Los criterios de las clasificaciones se pueden obtener implementando imágenes, de sensores remotos y cálculos de las estructuras determinando sus áreas (Oke et al, 2017 p4). Las altas temperaturas tienen relación con las construcciones en superficie terrestre, su absorción y reflejan la energía electromagnética por la combinación del albedo (Oke et al, 2017), que detecta el sensor satelital. Tienen la finalidad de facilitar la tipificación de las formas al interior de la ciudad, donde fueron obtenidas las series de datos MODIS terra, en base a esta clasificación.

El diseño urbano, son en parte responsables de la distribución de las temperaturas urbanas (Sarricolea, 2014 p2), que caracterizan la forma en que controlan el clima (viento, temperatura por las texturas de la superficie), que describen los cambios de las temperaturas. En la (Fig.15) es ilustrada la clasificación de Stewart y Oke 2012, son las zonas climáticas locales ZCL, que se enfocaron en el análisis multiespacial en las áreas de expansión y desarrollo urbano consolidado enfocado en la comuna de Pudahuel.

Figura 15 Esquema Metodológico de Zonas Climáticas Locales (ZCL).



Fuente: En base a Stewart y Oke, 2012 de Zonas climáticas locales (ZCL).

2.3 Objetivo n°3: Análisis espacial de las variables LST, NDVI y NDWI, para propuestas de seguimiento ODS, en espacios públicos para el Municipio de Pudahuel.

Las emisiones de la cubierta de la superficie, aumentan las temperaturas en los sistemas climáticos urbanos. Son factores controlables, que si bien dependiendo del tiempo que transcurre su generación, estas se concentran de forma difusa, intermitente o continua, que trae consecuencias negativas en ciudades densas y compactas. Es importante agregar más que nunca, que los sistemas climáticos no pueden ignorar los estudios que establecen los factores positivos de la presencia de vegetación, en los procesos de la evaporación (Oke et al, 2017 p60), del agua que implica el enfriamiento de las cubiertas de la superficie. La utilización de los indicadores ambientales LST, NDVI y NDWI, facilita el análisis espacial de la información satelital de las imágenes promedio obtenidas en el objetivo anterior, para ubicar las áreas verdes obtenidas por los Indicadores de calidad de plazas y parques urbanos del INE 2019, en las áreas de desarrollo urbano consolidado y apreciar la observación de la información de forma localizada.

Los materiales de las edificaciones y estructuras, son de vital importancia en la observación de los cambios de la temperatura de las cubiertas. La descripción anterior tiene la finalidad de ubicar, dentro del diseño urbano, la aplicación de medidas de mitigación, que han sido establecidas en el espacio público, que es regulado a través de los Planes Reguladores. En el Título II Planificación urbana, Capítulo I sobre Definiciones de la Ley general de Urbanismo y Construcciones LGUC, se estipulan las siguientes determinaciones conceptuales:

Los planes reguladores comunales deberán promover el acceso equitativo de la población a bienes públicos urbanos relevantes, tales como la cercanía a áreas verdes, servicios, comercio, deporte y cultura (MINVU, DFL N° 458, 2020 p21).

En el párrafo 4° de la OGUC: De la Planificación Urbana Comunal, define lo siguiente:

Artículo 41°: Se entenderá por Planificación Urbana Comunal aquella que promueve el desarrollo armónico del territorio comunal, en especial de sus centros poblados, en concordancia con las metas regionales de desarrollo social, económico, cultural y medioambiental y que incorpora disposiciones que resguardan y promueven la integración social y el acceso equitativo a bienes y servicios públicos urbanos (MINVU, DFL N° 458, 2020 p21), que entran en la clasificación de regulación y mantención de la disponibilidad de áreas verdes de interés público.

La siguiente definición en base al Decreto supremo n°47 de la OGUC, en su Artículo 2.1.30, define: tipo de uso urbano a qué Espacio Público, refiriéndose a:

1. Sistema vial
2. Plazas

3. Parques
4. Áreas verdes públicas
5. Bienes nacionales de uso público.

En base a MINVU, Decreto supremo n°47, Resumen (2020) p91.

Las superficies a ceder para áreas verdes, podrán disponerse de dos formas:

1. En sentido longitudinal con respecto al espacio público, siempre que su ancho no sea menor a 3 metros.
2. En sentido transversal con respecto al espacio público siempre que, cuando el área verde tenga sólo un frente hacia la vía pública, se cumpla la proporción entre frente y fondo que establezca el respectivo Plan Regulador Comunal o Seccional (MINVU, Decreto supremo DS n°47 2020 p106).

El artículo 80°, de la OGUC, se refiere a la potestad Municipalidad que podrá ejecutar directamente, con cargo a su presupuesto, las siguientes acciones:

c) Ejecutar los jardines y plantaciones de las áreas verdes de uso público urbano. (MINVU, DFL N° 458, 2020 p51).

2.3.1 Trabajo de campo.

La extensión de las áreas verdes significará, en mediano plazo un aumento en la calidad ambiental dentro de la comuna, para obtener la proximidad al objeto de estudio. Es adecuada la metodología cualitativa de la percepción desde quien indaga, aplicando el trabajo de campo, es decir, la visita in-situ al área de estudio, para la obtención de la información visual, a través de la captura de imágenes fotográficas de las vías públicas.

2.3.2 Utilización de los Instrumentos de Planificación Territorial IPT.

La OGUC, en el Título 2, Capítulo 1, de planificación urbana y sus instrumentos, define los IPT con la finalidad de contribuir a la descripción de las áreas de desarrollo urbano consolidado: En su Artículo 2.1.24: corresponde a los Instrumentos de Planificación Territorial IPT, en el ámbito de acción que les es propio, definir los usos de suelo de cada zona. Lo cual deberá ser reglamentado por el Instrumento de Planificación Territorial correspondiente:

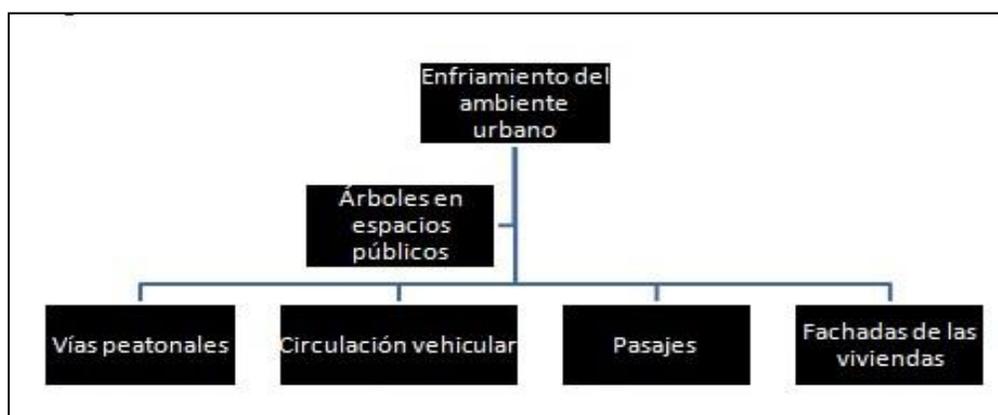
1. Residencial.
2. Equipamiento.
3. Actividades Productivas.
4. Infraestructura.
5. Espacio Público.
6. Área Verde.

En base a MINVU, Decreto supremo n°47 Resumen (2020), p87.

Para lo cual, fue de utilidad el IPT correspondiente a la determinación de las áreas verdes georreferenciadas, por el INE del año 2019, en las áreas de desarrollo urbano consolidado, en la comuna de Pudahuel.

La (Fig.16) muestra un diseño de planificación para la aplicación de proyectos ambientales, que contribuye a dar prioridad en el establecimiento del aumento de la presencia de vegetación, al interior de la ciudad compacta.

Figura 16 Diseño Urbano de mitigación de los impactos ambientales ante el cambio climático.



Fuente: Elaboración propia, (2023).

Es importante establecer, porque fue descartada la inclusión del concepto de Parque, por la dificultad de acceder a los permisos ambientales sectoriales PAS, permisos seccionales y propiedad privada, que impiden concretar a corto plazo proyectos ambientales, sumado a la urgencia habitacional e inmobiliario comercial, por sobre la ampliación de áreas verdes, al interior de la ciudad consolidada.

La presencia de vegetación atenúa el impacto de las altas temperaturas en verano y los impactos de las precipitaciones e inundaciones en invierno, es por esto que se busca proponer medidas preventivas y correctoras, de mitigación al Municipio de Pudahuel, básicamente partiendo desde la plantación de árboles puntuales, dentro del espacio público y la mantención de ellos, a través de equipos de ornato, limpieza y transporte de agua en camiones aljibes, para el riego de los árboles, mientras dure su crecimiento, donde entra en materia la Ley n°19.057 promulgada el año 1991, en la OGUC, que describe los preceptos sobre plantaciones y ornato Municipales.

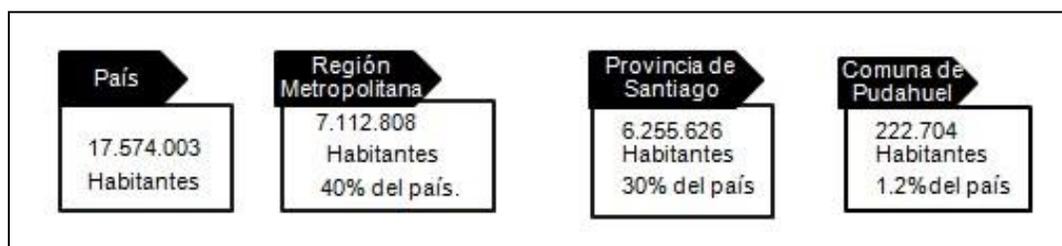
CAPÍTULO 3: RESULTADOS

3.1 Resultado Objetivo n°1: Evaluación del crecimiento urbano en Pudahuel y sus impactos ambientales en el territorio.

El crecimiento urbano en las áreas de expansión se traduce por el desarrollo y la multiplicación de grandes metrópolis (Dureau et al, 2002). Santiago es ubicada como la ciudad más habitada de Chile, donde la comuna de Pudahuel ocupa una posición indispensable a nivel nacional, por el acceso que entrega un gran flujo de personas, el Aeropuerto Arturo Merino Benítez. En relación con las características del ingreso o salida de la comuna a nivel vial, dispone la Autopista camino a Valparaíso G-68, la cual conecta la capital regional de Santiago, con la provincia de Melipilla y la región de Valparaíso.

La siguiente (Fig.17) tiene la finalidad de comparar la cantidad de población urbana en la comuna de Pudahuel, respecto a la cantidad de habitantes en la provincia, región y país.

Figura 17 Población en Chile.



Elaboración propia (2022), en base a números de habitantes de la Provincia de Santiago (INE et al., 2019 p53) y número de habitantes de Pudahuel (Censo, 2017).

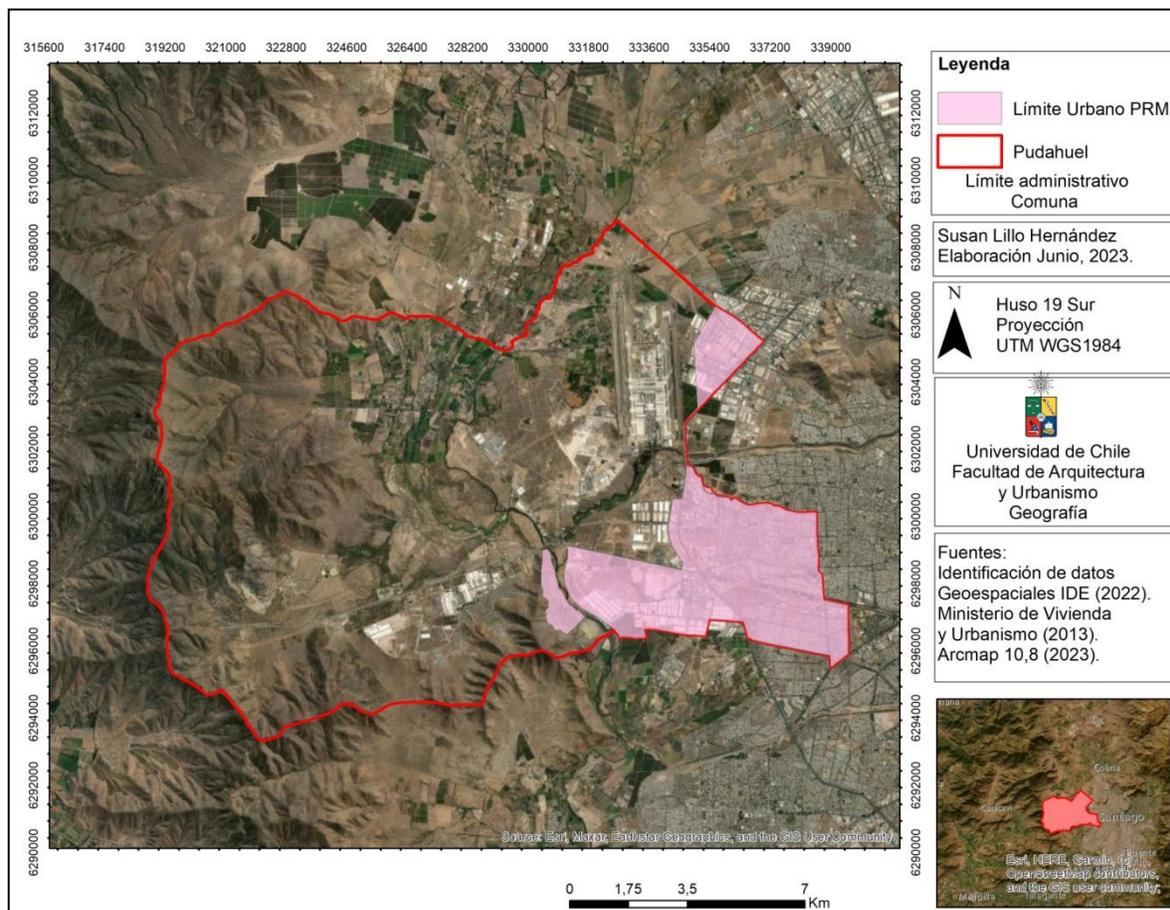
En Chile el total de personas censadas el año 2017, en la región metropolitana fue de un 40% en comparación a la población total del país, la provincia de Santiago un 30% y la comuna un 1,2% respecto al total nacional.

La agricultura está siendo substituida por asentamientos urbanos. Sólo entre 1995 y el año 2000 la provincia de Chacabuco, ha incrementado su superficie urbana en 4.356 hectáreas (ha), mientras perdía 2.769 ha de suelo agrícola (CONAMA, 2002). En la comuna de Lampa y comuna de Colina, han sido construidas grandes infraestructuras, como autopistas concesionadas, zonas industriales y nuevos centros de servicios (Lukas y Fragkou, 2014 p67), dónde existe la mayor aglomeración de suelo urbano a nivel comunal.

Como antecedente al resultado de análisis del crecimiento urbano, la siguiente ilustración (Fig.18), muestra el límite urbano de Pudahuel, por medio del Instrumento

de Planificación Territorial IPT, determinado en el Plan regulador Metropolitano PRM100 del año 2013. El límite urbano resultó con 3042,3605 hectáreas.

Figura 18 Límite Urbano del Plan Regulador Metropolitano, 2013.

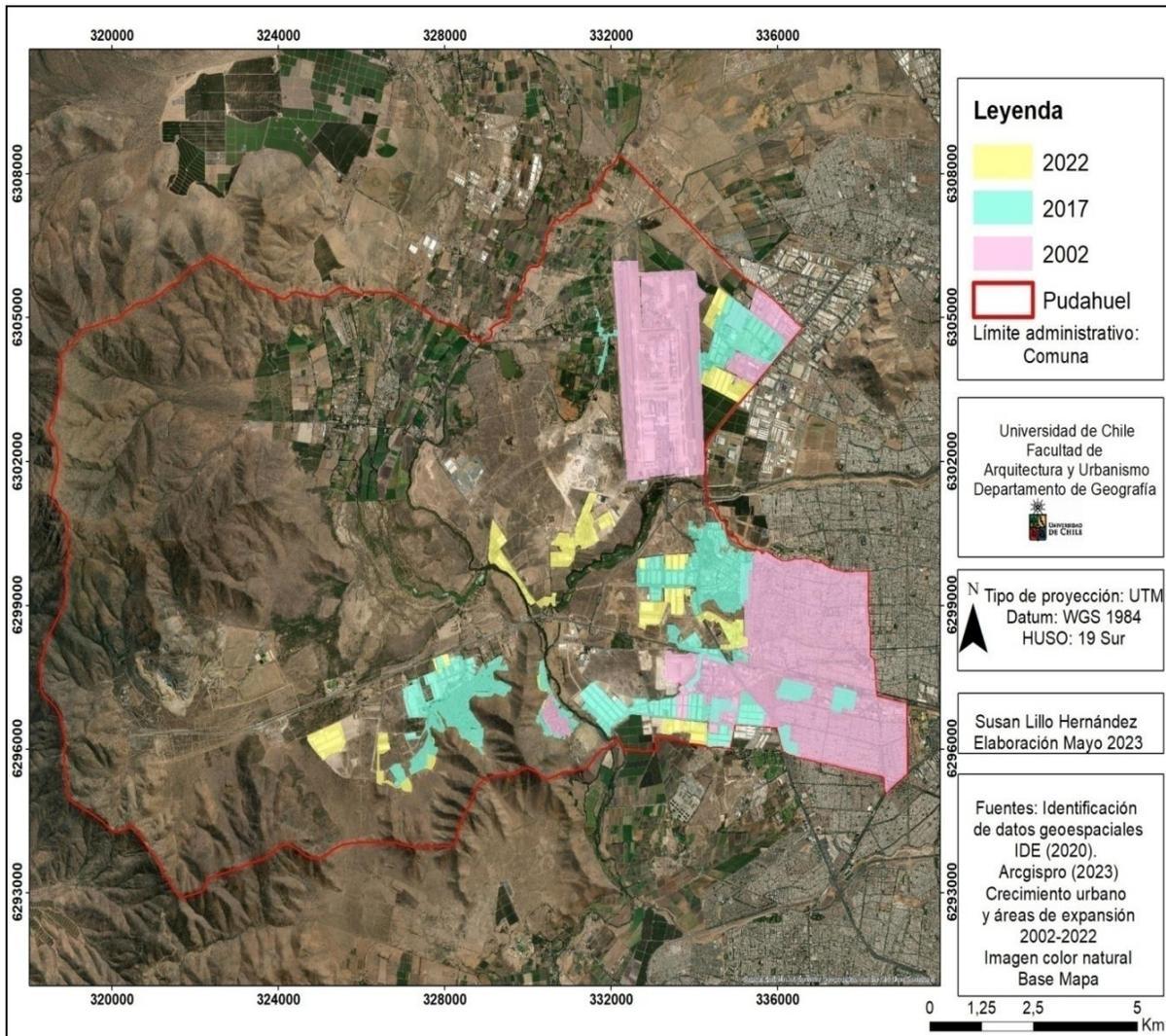


Fuente: Elaboración propia (2023), en base a IPT IDE (2013).

3.1.1 Áreas en hectáreas de crecimiento urbano.

Respecto del total de la superficie la comuna de Pudahuel, 19.740 hectáreas, el año 2002, alcanzó una superficie de suelo urbano que entrego 13% de superficie, el año 2017 un 23% y el año 2022 un 25% de superficie de cubierta urbana en relación del límite total administrativo comunal.

Figura 19 Mapa de crecimiento urbano de Pudahuel



Fuente: Elaboración propia (2023), en base a los datos del Observatorio de ciudad OCUC 2020, Área Urbana Consolidada en Infraestructura de datos geoespaciales IDE 2020.

El gradiente urbano/rural, es direccionado Oriente-Poniente, desde el área de suelo urbano consolidado, hacia zonas de uso de suelo industrial, equipamientos,

almacenaje y agrícola. El uso de suelo urbano en la comuna de Pudahuel, es descrita por zonas edificadas compactas y densas, exceptuando las viviendas de condominios cerrados con espacios abiertos en su interior.

La descripción del área urbanizada en las áreas de expansión de suelo urbano de la comuna de Pudahuel, se compone de zonas industriales y de almacenaje, las que obtuvieron mayor crecimiento, desde el año 2002 en adelante y además de la construcción de viviendas residenciales, que ha incrementado la expansión de los límites urbanos, hacia el oeste, con la provincia de Melipilla.

La siguiente (Tabla.8), describe el cálculo de las áreas de crecimiento urbano en hectáreas, a través, de la Tasa de crecimiento bruto (TCB) urbano, desde los años 1940 al 2022.

Tabla 8 Tasa de crecimiento urbano porcentual

Año	Pudahuel	Diferencia interperiodo	Tasa de crecimiento bruto	Hectáreas por año (ritmo)
1940	49,8	-	-	-
1952	136	86,2	273%	7,183
1960	154,9	18,9	114%	2,363
1970	960,4	805,5	620%	80,550
1982	1.200	239,6	125%	19,967
1996	1.687,1	487,1	141%	34,793
2000	2.230,7	543,6	132%	135,900
2002	2.579,7	349	116%	174,500
2006	2.953,6	373,9	114%	93,475
2017	4.594,9	1641,3	156%	149,209
2022	5.037,5	442,6	110%	88,520

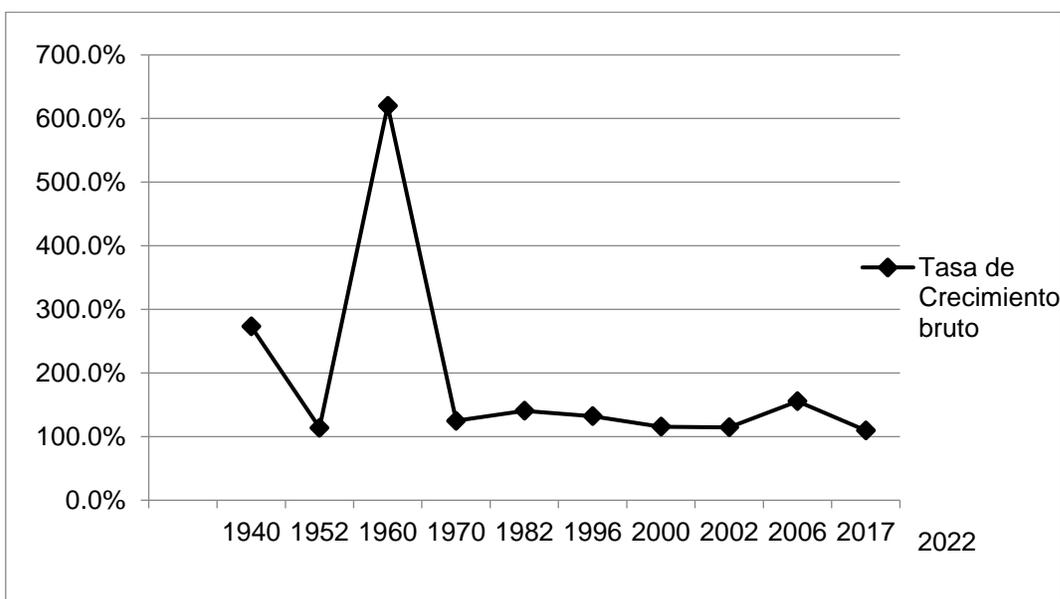
Fuente: Elaboración propia (2023), en base a OCUC (2020) e IDE (2020).

Respecto de la información de los límites urbanos, el crecimiento fue considerable durante la década de 1950 al 1970. En 1964, la comuna tenía el nombre de las Barrancas, época en que fue construido el Aeropuerto Arturo Merino Benítez al límite noreste.

Durante la década de 1982, con 1.200 hectáreas de suelo urbano consolidado la tasa de crecimiento urbano volvió a aumentar, pero muy por sobre el mínimo de lo que había crecido en las décadas anteriores y no es hasta la década del año 2000, que comienza a crecer con 2.230,7 hectáreas.

La tasa de crecimiento del área de suelo urbano aumentó respecto a los años anteriores a menor ritmo. El año 2022 terminó con un área acumulada de crecimiento de 5.037,5 hectáreas incluidas las áreas de expansión urbana con las áreas de desarrollo urbano consolidados, como muestra el gráfico de la (Fig.20):

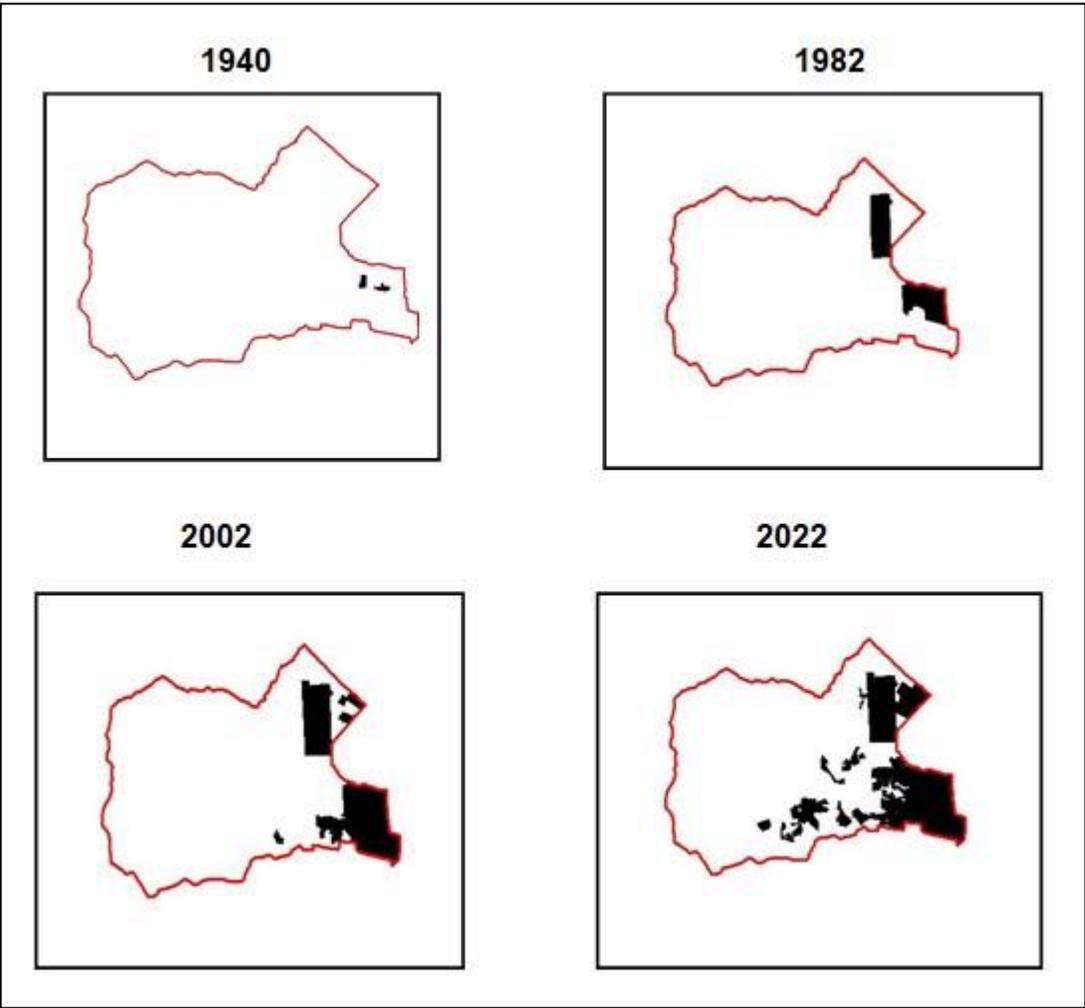
Figura 20 Gráfico de crecimiento urbano



Fuente: Elaboración propia (2023), en base a la Tasa de crecimiento bruto.

La siguiente (Fig.21), representa las áreas de suelo urbano dentro de la superficie total de la comuna de Pudahuel. Es importante recordar que no es hasta el año 1979, que la comuna se denomina con el nombre de Pudahuel. Por lo que la figura de manchas urbanas del año 1940 que registra 49,8 hectáreas de superficie de suelo urbano, pertenecía a la comuna de las Barrancas y el Resbalón. Como también incluye a la mancha urbana de 1982, el Aeropuerto Arturo Merino Benítez, que fue terminada su construcción el año 1964.

Figura 21 Manchas Urbanas de la comuna de las Barrancas y posterior comuna de Pudahuel.



Fuente: Elaboración propia (2023), en base a los datos OCUC 2020, IDE 2020.

El área total de las manchas urbanas, tuvieron los siguientes resultados en la tabla, respecto de la tasa anual porcentual y acumulación de áreas urbanas en hectáreas de la comuna de Las Barrancas, el Resbalón y Pudahuel.

Tabla 9 Área total en hectáreas, de las manchas urbanas.

Año	Pudahuel	Diferencia interperiodo	Tasa de crecimiento bruto	Hectáreas por año (ritmo)
1940	49,8	-	-	-
1982	1.200	239,6	125%	19,967
2002	2.579,7	349	116%	174,500
2022	5.037,5	442,6	110%	88,520

Fuente: Elaboración propia (2023), en base a los datos OCUC (2020), IDE (2020) y ArcgisPro (2022).

3.1.2 Información demográfica de los Censos Vivienda y Población (1992, 2002 y 2017).

La comparación de las áreas de crecimiento urbano, tiene el foco en el posterior análisis de los impactos, en gran medida de lo urbano y las condiciones climáticas (Ducci, 2000) y medioambientales, donde el principal impacto ambiental es en la población. La comuna de Pudahuel es mayormente rural en las áreas en cuestión corresponden al borde del río Mapocho y los alrededores del Aeropuerto de Pudahuel (Romero, 2012). La finalidad de la obtención de los datos de tipología de viviendas, fue diferenciada según uso de suelo y la extracción de las referencias, fue sobre la opción suelo urbano, descritas en la siguiente tabla:

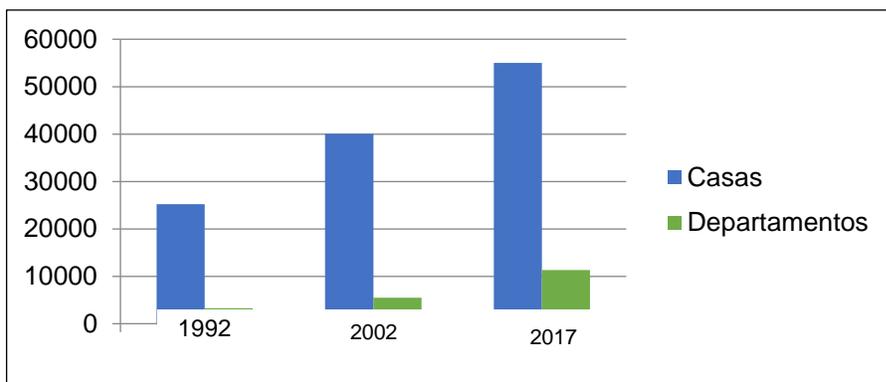
Tabla 10 Tasa de crecimiento anual porcentual de Tipologías de viviendas en suelo urbano.

Censo	Tasa de crecimiento casas	Tasa de crecimiento edificios
1992	Inicio censo oficial	-
2002	26,8%	10.3%
2017	5,7%	5.6%

Fuente: Elaboración propia (2022), en base a variables de Viviendas en la comuna de Pudahuel del Censo INE, (2017).

En la siguiente (Fig. 22) se representa la cantidad de tipología de viviendas, donde las casas no superaban las 25.000 viviendas al año 1992 y aumentó a más de 50.000 casas, al año 2017, muy por sobre la tipología departamentos.

Figura 22 Viviendas en la comuna de Pudahuel del Censo Instituto Nacional de Estadísticas INE (2017).



Fuente: Elaboración propia (2023), en base a variables de Viviendas en la comuna de Pudahuel del Censo INE (2017).

En la comuna de Pudahuel, según el sexo de la población, existen más mujeres que hombres. Al año 2017 el total de habitantes de la comuna urbano/rural era de 266.138 habitantes, descrita en la siguiente tabla:

Tabla 11 Población censada por género.

Censo	Hombre	Mujer	Total
1992	65.395	67.998	133.393
2002	94.014	97.337	191.351
2017	110.57	115.81	226.138

Fuente: Elaboración propia (2023), en base a variables población por género en la comuna de Pudahuel, del INE (2023).

Los resultados de la Tabla 6, entregan la forma piramidal del primer censo 1992 es de forma crecimiento rápido, donde la edad de primera infancia es la más importante en el área de ambiente urbano censado, después las personas de 30-35 años.

Al censo del año 2002 la forma piramidal es evolucionada a decreciente, donde la edad significativa son los adolescentes de 10-15 años y en segunda importancia los adultos de 40-45 años.

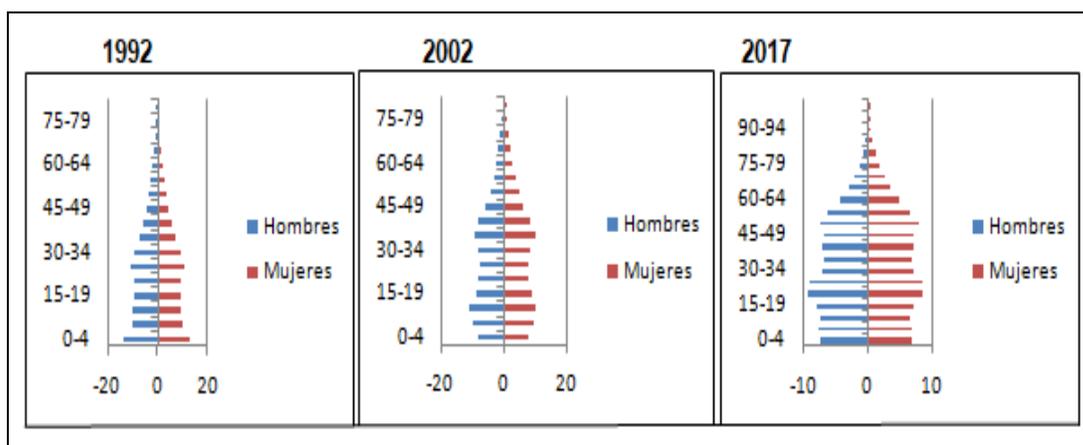
La pirámide tiende al envejecimiento, muestra del último censo 2017 que la forma piramidal es decreciente, donde el rango etario principal son los jóvenes de 20-35 años y después la población adulta de 50 – 60 años, quiénes son los receptores de

los impactos ambientales, es por esto que es importante la formas sobre el crecimiento de la población, que genera expansión de las construcciones, obras, estructuras en un medio ambiente. La forma de crecimiento de la pirámide y la ubicación de los habitantes, impacta en las condiciones climáticas naturales, por lo que aumenta la capa límite térmica (Oke, 1982), con las emisiones de gases GEI, energía, polución y calor.

Es decir, aumenta la temperatura superficial de la tierra LST y del aire al interior de la ciudad, al incrementar el número de población, como también en algunos casos y dependiendo de la morfología urbana, se añade vegetación o disminuye, en relación con la forma de habitar de las personas de un área determinada y con los factores climáticos que impactan en una ciudad y las condiciones materiales de una zona en particular.

La pirámide de población de Pudahuel se presenta la siguiente (Fig.23):

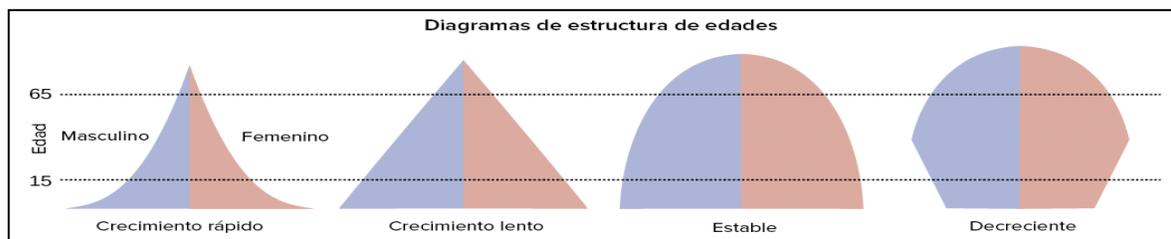
Figura 23 Pirámide de Población por Edad y Género en la comuna de Pudahuel.



Fuente: Elaboración propia (2023) de Pirámides de población en base a información del INE (2023), de los Censos 1992, 2002, 2017.

La siguiente figura ejemplifica un diagrama de estructura de las formas que toman las pirámides de población, para definir un estilo de crecimiento:

Figura 24 Descripción tendencia de crecimiento demográfico.



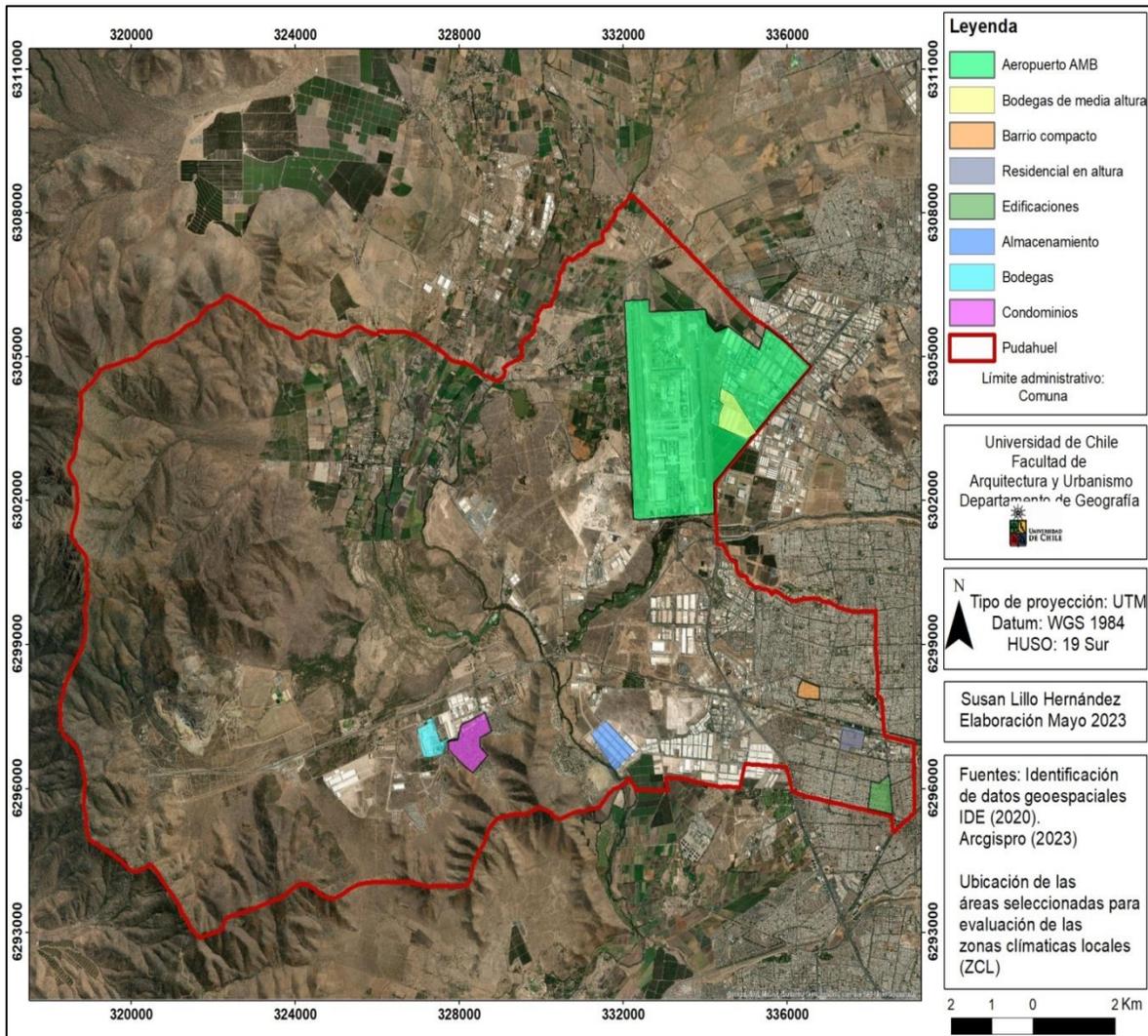
Fuente: Ejemplo de diagrama de estructura de edades.

3.2 Resultado Objetivo 2: Caracterización térmica y vegetal de las áreas de

expansión y desarrollo urbano consolidado.

Fueron utilizados la serie de datos del producto MOD11A1.006 del satélite MODIS Terra de Emisividad de la temperatura, diarios globales a una resolución de 1-km (Mhawej y Abunnasr, 2022 p3). En la siguiente (Fig.21) se muestran las zonas seleccionadas, para la evaluación de los cambios de LST y NDVI, basadas en la clasificación de zonas climáticas locales ZCL por Stewart y Oke (2012), datos descargados en *google earth engine* (GEE), para el análisis del clima urbano.

Figura 25 Áreas urbanas seleccionadas para la evaluación de las zonas climáticas locales ZCL.



Fuente: Elaboración propia en base a Stewart y Oke (2012).

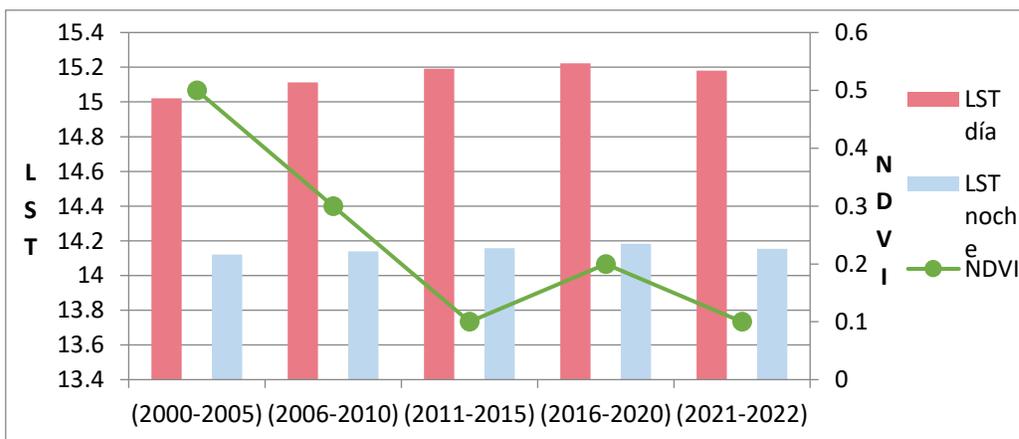
3.2.1 Serie de datos de LST (día/noche) e Índice NDVI de los años (2000-2022).

Las bodegas de media altura son extensas construcciones, reconocidas como 8 *Large Lowrise ZCL8*, ubicadas al costado Este del Estación Aeroportuaria, están ubicadas fuera del límite urbano del Plan regulador Metropolitano PRM100, del año 2013.

Los cambios de temperaturas LST de día, el periodo 2000-2005, fue de 15 °C a 15.2 °C, el quinquenio 2016-2020. Las temperaturas de noche variaron de 14.12 °C a 14.18°C, disminuyendo a 14.5°C el año 2022. El NDVI, parte desde un 0.5 el año (2000-2005), que se puede explicar por la disminución de las precipitaciones en la misma fecha de 200 mm a menos de 100 mm.

Durante (2006-2010), disminuye a 0.3, lo que coincide con que al año 2008 hubo un crecimiento de la tipología de diseño Bodegas ZCL 3 *Compact Lowrise*, y 8 *Large Lowrise*, alrededor áreas de cultivos y de ampliación de las construcciones tipo Bodegas. Disminuyendo a 0.1 en el quinquenio 2011-2015, donde el año 2014 se observó una disminución de los suelos agrícolas. El alza del NDVI el 2016 puede tener relación con las precipitaciones que alcanzaron casi 100 mm, ya que el suelo con vegetación había disminuido considerablemente. El año 2017 la expansión del comercio se relaciona con la disminución del NDVI a 0.1 al año 2022.

Figura 26 Zona de media altura, Bodegas del Aeropuerto Arturo Merino Benítez.



Fuente: Elaboración propia (2023) en base a códigos GEE.

Tabla 12 Bodegas de media altura zona Aeropuerto

Coeficiente de determinación R ²	0,4999412
R ² ajustado	0,2499118
Error típico	0,04673607
Observaciones	4

Fuente: Elaboración propia

(2023), en base a datos de LST día y NDVI.

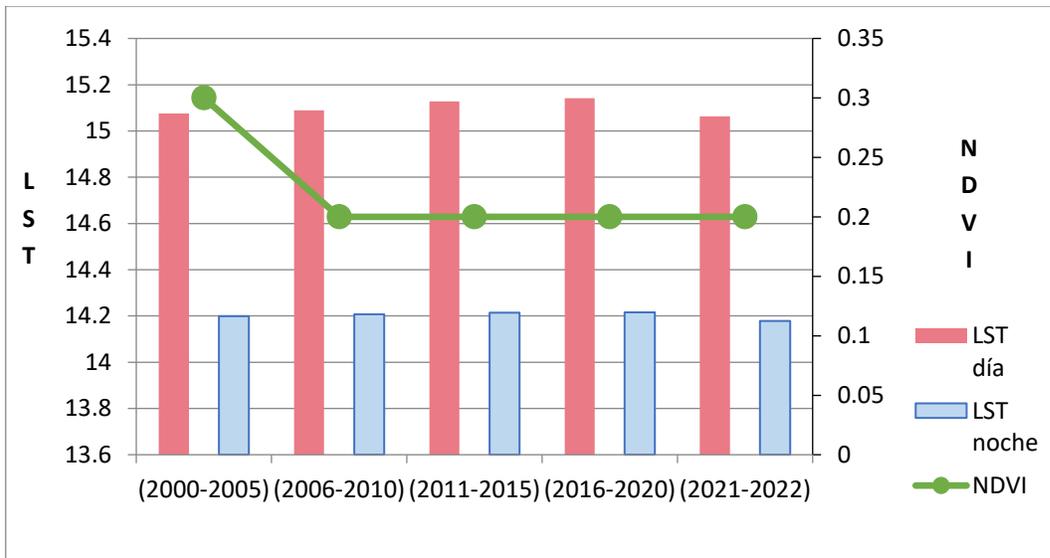
Las áreas de Barrio compacto están al norte de la autopista G-68, descrita como Pudahuel norte, son las áreas de desarrollo urbano consolidado más antiguas, la tipología de viviendas ZCL 3 *Compact low rise*. Cruzan cinco avenidas que conectan

el Este de Santiago y las Estaciones de Metro. El Barrio compacto, son viviendas de baja altura, dentro del área de límite del año 2002.

Los cambios de temperaturas LST de día variaron de 15 °C, desde el quinquenio (2000-2005), que disminuye casi a 14 °C, el año 2022. Las temperaturas de noche son estables durante todo el periodo de estudio.

El NDVI es considerablemente alto porque existía significativa presencia de vegetación en los alrededores de la autopista G70, que parte desde un 0.3 el año 2000. Posteriormente el año 2004 se observan suelos desprovistos de vegetación, disminuyendo a 0.2 el 2006, que al año 2008 son urbanizadas, por estructuras comerciales de tipología ZCL 2 *Compact mide rise*.

Figura 27 Serie de datos del Barrio Compacto, norte autopista G-68.



Fuente: Elaboración propia (2023) en base a códigos GEE.

Tabla 13 Regresión Linear Barrio compacto

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,93477275
Coeficiente de determinación R ²	0,87380009
R ² ajustado	0,81070013
Error típico	0,01336421
Observaciones	4

Fuente: Elaboración propia (2023), en base a datos de LST día y NDVI.

La zona Residencial en altura, al sur de la Autopista G68, son un conjunto de edificaciones en altura anexadas a Barrios compactos de baja altura, dentro del área descrito como Pudahuel Sur.

Los cambios de temperaturas LST de día, indican valores superiores a los 15 °C, desde el quinquenio 2000-2022, manteniéndose regulares. Las temperaturas de noche son estables, disminuyendo levemente el año 2022.

El año 2000 el área de influencia mantenía suelos descubiertos (sin vegetación) y la persistencia de zonas de cultivos agrícolas *Low plants*, alrededor de la autopista G68, lo que indica valores altos de 0.148 de NDVI.

El 2005 aumentan las construcciones de viviendas, lo que mantiene la disminución del NDVI, a pesar de que las precipitaciones eran mayores a 200mm.

Durante el año 2006 las precipitaciones en Pudahuel cayeron a 50 mm anuales, que coincide con la disminución del NDVI. El año 2010 el despeje de vegetación con destino a obras de viviendas, edificaciones en altura y comercio, en sincronía muestran con el menor resultado de 0.134 el 2011 con una fuerte expansión urbana.

El régimen pluviométrico disminuye al año 2020, con aumento del NDVI que contempla el riego de las áreas verdes. Finalmente el año 2022 termina con un máximo de 0.141 que puede explicarse por el aumento de las lluvias registradas en Pudahuel.

Figura 28 Serie de datos Residencial en altura, costado sur autopista G68.



Fuente: Elaboración propia (2023) en base a códigos GEE.

Tabla 14 Regresión Linear Residencial en altura

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,53579707
Coefficiente de determinación R ²	0,2870785
R ² ajustado	-0,06938225
Error típico	0,03692279
Observaciones	4

La zona de Edificaciones, localizadas al límite este de Pudahuel, quedan al interior de las áreas de desarrollo urbano consolidado, en lo que respecta

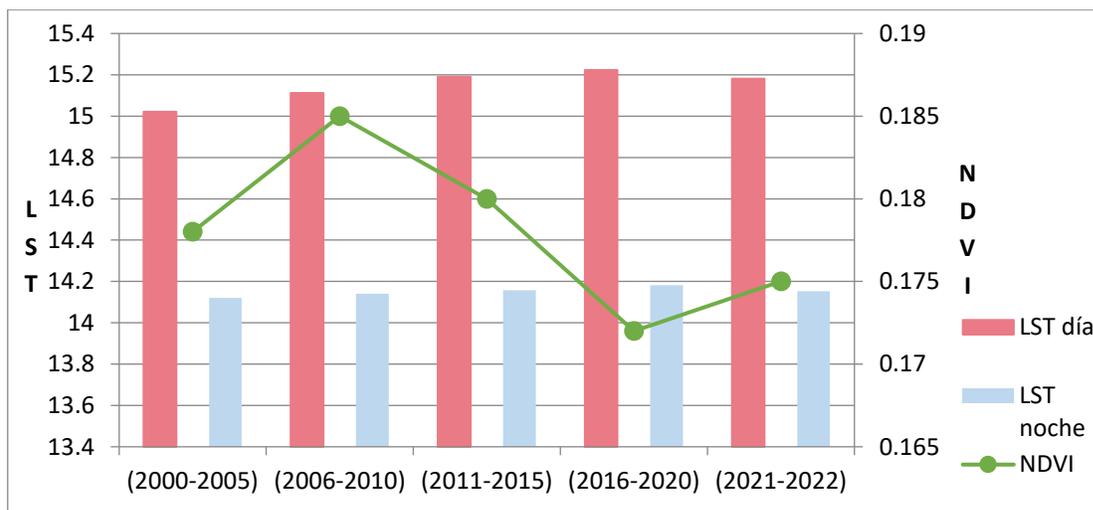
en base a datos de LST día y NDVI. Se caracteriza por tipologías de diseño de manzanas compactas al límite Sur Este con Maipú. El uso de suelo mixto, mezcla viviendas de poca altura,

casas, pasajes y condominios densos, pero que aún persisten a pocos kilómetros al oeste, suelos agrícolas, lo que podría explicar la capacidad de enfriamiento de las temperaturas en los límites urbanos consolidados de Pudahuel.

Los cambios de las temperaturas LST de día tuvieron un equilibrio en los valores que superaron levemente los 15 °C, durante todo el periodo. Las temperaturas de noche, registran el primer periodo (2000-2005) 14.12 °C, aumentando a 14.18°C, el quinquenio (2016-2020) y disminuyendo el año 2022.

El NDVI parte desde un 0.17 los años (2000-2005), aumentando a 0.18 en el quinquenio (2006-2010), porque aún el uso de suelo permanecía cubierto de vegetación. Después de la expansión comercial y de viviendas, disminuye a un 0.17 los años (2016-2020) a pesar de que durante el transcurso de esos años existió un alza de las precipitaciones. El año 2022 termina con 0.175 después de finalizadas las faenas de construcción.

Figura 29 Serie de datos de Edificaciones, límite este de Pudahuel.



Fuente: Elaboración propia (2023) en base a códigos GEE.

Tabla 15 Regresión Linear Edificaciones

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,893185499
Coeficiente de determinación R ²	0,797780336
R ² ajustado	0,696670504
Error típico	0,025537444
Observaciones	4

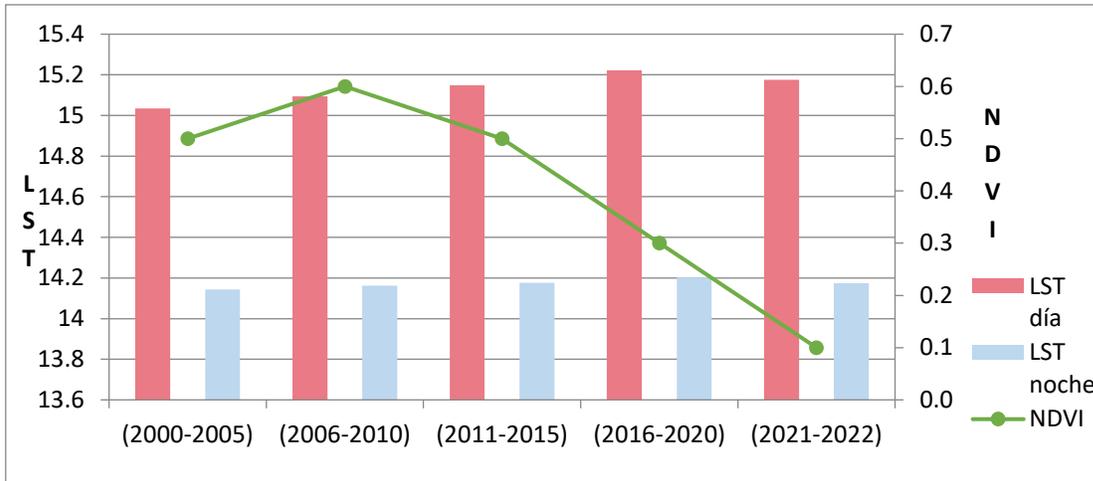
Fuente: Elaboración propia (2023), en base a datos de LST día y NDVI.

En el siguiente gráfico las bodegas, nombradas Almacenamiento, están ubicadas en la ladera este del río Mapocho, fueron construidas el año 2015 en sincronía con la fuerte disminución del NDVI, desde el comienzo de las faenas de construcción y despeje de suelos.

Los cambios en las temperaturas de LST de día, parten con un promedio anual de 15 °C y aumentan a 15.3 °C el año 2016, alza que coincide con la disminución del NDVI a un 0.3, que partía con 0.5 el año 2011.

Las bodegas de Almacenamiento fueron terminadas el año 2017, donde las áreas de suelo descubierto alrededor de ellas marcaron fuertemente la caída del NDVI, con 0.1 el año 2022.

Figura 30 Serie de datos Almacenamiento, zona ribera del río Mapocho.



Fuente: Elaboración propia (2023) en base a códigos GEE.

Tabla 16 Regresión Linear Almacenamiento

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,94832477
Coefficiente de determinación R ²	0,89931986
R ² ajustado	0,84897979
Error típico	0,01039715
Observaciones	4

a datos de LST día y NDVI.

Fuente: Elaboración propia (2023), en base

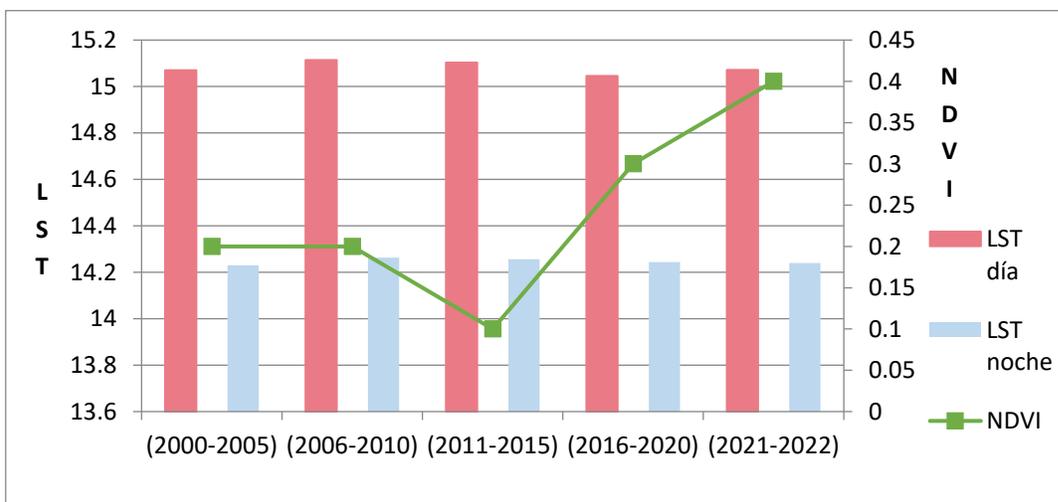
Las Lomas de Pudahuel, están ubicadas al sur de la autopista G68, al oeste de la ribera del río Mapocho, son viviendas de tipo condominios.

No hubo cambios de temperaturas LST de día, perduraron en valores de 15 °C, desde el quinquenio (2000-2022), con una variación de 0.1°C en todo el periodo de estudio.

El NDVI, parte desde un valor de 0.2 el año 2000 época en que persistía el uso de suelo rural por sobre el urbano, con áreas de expansión urbana en menor medida y suelos descubiertos. Posteriormente al año 2005, el crecimiento urbano aumenta con obras de urbanización, manteniendo el resultado del NDVI en disminución a 0.1 el año 2015, recordando que ese año hubo mayores precipitaciones.

Concorde a la entrega de viviendas, el NDVI incrementa, explicado por las obras de riego, cuando comienzan a habitarlas, lo que aumentó drásticamente a un 0.3 el periodo (2016-2020), alza que continuó a un 0.4 el año 2022.

Figura 31 Condominios en Lomas de Pudahuel



Fuente: Elaboración propia (2023) en base a códigos GEE.

Tabla 17 Regresión Linear Condominios

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,77215426
Coefficiente de determinación R ²	0,59622221
R ² ajustado	0,39433331
Error típico	0,02075316
Observaciones	4

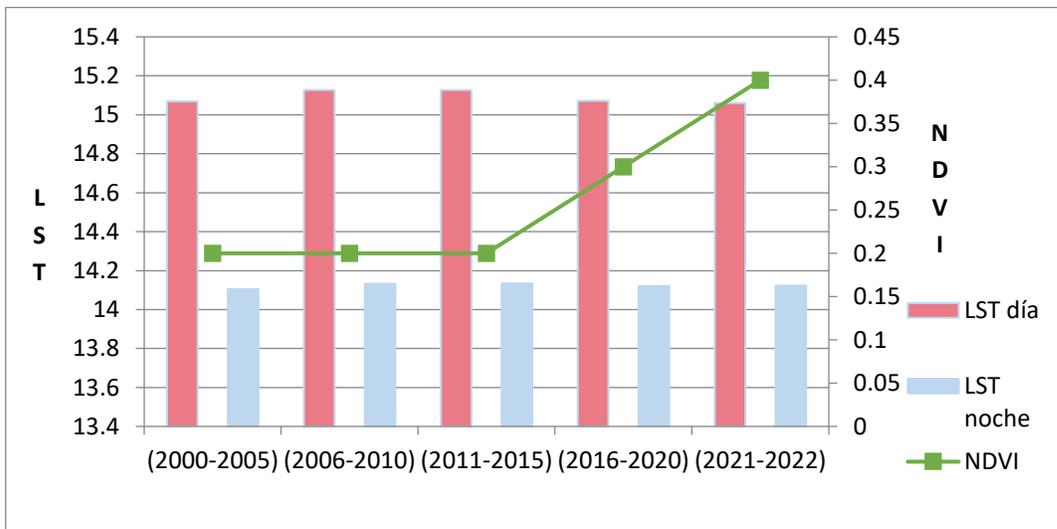
Fuente: Elaboración propia (2023), en base a datos de LST día y NDVI.

Las bodegas son extensas construcciones, ubicadas al oeste de las Lomas de Pudahuel, están dentro del límite de crecimiento urbano (2017-2022).

Los cambios de temperaturas LST de día, el quinquenio (2000-2005) fue de 15 °C que aumenta a 15.12 °C el periodo (2011-2015), finalizando con 15°C el 2022. Las LST de noche no variaron significativamente durante los años (2000-2022).

El NDVI, parte desde un 0.2 el año 2000, teniendo un alza de 0.3 el año 2016, por la extensión de áreas verdes, terminando con un aumento considerable a 0.4 el año 2022.

Figura 32 Bodegas de media altura en zona de las Lomas de Pudahuel.



Fuente: Elaboración propia (2023) en base a códigos GEE.

Tabla 18 Bodegas de media altura en la zona de las Lomas de Pudahuel

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,97945571
Coeficiente de determinación R ²	0,9593335
R ² ajustado	0,93900024
Error típico	0,01732769
Observaciones	4

Fuente: Elaboración propia (2023), en base a datos de LST día y NDVI.

3.2.2 Análisis de temporalidad, de los cambios de las temperaturas de LST, desde la fecha de entregas de recepción de las viviendas CRF.

La finalidad de presentar los certificados de entregas, es sobre encontrar cambios, tanto alzas o disminuciones de la temperatura superficial de la superficie (LST) y el índice diferenciado de vegetación normalizado (NDVI), que tengan relación con los certificados de recepción final de las viviendas que están disponibles, desde el año 2011 al 2021. Un certificado de recepción parcial o final de obras de edificación (CRF) corresponde al documento oficial emitido por las Direcciones de Obras Municipales (DOM) que aprueba de forma definitiva la utilización de una edificación.

Desde el segundo semestre del año 2011, el Instituto Nacional de Estadísticas INE, ha recopilado y georreferenciados los CRF, cuyo destino sea habitacional y que constituyan conjuntos de viviendas, horizontales o verticales (INE, 2023).

Respecto a esta información disponible por el Instituto Nacional de Estadística INE, figuran que en la zona sur de la autopista G68, en concreto la zona según las áreas seleccionadas para la evaluación de los cambios de las temperaturas, corresponde a Residencial en altura, en Pudahuel Sur, donde existen edificaciones en altura, que fueron entregados el año 2013 y 2014. El resultado indica que desde la habitabilidad, no existen variaciones significativas de LST.

El cambio en los resultados radica en la inflexión que destaca sobre el resultado de índice de vegetación NDVI, el cual disminuye drásticamente, entre los años 2000 al 2006, que coincide según la fotointerpretación a suelos descubiertos de vegetación anteriores a los inicios de las obras de construcción, que registran un alza posteriormente a la fecha de entrega de las viviendas.

En la zona de las Lomas de Pudahuel, los tipos de viviendas son condominios con espacios abiertos y más dispersos, por lo demás con abundante presencia de vegetación, en comparación con el barrio consolidado. En las Lomas de Pudahuel en concreto el crecimiento urbano, es visible en la fotointerpretación, desde el año 2005 y 2006 años que coinciden con la reducción del NDVI. Concorde con los CRF, en las Lomas de Pudahuel, fueron registrados desde el año 2012, 2015 y 2018, lo que según los datos de LST y NDVI del informe satelital del objetivo anterior hubo un aumento exponencial del NDVI, desde los años (2011-2015) y se mantuvo en alza hasta el año 2022. El análisis demuestra que la presencia de personas en un área particular, modifica los espacios y los elementos del medio ambiente, ya que la vegetación aumentó de forma abundante producto del riego.

Para el caso de las LST, disminuyeron levemente los años en que aumenta el NDVI tras el comienzo del habitar en las Lomas de Pudahuel.

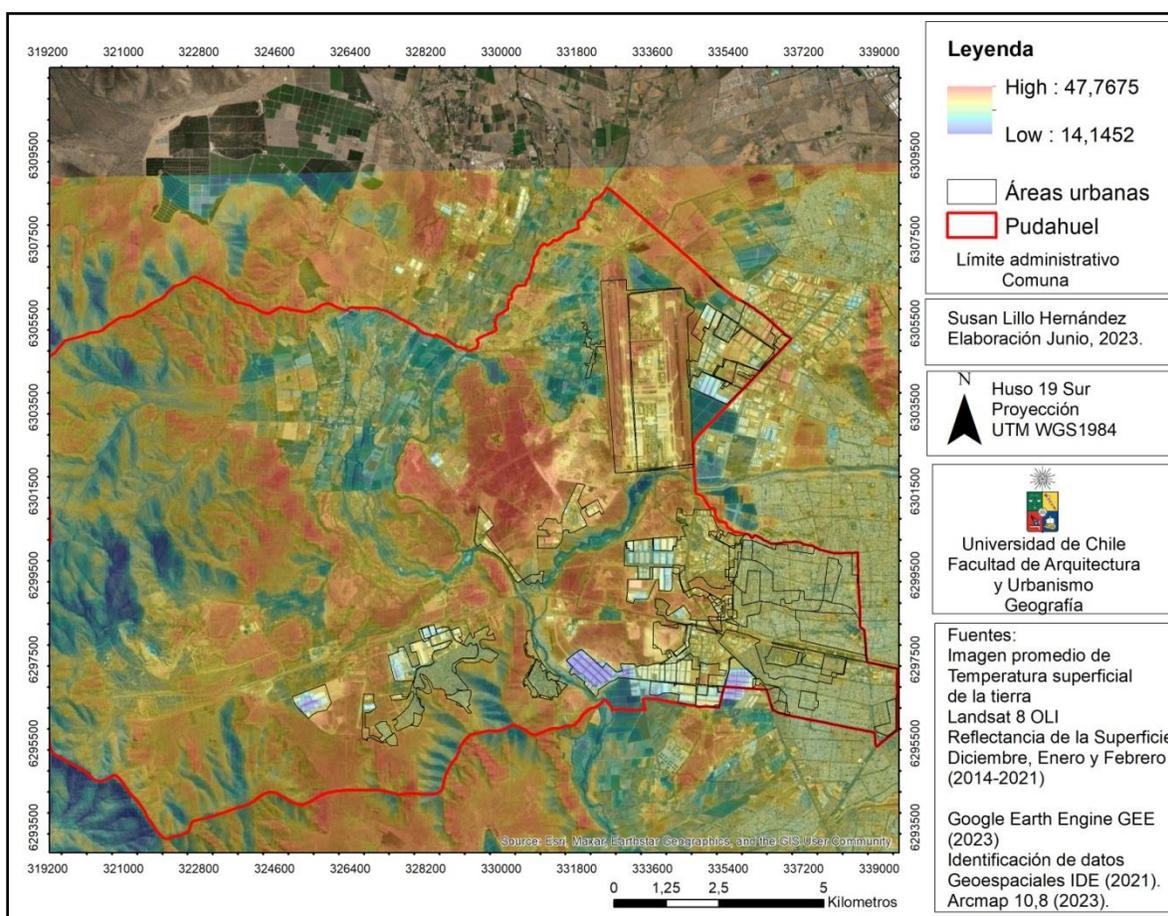
3.2.3 Imagen promedio de LST de día, de los años (2014-2021) en la estación de verano (Diciembre, Enero y Febrero).

Se distingue las zonas de las pistas de la estación Aeroportuaria, con los mayores resultados de LST y los suelos descubiertos (sin vegetación).

Las temperaturas más frías, se observan en ríos, suelos agrícolas, como también en las cuencas altas de la Cordillera de la Costa, hacia el límite provincial con Melipilla, al oeste. Aludiendo a que algunos tipos de estructuras de equipamiento, como el área seleccionada de Almacenamiento, entregan los resultados más fríos, lo que se puede explicar por el contenido del almacenamiento, tipo de material de la estructura y agregando que su ubicación está dentro del área de la ribera del río Mapocho, en una zona que aún es de extensión urbana.

Las áreas de desarrollo urbano consolidado, presenta temperaturas medias en las aumentando a altas en las Autopistas y vías de circulación vehicular.

Figura 33 Imagen promedio satelital día LST de las áreas de crecimiento urbano.



Fuente: Elaboración propia (2023), en base a Landsat 8 Operational land imager OLI en Google earth engine (GEE). USGS.

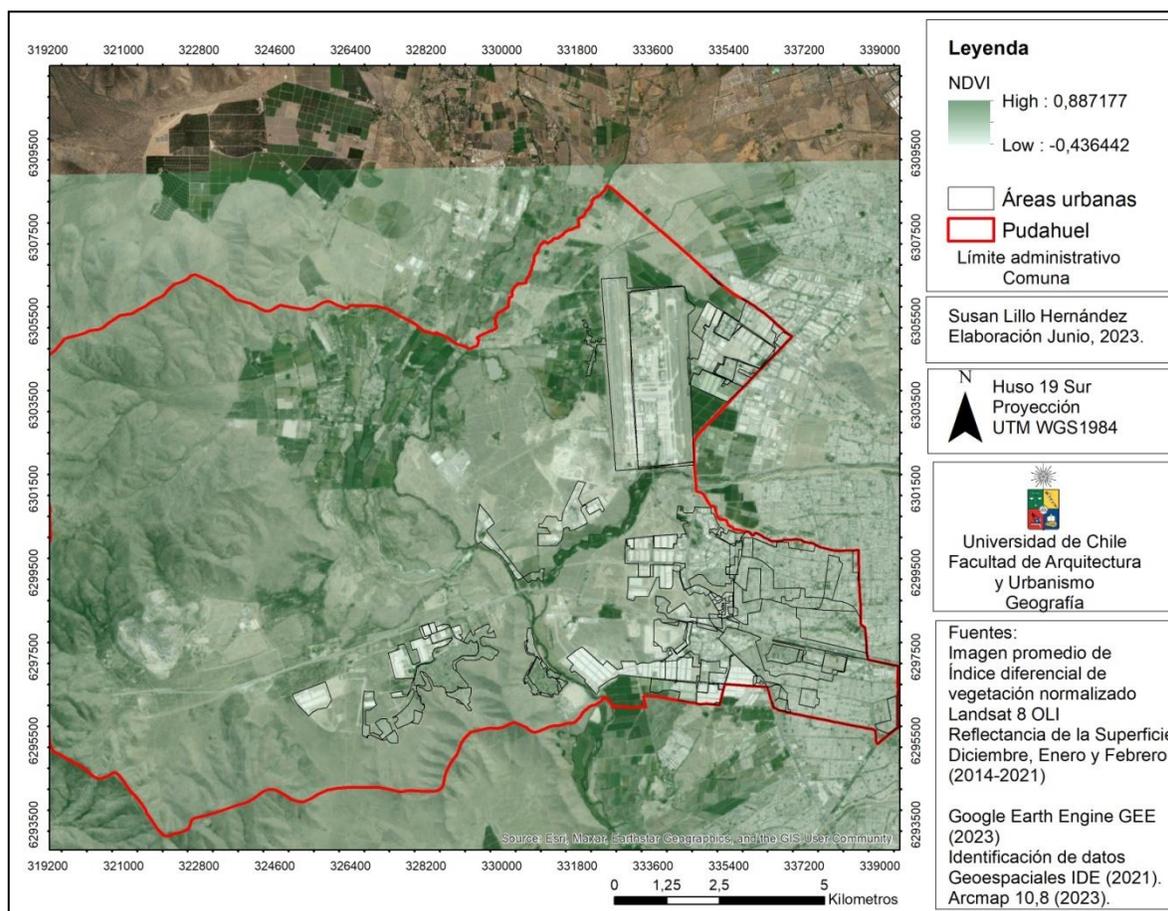
3.2.4 Imagen promedio del Índice de Vegetación NDVI, de los años (2014-2021) en la estación de verano (Diciembre, Enero y Febrero).

La caracterización del índice de vegetación, indica valores de 1 a -1, mientras más cercano al 1 posee más cobertura de vegetación y al -1 menor vigor vegetal. Los suelos agrícolas y cuerpos de agua, obtienen los mayores resultados de NDVI. El ambiente ribereño, en ríos y esteros suelen estar habitados por vegetación.

Apreciando las laderas de la Cordillera de la Costa, exhibe que las laderas de exposición Sur, con valores de NDVI mayores que las laderas de exposición Norte.

El uso de suelo urbano, tal como viviendas, infraestructuras, comercio y bodegas, resultan con los menores valores de NDVI. Agregando que los suelos descubiertos indican el mínimo resultado.

Figura 34 NDVI Índice diferenciado de vegetación normalizado.



Fuente: Elaboración propia (2023), en base a Satélite Landsat 8 OLI TIRS en Google earth engine (GEE). USGS.

3.2.5 Imagen promedio del Índice de Agua NDWI, de los años (2014-2021) en la estación de verano (Diciembre, Enero y Febrero).

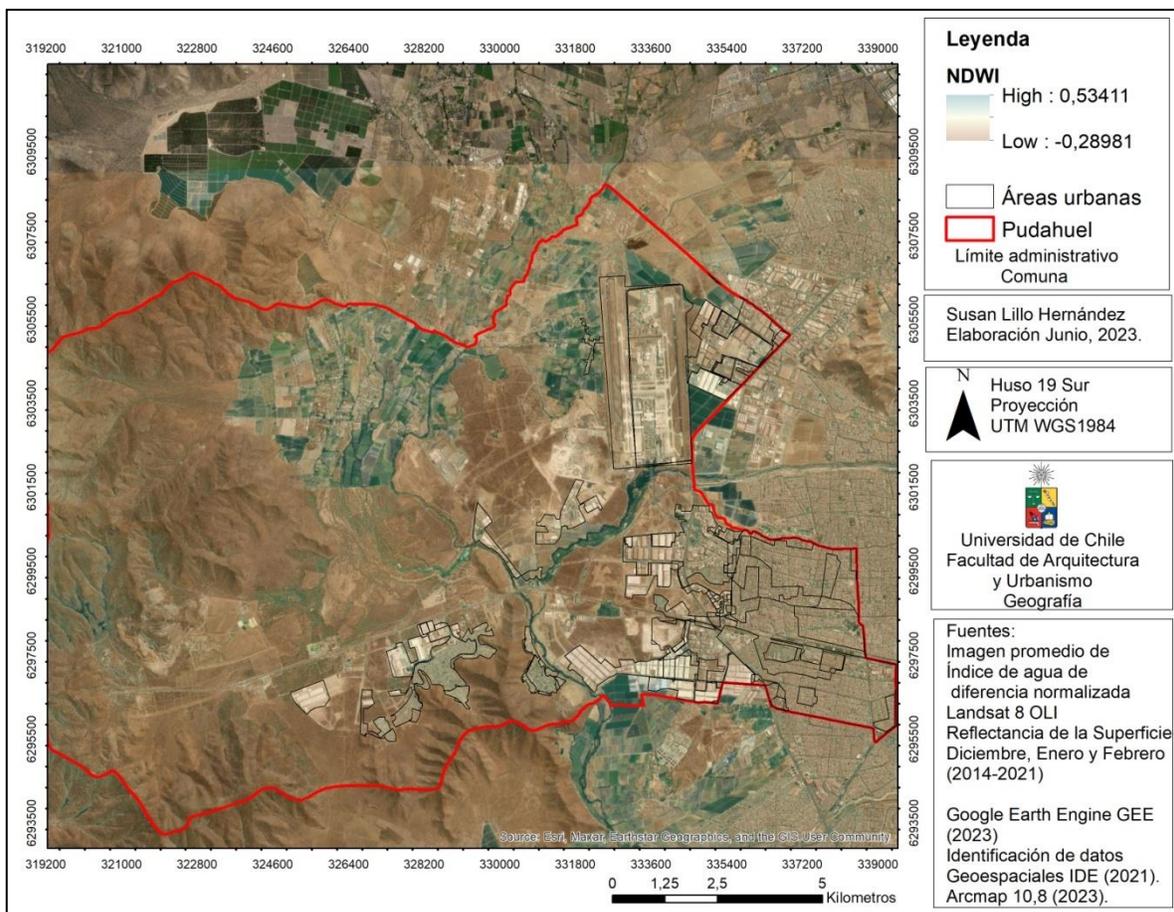
El índice de agua, indica destacadamente que el máximo valor, está en los cursos de ríos, cuerpos de agua, esteros y quebradas de las cuencas altas de la cordillera de la Costa, exposición Sur. Añadiendo los suelos agrícolas.

Es considerable la observación que, en las viviendas de las Lomas de Pudahuel, con resultados medios de NDWI, porque los condominios incluyen piscinas, con abundante presencia de vegetación.

Las áreas de desarrollo urbano consolidado al este, exhiben valores mínimos de NDWI a la escala métrica de la imagen promedio.

El suelo descubierto resulta con los menores resultados de contenido de agua en superficie.

Figura 35 NWDI Índice de agua de diferencia normalizada.



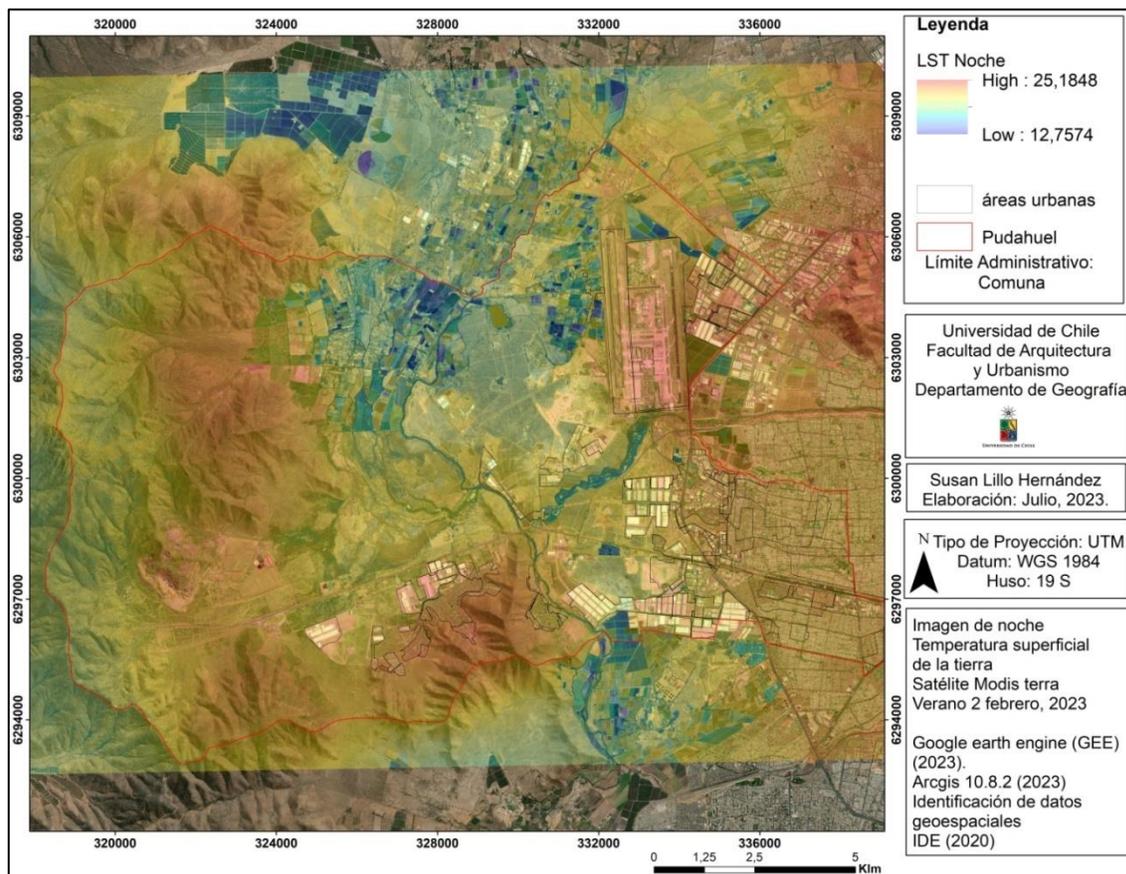
Fuente: Elaboración propia (2023), en base a Landsat 8 Operational land imager OLI en *Google earth engine* (GEE). USGS.

3.2.6 Imagen promedio de noche sobre Temperatura superficial de la Tierra LST, estación de verano, del 2 de febrero del año 2023.

El uso de suelo descubierto indica los resultados de LST más fríos, abarcando los cuerpos de agua y suelos agrícolas, durante la noche. Si bien durante los días de verano el suelo descubierto registra las más altas temperaturas, de noche son las áreas más frías.

La zona donde nacen las cuencas en la Cordillera de la Costa, los resultados de LST son altos. En el área de las Lomas de Pudahuel, las temperaturas son de medias a altas, lo que se puede explicar porque los cuerpos de agua, retienen la temperatura por más tiempo, que las estructuras sólidas.

Figura 36 Temperatura superficial de la tierra LST de noche.

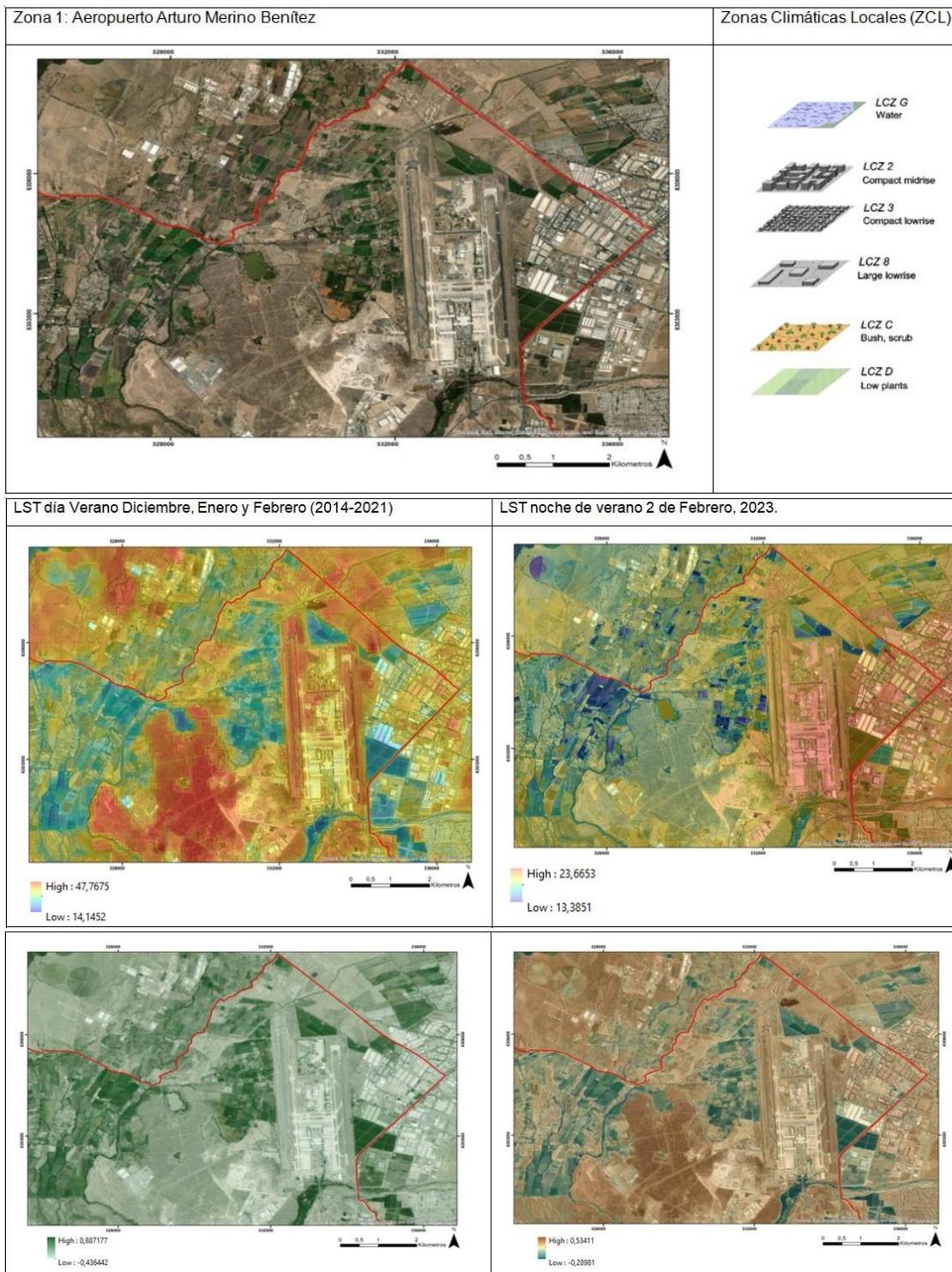


Fuente: Elaboración propia (2023) en base a satélite Modis Terra en *Google earth engine* (GEE). USGS.

3.2.7 Evaluación térmica, de verano en LST, NDVI y NDWI (2014-2022) y LST de

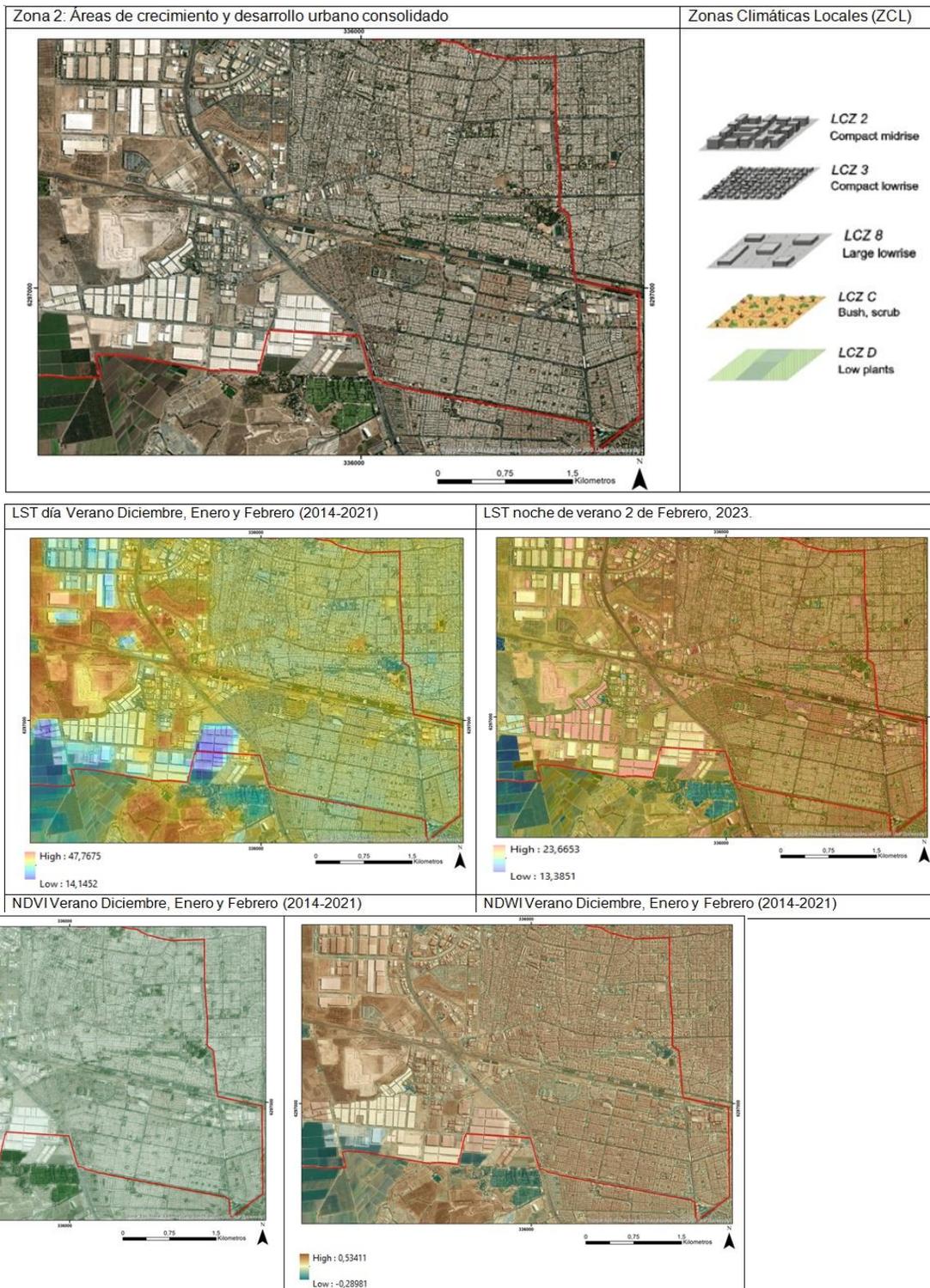
noche (2023), representada por las Zonas climáticas locales ZCL en las siguientes ilustraciones.

La (Fig.37) muestra la Zona 1 de los alrededores de la estación Aeroportuaria.



Fuente: Elaboración propia (2023), en base a Landsat 8 *Operational Land Imager* (OLI), en y Landsat 8 *Operational Land Imager* OLI TIRS, Modis terra en *Google earth engine* (GEE).

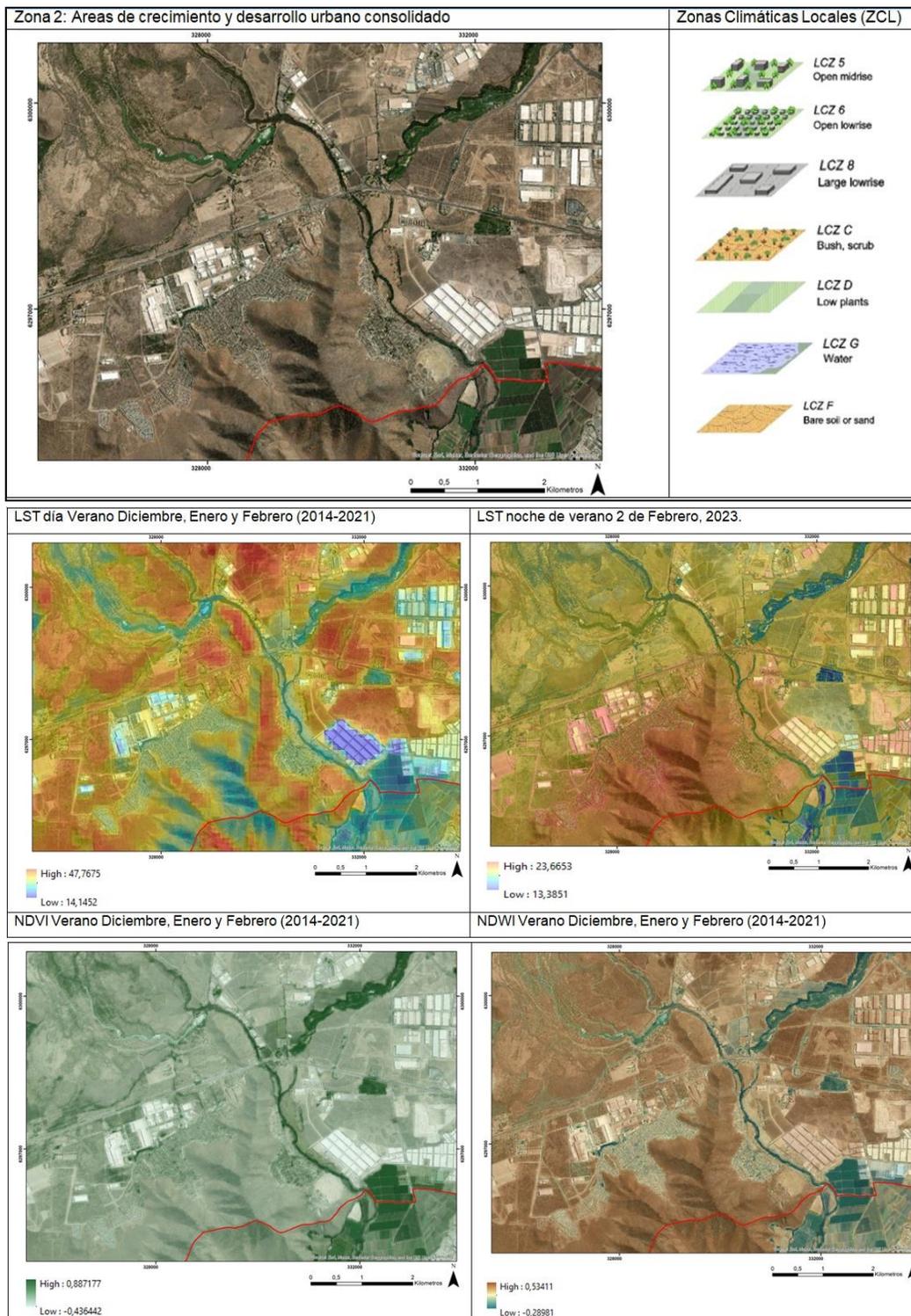
Figura 38 Zona 2 Áreas de desarrollo urbano consolidado



ational Land

La figura incluye las Lomas de Pudahuel, esta zona es de particular importancia, por el uso de suelo mixto, como muestra la ilustración áreas de expansión de viviendas que comparten el espacio con zonas comerciales y áreas agrícolas.

Figura 39 Zona 3 Lomas de Pudahuel.



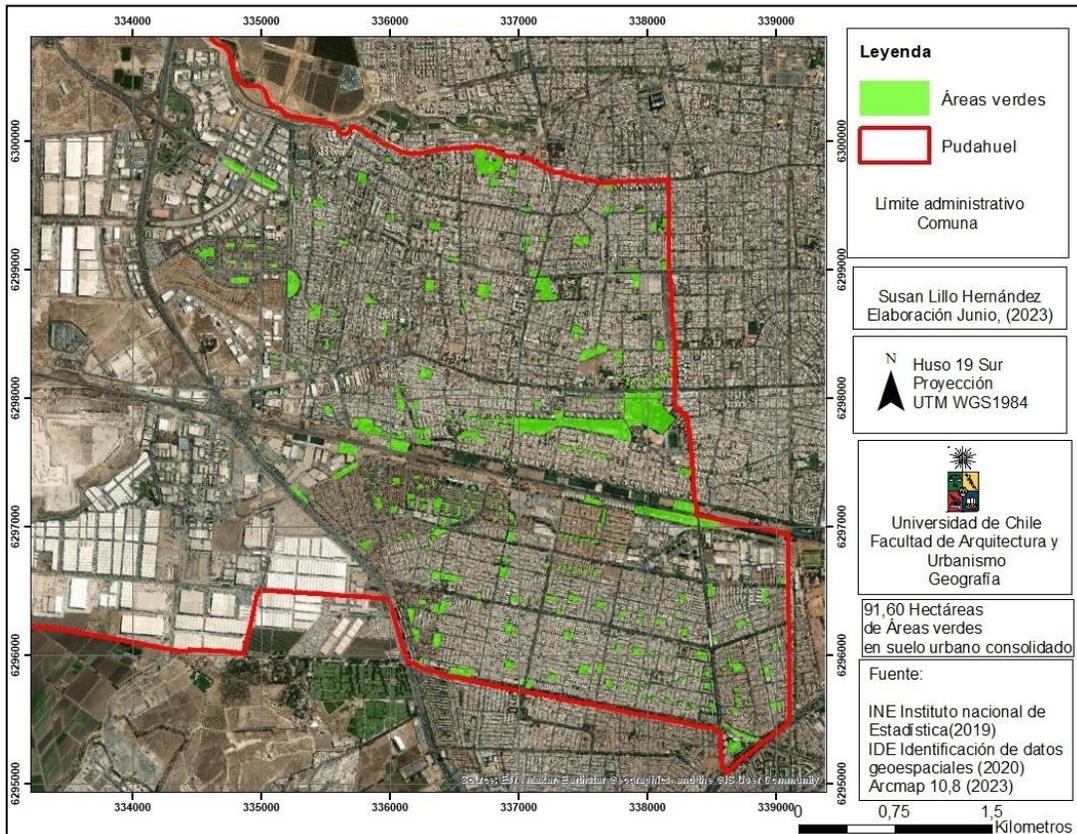
Fuente: Elaboración propia (2023), en base a Landsat 8 *Operational Land Imager* OLI TIRS, Modis terra en *Google earth engine* (GEE).

3.3 Resultado Objetivo 3: Análisis espacial de las variables LST, NDVI y NDWI, para propuestas de seguimiento ODS en espacios públicos para el Municipio de Pudahuel.

La infraestructura verde, mejora en las condiciones del microclima, (Rojas, 2019 p27) al interior de la ciudad. Es crucial gestionar la disponibilidad de agua, por la experiencia negativa que ha causado la escasez hídrica, en el abastecimiento de agua potable y riego (MINVU, Decreto 17 2020), para incorporar programas de aprovechamiento de los recursos hídricos, en la gestión de áreas verdes públicas.

La siguiente figura son áreas verdes descargadas desde el Instituto nacional de Estadística INE, de la información correspondiente al año 2019, en total sumaron 91,60 hectáreas, calculadas en Arcmap 10.2.8. La densidad de áreas verdes es de 4,11 metros cuadrados por habitante, en base al censo de población 2017.

Figura 40 Áreas verdes en suelo urbano consolidado de Pudahuel.

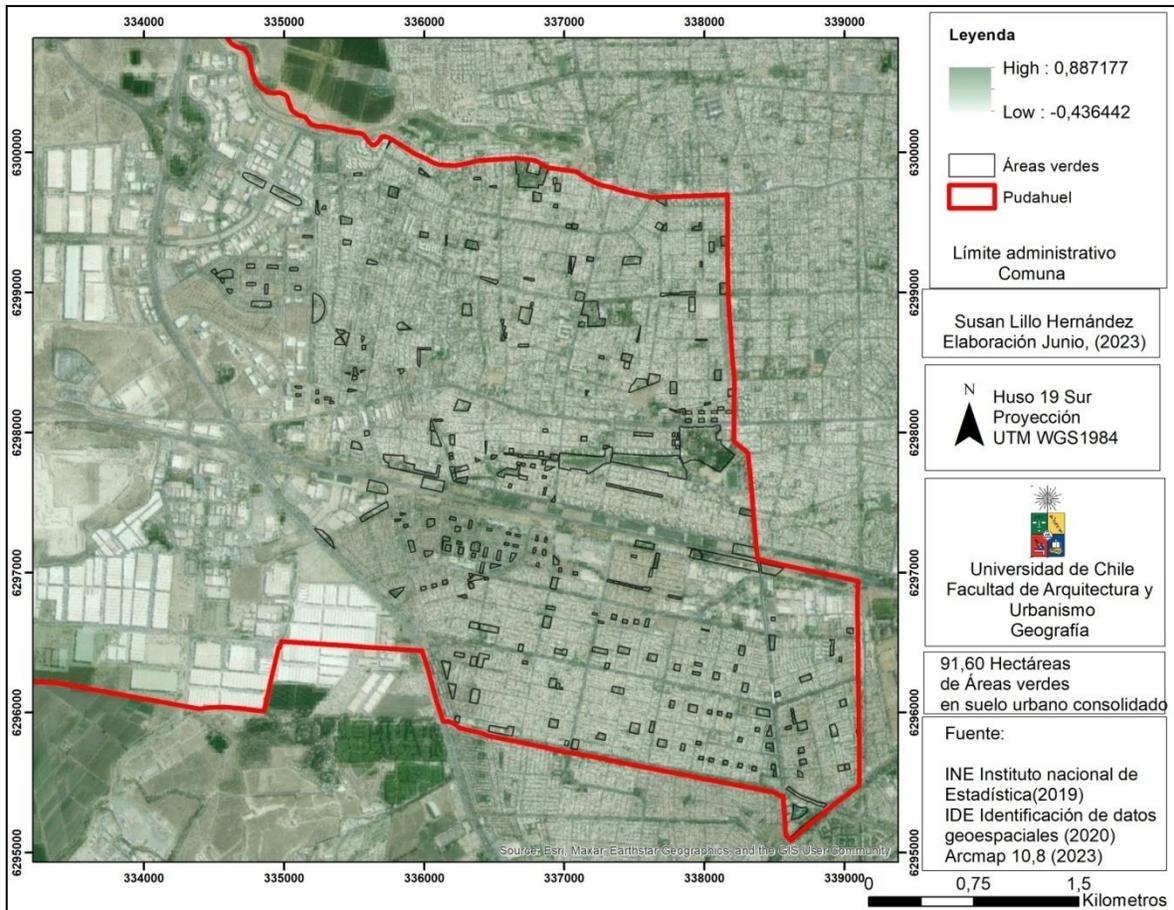


Fuente: Elaboración propia (2023), en base a INE Indicadores de calidad de plazas y parques urbanos (2019), e IDE (2020).

3.3.1 Aplicación de índices espectrales en áreas de desarrollo urbano consolidado de Pudahuel.

La (Fig.18) es el resultado del Índice de vegetación NDVI de las áreas verdes de plazas y parques urbanos, facilitadas por el INE (2019). Lo que evidencia el déficit de vegetación, en la observación de una ciudad altamente consolidada y densa.

Figura 41 Imagen NDVI, de verano Diciembre, Enero y Febrero, (2014-2021).

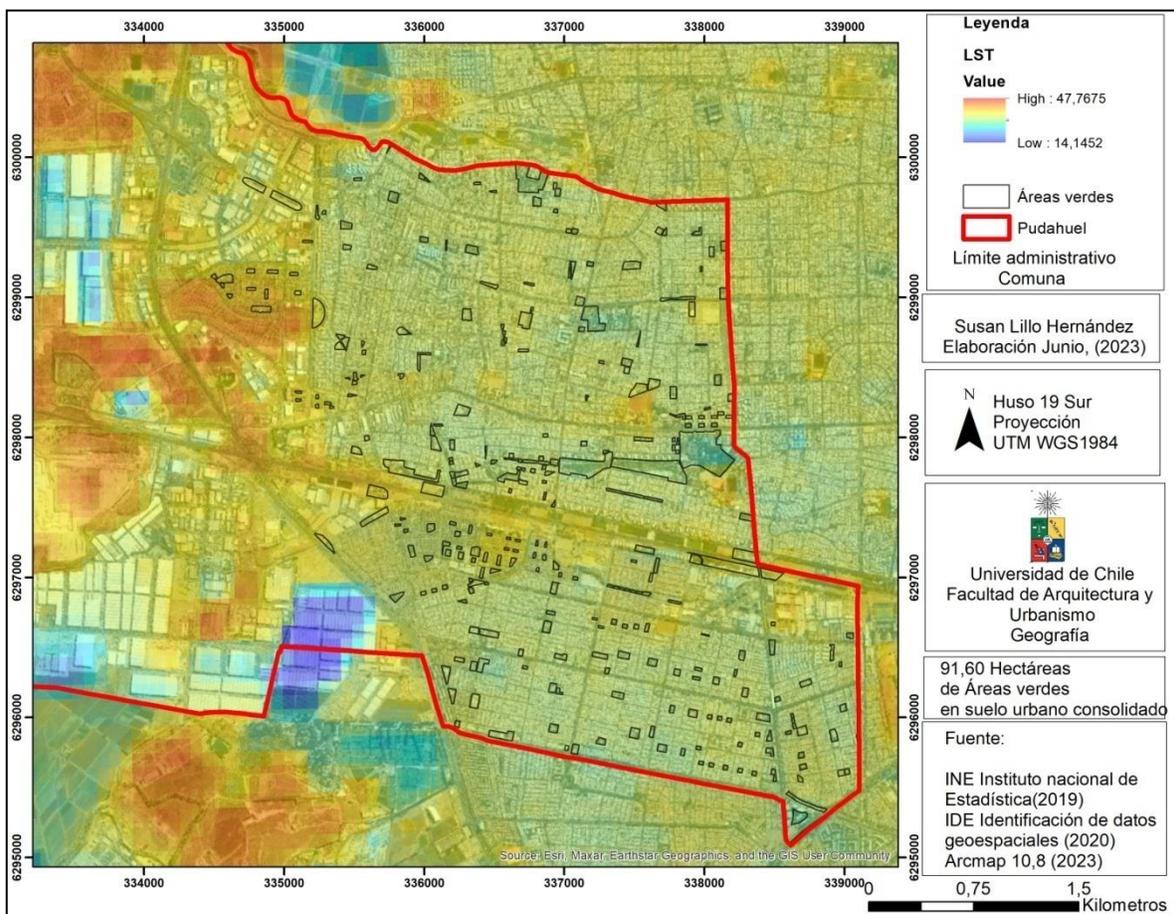


Fuente: Elaboración propia (2023), en base a imagen promedio de verano LST de Landsat 8 OLI TIRS, Reflectancia de la superficie (2014-2021) de *Google earth engine* (GEE) y MINVU (2020).

Es posible rectificar en la (Fig.19), que las áreas verdes causan disipación de las altas temperaturas, porque la imagen detecta valores de temperatura de LST menores en las áreas verdes. En las edificaciones y autopistas, las temperaturas resultan notablemente más altas durante el verano, al igual que en las zonas de suelo descubierto (sin vegetación), que rodean las zonas de comercio, bodegas.

Las temperaturas varían por las diferencias del uso de suelo y de los materiales, por ejemplo en algunas bodegas que exhiben valores mínimos y medios. Es apreciable que en las vías de circulación, los valores son de medios a altos, lo que es deducible por la composición de ripio, asfalto y cemento de las autopistas, agregando la elevación de la temperatura que añaden los automóviles.

Figura 42 Temperatura superficial de la tierra LST de áreas verdes en suelo urbano consolidado.

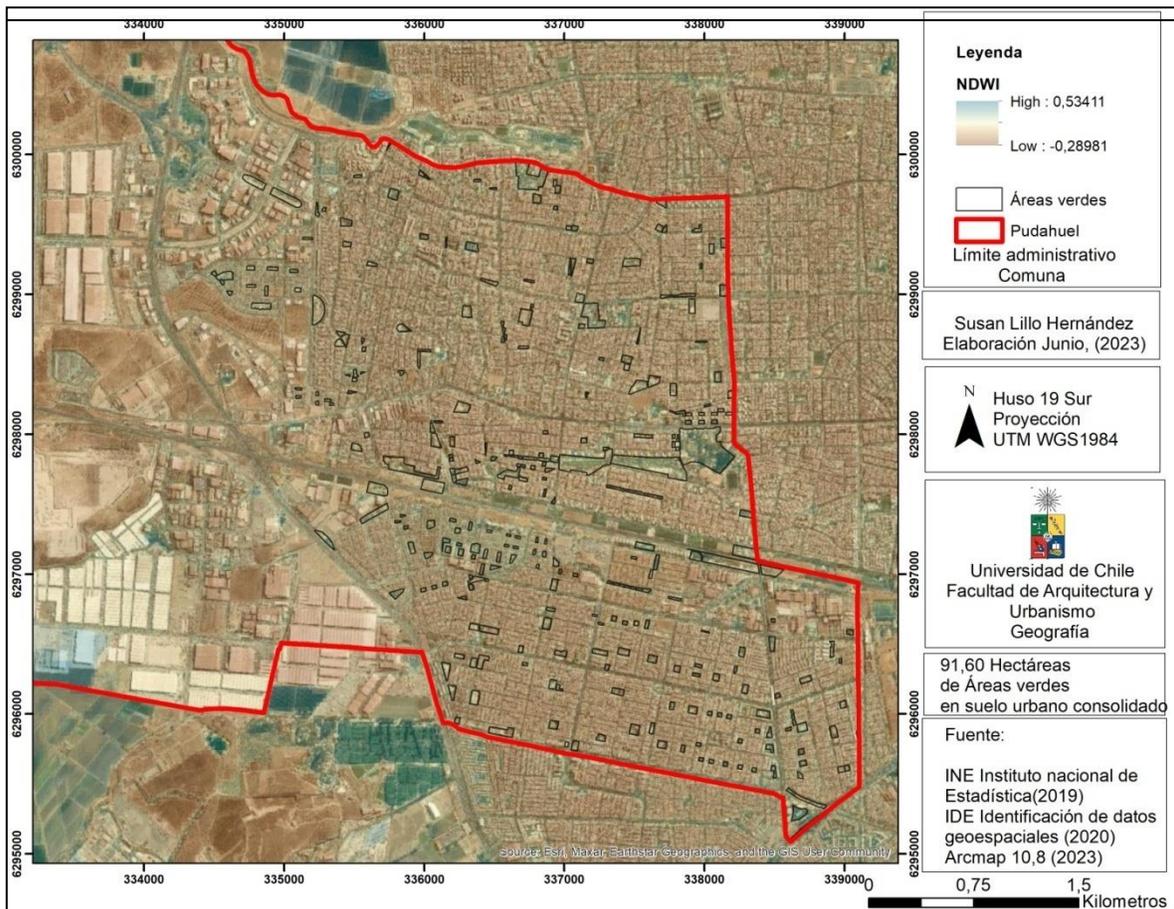


Fuente: Elaboración propia (2023), en base a imagen promedio de verano LST de Landsat 8 OLI TIRS, Reflectancia de la superficie (2014-2021) de *Google earth engine* (GEE) y MINVU (2020).

En la (Fig.20), la composición de las construcciones y edificaciones influye en el clima urbano, por la excesiva impermeabilización que produce anegamiento de las aguas lluvias. Por otra parte, el desarrollo urbano también tiene implicancias en los procesos de evaporación de la vegetación, por su disminución que aminora los resultados del contenido de agua en cubierta, lo que proyecta el aumento de las temperaturas.

Respecto de los usos de suelo agrícola, son los más altos. La imagen detecta los parques y plazas con alto contenido de agua en la imagen promedio.

Figura 43 Índice medio ambiental de agua NDWI de áreas verdes en suelo urbano consolidado.



Fuente: Elaboración propia (2023), en base a imagen promedio de verano LST de Landsat 8 OLI TIRS, Reflectancia de la superficie (2014-2021) de *Google earth engine* (GEE) y MINVU (2020).

La siguiente (Fig.44) es una imagen en color natural que se extrajo del Plan regulador comunal de Pudahuel, aprobado el año 2021, donde identifica las áreas verdes al interior de la ciudad consolidada recalcado en verde, y por otro lado hacia el oeste, el verdor natural de los suelos alrededor, de las bodegas y zonas de expansión urbana.

No está identificado el año de la toma de muestra de la imagen, pero es posible deducir que es de la estación invierno, por la abundante vegetación, porque en verano aquellas zonas están descubiertas.

Figura 44 Superficie de áreas verdes en suelo urbano de Pudahuel.



Fuente: Imagen de suelo urbano de Pudahuel en base a Informe ambiental complementario, (2018) p100.

La siguiente tabla muestra las dimensiones de superficie de áreas verdes, que registra el aumento de la densidad de vegetación por habitante, es decir, en un año la vegetación disminuyó, respecto de las fuentes de información del INE 2019 con el informe ambiental 2018 del PRC 2021.

Anteriormente, observamos que el valor mínimo del NDVI mostró un valor de -0,4 al interior de las áreas de suelo urbano consolidado, lo que indica escases en la cantidad de áreas verdes en los espacios públicos. La densidad de vegetación por habitante en Pudahuel, el año 2018 fue de 5 metros cuadrados por habitante y el año 2019, fue de 4.11 metros cuadrados, por habitante.

Tabla 20 Superficie por área verde del Plan Regulador Comunal.

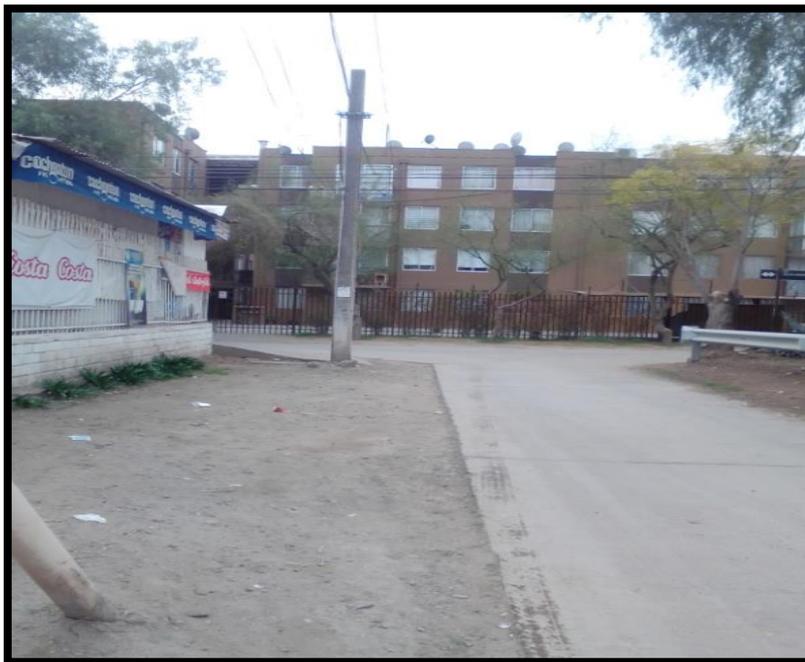
TIPO	SUBTIPO	N°	SUP_TOTAL(m²)	PROM (m²)	MAX(m²)	MIN(m²)
Área Verde	Plaza	149	276.993	1.859	6.437	512
	Parque	6	110.171	18.362	29.230	11.411
Obra Vial	Lateral Autopista	15	396.445	26.430	62.303	2.025
	Platabanda	57	193.179	3.389	35.792	505
	Rotonda	14	142.531	10.181	36.561	974
TOTAL		241	1.119.319			

Fuente: Reyes y otros, 2014. Nota: Se consideraron parques todas las áreas >10.000 m².

Fuente: Informe ambiental complementario, (2018) p14-3.

Por medio, de la metodología de trabajo de campo, la siguiente (Fig.45), es una imagen al interior de las áreas de desarrollo urbano consolidado de Pudahuel, de los barrios más antiguos. Se muestran edificaciones de media altura, al interior de un barrio compacto, ubicado en un pasaje angosto, combinado con mínimas áreas verdes, como esquinas sin árboles.

Figura 45 Edificio de media altura.



Fuente: Elaboración propia (2023).

Las medidas de mitigación de los impactos del cambio de las temperaturas ante el cambio climático, tiene como principal objetivo el enfriamiento de la ciudad, para ello se reconoce que la expansión de la vegetación en zonas urbanas, posee la capacidad de disminuir la temperatura de su alrededor y aumentar los niveles de evapotranspiración (Rojas, 2019 p8), es decir, incrementa la humedad.

Los siguientes aspectos describen relevantes aportes sobre la importancia de las áreas verdes en espacios urbanos:

1. La cubierta vegetal causa estabilidad en un área donde las poblaciones se multiplican, sin traspasar el límite inferior que provocaría la extinción de especies de fauna que sobreviven al interior de una ciudad.
2. Disminuye el riesgo de desertización y erosión de los suelos.
3. Aumentan la eficiencia y sustentabilidad de las ciudades, como la reducción de emisiones de CO₂ y aminoran el impacto de las precipitaciones por anegamiento del suelo.
4. Produce la reconstrucción de los suelos y su conservación.

Ley n°19.057 Plantaciones y Obras de ornato, de la LGUB, puede contribuir a reproducir instancias sustentables, desde el municipio para expandir las áreas verdes en vías de circulación, vías peatonales, pasajes y espacios públicos. En la disposición del funcionamiento del área medio ambiental municipal, en equipos interdisciplinarios que concreten la siguiente minuta:

1. Equipos de ornato
2. Traslado mensual del personal
3. Riego semanal en camiones aljibes
4. Permisos seccionales ambientales

El Capítulo 4 del artículo n° 46 de la Ley Marco de Cambio Climático, ordena incluir en los Estudios de Impacto Ambiental, estableciendo:

Del artículo 12, en su letra d) de la Ley n°19.300, dicta lo siguiente: una predicción y evaluación del impacto ambiental del proyecto o actividad, incluidas las eventuales situaciones de riesgo y los efectos adversos del cambio climático sobre los elementos del medio ambiente (SEIA, 2023 p20). Esto permite establecer con anterioridad, que el cambio climático es un Riesgo climático y ambiental.

Los aspectos del riesgo climático, que deben ser considerados como descriptores de áreas de influencia (SEA, 2023 p20). Es decir, el espacio donde están ubicados y los receptores de los impactos, en cada fase del proyecto industrial o ambiental.

El ambiente natural y urbano, gradualmente impactan en la biofísica, química y biogeografía de la tierra. En la ciudad, la dinámica de producción, incrementan los niveles de calor capturados en la atmósfera, aumentando así los promedios de temperatura (Omali, 2022 p2), perjudicando a los habitantes de la comuna y pudiendo ser evitado, a través estrategias de mitigación por medio de la expansión de las áreas verdes y planes de protección ambiental, ya que es reconocido que generalmente las acciones humanas y el equilibrio del aprovechamiento racional para alcanzar el desarrollo sostenible.

4 DISCUSIÓN

Las formas de la urbanización son descritas según los aspectos de la cubierta de superficie (la fracción impermeable), los materiales de construcción utilizados (características radiativas y termales) (Brousse et al,2016, p117), relaciona la definición de zonas climáticas locales (ZCL), que describen las morfologías urbanas, donde su importancia radica en los barrios, bloques, manzanas, calles y espacios públicos, donde la urgencia está principalmente enfocada en destacar la efectividad de los árboles, para mitigar la exposición a altas temperaturas (Jara y de la Barrera, 2021 p4), como también el embellecimiento del espacio público.

Las políticas de liberalización de los mercados de suelo impactan negativamente al medio ambiente. La ausencia de planificación ecológica o de ordenamiento territorial, los planes de crecimiento urbano, no se compatibilizan con los objetivos ambientales del desarrollo sustentable (Molero et al, 2007 p92) o sostenible. Los tipos de construcciones y usos de suelo que producen emisiones a elevadas temperaturas y variaciones en los resultados, que generan flujos e intercambios de materia y energía entre la atmósfera, los suelos y la vegetación (Romero et al, 2010 p36).

El cambio climático como un impacto ambiental ya es considerado de forma previa como parte de las evaluaciones de impacto ambiental EIA, con foco en definir las tipologías, no solo del diseño de la ciudad, sino que también del tipo de impacto desde la visión del cambio climático. Una vez admitidos por la comunidad técnica y científica, que contextualice un análisis de los costos y beneficios de un proyecto ambiental, ya existente o en proyección de su realización.

La pérdida del valor natural, estético, cultural y de productividad que constituyen los impactos del cambio climático, en una ciudad altamente densa, estableciendo perjuicios que inquietan en demasía la amplificación del riesgo ambiental.

Aunque en términos de los proyectos que benefician al medio ambiente, ha sido aprobado en el Plan Regulador Comunal de Pudahuel del año 2021, el proyecto Mapocho 42k, del borde del río Mapocho, en dimensiones de áreas verdes que permiten el acceso de la población en áreas aledañas a la estación Aeroportuaria. Lo cual es preocupante, porque tendría una denominación de parque, en una zona de alta seguridad. En definitiva, solo es regulada el área de inundación, definido en el Plan regulador comunal, sin pretensión ni perjuicio de lo admitido por la autoridad, el proyecto Mapocho 42K, no debería permitir el acceso público, en una área de alta seguridad, para regular acciones preventivas de mitigación, no solo ambientales, sino que también sobre la infraestructura.

La Dirección de Aeropuertos, plantea los siguientes objetivos estratégicos:

1. Construir, conservar y/o mejorar la infraestructura aeroportuaria nacional del Uso público, a través del financiamiento estatal, aportes o a través de entes privados mediante el Sistema de Concesiones (MOP 2017 p47).

5 CONCLUSIÓN

El cambio de las temperaturas y variaciones en las precipitaciones, junto con la presencia de una ciudad con déficit de vegetación, impacta en una erosión intensa del medio ambiente, que induce a la aparición de nuevos impactos ambientales, con la expansión urbana. Las propuestas de mitigación medioambientales, por lo tanto, podrían tener una planificación racional y así generar un efecto que induzca el enfriamiento del ambiente en verano, a través del aumento de la presencia de agua y vegetación (Deng et al, 2018 p3), que mejoren la erosión de las pendientes y hábitats urbanos.

Los ODS es una estrategia ambiental adecuada para combatir el cambio climático y sus impactos ambientales, confirmados por la Redmunicc adquiere lineamientos importantes que contribuyen a establecer, en mención a la ley n°21.455 de marco del cambio climático, que entrega la posibilidad de incluir el concepto de desarrollo sostenible. El proceso de intensificación de la actividad agrícola, ha conducido a una drástica modificación de la cubierta vegetal, alterando las características del terreno en su interacción con el clima urbano y el ciclo hidrológico.

Al año 2002, el límite demuestra que engloba las áreas de evolución urbana de Santiago entregadas por el Observatorio urbano de la Universidad Católica de Chile, a las cuales se agregan las áreas de expansión urbana que el año 2017, abarcan extensiones de viviendas, bodegas, comercio, colindantes a la ciudad consolidada, e incluye nuevas áreas de condominios en las Lomas de Pudahuel, en la ribera este del río Mapocho, incluida como un área de uso de suelo mixto al incorporar zona de bodegas adyacentes a las viviendas.

El año 2022 que involucró la fotointerpretación, exhibe principalmente áreas de expansión, según la tipología de diseño bodegas, las cuales mantienen aún suelos descubiertos que quedan fuera del área de desarrollo urbano consolidado, pero es posible conjeturar que de no regularse las ventas de uso de suelo, en pocos años terminara siendo incorporado en las áreas consolidadas.

Es contradictoria la utilización del concepto de desarrollo sostenible y áreas de desarrollo urbano consolidado, puesto que la línea de los ODS, buscan mejorar las condiciones del medio ambiente, mientras que el desarrollo urbano engloba los mayores perjuicios ambientales.

Una ciudad sustentable es capaz de mejorar la infiltración de las aguas en suelos impermeabilizados, donde recurrentemente las inundaciones generan importantes pérdidas materiales al interior de la ciudad, durante fuertes lluvias, su captación y reutilización de agua de reciclaje para regadío, en la estación de verano.

El drenaje urbano es regulado desde 1997 por la Ley n° 19.525, regula Sistemas de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias, que permitan su fácil escurrimiento y disposición, con objeto de impedir el daño que éstas puedan causar a las personas, a las viviendas y, en general, a la infraestructura urbana (MOP 2017, p39) y su posterior reciclaje ante la ausencia de precipitaciones cada vez más recurrentes, en un clima mediterráneo de estación seca prolongada. Por lo cual, el Municipio de Pudahuel puede regular el almacenamiento de agua para regadío, considerando que los días con precipitaciones son escasos.

Para caracterizar el clima urbano en la comuna de Pudahuel, fueron obtenidos datos de LST. Se utilizaron los satélites de Modis terra y Landsat 8, los cuales registran los valores de temperatura de emisión de las cubiertas de suelo (Sarricolea, 2014 p124), para proponer medidas de mitigación ante el cambio climático. La claridad del conocimiento del espacio temporal, la variabilidad de las temperaturas ayuda a detectar los cambios de las características de las LST y sobre el entendimiento del cambio climático (Duan et al, 2022 p1). Las temperaturas superficiales de la tierra LST, es entendida como la relación de la tierra-atmósfera y los cambios de temperatura, son importantes en la variabilidad del dinamismo en ambientes urbanos (Liu et al, 2022).

La clasificación de los indicadores medio ambientales, el agua en superficie, desde la utilidad del multiespectro del lente satelital que resulto positivo, en poder reconocer los cambios del índice de agua NDWI y del índice de vegetación NDVI. (Yang, 2008 p218). Es decir, al aumentar el resultado del índice de vegetación, es mayor también el índice de agua. Hubo un alza significativa del índice diferenciado de vegetación normalizado (NDVI), en los periodos posteriores, desde que fueron entregadas las viviendas.

Las altas temperaturas del aire en las capas más bajas de la atmósfera urbana, acentúa el estrés térmico en las ciudades (Rojas, 2019 p3). Las temperaturas de LST fueron altas en las áreas de desarrollo urbano consolidado, sin embargo, en el contexto de las áreas de expansión fueron más frías, en el caso de las bodegas, explicado por la ubicación observada por la transición urbano/rural. De forma diferida, el índice de vegetación NDVI disminuyo en ambos casos, excepto en las Lomas de Pudahuel, donde la tipología de diseño urbano de condominios, añadía valores altos, en la serie de datos y en las imágenes termales, donde finalmente los valores más altos incluyen las vías de circulación, las autopistas y la Estación Aeroportuaria.

Agregando la expansión de áreas verdes al interior del espacio público, el manejo de Infraestructura hidráulica de control aluvional (MOP 2017, p28), tienen que incluirse como parte de las estrategias que definen los ODS y sus beneficios de contar con una mayor cobertura de vegetación, al interior de la ciudad.

Las zonas localizadas en los alrededores de la estación Aeroportuaria, fluctúan de los 14.2°C a los 47.8° C y noche la mínima es de 12.8° C a 25.2°C. Las superficies más frías son las áreas agrícolas, que han persistido alrededor de las áreas de expansión urbana. Aludiendo a la imagen del NDVI, es posible de percatar reducidas áreas verdes, al interior de los límites del barrio urbano, se observan más frías que las vías de circulación. En las Lomas de Pudahuel, son áreas de expansión urbana, donde los certificados de recepción de las viviendas fueron entregados el año 2012. El uso de suelo comparte áreas de industria y bodegas. La zona de las Lomas es privilegiada puesto que se encuentra aledaño al río Mapocho, donde aún existen suelos de cultivos, vegetación y suelos descubiertos.

La vegetación genera gran absorción y retención de aguas lluvias, minimizando el impacto de las fuertes precipitaciones, disminuyendo la magnitud de la escorrentía superficial, disminuyendo la probabilidad de desastres y el riesgo que produce las inundaciones en la población, producto de la impermeabilización del suelo urbano, sobre todo en pendientes pronunciadas.

Del medio físico y su afectación en la cultura, para el desarrollo sostenible, es la vegetación un aporte fundamental para la captura de contaminantes atmosféricos, el almacenamiento de carbono, la capacidad de retención de agua del suelo, aporte de materia orgánica en la regulación micro climática (MINVU Decreto 17, 2020) y enfriamiento de la ciudad.

Tras la experiencia de la época del siglo XX han planteado desde la ONU y la Unión Europea, que los usos de energías fósiles, deberían disminuir su frecuencia, para mejorar el clima urbano, en ciudades en vías de desarrollo y el comercio de competencia regional. La emergencia ambiental, producto del aire contaminado caracterizan el clima urbano, cuyo rasgo más destacable es el aumento de las temperaturas en áreas urbanas, con relación a las áreas rurales (García y Martilli, 2012). La inclusión de los ODS en las propuestas del Municipio de Pudahuel, pueden contribuir de forma positiva a solucionar los impactos del cambio climático, con la incorporación de la Redmunicc, en la articulación administrativa sobre el Desarrollo Sostenible, en lo que respecta la evaluación de las Temperaturas, como parte del análisis, evaluación y desarrollo sostenible del clima urbano por el interés científico, educativo y cultural.

6 BIBLIOGRAFÍA

ActionLac (2016). Acción climática Latinoamericana. Red Chilena de Municipios ante el Cambio Climático. (Consulta electrónica: 2023)

<https://actionlac.net/redmunicc/>

Adapt Chile & Red Chilena de Municipios ante el Cambio Climático (RedMuniCC) Agenda, (2017). Agenda para Municipios ante el cambio climático(4-49).

<https://drive.google.com/file/d/1yJtM13L59jP9YjBOCR21At1gBC7xs0x/viewhttps://www.redmunicc.cl/recursos/>

Adapt Chile & Red Chilena de Municipios ante el Cambio Climático (RedMuniCC) Manual (2017). Manual de Incorporación a la Red Chilena de Municipios ante el Cambio Climático (3-19).

<https://drive.google.com/file/d/1sIWvHYW2bPj7NNhkvB2mXEC0Nzww9CVw/viewhttps://www.redmunicc.cl/recursos/>

Brousse, O., Martilli, A., Foley, M., Mills, G., & Bechtel, B. (2016). WUDAPT, an efficient land use producing data tool for mesoscale models? Integration of urban LCZ in WRF over Madrid. *Urban Climate*, 17, 116-134.

<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.04.001>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095516300219>

Cabrera-Jara, N. E., Hermida-Palacios, M. A., Orellana-Vintimilla, D. A., & Osorio-Guerrero, P. E. (2015). Evaluando la sustentabilidad de la densificación urbana. Indicadores para el caso de Cuenca (Ecuador). *Bitácora Urbano Territorial*, 25(2), 21-34.

<https://doi.org/10.15446/bitacora.v2n25.49014>

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012479132015000200004&script=sci_arttext

Cadena-Iñiguez, P., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., Salinas-Cruz, E., Cruz-Morales, F. D. R. D. L., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2017). Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento en las ciencias sociales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(7), 1603-1617.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200709342017000701603&script=sci_abstract&tlng=pt

CHILE. Canals 2017. Oficio ordinario n°0299 (2017). Cumplimiento de metas y compensaciones de Material particulado MP y Óxido de Nitrogeno NOx. Ministerio de salud .Región metropolitana Gobierno de Chile. 1-2

https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/05/Ord-3126_2016-cumplimiento-metas-MP_NOx.pdf

Climatología de la Dirección Meteorológica de Chile, (2022). Reporte anual de la evolución del clima en Chile. Chile. Dirección Meteorológica de Chile (DMC)

<https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/publicaciones/documentoPdf/reporteEvolucionClima/reporteEvolucionClima2021.pdf> Junio, 2022. 1-46.

<https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/publicaciones/documentoPdf/reporteEvolucionClima/reporteEvolucionClima2021.pdf>

Comisión Nacional del Medio ambiente CONAMA (1998). Una Política ambiental para el desarrollo sustentable. Consejo Directivo de Ministros. Enero 1998. (2-47).

<https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/22243>

Chan, K. K. Y., & Xu, B. (2013). *Perspective on remote sensing change detection of Poyang Lake wetland. Annals of GIS, 19(4), 231-243.*

<https://doi.org/10.1080/19475683.2013.843589>

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19475683.2013.843589>

Comisión Nacional del Medio ambiente CONAMA 2002). Chile: Ejemplos de desarrollo sustentable. p(1-20).

Chile. Ministerio del Medio ambiente MMA. (2022). Ley 21455. Ley marco de cambio climático.

<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1177286>

Chile. Decreto 38 Ministerio del medio ambiente MMA, (2012). Aprueba el Reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión..

<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1053036>

Chile. Ministerio de Relaciones Exteriores, (2016). Decreto 48. Crea el Consejo nacional para la implementación de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible.

<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090692>.

Chile. Ministerio del medio ambienteMMA, (2022). Ley 21.455, Ley marco de cambio climático. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1177286>

Chile. Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU, DS 17 (2020). Decreto supremo 17 Aprueba política nacional de Parques Urbanos. Biblioteca del congreso nacional de Chile.

<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1161501>

Chile. Ministerio del Interior y seguridad pública; Subsecretaría del desarrollo Regional y Administrativo. (2019) Decreto 98 Aprueba reglamento que fija los estándares mínimos para el establecimiento de las áreas metropolitanas y establece normas para su constitución.

<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1149868>

Chile. Servicio de evaluación ambiental SEIA (2018). Director ejecutivo Servicio evaluación ambiental. Oficio ordinario n° 180515 en Santiago abril 2018 Gobierno de Chile. (1-4)

<https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2018/05/03/of-180515.pdf>

Deng, Y., Wang, S., Bai, X., Tian, Y., Wu, L., Xiao, J., ... & Qian, Q. (2018). Relationship among land surface temperature and LUCC, NDVI in typical karst area. *Scientific reports*, 8(1), 641.

<https://www.nature.com/articles/s41598-017-19088-x>

Dirección de Desarrollo Comunitario, (2015). Atlas Comunal Pudahuel. Municipalidad de Pudahuel. Ilustre Municipalidad de Pudahuel.

([https://www.mpudahuel.cl/portal/sectores-y-barrrios/.p\(7-129\)](https://www.mpudahuel.cl/portal/sectores-y-barrrios/.p(7-129))).

<https://www.mpudahuel.cl/portal/wp-content/uploads/2022/01/Atlas-comunal-.pdf>

Dirección Meteorológica de Chile DMC, A., (2021). Dirección General de Aeronáutica civil DGAC. Dirección Meteorológica de Chile. Subdepartamento de climatología y meteorología aplicada. Anuario Meteorológico 2020. Santiago de Chile, 2021. (1-128).

<https://climatologia.meteochile.gob.cl/publicaciones/anuario/anuario-2020.pdf>

Duan, S. B., Huang, C., Liu, X., Liu, M., Sun, Y., & Gao, C. (2022). Spatio-Temporal Distribution Characteristics of Global Annual Maximum Land Surface Temperature Derived from MODIS Thermal Infrared Data From 2003 to 2019. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 15, 4690-4697.

DOI: [10.1109/JSTARS.2022.3181051](https://doi.org/10.1109/JSTARS.2022.3181051)

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9789730>

Dureau, F., Dupont, V., Lelièvre, É., Lévy, J. P., & Lulle, T. (2002). Métropolis en movimiento: una comparación internacional (pp. 28-36). Alfaomega Colombiana.

https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers1103/010031172.pdf

DOI: [10.1109/JSTARS.2022.3181051](https://doi.org/10.1109/JSTARS.2022.3181051)

Stas, M., Van Orshoven, J., Dong, Q., Heremans, S., & Zhang, B. (2016). A comparison of machine learning algorithms for regional wheat yield prediction using

NDVI time series of SPOT-VGT. In *2016 fifth international conference on agro-geoinformatics (agro-geoinformatics)* (pp. 1-5). IEEE.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7577625>

DOI: [10.1109/Agro-Geoinformatics.2016.7577625](https://doi.org/10.1109/Agro-Geoinformatics.2016.7577625)

Environmental Systems Research Institute ESRI (2022). ArcgisPro, (Consulta electrónica: 2022). Calcular atributos de geometría.

<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/data-management/calculate-geometry-attributes.htm>

Escobar, A. (1995). El desarrollo sostenible: diálogo de discursos. *Ecología política*, (9), 7-25.

https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Escobar%2C+%281995%29.+EL+desarrollo+sostenible%3A+dialogo+de+discursos&btnG=

ESRI (SIGLAS), (2023). ArcgisPRO. (consulta: Enero, 2023)

<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/arcpy/image-analyst/ndwi.htm>

Environmental Systems Research Institute ESRI, (2023). NDWI. ArcgisPRO. (Consulta electrónica: Enero, 2023).

<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/arcpy/image-analyst/ndwi.htm>

García, F. F., & Martilli, A. (2012). El clima urbano: aspectos generales y su aplicación en el área de Madrid. *Revista Indíce* (50), 21-24.

<http://www.revistaindice.com/numero50/p21.pdf>

Gutiérrez Moya, M., & Gutiérrez Moya, E. (2006). Desarrollo sostenible. *Revista de Enseñanza Universitaria*, extra 2006, 227-243.

<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/55131/Desarrollo%20sostenible%20Nextra2006.pdf?sequence=1>

González, (2021). Situación climatológica en Chile central. *Boletín técnico Pomáceas*. Universidad de Talca. (118) (1-12). Julio, 2021.

<https://pomaceas.otalca.cl/wp-content/uploads/2021/10/118.-Situaci%C3%B3n-climatol%C3%B3gica-en-Chile-central.-Patricio-Gonz%C3%A1lez.-Julio-2021.pdf>

<https://pomaceas.otalca.cl/wp-content/uploads/2021/10/118.-Situaci%C3%B3n-climatol%C3%B3gica-en-Chile-central.-Patricio-Gonz%C3%A1lez.-Julio-2021.pdf>

Huete, A. R., Liu, H. Q., Batchily, K. V., & Van Leeuwen, W. J. D. A. (1997). A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote sensing of environment*, 59(3), 440-451.

[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00112-5)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425796001125>

Identificación de Datos Geoespaciales IDE, (2017). Zonas climáticas de Chile según Köppen-Geiger escala 1:1.500.000. Infraestructura de datos geoespaciales (IDE). <https://www.ide.cl/index.php/clima-y-atmosfera/item/1556-zonas-climaticas-de-chile-segun-koepfen-geiger-escala-1-1-500-000>

INE (2017). Instituto nacional de estadística. Redatam Listados por área. Censo (Consulta electrónica: 2023) https://redatamine.ine.cl/redbin/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=CENSO_2017&lang=esp

Infraestructura de datos espaciales IDE, (2019). Red Vial Nacional. Ministerio de Obras Públicas MOP. Escala aproximada entre 1:10.000 y 1:25.000. (Consulta electrónica: 7 de marzo, 2023.) <https://www.ide.cl/index.php/transporte/item/1708-red-vial-nacional>

IPT (2013). Instrumentos de Planificación Territorial. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (Consulta electrónica: 2023.) <https://ide.minvu.cl/pages/descargas>

IDE (2020). Área Urbana Consolidada. Instituto de datos geoespaciales. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. <https://www.ide.cl/index.php/planificacion-y-catastro/item/1845-area-urbana-consolidada>

Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile IDE, (2020). Área urbana consolidada. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). <http://catalogo.geoportal.cl/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid=%7BF955D2EE-D491-482C-86D8-CC0FC0EAF3D6%7D>

Infraestructura de datos espaciales IDE, (2022). Catastros de uso de suelo y vegetación. Escala región Metropolitana 2013 1:30.000. Corporación Nacional Forestal CONAF. Santiago de Chile. Consulta electrónica: 7 de marzo, 2023 <https://www.ide.cl/index.php/flora-y-fauna/item/1513-catastros-de-uso-de-suelo-y-vegetacion>

Infraestructura de datos espaciales IDE, (2022). Hidrografía regiones: de Arica y Parinacota a O'Higgins. Cartografía escala representación de 1:25.000. Chile. Consulta electrónica: 7 de marzo, 2023. <https://www.ide.cl/index.php/aguas-continentales/item/2015-hidrografia>

Infraestructura de datos espaciales IDE del Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU (2021). Instrumentos de Planificación Territorial IPT, archivos shape de la zonificación del uso de suelo de los instrumentos de planificación territorial de la Región Metropolitana. (Consulta electrónica: 7 de marzo, 2023.) <https://ide.minvu.cl/pages/descargas>

Instituto nacional de Estadísticas INE, (2019). Metodología para medir el crecimiento físico de los Asentamientos Humanos en Chile. Observatorio Urbano del Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU. <https://geoarchivos.ine.cl/file/pub/libro-cehu-asentamientos-26-08.pdf>

Instituto Nacional de Estadísticas IDE (2023). Censo de Población y Vivienda. Redatam, Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL/ Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía. (Consulta electrónica: 2023). <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/censo-de-poblacion-y-vivienda>

Instituto nacional de estadísticas INE (2019). Objetivos de desarrollo sostenible ODS. Implementación de la agenda 2030. Ministerio de relaciones exteriores. <https://www.ine.gob.cl/institucional/ods>

King, M. D., Platnick, S., Menzel, W. P., Ackerman, S. A., & Hubanks, P. A. (2013). Spatial and temporal distribution of clouds observed by MODIS onboard the Terra and Aqua satellites. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, 51(7), 3826-3852.

DOI: [10.1109/TGRS.2012.2227333](https://doi.org/10.1109/TGRS.2012.2227333)

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6422379>

Li, J., Wang, J., Zhang, J., Liu, C., He, S., & Liu, L. (2022). Growing-season vegetation coverage patterns and driving factors in the China-Myanmar Economic Corridor based on Google Earth Engine and geographic detector. *Ecological Indicators*, 136, 108620.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108620>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X22000917>

Lukas, M., & Fragkou, M. C. (2014). Conflictividad en construcción: desarrollo urbano especulativo y gestión del agua en Santiago de Chile. *Ecología política*, (47), 67-71.

<https://www.jstor.org/stable/43528414>

Mellado, O. S. (2003). Sectorización climático-habitacional de las regiones de Valparaíso y Metropolitana. *Revista INVU*, 18(46).

<https://doi.org/10.5354/0718-8358.2003.62243>
<https://revistahistoriaindigena.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/62243>

Meseguer-Ruiz, Ó., Martín Vide, J., Olcina, J., & Sarricolea, P. (2014). La distribución espacial de la fractalidad temporal de la precipitación en la España peninsular y su relación con el Índice de Concentración.

<https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/47802>
<http://www.revistas.uchile.cl/index.php/IG/issue/view/3797>

Mhaweji, M., & Abunnasr, Y. (2022). Daily Ten-ST-GEE: An open access and fully automated 10-m LST downscaling system. *Computers & Geosciences*, 168, 105220.

<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2022.105220>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098300422001698>

Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU(2020). Metodología para determinar las áreas funcionales de Chile. (18-199)

<https://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/3672>

Ministerio de Desarrollo Regional, S. (2020). Metodología para determinar las Áreas Funcionales de Chile.

<http://54.148.75.48/handle/123456789/3672>

RI: <http://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/3672>

Follanos Molero, A., & Sarmientos Fuentes, J. A. (2020). Evaluación de la regresión glaciaria de los nevados Salkantay y Veronica mediante el análisis multi-temporal entre los años 1990-2020, Cusco.

URI: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/60800>
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60800>

Ministerio de desarrollo social (2022). Los objetivos de desarrollo sostenible y la pandemia por covid-19 en Chile. (5-114).

https://www.chileagenda2030.gob.cl/recursos/1/documento/ODS_Chile-Diagnostico-Inicial-2022_online-V2-FINAL.pdf

Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU (2020). Cobertura espacial que representa el estado actual de las Áreas verdes vigentes en Santiago. Información vectorial de tipo polígono.

<https://ideocucocuc.hub.arcgis.com/search?appid=03aa09fded7141a2afad9cf3ef7c23c7&bbox=-70.80150489758732%2C-33.641825975595715%2C-70.47513722131963%2C-33.31578649918461&collection=Dataset&edit=true>

MINVU, DS N°47 (2020) Resumen de modificaciones y rectificaciones de la ordenanza general de urbanismo y construcciones (OGUC). Chile. Decreto supremo

47 D.O. 16 de abril de 1992. 19.05.92 Publica La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. (1-465).

<https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2019/05/OGUC-Mayo-2020-D.S.-N%C2%B01-D.O.-29-05-2020.pdf>

Ministerio del interior y seguridad pública (2021). Aprobación Plan regulador Comunal de Pudahuel. IV Sección del Diario Oficial N° 42.873 <http://observatoriourbano.minvu.cl/lpt/Mapoteca/Digital/Aviso%20PRC%20Pudahuel.pdf>

Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU de Chile (2017), Catastro de parques urbanos, en base de datos del catastro disponible. (Consulta: Enero 2023). <https://www.ide.cl/index.php/planificacion-y-catastro/item/1847-catastro-de-parques-urbanos>.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU (1992). Decreto 47 Fija nuevo texto de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Chile. Biblioteca del Congreso Nacional. (Capítulo 1, Art 1.1.2).

<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=8201>

Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU, DFL N° 458, (2020). Resumen de modificaciones y rectificaciones de la ley general de urbanismo y construcciones (1-134).

<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=13560&idVersion=2020-01-23>

<https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2019/05/OGUC-Junio-2020-D.S.-N%C2%B032-D.O.-13-06-2020.pdf>

Barraza, M. (2017). Informe de Diagnóstico e Implementación de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Chile.

URI: <http://54.148.75.48/handle/123456789/2300>

https://www.chileagenda2030.gob.cl/storage/docs/DiagnosticoInicial_2.0_Agenda2030-ODS_2017.pdf

Ministerio del medio ambiente, MMA (2018) Informe Final para la Gestión de Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable -MP10 y MP2,5-. Ministerio del medio ambiente. 2018 Región metropolitana de Chile. (p3-42).

Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU, Instituto Nacional de Estadísticas, Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo y Secretaría de Planificación de Transporte (2020). Metodología para determinar las áreas funcionales de Chile: Centro de Estudios de Ciudad y Territorio, (117), (7-204).

URI: <http://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/3672>

<https://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/3672>

Ministerio de Obras Públicas MOP, (2017). Plan de adaptación y mitigación de los servicios de infraestructura al cambio climático 2017-2022. Ministerio de Obras Públicas MOP y Dirección General de Obras Públicas. Diciembre 2017 (9-114).

<https://www.mop.gob.cl/Carpeta/uploads/2021/07/Plan-de-Adaptacion-y-Mitigacion-de-los-Servicios-de-Infraestructura-al-Cambio-Climatico-2017-2022.pdf>

Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU, Instituto Nacional de Estadísticas, Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo y Secretaría de Planificación de Transporte. (septiembre, 2020). Metodología para determinar las áreas funcionales de Chile: Centro de Estudios de Ciudad y Territorio, (117), p(7-204).

URI:<http://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/3672>

<https://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/3672>

Ministerio del medio ambiente, MMA (2018) Informe Final para la Gestión de Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable -MP10 y MP2,5-. Región metropolitana de Chile (p3-42).

Melgarejo, (2007). Escenarios de aptitud y modelización cartográfica del crecimiento urbano mediante técnicas de evaluación multicriterio, *GeoFocus* (Artículos), nº 7, (120-147). ISSN: 1578-5157.

Molero, E., Grindla, A. L., & Asensio, J. J. (2007). "Escenarios de aptitud y modelización cartográfica del crecimiento urbano mediante técnicas de evaluación multicriterio. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (7), 120-147.

<https://geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/114>

Muñoz, J. C., Barton, J., Frías, D., Godoy, A., Bustamante, W., Cortés, S., ... & Wagemann, E. (2019). Ciudades y cambio climático en Chile: Recomendaciones desde la evidencia científica. *Santiago: Comité COP25. Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.*

https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Mu%C3%B1oz%2C+%282019%29.+Ciudades+y+cambio+clim%C3%A1tico+en+Chile%3A+Recomendaciones+desde+la+evidencia+cient%C3%ADfica.+Santiago+%281-18%29.+&btnG=

Naciones Unidas, (2018). Cepal. Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. (1-93).

<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40155.4>

Observatorio de ciudades OCUC UC (2020). Evolución Crecimiento Urbano Santiago. Universidad Católica de Chile. (Consulta: 2022)

https://ideocucocuc.hub.arcgis.com/datasets/ebf66c46b1b1475c82fef27d8bded651_0/explore

Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly journal of the royal meteorological society*, 108(455), 1-24.

https://www.patarnott.com/pdf/Oake1982_UHI.pdf

Oke, T. R., & Cleugh, H. A. (1987). Urban heat storage derived as energy balance residuals. *Boundary-Layer Meteorology*, 39, 233-245.

<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00116120>

Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press.

[https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=7h0xDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR12&dq=Oke,+T.+R.,+Mills,+G.,+Christen,+A.,+%26+Voogt,+J.+A.+\(2017\).+Urban+climates.+Cambridge+University+Press&ots=yl8zccPtGx&sig=SsSAF5YqbXoFcje59vIXzfK3l4M&redir_esc=y#v=onepage&q=Oke%2C%20T.%20R.%2C%20Mills%2C%20G.%2C%20Christen%2C%20A.%2C%20%26%20Voogt%2C%20J.%20A.%20\(2017\).%20Urban%20climates.%20Cambridge%20University%20Press&f=false](https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=7h0xDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR12&dq=Oke,+T.+R.,+Mills,+G.,+Christen,+A.,+%26+Voogt,+J.+A.+(2017).+Urban+climates.+Cambridge+University+Press&ots=yl8zccPtGx&sig=SsSAF5YqbXoFcje59vIXzfK3l4M&redir_esc=y#v=onepage&q=Oke%2C%20T.%20R.%2C%20Mills%2C%20G.%2C%20Christen%2C%20A.%2C%20%26%20Voogt%2C%20J.%20A.%20(2017).%20Urban%20climates.%20Cambridge%20University%20Press&f=false)

Omali, T. U. (2022). Monitoring climate change using Satellite-observed earth's surface temperature: a review. *Int. J. Sci. Res. in Physics and Applied Sciences Vol*, 10(4). (15-22).

https://www.researchgate.net/profile/Thomas-Omali/publication/363862836_Monitoring_Climate_Change_using_Satellite-observed_Earth's_Surface_Temperature_A_Review/links/6332da67694dbe4bf4c64884/Monitoring-Climate-Change-using-Satellite-observed-Earths-Surface-Temperature-A-Review.pdf

Palme, M., Lobato, A., & Carrasco, C. (2016). Quantitative analysis of factors contributing to urban heat island effect in cities of latin-American Pacific coast. *Procedia Engineering*, 169, 199-206.

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.024>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581633226X>

Pech-May, F., Aquino-Santos, R., Rios-Toledo, G., & Posadas-Durán, J. P. F. (2022). Mapping of land cover with optical images, supervised algorithms, and google earth engine. *Sensors*, 22(13), 4729.

<https://doi.org/10.3390/s22134729>

<https://www.mdpi.com/1424-8220/22/13/4729>

Peña Alvarez, O. (1975). Climas urbanos, medio ambiente y planificación del espacio. (1-16)

<https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/19915>

https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Pe%C3%B1a+Alvarez%2C+O.+%281975%29.+Climas+urbanos%2C+medio+ambiente+y+planificaci%C3%B3n+del+espacio.+%281-16%29&btnG=

<https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/19915>

Fernández, M. E., Picone, N., Gentili, J. O., & Campo, A. M. (2021). Analysis of the Urban Energy Balance in Bahía Blanca (Argentina). *Urban Climate*, 37, 100856.

<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100856>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095521000869>

Plan regulador comunal de Pudahuel, PRC(2020). Memoria Explicativa. Ilustre Municipalidad de Pudahuel. (1-102)

<https://www.mpudahuel.cl/portal/wp-content/uploads/2022/04/1.->

MEMORIA_EXPLICATIVA.pdf

Jara, J. P., & de la Barrera, F. (2021). Rol de la vegetación en el control del microclima urbano y en la adaptación a los efectos del cambio climático en un barrio de San Pedro de la Paz, Chile. *URBE. Arquitectura, Ciudad y Territorio*, (13), 36-52.

<https://doi.org/10.29393/UR13-3RVJP20003>

<http://revistas.udec.cl/index.php/urbe/article/view/4658>

Plan de desarrollo comunal de Pudahuel, PLADECO (2019). Resumen Ejecutivo, Ilustre Municipalidad de Pudahuel (5-14).

<https://www.mpudahuel.cl/portal/wpcontent/uploads/2022/01/RESUMEN->

<EJECUTIVO-Pladeco-PUDAHUEL-definitivo.pdf>

Informe Ambiental Complementario (2018) Informe Ambiental Complementario Abril, 2018. (Consulta electronica: 2022).

<https://www.mpudahuel.cl/portal/plan-regulador-comunal-de-pudahuel/>

Plan regulador comunal de Pudahuel, PRC (2021). Resumen Ejecutivo. Ilustre Municipalidad de Pudahuel, (1-7).

<https://www.mpudahuel.cl/portal/wpcontent/uploads/2022/05/RESUMEN->

<EJECUTIVO.pdf>,

Plan regulador comunal de Pudahuel, PRC (2021). Decreto Alcaldicio [N° 0205-2021](#). Promulga Plan Regulador Comunal de Pudahuel, enero 26 del 2021. p(1-4)

<https://www.mpudahuel.cl/portal/wp-content/uploads/2022/04/Decreto-Alcaldicio-que-promulga-Plan-Regulador-Comunal-N%C2%B0-0205-2021.pdf>

Pliscoff, P., Luebert, F., Hilger, H. H., & Guisan, A. (2014). Effects of alternative sets of climatic predictors on species distribution models and associated estimates of extinction risk: A test with plants in an arid environment. *Ecological Modelling*, 288, 166-177.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.06.003>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380014002713>

Ran, Y., Li, X., & Lu, L. (2010). Evaluation of four remote sensing based land cover products over China. *International Journal of Remote Sensing*, 31(2), 391-401.

<https://doi.org/10.1080/01431160902893451>

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431160902893451>

Romero, H., & Vásquez, A. (2005). Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del piedemonte andino de Santiago de Chile. *Eure (Santiago)*, 31(94), 97-117.

<http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612005009400006>

https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S025071612005009400006&script=sci_arttext

Red Chilena de Municipios ante el Cambio Climático Redmunicc (2017). Agenda para municipios ante el cambio climático. AdaptChile (1-56).

Roco Castillo, F. J. (2022). Temperatura superficial y tipologías de diseño urbano residencial, relación a microescala climática, caso de la comuna de Renca, como base para lineamientos de diseño urbano sensible al clima.

URI: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/189813>

Romero, H., Irrarrázaval, F., Opazo, D., Salgado, M., & Smith, P. (2010). Climas urbanos y contaminación atmosférica en Santiago de Chile. *EURE (santiago)*, 36(109), 35-62.

<http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612010000300002>

https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S025071612010000300002&script=sci_arttext

Romero, H., & Vásquez, A. (2005). La comodificación de los territorios urbanizables y la degradación ambiental en Santiago de Chile. *Scripta Nova*, 9(194), 1-68.

[https://www.researchgate.net/profile/Alexis-Vasquez-](https://www.researchgate.net/profile/Alexis-Vasquez-4/publication/39105646)

[4/publication/39105646_La_comodificacion_de_los_territorios_urbanizables_y_la_degradacion_ambiental_en_Santiago_de_Chile/links/02e7e533596e695885000000/La-comodificacion-de-los-territorios-urbanizables-y-la-degradacion-ambiental-en-Santiago-de-Chile.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alexis-Vasquez-4/publication/39105646_La_comodificacion_de_los_territorios_urbanizables_y_la_degradacion_ambiental_en_Santiago_de_Chile/links/02e7e533596e695885000000/La-comodificacion-de-los-territorios-urbanizables-y-la-degradacion-ambiental-en-Santiago-de-Chile.pdf)

Rondón, S., & Alfonso, L. (2009). El ambiente y el desarrollo sustentable en la ciudad latinoamericana. *Investigación y desarrollo*, 17(2), 268-287.
Print version ISSN 0121-3261 On-line version ISSN 2011-7574
<https://www.redalyc.org/pdf/268/26816278003.pdf>
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012132612009000200003&script=sci_arttext

Rodríguez Beltrán, D. Determinación y mapeo de las zonas climáticas locales y unidades de ventilación de la ciudad de Bogotá. Una aplicación en el análisis de la intensidad de la isla de calor urbana. (1-115)
URI<http://hdl.handle.net/11349/26109>
<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/26109>

Rojas Caballero, C. (2019). Disminución de la temperatura superficial en comunas pericentrales al sur de la ciudad de Santiago mediante la conversión de sitios eriazos en espacios verdes.
URI: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/173635>
https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Rojas%2C+%282019%29.+Disminuci%C3%B3n+de+la+temperatura+superficial+en+comunas+pericentrales+al+sur+de+la+ciudad+de+Santiago+mediante+la+conversi%C3%B3n+de+sitios+eriazos+en+espacios+verdes.+Universidad+de+Chile.++Santiago+%281%29%2C+%284-106%29.+&btnG=
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/173635>

Rasse, A., Sabatini, F., Sarella-Robles, M., Gomez-Maturano, R., Cáceres-Quiero, G., & Trebilcock, M. P. (2019). Metodologías de identificación de zonas en gentrificación. Santiago de Chile y Ciudad de México. *Bitácora Urbano Territorial*, 29(1), 53-63.
<https://doi.org/10.15446/bitacora.v29n1.70035>
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012479132019000100053&script=sci_arttext

Sarricolea Espinoza, P., & Martín-Vide, J. (2014). El estudio de la isla de calor urbana de superficie del área metropolitana de Santiago de Chile con imágenes MODIS y análisis de componentes principales. *Revista de Geografía Norte Grande*, (57), 123-141.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022014000100009>
https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071834022014000100009&script=sci_arttext

Sarricolea Espinoza, P. (2008). Análisis de la sustentabilidad del crecimiento urbano de la ciudad de Santiago y sus efectos sobre la configuración de las temperaturas superficiales.(3-98).

URI: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/101166>

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/101166>

Sarricolea, P., Herrera-Ossandon, M., & Meseguer-Ruiz, Ó. (2017). Climatic regionalisation of continental Chile. *Journal of Maps*, 13(2), 66-73.

<https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1259592>

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17445647.2016.1259592>

Sarricolea, P (2023). Tasa de crecimiento Bruto (TCB) anual urbano. Universidad de Chile. (Consulta excel: 2023)

Segundo tribunal ambiental (2021).Derecho ambiental. Estudios desde la Jurisprudencia del Tribunal Ambiental de Santiago. Volumen II © Segundo tribunal ambiental de Santiago. Editor: editorial libromar SpA ISBN: 978-956-6170-08. Agosto de 2022, Santiago de Chile. (2) (9-205).

<https://tribunalambiental.cl/wp-content/uploads/2022/09/DERECHO-AMBIENTAL-Estudios-desde-la-jurisprudencia-V2.pdf>

Servicio de evaluación ambiental SEIA, (2023). Guía de evaluación ambiental del riesgo para la salud de la población. Ministerio del medio ambiente MMA. Santiago, marzo 2023. República de Chile. (2) (1-70).

<https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2023/03/08/Guia.pdf>

Servicio de Evaluación Ambiental SEIA, (2023). Guía metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA. Primera edición, Santiago, Chile. (1), p(12-84).

https://sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2023/01/13/MET-Guia-Cambio-Climatico_2023.pdf

Segundo Tribunal Ambiental (2022). Estudios desde la jurisprudencia del Tribunal Ambiental de Santiago.

<https://tribunalambiental.cl/wp-content/uploads/2022/09/DERECHO-AMBIENTAL-Estudios-desde-la-jurisprudencia-V2.pdf>

Stewart, I. D., & Oke, T. (2009, June). Classifying urban climate field sites by “local climate zones”: The case of Nagano, Japan. In *IN: Seventh International Conference on Urban Climate* (Vol. 29).

http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended_abstracts/pdf/385055-1-090515165722-002.pdf

Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879-1900.

DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/93/12/bams-d-11-00019.1.xml?tab_body=pdf

Smith Guerra, P., & Romero Aravena, H. (2009). Efectos del crecimiento urbano del Área Metropolitana de Concepción sobre los humedales de Rocuant-Andalién, Los Batros y Lengua. *Revista de Geografía Norte Grande*, (43), 81-93.

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022009000200005>

https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071834022009000200005&script=sci_arttext

Sheng, L., Lu, D., & Huang, J. (2015). Impacts of land-cover types on an urban heat island in Hangzhou, China. *International Journal of Remote Sensing*, 36(6), 1584-1603.

<https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1019016>

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2015.1019016>

Soto-Bäuerle, M. V. , Castro Correa, C. P. , Rodolfi, G., Märker, M., Torres, R. F., Torres, R. P., & de Souza, V. R. (2007). Carta geomorfológica de la sección central y occidental de la Región Metropolitana de Santiago. *Investigaciones Geográficas*, (39), pág-91.

<https://doi.org/10.5354/0719-5370.2007.27763>

<https://revistaatemus.uchile.cl/index.php/IG/article/view/27763>

Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879-1900.

DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/93/12/bams-d-11-00019.1.xml?tab_body=pdf

Subsecretaría del Medio Ambiente, (2016). Implementación de indicadores relacionados con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y otras iniciativas. Gestión y política ambiental, Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile, (DICTUC). p(4- 160)

<http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=ab1ba109-d139-42f2-8465-8b41c4d26784&fname=INDAM%20II%20-%20Informe%20Final.pdf&access=public>

Toro, I. D., & Parra, R. D. (2006). El Proyecto de investigación. *Toro ID, Parra RD. Método y conocimiento: Metodología de la investigación. 1ra ed. Medellín, España: Fondo Editorial Universitario EAFIT*, 158.

http://opac.pucv.cl/pucv_txt/Txt-6500/UCC6900_01.pdf
https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=4YkHGjEjy0C&oi=fnd&pg=PA275&dq=metodo+cientifico+tecnica+cuantitativa&ots=FEJrq59ObR&sig=8EzwY3rA89nUV_22qcklMv0N5DM&redir_esc=y#v=onepage&q=metodo%20cientifico%20tecnica%20cuantitativa&f=false

Martín Vide, (2005). Los mapas del tiempo. Davinci Continental. Revista Geoambiente XXI (1) (1-219) Barcelona, España.

ISBN 8493373265, 9788493373269

https://books.google.cl/books/about/Los_mapas_del_tiempo.html?id=jO-GAAAACAAJ&redir_esc=y

Vergara, J. F. A. (1985). Análisis de la carta geomorfológica de la cuenca del Mapocho. *Investigaciones geográficas*, (32), pág-31.

<https://doi.org/10.5354/0719-5370.1985.27693>

<https://iamr.uchile.cl/index.php/IG/article/view/27693>

Voogt, J. A., & Oke, T. R. (1997). Complete urban surface temperatures. *Journal of applied meteorology*, 36(9), 1117-1132.

DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1997\)036<1117:CUST>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1997)036<1117:CUST>2.0.CO;2)

https://journals.ametsoc.org/view/journals/apme/36/9/15200450_1997_036_1117_cust_2.0.co_2.xml

Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote sensing of environment*, 86(3), 370-384.

[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425703000798>

Vermote, E. F., & Vermeulen, A. (1999). Atmospheric correction algorithm: spectral reflectances (MOD09). *ATBD version*, 4, 1-107.

https://eosps0.gsfc.nasa.gov/sites/default/files/atbd/atbd_mod08.pdf

Voogt, J. A., & Oke, T. R. (1998). Effects of urban surface geometry on remotely-sensed surface temperature. *International Journal of Remote Sensing*, 19(5), 895-920.

<https://doi.org/10.1080/014311698215784>

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/014311698215784>

Wan, Z. (1999). MODIS land-surface temperature algorithm theoretical basis document (LST ATBD). *Institute for Computational Earth System Science, Santa Barbara*, 75, 18. Abril, 1999. (3.3) (1-74).

<https://cir.nii.ac.jp/crid/1572824500773083392>

CRID 1572824500773083392

Wang, Y., Zhu, Y., Li, X., Cai, A., Wang, X., & Zhang, C. (2022). Spatiotemporal variation of urban thermal environment and its relationship with urban expansion types from 2000 to 2020: a case of Huai'an central urban area, Huai'an, China. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 13(1), 1943-1961. (20)

<https://doi.org/10.1080/19475705.2022.2101388>

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19475705.2022.2101388>

Wan, 2013. Collection-6 MODIS Land Surface Temperature Products Users' Guide. Zhengming Wan ERI, University of California, Santa Barbara. Diciembre 2013. (1-33).

https://lpdaac.usgs.gov/documents/447/MOD11_User_Guide_V4.pdf

Wan, Z. (2006). MODIS land surface temperature products users' guide. *Institute for Computational Earth System Science, University of California: Santa Barbara, CA, USA, 805.*

https://lpdaac.usgs.gov/documents/447/MOD11_User_Guide_V4.pdf

Wang, L., Diao, C., Xian, G., Yin, D., Lu, Y., Zou, S., & Erickson, T. A. (2020). A summary of the special issue on remote sensing of land change science with Google earth engine. *Remote Sensing of Environment*, 248, 112002. (1-9)

<https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112002>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425720303722>

Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 64(4), 335-344.

<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.03.007>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092427160900046X>

Williams Castro, C. J. I. (2019). Intensidad de las islas de calor urbanas superficiales en las principales conurbaciones de la V región de Valparaíso y factores geográficos explicativos para el caso específico de la conurbación del gran Valparaíso.

URI: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/173610>

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/173610>

Yang, X., Pavelsky, T. M., Allen, G. H., & Donchyts, G. (2019). RivWidthCloud: An automated Google Earth Engine algorithm for river width extraction from remotely sensed imagery. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 17(2), 217-221.

DOI: [10.1109/LGRS.2019.2920225](https://doi.org/10.1109/LGRS.2019.2920225)

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8752013>

Yi, Y., Yang, D., Huang, J., & Chen, D. (2008). Evaluation of MODIS surface reflectance products for wheat leaf area index (LAI) retrieval. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 63(6), 661-677.

<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2008.04.004>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271608000312>

Zhao, Q., Yu, L., Li, X., Peng, D., Zhang, Y., & Gong, P. (2021). Progress and trends in the application of Google Earth and Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 13(18), 3778.

<https://doi.org/10.3390/rs13183778>

<https://www.mdpi.com/2072-4292/13/18/3778>

Zhou, D., Bonafoni, S., Zhang, L., & Wang, R. (2018). Remote sensing of the urban heat island effect in a highly populated urban agglomeration area in East China. *Science of the Total Environment*, 628, 415-429.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.074>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718304649>

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0048969718304649?token=A062DED8DC643DF996A0CE74C6873C93CEA1FB8B9F73BB5F7CD37E8A00B4366E870BB23B4E1BC462DD5957815544C75C&originRegion=us-east-1&originCreation=20230303144814>

Zuluaga Gomez, O. A., Patino Quinchia, J. E., & Valencia Hernandez, G. M. (2021). Models implemented in the land surface temperature and vegetation indexes time series analysis: a taxonomic proposal in the context of the global climate change. *REVISTA DE GEOGRAFIA NORTE GRANDE*, (78), 323-344.

https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Zuluaga+%282021%29.+Models+implemented+in+the+land+surface+temperatura+and+vegetation+indexes+time+series+analysis%3A+a+taxonomic+proposal+in+the+context+of+the+global+climate+change.+Revista+de+Geograf%C3%ADa+Norte+Grande%2C+78%3A+323-

[344+%282021%29+Art%C3%ADculos.+Planta+Facultad+de+Ingenier%C3%ADa+Universidad+de+San+Buenaventura+Sede+Medell%C3%ADn+Mayo%2C+%281%29+%28324-344%29.+&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Zuluaga+%282021%29.+Models+implemented+in+the+land+surface+temperatura+and+vegetation+indexes+time+series+analysis%3A+a+taxonomic+proposal+in+the+context+of+the+global+climate+change.+Revista+de+Geograf%C3%ADa+Norte+Grande%2C+78%3A+323-344+%282021%29+Art%C3%ADculos.+Planta+Facultad+de+Ingenier%C3%ADa+Universidad+de+San+Buenaventura+Sede+Medell%C3%ADn+Mayo%2C+%281%29+%28324-344%29.+&btnG=)

