



DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA

MAGISTER EN ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y GEOGRAFÍA

MODELIZAR LAS APTITUDES DE CRECIMIENTO URBANO AL INTERIOR DEL  
ÁREA METROPOLITANA DE RANCAGUA CHILE, MEDIANTE LA APLICACIÓN  
DE REGRESIÓN GEOGRÁFICAMENTE PONDERADA.

*Estudio de Caso para Optar al grado de Magister en Ordenamiento Territorial y Geografía*

Autor: Victor Vidal Romero

Profesor Guía: Manual Fuenzalida

Profesora Lectora 1: Loreto Rojas

Profesor Lector 2: Ivo Gasic

Santiago de Chile, Octubre, 2020

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
PRESENTACIÓN DEL CASO Y PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	9
MARCO CONCEPTUAL.....	18
La ciudad global.....	18
De ciudad intermedia a área metropolitana.....	21
Factores y variables de determinan el crecimiento urbano. ....	26
Los principales hitos del desarrollo inmobiliario chileno y sus efectos en la planificación territorial. ....	34
Planificación territorial y Geotecnologías.....	39
Regresión Geográficamente ponderada.....	43
METODOLOGÍA.....	48
1.- Determinar que se quiere predecir o explicar.....	48
2.- Identificar las variables explicativas claves.....	50
3.- Realizar análisis exploratorio de regresión.....	56
4.- Realiza una regresión lineal global de Mínimos cuadrados ordinarios (OLS) .....	63
5.- Ejecutar el Análisis de Regresión ponderada geográficamente (GWR). ....	72
6.- Examinar los coeficientes (GWR).....	77
7.- Examinar los Residuales (GWR).....	79
8.- Examinar la variación espacial de la adecuación del modelo. ....	82
9.- Examinar la variación espacial de las variables explicativas. ....	84
RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	92

CONCLUSIONES.....	106
BIBLIOGRAFÍA.....	110

## ÍNDICE DE CARTOGRAFÍAS

Cartografía N°1: Área de estudio. ....	10
Cartografía N°2: Residuales regresión OLS.....	72
Cartografía N°3: Residuales regresión GWR.....	82
Cartografía N°4: Distribución de valores $R^2$ . ....	84
Cartografía N°5: Coeficientes de variable Área en $M^2$ . ....	85
Cartografía N°6: Coeficientes de variable Distancia Salud.....	86
Cartografía N°7: Coeficientes de Variable Distancia Educación Inicial.....	87
Cartografía N°8: Coeficientes de Variable Pendiente.....	88
Cartografía N°9: Coeficientes de Variables Distancia a Rutas Secundarias .....	89
Cartografía N°10: Coeficientes de Variables Distancia a Carretera del Cobre. ....	90
Cartografía N°11: Coeficientes de Variables Plan Cuadrante. ....	91
Cartografía N°12: Coeficientes Intersección de Variables Explicativas. ....	93
Cartografía N°13: Valores Predichos V/S avalúo Fiscal. ....	96

## ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen N°1. Planificación y Gestión Territorial.....	39
Imagen N°2. Input Regresión Exploratoria.....	57
Imagen N°3. Resultados Regresión Exploratoria TXT .....	62
Imagen N°4. Resultados Regresión Exploratoria tabla de atributos.....	62
Imagen N°5. Input Regresión OLS .....	64
Imagen N°6. Diagnóstico y Resultados Regresión OLS.....	66
Imagen N°7. Distribuciones y relaciones de variables Regresión OLS .....	68
Imagen N°8. Histograma de Residual estandarizado Regresión OLS .....	69
Imagen N°9. Diagrama Residual V/S Predictivo Regresión OLS .....	69
Imagen N°10. Tabla de Atributos Residual V/S Predictivo Regresión OLS .....	70
Imagen N°11 Input Regresión GWR.....	74
Imagen N°12 Tabla de atributos y Coeficientes Regresión GWR .....	78
Imagen N°13 Resultados Índice de Moran Regresión GWR.....	80

## RESUMEN

La investigación se basa en evaluar la dinámica urbana que ha proliferado, a lo largo del tiempo, en las comunas circundantes al área urbana de Rancagua y, en base a su relación y dependencia, establecer los vínculos necesarios que llevaron a consolidar el área metropolitana de Rancagua. Como soporte metodológico fundamental, el estudio de caso toma como eje estructurante, la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) bajo la aplicación de regresión geográficamente ponderada (GWR).

La GWR establecerá un modelo de predicciones tomado variables claves, que definen distintos niveles de aptitudes territoriales. De esta forma, es posible ubicar tendencia que favorezcan las futuras urbanizaciones, dilucidando oportunidades y amenazas desde la funcionalidad territorial, como en los aspectos normativos.

Los resultados obtenidos son útiles en materia de Ordenamiento Territorial porque son aplicables a la toma de decisiones para la planificación territorial de los distintos servicios, las diferentes alcaldías o para los futuros Planes Regionales de Ordenamiento del Territorio.

## INTRODUCCIÓN

Frente a los nuevos desafíos que nos propone el territorio como un agente dinámico en la transformación de todo procesos histórico, económico y social, hace necesaria la opción de planificar, basándonos en las oportunidades que los diferentes métodos y técnicas permiten. De esta forma, configurar una línea base para establecer un nuevo marco para la planificación y gestión de las ciudades del país. En este contexto, es donde se encuentra nuestra investigación, adoptando como área de estudio, la recientemente nombrada área metropolitana consolidada y funcional en torno al eje Rancagua-Machalí de la región de O'Higgins.

Entre los desafíos proyectados se encuentra, analizar las aptitudes territoriales en la búsqueda de nuevos espacios apropiados para soportar un crecimiento urbano, comprendiendo los cambios en sus usos del territorio. Se requiere vislumbrar, hechos y conflictos que enfrentan las principales ciudades, vinculados a procesos de urbanización acelerados, integrando efectos globales en las transformaciones de los espacios locales. Sin duda, debemos incorporar elementos para analizar el territorio enfocados a la sustentabilidad y planificación territorial estratégica, para plantearse la necesidad implementar modelos de simulación del crecimiento prospectivo, en base a escenarios de evolución y tendencias de crecimiento urbano.

En la búsqueda por contribuir con una adecuada imagen del área es que, abordamos el ámbito de la geomática con los diferentes métodos y técnicas que esta corriente geográfica involucra. Es acá, donde aparece la regresión geográficamente ponderada (GWR) como un modelo de regresión local que crea una ecuación para cada elemento del conjunto de datos en una variable dependiente, con la finalidad de capturar las variaciones geográficas. De este modo es posible avanzar en las múltiples interrogantes que el territorio y sus dinámicas no proveen y analizar porqué esos fenómenos están sucediendo en esos lugares.

Una vez identificadas las variables con las que se pretende explicar la movilidad urbana, se obtendrán tendencias hacia lugares favorables de urbanizar y se incorporarán problemáticas locales, que han determinado el dinamismo histórico del lugar. De esta forma pondremos en evidencia los resultados para establecer propuestas que incorporen mejoras a la planificación actual.

## **PRESENTACIÓN DEL CASO Y PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

Actualmente las transformaciones territoriales que sufren la gran mayoría de los países están influenciadas por la globalización ya que ésta actúa de alguna manera o en cierto grado frente a las tendencias de producción, las políticas y las formas de vida que históricamente se han desarrollado en un espacio determinado. Estas conductas se ven dinamizadas por el aumento de las redes de comunicación y la economía a gran escala acelerando nuestro proceso de vida.

Frente a la globalización tenemos distintos enfoques definiéndola, en forma genérica y coloquial, como un fenómeno de carácter internacional y su acción consiste principalmente en lograr una penetración mundial de capitales (financieros, comerciales e industriales), permitiendo que la economía, el comercio, la producción, y las finanzas modernas abran espacios de integración activa que intensifiquen la vida económica mundial, surgiendo como consecuencia de la internacionalización, cada vez más acentuada, de los procesos económicos, los conflictos sociales y los fenómenos políticos y culturales.

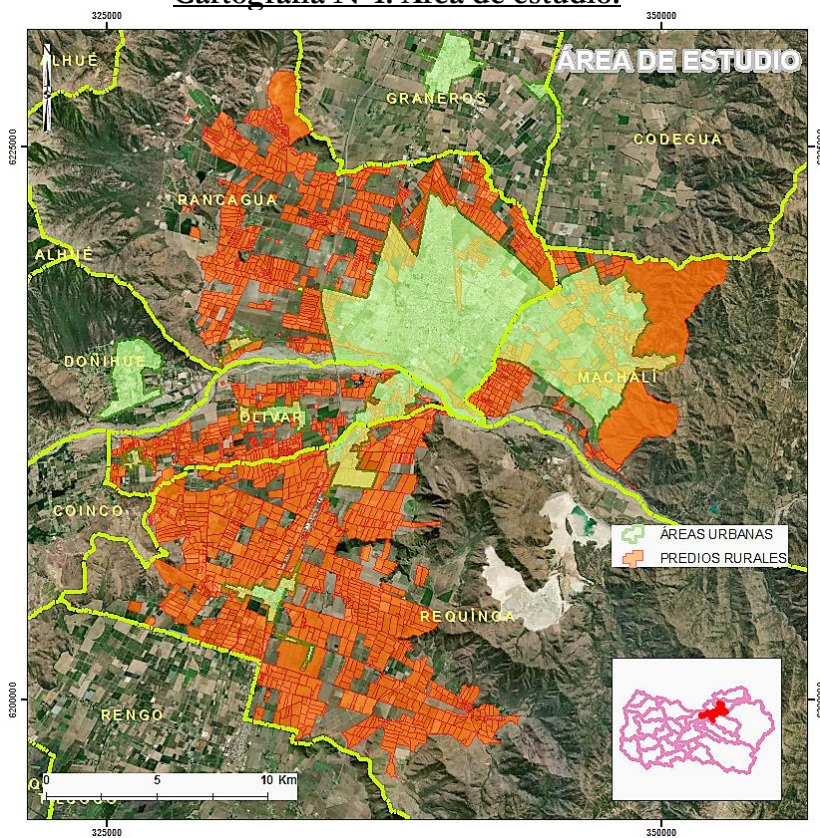
Este hecho resalta de igual manera, en los ciudadanos y más precisamente en las grandes urbes, dotadas de equipamiento y redes de conexión, que elimina las barreras transformándola en una ciudad global. Bajo esta lógica, ha surgido un fuerte auge en torno los territorios que, afectados por el radio de influencia, de lo que se denominó macro zona central, definida como el área con mayor intercambio de flujos e información al interior del país, genera una sinergia en los territorios, que anterior a la globalización, se consideraban como deprimidos.

De la puesta en valor de estos territorios deprimidos, han surgido ciudades intermedias, definidas como las “intermediaciones” o funciones espaciales que ejerce la ciudad. Algunos autores proclaman las ciudades intermedias en base a sus funciones espaciales (más allá de su

tamaño), las cuales podemos definir como: “el conjunto de actividades de una ciudad que tiene un impacto sobre la organización espacial del sistema, así como sobre los flujos de personas y mercancías, las cuales impactan en procesos de cooperación y dependencia bajo una lógica de competencia” (Maturana F. , 2015).

Respecto al áreas de estudio, la cual comprende las influencias ejercidas por el “área metropolitana de Rancagua”, definida administrativa y funcionalmente por el Gobierno Regional de O’Higgins y corresponde a las comunas de Rancagua, Machalí, Doñihue, Graneros, Olivar y Requinoa. Esta mancha urbana corresponde al principal núcleo urbano de la región, y es el punto de partida para reconocer un sistema metropolitano, según lo estipulado en la Ley LOCGAR, que establece que un área metropolitana consiste de dos o más comunas entre las que existe una continuidad física y que congrega a más de 250.000 habitantes.

**Cartografía N°1: Área de estudio.**



Fuente: Elaboración Propia.

Es relevante incorporar lo que se denomina área urbana funcional que se define como un territorio urbano compuesto de centros urbanos densos, incluyendo el núcleo urbano central de mayor influencia en la dinámica de movilidad interurbana y su hinterland o áreas de influencia, los cuales pueden estar estructurados en base a distintos centros urbanos funcionalmente relacionados entre sí en términos de empleo y provisión de ciertos servicios y equipamientos, así como sus áreas rurales dependientes.

Es en este territorio, donde las ciudades intermedias han demostrado un conjunto de funciones, alcances y relaciones. La transformación de áreas con interés prioritarios para los inversionistas de sectores privados y, en consecuencia, sus límites, estructura y funciones crecen y se complejizan permanentemente. Es en esa situación que “las ciudades intermedias no se deben estudiar como elementos independientes, sino como grandes continuos urbanos interdependientes” (Santamaria, 2012). La relación de interdependencia es la que hace ver a estos territorios como espacios funcionales que a través de la expansión urbana “integra a pequeñas ciudades que rompen los límites administrativos, conformándose como conjuntos que, por medio de las carreteras, y la cinética que es la que nos entrega la instantaneidad del espacio tiempo y con ello la distancia técnicamente se diluye” (Dupuy, 1998), postulando además que es posible relacionar ciudades con distintos rangos urbanos y funcionalidades.

Efectos anteriormente mencionados son los que han configurado el territorio de estudio, articulando el crecimiento urbano y desarrollo de pequeños poblados, circundantes a una ciudad capital. Un factor importante en el sistema urbano Rancagua-Machalí-Oliver, como una conurbación y pilares del área metropolitana, es la minería del cobre, siendo de particular relevancia en los últimos años debido al fuerte aumento en los precios del mineral desde 2005, producto del potente crecimiento Chino y otros factores de índole internacional, que llevaron a un notable incremento en la demanda por materias primas, incluido el cobre (Comisión de Estudios Habitacionales y Urbanos, 2015). Producto de lo anterior, nuevos trabajadores del sector minero se establecieron en Rancagua, Machalí y sus alrededores, demandando nuevos servicios y viviendas. Esto se expresó en un crecimiento por extensión de la ciudad,

consolidando a Machalí como comuna dormitorio, predominantemente, de hogares de altos ingresos y a Rancagua como el centro de servicios. Desde este punto en adelante, se configuró una mirada especulativa del desarrollo futuro de la ciudad, manteniendo una especial atención en las demandas y precios del cobre, que establecen una relevancia en la economía local sobre todo en el mercado residencial.

Producto de la bonanza del cobre, lo que significó mayores ingresos y por lo tanto mayores impuestos en la zona, que fueron invertidos en buena parte en infraestructura, generando una incertidumbre y posterior especulación por el devenir de ciertas zonas al largo del área metropolitana. Estas interrogantes, causó el interés de los grandes grupos inversionistas y atrajeron un boom inmobiliario con alta prestaciones, configurando barrios con gran calidad de vida. Este hecho logró, que, a través del indicador de satisfacción y calidad de espacios públicos, Rancagua figurara con un alto porcentaje de satisfacción, muy por sobre el promedio de las ciudades intermedias mayores y el nivel nacional.

Por otro lado, el Índice de Calidad de Vida Urbana (ICVU 2013), que es elaborado desde el año 2012 por el Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales de la Pontificia Universidad Católica de Chile junto a la Cámara Chilena de la Construcción, mide “las condiciones de vida objetivas de la población generadas a partir de las actuaciones y dinámicas de transformación del espacio urbano inducidas por actores públicos, privados y la sociedad civil” (IEUTCCHC, 2015). Los resultados del ICVU para el año 2015 indican que el sistema urbano Rancagua-Machalí se posiciona en el sexto lugar entre las áreas metropolitanas estudiadas, ubicándose por sobre el promedio. Entre las dimensiones que fueron evaluadas con puntajes más altos en el cálculo del índice, destacan las condiciones laborales (que tiene el puntaje más alto de todos los sistemas urbanos evaluados) y la vivienda y el entorno (donde solo el sistema urbano Chillán-Chillán Viejo tiene una posición más alta). Sin embargo, hay que destacar que la dimensión de condiciones socio-culturales obtuvo una baja evaluación, ubicándose en el 7º lugar de evaluación para dicha dimensión. Son 93 comunas.

Otros factores que influyen es la configuración y dinamismos de un área metropolitana, es la proximidad a otra área metropolitana. La ubicación estratégica, del área metropolitana de Rancagua permite una rápida conexión con Santiago de Chile. Uno de los principales elementos estructurantes que conectan dichas áreas, es el nuevo tren Rancagua Express, que unirá de manera directa y en solo 45 minutos con el centro de Santiago. También está presente el mejoramiento y ensanchamiento de la Ruta la travesía (antigua Ruta 5) que aumentará a 3 sus pistas, asegurando un desplazamiento, sin mayores contratiempos, entre ambas áreas metropolitanas en alrededor de 1 hora. Los menores tiempos de desplazamiento a Santiago, podrían generar una serie de cambios en la ciudad, los cuales deben ser analizados y puesto en discusión con las autoridades.

La potencialidad que genera esta cercanía a Santiago podría acentuar una vocación funcional de ciudad dormitorio, al estar más conectada, habría interés por establecer residencia en Rancagua y viajar diariamente en busca de trabajo a la capital, lo que desencadenaría en la construcción de más viviendas, debido al menor valor del suelo y al alto estándar que se están impulsando en los lugares más acomodados. Sin duda los inversionistas se están anticipando a estas tendencias y es necesarios preveer la situación para actualizar la normativa actual y establecer estándares bajo los lineamientos de integración y calidad que las nuevas políticas habitacionales están incorporando hoy en día.

El crecimiento conurbado de las ciudades y su influencia a los pueblos satélites, han demandado un gran espacio para su expansión, nuevos suelos que antes estaban destinados a la agricultura y que hoy en días forman parte de un tramado de viviendas que aumentan rápidamente. Es posible pensar que la expansión de la ciudad continuará de mantenerse el boom del cobre, por el contrario, si este se modera por bajas en el precio del mineral u otras condiciones externas, es previsible que también se modere el ritmo de crecimiento de la ciudad. Los precios de suelo en la ciudad del área metropolitana de Rancagua han aumentado paulatinamente sus valores, expandiendo sus fronteras a los campos, en busca de residencias con más espacio. Por otra parte, la creación de la Universidad de O'Higgins y el nuevo Hospital Regional de Rancagua

y el permisivo acceso vehicular al centro de las urbes, han dinamizado un creciente interés por permanecer en las cercanías del radio urbano.

Es necesario comenzar a tomar medidas para regularizar el crecimiento que ya ha experimentado Machalí y Rancagua, principalmente mediante el desarrollo de obras públicas y ordenamiento territorial, que permitan homogenizar la vialidad estructurante y conectividad, sino que también en cuanto a la generación de equipamientos y espacios públicos. Respecto a los instrumentos de planificación estos han sido sobrepasados, principalmente en la Machalí por avance urbano.

Los instrumentos de planificación del territorio reglamentan los distintos ámbitos del desarrollo urbano, incidiendo en el valor del suelo urbano y la calidad de vida de los habitantes de las comunas y regiones del país, al establecer normativa urbana, urbanística y de constructibilidad, que condiciona los tipos y escalas de actividades productivas que pueden efectuarse en los territorios, así como las áreas residenciales, de esparcimiento y de protección (González, 2013). La no actualización oportuna de dichos instrumentos de planificación, genera un efecto adverso por la escasez de suelo normado y, por lo tanto, un aumento del valor del suelo que se traduce en segregación porque solamente algunos logran acceder a las mejores ubicaciones relegando a los estratos medios y bajos a la densa periferia.

Frente a los actuales acontecimientos, es necesarios plantearse como hipótesis principal que el surgimiento de las nuevas urbanizaciones, está determinada por la displicencia del Estado en el proceso de actualización de los instrumentos de planificación, causando fuertes modificaciones a las estructuras territoriales por el actuar beligerante del mercado.

Durante los últimos decenios, han ido tomando cada vez más relevancia en nuestro país, la regulación del desarrollo territorial que se efectúa a través de los instrumentos de planificación

territorial, especialmente por el crecimiento del mercado del suelo e inmobiliario. Desde el golpe de Estado de 1973 trajo profundos cambios en el país. En materia urbana, a partir diversas reformas neoliberales implementadas, se declaró el suelo urbano como un bien no escaso, se eliminaron los límites de expansión urbana. La liberalización del suelo, trajo consecuencias catastróficas. Esto significó que el año 1985, todavía en dictadura, se ajustará la Política Nacional de Desarrollo Urbano impuesta, declarando esta vez que el suelo sí era un bien escaso. Se planteó la necesidad de una intervención Estatal y se comenzaron a elaborar instrumentos que demarcaran con claridad los límites urbanos y usos del suelo (Maturana F. , cyberge, 2017).

El crecimiento de las ciudades intermedias, principalmente urbes con rango de cabecera regional o provincial, no ha sido controladas y planificadas, evidenciando problemáticas, tales como contaminación, carencia de transporte público articulado, falta de espacios públicos y áreas verdes, segregación espacial, peri urbanización, entre otras (Maturana F. , 2015). Así, ya sea por motivo del modelo económico impuesto, políticas públicas, leyes, razones culturales o simplemente históricas, la planificación urbana en Chile ha tenido bajo impacto en el modelamiento que han tomado las ciudades.

A causa de las dinámicas económicas y políticas adoptadas por el país se define una planificación territorial ineficaz quedando reducida a la generación de condiciones óptimas para que la oferta y la demanda del suelo urbano hagan crecer la inversión del capital, e incida fuertemente en la normativa territorial, dirigiendo el contenido normativo de los instrumento de planificación territorial, hacia los hechos que perjudican, en innumerables ocasiones, a quienes habitan los territorios, dado que sus necesidades sociales, culturales o de habitabilidad poco tienen que ver con la generación de un alto valor del suelo o su rentabilidad, de manera que no son tomadas en cuenta a la hora de normar.

Así el mercado ha terminado guiando el crecimiento de las ciudades y definiendo las políticas de vivienda, la que ha pasado a ser considerada como un bien necesario más que como un

derecho, y ha convertido al suelo urbano y rural en un objeto de especulación, condición que se contradice con la de ser materia prima para la satisfacción de las necesidades, generando realidades diversas y dicotómicas que coexisten separadas en las mismas ciudades.

Entendiendo la génesis de la problemática, respecto al crecimiento urbano explosivo y desregulado, es que debemos considerar las teorías clásicas sobre el crecimiento de las ciudades, las cuales principalmente están ligada a la economía, sociología y geografía urbana, ha formulado modelos cuantitativos que relacionan la evolución urbana con factores de localización industrial y de transporte. No obstante, en los nuevos estilos y modelos de vida en ambientes suburbanos, están incidiendo otras variables como: las tecnologías de la comunicación, los patrones de movilidad, la planificación territorial, el desarrollo inmobiliario, la disposición de zonas y riesgos naturales, de hecho actualmente se han adicionado nuevas complejidades para captar el funcionamiento real de las ciudades a través de sus interacciones en redes sociales (Bettencourt, 2013).

Toda esta complejidad ha generado una necesidad de crear un conocimiento moderno de la dinámica de las ciudades o una comprensión cuantitativa del crecimiento de las ciudades, que por un lado permita predecir las tendencias de expansión y por otro explique los patrones, en muchos casos aglomerados y dispersos. Entre los desafíos plantados están la utilización de técnicas que permitan analizar y modelar este territorio integrando variables que nos permitan predecir el crecimiento y tratar de proponer alertas tempranas sobre los cambios en las dinámicas del territorio conurbados, y nuevos lugares con altas aptitudes, producto de su crecimiento, flujos y relaciones.

Con los antecedentes expuestos es determinante comprender que el aumento de la población, que prácticamente determina el tamaño de la ciudad, no es el único agente asociado al crecimiento de éstas, de hecho, interactúan múltiples factores: sociales, económicos, ambientales, políticos entre los más comunes, creando un patrón espacial específico en diferentes escalas.

También es correcto plantearse ¿Qué determina la movilidad habitacional? y ¿Qué factores son relevantes en la explicación del proceso asentamientos urbano? El crecimiento de la población y el surgimiento de las urbes es un procesos histórico y natural referido a muchos aspectos de la evolución humana, no obstante hoy en día se requiere descubrir, de forma efectiva, cual factor es más determinante en la definición de lo que se considera urbano y rural.

Finalmente, todas las causas y efectos provocados por un sin número de hechos aislados, pero que en su conjunto configuran un panorama complejo de abordar, requiere plantearse una segunda hipótesis referida a la comprensión de las transformaciones urbanas del último tiempo, vinculadas a la economía de mercado y la adopción de las dimensiones densidad, distancia y división son elementos suficientes para determinar el avance urbano y establecer respuestas normativas eficientes.

Bajo esta misma línea, es necesario establecer elementos que permitan evidenciar los cambios dinámicos que sufren el territorio al interior de un área metropolitana. Es por ello, que esta investigación tomara como objetivo principal el modelizar las aptitudes de crecimiento urbano en el área metropolitana de Rancagua. Esto permitirá ir reconociendo las principales aptitudes que lograron configurar el área metropolitana, medir el hinterland de sus influencias y evidenciar las tendencias del último tiempo respecto del crecimiento urbano. La tarea requiere de procedimientos especiales para la incorporación de aptitudes y variables que logren generar escenarios predictivos para vislumbrar oportunidades y carencias. La técnica Regresión Geográficamente Ponderada es la seleccionada para identificar elementos que incentivan los nuevos espacios y que en un futuro será factible de urbanizar.

## MARCO CONCEPTUAL.

### **La ciudad global.**

Dentro del proceso de globalización, se han establecido ciertas dinámicas que han afectado e intervenido directa e indirectamente el territorio. Así se puede observar como la inserción de los territorios al proceso de globalización han modificado los modos de producción, de política y de forma de vida, lo cual ha conllevado a un cambio estructural de los espacios, en donde la mayor o menor inserción territorial se asocia como consecuencia de distintas dinámicas, tales como; nuevas redes de comunicación que se establecen en base a los nodos de producción que de cierta forma van reestructurando el espacio en base a los movimientos migratorios que dan cuenta de la forma de vida acelerada en que vivimos hoy.

Para entender mejor lo anteriormente expuesto podemos decir que la globalización para Manuel Castells “es la capacidad de algunas actividades y sectores productivos para funcionar coordinadamente, en tiempo real, a un nivel mundial”. También es asociada a un proceso histórico, el resultado de la innovación humana y el progreso tecnológico. (Mendez, 2000). Se refiere a la prolongación más allá de las fronteras nacionales, a la creciente interdependencia entre los países, a la creciente integración de las economías de todo el mundo.

Por otra parte, y asociado a la geografía, podemos decir que es la capacidad de algunas actividades y sectores productivos para funcionar coordinadamente, en tiempo real, a una nivel mundial (Castells, 1998). Entonces la globalización es un concepto que pretende describir la realidad inmediata como una sociedad planetaria, más allá de fronteras, barreras arancelarias, diferencias étnicas, credos religiosos, ideologías políticas y condiciones socio-económicas o

culturales, o sea un intento de hacer un mundo que no esté fraccionado, sino generalizado, en el que la mayor parte de las cosas sean iguales o signifiquen lo mismo.

Uno de los componentes del espacio geográfico que más se ve afectado por los efectos de la globalización es el proceso de urbanización como un fenómeno paradigmáticos y cambiantes a nivel mundial. Durante la primera mitad del siglo XX se identifica a la urbanización como un fenómeno de progreso, ya que daba cuenta de una transición entre el mundo tradicional hacia la ciudad industrial. Sin embargo, este mismo proceso hacia finales del siglo se caracterizaba por una dotación de grandes aglomeraciones urbanas, que hasta hoy en día dan cuenta de los grandes desequilibrios y disparidades en las regiones. Consecuentemente América Latina no ha quedado exenta de este fenómeno, manifestándose en la concentración de las actividades económicas en estos territorios y el poder que esta situación conlleva, actuando como polos de atracción para las personas.

América Latina es una de las regiones del planeta que ostenta los más altos porcentajes de población residiendo en espacios urbanos (80% en el año 2010), muchos de los cuales han experimentado procesos de suburbanización, periurbanización y, en general, procesos de dispersión urbana que han resultado en una fragmentación del área urbana consolidada y la Metropolización (Rubio.R, 2007). La metropolización por su parte, da cuenta de cómo la urbanización ha llegado a niveles exagerados, ya que este fenómeno se entiende como un proceso que ha generado grandes ciudades en crecimiento acelerado (Gámez, 2006), debido a lo cual se convirtió en el tema común de las ciencias especializadas a mediados del siglo XX.

El avance de la metropolización va articulando los territorios, cambiando su fisonomía y alterando la conducta de las localidades que se encuentran en torno a su núcleo de influencia, por lo tanto, representa las respectivas manchas urbanas y la tendencia a encaminarse hacia una dinámica de concéntrica expandida, en la que progresivamente van ocupando los pueblos y áreas rurales que encuentran a su paso, desbordando una y otra vez sus límites anteriores (Mattos,

2001). Resulta evidente resaltar el proceso de metropolización que ha afectado la macro región central, transformando con el tiempo la conducta de todas las ciudades y a la vez, estas modelan el área de influencia producto de la presión ejercida derivada de la mixtura entre el proceso de globalización y la metropolización.

Cabe señalar que esta dinámica territorial presentes en un proceso de metropolización, nace de una ciudad principal y un conjunto de ciudades aledañas de menor tamaño que dependen directamente de lo ocurre en la ciudad central y su desarrollo. Las características generales de este fenómeno son las siguientes (Gámez, 2006):

- ✓ Presencia de una ciudad central con un tamaño determinado y una gran complejidad funcional.
- ✓ Existencia de movimientos pendulares de trabajadores entre el lugar de residencia (periférico) y la ciudad central.
- ✓ Un sistema de transporte y de comunicaciones muy desarrollado.
- ✓ Un territorio de carácter rural afectado por el crecimiento en extensión urbana (conurbación)

Chile no ha quedado excluido a este proceso, lo cual se ha plasmado en los profundos cambios espaciales que ha sufrido la macrozona central del país (Región de Valparaíso, Región Metropolitana y Región del Libertador Bernardo O'Higgins) en los últimos 30 años, guiado por el acelerado desarrollo del área metropolitana de Santiago (AMS). Durante la época del gobierno militar el territorio nacional mostró notables transformaciones, como consecuencia del desarrollo económico capitalista por el cual se optó, lo que implicó la liberalización de la economía (inserción al mercado global) dando un auge exportador al país, entrando con fuerza

un nuevo modelo empresarial, con una mirada capitalista que comenzó a transformar en cuadro persistente, conllevando un fortalecimiento del régimen centralista y por ende la concentración espacial de las actividades económicas. Luego de la crisis del año de 1980, comienza una intensificación de la economía nacional, donde el área metropolitana de Santiago tomó el rol de nodo localizador y articulador de las funciones principales del país y de las relaciones que se dan en el territorio nacional y la economía del mundo globalizado.

En el último tiempo, se dio una tendencia a la polarización en torno al AMS, manteniendo la tendencia metropolizadora girando en función a esta ciudad central. En palabras de Mattos “la irrupción productiva en esta misma área generará irremediablemente una coexistencia de territorios emergentes y otros deprimidos”, ya que están carentes de ventajas comparativas que le permitan competir.

### **De ciudad intermedia a área metropolitana.**

Las ciudades medias o intermedias en Chile, comienzan a tener una mayor preocupación por parte la comunidad científica a mediados del año 2000 (Maturana F. , 2015), cuando aparecen una serie de problemáticas vinculada a la expansión urbana de las ciudades y el rol que tales urbes generan en sus espacios regionales. Así, se planteó el año 2009 (Hidalgo, Mattos, & Arenas, 2009), la idea del paso de un país urbano a uno metropolitano principalmente en las capitales regionales (incluso a algunas provinciales), considerando los desafíos que esto implica en términos de planificación urbana y contextualizado en la actualidad en el debate de sostenibilidad que presentan las ciudades bajo el modelo económico de mercado en el que se encuentran insertas.

Actualmente, una de las dificultades es delimitar claramente qué entendemos por ciudades intermedias, puesto que su definición no está del todo consensuada (Santamaria, 2012). Para

(Maturana F. , 2015) es un problema importante el no tener claro una definición taxativa. En los esfuerzos por definir el concepto, al menos hay dos aspectos a considerar. El primero, corresponde a establecer un límite o intervalo en cantidad de población y el segundo a su temporalidad. Respecto al primer punto, no es lo mismo una ciudad intermedia en China o Estados Unidos, que lo que podría ser en Chile. En relación al segundo, lo que hoy es ciudad intermedia, no necesariamente lo será en 30 años más, puesto que -por ejemplo- podría convertirse en un espacio metropolitano.

Así, es inevitable hacer la analogía entre las grandes urbanizaciones y las ciudades intermedias. Estas últimas se están conformando como núcleos urbanos de interés, puesto que se alzarían como áreas vulnerables a replicar los problemas de las grandes ciudades, en los ámbitos económico, social y ambiental (Ballet & Llop, 2004). Así, las ciudades intermedias no son espacios estáticos, por el contrario, son capaces de articularse en un sistema de redes donde tienen comportamientos dinámicos, es decir, se movilizan, modifican o simplemente funcionan, entre regiones y subregiones de manera articulada en el espacio, bajo un importante contexto de movilidad y sus implicancias en los individuos (Salazar, Irarrazabal, & Fonck, 2017), mismo como en las grandes ciudades. Sin embargo, tales procesos implican también complejidades, donde la dualidad de los territorios de cooperación y competencia, favorecen la rivalidad de; espacios fragmentados, segregados, la división del trabajo entre las ciudades y una red de complementariedad bajo un contexto continuo de competencia (Borja, 2007).

Particularmente, para el caso chileno, las ciudades intermedias presentan en la actualidad un rol funcional de vital importancia al interior de sus sistemas de ciudades (Maturana, Beltrão , Ballet, & Henríques, 2017), en efecto, sus interrelaciones con otras urbes de menor o mayor jerarquía de su entorno regional o del subsistema han cobrado fuerza y actualmente un auge en su estudio (Marchant, Frick, & Vergara, 2016), puesto que algunas ciudades como Antofagasta, Rancagua, Temuco o Puerto Montt han presentado un alto dinamismo desde 1940 complejizando su delimitación.

En el proceso evolutivo de una ciudad obedece, en los espacios candidatos a ser metropolitanos, por las diferentes interacciones entre los componentes territoriales, surge el desbordamiento físico y funcional de las áreas urbanas sobre el territorio y la consiguiente reorganización del espacio, han dejado corto el concepto de ciudad para explicar los nuevos procesos de urbanización. Uno de los primero en observar esta problemática fue Patrick Geddes en grandes ciudades Europeas (Londres fundamentalmente), éste investigador, notó la necesidad de renombrar a los conjuntos de ciudades que se iban yuxtaponiendo físicamente como consecuencia del crecimiento espacial, finalmente, después de desechar por inadecuado el término “constelación”, y por despectivo de “aglomerado”, elige “conurbación” el que queda acuñado desde ese momento y sirve para denominar todas aquellas situaciones en las que el crecimiento espacial de las ciudades llega a formar una gran extensión edificada, donde la continuidad física es un aspecto fundamental que impide diferenciar las distintas ciudades que forman el aglomerado.

Posteriormente surgen las áreas metropolitanas que en su función, delimitación y definición y entre todas sus configuraciones, anteriormente vista, referida al crecimiento y desborde del área urbanas y posteriormente conurbadas, también es necesario incorporar el concepto de movilidad pendular de población que resulta una variable fundamental para dicho objetivo. Esta es utilizada prácticamente en todos los intentos por explicar la extensión de la ciudad o la influencia territorial directa de esta. La explicación del uso de esta variable, es simplemente, porque esta es una variable integradora por excelencia, ya sea de los espacios como también de criterios, ya que esta podría ser considerada una variable tanto funcional, demográfica y económica.

La movilidad pendular de población, específicamente los flujos diarios de población hacia la ciudad central por motivos de trabajo y/o estudios, delimita muy bien las relaciones de funcionalidad del centro y las periferias, ya que mide influencia directa de la ciudad desde el punto de vista demográfico como económico. Desde esta mirada se puede demostrar que población que no habita en la ciudad central o en la metrópolis, pero que funcionalmente está

ligada a la ciudad, es parte del área metropolitana, habite en otra ciudad o en una zona rural de otra unidad jurisdiccional y/o administrativa.

Referente al concepto propiamente tal de lo metropolitano es que (Rodriguez, 1992) apunta al proceso creciente de urbanización en el mundo traducido en el crecimiento de este tipo de población (urbana) y su concentración en grandes ciudades es un hecho perfectamente constatado. Este crecimiento ha ido acompañado o ha sido causado por una transformación del proceso productivo y la aparición de nuevas funciones que han cambiado la estructura tradicional de las ciudades y han dado lugar al fenómeno del metropolitanismo.

En términos generales, debemos comprender, la imagen de una metrópolis, no solo como una formulación del futuro sino una realidad palpable, a que denominamos una urbe global, por tanto no la encontramos como aquellos autores, tanto como plasmación del gigantismo de las grandes urbes, sino como una red que penetra la totalidad del territorio, hasta hacer desaparecer incluso lo tradicional, esto da cuenta de la dicotomía que existe entre lo urbano y lo rural (Baigorri, 1995).

Con la integración de territorios globalizados cada vez es más compleja identificar la brecha entre lo urbano y lo rural. Existen fenómenos que alteran el orden y colaboran en la conflictividad del territorio y sus fenómenos, donde podemos encontrar los siguientes:

- ✓ Por el debilitamiento del rol estructurante del Estado que otorga a los espacios regionales la capacidad de competir explícitamente, tomando como punta de lanza las principales ciudades. Ciudades medias o intermedias que compiten por los nodos, con estrategia de supervivencia propia y atractivos para la vida humana, que las ofrecen las grandes metrópolis.

- ✓ La complacencia de los instrumentos de dominio político, con una mayor participación de privados a través de negociaciones y consensos que fragilizan el rol prescriptivo de accionar técnico del Estado y la instalación de un nivel de flexibilidad extremo. Dichas jerarquías se entienden como la estratificación social con relación a la producción y al consumo lo que genera un status socioeconómico fragmentando el territorio.

También es relevante incorporar otros fenómenos relacionados a la metropolización y ciudad global, pero actuando por carriles diferentes. En este sentido hay que precisar los fenómenos de la contraurbanización muy presente en el área de estudio. La contraurbanización es el proceso contrario a la urbanización que conlleva a movimientos centrípedos de la población y flujos económicos hacia grandes ciudades y principales áreas metropolitanas, comienza a despuntar el fenómeno y se hace contrario al movimiento centrifugo (Berry, 1976).

Sin duda la contraurbanización no es el único fenómeno que se dan en el territorio, cada vez el interfaz urbano rural adquiere mayor fuerza y tendencias. Una de esta es lo que llamamos teoría de archipiélagos, donde los flujos económicos se concentran en el seno de grandes polos en la que la relación de radio largo entre polos es más fuerte que la que ocurre en radios cortos. Los polos son las islas y los polos van conformando los archipiélagos (Veletz, 1999).

Cuando se habla de todos estos fenómenos, con dinámicas urbano-rurales, van surgiendo una seria de teorías que debaten entre las distintas corrientes referidas al tema. Con el pasar de los años se van haciendo más interesantes las formas de ver estos fenómenos y comienza a surgir nuevos modelos que cualifican el territorio, llegando a establecer límites o tipologías respecto de los alcances que tienen estos fenómenos.

## **Factores y variables de determinan el crecimiento urbano.**

El aumento del tamaño de la población y la ciudad han producido crecimientos poco eficientes, entendido como un proceso de ocupación de suelo en un modelo discontinuo de asentamientos con densidades muy bajas y otras muy altas.

La literatura que proviene de Estados Unidos ha destacado dos dimensiones adicionales, el crecimiento a lo largo de los ejes de transporte (crecimiento lineal) y el policentrismo. Por el contrario, en Europa se destaca el desorden y desestructuración que implica el proceso, por lo que, si estructuran correctamente el territorio, el crecimiento lineal o policéntrico no suele asociarse a la idea de dispersión (Galster, y otros, 2001). En Latinoamérica la discusión se ha centrado en contextualizar el fenómeno de la dispersión en un marco más amplio, donde junto con el policentrismo, la especialización funcional, las economías de red y la creciente privatización del espacio urbano, serían el reflejo de un nuevo tipo de ciudad globalizada que crece y muta a partir de lógicas de mercado y mejoras en el terreno del transporte y de las telecomunicaciones (Rojas, Muñiz, & De la Fuente, 2014).

A lo largo del desarrollo de esta investigación se identificaron patrones globales y locales que determinan el crecimiento de las ciudades. Uno de estos patrones hace referencia a las economías neoliberales que surgieron en nuestro país en la década de los setenta. Es por ello que abordaremos a la geografía económica como una tendencia clave para determinar los factores que promueven el crecimiento urbano.

Las ciudades en crecimiento, la movilidad de las personas y los productos especializados forman parte integral del desarrollo. La nueva geografía económica (Banco Interamericano de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial, 2009) se basa en las transformaciones geográficas para el desarrollo económico pueden clasificarse en tres dimensiones: densidad, distancia y

división. La comprensión de las transformaciones de acuerdo con las dimensiones de densidad, distancia y división ayuda a determinar las principales fuerzas de mercado y las respuestas normativas pertinentes en escalas geográficas.

**La densidad:** Es la primera de las dimensiones geográficas, definida como la masa o producto económico generado en una unidad de tierra. Al investigar la evolución de la densidad con el desarrollo, presenta hechos cuidadosos sobre cómo la densidad de un país aumenta con la urbanización, al principio rápidamente y luego en forma más lenta. Estos cambios se asocian inicialmente con una divergencia geográfica de niveles de vida entre los lugares con densidad económica y los que carecen de ella. Estos cambios se asocian posteriormente con una convergencia y así los niveles de vida convergen eventualmente entre zonas de distinta densidad, tales como las urbanas y las rurales. Aun dentro de las ciudades, con rincones densamente poblados entre asentamientos formales, las diferencias desaparecen lentamente con el desarrollo. Pero esta convergencia no sucede por sí sola, sino que requiere instituciones políticas que administren los mercados de la tierra, las inversiones en infraestructura, e intervenciones bien planeadas y ejecutadas (Banco Interamericano de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial, 2009).

Las principales conjeturas son:

- ✓ **Con el desarrollo aumenta la concentración de la actividad económica.** Las zonas o asentamientos más densos del mundo se encuentran en países desarrollados, pero el camino para estos niveles, la “urbanización”, no es lineal. La proporción de la población de un país establecida en pueblos y ciudades aumenta con rapidez durante esta transformación de una economía agraria a una economía industrial, que generalmente coincide con su desarrollo de ingreso bajo a mediano. El ritmo de la urbanización se desacelera después de esto, pero la densidad económica continúa creciendo en una economía postindustrial porque los servicios se concentran aún más que las industrias.

- ✓ **Las disparidades en bienestar entre zonas rurales y urbanas y dentro de las zonas urbanas se contraen con el desarrollo.** En las primeras etapas del desarrollo, son grandes las disparidades geográficas en bienestar. Con el desarrollo, estas brechas pueden aumentar inicialmente y las brechas urbano-rurales en ingresos, pobreza y niveles de vida empiezan a converger al crecer las economías, más rápidamente para el acceso a los servicios sociales y también en las zonas de crecimiento más vibrantes. Las brechas en bienestar y en vivienda dentro de la ciudad más obvias en asentamientos informales o rincones– persisten por más tiempo y se estrechan sólo en etapas posteriores del desarrollo.
- ✓ **Ni el ritmo de la urbanización, ni su asociación con el crecimiento económico están sin precedentes.** Los países en desarrollo de hoy navegan en aguas con mapas trazados por las naciones desarrolladas, que experimentaron una acometida semejante hacia los pueblos y ciudades. La velocidad es similar y las rutas son las mismas. Lo diferente hoy es el tamaño de la nave: los números absolutos de gente que se agrega cada año a las poblaciones urbanas de los países en desarrollo de hoy son mucho mayores que aun para los más recientes países industrializados, tales como la República de Corea y Taiwán, China

Un continuo de densidad genera un portafolio de lugares, a la cabeza del cual se halla la ciudad principal o más grande del país. Bajo la ciudad principal está un espectro de asentamientos, ciudades secundarias, pequeños centros urbanos, pueblos y aldeas. Así como la ciudad principal forma el centro del área metropolitana de un país con otras ciudades adyacentes, otros grandes centros urbanos o ciudades secundarias actúan como focos regionales para la economía y la sociedad.

La fuerte correlación entre densidad de población y masa económica es consistente con que las zonas urbanas sean un conglomerado de consumidores y productores, de compradores y vendedores, y de empresas y trabajadores. Para una zona metropolitana típica el gradiente de

densidad de población para la distancia desde el centro de la ciudad es similar al gradiente correspondiente para la densidad del empleo (Glaeser & Kahn., 2001).

Según los observados, el grado al que la población de un país vive en zonas urbanas tiene una fuerte relación en cuanto a lo “llena de baches” que esté su geografía económica. La densidad oscila entre distribuida suavemente y bastante dispareja cuando se desarrolla un país. La urbanización es así sinónimo de tendencia hacia mayor aglomeración dentro de un país. La proporción urbana de un país es una buena variable de reemplazo de la proporción de su población que vive en zonas de alta densidad y, por tanto, de lo “lleno de baches” de su geografía económica (Banco Interamericano de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial, 2009)

Una caracterización identifica una zona de 1 km<sup>2</sup> como urbana, aglomerada o densa, si satisface las tres condiciones siguientes:

- ✓ Su densidad de población supera un umbral (150 por kilómetro cuadrado).
- ✓ Tiene acceso a una ciudad dentro de un nivel razonable de tiempo de viaje (60 minutos por carretera).
- ✓ La ciudad a la que tiene acceso es grande en el sentido de que cumple con un umbral de población (más de 50.000 habitantes).

En términos prácticos podríamos generar una apreciación general de la densidad entendida como las concentraciones más densas de actividad económica que aumentan las alternativas de selección y las oportunidades, y aseguran mayor potencial de mercado para el intercambio de bienes, servicios, información y factores de producción.

**La distancia:** se refiere a la facilidad o dificultad con que bienes, servicios, mano de obra, capital, información e ideas viajan a través del espacio. Mide la facilidad con que se transportan los flujos de capital, los movimientos de mano de obra y bienes, y con que se prestan los servicios entre dos lugares. La distancia, en este sentido, es un concepto económico, no sólo un concepto físico. Aunque la distancia económica se relaciona generalmente con las distancias euclidianas (línea recta) entre dos lugares y las características físicas de la geografía que las separa, la relación no siempre es directa. Una razón es que la distancia para el intercambio de bienes es distinta de la distancia para la migración de personas (Banco Interamericano de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial, 2009)

Algunas conjeturas son:

- ✓ **Cuando los países se desarrollan e integran internamente, la ubicación es más importante para la actividad económica, pero menos para el bienestar social.**

Mayor masa económica (que se acumula donde las empresas realizan producción) y mayores niveles de vida (reflejados en el consumo familiar, la pobreza y el acceso a servicios básicos) no son sinónimos espacialmente hablando. Durante las primeras fases del desarrollo, la infraestructura y los servicios sociales tienden a confinarse en zonas de masa económica. Pero cuando los países se desarrollan e integran internamente, la distinción entre zonas avanzadas y rezagadas es más aguda para la masa económica y meno clara para los niveles de vida.

- ✓ **La concentración espacial de la actividad económica primero aumenta y luego se estabiliza.**

Cuando una economía cambia de agraria a industrial, la distribución espacial de la gente y la producción económica se hace más compacta. Dentro de un país, la aglomeración y la integración ciudad-periferia genera zonas metropolitanas y zonas avanzadas de densa masa económica. Este proceso eventualmente se estabiliza y la distribución espacial de la actividad económica también.

- ✓ **Las desigualdades espaciales en los niveles de vida siguen una trayectoria de U invertida, ampliándose en las primeras etapas del desarrollo económico y permaneciendo altas durante un período largo antes de converger lentamente.** Cuando un país se industrializa, concentra su limitado capital humano y físico en las zonas avanzadas, aquéllas con alto potencial de crecimiento. Las zonas distantes de la nueva densidad se retrasan. Las desigualdades espaciales en productividad e ingreso pueden persistir por generaciones, aun con trabajo y capital movable. La historia apunta a la divergencia espacial persistente en niveles de vida en los países desarrollados de hoy en sus primeras etapas de desarrollo, seguida de lenta convergencia, muchos años después que hubieron llegado a la categoría de ingreso alto.
  
- ✓ **El progreso tecnológico y la globalización han aumentado el potencial de mercado en las zonas avanzadas de los países en desarrollo, intensificando la concentración y amplificando las desigualdades espaciales.** Aunque las fuerzas básicas que forman la geografía económica interna de los países en desarrollo son las mismas que aquellas que anteriormente formaron los paisajes económicos de los países desarrollados de hoy, las magnitudes han cambiado. Mayores mercados internacionales, mejor transporte y mejores tecnologías de comunicación significan que las zonas avanzadas en los países en desarrollo abiertos tienen mayor potencial de mercado que el que los países industriales tuvieron en su temprano desarrollo. Así, las fuerzas para la divergencia espacial entre las zonas avanzadas y las rezagadas son ahora más fuertes.

La distancia a la densidad afecta los movimientos espaciales de bienes, servicios, información, conocimiento y gente. La movilización al, y del trabajo, la migración, la telecomunicación, los flujos de información y los embarques de productos conectan zonas de origen y receptoras. La mayoría de las interacciones espaciales, tales como el aprendizaje y el comercio, son benéficas, pero algunas son perjudiciales, tales como la difusión de enfermedades. El principal determinante de la fuerza de estas interacciones es la distancia.

La Primera Ley de la Geografía declara que “todo se relaciona con todo lo demás, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las distantes” (Tobler, 1970). Las zonas cercanas a la densidad económica tienen acceso más fácil a las interacciones e intercambios benéficos.

Una zona avanzada de actividad económica densa crea, a través de las oportunidades del mercado, incentivos para que las empresas y trabajadores se vayan allí. Respondiendo a estos incentivos, las empresas y los trabajadores amplían las oportunidades de mercado disponibles en la zona densa. El resultado es un proceso circular y acumulativo de zonas densas que continuamente les quitan trabajadores y empresas las zonas menos densas. En este proceso, la migración balancea la distribución de la población contra la desigualdad espacial en la densidad. Al reducir los costos relacionados con la distancia o las fricciones espaciales, aumenta los movimientos de personas, empresas e ideas y también los de bienes y servicios, lleva así a las zonas menos desarrolladas al sistema nacional de producción. (Banco Interamericano de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial, 2009).

**La división:** surgen cuando las fronteras se manejan con deficiencia y van desde restricciones moderadas al flujo de bienes, capital, gente e ideas a divisiones más severas activadas por disputas territoriales, guerras civiles y conflictos entre países. En cambio, una frontera incluye personas con características compartidas, proporcionando un sentido de lugar y pertenencia que contribuye al bienestar social y generan también unidades manejables para el gobierno de la sociedad. (Banco Interamericano de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial, 2009).

Las principales conjeturas son:

- ✓ **Las divisiones entre países contribuyen a fronteras más anchas en el mundo en desarrollo.** Las fronteras restringen el flujo de bienes, capital, gente e ideas en todas partes. Pero los países más grandes con grandes mercados pueden arreglárselas con

fronteras más restrictivas; los pequeños, en cambio, deben preocuparse más. Algunos tipos de divisiones, como no tener costas, están más allá del control de los países individuales. Otras son autoimpuestas. Y cuando los países se desarrollan, reducen gradualmente todo tipo de barreras.

- ✓ **Dentro de las algunas regiones, el desarrollo económico suele ir acompañado de una divergencia inicial en los niveles de vida entre los países, seguida de la convergencia.** Los indicadores básicos de salud y educación muestran mejoras en casi todas las regiones mundiales, pero existe alguna divergencia en los ingresos entre los países más ricos y los más pobres. La creciente desigualdad entre los países de una región se revierte, cuando los países retrasados se benefician de los efectos del crecimiento de los países principales.

El ejemplo más claro de las divisiones es el fenómeno de migración donde ellos se trasladan por mayores salarios, oportunidades de educación o una mejor calidad de vida. Los países de origen reciben remesas, aportan mano de obra agrícola excedente y se benefician del retorno de emigrantes que han adquirido destrezas o capital en el exterior. Los países receptores, muchos de los cuales tienen poblaciones en envejecimiento o escasez crónica de mano de obra, aumentan su acervo de mano de obra admitiendo trabajadores no calificados, y su productividad atrayendo inmigrantes de alta calificación.

En el conocimiento adquirido, logramos comprender que la geografía económica y sus conceptos que explican la dinámica de los mercados determina los flujos de capital, utilizando la densidad, distancia y división como variables muy atingentes y vinculantes al crecimiento urbano, sobre todo, complementando fenómenos metropolitanos, globalizadores con diseños capitalista neoliberal en el cual se desarrollan los acontecimientos estudiados en esta investigación.

Sin embargo, el proceso de dispersión y crecimiento urbano asociado a un extensivo crecimiento no necesariamente depende del aumento de la población, esto hace que sea de

interés explorar la relación cuantitativa que pueden tener otras variables espaciales con el crecimiento de las zonas urbanas, es decir evaluar otros factores, además de la población (European Environment Agency, 2006). De allí la necesidad de buscar técnicas que logren vincular estas variables.

### **Los principales hitos del desarrollo inmobiliario chileno y sus efectos en la planificación territorial.**

El Estado Chileno ha experimentado un amplio abanico de políticas económicas y urbanas en los últimos cincuenta años. Estas políticas abarcaron distintos grados de intervencionismo Estatal hasta 1973, y una extrema liberalización de mercados desde entonces, especialmente hasta 1990.

La decidida política de liberalización de los mercados de suelo urbano emprendida por el gobierno militar en la segunda mitad de los años 1970 incluyó, entre otras medidas, la rebaja o eliminación de impuestos a las transacciones de propiedades o a la tenencia de sitios eriazos, la liquidación de las reservas estatales de suelo formadas en el periodo intervencionista, y la eliminación de la norma sobre límites urbanos y definición de un área abierta a la urbanización que, en el caso de Santiago, casi doblaba el área ocupada por la ciudad (Sabatin & Arenas, 2000).

Esta política tuvo dos objetivos principales: controlar los precios del suelo, que fracasó ya que éstos han subido persistentemente desde entonces, con la excepción de los periodos de crisis económica; y la formación de un vigoroso sector inmobiliario privado, objetivo en que la política tuvo pleno éxito (Sabatini, Cáceres, Cerda, & Galleguillos, 2000).

Desde 1990 las administraciones democráticas han intentado aplicar una política de densificación urbana, aunque sin contar con el poder para modificar el marco legal y económico

que posibilita incorporar suelo a la ciudad con relativa facilidad, incluyendo el uso artificioso de normas legales dictadas con otros fines. La presión económica ejercida por promotores inmobiliarios que forman parte de fuertes grupos económicos también se ha hecho sentir. Veremos, sin embargo, que el bajo nivel de desarrollo de Chile ha limitado la expansión geográfica de la ciudad de Santiago y otras cabeceras regionales.

La política de vivienda social adoptada por el gobierno militar a comienzos de los años 1980 consistió en re-dirigir hacia la demanda los subsidios que el Estado otorgaba tradicionalmente a la oferta de vivienda. El gobierno inició la entrega de vouchers a las familias de grupos medios y bajos de acuerdo a un sistema nacional de puntajes, vouchers que son usados en el mercado para adquirir viviendas producidas por firmas privadas. El mayor éxito de esta política ha sido que la producción de nuevas unidades ha superado el ritmo con que aumenta el déficit habitacional. Sin embargo, tal logro ha sido alcanzado a costa de unidades de mala calidad y pequeñas viviendas de 32 metros cuadrados. Esta política, popularmente conocida como subsidio habitacional, ha mantenido la larga tradición de acción estatal en provisión de vivienda social, lo que incluye un efecto de segregación espacial de los pobres en la periferia peor equipada y servida de las ciudades chilenas (Sabatini, Cáceres, Cerda, & Galleguillos, 2000).

En materia de infraestructura de transporte y telecomunicaciones, durante el periodo de intervención, y especialmente entre 1960 y 1973, en el caso de Santiago de Chile, se diseñaron e iniciaron las principales obras de nivel metropolitano que hoy tiene la ciudad, tales como el anillo de circunvalación Américo Vespucio de 70 kilómetros de largo, la red de Metro, nuevas carreteras radiales de acceso a la ciudad y el actual aeropuerto internacional. En el periodo de mercado, después de largos años de fuerte contracción del tamaño del Estado y de las inversiones públicas, la inversión estatal se destinó simplemente a reparar obras deterioradas por ese largo abandono e ir completando las obras diseñadas en el periodo de intervención, especialmente el anillo Américo Vespucio y la red de Metro. En materia de telecomunicaciones, la privatización en los años 1980 de las grandes compañías Estatales de comunicación satelital nacional e

internacional y la adopción del sistema de multi-carrier (1994) ha estimulado una acelerada expansión del sector.

Después de 1990 el Ministerio de Obras Públicas diseñó un plan de inversiones en infraestructura para la región central de Chile ésta incluye otras dos regiones además de la Región Metropolitana, donde está la ciudad de Santiago con el fin de mejorar la accesibilidad interna y externa de esa región central, lo mismo que su competitividad. El plan se basa fuertemente en el esquema de las concesiones privadas de obras públicas. Contempla la construcción de un segundo anillo orbital alrededor de Santiago de unos 130 kilómetros de extensión. La presión y desarrollos inmobiliarios se vinculan con la construcción del tramo más rentable de esa próxima orbital, obra que ha sido llamada a licitación recientemente (Sabatini, Cáceres, Cerda, & Galleguillos, 2000).

Cuando se implementó la reforma económica y la liberalización de los mercados de suelo después de 1973, la ciudad seguía siendo fuertemente monocéntrica. Los subcentros surgieron después que esas políticas se aplicaron y cuando hubieron redundado en el surgimiento de un fuerte sector inmobiliario privado. La afluencia de inversionistas nacionales y extranjeros al sector, la concentración del capital y la aparición de grandes proyectos comerciales, de oficinas y residenciales significaron el inicio de una radical transformación de la estructura urbana, un proceso en pleno curso hoy.

Sobre la base de estos proyectos de mayor tamaño, los promotores inmobiliarios se las han arreglado para atraer demanda solvente por espacios construidos. Han comprado suelos baratos, muchas veces cercanos a las áreas de residencia de los pobres, y los han vendido construidos a precios altos para grupos y actividades afluentes que el crecimiento económico ha producido. De esta forma, la localización de los nuevos centros comerciales en suelos baratos ha permitido disponer de significativas áreas de mercado, al mismo tiempo sacando a muchos barrios pobres de su condición de marginalidad geográfica. Algo parecido ha sucedido con los condominios

cerrados, generalmente de gran tamaño. Las rejas y los sistemas de vigilancia y el tamaño de los conjuntos residenciales permiten mantener, incluso exacerbar, las condiciones de segregación de los grupos medios y altos emergentes en relación con las áreas pobres cercanas. También las avenidas locales han servido para similar propósito (Sabatin & Arenas, 2000).

Las condiciones subjetivas de vida también mejoran. El grado de satisfacción residencial es más alto entre los pobres que están quedando cercanos a estos desarrollos modernos por comparación a aquellas áreas de aglomeración de pobreza que no han tenido la misma suerte (Sabatini, Tendencias de la segregación residencial urbana en Latinoamérica: Reflexiones a partir del caso de Santiago de Chile, 1999). Un caso extremo de rechazo y exclusión de familias pobres localizadas provisoriamente por un municipio de la ciudad en la cercanía de los nuevos condominios cerrados que, sin embargo, no impidió que esas familias valoraran la mayor cercanía a los ricos y los servicios que surgen cercanos a ellos, es el que estudió (Galleguillos, 1999). En efecto, la propagación espacial de las expectativas y la retención especulativa de suelos han significado que los precios del suelo hayan subido en el periodo de mercado, incluyendo a muchas zonas con mercados de suelo tradicionalmente aletargados, a pesar de las decididas políticas de liberalización que buscaban justamente el control o disminución de los precios del suelo.

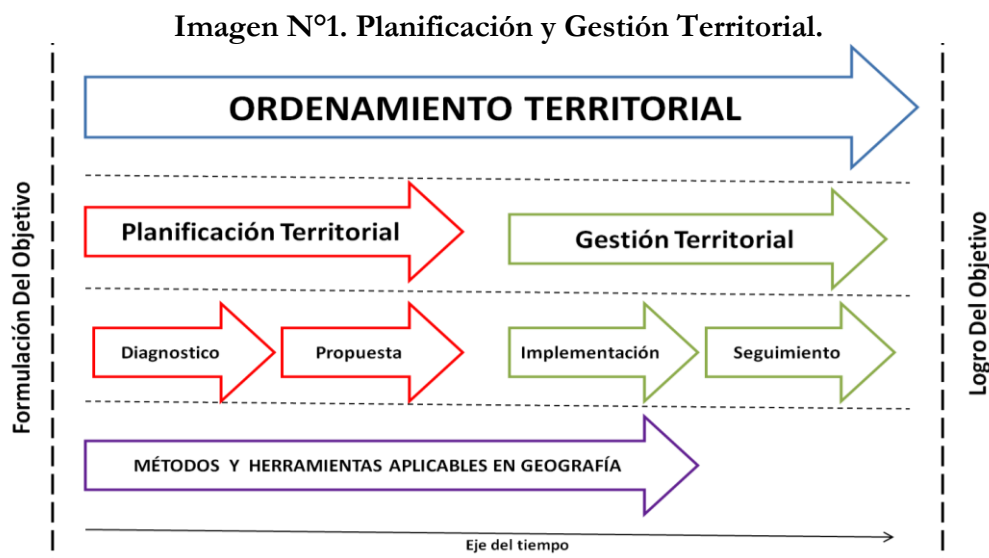
Así, ya sea por motivo del modelo económico impuesto, políticas públicas, leyes, razones culturales o simplemente históricas, el desarrollo de las ciudades en Chile ha sido fragmentado y dispar en su funcionalidad como en las condiciones de ocupación con fines netamente habitacionales, causando fuertes contrastes en realidad social de la población. Para subsanar esta disparidad, debe actuar la planificación territorial, en forma paralela al avance del mercado, muchas veces anteponiéndose a las problemáticas que crecimiento demandara. Es por ello que la planificación urbana en Chile ha tenido bajo impacto en el modelamiento que han tomado las ciudades reconociéndose cinco aspectos concretos identificados en el área metropolitana de Santiago.

- ✓ El primero, se refiere a la pérdida de patrimonio urbano ha alcanzado ribetes dramáticos (Egaña, 2013). En este sentido, son innumerables los casos en los cuales éste ha sido destruido o reemplazado.
- ✓ Un segundo elemento a destacar es la política de vivienda social desarrollada por los diferentes gobiernos en los últimos 40 años. Se constata que el Estado ha sido el primer promotor de expansión urbana y segregación residencial mediante su política de vivienda social (Ducci, 1997). La localización de éstas en áreas alejadas del espacio urbano consolidado, ha tenido graves efectos en cuanto a la infraestructura existente, el desarraigo de sus pobladores y la construcción de verdaderos guetos.
- ✓ Un tercer elemento es la carencia de instrumentos de planificación que puedan guiar las prácticas de movilidad urbana. El transporte en las ciudades se ha desarrollado con ausencia de un instrumento detonando transportes públicos poco eficientes.
- ✓ Un cuarto aspecto a destacar corresponde a aspectos legales que han posibilitado la periurbanización en distintas ciudades. El decreto 3.516 referido a la subdivisión de predios rústicos puesto en marcha durante la dictadura en 1980, permitió subdividir libremente el territorio agrícola siempre y cuando, dichos resultantes no tengan una superficie inferior a 0,5 hectáreas (Vicuña, 2013).
- ✓ Un quinto problema, corresponde a la gestión del riesgo y su vínculo entre los instrumentos de planificación y el rol del Estado. Chile es un país donde los eventos naturales se desarrollan con fuerza y regularidad (Maturana F. , cybergeogeo, 2017).

## Planificación territorial y Geotecnologías.

La planificación es parte primordial de ordenamiento territorial. Para conformar el ordenamiento territorial se debe planificar y posteriormente gestionar.

Respecto a la operatividad del ordenamiento territorial podemos encontrar, en siguiente esquema, una secuencia de actividades que contemplan el paso de la planificación a la gestión territorial.



Fuente: Elaboración Propia, en base a Análisis Socioespacial Con Sistemas De Información Geográfica.  
Gustavo Buzai

Entonces el ordenamiento territorial contempla acciones organizadas de carácter científico profesional en instancias de la planificación territorial y ejecutivas en la gestión territorial, ambas en conjunto operan con la finalidad de obtener un desarrollo armónico y sostenible en un área. (Buzai & Baxendele, 2012).

- 1) Diagnóstico: Realiza el análisis del sistema territorial pasado, presente y sus posibilidades de la evolución futura ante el mantenimiento de las condiciones vigentes. En esta etapa, se utilizan procedimientos propios de los análisis espaciales tendientes a interpretar las estructuras del espacio geográfico.
- 2) La Propuesta: Establece una proyección de configuraciones definiendo la mejor de ellas junto a las medidas que debe tomarse para lograrla. Se basa en la búsqueda de alternativas que lleven a modificar las estructuras del sistema y sus tendencias en la búsqueda de soluciones, las cuales estarán orientadas principalmente en la búsqueda de reequilibrios territoriales, el desarrollo regional, la compatibilidad de usos de suelos y la mejora en la calidad ambiental.
- 3) La Gestión: Corresponde a la actuación administrativa que lleva el cumplimiento de esas medidas en la fase de la implementación y finalmente el seguimiento. Hoy en día, existen herramientas fundamentales y eficaces que ayudan a conformar las etapas del ordenamiento territorial. Sin duda el gran golpe lo ha dado las tecnologías que implican procedimientos y acciones para lograr determinados objetivos, ya sea comprender estructuras y funcionamiento, construir objetos, solucionar problemas prácticos o modificar la realidad. Las acciones tecnológicas, además de emplear ciencias aplicadas utilizan también la experiencia e idoneidad adquirida en materia de resolución de determinados problemas. La diferencia entre técnica y tecnología se produce en el nivel de aplicación. Mientras la primera se encuentra destinada a la búsqueda de una solución eficiente, sin conocimiento consiente de su base teórica y la segunda corresponde a aplicaciones de base científica como es el caso de los sistemas de información geográfica (SIG)

En las disciplinas geográficas, debemos abordar a la geografía como una ciencia aplicada ya que surge de un apoyo concreto a las intervenciones que apoyan el mejoramiento del ordenamiento territorial. Para lograr estas intervenciones de debe aplicar la tecnología en la etapa de diagnóstico o de análisis de procesos que busquen determinar por qué ocurren ciertos

fenómenos y posteriormente asentara las bases para la realización de la propuesta e implementación.

Existen muchas formas de enfrentar las problemáticas que surgen en la investigación del espacio geográfico. Actualmente se cuenta con un gran número de herramientas que facilitan el trabajo y apoyan la toma de decisiones. La principal herramienta empleada en las diferentes ramas de la geografía son los Sistemas de Información Geográficos (SIG) que contribuye en modelar, representar de las condiciones singulares que tiene el espacio de trabajo. De esta manera, y mediante una representación gráfica de los actores territoriales, se puede obtener un diagrama de soluciones, que nos permita vincular las diferentes virtudes inherentes que posee el territorio. Mediante el proceso de captura, almacenaje, manipulación y análisis se puede organizar de forma gráfica y alfanumérica todo tipo de información geográficamente referenciada, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión geográfica.

Los SIG ayudan eficazmente, mediante la modelación de escenarios a través de los datos recolectados, en la generación de propuestas de manera prospectiva y propositiva, basada en supuesto y en la información entregada tanto para una etapa de diagnóstico como de análisis de variables. Para ello generalmente se debe definir modelo territorial y método de investigativo para aplicar las diferentes técnicas en base a la información disponible. De esta forma es posible analizar y proponer proceso deseable a largo plazo (definido en estructura, función, imagen y variable descriptivas cuantificable) fundamentado en una visión compartida del futuro y en identificar las medidas necesarias (de regulación de intervención y de gestión para avanzar hacia él) (Gomez Orea, 2008).

Por lo tanto, la elaboración de dicho modelo consta de dejar expresado los objetivos con el fin de identificar propuestas para la generación de alternativas viables compatibilizando con los marcos legales impuesta en las fronteras de estudios. Con la utilización de los SIG en la búsqueda del modelo territorial, estos nos brindaran un soporte en la localización, distribución, asociación,

correlación, interacción y evolución espacial, dando respuesta a las problemáticas provenientes de los componentes, económicos, sociales, ambientales y ocupacionales.

Debemos considerar que el ordenamiento territorial entre sus objetivos están el mantener un equilibrio entre las diferentes interacciones territoriales y la búsqueda de soluciones proactivas a los conflictos ocupacionales que frecuentemente encontramos en el territorio. Para compatibilizar la gran cantidad de relaciones de forma sustentable, es necesario involucrar, las redes como elementos estructurantes, el medioambiente como elemento a conservar, la economía con el objeto productivo, la población como agente dinamizador (Buzai & Baxendele, 2012).

Tanto para el diagnóstico como para un análisis territorial, y por consecuencia, un uso enfocado en el ordenamiento territorial, existen una gran variedad de aplicaciones, las cuales pueden ser empleadas dependiendo de la finalidad y el objeto a tratar. Es por ello que las aplicaciones utilizadas irán orientadas en el inventario de recursos para la modelación virtual de la realidad, mientras que para el ordenamiento estas estarán enfocadas hacia la formulación de escenarios prospectivos con un grado de incertidumbre aplicado (Buzai & Baxendele, 2012).

Entre los diferentes procedimientos aplicados al ordenamiento territorial destacan los siguientes:

- ✓ Aplicación de procedimientos de generalización por reclasificación.
- ✓ Aplicación de procedimientos de manejo cartográfico.
- ✓ Aplicación de procedimientos de evaluación multicriterio.
- ✓ Aplicación de procedimientos en la ecología del paisaje.

- ✓ Aplicación de procedimientos de evolución temporal.
- ✓ Aplicación de procedimientos de análisis exploratorio de datos espaciales (ESDA).
- ✓ Aplicación de procedimientos de clasificación y regionalización.
- ✓ Aplicación de procedimientos centrográficos.
- ✓ Aplicación de procedimientos de análisis de áreas de influencia, accesibilidad e interacción espacial.
- ✓ Aplicación de procedimientos de análisis de concentración y autocorrelación espacial.
- ✓ Aplicación de procedimientos para el análisis de regresión.
- ✓ Elaboración de mapas mentales.

### **Regresión Geográficamente ponderada.**

En los últimos años se han desarrollado numerosos estudios apoyados en el uso de herramientas SIG para evaluar la incidencia y desequilibrios territoriales de determinados fenómenos, principalmente asociados a aspectos relevantes como los es la modelación del mercado de suelo, problemáticas de accesibilidad y distribución de equipamiento para solventar ciertas demandas. También ofrece importantes posibilidades para evaluar la distribución espacial de la oferta de los equipamientos, servicios y demandas pudiéndose identificar áreas razonablemente servidas y/o marginadas, y los grupos socio-espaciales beneficiados y/o desfavorecidos en cuanto a su accesibilidad (Fuenzalida, 2010).

La Regresión Geográficamente Ponderada [*Geographically Weighted Regression* – GWR] definida por (Fotheringham, Brunson, & Charlton, 2002) como un modelo de regresión local que crea una ecuación para cada elemento del conjunto de datos de la variable dependiente, con la finalidad de capturar las variaciones geográficas. En la aplicación de estos modelos se utilizaron seis variables explicativas de carácter socioeconómico y de transporte que representan determinantes sociales.

Las diferencias en la utilización de un modelo estadístico GWR se basan principalmente en la capacidad de ser espacializado y representado en un ambiente SIG, con énfasis en las diferencias a través del espacio, desagregación local de las estadísticas locales, entre otras (Fotheringham, Brunson, & Charlton, 2002). Si bien el modelo GWR resulta ventajoso para conocer la heterogeneidad propia del espacio, y facilita moverse desde una perspectiva global a un análisis local, obteniendo un mayor grado de detalle y precisión (Lloyd & Shuttleworth, 2005), también puede presentar conflictos de fiabilidad (Páez, Farber, & Wheeler, A simulation-based study of geographically weighted regression as a method for investigating spatially varying relationships, 2011).

El amplio campo de acción, hace a la regresión geográficamente ponderada, una técnica muy versátil que permite la estimación de parámetros locales y no solo globales. Un parámetro local es estimado “tomando prestada” información de las unidades dentro de una distancia previamente establecida, donde las unidades más cercanas tienen mayor peso que las más lejanas. Como tal, esta técnica cuestiona el supuesto implícito en las regresiones estándar de que un modelo puede aplicarse por igual a toda el área geográfica analizada, cuando en realidad pueden presentarse importantes variaciones tanto en el modelo completo como en la relación específica entre la variable dependiente y algunas de sus variables explicativas. Así, nuestro modelo explicativo podría funcionar mejor en ciertas zonas de la ciudad y algunas variables cobrar mayor importancia en ciertas regiones que en otras o incluso tener efectos opuestos (Fotheringham, Brunson, & Charlton, 2002).

Bajo la misma línea (Brunsdon, Fotheringham, & Charlton, 1996) introdujeron este término para aludir a una familia de modelos de regresión “ajustados al espacio”, donde es posible observar las variaciones espaciales de los parámetros estimados y con ello saber dónde y cuánto es el efecto de una variable explicativa sobre la dependiente. Se trata de ajustar tantas regresiones como observaciones (unidades espaciales) se consideren en el análisis, en base al concepto de *distance decay* (se da más peso a las observaciones más próximas y menos a las más lejanas), operacionalizado por medio de una función kernel, que simule el efecto de caída con la distancia.

En consecuencia, se pueden realizar estimaciones ajustadas a cada observación, aplicando su correspondiente ecuación.

Algunas de las ventajas más importantes que justifican el empleo de la GWR son:

- ✓ Permite moverse desde una perspectiva global a un análisis local del problema, obteniendo un mayor grado de detalle y precisión (Lloyd D. C., 2010).
- ✓ Los coeficientes de cada uno de los predictores (elasticidades) varían de una unidad espacial a otra (inestabilidad espacial).
- ✓ La posibilidad de estimar coeficientes de determinación locales para cada unidad espacial a partir de los valores de un conjunto de observaciones vecinas, permite conocer la forma en que se combinan localmente las variables de la regresión para obtener el “ajuste específico” en una localización (Fotheringham, Brunsdon, & Charlton, 2002).
- ✓ La desagregación del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) global en coeficientes locales y el análisis de su distribución geográfica permiten reconocer dónde las variables

independientes tienen un mayor o peor poder explicativo (Fotheringham, Brunson, & Charlton, 2002).

- ✓ La implementación de esta técnica en los SIG facilita la elaboración de una amplia variedad de mapas con los resultados generados: variables dependientes e independientes,  $R^2$  locales, coeficientes locales de los predictores (elasticidades), valores  $t$ , residuos estandarizados (Mennis, 2006).
- ✓ Es posible generar superficies interpoladas para conocer la distribución espacial continua de los parámetros y aplicar los principios de la “predicción espacial” para hallar los valores de las observaciones que faltan (Páez, Exploring contextual variations in land use and transport analysis using a probit model with geographical weights, 2006).
- ✓ Facilita explorar la estructura espacial del modelo, es decir, medir el grado de dependencia espacial presente en el modelo pudiendo ser positiva o negativa, o detectar clusters de datos.
- ✓ Al proveer resultados específicos para cada localización, éstos pueden ser usados como evidencias para apoyar políticas o tomas de decisiones locales; por eso con frecuencia estas técnicas son llamadas “basadas en el lugar”.

Desde las amplias ventajas de modelo la ecuación que está detrás del proceso se expresa de la siguiente manera:

$$y_i = \beta_0(i) + \beta_1(i)x_{1i} + \beta_2(i)x_{2i} + \dots + \beta_n(i)x_{ni} + \epsilon(i)$$

Donde  $i$  es la localidad en la cual se miden  $y$  e  $x$  y para la cual se estiman los parámetros. Mientras que la estimación de los parámetros se obtiene de:

$$\beta' = (X^T W(i)X)^{-1} X^T W(i)Y$$

Donde  $W(i)$  es la matriz de pesos específicos para la ubicación  $i$ , de tal forma que las observaciones cercanas tienen más peso que las observaciones lejanas.

En definitiva, la técnica de regresión geográficamente ponderada es posible avanzar en los interrogantes y analizar por qué esos fenómenos están sucediendo en esos lugares. También, los análisis de regresión intentan demostrar el grado en el que una o más variables promueven un cambio positivo o negativo en otra variable.

La técnica GWR se aplica en el desarrollo del presente estudio de caso, profundizando cada etapa, coeficientes y resultados en la fase metodológica.

## METODOLOGÍA

Según lo plantado en el marco teórico por (Fotheringham, Brunson, & Charlton, 2002), hace referencia a que un modelo de regresión local que crea una ecuación para cada elemento del conjunto de datos de la variable dependiente, con la finalidad de capturar las variaciones geográficas.

Para la puesta en marcha del modelo se deben acudir a una serie de pasos metodológicos, como también un inventario de recursos y procesamiento de las bases de datos.

### **1.- Determinar que se quiere predecir o explicar**

Basados en los objetivos de la investigación, lo se quiere predecir o explicar, es el fenómeno del crecimiento urbano y como los diferentes agentes económicos, sociales, físicos y medioambientales, determinan cuales son los espacios más propensos a la urbanización. Bajo la misma mirada, es necesario comprender, como se comporta el modelo urbano chileno y cuáles son las potencialidades y desventajas que conlleva el adecuado uso del suelo, como también, los instrumentos de planificación que actúan en la regulación del espacio público.

Para el desarrollo metodológico de la regresión geográficamente ponderada, requiere una variable dependiente que responda a la pregunta del que se quiere predecir o explicar. Una vez resuelta esta interrogante, con una variable que responda a los objetivos de la investigación, se deben hacer simulación con otros modelos de regresiones para testear, el comportamiento de la variable dependiente, con respecto a aquellas que la quieren explicar. Estas fases se denominan, modelo de regresión exploratoria y posteriormente otro modelo de regresión local.

El ejercicio metodológico de esta investigación, lo que queremos predecir y/o explicar es proceso de urbanización y la evidente necesidad por nuevos suelos urbanizables por los diferentes agentes que dominan el territorio. Con una mirada, crítica al sistema económico que rige actualmente en Chile. La mejor variable para explicar y predecir las aptitudes urbanas es el precio del suelo, como un constructo complejo determinado por factores locales, pero concluyente para la condición socioterritorial del entorno.

Para obtener datos del precio del suelo, en Chile, se debe recurrir al Servicio de Impuestos Internos (SII) quien se encarga de tasar y mantener un avalúo fiscal, a nivel predial, de la mayoría de los suelos del territorio nacional. También es responsable, por el cobro de impuestos territoriales, estableciendo áreas homogéneas configuradas por diversos factores, a lo largo del territorio. Por medio de estas áreas homogéneas se establecen rangos en los precios, catalogando a los suelos con mayor valor que, para el caso de nuestro estudio, se localizan en sitios bien conectados, al interior de áreas urbanas metropolitana o muy próximo a ellas. Mientras que suelos más estériles o desprovistos de potencial agrario representan zonas de bajo valor.

La información clave para conformar la variable dependiente, definida por el precio del suelo, proviene de tres insumos claves. El primero son las áreas homogéneas en formato SHP dispuestas por la Universidad y cedidas por Servicio de Impuestos Internos, para el área metropolitana de Rancagua. Esta cobertura establece un valor base al suelo por unidades de territorio que no distinguen una división administrativa. También se pueden utilizar una tipología de rangos, que determina la fluctuación entre los precios máximos y mínimos para esa unidad territorial.

El segundo insumo, son los predios agrícolas obtenidos a través de CIREN en formato SHP. Esta información poseía una desactualización importante ya que su data, en términos generales, es del año 2010. Gracias a la colaboración de INE y el trabajo para el Censo agropecuario 2021, se logró consolidar una base cartográfica más actualizada y completa para el área de estudio. Esta

cobertura posee el identificador de predio y rol que la hacen vincularse con la información territorial del Servicio de Impuestos Internos y validada a través del geoportal del servicio con controles de calidad aleatorios.

El último insumo es un complemento a los otros dos, mencionados anteriormente, ya que, en el caso de las áreas homogéneas, la información no estaba para toda la extensión del área de estudio. En ese caso se tuvo que construir por medio planillas y digitalización vectorial desde el geoportal del servicio.

El resultado fue mantener una cobertura cartográfica uniforme a lo largo del área de estudio con un valor base por cada uno de los predios catastrados. El trabajar una cobertura vectorial de polígono, nos permitió obtener el área en metros cuadrados de cada predio. A la base se incorporó el precio de la UF promedio del año 2019. Por lo tanto, se logró obtener valor base de  $UF \times M^2$  y posteriormente con el área individual de cada predio, el precio en UF de cada predio.

## **2.- Identificar las variables explicativas claves.**

La base de la técnica GWR es un modelo de regresión que utiliza las variaciones geográficas para crear una ecuación para cada elemento del conjunto de datos de la variable. Entre mejor sean representadas las condiciones geográficas, en forma alfanumérica, mejor se comportará la predicción del modelo. A este conjunto de condiciones geográficas, entendiéndolo en un amplio abanico de posibilidades que este término representa, se les denomina variables explicativas.

Las variables explicativas tienen por objeto, explicar el comportamiento de la variable dependiente. Si nos planteamos un ejemplo cotidiano de economía, referente al valor del precio de un insumo médico (mascarillas) tendríamos que averiguar que factor o variables inciden en

ese aumento de precio y también lograr dilucidar en qué lugar se encuentran las de mayor y menor valor. En este ejemplo una variable explicativa, muy geográfica, y sería la densidad de población en torno a un centro de distribución de este producto. Al tener mayor posibilidad de ofertas potencial (población) mayor o menor será en precio del insumo.

Las variables explicativas, se pueden comportar de forma directamente como inversamente proporcional a la variable dependiente, ya que en su conjunto buscan diseñar una ecuación, que basadas en las condiciones geográficas que determine y/o predigan un futuro escenario. Para ello, se pueden evaluar muchas variables explicativas, pero dentro del desarrollo metodológico, los validadores del modelo irán corroborando o descartando aquellas que representan un mismo fenómeno o que simplemente aquellas que no estén incidiendo en la predicción adecuada, razón por la cual es necesario tener diversas posibilidades, que permitan incorporar desde aspectos físicos del territorio, hasta los fenómenos más puntuales y locales.

Las variables explicativas, por si sola responde a diferentes eventos y condiciones, desde el punto de vista que suceso que requieren explicar. Es por ello que en la investigación se agruparon en tres grandes grupos o categorías para dar cuenta de la significancia de cada una de ellas. Los grupos son los siguientes.

**Tabla N°1. Selección de variables explicativas.**

<b>CATEGORÍA ESENCIALES</b>	<b>CATEGORÍA DE BASE</b>	<b>CATEGORÍA DE COMPLEMENTARIAS</b>
Distancia a educación básica	Tamaño o área de los predios	Limite urbano
Distancia a parques	Pendiente del suelo	Plan cuadrante

Distancia a establecimientos de salud		Macrozonas
Distancia al centro administrativo		Densidad de viviendas
Distancia a Educación inicial		Capacidad de uso
Distancia a Carrete del cobre		Distancia a calles secundarias

Fuente: Elaboración Propia

En categorías esenciales; destacan todas aquellas variables que buscan las personas a la hora de establecerse en un lugar distante de la urbanización, con el objeto de vivir en un entorno más rural pero no tan distante de los servicios y comodidades que le brindan la ciudad. También existe otro tipo de iniciativas las que buscan lugares para los asentamientos urbanos nuevos, con tentadoras ofertas inmobiliarias para el desarrollo urbano. Aquí destacan dos tipos de construcciones; las de tipo suburbios con viviendas de valores medio-altos y las nacen del crecimiento natural de la ciudad por la búsqueda de terrenos más accesibles para edificar proyectos sociales.

Entre las variables esenciales destacan, la distancia a los establecimientos de educación inicial, establecimientos de educación básica, distancia a los centros de salud, distancia a los parques públicos. Todas estas variables provienen del Sistema de Indicadores y Estándares de Desarrollo Urbano (SIEDU, 2019) que tiene como principal objetivo medir y evaluar la calidad de vida de las ciudades chilenas y la efectividad de las políticas públicas en sus aspectos asociados al desarrollo urbano, con la finalidad de ayudar al Estado en la tarea de reducir las desigualdades urbanas.

De igual manera, según las tendencias en el mercado inmobiliario y la condición de una ciudad de servicios es necesario incorporar como variables la distancia al centro administrativo de la

ciudad ya que la ecuación tiempo distancia es fundamental a la hora de averiguar, cuáles son los sitios más atractivos para un régimen habitacional.

Debido a la condición de ciudad minera es necesario incorporar la variable distancia a la carretera del cobre, ya que es acceso principal al mineral el teniente. En torno a esta ruta ha surgido un avance inmobiliario pujante, con estándares altos, principalmente asociado al personal que desempeña tareas en el mineral o de las actividades complementarias de la actividad. También, el sector está acompañado de una gran actividad comercial, industrial y de servicios inclinando la ciudad cada vez más a este nuevo centro extraoficial.

En la categoría base, incorpora las variables que hacen referencia a la condición más propia de una unidad territorial como lo es el predio. Respecto de los predios, es fundamental el tamaño de éste, expresado en metros cuadrados para obtener un valor de área. Generalmente la relación respecto del precio y el área es directamente proporcional, pero también la variable por sí sola, no explica el valor predio. Para obtener una visión general se deben conjugar con otra variable para establecer rangos de precio.

En la categoría base también incorporamos la variable relacionada al grado de inclinación que poseen el suelo, la que se define por el plano de pendientes. Se categorizó como una variable base ya que el área de estudio se encuentra mayoritariamente en un fondo valle y en términos generales proporcionan suelos planos. No obstante, es la condición más elemental del territorio para obtener espacios propicios para la expansión urbana y diversos asentamientos productivo, sin tener que invertir demasiado en mejorar la condición del suelo.

La categoría complementaria; apunta a todas esas variables que determinan normativamente o indicativamente, zonas con mayor posibilidad de ser urbanizables. Entre ellas, la que más destaca es el límite urbano, como instrumento de planificación que hace referencia a la frontera

entre lo que normativamente se considera urbano y los que es rural. Es posible incorporar más de una definición de concepto y espacio urbano rural, en el debate teórico y práctico sobre los alcances, permisos e influencias. Desde el punto de vista normativo y referente a los instrumentos de planificación tanto para el límite urbano, plano regulador comunal y plan regulador intercomunal, estos carecen de una actualización oportuna y ambivalente que los mantiene al margen del rápido y versátil avance urbano.

Para el estudio de caso, se consideró el límite urbano como instrumento de planificación y que de alguna manera determina una condición más favorable para la urbanización en su interior o en áreas más próximas. Sin embargo, no fue un elemento que segregara cartográficamente de los predios que formaran parte del urbano. De esta forma se llega a otra encrucijada, de los que se considera rural y lo que es una zona proyectada para el crecimiento urbano. En estos lugares o zonas de transición se dan las condiciones normativas para el desarrollo urbano que, por alguna condición particular, nos son atractivas para la urbanización y aun forman parte aun del mundo agrícola. Para lograr clasificar los distintos predios como urbano y como rural se utilizó el límite normativo, pero no se excluyeron territorialmente ningún espacio que fuera considerado agrícola al interior del área urbana, dejando en manos del modelo que proporcionara una ecuación para el modelo de predicción acorde a las condiciones del entorno.

Otra variable igualmente relevante y que forma parte de la categoría complementaria es la capacidad de usos, como guía para definir y clasificar lugares con potencial para las diferentes actividades que son posible de competir en el área de estudio. Acá el debate se da por la condición de los suelos para albergar diferentes usos en competencias uno con otros. Para ello se utilizó su clasificación como peso relativo para hacer categorías sobre su oportunidad respecto a las demás variables.

En el área de estudio, se encuentra diferentes zonas con distintos potenciales y diferentes actividades que delimitan cierta especialización para para diferentes usos. Ha estas áreas le

denominamos macro zonas y no responden a ningún criterio administrativo, físico y ambiental. La forma de definir estas macro zonas, explora el conocimiento propio de las dinámicas actuales que interviene en el área de estudio. Se definieron 8 macro zonas que agrupan lugares donde se ubican los principales pueblos, zonas de extensión urbana, áreas de parcelaciones, núcleos urbanos, cerros y zonas netamente rurales. Nuevamente a esta división se debió clasificar por pesos relativos para demarcar las macro zonas más relevantes, siendo los núcleos urbanos los que poseen una mayor puntuación respecto de a los cerros que obtienen la menor.

Según el rápido crecimiento en las zonas urbanas y rurales influenciadas por el área metropolitana, es necesario identificar los lugares donde la población se concentra ejerciendo un dinamismo en nuevas zonas con potencial para las expansiones urbanas, tanto por condiciones naturales, influencia de los mercados o por la normativa imperante. Para ello de confecciono la variable de densidad de vivienda la cual utilizo la distribución de la población y viviendas, tanto para zonas urbanas y rurales del censo de población y vivienda 2017. Con este dato a nivel de zona y localidad se logró crea un mapa de calor que representa la densidad de viviendas por kilómetro cuadrado.

Finalmente, se utilizaron dos variables complementarias adicionales. Una hace referencia a la cobertura del plan cuadrante de carabineros. Variable que cobra relevancia hoy en día por el aumento paulatino de los actos delictuales ligados a los robos y portonazos en sitios rurales donde se ubican barrios tipo suburbios que son parte importante del paisaje del área de estudio. La variable se comporta determinado la cobertura del plan en los diferentes, cuadrantes del área. La otra variable identifica un conjunto de vías secundarias que conectan algunos lugares con presencia importante de población hacia las vías principales para brindar acceso al área urbana consolidada. Esta variable se expresa bajo una distancia de los predios agrícolas que forman parte de las zonas con potencial para la urbanización hacia dichas vías, determinado la importancia de la conexión con territorios más aislados.

### 3.- Realizar análisis exploratorio de regresión.

El análisis exploratorio de regresión evalúa todas las combinaciones posibles entre las variables explicativas candidatas, en busca de mejorar el modelo que explique la variable dependiente.

El análisis exploratorio se lleva a cabo a través de una herramienta del software Arcmap y su resultado es un archivo de informe que se escribe en la ventana de resultados o en se guarda en un archivo de texto. También produce una tabla opcional de todos los modelos que cumplen con su máximo (valor límite de valor p de coeficiente y criterio de valor. Factor de inflación de la varianza (VIF)).

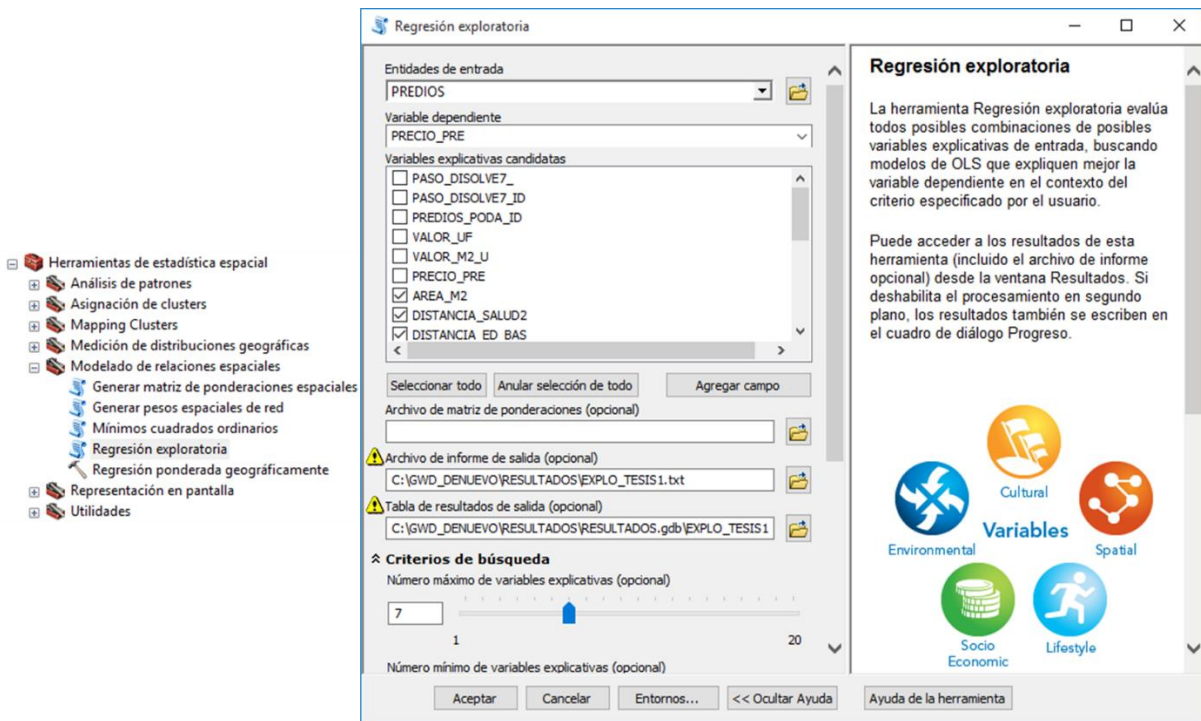
Esta herramienta intenta realizar todas las posibles combinaciones de las variables explicativas introducidas, buscando un modelo adecuado. Solo cuando se busca un modelo que cumple con criterios de umbral para Mínimo cuadrado Adj R aceptable, Valor límite máximo valor p de coeficiente, Valor límite máximo valor VIF y valor p Jarque-Bera mínimo aceptable se ejecute la herramienta Autocorrelación espacial (I de Moran global) en los residuales del modelo para ver si las predicciones excesivas/escasas están agrupadas o no. Para proporcionar al menos alguna información sobre el clustering residual en el caso donde ninguno de los modelos aprueba todos estos criterios, la prueba Autocorrelación espacial (I de Moran global) también se aplica a los residuales para los tres modelos que tienen los mayores valores de  $R^2$  ajustada y los tres modelos que tienen los mayores valores p Jarque-Bera (Mitchell, 2005)

Especialmente cuando hay una fuerte estructura espacial en su variable dependiente, deseará intentar presentar tantas posibles variables explicativas espaciales como pueda.

Los pasos para llevar a cabo la regresión exploratoria son:

- a) En el software Arcmap 10.1 o superior, dirigirse a la caja de herramientas y posteriormente, herramientas de estadística espacial, desplegar modelo de relaciones espaciales y seleccionar regresión exploratoria.

**Imagen N°2. Input Regresión Exploratoria**



Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N°2. Parámetros regresión exploratoria.**

Entidad de entrada	La capa de información que contiene las variables que serán analizadas. Acá deben estar la variable dependiente como las independientes.
Variable Dependiente.	Tal como se explicó en el punto 1 de la metodología, la variable dependientes será el precio de los predios.

Variables explicativas candidatas	En el punto 2 de la metodología se explicaron cada una de las variables explicativas, que eventualmente revelaran el comportamiento de la variable dependiente. Las candidatas son:
	Área en M <sup>2</sup> de los predios
	Distancia a los servicios de Salud
	Distancia a los centros de educación inicial
	Distancia a los centros de educación básica
	El plano de pendientes
	Caracterización de macrozonas
	Densidad de Viviendas
	Distancia a Caminos secundarios
	Limite Urbano
	Distancia a Carretera del Cobre
	Capacidad de uso del suelo
	Cobertura de plan cuadrante
	Archivo de matriz de ponderación. (opcional)
Archivo de informe de salida. (opcional)	El archivo de informe contiene los resultados de la herramienta, incluidos los detalles sobre todos los modelos encontrados que aprobaron todos los criterios de búsqueda que introdujo
Tabla de resultados de Salida (opcional)	Contiene las variables explicativas y los diagnósticos para todos los modelos en el valor límite del valor VIF y el coeficiente de valor p.
Número máximo de variables explicativas (opcional)	Se evaluarán todos los modelos con variables explicativas hasta el valor introducido.

Número mínimo de variables explicativas (opcional)	Este valor representa el número mínimo de variables explicativas para modelos evaluados
R cuadrado ajustado mínimo aceptado (opcional)	Este es el valor R cuadrado ajustado más bajo para que se considera un modelo aceptable y de aprobación. El valor predeterminado es 0,5, indicando que los modelos aprobados explicarán al menos 50 por ciento de la variación en la variable dependiente.
Valor límite de P de coeficiente máximo (opcional)	<p>Para cada modelo evaluado, OLS calcula los valores P de los coeficientes de la variable explicativa. El valor P del valor límite que ingresó, representa el nivel de confianza que necesita para todos los coeficientes en el modelo para estudiar el modelo de aprobación.</p> <p>Los valores p pequeños reflejan un mayor nivel de confianza. Los valores válidos para este parámetro van desde 1,0 a 0,0, pero lo más probable es que sean 0,1, 0,05, 0,01, 0,001, y así sucesivamente. El valor predeterminado es 0,05, que indica que los modelos aprobados solo contiene variables explicativas cuyos coeficientes están estadísticamente en el nivel de confianza del 95 por ciento (valores p, menores que 0,05).</p>
Valor límite de VIF máximo (opcional)	Este valor refleja cuánta redundancia (multicolinealidad) entre las variables explicativas del modelo se va a tolerar. Cuando el VIF (Factor de inflación de la varianza) es mayor que la multicolinealidad sobre 7,5, puede hacer un modelo inestable; por consiguiente, 7,5 es el valor predeterminado. Si desea que sus modelos aprobados tengan menos redundancia, debe ingresar un valor menor, como 5,0, para este parámetro.

<p>Valor P de jarque Bera mínimo aceptado (opcional)</p>	<p>El valor p devuelto por la prueba de diagnóstico Jarque-Bera indica si los residuales del modelo se distribuyen normalmente. Si el valor p es estadísticamente significativo (pequeño), los residuales del modelo no son normales y el modelo es influenciado.</p> <p>Los modelos aprobados deben tener valores p Jarque-Bera grandes. El valor p aceptable mínimo predeterminado es 0,1. Solo los modelos que devuelven valores p mayores que este mínimo se considerarán aprobados. Si tiene problemas para encontrar modelos aprobados no influenciados, y deciden relajar este criterio, puede introducir un valor p mínimo más pequeño, como 0,05.</p>
<p>Valor P de autocorrelación espacial mínimo aceptado (opcional)</p>	<p>Para los modelos que aprueban todos los demás criterios de búsqueda, la herramienta Regresión exploratoria, verificará los residuales de modelo para el clustering espacial utilizando I de Moran global. Cuando el valor p para esta prueba de diagnóstico es estadísticamente significativo (pequeño), esto indica que al modelo probablemente le faltan variables explicativas clave (no dice toda la historia). Por desgracia, si tiene la autocorrelación espacial de los residuales de regresión, el modelo está mal especificado, de modo que no se puede confiar en los resultados. Los modelos aprobados deben tener valores p grandes para esta prueba de diagnóstico. El valor p predeterminado mínimo es 0,1. Solo los modelos que devuelven valores p mayores que este mínimo se considerarán aprobados. Si tiene problemas al buscar modelos especificados correctamente debido a esta prueba de diagnóstico, y decide relajar los criterios de búsqueda, puede introducir un mínimo más pequeños como 0,05.</p>

Fuente: Elaboración Propia.

- b) Resultados de la regresión exploratoria: Tal como se observó en los parámetros anteriormente señalados, hay dos tipos de salida de datos que nos ayudaran a interpretar si las variables que estamos utilizando tiene la suficiente información para analizar y predecir un comportamiento de los fenómenos que afectan al territorio. La primera y más importante, es el archivo o informe de salida en el cual centraremos el análisis.

El archivo o informe de salida, es un block de notas que contiene los resultados de las simulaciones que hace la variable dependiente respecto de las explicativa y genera una serie de parámetros que evalúan la consistencia del modelo. Para el caso de la regresión exploratoria se utilizaron 7 como número máximo de variables explicativas para el análisis del resultado podemos precisar algunos datos tales como:

- ✓ El modelo debe representar un  $R^2$  ( $AdjR^2$ ) superior a 0.5 lo que representara que las variables introducidas explicaran al menos el 50% de las predicciones que lograra generar el modelo.
- ✓ Los valores VIF deben ser bajos o menos a 7,5. Este parámetro mide multicolinealidad o sea que dos o más variables están tratando de explicar el mismo hecho. Con VIF altos el modelo podría ser inestable.
- ✓ Los valores de Akaike corregido (AICc) deben ser bajos. El proceso de modelación es iterario y necesariamente utilizara varios modelos con diferentes variables explicativas entregando un numero como resultado. El número más bajo de los modelos generados representara mejores condiciones de ajuste.

### Imagen N°3. Resultados Regresión Exploratoria TXT

```

Escoger resumen 7 de 12
Resultados más altos de R cuadrado ajustado
AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Modelo
0,73 71295,09 0,00 0,00 3,99 0,00 +AREA_M2*** -DISTANCIA_ED_INI*** -PENDIENTES*** -MICROZONAS_R*** -DIST_SECUN3*** -DIST_C_COBRE*** +PCUADRANTE_SUP***
0,73 71295,67 0,00 0,00 2,98 0,00 +AREA_M2*** +DISTANCIA_SALUD2*** -DISTANCIA_ED_INI*** -PENDIENTES*** +DIST_SECUN3*** -DIST_C_COBRE*** +PCUADRANTE_SUP***
0,72 71294,54 0,00 0,00 2,75 0,00 +AREA_M2*** -DISTANCIA_ED_INI*** -PENDIENTES*** +DIST_SECUN3*** -LIMITE_U** -DIST_C_COBRE*** +PCUADRANTE_SUP***
Modelos de aprobación
AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Modelo
Escoger resumen 8 de 12
Resultados más altos de R cuadrado ajustado
AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Modelo
0,73 71289,95 0,00 0,00 4,02 0,00 +AREA_M2*** +DISTANCIA_SALUD2*** -DISTANCIA_ED_INI*** -PENDIENTES*** -MICROZONAS_R** +DIST_SECUN3*** -DIST_C_COBRE*** +PCUADRANTE_SUP***
0,73 71290,01 0,00 0,00 3,24 0,00 +AREA_M2*** +DISTANCIA_SALUD2*** -DISTANCIA_ED_INI*** -PENDIENTES*** +DIST_SECUN3*** -LIMITE_U** -DIST_C_COBRE*** +PCUADRANTE_SUP***
0,73 71291,88 0,00 0,00 3,57 0,00 +AREA_M2*** +DISTANCIA_SALUD2*** -DISTANCIA_ED_BAS* -DISTANCIA_ED_INI*** -PENDIENTES*** +DIST_SECUN3*** -DIST_C_COBRE*** +PCUADRANTE_SUP***
Modelos de aprobación
AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Modelo
Escoger resumen 9 de 12
Resultados más altos de R cuadrado ajustado
AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Modelo
0,73 71289,09 0,00 0,00 4,36 0,00 +AREA_M2*** +DISTANCIA_SALUD2*** -DISTANCIA_ED_BAS* -DISTANCIA_ED_INI*** -PENDIENTES*** -MICROZONAS_R** -DIST_SECUN3*** -DIST_C_COBRE*** +PCUADRANTE_SUP***
0,73 71288,49 0,00 0,00 3,84 0,00 +AREA_M2*** +DISTANCIA_SALUD2*** -DISTANCIA_ED_BAS* -DISTANCIA_ED_INI*** -PENDIENTES*** +DIST_SECUN3*** -LIMITE_U* -DIST_C_COBRE*** +PCUADRANTE_SUP***
0,73 71289,56 0,00 0,00 4,34 0,00 +AREA_M2*** +DISTANCIA_SALUD2*** -DISTANCIA_ED_INI*** -PENDIENTES*** -MICROZONAS_R +DIST_SECUN3*** -LIMITE_U -DIST_C_COBRE*** +PCUADRANTE_SUP***
Modelos de aprobación
AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Modelo

```

Fuente: Elaboración Propia

De la Modelación realizada seleccionamos tres modelos que complican los parámetros anteriormente mencionados.

El segundo tipo de salida de datos es una tabla DBF que se despliega en Arcmap y muestra los resultados de las iteraciones realizadas con los indicadores que respaldan las valides del modelo. Según el orden de prioridades mencionado anteriormente podemos extraer las variables que formaran un adecuado modelo en la búsqueda de la predicción deseada.

### Imagen N°4. Resultados Regresión Exploratoria tabla de atributos

RunID	AdjR2	AICc	JB	K_BP	MaxVIF	SA	NumVars	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
921	0,72557	71288,0868	0	0	4,36371	0	9	AREA_M2	DISTANCIA_SALUD2	DISTANCIA_ED_BAS	DISTANCIA_PENDIENTES	MICROZONAS	DIST_SECUN3	DIST_C_COBRE	PCUADRANTE_SU	
898	0,72536	71289,9544	0	0	4,022439	0	8	AREA_M2	DISTANCIA_SALUD2	DISTANCIA_ED_INI	PENDIENTES	MICROZONAS_R	DIST_SECUN3	DIST_C_COBR	PCUADRANTE_SUP	
900	0,72535	71290,0113	0	0	3,239154	0	8	AREA_M2	DISTANCIA_SALUD2	DISTANCIA_ED_INI	PENDIENTES	DIST_SECUN3	LIMITE_U	DIST_C_COBR	PCUADRANTE_SUP	
855	0,725056	71293,0944	0	0	3,992483	0	7	AREA_M2	DISTANCIA_ED_INI	PENDIENTES	MICROZONAS	DIST_SECUN3	DIST_C_COBR	PCUADRANTE		
817	0,725014	71293,6679	0	0	2,984848	0	7	AREA_M2	DISTANCIA_SALUD2	DISTANCIA_ED_INI	PENDIENTES	DIST_SECUN3	DIST_C_COBR	PCUADRANTE		
858	0,724949	71294,5430	0	0	2,7522	0	7	AREA_M2	DISTANCIA_ED_INI	PENDIENTES	DIST_SECUN	LIMITE_U	DIST_C_COBR	PCUADRANTE		
724	0,72435	71301,7005	0	0	2,642479	0	6	AREA_M2	DISTANCIA_ED_INI	PENDIENTES	DIST_SECUN	DIST_C_COBRE	PCUADRANTE			
849	0,723629	71312,5014	0	0	3,234833	<Nulo>	7	AREA_M2	DISTANCIA_ED_BAS	PENDIENTES	MICROZONAS	DIST_SECUN3	DIST_C_COBR	PCUADRANTE		
723	0,723254	71316,5762	0	0	1,472843	0	6	AREA_M2	DISTANCIA_ED_INI	PENDIENTES	DIST_SECUN	LIMITE_U	PCUADRANTE			
974	0,723435	71317,1491	0	0	4,479631	<Nulo>	9	AREA_M2	DISTANCIA_SALUD2	DISTANCIA_ED_BAS	DISTANCIA_PENDIENTES	MICROZONAS_R	DIST_SECUN3	DIST_C_COBR	CAPACIDAD_R	PCUADRANTE_SUP

Fuente: Elaboración Propia

Con los indicadores entregados por la regresión exploratoria nos ayuda a filtrar de mejor manera cuales son las variables explicativas que están siendo importantes para el modelo y con la selección de estas podemos pasar al siguiente paso.

#### **4.- Realiza una regresión lineal global de Mínimos cuadrados ordinarios (OLS)**

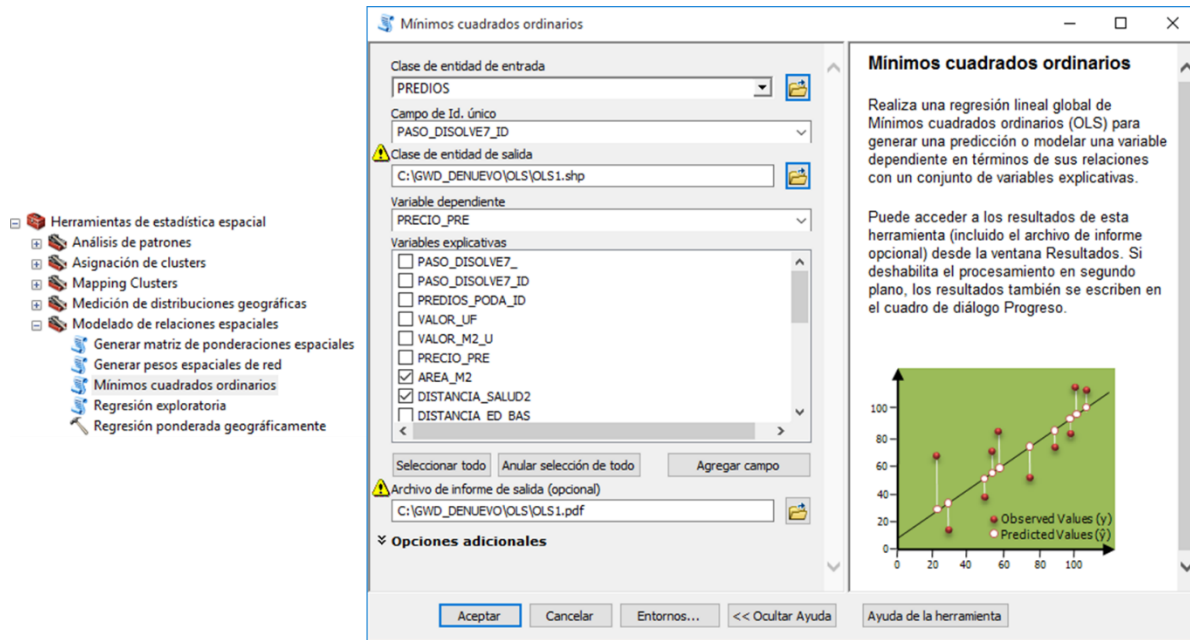
Según los pasos metodológico planteados por Santiago Linares, en sus clases magistrales, es necesario ejecutar y observar cómo se comportan las variables en una regresión lineal global de mínimos cuadrados ordinarios (OLS). También se denomina un punto de inicio adecuado para todos los análisis de regresión espacial, ya que proporciona un modelo global de la variable o proceso que intenta entender o prever para posteriormente, crea una ecuación de regresión simple para representar ese proceso.

Entre las características importantes que podemos mencionar de esta regresión lineal, destacan los siguientes:

- ✓ Modelo de regresión global.
- ✓ Una ecuación, calibrada usando datos de todas las entidades.
- ✓ Las relaciones son fijas.
- ✓ No detecta la no estacionalidad.
- ✓ No mapeable

- a) También en software Arcmap 10.1 o superior, dirigirse a la caja de herramientas y posteriormente, herramientas de estadística espacial, desplegar modelo de relaciones espaciales y seleccionar Mínimos cuadrados ordinarios.

**Imagen N°5. Input Regresión OLS**



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N°3. Parámetros regresión OLS.**

Entidad de entrada	La clase de entidad que contiene las variables dependientes e independientes para el análisis.
Campo ID único	Un campo entero que contiene un valor diferente para cada entidad en la Clase de entidad de entrada.
Entidad de salida	La clase de entidad de salida que recibirá estimaciones y residuales de variables dependientes.

Variables dependientes	El campo numérico que contiene los valores de aquello que intenta modelar.
Variables explicativas	Una lista de campos que representan variables explicativas en el modelo de regresión. Las variables que utilizamos son las que seleccionamos desde la regresión exploratoria y que representaban mayor consistencia para las predicciones.
	Área_M <sup>2</sup>
	Distancia Salud
	Distancia Educación Inicial
	Pendiente
	Distancia Secundarios
	Límite Urbano
	Distancia Carretera el Cobre
	Plan Cuadrante
Archivo o informe de salida (opcional)	La ruta completa a una tabla opcional que recibirá los coeficientes del modelo, coeficientes estandarizados, los errores estándar y las probabilidades para cada variable explicativa.
Tabla de salida de los coeficientes (opcional)	La ruta completa a una tabla opcional que recibirá los diagnósticos del resumen del modelo.
Tabla de salida de diagnóstico (opcional)	La ruta al archivo PDF opcional que desea que la herramienta cree. Este archivo de informe incluye diagnóstico del modelo, gráficos y notas para ayudarle a interpretar los resultados de OLS.

Fuente: Elaboración Propia

- b) Resultados de la regresión OLS: De la misma forma que en la regresión exploratoria, la regresión lineal entrega dos tipos de reporte para evaluar el desempeño del modelo. El

primero es un archivo que entrega un reporte en formato PDF y el segundo es una cobertura de puntos que entrega los valores predictivos y los errores residuales junto con más información para evaluar el comportamiento de las variables.

Los resultados de la regresión lineal se interpretan de la siguiente manera:

### Imagen N°6. Diagnóstico y Resultados Regresión OLS

Entidades de Entrada:	PREDIOS	Variable dependiente:	PRECIO_PRE
Número de observaciones:	3750	Criterio de información de Akaike (AICc) [d]:	71293,667984
R cuadrado múltiple [d]:	0,725527	R cuadrado ajustado [d]:	0,725014
Estadística F conjunta [e]:	1413,057336	Prob(>F), (7,3742) grados de libertad:	0,000000*
Estadística de Wald conjunta [e]:	3687,603049	Prob(>chi-squared), (7) grados de libertad:	0,000000*
Estadística de Koenker (BP) [f]:	619,453791	Prob(>chi-squared), (7) grados de libertad:	0,000000*
Estadística de Jarque-Bera [g]:	3157,199448	Prob(>chi-squared), (2) grados de libertad:	0,000000*

#### Resumen de resultados OLS - Variables del modelo

Variable	Coefficiente [a]	StdError	Estadística t	Probabilidad [b]	Robust_SE	Robust_t	Robust_Pr [b]	VIF [c]
Interceptar	-470,623885	261,610913	-1,798946	0,072112	255,591127	-1,841315	0,065656	-----
AREA_M2	0,089239	0,000907	98,393663	0,000000*	0,001587	56,225498	0,000000*	1,139815
DISTANCIA_SA	0,132868	0,041945	3,167674	0,001564*	0,035087	3,786871	0,000166*	2,827782
DISTANCIA_ED	-0,334297	0,050402	-6,632598	0,000000*	0,042626	-7,842556	0,000000*	2,629366
PENDIENTES	-123,208183	19,002230	-6,483880	0,000000*	15,753811	-7,820849	0,000000*	1,027775
DIST_SECUN3	0,256293	0,013853	18,501492	0,000000*	0,013701	18,705641	0,000000*	2,984848
DIST_C_COBRE	-0,103382	0,018474	-5,595984	0,000000*	0,020076	-5,149480	0,000001*	2,919478
PCUADRANTE_S	0,976931	0,082096	11,899870	0,000000*	0,085466	11,430627	0,000000*	1,286532

Fuente: Elaboración Propia

Un asterisco junto al número indica un valor P ( $p < 0,05$ ) con relevancia estadística.

[a] Coeficiente: representa la fuerza y el tipo de relación entre cada variable explicativa y la variable dependiente.

[b] Probabilidad y probabilidad robusta (Robust\_Pr): el asterisco (\*) indica que el coeficiente tiene relevancia estadística ( $p < 0,05$ ); si la estadística de Koenker (BP) [f]

tiene relevancia estadística, use la columna de probabilidad robusta (Robust\_Pr) para determinar el significado del coeficiente.

[c] Factor de inflación de la varianza (VIF): los valores altos en el Factor de inflación de la varianza (VIF) ( $> 7,5$ ) indican redundancia entre las variables explicativas.

[d] R cuadrado debe ser  $R^2 > 0,5$ . R cuadrado y Criterio de información de Akaike (AIC): medidas de la adaptación/rendimiento del modelo.

[e] Estadística F y estadística de Wald conjuntas: el asterisco (\*) indica el significado general del modelo ( $p < 0,05$ ); si la estadística de Koenker (BP) [f] tiene relevancia estadística, use la estadística de Wald para determinar el significado general del modelo.

[f] Estadística de Koenker (BP): cuando esta prueba tiene relevancia estadística ( $p < 0,05$ ), las relaciones modeladas no son consistentes (debido a la falta de estacionaridad o heteroscedasticidad).

[g] Estadística de Jarque-Bera: cuando esta prueba tiene relevancia estadística ( $p < 0,05$ ), las predicciones de modelo son parciales (los no se distribuyen normalmente) (Mitchell, 2005)

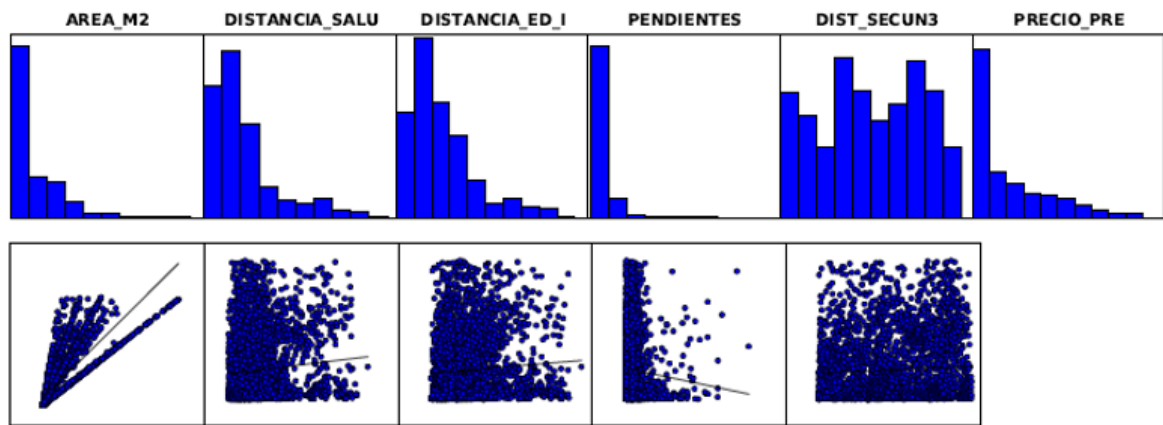
De igual forma que en la regresión exploratoria, y según lo indicado por Santiago Linares, las tres claves para que el modelo sea viable es que posea un coeficiente de R cuadrado superior a 0,5 que representarían un 50% de las predicciones. Los valores VIF deben ser bajos o menos a 7,5 ya que al ser mayor indicarían redundancia de algunas variables explicativas y la estadística de Koenker (BP) debe ser alta para que las relaciones modeladas sean consistentes.

También, el reporte proporciona una serie de gráficos de dispersión e histogramas, para cada variable explicativa y variable dependiente. En los histogramas se puede ver como se distribuyen cada variable. Para la modelación OLS nos es necesario que las

variables se distribuyan normalmente, no obstante, si existe problemas para encontrar un modelo adecuado, se pueden hacer transformaciones a las variables que estén muy desviadas para conseguir un mejor resultado.

Cada gráfico de dispersión representa la relación entre una variable explicativa y la variable dependiente. Las relaciones fuertes aparecen como diagonales y la dirección de la inclinación indica si la relación es positiva o negativa.

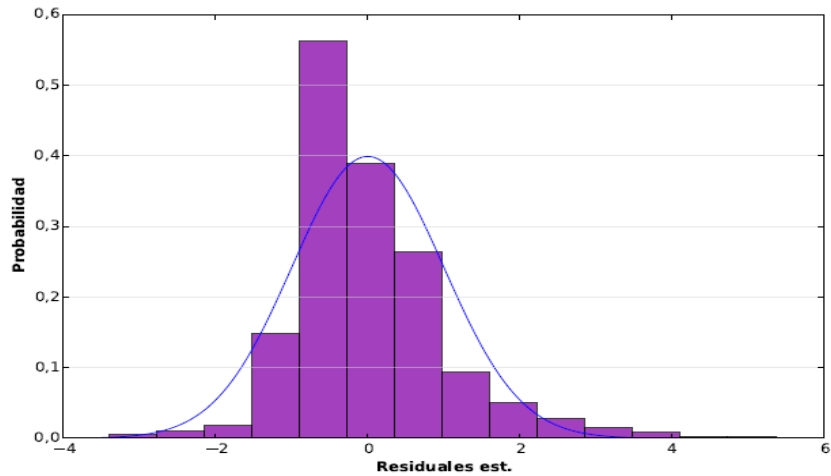
**Imagen N°7. Distribuciones y relaciones de variables Regresión OLS**



Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente el reporte incluye un histograma de los residuales estandarizados. Idealmente el histograma de sus residuales coincidirá con la curva normal, indicada antes en azul. Si el histograma se ve muy diferente de la curva normal, puede tener un modelo influenciado.

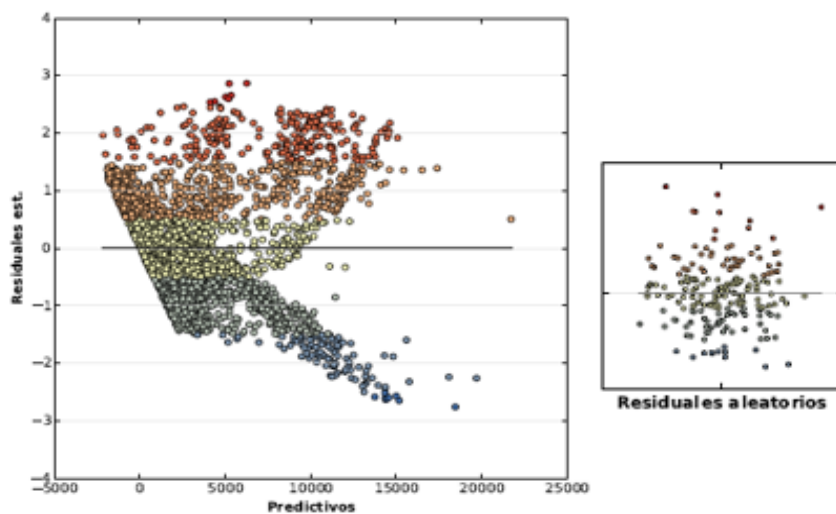
**Imagen N°8. Histograma de Residual estandarizado Regresión OLS**



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, el reporte no proporciona un gráfico de residuales (modelo sobre y bajo predicciones) en relación con los valores de variables dependientes previstas. Para un modelo especificado correctamente esta dispersión tendrá poca estructura, y se verá aleatoria (consulte el gráfico a la derecha).

**Imagen N°9. Diagrama Residual V/S Predictivo Regresión OLS**



Fuente: Elaboración Propia

La cobertura de puntos y que forma parte del segundo reporte que entrega la ejecución de la regresión OLS, nos revela una nube de puntos con información por cada registro en base a los cálculos hechos en la relación de la variable dependiente y las explicativas.

La tabla de atributos, de la cobertura destaca dos campos tales como el “Residual” y “Estimated o Predicho”. En el caso de Residual, indica que tan diferente es el valor que se estimó o predijo respecto de la variable dependiente. En la siguiente figura se observa que el Residual es la diferencia entre el PRECIO\_PRE (variable dependiente) y el Estimated. Acá podemos ver que para estos registros el modelo cálculo de manera certera la relación de las variables, logrando estimar un valor muy cercano.

**Imagen N°10. Tabla de Atributos Residual V/S Predictivo Regresión OLS**

Shape *	PASO_DISOL	PRECIO_PRE	Estimated	Residual	StdResid
Punto	859	560,649689	500,410811	60,238878	0,018212
Punto	1603	1283,992682	1225,501728	58,490954	0,017684
Punto	2956	5884,773055	5827,839645	56,93341	0,017213
Punto	973	411,93599	355,189324	56,746667	0,017156
Punto	1411	1449,383709	1393,770776	55,612933	0,016814
Punto	1370	98,089525	43,649138	54,440388	0,016459
Punto	1557	1417,712087	1364,058982	53,653105	0,016221

Fuente: Elaboración Propia

Si bien la regresión OLS no es mapeable, es posible desplegar la cobertura que arrojo el cálculo anteriormente descrito. Por defecto entrega una representación del campo StdResid, que es la desviación estándar de los Residuales.

Es necesario mencionar que la regresión OLS se basa su análisis en la calibración de una ecuación para cada uno de los registros por si solos, es decir, no evalúa una relación con los demás datos. Cada uno de las estimaciones y residuales están dados por la información que obtuvo la ecuación solamente para ese punto y así con cada uno de

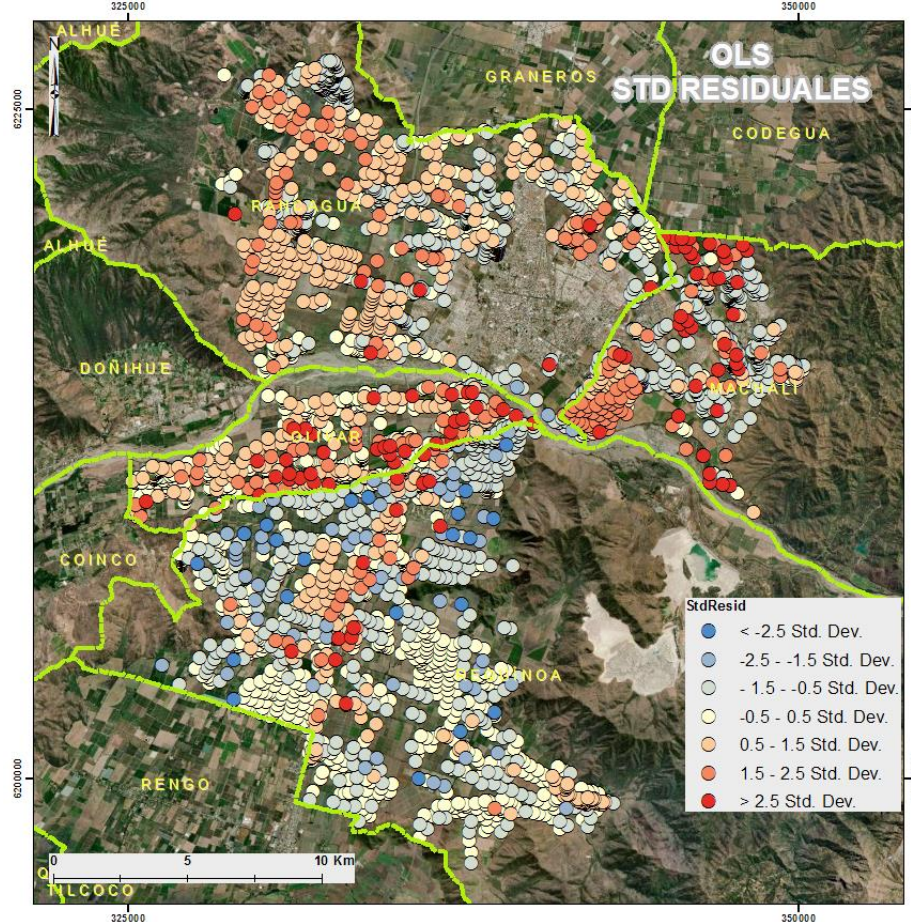
ellos. Es por ello que muchas veces las variables que poseen comportamiento adecuado para una regresión exploratoria y sobre todo en una regresión geográficamente ponderada, no necesariamente tengan la misma tendencia en una regresión OLS.

En el despliegue de la desviación estándar de los residuos, se observa que hay un gran número de registros que es representado por los extremos de la paleta de colores, lo cual quiere explicar que esos valores son los que se alejan o desvían mayoritariamente del promedio y por lo tanto la predicción del modelo en esos lugares es poco confiable. Los valores que se encuentran en la medianía de la paleta son los que poseen unos datos menos distantes del promedio y donde el modelo se comportó de mejor forma con las variables dispuesta.

La diferencia entre los calcular certero y los menos precisos que muestra la regresión OLS, se amortizaran en la regresión geográficamente ponderada ya que de igual forma, evalúa cada uno del dato, de forma independiente, también recoge la variable territorial y el conjunto de datos (vecinos) ingresados al modelo para generar tendencias y modelos de predicción mejor ajustados.

En el siguiente Mapa de visualiza la representación de los StdResid de los cálculos realizados por el modelo de regresión OLS.

## Cartografía N°2: Residuales regresión OLS.



Fuente: Elaboración Propia

### 5.- Ejecutar el Análisis de Regresión ponderada geográficamente (GWR).

La realización del paso metodológico consiste en ejecutar la regresión ponderada geográficamente (GWR), pero antes debemos indicar algunos elementos relevantes en su funcionamiento. La GWR es una de las tantas técnicas de regresión espacial utilizada frecuentemente en el ámbito de las ciencias socio territoriales. Esta técnica proporciona un modelo local de la variable o proceso que intenta entender/prever al ajustar una ecuación de regresión a cada entidad. La construcción de estas ecuaciones individuales se lleva a cabo,

mediante la incorporación de las variables dependiente y explicativa de las entidades que caen dentro del ancho de banda de cada entidad de destino. La forma y el tamaño del ancho de banda dependen de la entrada del usuario para los parámetros Tipo Kernel (núcleo), Método ancho de banda, Distancia y Cantidad de vecinos (Mitchell, 2005).

Los modelos de regresión global, como la regresión de mínimos cuadrados ordinarios (OLS), los resultados son poco confiables cuando dos o más variables exhiben multicolinealidad (cuando dos o más variables son redundantes o cuentan la misma "historia"). Además, No utilice variables explicativas "dummy" para representar regímenes espaciales diferentes en un modelo GWR.

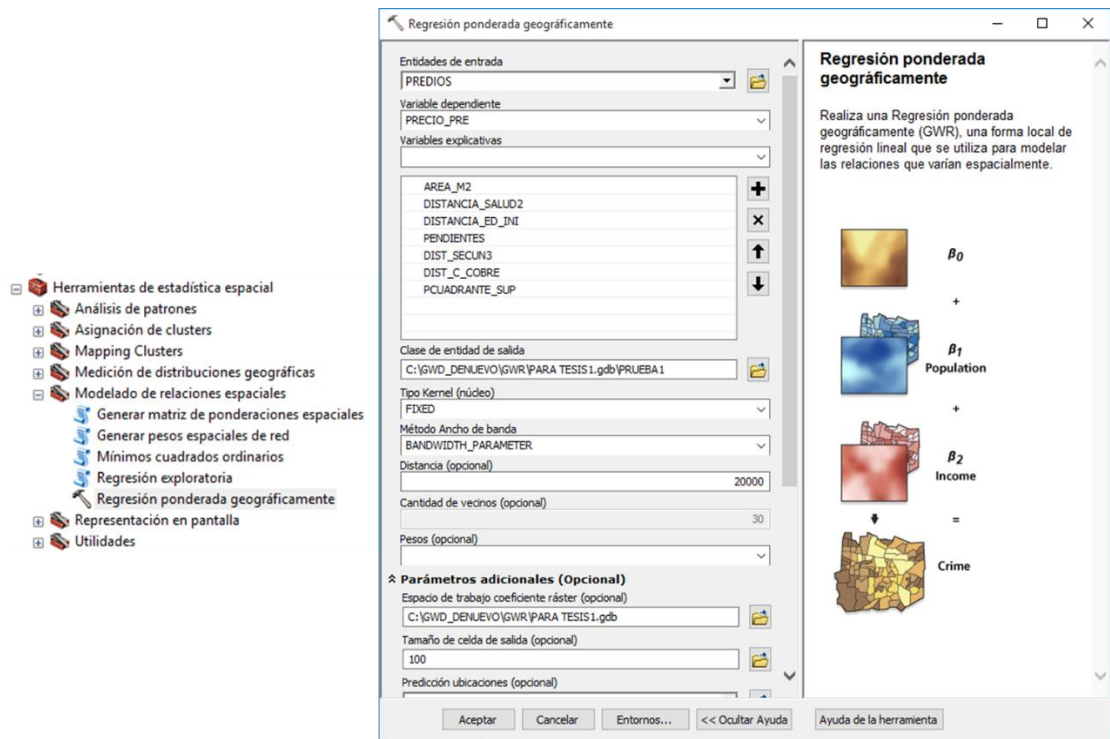
Entre las características importantes que podemos mencionar de esta regresión ponderada geográficamente, destacan los siguientes:

- ✓ Modelo de regresión local.
- ✓ Una ecuación para cada entidad del conjunto de datos, calibrada usando información de entidades vecinas
- ✓ Las relaciones pueden variar sobre el área de estudio
- ✓ Detecta la no estacionalidad.
- ✓ Mapeable

Al igual que en las ejecuciones para los procesos anteriores, esta se lleva a cabo en software Arcmap 10.1 o superior, dirigiéndose a la caja de herramientas y posteriormente, herramientas

de estadística espacial, desplegar modelo de relaciones espaciales y seleccionar Regresión ponderada geográficamente.

### Imagen N°11 Input Regresión GWR



Fuente: Elaboración Propia

Los parámetros son los siguientes:

**Tabla N°4. Parámetros regresión GWR.**

Entidad de entrada	La clase de entidad que contiene las variables dependientes e independientes para el análisis.
Variables dependientes	El campo numérico que contiene los valores de aquello que intenta modelar.

Variables explicativas	Una lista de campos que representan variables explicativas en el modelo de regresión. Las variables que utilizamos son las que seleccionamos desde la regresión exploratoria y regresión OLS que representaban mayor consistencia para las predicciones.
	Área M <sup>2</sup>
	Distancia Salud
	Distancia Educación Inicial
	Pendiente
	Distancia Secundarios
	Distancia Carretera el Cobre
	Plan Cuadrante
Entidad de salida	La clase de entidad de salida que recibirá estimaciones y residuales de variables dependientes.
Tipo Kernel (núcleo)	<p>Especifica si el kernel se construye como una distancia fija o si puede variar en extensión como una función de la densidad de entidad.</p> <p>FIXED: El contexto espacial (el Kernel gaussiano) que se utiliza para resolver cada análisis de regresión local es una distancia fija.</p> <p>ADAPTIVE: El contexto espacial (el Kernel gaussiano) es una función de una cantidad de vecinos específica. Donde la distribución de entidades es densa, el contexto espacial es más pequeño; donde la distribución de entidades es dispersa, el contexto espacial es más amplio.</p>
Método de Ancho de Banda	<p>Especifica cómo se debe determinar la extensión del kernel. Cuando se selecciona AICc o CV, la herramienta buscará el parámetro de distancia/vecino óptimo.</p> <p>AICc: La extensión del kernel se determina mediante el Criterio de información de Akaike (AICc).</p>

	<p>CV: La extensión del kernel se determina mediante la Validación cruzada.</p> <p>BANDWIDTH_PARAMETER: La extensión del kernel se determina mediante una distancia fija o una cantidad de vecinos fija.</p>
Distancia	Especifica una extensión de ancho de banda o de distancia fija cuando el tipo de kernel es FIJO y el método de ancho de banda es BANDWIDTH_PARAMETER.
Cantidad de Vecinos	Un entero que refleja la cantidad exacta de vecinos para incluir en el ancho de banda local del Kernel gaussiano cuando el tipo de kernel es ADAPTABLE y el método de ancho de banda es BANDWIDTH_PARAMETER.
Pesos	El campo numérico que contiene una ponderación espacial para las entidades individuales. Este campo de peso permite que algunas entidades sean más importantes que otras en el proceso de calibración del modelo. Es útil principalmente cuando el número de muestras tomadas en diferentes ubicaciones varía, los valores de las variables dependientes e independientes se promedian y los lugares con más muestras son más confiables
Espacio de trabajo de los Coeficientes Raster	Una ruta de acceso completa al espacio de trabajo donde se crearán todos los raster de coeficiente. Cuando se proporciona este espacio de trabajo, se crean raster para la intercepción y para cada variable explicativa.
Tamaño de la celda	El tamaño se utiliza cuando se crean los raster de coeficiente. El tamaño de celda predeterminado es el más corto del ancho o la altura de la extensión especificada en el sistema de coordenadas de salida del entorno de geoprocésamiento.
Ubicación de las predicciones	Una clase de entidad que contiene entidades que representan ubicaciones donde se deben realizar los cálculos. Cada entidad en este dataset debe incluir valores para todas las variables explicativas

	especificadas; la variable dependiente para estas entidades se calculará con el modelo calibrado para los datos de la clase de entidad de entrada.
Variables explicativas de la predicciones	Una lista de campos que representan las variables explicativas en la clase de entidad de Predicción ubicaciones. Los nombres de los campos se deben proporcionar en el mismo orden (una correspondencia de uno a uno) que los nombres enumerados para el parámetro Variables explicativas de la clase de entidad de entrada. Si no se proporcionan variables explicativas de predicción, la clase de entidad de predicción de salida sólo incluirá valores de coeficiente calculados para cada ubicación de predicción.
Salida de las predicciones en una clase de entidad	La clase de entidad de salida que recibirá los cálculos de la variable dependiente para cada entidad en la clase de entidad de predicción ubicaciones.

Fuente: Elaboración Propia

## 6.- Examinar los coeficientes (GWR).

Las adecuadas lecturas de los coeficientes indicaran la solvencia del modelo de regresión resultante. Al igual que en las regresiones anteriores hay coeficientes que poseen mayor preponderancia que otros.

Tras la ejecución de la GWR y tal como se indicó en las especificaciones de la ejecución, descritas anteriormente, se muestra la salida de las predicciones en una clase de entidad. En esta ruta se aloja una tabla de resultados que muestra los coeficientes y su desempeño en el modelo. Acá los más importantes, al igual que las regresiones anteriores es  $R^2$  y  $R^2$  ajustado, que indican el porcentaje de la varianza, con que la variable dependiente, es explicada por el modelo de

regresión. Ambos coeficientes de  $R^2$  y  $R^2$  Ajustado, se ubican muy próximos el uno del otro, es decir su variación debe ser mínima, no más un par de puntos porcentuales.

El otro coeficiente necesario de observar el valor de Akaike corregido (AICc) el cual, en términos generales no aprueba un modelo, más bien, proporciona una herramienta establecer comparación entre los modelos y seleccionar el adecuado. Por lo tanto, el modelo que obtenga valores más pequeños es el mejor candidato. Debemos recordar que este mismo ejercicio se realizó en la regresión exploratoria, donde se seleccionó un modelo y el conjunto de variables, que lo solventaron, y que marcaron una mayor estabilidad y un adecuado indicador de predicciones. Para el caso de Akaike corregido (AICc) en la GWR evaluará el modelo ejecutado y simplemente se debería usar otros parámetros para evaluar otros modelos GWR, en busca de un mejor comportamiento, donde los  $R^2$  sean más altos y los Akaike corregido (AICc) más bajos.

La tabla con los coeficientes extraídos desde el modelo GWR es la siguiente:

**Imagen N°12 Tabla de atributos y Coeficientes Regresión GWR**

OBJECTID*	VARIABLE	VARNAME	DEFINITION
1	Bandwidth	30000	
2	ResidualSumOfSquares	0258500010,011171	
3	EffectiveNumber	5,934232	
4	Sigma	0781,010010	
5	AICc	15848,417659	
6	R2	0,785511	
7	R2Adjusted	0,784255	
8	Dependent Field	0	PRECIO_PRE
9	Explanatory Field	1	AREA_M2
10	Explanatory Field	2	DISTANCIA_SALUD2
11	Explanatory Field	3	DISTANCIA_ED_INI
12	Explanatory Field	4	PENDIENTES
13	Explanatory Field	5	DIST_SECUN3
14	Explanatory Field	6	DIST_C_COBRE
15	Explanatory Field	7	PCUADRANTE_SUP

Fuente: Elaboración Propia

Como se vimos en el párrafo anterior, el  $R^2$  y  $R^2$  Ajustado en este caso son del 0,78 que representa un 78% del comportamiento de la variable dependiente representada por el modelo. Según la bibliografía con 0,50 en el  $R^2$  es el valor mínimo para representar un adecuado comportamiento de la variable dependiente a favor de una adecuada predicción.

El coeficiente de Akaike corregido (AICc) para este caso es 15.848 y aunque parece un número grande, es menor que coeficiente analizado en la regresión exploratoria al comienzo del proceso metodológico.

También en la tabla se destacó el Bandwidth que indica la relación óptima entre vecino cercano y distancia para la ejecución del modelo.

## **7.- Examinar los Residuales (GWR).**

Posteriormente de haber examinado los coeficientes, es necesario analizar los residuales, que fueron extraídos de la ejecución de la GWR. En esta ocasión es importante observar si los residuales se encuentran agrupados o quizás se presentan de manera dispersa.

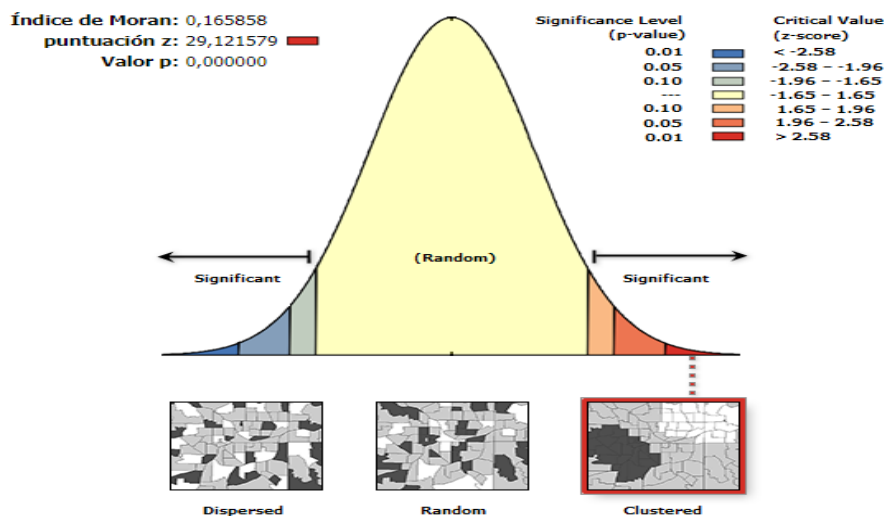
Una de las formas es observar si existe autocorrelación espacial, ejecutando un análisis de patrones con índice de Moran. El fundamento de este índice se basa en lo propuesto por el geógrafo Waldo R. Tobler's quien enunció que "todas las cosas están relacionadas, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las distantes", y ayuda a entender el grado en que un objeto es similar a otros objetos cercanos. En cuanto al índice, este mide la cantidad de objetos cercanos en comparación con otros objetos cercanos y pueden ser clasificado como positivo, negativo y sin autocorrelación espacial.

La forma interpretación de los valores del índice, donde se establece una hipótesis nula, manteniendo el supuesto que los valores de entidades se distribuyen aleatoriamente. Los parámetros que se obtiene del análisis son valor P y un valor Z. El valor P es una probabilidad con que se cumpla la hipótesis nula enunciada (los valores se distribuyan aleatoriamente). El valor Z es una desviación standar y cuando los valores son cercanos a 0 significara que no hay suficiente evidencia estadística para aprobar o rechazar la hipótesis nula. El comportamiento de los parámetros indica que mientras más cercano a 0 sea los valores P más pequeña será la probabilidad de que la hipótesis nula sea verdadera (que los valores se distribuyan aleatoriamente) y por lo tanto el valor Z tiende a ser mayor.

Cuando el índice de moran es mayor que 0 significa que hay una agrupación en los datos y, al contrario, cuando el índice es menor que 0 significa que los datos presentan una dispersión. La agregación de los datos representa el modelo de agrupamiento o clusteted.

Respecto a la ejecución del índice de moran en los datos procesado en nuestro análisis GWR, estos se representan de la siguiente manera.

**Imagen N°13 Resultados Índice de Moran Regresión GWR**



Dada la puntuación z de 29.12, existe una probabilidad menor al 1% de que el patrón agrupado pueda ser el resultado de una probabilidad aleatoria.

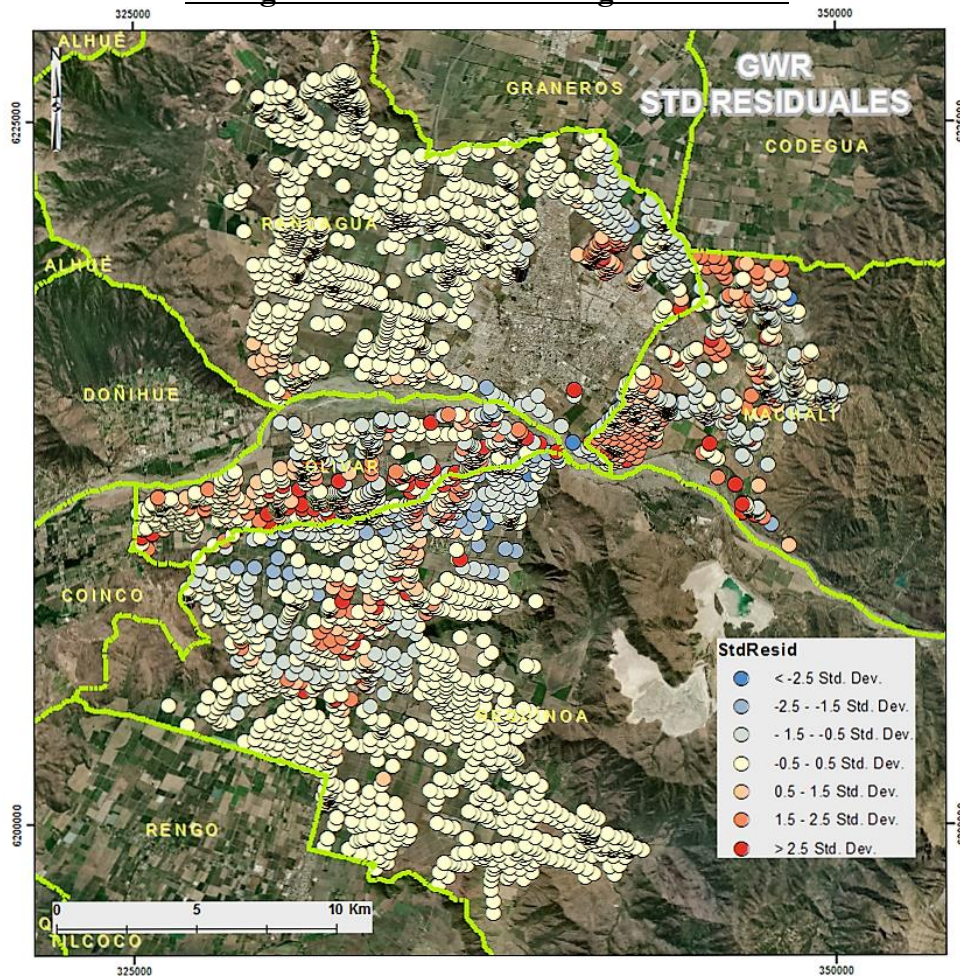
Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar que el valor P de 0, 0 y un valor Z de 29, 1 lo cual rechaza la hipótesis nula sobre la aleatoriedad de los datos. El índice de Moran es 0,16 que indica valores positivos que apuntan a una agregación de los datos tipo clustered. El enunciado de la parte inferior del informe, indica que, dado que los valores Z es de 29,12 existe una probabilidad menor al 1% de que los datos agregados sean un resultado de la casualidad.

La representación cartográfica de los datos corre por parte de la entidad de salida que se generó en la ejecución de la GWR. Esta entidad de punto contiene un set de coeficiente similares al visto en la OLS pero con la particularidad de ponderación geográfica propia del tipo de regresión que se ejecutó. El análisis representara la desviación estándar de los residuales, los cuales serán mapeados y se podrá observar el patrón de agrupamiento de los datos que describimos en el índice de Moran ejecutado en el proceso anterior.

En el siguiente Mapa se visualiza la representación de los StdResid de los cálculos realizados por el modelo de regresión GWR.

### Cartografía N°3: Residuales regresión GWR.



Fuente: Elaboración Propia

#### 8.- Examinar la variación espacial de la adecuación del modelo.

En todos los procesos de regresión que hemos ejecutado a lo largo de este proceso metodológico, siempre hemos puesto énfasis en el coeficiente de  $R^2$ . En esta etapa del proceso los valores de  $R^2$  locales permiten conocer las variaciones espaciales de adecuación del modelo.

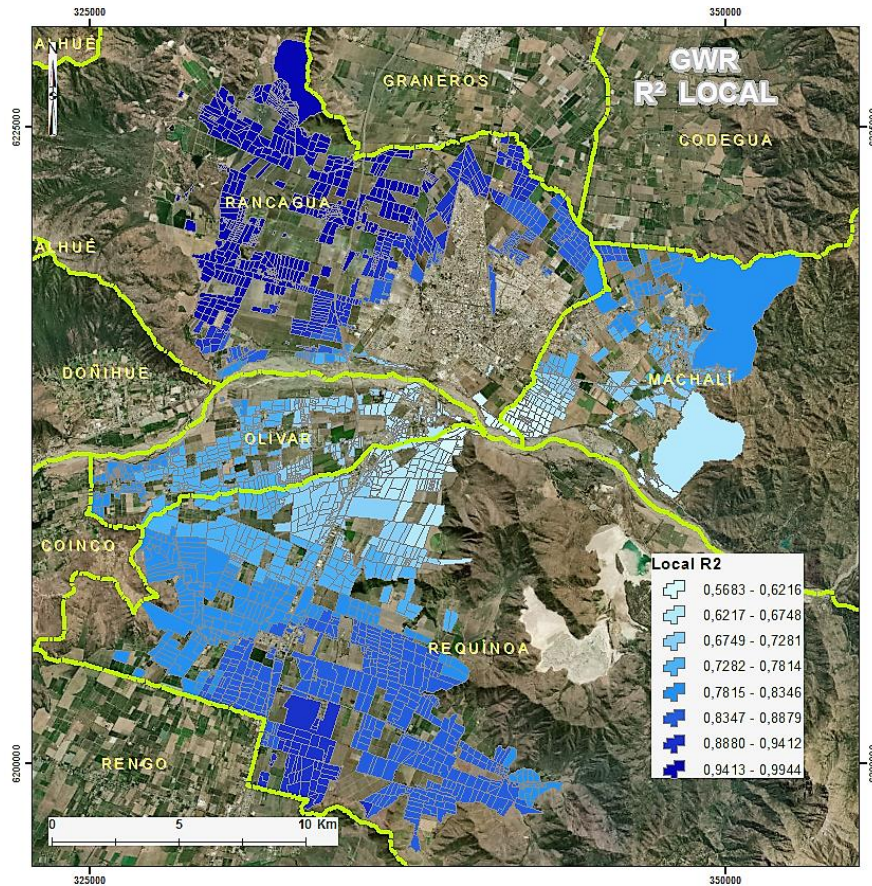
El Modelo GWR entrega una variación de  $R^2$  por cada entidad analizada además de una batería de coeficiente, residuos y variaciones por cada variable utilizada. Este set de nuevos datos

y coeficientes, por cada entidad, más la incorporación o ponderación geográfica, diseña una mancha o área de influencia indicando tendencia en las áreas del modelo predecirá de mejor o peor manera.

La variación espacial del modelo dependerá en gran sentido del análisis y selección de las variables explicativas utilizadas en las regresiones exploratoria y OLS. Estas tenían por objetivo ir seleccionando aquellas que proporcionarían mayor información, para que la variable dependiente fuese resultada por las explicativas. En este mismo sentido, se utilizaron modelos compuestos por variables que proporcionara más del 0,50 del  $R^2$ , es decir, que explicara al menos en el 50% el comportamiento de la variable dependiente. Por lo tanto, los valores varían entre 0 y 1 y más precisamente, sobre 0,50 y 1 que indica lo bien que se ajusta el modelo de regresión local a los valores y observados. Los valores muy bajos menores al 0,50 indican que el modelo local está funcionando mal o no tiene las variables adecuadas para establecer un correlato para levantar un adecuado modelo.

En el siguiente Mapa se visualiza la variación espacial con la distribución del  $R^2$  local.

### Cartografía N°4: Distribución de valores R<sup>2</sup>.



Fuente: Elaboración Propia

La distribución de los R<sup>2</sup> locales parte con valores 0,56 hasta los 0,99 e indica el agrupamiento de valores que son representados de mejor manera con las variables explicativas utilizadas.

### **9.- Examinar la variación espacial de las variables explicativas.**

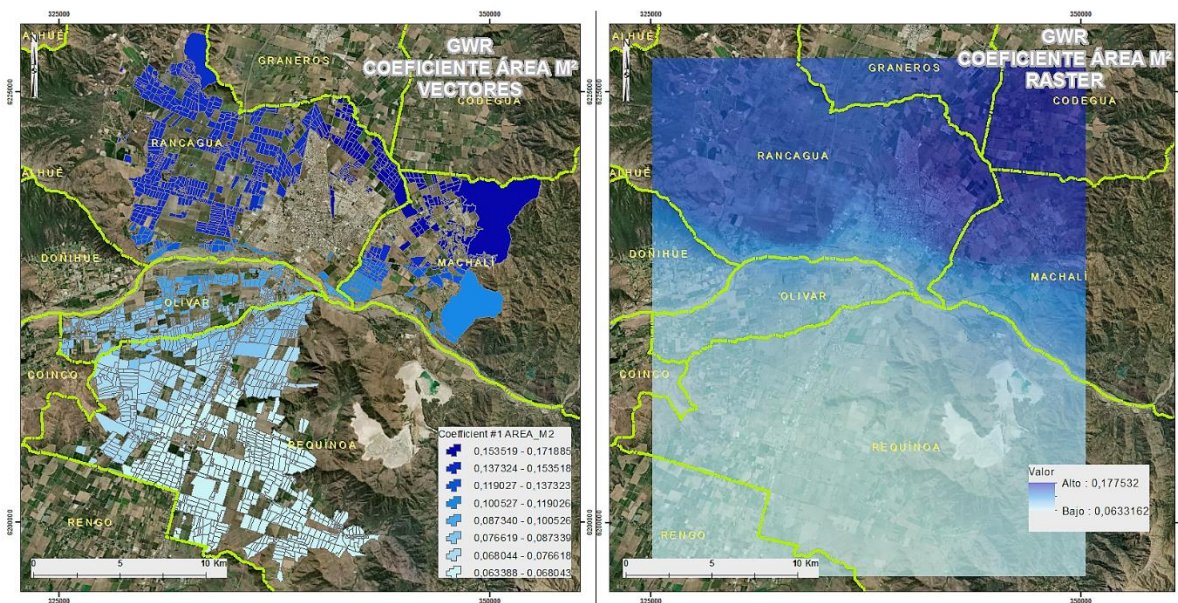
En este punto veremos cómo cada una de las variables explicativas varían espacialmente en su comportamiento predictor. Como mencionamos en los puntos anteriores, la regresión GWR tiene diferentes formas de entregar los reportes o salida de información.

El valor agregado de la regresión GWR, es que adicionalmente, a la entidad de puntos con el set de coeficientes que entrega la OLS, también proporciona dos reportes gráficos, que ayudan en el análisis predictor de las variables. El primero, se trata de una clase de entidad de polígono que recibirá los cálculos de la variable dependiente, para cada entidad en la clase de entidad de predicción ubicaciones. El segundo, es un conjunto de capas raster de coeficiente con la intercepción para cada variable explicativa. Con estas dos formas de mapear los coeficientes, la interpretación de las predicciones será más precisa y fácil de identificar las áreas de interés. Cada una de estas predicciones y/o comportamientos de las variables serán mapaedas a continuación:

a) Variable explicativa de Áreas:

La interpretación del coeficiente entre la variable áreas y la dependiente, tiene una variación Norte Sur. En los predios en la parte Norte tienden a ser de menor tamaños que al Sur. El raster nos indica que el color azul más oscuro indica una relación predictora más fuerte que los lugares más claros.

**Cartografía N°5: Coeficientes de variable Área en M<sup>2</sup>.**

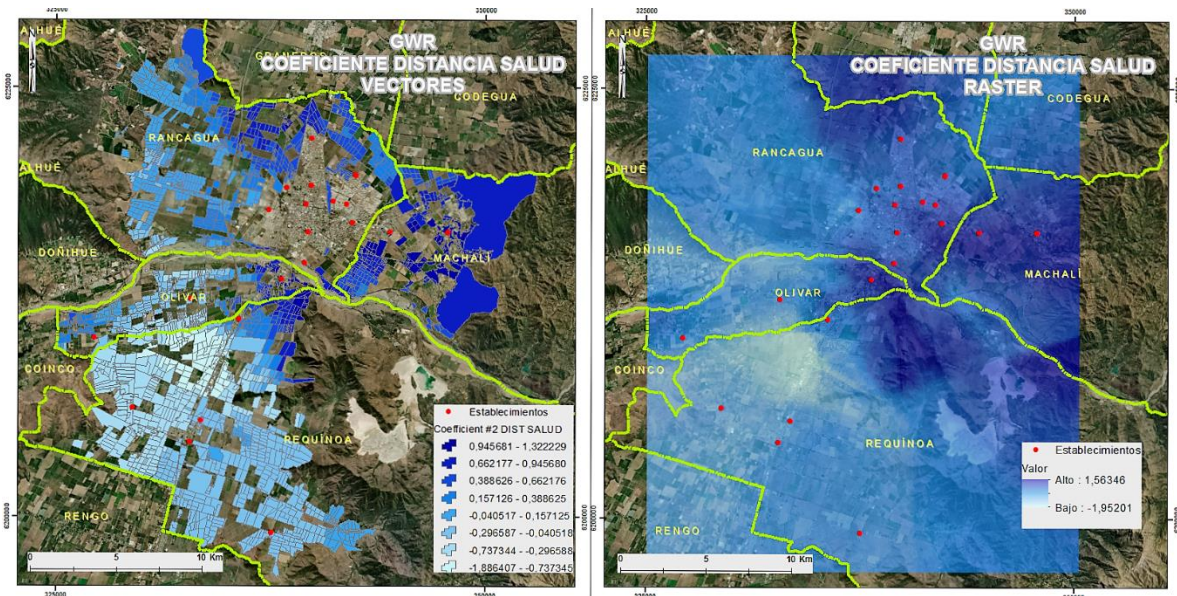


Fuente: Elaboración Propia

b) Variable explicativa distancia salud:

En esta variable la concentración de predios con un coeficiente positivo y cercano a cero se concentran alrededor del urbano por la cercanía a centros de salud. En el raster se observa que la relación predictora más fuerte se concentra en torno al urbano con una marcada orientación Nororiente.

**Cartografía N°6: Coeficientes de variable Distancia Salud.**

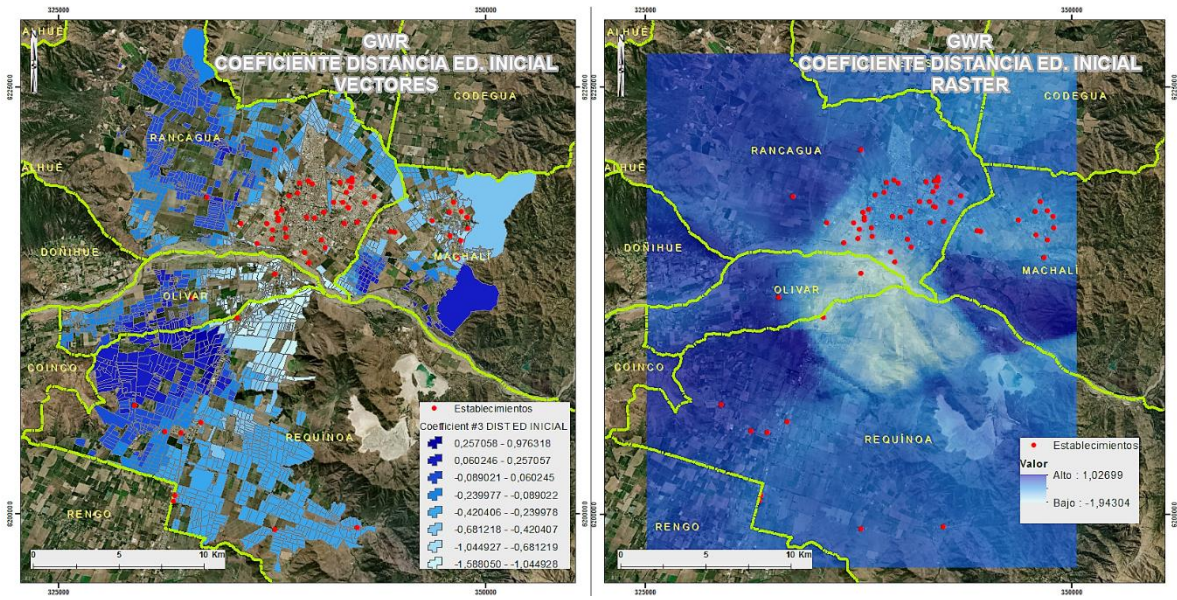


Fuente: Elaboración Propia

c) Variable explicativa distancia educación inicial

En esta variable se aprecia predicción más certera en áreas circundantes a los establecimientos, no necesariamente es más relevante mientras más próximo este el establecimiento. En el raster refleja la misma tendencia

## Cartografía N°7: Coeficientes de Variable Distancia Educación Inicial.

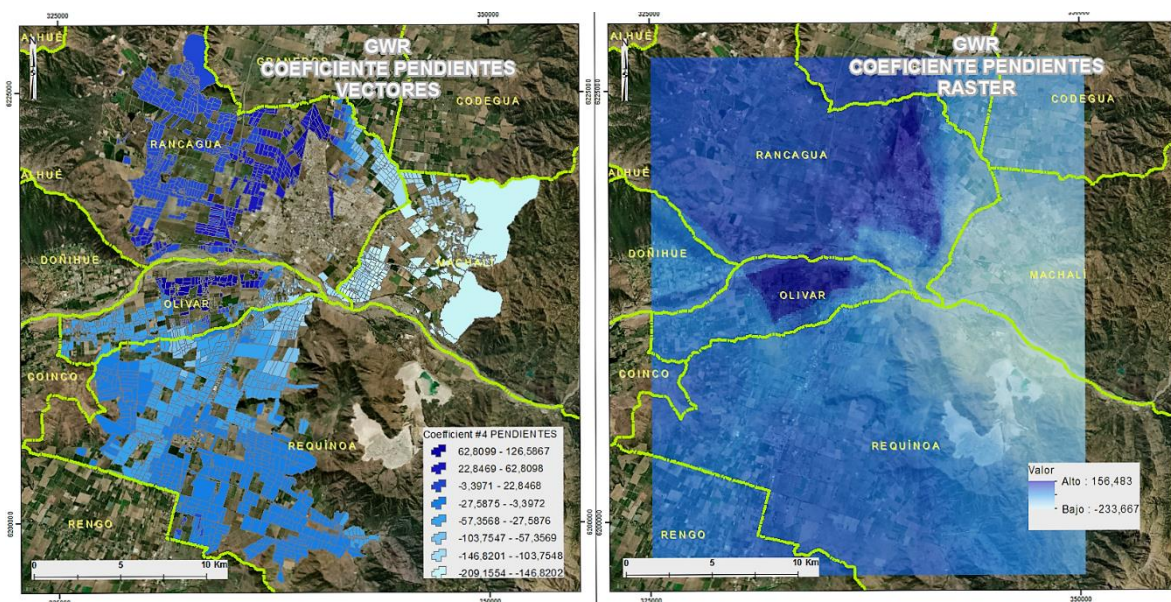


Fuente: Elaboración Propia

### d) Variable explicativa pendiente

La pendiente marca fuertes diferencia como variable por sí sola, los sectores con laderas agrestes son un mal predictor. El raster representa mente adecuadamente la diferencia de alturas en el área de estudio.

## Cartografía N°8: Coeficientes de Variable Pendiente.

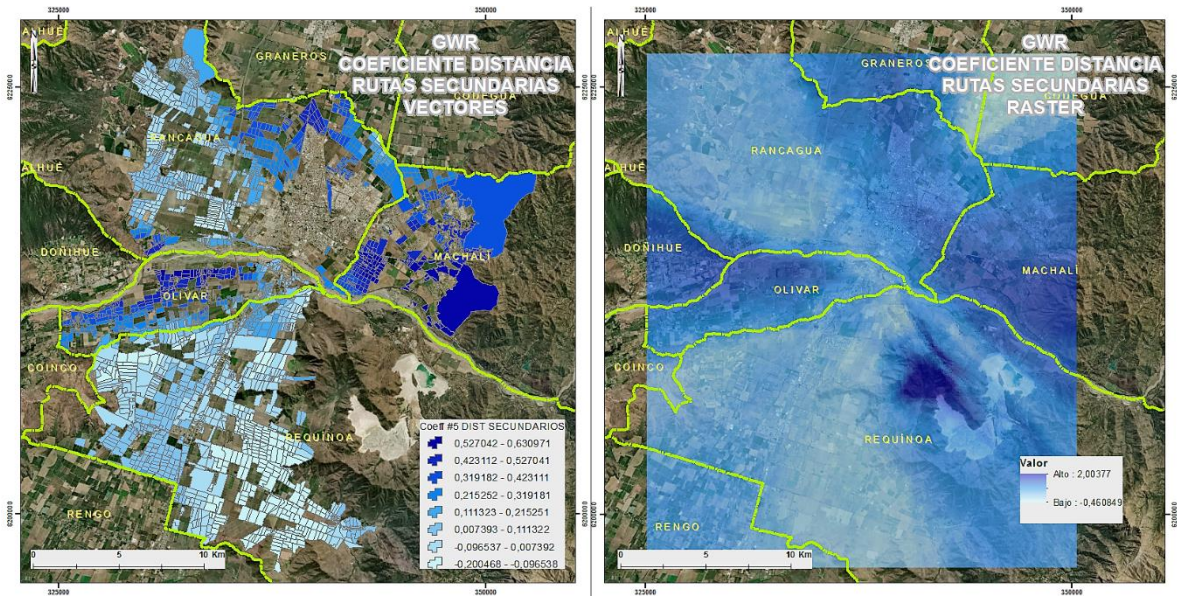


Fuente: Elaboración Propia

### e) Variable explicativa distancia secundario

Esta variable introduce la influencia de vías de acceso secundaria y muestra una leve variación entre la capacidad predictora manteniendo coeficientes estables y no tan distantes de 0. El raster incorpora una modelación más agresiva de la influencia y el valor predictor.

## Cartografía N°9: Coeficientes de Variables Distancia a Rutas Secundarias

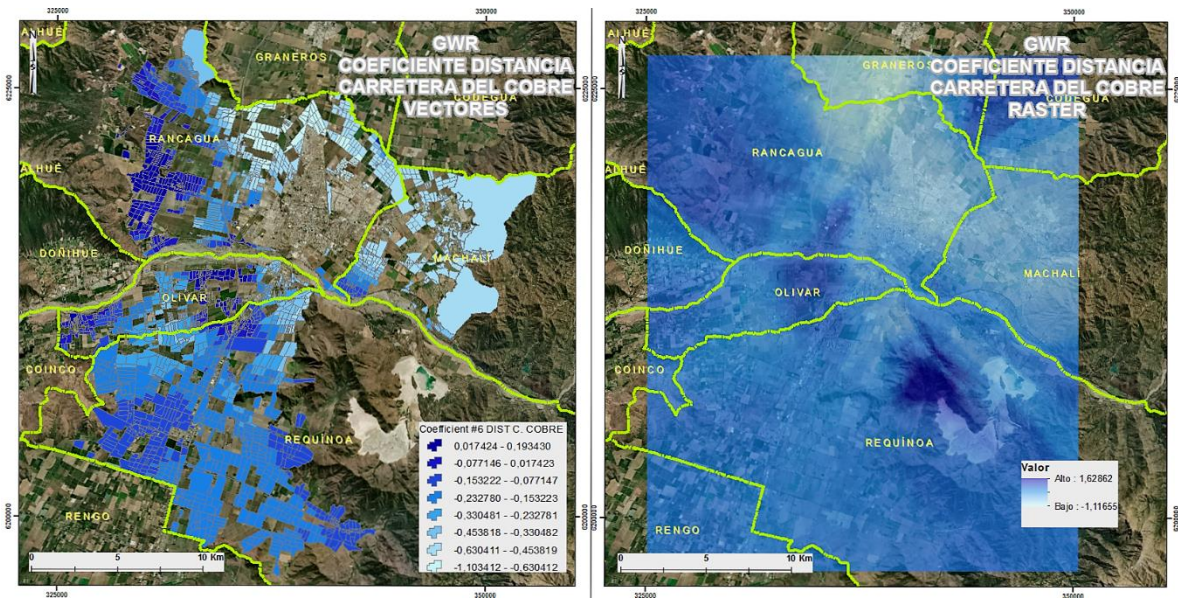


Fuente: Elaboración Propia

f) Variable explicativa distancia carretera del cobre.

Esta variable muestra una tendencia predictora estable en su distribución, los valores no varían demasiado entre los máximo y mínimo. El raster, al igual en la variable anterior, focaliza altos valores en lugares sin representación de predios.

## Cartografía N°10: Coeficientes de Variables Distancia a Carretera del Cobre.

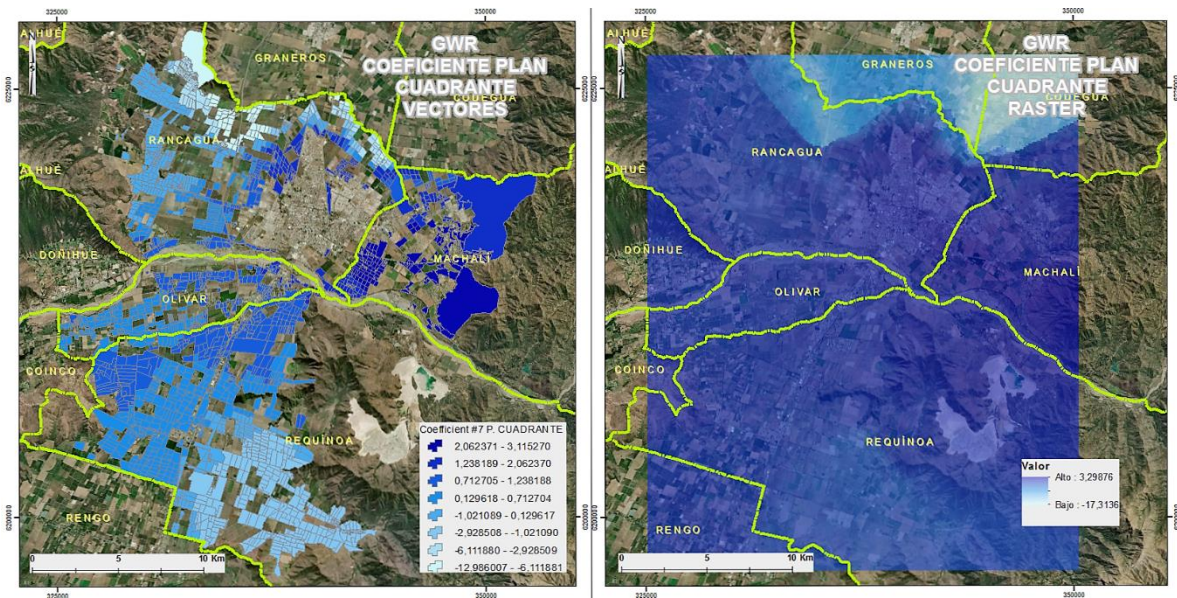


Fuente: Elaboración Propia

g) Variable explicativa plan cuadrante.

Esta variable muestra una marcada diferencia entre los valores extremos castigando los lugares que tiene mayor cobertura del indicador. En el raster la diferencia cobra mayor relevancia sobre todo en los lugares que se ubican fuera de la influencia del set variables.

## Cartografía N°11: Coeficientes de Variables Plan Cuadrante.



Fuente: Elaboración Propia

Con la representación de las variables explicativas se logró apreciar cuál es su distribución espacial, como se comportan a lo largo del territorio y la interacción geográfica que incluye la regresión GWR en su modelamiento.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

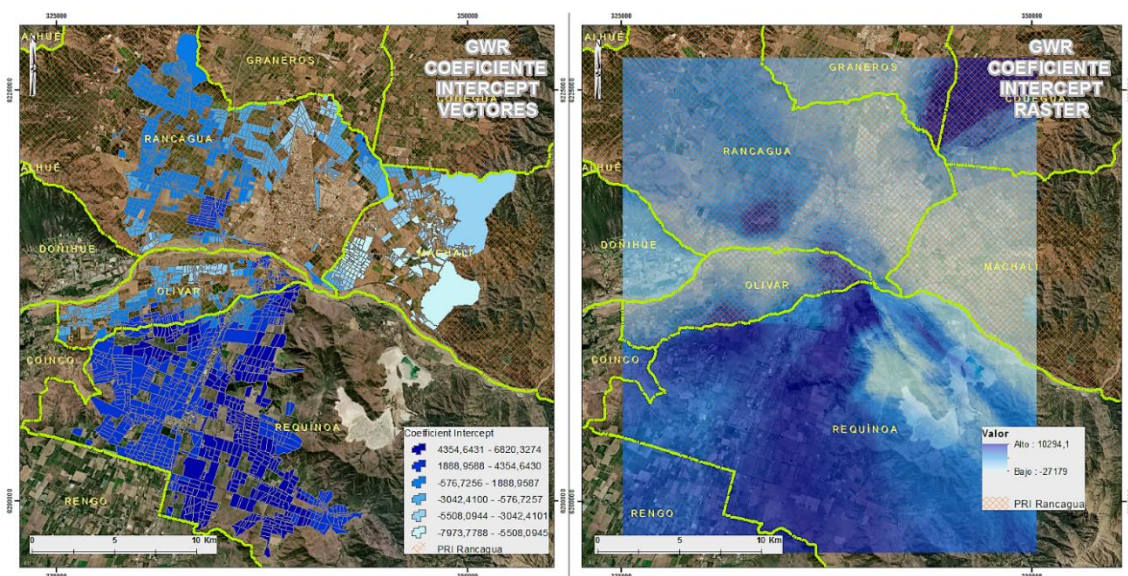
Al enfrentar un modelamiento sobre el crecimiento urbanos de un área metropolitana, sería de esperar, observar un fuerte crecimiento en las periferias y entorno a los ejes estructurante, avanzando férreamente sobre los suelos rurales. En el caso de esta investigación, esa tendencia estar puesta en segundo plano, ya que la búsqueda se concentra mayoritariamente en el espacio rural para descubrir, cuáles son los lugares donde la influencia de las urbes proporciona elementos para incentivar nuevos espacios, que en futuro sean urbanizables. Se analizaron un grupo de factores y variables para reconocer aptitudes territoriales para solventar un crecimiento al interior del área metropolitana de Rancagua.

El análisis de los factores y variables que se llevó a cabo, en el desarrollo de la presente investigación, donde se logró descubrir tendencias de urbanización, en base al comportamiento de un set de variables, logrando revelar cuáles son los lugares más favorables para un crecimiento urbano espontaneo. La búsqueda de las áreas más propensas a la urbanización, se consiguió aplicando las técnicas de regresión desarrolladas en la metodología. Estas técnicas necesitan una variable dependiente que tuviera directa relación con un factor para indicar áreas que establecieran aptitudes de ser urbanizadas.

El uso de la técnica de regresión ponderada geográficamente GWR es un aporte fundamental en la evaluación del comportamiento de las variables a través de la interpretación de los coeficientes y residuales, donde se evidencia áreas con mayor valor para la predicción, en este caso del precio del suelo.

Uno de los resultados que se obtuvieron del proceso metodológico, es la intersección del set de variables explicativas extraídas del modelo de regresión GWR. En el siguiente mapa se observa como convergen las 6 variables explicativas en un solo resultados.

### **Cartografía N°12: Coeficientes Intersección de Variables Explicativas.**



Fuente: Elaboración Propia

El mapa de intersección de los coeficientes demuestra una agrupación de las tendencias generadas por cada una de las variables explicativas, combinándolas y entregando un panorama mucho más claro las relaciones en el territorio. Acá el vector muestra una fuerte capacidad predictora en la parte sur de nuestra área de estudio. El raster refuerza esa tendencia indicando las zonas que el modelo evalúa adecuadamente con un alto valor predictor.

La serie de causas y efectos que en la primera parte de la investigación llegaron a conformar el área metropolitana de Rancagua, han desencadenados una necesidad por espacios para el desarrollo habitacional. El desarrollo se puede presentar de forma espontánea o forzada. La primera, es producto de las condiciones normativas (lo que permite o lo que no cuenta con normativa), de accesos y de mercado para determinar lugares prioritarios, sobre otros menos

interesantes. Y la segunda producto de políticas para la expansión residencial, reubicación de población o infraestructura que permita colonizar nuevos espacios.

Los resultados de la investigación se han enfocado principalmente al espacio rural, donde en los últimos años ha aumentado las subdivisiones con fines habitacionales. El mapa resultado de la intersección de coeficientes, determina que en base al cruce de variables identifico sitios donde el precio del suelo, abordado como una variable dependiente, con información obtenida a través de los predios de Servicio de Impuesto Internos, ha determinado sitios, con valores más bajos comparativamente con otros lugares. Estos sitios con menor valor e intersectados con las variables que intentaron explicar el comportamiento del precio, determinaron lugares que son atractivos, tanto para el mercado inmobiliario, como para inversión personal o la aplicación de políticas habitacionales para consolidar nuevos conglomerados urbanos o de integración social a lo largo del área metropolitana.

El mapa resultado de intersección muestra, que las variables explicativas basadas en distancias a algún punto o lugar de interés, como es el caso de la distancia al centro de salud, educacionales iniciales o vías estructurantes particulares, abordan la dimensión de la distancia para medir la factibilidad de movimientos desde un origen hacia los servicios. Las distancias revelo que los lugares que se ubican al sur y norponiente, son áreas que mantienen una distancia importante de la urbe principal, pero no es suficiente para crear una barrera que determine que esas áreas están muy distantes de un objeto de interés como para ser descartadas.

Otro elemento que destaca en los resultados, es la dimensión densidad, que se vio vinculada directamente a la variable áreas, por el encausamiento de las fuerzas del mercado en unidades de superficie, que a lo largo del tiempo promoverá una convergencia en las unidades territoriales cambiando la fisonomía y condición del territorio, llegando a transformación radicales como las grandes urbes. El mapa resultado demuestra que los lugares con mayor concentración de predios y con tamaños más reducidos tiene un mejor comportamiento que otros sitios.

En último lugar, hay que mencionar las variables que representaron división en el territorio ajustadas a la variable pendiente y plan cuadrante, ya que proporcionan “divisiones” o fronteras mediante el establecimiento de reglas u obstáculos. El mapa resultado, muestra la tendencia hacia la división que establece, las zonas con pendiente mayor, transformándose en un obstáculo, ya que es desfavorable para los asentamientos humanos. El plan cuadrante, de igual manera que en la pendiente, se evidencia una marcada división entre los lugares que están desprovisto de un plan cuadrante menos efectivo.

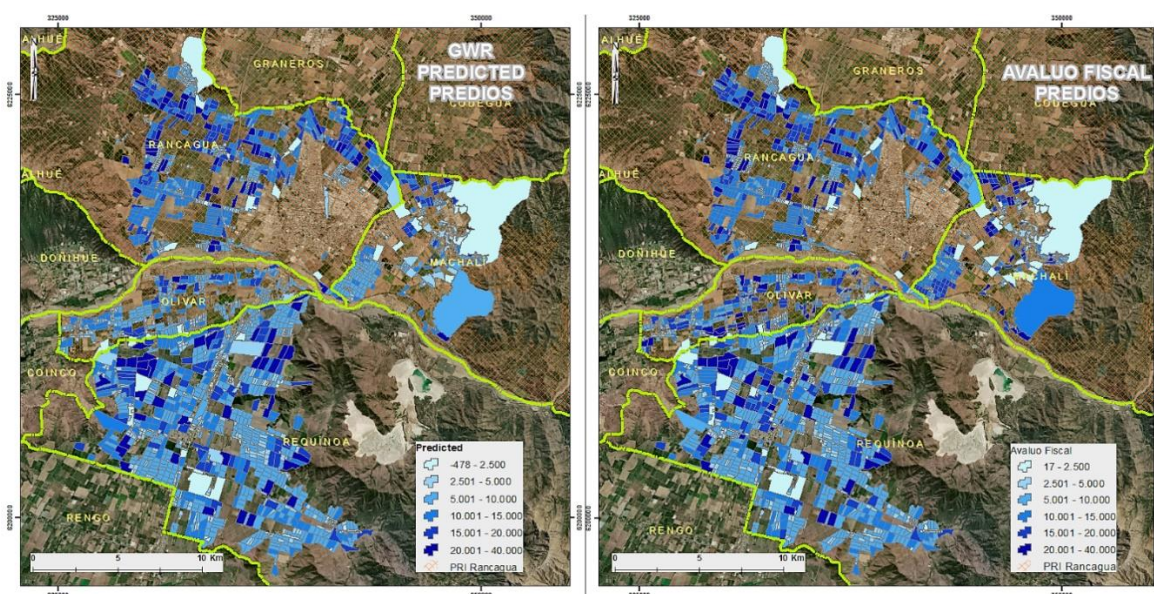
Las dimensiones anteriormente interpretadas en base al comportamiento del mapa resultado basados en la intersección del set de variables, ayudan a plantearse la influencia gravitatoria que provoca la urbe principal en su entorno y delimita el área metropolitana de Rancagua. Sin embargo, esta influencia tiene una frontera la cual está determinada principalmente por las dimensiones económicas de distancia y división, actuando como elástico sobre el comportamiento del territorio respecto las variables. En el caso de la distancia, existe un máximo, en unidades de medida, que es aceptables para poder acceder, en este caso a la urbe principal. Cuando esta distancia es sobrepasada, (el elástico se encuentra totalmente estirado o se rompe), está actuando la dimensión división que representa punto de quiebre entre lo aceptable, en términos de distancia, y se transforma en una barrera natural. Bajo esta mirada, el área de estudio grafica adecuadamente la influencia o el territorio que se encuentra posterior a la urbe. Todos los mapas raster, y sobretodo el mapa resultado de la intersección, evidencia una relación continua y un territorio integrado, quizás más allá de las limitaciones administrativas de los predios, tanto al sur como al norte. Al oriente y poniente los límites se dan principalmente por la barrera geográfica, que la variable pendiente muy bien incorporo en el modelo.

La técnica GWR entrega una serie de resultados, hasta el momento hemos observado el que consideramos más importante, ya que evidencia el comportamiento de cada una de las variables y el valor predictivo adquirido en la ponderación geográfica del territorio. Estas relaciones son las que nos ayudan a evaluar cuales son las zonas con mayor aptitud para posibles asentamientos urbanos futuros. Sin embargo, la regresión tiene una particularidad, que es la capacidad de

predecir valores en base a las variables que se ingresen al modelo. En nuestro caso, nos interesaba ver como variaba el precio en el área de estudio, para identificar sitios con valores menores y que en la relación a otros factores podría representar una aptitud favorable para el desarrollo urbano en futuro.

El segundo mapa resultado da cuenta de los valores de precios predichos por la regresión GWR en comparación con los avalúos fiscal de cada predio.

### Cartografía N°13: Valores Predichos V/S avalúo Fiscal.



Fuente: Elaboración Propia

Lo relevante de este mapa es la comparación entre ambos precios, el ingresado inicialmente como variable dependiente, y el predicho por el modelo. Los que debemos observar es la variación entre el valor inicial y lo predicho, esto nos indicara que tan certero es el modelo. Como la GWR incorpora una ponderación geográfica, veremos áreas donde las predicciones son más ajustadas y otras que simplemente no acertó, lo cual puede deberse a la falta de una variable explicativa o que simplemente el precio fiscal, según el cruce de las variables explicativas está muy lejos de las condiciones que dicta el mercado y que el predicho está incorporando adecuadamente.

A lo largo del área de estudio, y comparación al mapa resultado de las intersecciones, se observa en la parte sur (Requinoa) que tengo predios con un tamaño mayor, pero con un precio bajo en comparación a otros predios con tamaños más reducidos, como los ubicados en Rancagua u Olivar. También vemos que a lo largo del área estudio hay predios con altos valores, producto de condiciones particulares de cada uno, los hacen mantener un avalúo fiscal elevado y el modelo logro de buena manera considerar.

En ambos mapas poder ver que el instrumento de planificación intercomunal no contempla el área, que, según nuestros resultados, tiene mayores aptitudes para una urbanización espontanea. Esto deja una ventana abierta para que los inversionistas identifique esas potencialidades e intervengan con procesos especulativos que desencadenara en un aumento del valor del suelo para finalmente presionar por una ampliación del límite intercomunal.

Analizando los resultados desde una perspectiva más crítica, no es un misterio que este territorio, a lo largo de los años se conformó por los efectos globalizadores, metropolitanos y de política neoliberales, demostrando un conjunto de funciones, alcances y relaciones en la transformación de áreas con interés prioritarios para los inversionistas de sectores privados modificando sus límites, estructura y funciones. Tampoco es desconocido e ignorado que el crecimiento de población fue impulsado por la economía de mercados que facilito la instauración de capitales que toman control del suelo, como un bien de consumo, provocando diferentes impactos en las nuevas dinámicas urbanas.

Todos estos efectos lograron crear urbes extremadamente segregadas, donde el área metropolitana de Rancagua no es la excepción. Se configuraron tipos de ciudades, al interior de una misma, polarizando y generando fuertes divisiones que fueron afectando el buen vivir de los ciudadanos degradando paulatinamente las relaciones urbanas entre los distintos actores del territorio. Estos efectos crearon, en algunas zonas, barrios cada vez más exclusivos aumentando el valor del suelo, llegando ser imposibles de financiar una vivienda en esos lugares, mientras que

otras zonas fueron relegadas al sacrificio social, solamente con infraestructura de baja categorías. Estas divisiones estableciendo una fuerte competencias por el suelo al interior de las urbes y las personas con un poder adquisitivo mayor o simplemente endeudándose, comenzaron a iniciar un fenómeno de migración a las zonas rurales, pero a distancias prudentes para estar siempre conectado de los servicios y comodidades de las urbes.

La forma adoptada para descubrir estas aptitudes, tuvo foco en el comportamiento de los factores y variables que inciden en el crecimiento y movimientos de la población. La población a lo largo del área metropolitana de Rancagua a mostrados un crecimiento próximo a la mancha urbana, lo cual es normal en el comportamiento propio de las grandes ciudades, donde de las políticas públicas vigentes, buscan optimizar recursos, de una forma equivocada, concentrando la distribución de la población en espacios cada vez más confinados por el lento actuar de los instrumentos de planificación. Por otra parte, también se incorpora el fenómeno de asentamientos situados fuera de las fronteras urbanas pero que interactúan directamente con las dinámicas urbana en una estrecha relación de dependencia.

Entre los criterios y variables involucrados para efectuar un modelamiento que representara las presiones y dinámicas del territorio, cobra relevancia la decisión de localización que incluye no sólo el factor de accesibilidad como un hecho físico relacionado con las distancias a recorrer para acceder a bienes y/o servicios, sino también la necesidad de situarse en un lugar, para salvaguardar la primera instancia, que es la compra de una propiedad, sobrepasando la barrera económica que el mercado se ha instaura mayoritariamente en las urbes. Con esta ubicación, hay que tener en cuenta, que con mejores formas de transportase y tecnologías de comunicación cada vez más eficientes, se desencadenará una demanda que posteriormente se traducirá en densidad, la cual es la base para el surgimiento de las ciudades provocando grandes cambios en la fisonomía habitacional inicial.

La búsqueda de nuevos asentamientos tiene directa relación con el mercado de suelo. Es un hecho que los últimos años existe una fuerte demanda por espacios para la urbanización los que han vuelto, al suelo como un bien escaso. Este fenómeno tiene varias explicaciones donde las principales apuntan a la ausencia o poca disponibilidad de suelo normado y la lentitud en los cambios normativos de cara a la actualización de instrumentos de planificación. Este detonante es primer paso para desencadenar un círculo vicioso, donde el acto seguido es el valor elevado de las viviendas, ya que, según estudios de la cámara chilena de la construcción, indican que alrededor del 46% del costo de una vivienda solo se utiliza para el valor del suelo.

En la bonanza económica de los últimos años se fueron incorporando cambios que añadieron más variables al descontrolado aumento del valor de las viviendas en las urbes y periferias. Entre las que destacan; Primero, la composición de concepto hogar, compuesto por menos integrantes e incluso monoparentales, que configuraron una tipología de vivienda cada vez de menor tamaño, pero con precios igualmente altos. Segundo, la flexibilidad de las tasas de interés y el aumento de los años para optar a un crédito hipotecarios, incluso a 35 años plazo, que incentivo a muchas personas a arriesgarse por una vivienda con valores muy altos. Tercero, la economía estable proporciono una vía para que los inversionistas adquirieran grandes lotes de propiedades, tan solo para arrendarlos y absorbieron gran parte de la disponibilidad de viviendas, haciéndolas escasas y el mercado lo tradujo en un aumento paulatino de precio. Cuarto, los costos de construcción asociados al cobro de IVA y especulación que configuró altos valores de suelo. Quinto, la presencia de inmigrantes, que fueron un factor nuevo en la balanza y demandó gran cantidad de unidades en arriendo provocando escases en las viviendas. Finalmente, las limitadas normas para la densificación y la construcción, sobre todo en altura, han propiciado al suelo como un bien escaso.

Estos antecedentes describen una realidad presente a lo largo de todas las urbes del país en mayor o menor mediadas, evidenciando un denominados común que la industria de la construcción asocia principalmente al aumento de los costos, producto del mayor precio del suelo, derivado de una mala planificación y de restricciones normativas que limitan la oferta.

La escasez del suelo normados viene complementada por una reconfiguración de las dinámicas en el espacio rural que tiene su origen en factores ligados a la producción, tenencia de terrenos, y muy ligado a los vaivenes de la economía mundial. Este fenómeno es una “rururbanización”, o la suburbanización del campo (Daher, 1987). Tanto los campesinos desplazados, como quienes vienen de la ciudad u otras regiones, han formado nuevos tipos de asentamientos, generalmente en zonas de precarias o baja infraestructura. La alta movilidad y la falta de recursos han hecho que surjan urbanizaciones de baja calidad en cuanto a la accesibilidad, la materialidad de las construcciones y carencia de espacios verdes y de recreación.

Lo expuesto a lo largo de la investigación en base a los movimientos de la población por escapar del conflicto constante que determina la urbe se representa en el surgimiento de las nuevas formas de asentamientos que está determinada por la displicencia del Estado en el proceso de actualización de los instrumentos de planificación, causando fuertes modificaciones a las estructuras territoriales por el actuar beligerante del mercado.

Un ejemplo es lo que acontece en las periferias de las áreas urbanas consolidadas donde por mucho tiempo ha imperado una acción pública que ha fragmentado ciudades es la política de vivienda social adoptada por el gobierno militar a comienzos de los años 1980, que consistió en redirigir hacia la demanda los subsidios que el Estado otorgaba tradicionalmente a la oferta de vivienda. El gobierno inició la entrega de vouchers a las familias de grupos medios y bajos de acuerdo a un sistema nacional de puntajes, vouchers que son usados en el mercado para adquirir viviendas producidas por firmas privadas (Sabatini, Cáceres, Cerda, & Galleguillos, 2000). El mayor éxito de esta política ha sido que la producción de nuevas unidades ha superado el ritmo con que aumenta el déficit habitacional. Sin embargo, tal logro ha sido alcanzado a costa de unidades de mala calidad y pequeñas viviendas de 32 metros cuadrados. Esta política, popularmente conocida como subsidio habitacional, ha mantenido la larga tradición de acción estatal en provisión de vivienda social, lo que incluye un efecto de segregación espacial de los pobres en la periferia peor equipada y servida de las ciudades chilenas

La política habitacional de las últimas décadas, guiada por criterios de mercado, ha incidido en un círculo vicioso compuesto por zonas e incluso comunas en las grandes urbes, que han recibido conjuntos de vivienda social, lo cual hace que disminuya su valor para mercados de mayor poder adquisitivo, y lo que nuevamente permite la localización de vivienda social en esos lugares. Esto resulta en una segregación acumulativa dentro de la ciudad. Este fenómeno se ve potenciado por localización de conjuntos habitacionales para grupos de ingresos medios altos en las periferias, produciendo un aumento en el valor de suelo y provocando que actualmente los precios que se pagan por terrenos ya no sean factibles para la construcción de vivienda social. Ha este juego por la adquisición de mejores terrenos para localizar proyectos habitacionales con máxima rentabilidad económica, viene de la mano de un factor clave que es la especulación. En la actualidad la gestión para la adquisición de viviendas financiadas por el Estado para la clase media y estratos sociales bajos es impulsada, generalmente por colectivos de postulantes que, asesorados por entidades de gestión inmobiliaria, donde prepara proyectos y se postula a través del Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU), siguiendo las condicionantes que éste impone, y decidiendo cuál es el terreno a comprar.

El conjunto de acciones puestas en discusión sobre las políticas habitacionales actuales demuestra como el Estado queda descolgado en sus políticas de planificación urbana, generando rezago en el buen vivir de los habitantes. Las acciones relacionadas a las políticas de planificación territorial tienen diferentes enfoques. Primero, las vinculadas a los instrumentos de planificación tanto normativos como indicativos. La vigencia de los instrumentos, se encuentra al día, no obstante, solamente realizan una serie de modificaciones para subsanar problemáticas puntuales de congestión, expropiaciones y acotado crecimiento urbano. En cuanto a los PLADECOS evidencian una visión individualista de cada comuna, poniendo acentos en temas completamente particulares y no de un bien colectivo para la ciudadanía.

En el caso de los planes reguladores intercomunales, los cuales solventan una serie de normas que permiten actuar sobre el suelo, imparte un desafío único y particular en nuestros días que

viene de la mano del fenómenos mercantiles y especulativos sobre los que conocemos por limite urbano. Por una parte, está la diferenciación de suelo y por otra el manejo restrictivo que genera escasez, presionado el precio del suelo de condición urbana, aumentando su valor. Los suelos que están en la periferia rural o próximos al límite, como lo es en nuestro estudio de casos la comuna de Requinoa, que no está integrada en el plan regulador intercomunal de Rancagua y que basándonos en nuestros resultados, poseen las mejores aptitudes para establecer nueva urbanización, podría generar un aumento paulatino de valor, producto de la especulación por establecer una ampliación de limite urbano que abarcaría terrenos aptos para la urbanización pero que transformarían su valor exponencialmente. En el caso de obtener información privilegiada, como lo ocurrido en el bullado caso CAVAL, estaríamos frente de enormes ganancias basadas en la propiedad del suelo. Suelo que paulatinamente es adquirido por grandes consorcio, bancos y compañías de seguros de grandes grupos económicos.

El segundo enfoque de las políticas de planificación territorial viene a hacerse cargo del déficit habitacional con reformas para la integración social y fortalecimiento de las normas de ordenamiento del territorio. Referente a la integración social, se proponen regulaciones que corrijan las actuales realidades y tendencias de segregación social y desigualdad. Según lo declarado por Informe Final Sobre Las Medidas Para Implementar Una Política De Suelo Para La Integración Social Del Concejo Nacional De Desarrollo Urbano el año 2015, Chile no cuenta con mecanismos regulatorios eficientes, sean de tipo tributario, de planificación urbanística o de gestión del suelo, que estén directamente asociados a proveer oportunamente suelo con normas para responder adecuadamente a las demandas futuras y prevenir tendencias de segregación social y desigualdad en la provisión de bienes públicos.

En el desarrollo de esta política se logró avanzar en dos horizontes, donde el primero propone establecer garantías de mejores estándares urbanos nacionales, aplicables a la formulación de la planificación territorial, la provisión y mantención de bienes y servicios de uso público, por parte del Estado o el sector privado. Las garantías consistían en la provisión y mantención de equipamiento social, urbanización, áreas verdes y espacios de uso público, infraestructuras y

servicios urbanos, así como sobre los estándares de movilidad urbana, de servicios de transporte público y calidad ambiental, como ruido o calidad del aire. El segundo horizonte abordó, el fortalecer el ordenamiento territorial en zonas rurales, reemplazando las normas que propician los asentamientos al margen de la planificación urbana y de los estándares mínimos, lo cual genera distorsiones del mercado de suelo y bajos estándares de urbanización y equipamiento

Actualmente existen normas que permiten extender la ciudad a través de la subdivisión y/o urbanización en zonas rurales. Estos procesos distorsionan el mercado del suelo y la planificación urbana con estándares urbanos mínimos o incluso sin ellos, incrementan la segregación social, expulsando a los pobres fuera de los límites de las ciudades, y aumentan los déficits de infraestructuras y equipamientos. El Decreto Ley N° 3.516/1980 permite subdivisiones 5.000 M<sup>2</sup> en las áreas rurales y prohíbe destinarlas a fines urbanos o habitacionales, pero lo ocurrido en la periferia urbana y las zonas de valor turístico demuestra que en la mayoría de los casos el uso agrícola y rural ha sido sustituido, en los hechos, por el uso residencial y de equipamiento recreacional. El Decreto Ley N° 2.695/1979, a su turno, permite regularizar la propiedad raíz dando lugar a procesos de subdivisión del suelo que no cumplen con las obligaciones de urbanización y las normas de los planes reguladores (superficies prediales mínimas). El artículo 50 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, en tanto, permite modificar planes reguladores por Decreto Supremo para proyectos de los SERVIU sin un proceso formal y participativo de planificación, lo que posibilita menores estándares urbanos para maximizar la cantidad de viviendas construidas. Por último, el artículo 55° de la misma Ley permite construir en las áreas rurales equipamientos o conjuntos de viviendas (p. ej., las de hasta 1.000 UF que puedan adquirirse con subsidio del Estado) sin ajustarse a una zona urbana previamente planificada, lo que impulsa la especulación sobre el suelo rural y la segregación social en el caso de las viviendas.

En cuanto a la integración social y el déficit habitacional respecto a las aptitudes favorables para la urbanización detectadas en algunas zonas del área de estudio, es posible plantearse la idea de normar los suelos con mayor potencial, desde una ampliación del instrumento de

planificación comunal para un establecimiento urbano que cuente con las regulaciones necesarias, lo cual obtendría espacios disponibles para surgimiento de políticas habitacionales orientadas a regular la rururbanización instaurada por los grupos más acomodados que se asentaron al margen de la permisiva normativa para la ubicación de viviendas rurales.

Por otra parte, sería una buena estrategia la incorporación de viviendas sociales con mejores estándares en un suelo que actualmente tiene un valor razonable para establecer inversiones en cuanto a servicios y equipamiento. En esta misma línea de trabajo, la nueva ley de política habitacional y su énfasis en la integración social propone la incorporación por parte de las inmobiliarias y constructoras de un 5% de los terrenos de sus nuevos proyectos para la construcción de viviendas sociales, además de un subsidio diferenciado a la localización lo que se traduce en que el Estado pague precios altos, pero en mejores condiciones habitacionales. Lo que sucede actualmente es que el Estado paga altos precios, pero por suelo de mala calidad para la ubicación de los proyectos habitacionales. Otra es el incentivo a la compra de viviendas usadas, donde hay que aplicar modificaciones a los reglamentos y las condiciones para crear un producto más atractivo y accesible para toda la población.

Actualmente hay una estructura de gestión de vivienda social en Chile, en la cual no hay una visión espacial de las distribuciones territoriales deseables. Esto es coherente con una economía de libre mercado, que evita las regulaciones que impedirían una planificación territorial del desarrollo a futuro. Acorde a este sistema económico, los beneficiarios operan de forma libre buscando localizaciones en una oferta de terrenos cuyos valores fluctúan de acuerdo al mercado.

El trabajo realizado nos permite validar que las transformaciones urbanas del último tiempo, que están vinculadas a la economía de mercado. Además, nos permite definir que mediante la adopción de las principales dimensiones económicas; densidad, distancia y división es posible establecer una base para efectuar un modelamiento y determinar nuevas zonas con aptitudes para la localización de nuevos asentamientos urbanos, donde sería primordial, establecer

propuestas normativas eficientes, que salvaguarden el acceso universal a los derechos habitacionales, por encima de los propósitos mercantilistas y especulativos.

Todos los antecedentes mencionados anteriormente dejan al descubierto la real potencialidad de las zonas identificadas mediante la aplicación de la técnica GWR, la cual descubrió aptitudes muy claras para establecer y gestionar adecuadamente un núcleo urbanos. El modelo de regresiones GWR es un instrumento, versátil, certero y gran potencial para la toma de decisiones. Cada una de las variables, tanto en su comportamiento individual como colectivo (intersección) dieron cuenta de una realidad territorial desconocida, incluso para los instrumentos de planificación, ya que las áreas con mayores aptitudes, detectadas por el modelo, carecen de normativa.

La incorporación histórica y análisis del proceso socio-territoriales que asevero las distorsiones que incorpora el modelo de libre mercado, es un ejemplo palpable, demostrado en el crecimiento exacerbado de ciudad, sin un control ni un plan de acción, causando una serie trastornos en la infraestructura vial y capacidad de carga de la ciudad. El aumento de las brechas de desigualdad al interior de las urbes hace necesario la búsqueda de nuevos lugares con aptitudes favorables para los asentamientos urbanos nuevos que brindan la posibilidad de planificar adecuadamente, el surgimiento de un espacio más armónico, empáticos y justo para el buen vivir.

## CONCLUSIONES

A lo largo del desarrollo de esta investigación, observamos una serie de efectos que articularon el área metropolitana de Rancagua, impulsada por las políticas neoliberales que favorecieron un crecimiento acelerado y desregulados de la población, impulsados por economías de mercado, que generaron una serie de trastornos en la dinámica territorial de los centros urbanos y periurbanos.

El estudio de casos revela las relaciones ejercidas principalmente por el mercado de suelos en las transformaciones socio-territoriales. Uno de los elementos relevantes son las limitaciones y vigencia de las normas, para asegurar la disponibilidad de áreas aptas para el crecimiento urbano y solventar las necesidades habitacionales, mediante una planificación territorial eficaz y acorde a las necesidades de las áreas metropolitanas. Dicha necesidad, genera la idea de realizar una modelización de las aptitudes que provee el territorio para buscar nuevos lugares que puedan albergar crecimiento urbano a lo largo del área metropolitana de Rancagua. La modelización se llevó a cabo a través de un proceso metodológico, basado en la aplicación de la regresión geográficamente ponderada (GWR).

Al principio del estudio, se mencionó una serie de hechos que lograron configurar lo que actualmente es el área metropolitana de Rancagua. Entre las acciones que se vislumbraron en el territorio, es relevante identificar algunas. La primera, hace relación a los efectos de la minería del cobre, en la creación de demanda por más y mejores viviendas con estándares medios altos, causando una serie de transformaciones producto del alto poder adquisitivo de los demandantes. Esto conllevó a la configuración de barrios cerrados, estableciendo una gran brecha entre dos tipos de ciudades altamente segregadas, dentro de un mismo espacio. Lo segundo, es la proximidad al área metropolitana de Santiago, que abrió la puerta a los inversionistas, que vieron

las potencialidades del entorno respecto a la ubicación estratégica, la conectividad eficiente y la desregulación de los instrumentos de planificación, sobre todo en el plano intercomunal. Esta demanda por espacios para la urbanización con suelos escasos, hizo subir los valores del suelo, aplicando técnicas especulativas, de cara a una actualización del instrumento de planificación, que brindaría mayores ganancias a los propietarios de terrenos cuando el uso de suelo se normara.

El área metropolitana de Rancagua logra configurar una relación de dependencia estrecha, respecto de todas sus comunas circundantes y sus cabeceras urbanas. La capacidad de servicio que cuenta la conurbación Rancagua-Machalí-Oliver, establecen flujos constantes de población hacia la urbe por razones laborales, educacionales, salud, abastecimiento y servicios. También se observa el fenómeno adverso, es decir, las personas que residen en la urbe pero que viajan fuera por motivos laborales, negocios y abastecimientos. La mayoría de los traslados no sobrepasa de la influencia de los límites del área metropolitana, demostrando una fuerte relación e interacción constante. Este ir y venir, acompañado de las problemáticas propias de lo metropolitano, provocan la necesidad migrar y establecer distanciamiento de los límites urbanos, en la búsqueda de mejores espacios para optar a un estilo de vida que les satisfaga las necesidades puntuales de los individuos.

En esta búsqueda se aplica el concepto de la rururbanización, donde los pioneros se asentaron al margen de la permisiva normativa para la ubicación de viviendas rurales, para encontrar un entorno más amplio y lograr desarrollar una vida más alejada del urbano, a una distancia razonable, del alcance de los servicios que la urbe proporciona. En el área de estudio, este fenómeno se observa con fuerza en las parcelaciones ubicadas al Noroeste de la comuna de Rancagua y en el Sureste de la comuna de Requinoa. En relación a los flujos internos la movilidad de personas por buscar la mejor opción habitacional, determinan un hinterland muy marcado en toda el área de estudio, tanto por las interacciones, flujos y el análisis del comportamiento de las variables que se utilizaron en la configuración del modelo.

En lo que respecta a la identificación de las aptitudes que nos permitieron determinar zonas favorables para el crecimiento urbano, se utilizaron un set de variables, que consideraran las dimensiones de los modelos económicos actuales. Es fundamental establecer patrones de distancia para calificar, hasta qué punto es más influyente una determinada variable. En la misma senda se observaron barreras que nos impone el territorio, para identidad las fronteras, que servirán para delimitar los alcances de las variables. Finalmente, la densidad que representa una agrupación de cualidades, medida en una unidad de territorio, que proporcionara una convergencia y cambios en las estructuras, tal como se conocían.

En necesario reconocer la potencialidad de la técnica regresión geográficamente ponderada (GWR) como una herramienta versátil y eficiente, que es capaz de descubrir potencialidades y carencias en los distintos territorios mediante la relación de variables dependiente y explicativas que evalúan los componentes geográficos, para ajustar adecuadamente un modelo de predicción. La integración metodológica, para establecer la validez y el comportamiento de las distintas variables, es una herramienta perfecta para trabajar en paneles de experto y grupos multidisciplinares generando modelos de predicciones para la toma de decisión en cualquier ámbito.

La modelización realizada con las variables sutiles, a través de información obtenida por los diferentes servicios y centros de estudios de manera gratuita, se logró implementar una robusta base de datos para resolver la interrogante propuesta en el presente estudio de casos. Los resultados obtenidos, entusiasman por proponer esta técnica, con una herramienta apropiada de mapeo, aplicable en la toma de decisiones para la planificación territorial de los distintos servicios, las diferentes alcaldías o para los Planes Regionales de Ordenamiento del Territorio.

Finalmente, con el desarrollo del estudio de casos y la puesta en marcha de la propuesta metodológica basada en la aplicación de la técnica GWR, se logró la identificación de áreas con aptitudes para el crecimiento y desarrollo urbano en nuestra área de estudio. Basándonos en la

información recolectada durante el desarrollo del trabajo, se estableció que las dinámicas urbanas actuales llevaron fortalecer una desigualdad territorial, productos del accionar incesante del mercado, y el actuar displicente del Estado en materias de ordenamiento del territorio. Es necesarios establecer planes de acción para incorporar al territorio, identificado por nuestro modelo, en planes de ordenamiento territorial basados en la incorporación de nuevos espacios normados, además de una actualización y ampliación instrumentos de planificación vigentes. De esta forma, será posible, regular adecuadamente el territorio para brindar un espacio de integración, bajo los estándares habitacionales y urbanístico que las nuevas políticas de planificación están dictando.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Baigorri, A. (1995). La ciudad como organización física de la coexistencia. Curso sobre Rehabilitación Urbano-Ecológica de la ciudad europea.
- Ballet, C., & Llop, J. M. (2004). Bellet, Carmen y Llop, Josep María. Miradas a otros espacios urbanos: las ciudades intermedias. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 8-165.
- Banco Interamericano de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial. (2009). Informe sobre el Desarrollo Mundial 2009: reestructuración de la geografía económica. Banco Mundial en coedición con Mayol Ediciones S.A.
- Berry, B. (1976). The counterurbanization process: Urban America since 1970. *Urbanization and Counterurbanization*. Beverly Hills, California: Sage Publications, c1976., 17-30.
- Bettencourt, L. (2013). The Origins of Scaling in cities. *Science*.
- Borja, J. (2007). Revolución y contrarrevolución en la ciudad global: las expectativas frustradas por la globalización de nuestras ciudades. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales EURE*, 33(100), 35-50.
- Brunsdon, C., Fotheringham, A. S., & Charlton, E. M. (1996). Geographically weighted regression: a method for exploring spatial nonstationarity. *Geographical analysis*, 281-298.
- Buzai, G., & Baxendele, C. (2012). Análisis Socioespacial Con Sistemas de Información Geográfica. Ordenamiento Territorial, Temática De Base Vectorial. Buenos Aires.
- Castells, M. (1998). Globalización, tecnología, trabajo, empleo y empresa. *La Factoría* N° 7.
- Comisión de Estudios Habitacionales y Urbanos. (2015). Ciudades con Calidad de Vida: DiagnósticosEstratégicos de Ciudades Chilenas: Sistema Urbano Rancagua-Machali. Santiago: ISBN: 978-956-9432-73-6.
- Daher, A. (1987). Agrourbanización “for export”. *EURE*, 7-14.

- Ducci, M. (1997). Chile: el lado oscuro de una política de vivienda exitosa. *Revista Eure*, 99-115.
- Dupuy, G. (1998). *El urbanismo de las redes, teoría y métodos*. Barcelona.
- Egaña, M. (2013). Protección legal de nuestro patrimonio un desafío monumental. *Revista Patrimonio Cultural PLAT*, 56-63.
- European Environment Agency. (2006). *Urban Sprawl in Europe the Ignored Challenge*. EEA y Office for Official Publications of the European Communities (OPOCE).
- Fotheringham, A. S., Brunson, C., & Charlton, M. (2002). *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*. John Wiley & Sons.
- Fuenzalida, M. (2010). Análisis de desigualdades territoriales en la oferta de equipamientos públicos: el caso de los hospitales en la red asistencial del sistema público de salud en Chile. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 111-125.
- Galleguillos, X. (1999). *La Satisfacción Residencial y la Segregación Urbana en un Contexto de Pobreza; Caso de Estudio: Esperanza Andina, Peñalolén*. Santiago.
- Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M., Wolman, H., Coleman, S., & Freihage, J. (2001). Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept. *Housing Policy Debate*, 681-717.
- Gámez, B. V. (2006). *Ciudad y Periferia Metropolitana en Transición, Configuración de entidades comunales en el Gran Santiago*. Centro de estudios arquitectónicos, urbanísticos y del paisaje.
- Glaeser, E., & Kahn, M. (2001). *Decentralized Employment and the Transformation of the American City*. Cambridge.
- Gomez Orea, D. (2008). *Ordenamiento Territorial*. Madrid: Edición Mundi-Prensa.
- González, P. (2013). *De los Instrumentos de Planificación Territorial como Actos Administrativos de Potestad de carácter Discrecional*. Santiago.

- Hidalgo, R., Mattos, C., & Arenas, F. (2009). Chile: del país urbano al país metropolitano. Serie GEOlibros. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Lloyd, C., & Shuttleworth, L. (2005). LLOYD, C.D. y SHUTTLEWORTH, I. (2005): “Analysing commuting using local regression techniques: scale, sensitivity, and geographical patterning”. *Environment and Planning. Environment and Planning A*, 81-103.
- Lloyd, D. C. (2010). Analysing population characteristics using geographically weighted principal components analysis: a case study of Northern Ireland in 2001. *Computers, Environment and Urban Systems*, 389-399.
- Marchant, C., Frick, J., & Vergara, L. (2016). Urban growth trends in midsize Chilean cities: the case of Temuco. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 8(3), 375-389.
- Mattos, C. (2001). *Metropolización y Suburbanización*; Santiago. ISSN 0250-7161 EURE v.27 n.80.
- Maturana, F. (2015). *Ciudades intermedias en Chile: Territorios olvidados*. Santiago.
- Maturana, F. (12 de Abril de 2017). cybergeogeo. Obtenido de Cybergeogeo : *European Journal of Geography*: <http://journals.openedition.org/cybergeogeo/28064>
- Maturana, F., Beltrão, M. E., Bellet, C., & Henríques, C. (2017). *Sistemas urbanos y ciudades medias en Iberoamérica*. Santiago: Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Serie GeoLibros.
- Mendez, E. (2000). La globalización y desarrollo. *Revista Temas y Reflexiones Corporación Universitaria de Ibagué*. Año 4. No. 4.
- Mennis, J. (2006). Mapping the results of geographically weighted regression. *The Cartographic Journal*, 171-179.
- Mitchell, A. (2005). *La Guía de Esri para análisis SIG Volumen 2*. Obtenido de [https://esripress.esri.com/storage/esripress/images/86/analysis\\_vol2\\_lg](https://esripress.esri.com/storage/esripress/images/86/analysis_vol2_lg)

- Páez, A. (2006). Exploring contextual variations in land use and transport analysis using a probit model with geographical weights. *Journal of Transport Geography*, 167-176.
- Páez, A., Farber, S., & Wheeler, D. (2011). A simulation-based study of geographically weighted regression as a method for investigating spatially varying relationships. *Environment and Planning-Part A*, 2992-3010.
- Rodriguez, E. (1992). Los Movimientos Cotidianos de Población por Motivos Laborales en las Ciudades Pequeñas de Servicios. El Caso de Ciudad Real. Castilla, Cuadernos de Estudios Manchegos, N°21.
- Rojas, C. A., Muñoz, I., & De la Fuente, H. (2014). *Metropolizaciones Colombia -Chile: Experiencias de Bogotá, Medellín, Santiago y Concepción*. Colombia.
- Rubio, R. (2007). ¿Que hacer frente a los desafíos metropolitanos en Santiago de Chile a principios del siglo XXI. Universidad Católica Silva Henríquez.
- Sabatini, F., & Arenas, F. (2000). *Entre el Estado y el mercado: resonancias geográficas y sustentabilidad social en Santiago de Chile*. Santiago.
- Sabatini, F. (1999). Tendencias de la segregación residencial urbana en Latinoamérica: Reflexiones a partir del caso de Santiago de Chile. Documento del Instituto de Estudios Urbanos, N°19.
- Sabatini, F., Cáceres, G., Cerda, J., & Galleguillos, X. (2000). *Segregación Social en Santiago de Chile: conceptos, métodos y efectos urbanos*. Documento del Instituto de Estudios Urbanos N°31.
- Salazar, G., Irarrázabal, F., & Fonck, M. (2017). Ciudades intermedias y gobiernos locales: desfases escalares en la Región de La Araucanía, Chile. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales EURE*, 43(130), 161-184.
- Santamaria, F. (2012). *Les villes moyennes françaises et leur rôle en matière d'aménagement du territoire: vers de nouvelles perspectives?*
- SIEDU. (2019). *Sistema de Indicadores y Estándares de Desarrollo Urbano*. Santiago.

- Tobler, W. (1970). Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region.
- Veletz, P. (1999). Mundialización, ciudad y territorios. Estudios de Política Exterior.
- Vicuña, M. (2013). El marco regulatorio en el contexto de la gestión empresarialista y la mercantilización del desarrollo urbano del Gran Santiago, Chile. Revista INVI, 181-219.