

DEFINICIÓN ZONAS CRÍTICAS CIUDADES PILOTO

INTEGRACIÓN DE INDICADORES DE LA CChC Y CIT PARA
DEFINICIÓN DE ZONAS CRÍTICAS

CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN (CChC)

05-07-2017

CENTRO DE
INTELIGENCIA TERRITORIAL

UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ
DESIGN.LAB



PRESENTACIÓN

La generación de políticas públicas en el territorio depende de una adecuada priorización, lo cual depende a su vez, de una buena generación de diagnósticos.

Se necesitan correctos indicadores e insumos que sean capaces de recoger la realidad funcional del espacio.

DISEÑO URBANO BASADO EN EVIDENCIA



DISEÑO URBANO BASADO EN EVIDENCIA

PROYECTO URBANO COMO AGREGADOR PROGRAMÁTICO

INDICADOR EQUIPAMIENTO EDUCACIONAL



INDICADOR DE ACCESO A ESCUELAS EFECTIVAS



INDICADOR ÁREAS VERDES



INDICADOR EQUIPAMIENTO CULTURAL



INDICADOR DE CONCENTRACIÓN Y DISPERSIÓN GSE



INDICADOR DE EQUIPAMIENTO DE SALUD



INDICADOR EQUIPAMIENTO DEPORTIVO



INDICADOR EQUIPAMIENTO DE SERVICIOS PÚBLICOS



INDICADOR DE TRANSPORTE PÚBLICO



ANÁLISIS MULTICRITERIO



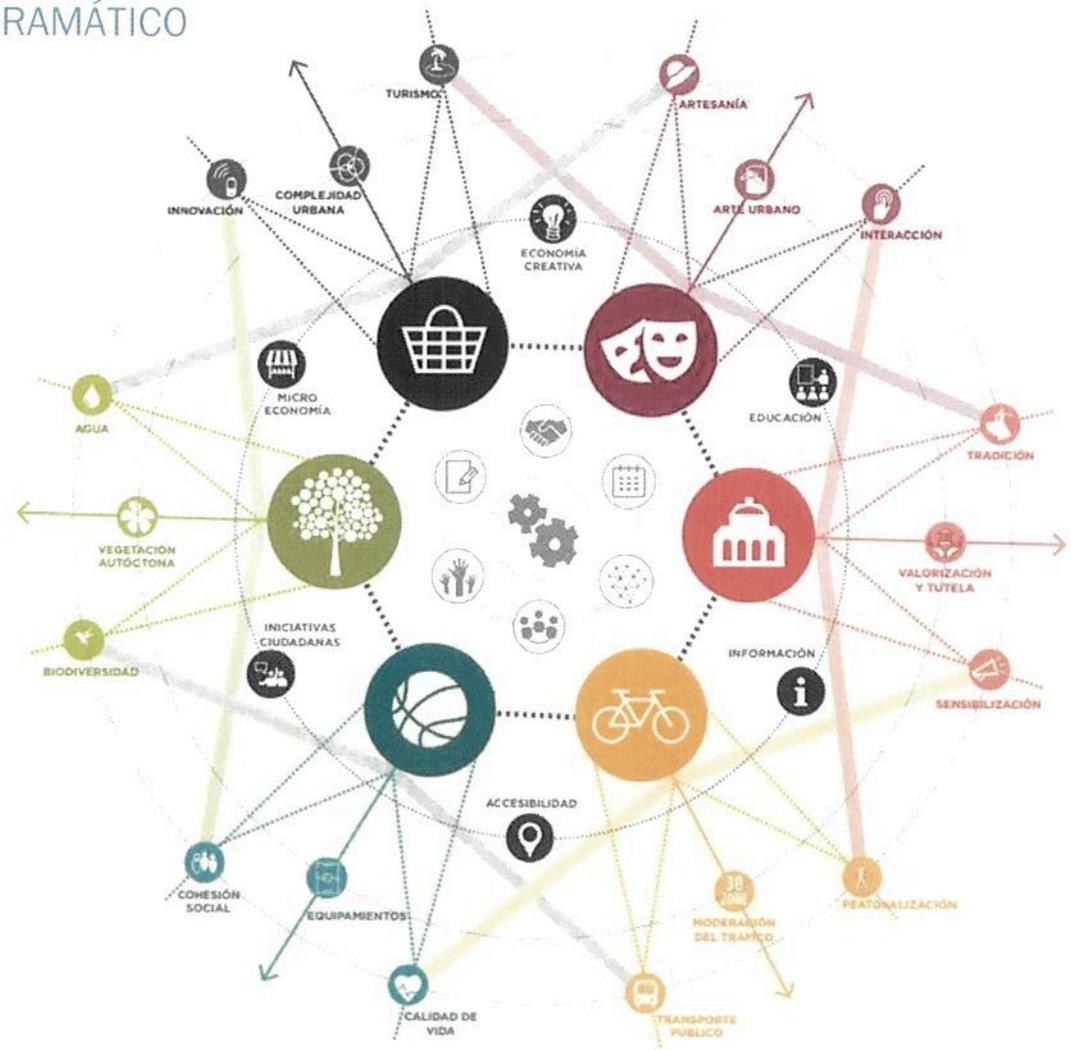
DISEÑO URBANO BASADO EN EVIDENCIA

PROYECTO URBANO COMO AGREGADOR PROGRAMÁTICO

El proyecto Cuenca Red, de la oficina Ecosistema Urbano diseña una red de Proyectos Urbanos definidos a partir de programas. En ese sentido, se concibe el proyecto como una agregación de actividades en el territorio.



Dimensiones de Proyecto Urbano. Ecosistema Urbano.



DISEÑO URBANO BASADO EN EVIDENCIA

PROYECTO URBANO COMO AGREGADOR PROGRAMÁTICO



ACTIVIDADES



MOVILIDAD



PATRIMONIO



Variedad de usos y actividades según dimensión. Ecosistema Urbano.

DISEÑO URBANO BASADO EN EVIDENCIA

APLICACIÓN DISEÑO DE PROYECTO SEGÚN DEFINICIÓN PROGRAMÁTICA

MARY
CORILÉ

PARQUEADERO
MUNICIPAL

PEDRO
TOULOP

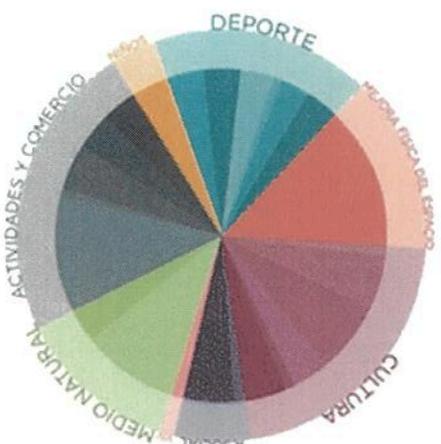
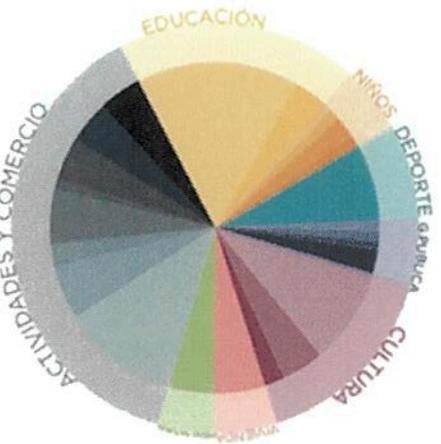
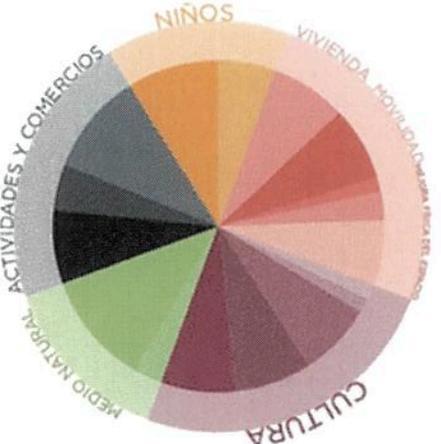
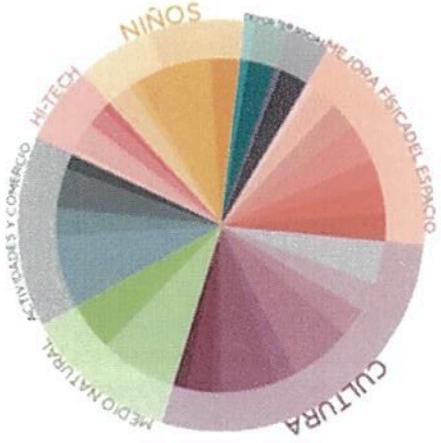
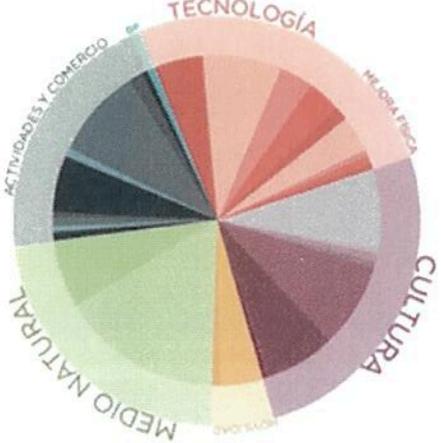
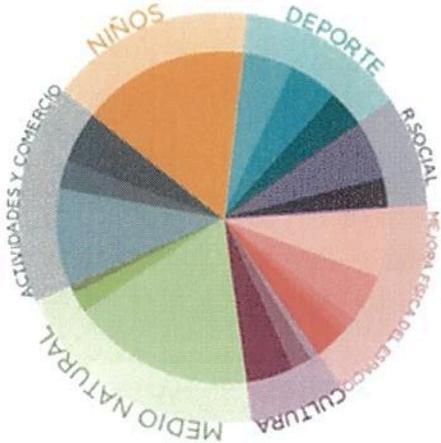
EZEQUIEL
CRESPO

FEBRES
CORDERO

HERMANO
MIGUEL

DISEÑO URBANO BASADO EN EVIDENCIA

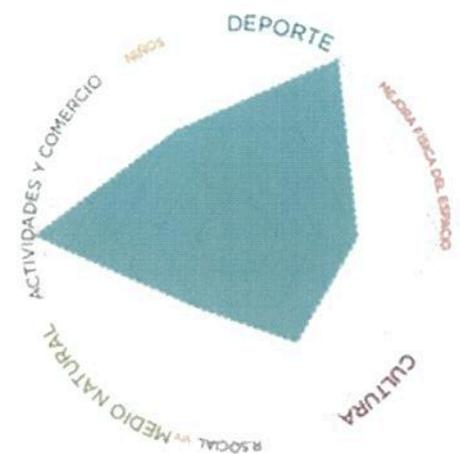
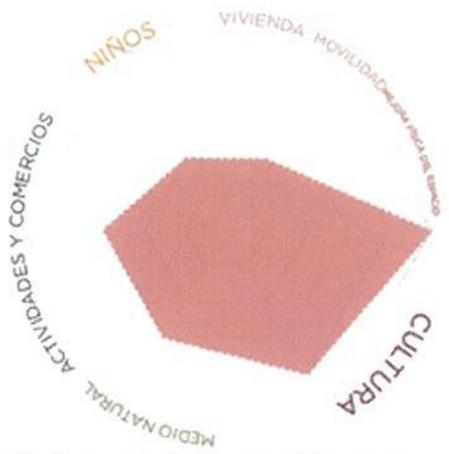
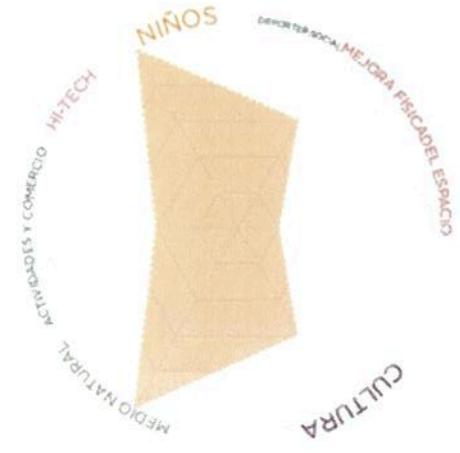
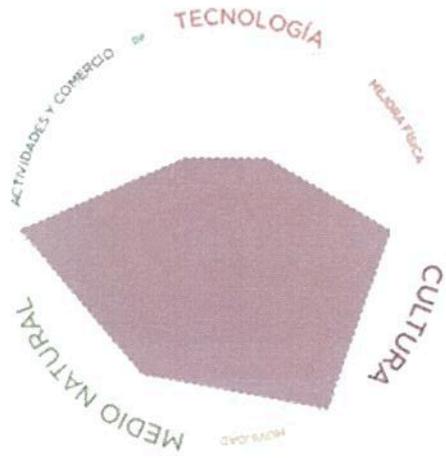
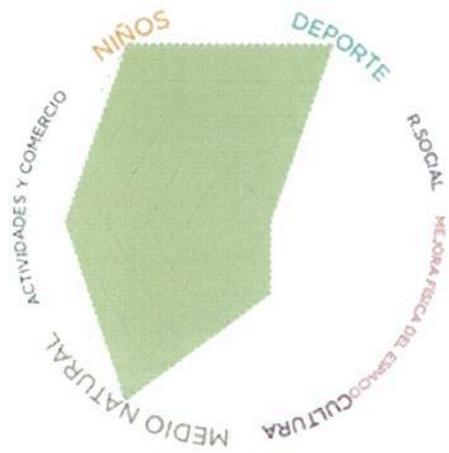
APLICACIÓN DISEÑO DE PROYECTO SEGÚN DEFINICIÓN PROGRAMÁTICA



Propuestas ciudadanas Centro Histórico Cuenca, Ecuador. Ecosistema Urbano.

DISEÑO URBANO BASADO EN EVIDENCIA

PRIORIZACIÓN PROGRAMÁTICA

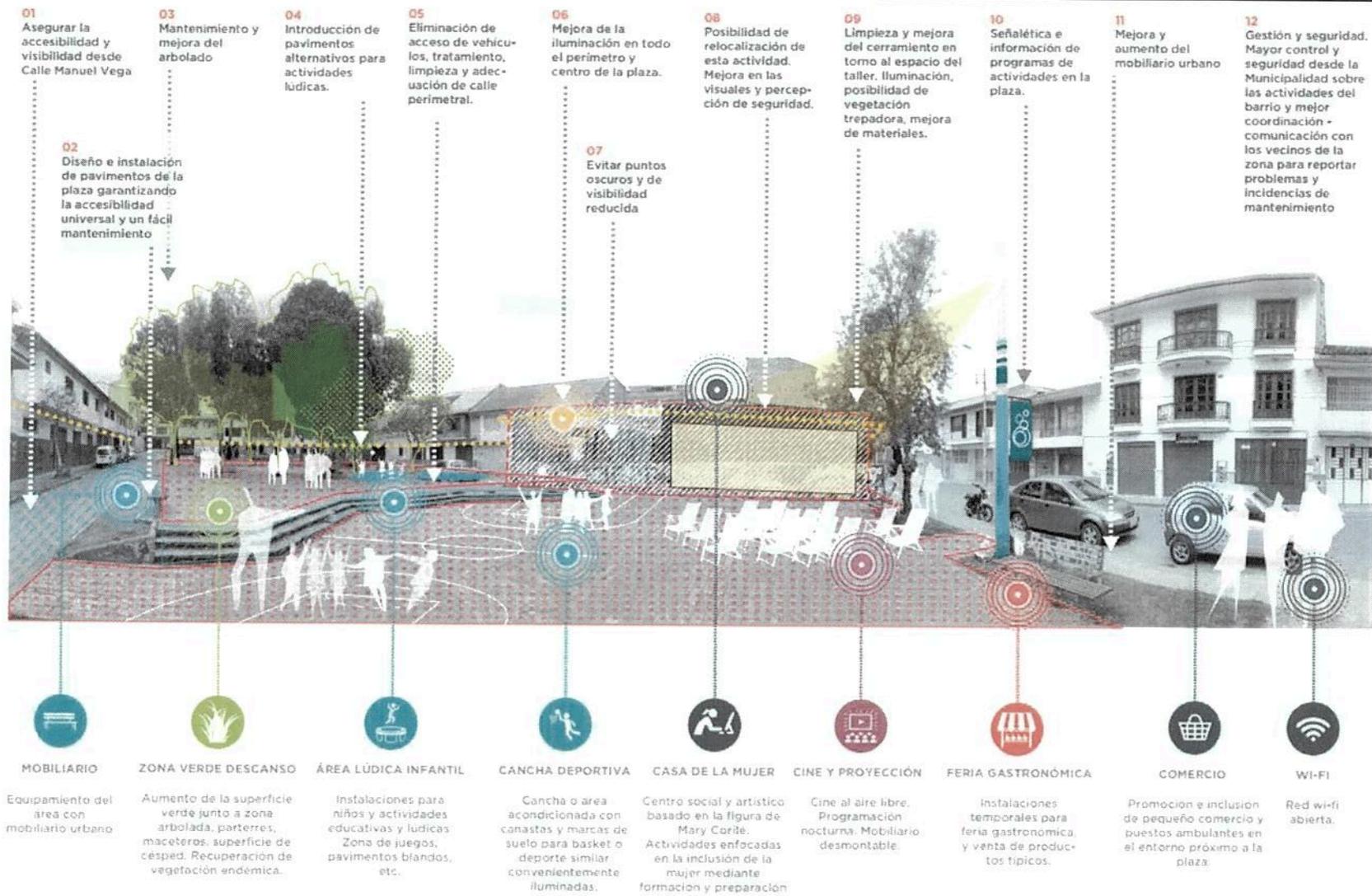


DISEÑO URBANO BASADO EN EVIDENCIA

CASO PLAZA MARY CORILÉ



Propuestas ciudadanas Plaza Mary Corilé, Centro Histórico Cuenca, Ecuador. Ecosistema Urbano.



Posibles Programas Plaza Mary Corilé, Centro Histórico Cuenca, Ecuador. Ecosistema Urbano.

1. INDICADOR DE POBREZA TERRITORIAL

1. Indicador de Pobreza Territorial

1.1 Indicadores de Calidad del Entorno

1.2 Indicadores de Bienestar Territorial

2. Definición de Zonas Territoriales Críticas

2.1 Dimensión de Accesibilidad General

2.2 Dimensión de Capital Socioeconómico-ambiental

2.3 Definición de Zonas Críticas

3. Análisis Multicriterio

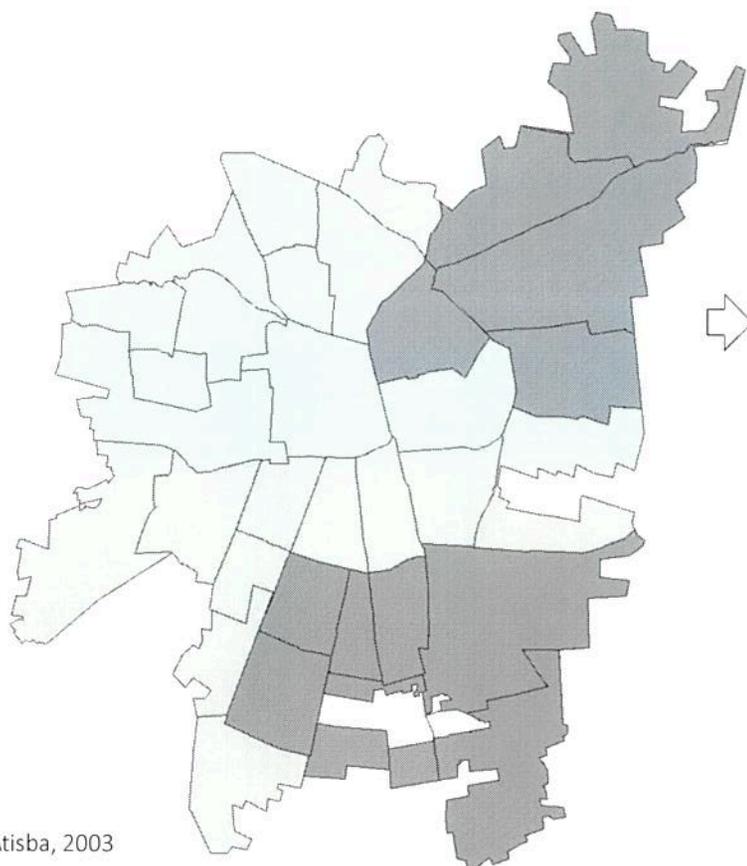
4. Alternativas Aplicación de Información Territorial

4.1 Planes Maestros Ley de Aportes al Espacio Público

4.2 Planes Maestros de Seguridad Pública

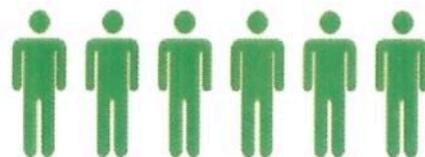
1. INDICADOR DE POBREZA TERRITORIAL

UNIDAD DE ANÁLISIS

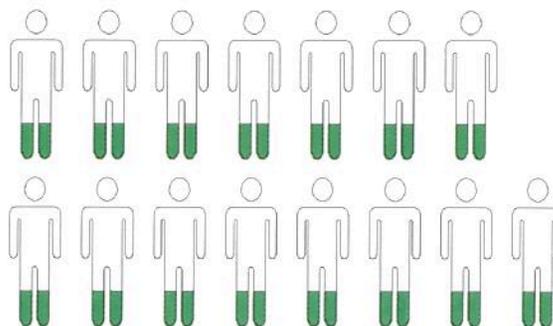


Atisba, 2003

SECTOR NOR-ORIENTE: 613.938 hab. = 20.3 m²/hab.
Comunas: Vitacura, Las Condes, Lo Barnechea, Providencia, La Reina



SECTOR SUR-ORIENTE : 1.546.863 hab. = 2.3 m²/hab.
Comunas: La Pintana, Puente Alto, La Florida, El Bosque, La Granja, San Ramón, La Cisterna

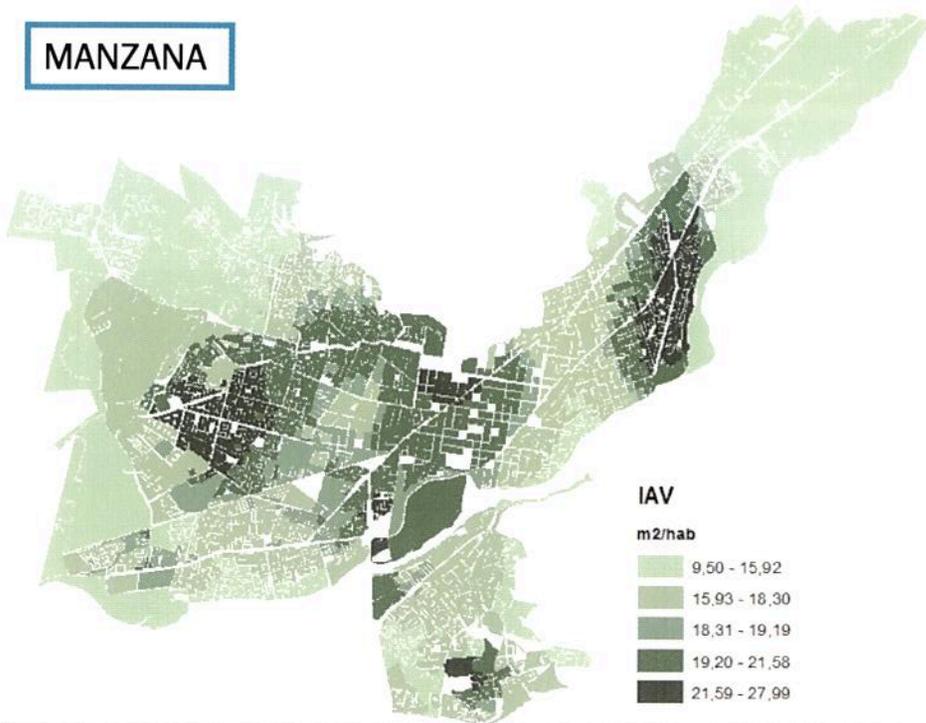


1. INDICADOR DE POBREZA TERRITORIAL

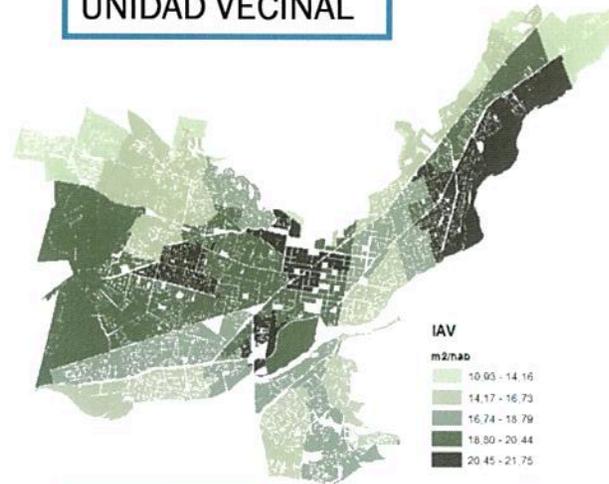
UNIDAD DE ANÁLISIS



MANZANA



UNIDAD VECINAL



COMUNA



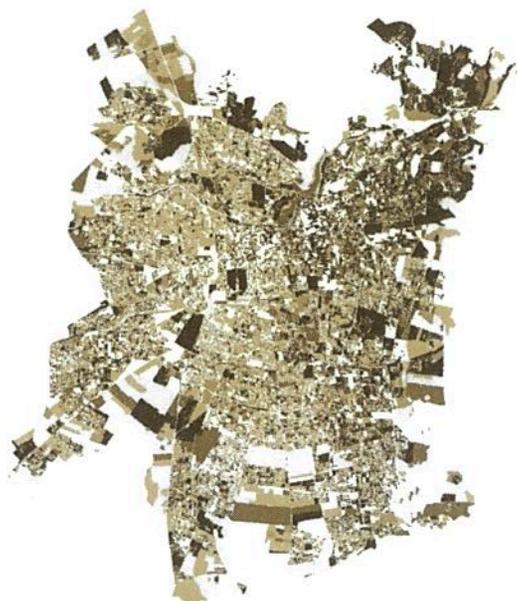
CIUDAD

17,85 M2/HAB

1.1 INDICADORES DE CALIDAD DEL ENTORNO



ÍNDICE DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA



GRAN SANTIAGO
TOTAL ÍNDICE: 0,91



GRAN VALPARAISO
TOTAL ÍNDICE: 0,90



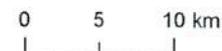
GRAN CONCEPCIÓN
TOTAL ÍNDICE: 0,84



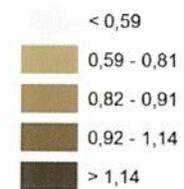
IQUIQUE
TOTAL ÍNDICE: 0,41



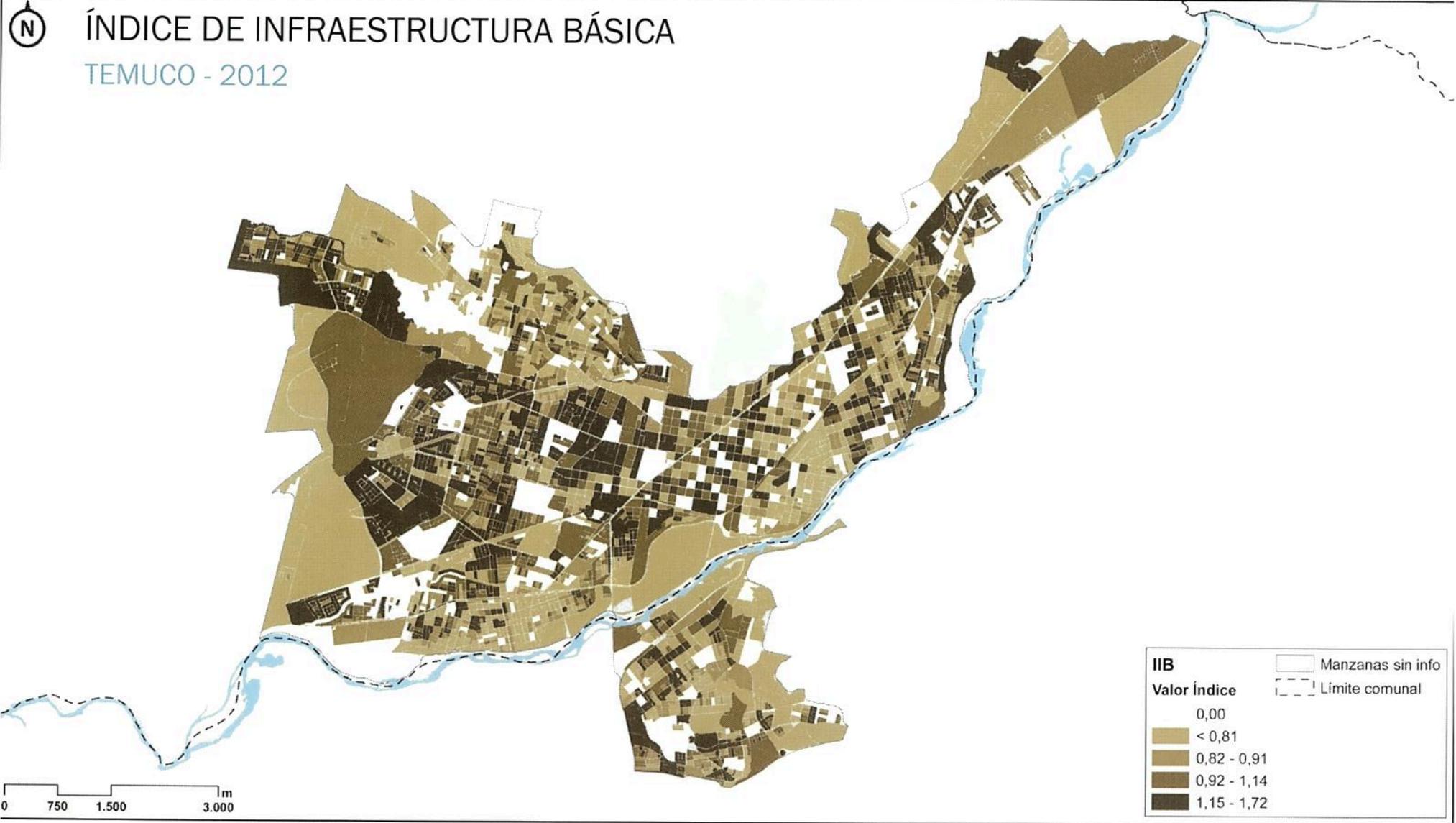
TEMUCO
TOTAL ÍNDICE: 0,94



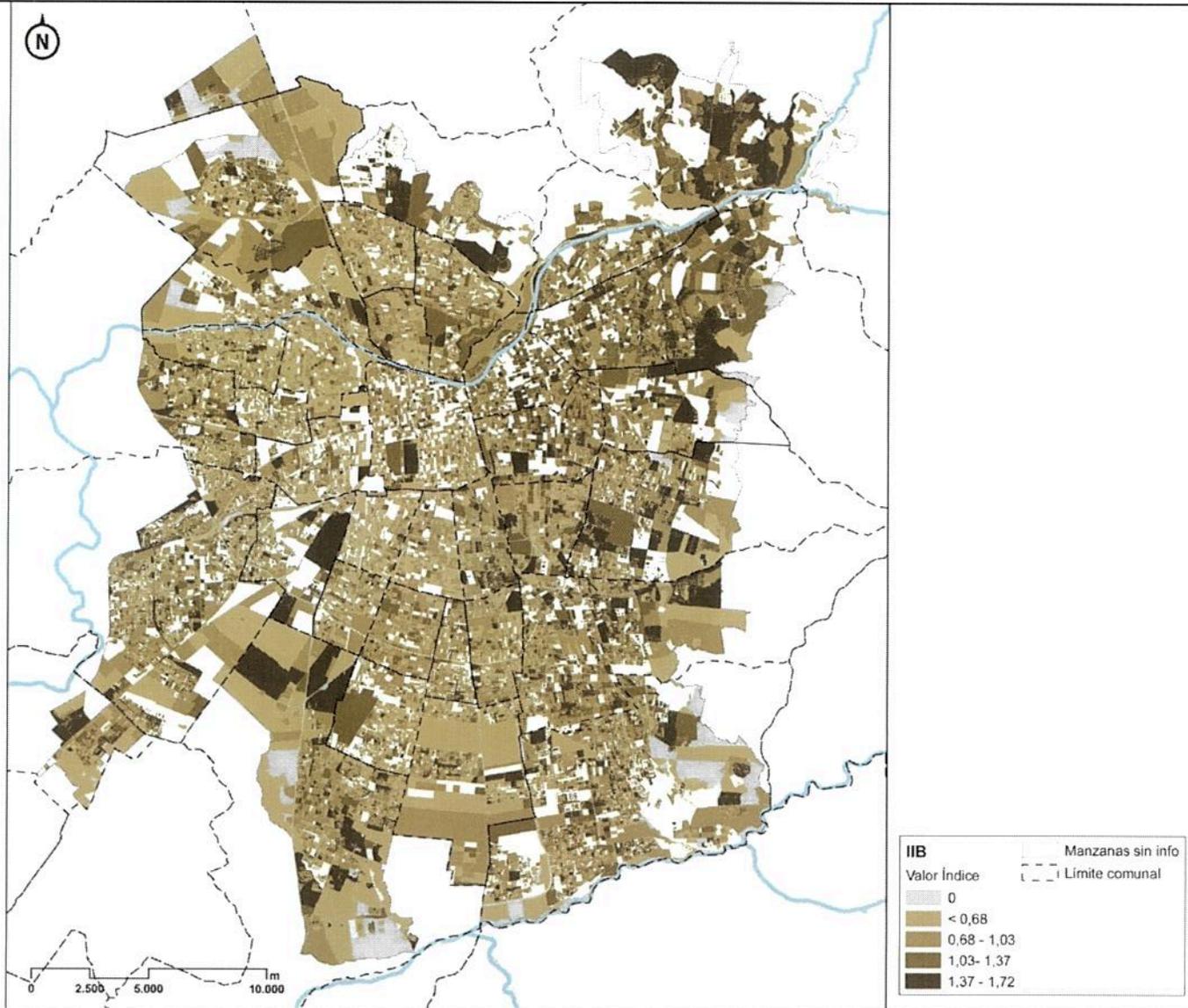
Valor Índice



 **ÍNDICE DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA**
TEMUCO - 2012



ÍNDICE DE
INFRAESTRUCTURA
BÁSICA
GRAN SANTIAGO - 2012



ÍNDICE DE MATERIALIDAD DE LA VIVIENDA



GRAN SANTIAGO
TOTAL ÍNDICE: 2,92



GRAN VALPARAISO
TOTAL ÍNDICE: 2,89



IQUIQUE
TOTAL ÍNDICE: 2,84



TEMUCO
TOTAL ÍNDICE: 2,93

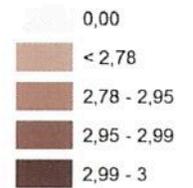


GRAN CONCEPCIÓN
TOTAL ÍNDICE: 2,92



0 5 10 km

Valor Índice



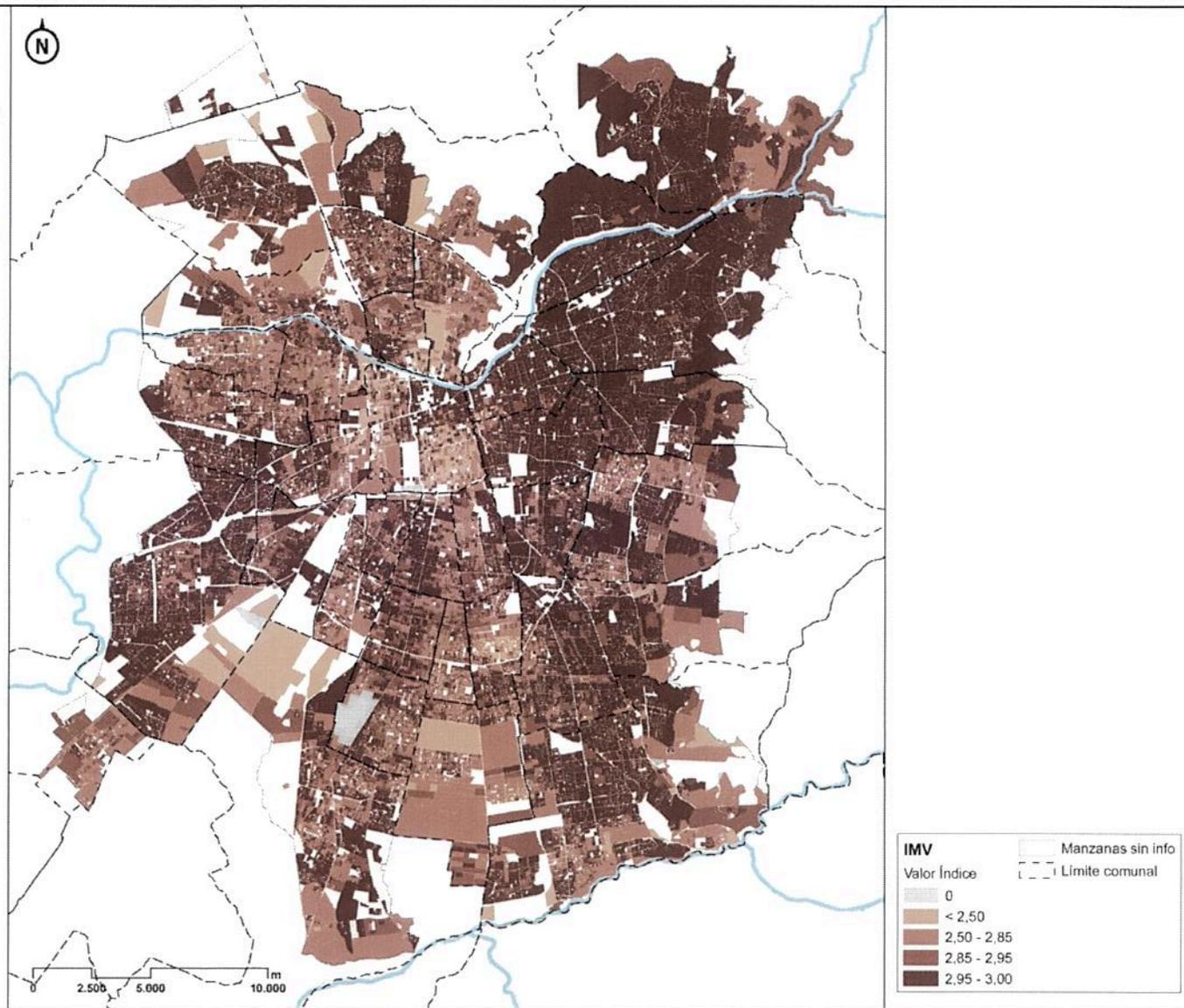


ÍNDICE DE MATERIALIDAD DE LA VIVIENDA

TEMUCO - 2012



ÍNDICE DE
MATERILIDAD DE LA
VIVIENDA
GRAN SANTIAGO - 2012



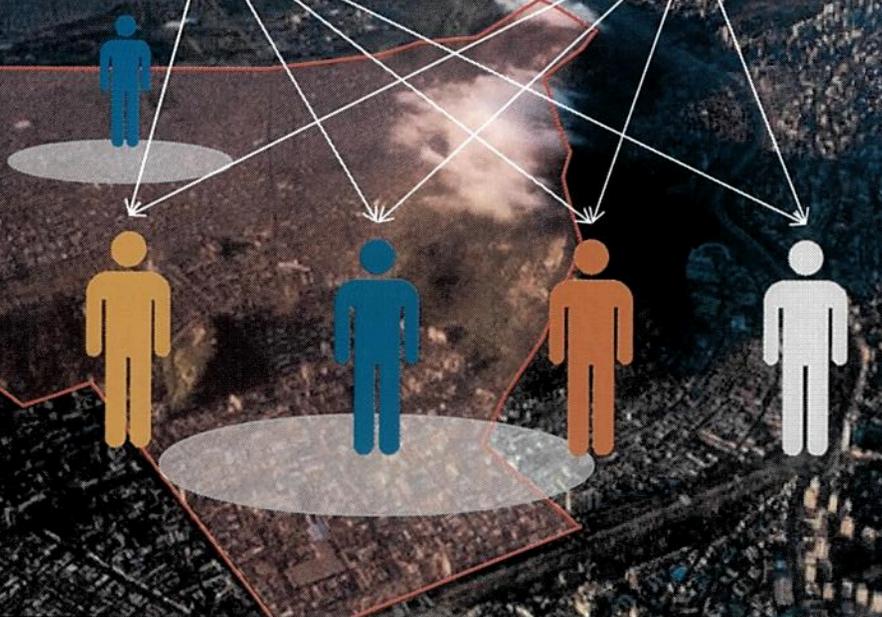
1.2 INDICADORES DE BIENESTAR TERRITORIAL



BIENESTAR TERRITORIAL

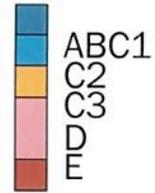
Bienes Territoriales Locales

Bienes Territoriales Metropolitanas

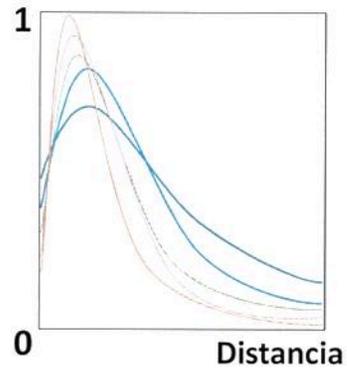


PROPENSIÓN DE MOVIMIENTO

Grupo Socio-Económico por manzana (GSE)



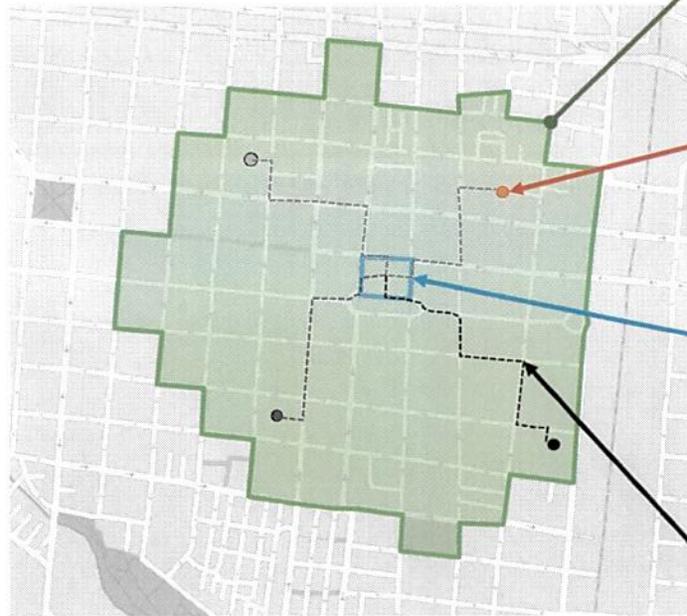
Probabilidad de desplazamiento por GSE



1.2 INDICADORES BIENESTAR TERRITORIAL

MODELACIÓN ACCESIBILIDAD URBANA LOCAL

- Modelan la interacción real de los habitantes de la ciudad, analizando la vinculación espacial de los elementos en cuanto a su funcionalidad.
- Se usan unidades dinámicas: se evita problemática del UEM y Falacia Ecológica.
- Permiten generalizar a unidades más grandes desde la información detallada.



Isocrona

Lugar geométrico de todos los lugares que se pueden alcanzar desde un punto dado, en un **tiempo fijo**, en un medio de transporte (ej: **auto**)

Nodo demanda

(Ej: Población por manzana Pob_{m_j})

$$M_k = \sum_{j \in I_{m_k}} E_j * Pd_{\epsilon I_{e_j}}$$

Nodo oferta

(Ej: Equipamiento con cierta capacidad C_k)

$$E_j = \frac{C_{e_j}}{\sum_{i \in I_{e_j}} Pob_{m_i} * Pd_{\epsilon I_{e_j}}}$$

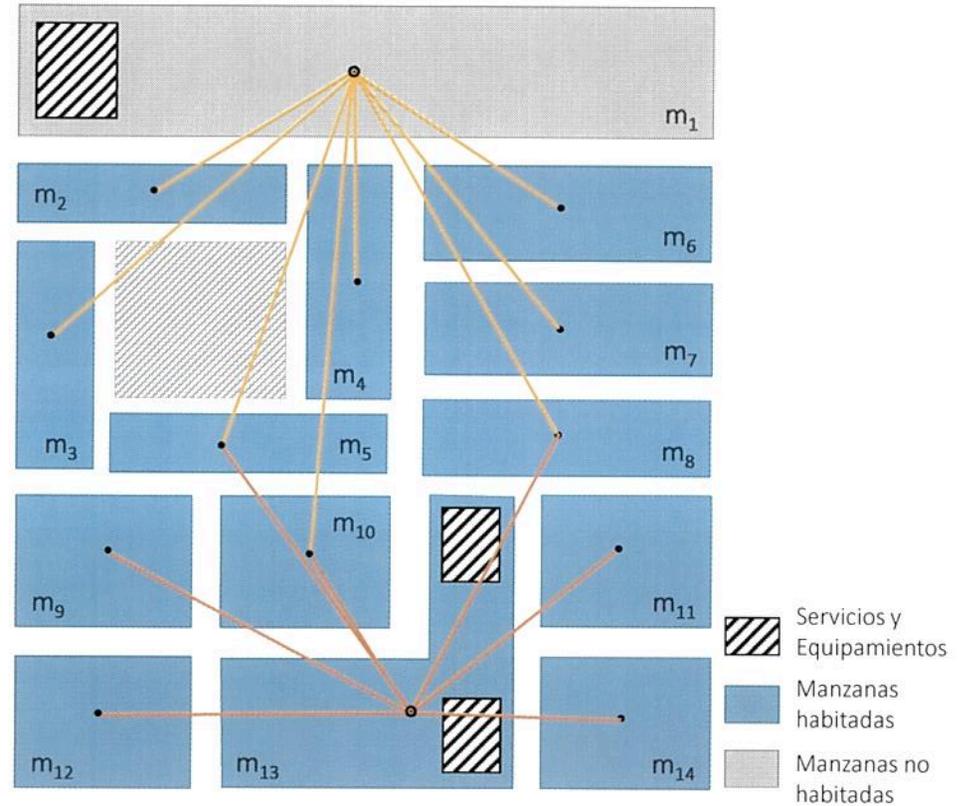
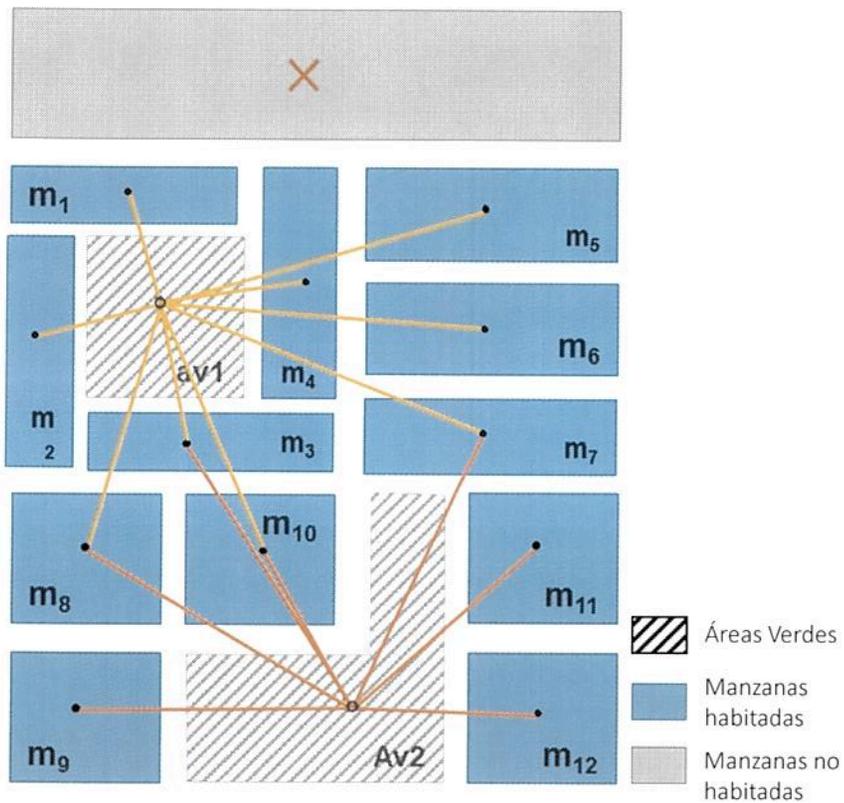
Trayectoria:

Nodo oferta a nodo demanda según modelo de transporte con propensión de desplazamiento ($Pd_{\epsilon I_{e_j}}$)

Wan, N., Zou, B., & Sternberg, T. (2012). A three-step floating catchment area method for analyzing spatial access to health services. *International Journal of Geographical Information Science*, 26(6), 1073–1089. <https://doi.org/10.1080/13658816.2011.624987>

1.2 INDICADORES BIENESTAR TERRITORIAL

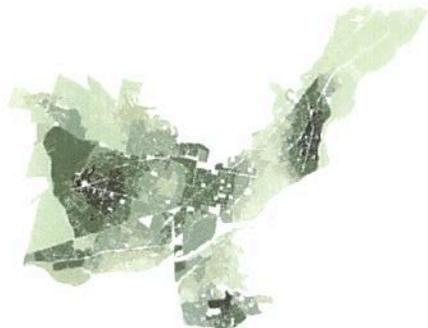
MODELACIÓN ACCESIBILIDAD URBANA LOCAL



1.2 INDICADORES BIENESTAR TERRITORIAL

MODELACIÓN ACCESIBILIDAD URBANA LOCAL Y METROPOLITANA

Áreas Verdes Locales

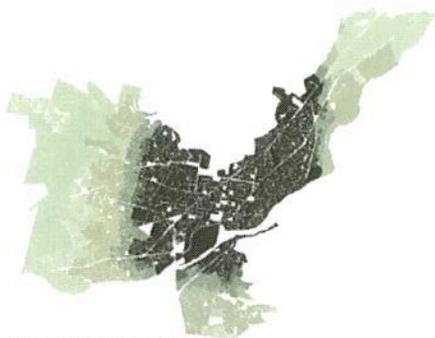


ÁREA VERDE POR HABITANTE

< 1,91 1,91 - 3,06 3,07 - 4,96 4,97 - 8,08 > 8,08



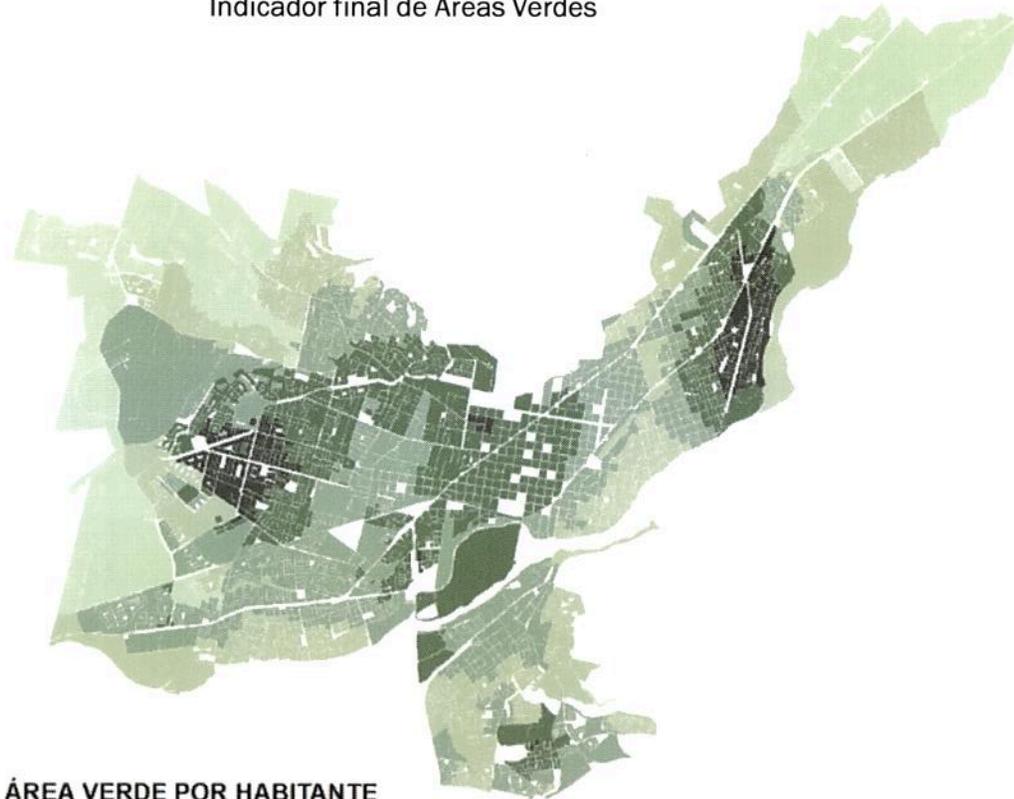
Áreas Verdes Metropolitanas
(con asignación a toda la ciudad)



ÁREA VERDE POR HABITANTE

< 12,24 12,24 - 13,86 13,87 - 14,55 14,56 - 14,84 > 14,84

Indicador final de Áreas Verdes



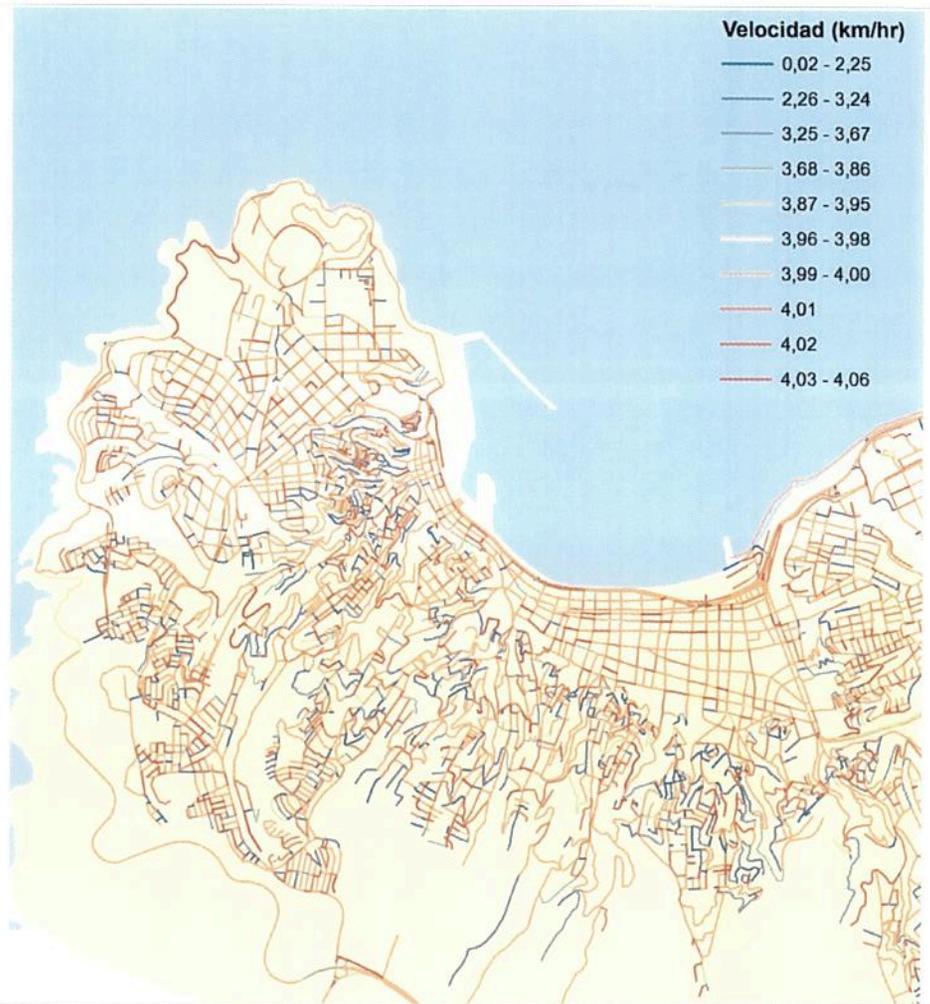
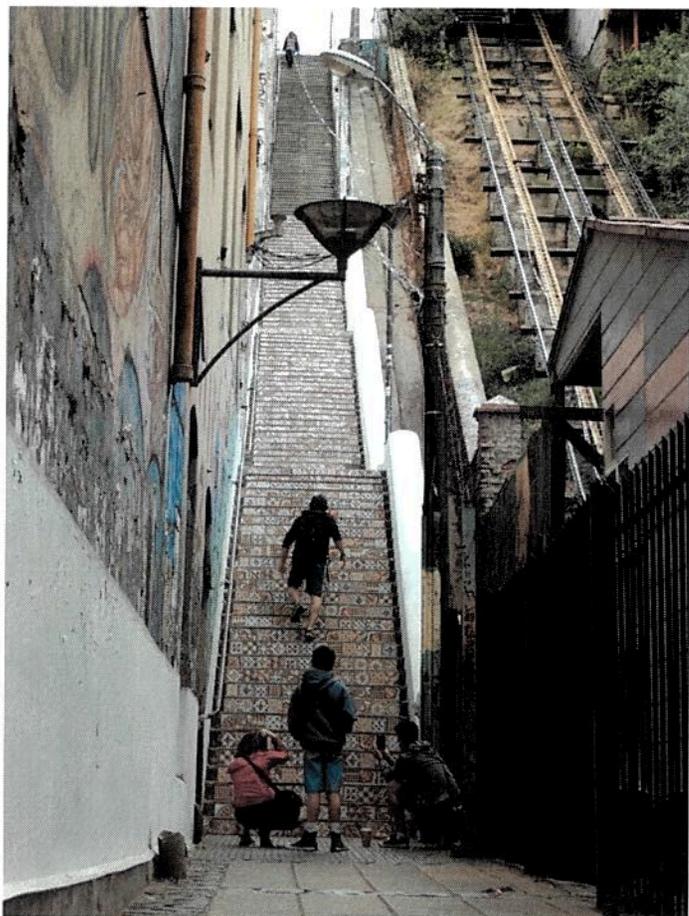
ÁREA VERDE POR HABITANTE

> 13,68 13,68 - 16,59 16,60 - 19,14 19,15 - 22,38 > 22,38



1.2 INDICADORES BIENESTAR TERRITORIAL

CONSIDERACIÓN IMPEDANCIA TOPOGRÁFICA



1.2 INDICADORES BIENESTAR TERRITORIAL

CONSIDERACIÓN IMPEDANCIA EMPÍRICA

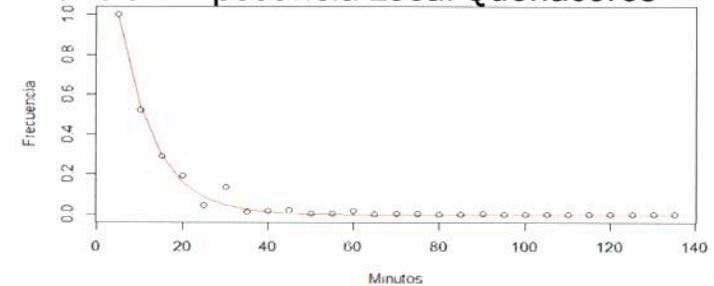
Local

- Establecimiento de tiempo de viaje de acuerdo a disposición a desplazarse a distintos equipamientos en modo transporte pedestre Desde la EOD (Encuesta Origen Destino). Se establece una mayor propensión de tiempo a equipamientos de recreación por sobre los quehaceres.

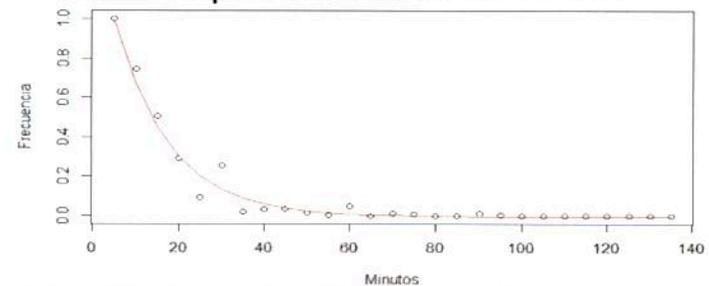
Metropolitano

- Establecimiento de tiempo de viaje de acuerdo a disposición a desplazarse a distintos equipamientos en modo transporte motorizado. No se diferencia la recreación de los quehaceres.

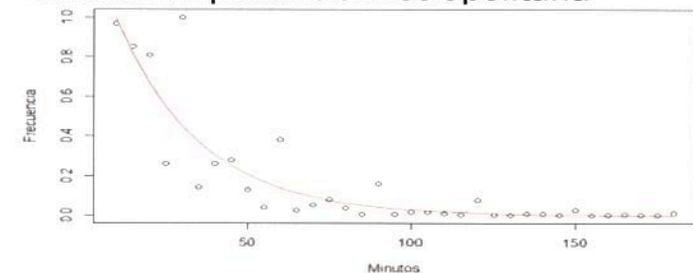
Función impedancia Local Quehaceres



Función impedancia Local Recreación



Función impedancia Metropolitana



1.2 INDICADORES BIENESTAR TERRITORIAL

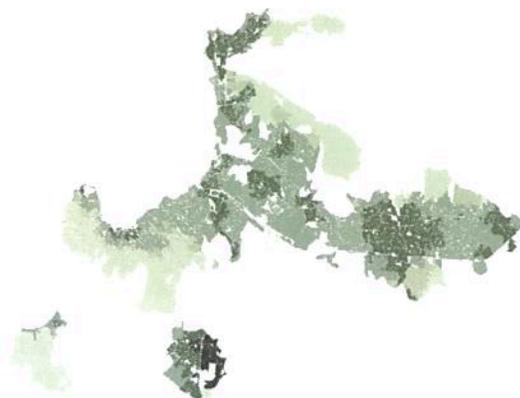
INDICADORES DE ACCESIBILIDAD EN EL ENTORNO



INDICADOR DE ÁREAS VERDES



GRAN SANTIAGO
TOTAL: 3,74 M2/HAB



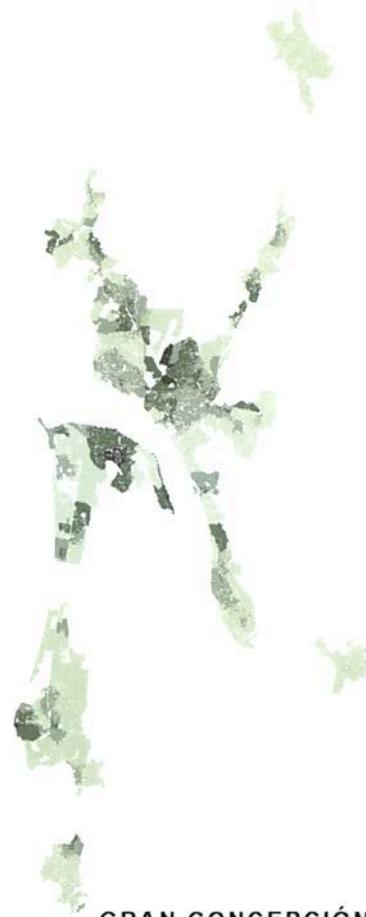
GRAN VALPARAISO
TOTAL: 4,50 M2/HAB



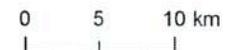
IQUIQUE
TOTAL: 1,37 M2/HAB



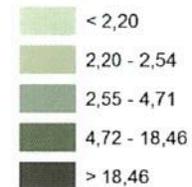
TEMUCO
TOTAL: 17,85 M2/HAB



GRAN CONCEPCIÓN
TOTAL: 3,47 M2/HAB



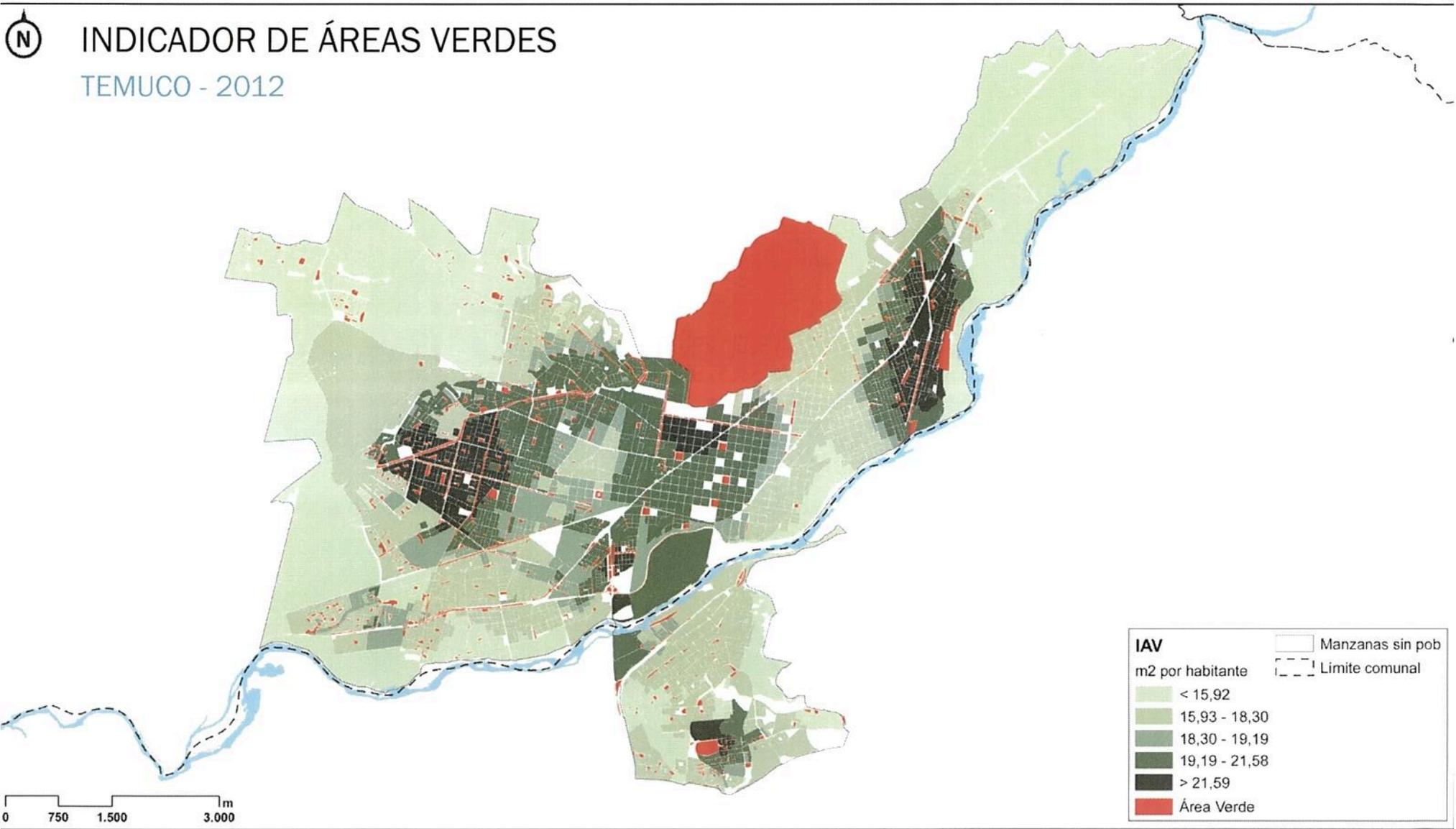
M2/HAB





INDICADOR DE ÁREAS VERDES

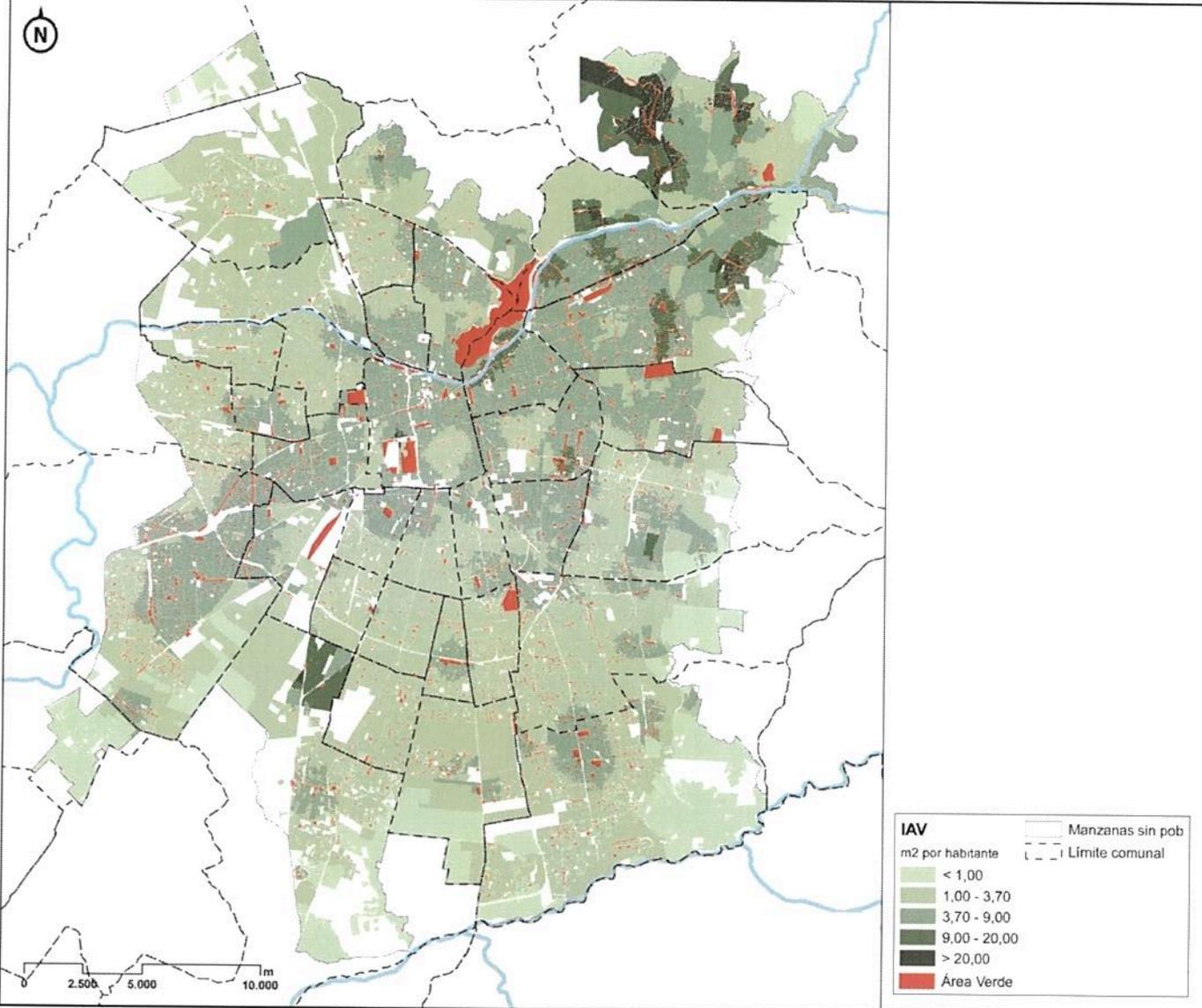
TEMUCO - 2012



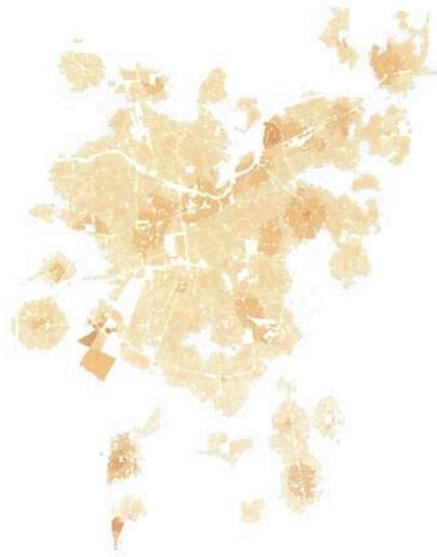
IAV	Manzanas sin pob
m ² por habitante	Limite comunal
< 15,92	
15,93 - 18,30	
18,30 - 19,19	
19,19 - 21,58	
> 21,59	
Área Verde	

INDICADOR DE ÁREAS VERDES

GRAN SANTIAGO - 2012



INDICADOR DE EQUIPAMIENTOS CULTURALES



GRAN SANTIAGO
TOTAL: 0,11 M2/HAB



GRAN VALPARAISO
TOTAL: 0,13 M2/HAB



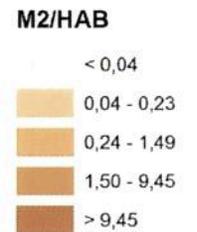
IQUIQUE
TOTAL: 0,09 M2/HAB



TEMUCO
TOTAL: 0,26 M2/HAB



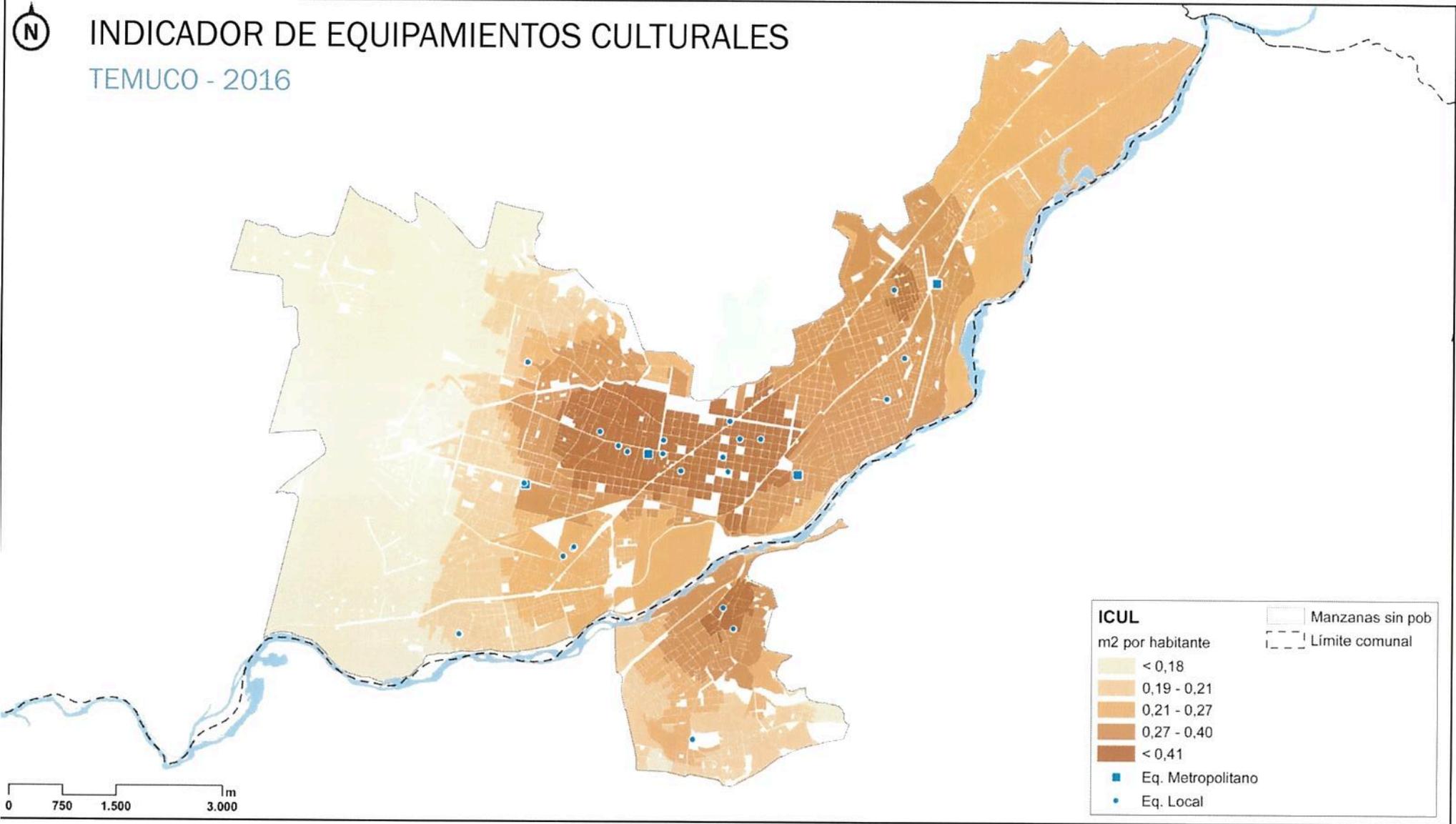
GRAN CONCEPCIÓN
TOTAL: 0,19 M2/HAB



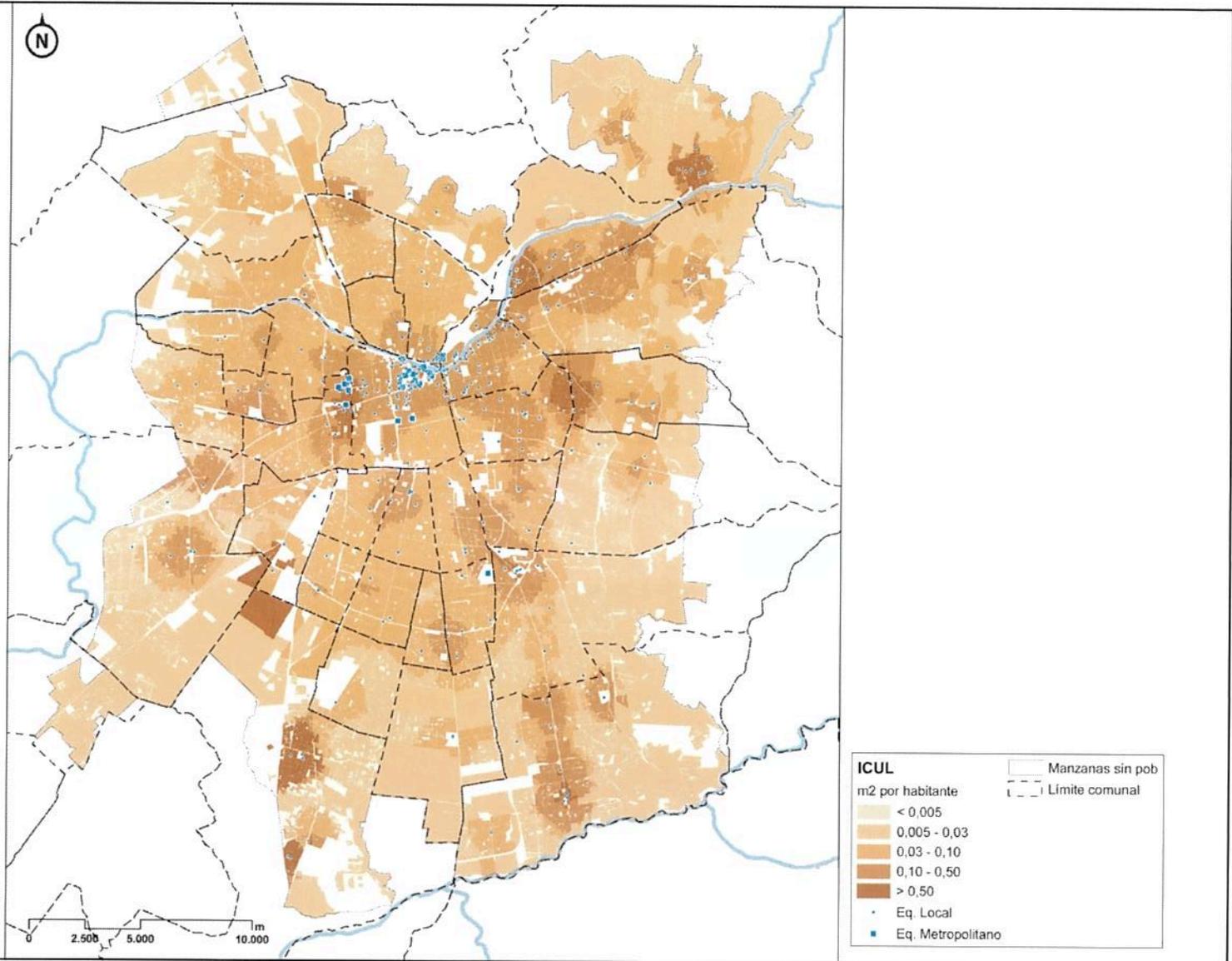


INDICADOR DE EQUIPAMIENTOS CULTURALES

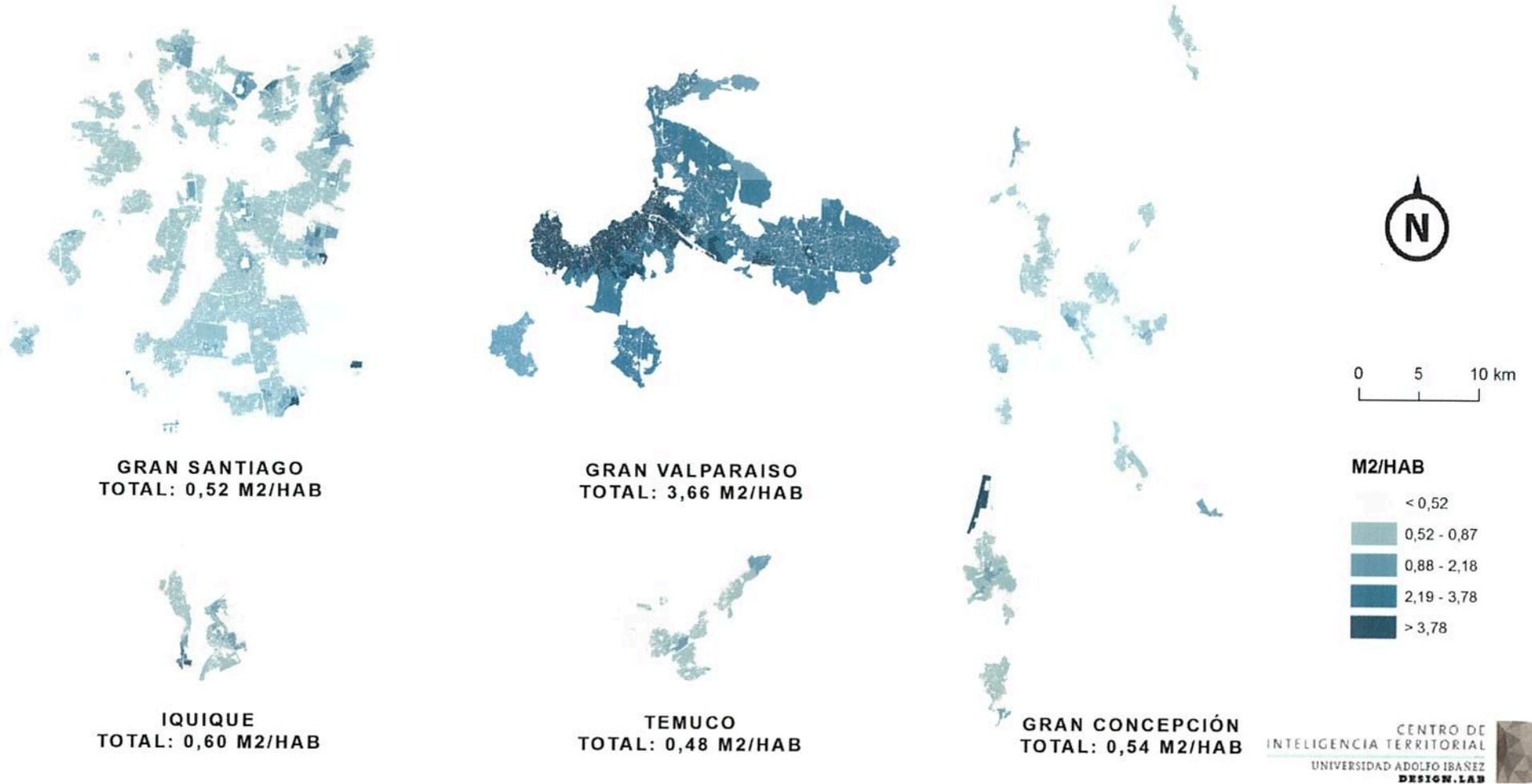
TEMUCO - 2016



INDICADOR DE
EQUIPAMIENTOS
CULTURALES
GRAN SANTIAGO - 2016



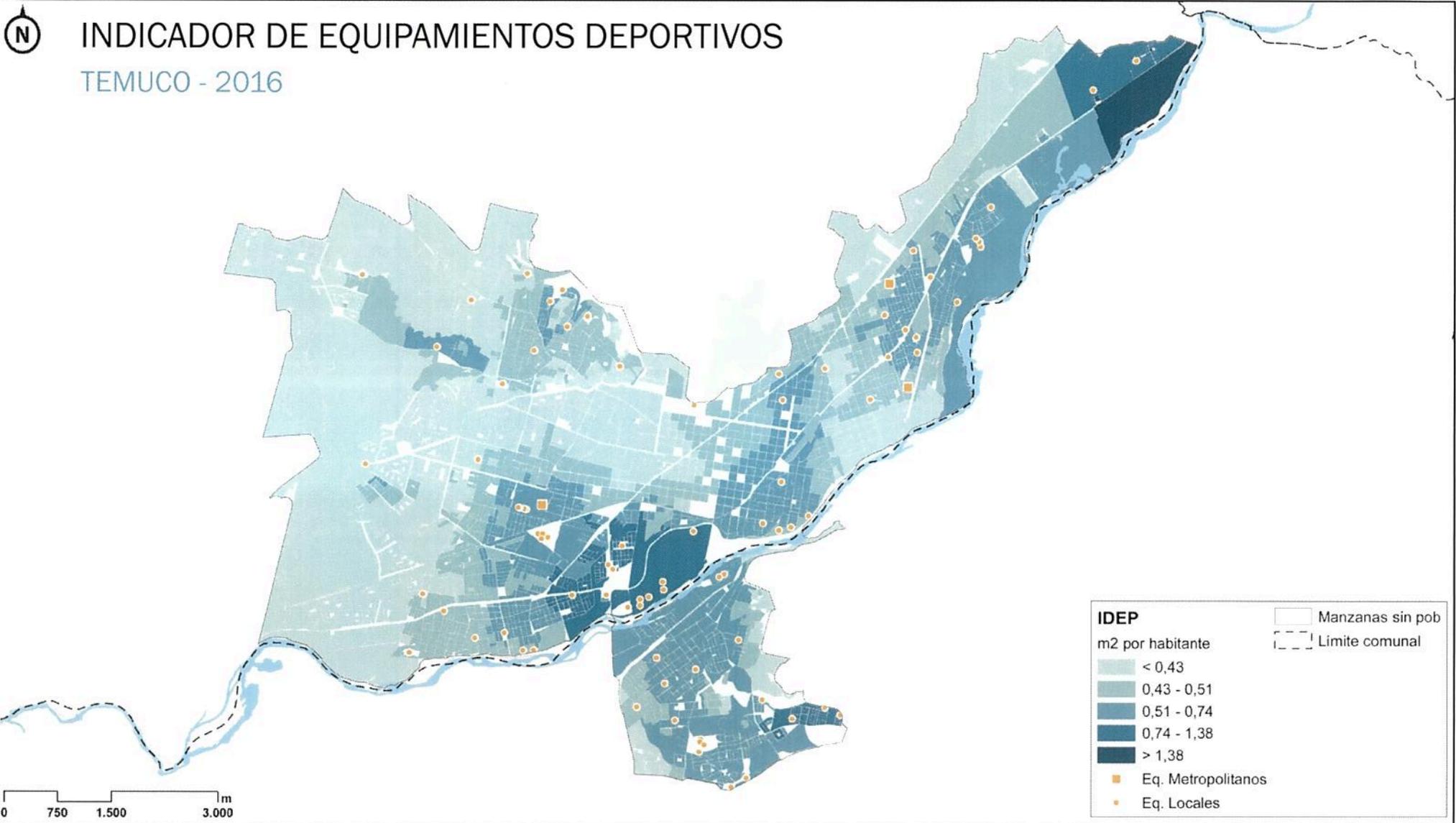
INDICADOR DE EQUIPAMIENTOS DEPORTIVOS





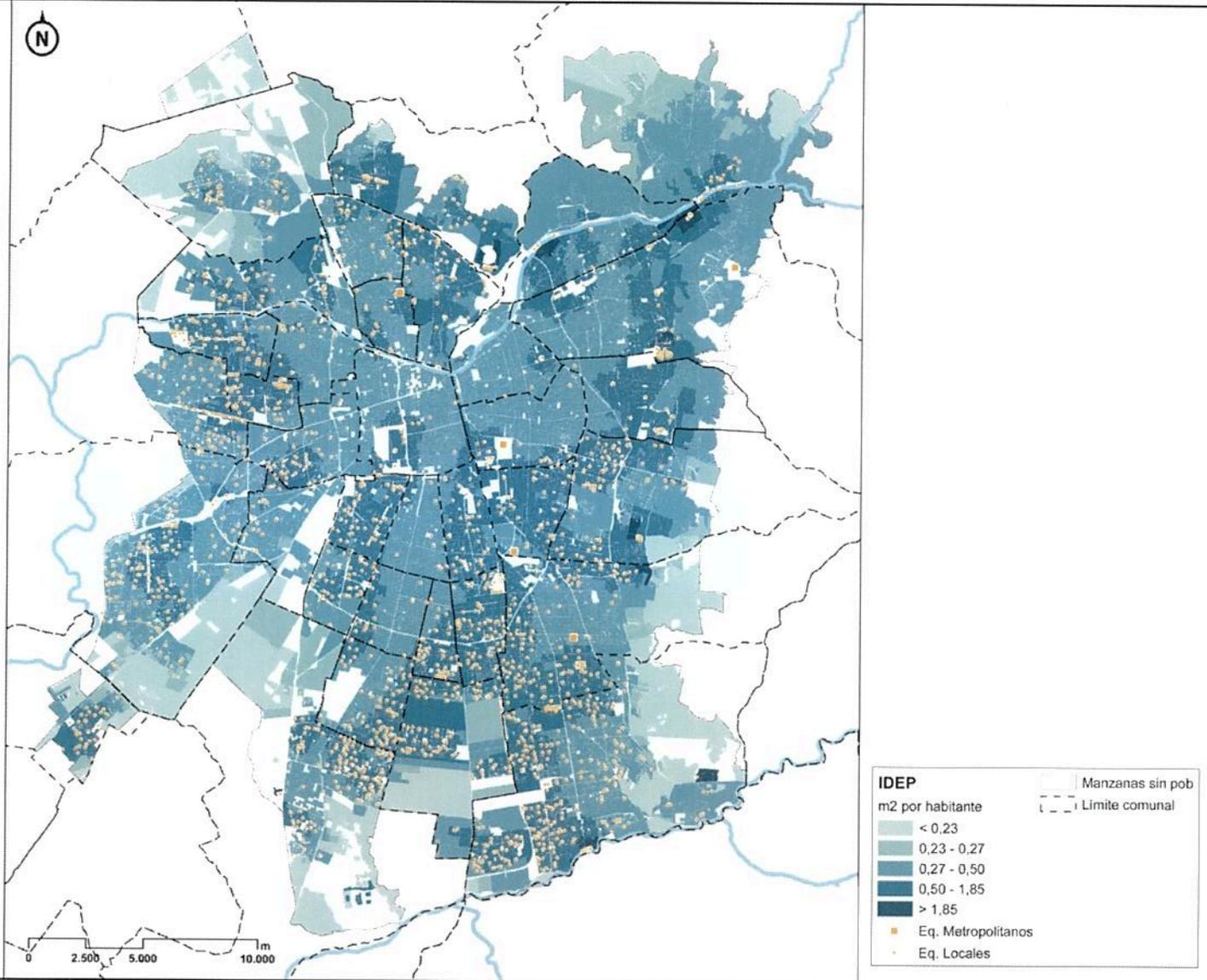
INDICADOR DE EQUIPAMIENTOS DEPORTIVOS

TEMUCO - 2016



0 750 1.500 3.000 m

INDICADOR DE
EQUIPAMIENTOS
DEPORTIVOS
GRAN SANTIAGO - 2016



INDICADOR DE EQUIPAMIENTOS DE SALUD



GRAN SANTIAGO
TOTAL: 0,42 M2/HAB



GRAN VALPARAISO
TOTAL: 1,96 M2/HAB



IQUIQUE
TOTAL: 0,29 M2/HAB



TEMUCO
TOTAL: 0,35 M2/HAB

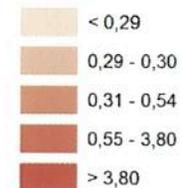


GRAN CONCEPCIÓN
TOTAL: 0,36 M2/HAB



0 5 10 km

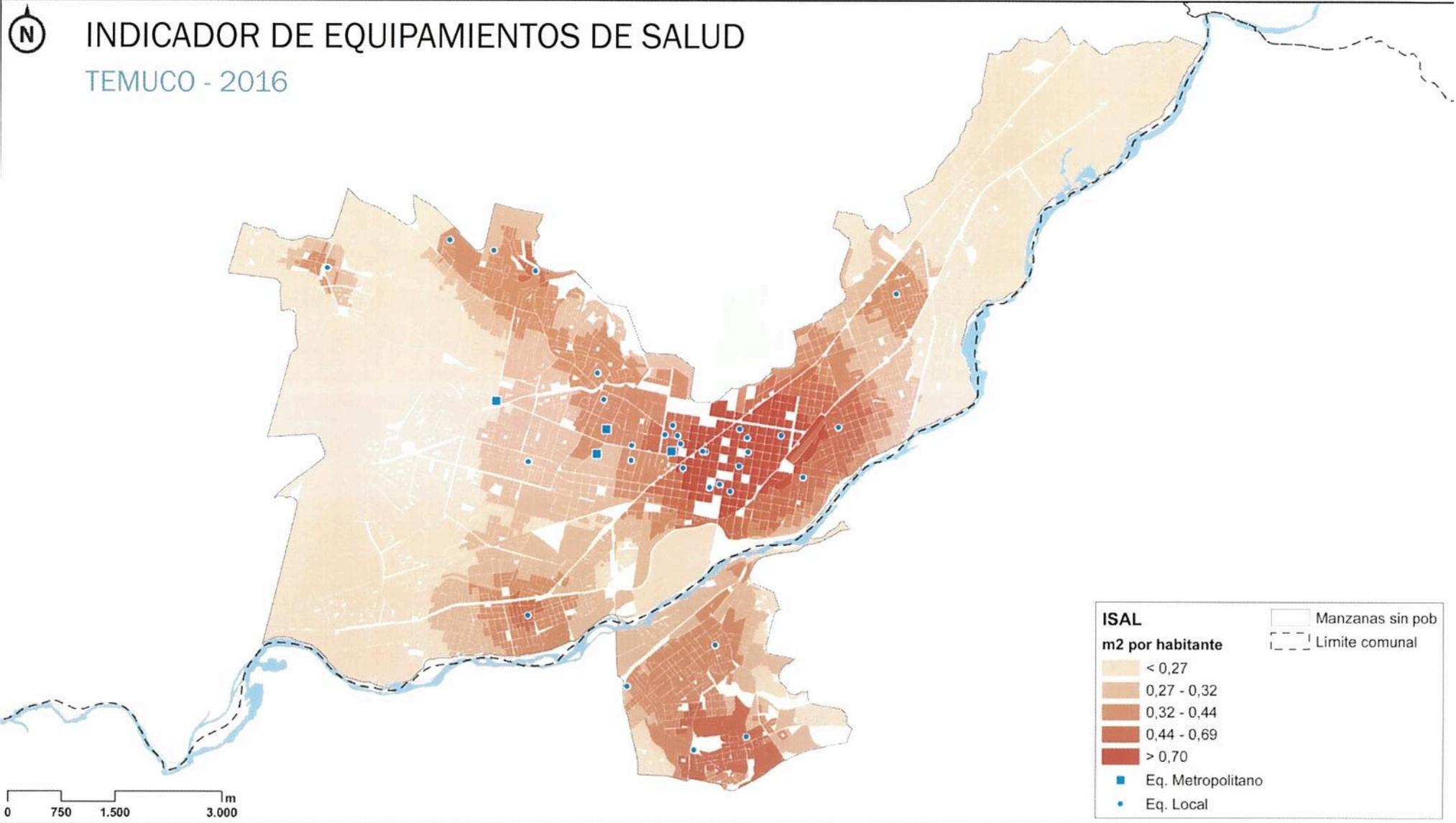
M2/HAB





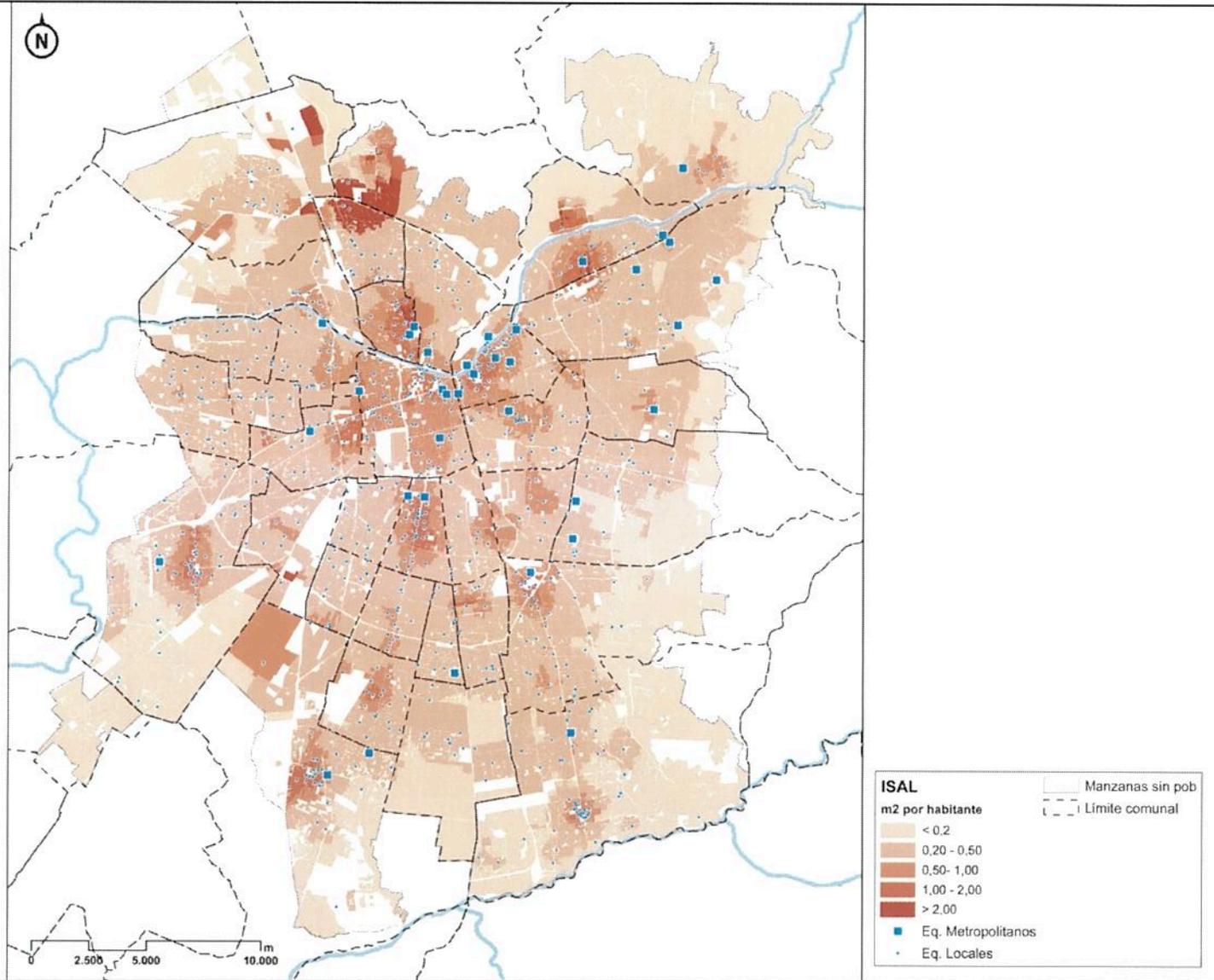
INDICADOR DE EQUIPAMIENTOS DE SALUD

TEMUCO - 2016



INDICADOR DE EQUIPAMIENTOS DE SALUD

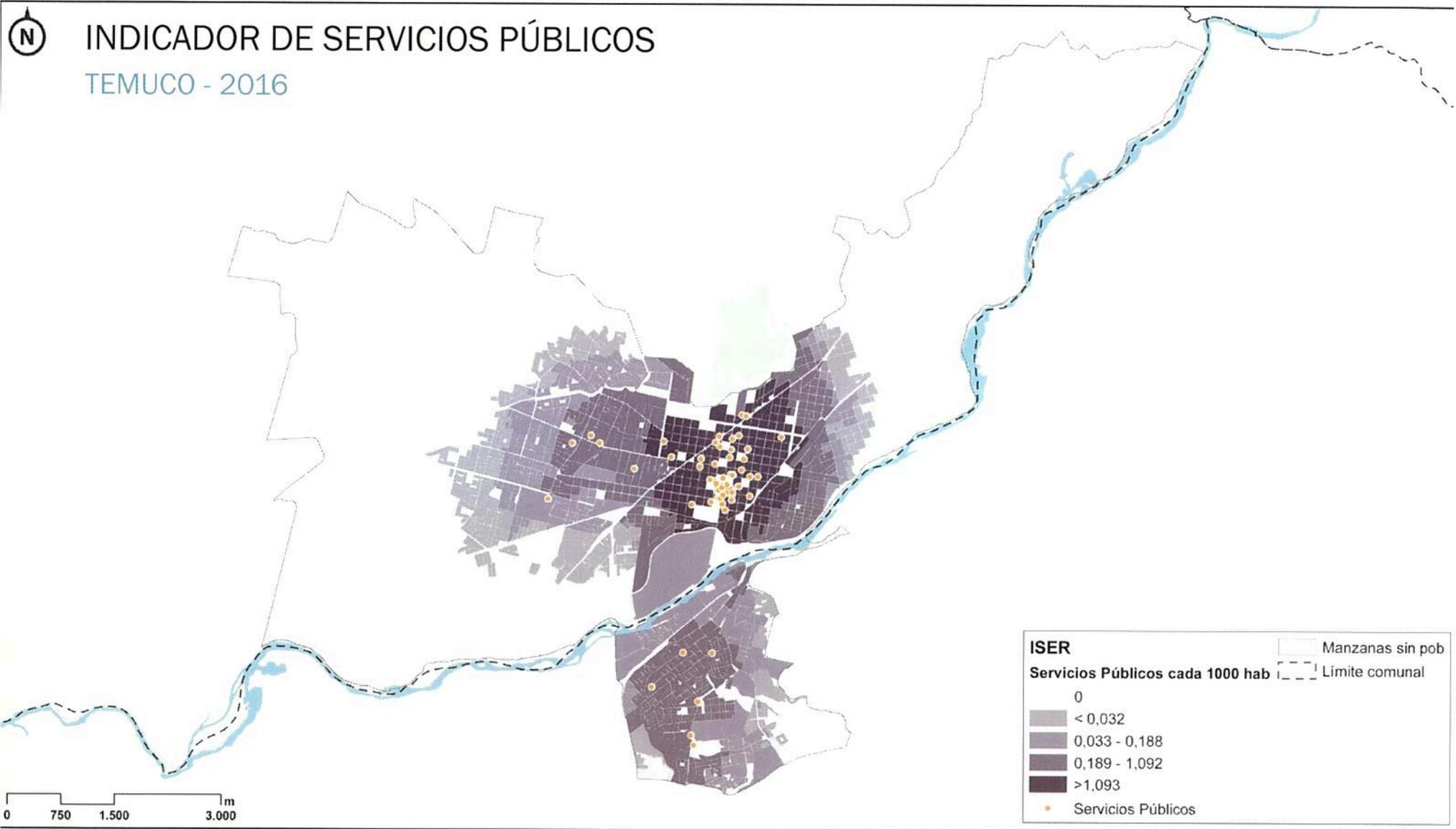
GRAN SANTIAGO - 2016



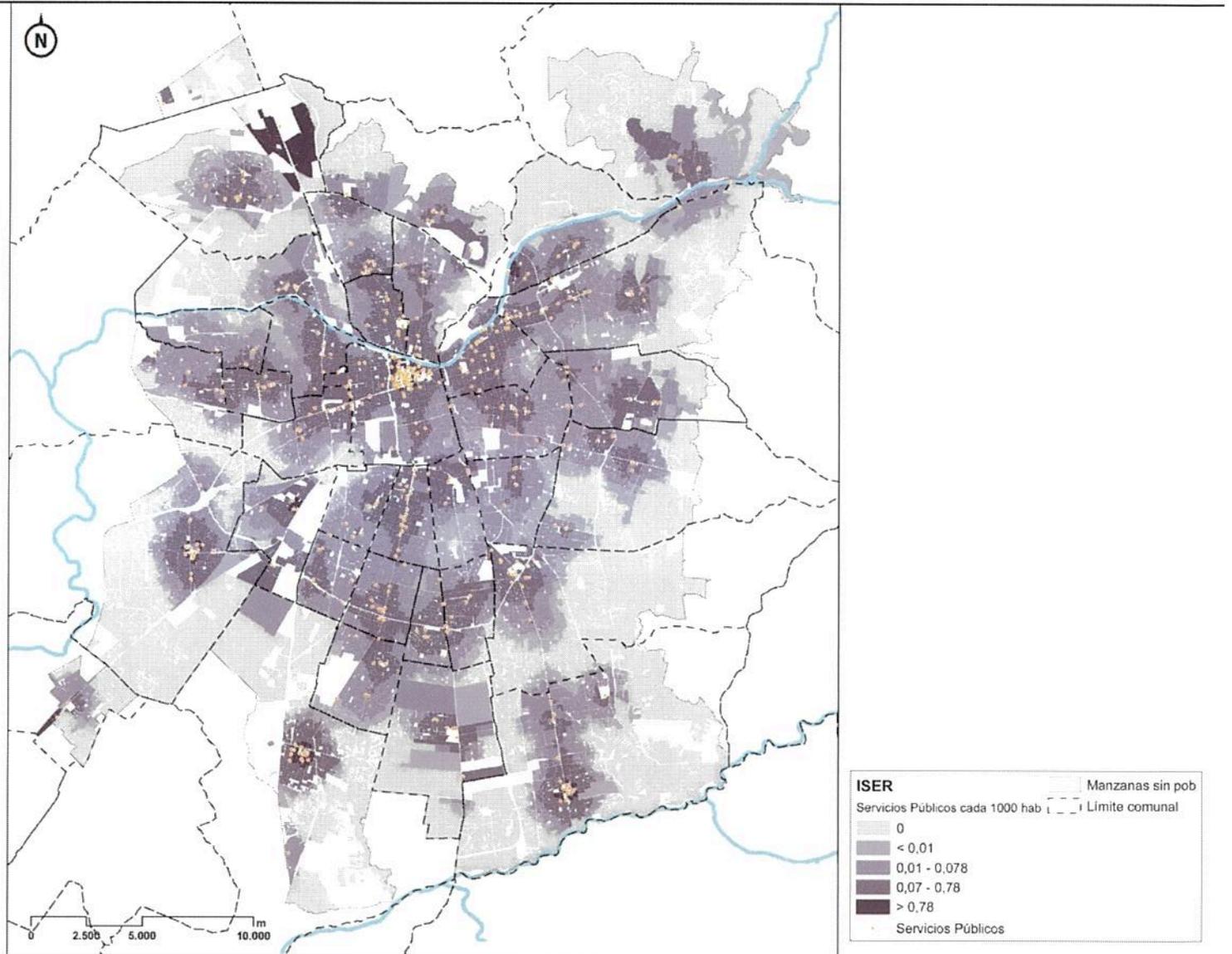
INDICADOR DE SERVICIOS PÚBLICOS



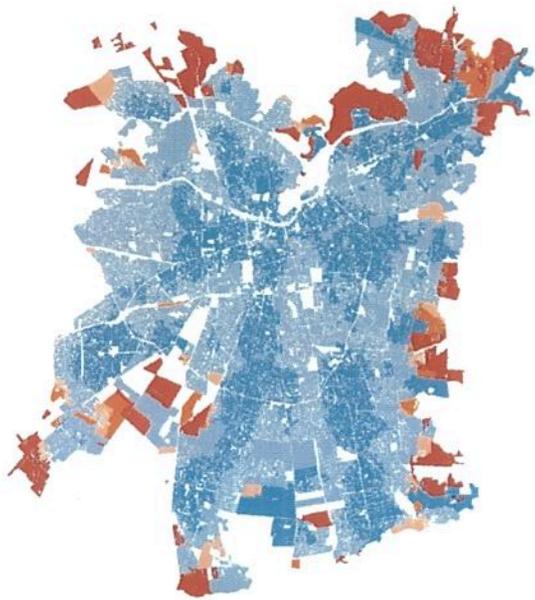
INDICADOR DE SERVICIOS PÚBLICOS
TEMUCO - 2016



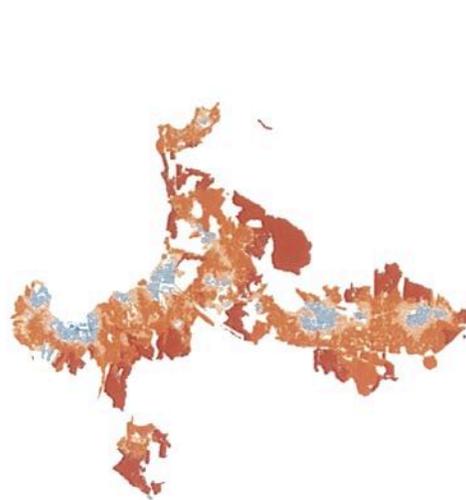
INDICADOR DE
SERVICIOS
PÚBLICOS
GRAN SANTIAGO - 2016



INDICADOR DE SERVICIO DE EDUCACIÓN



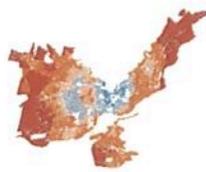
GRAN SANTIAGO
TOTAL: 4,62 MATR/NIÑO



GRAN VALPARAISO
TOTAL: 0,50 MATR/NIÑO



IQUIQUE
TOTAL: 1,38 MATR/NIÑO



TEMUCO
TOTAL: 0,46 MATR/NIÑO



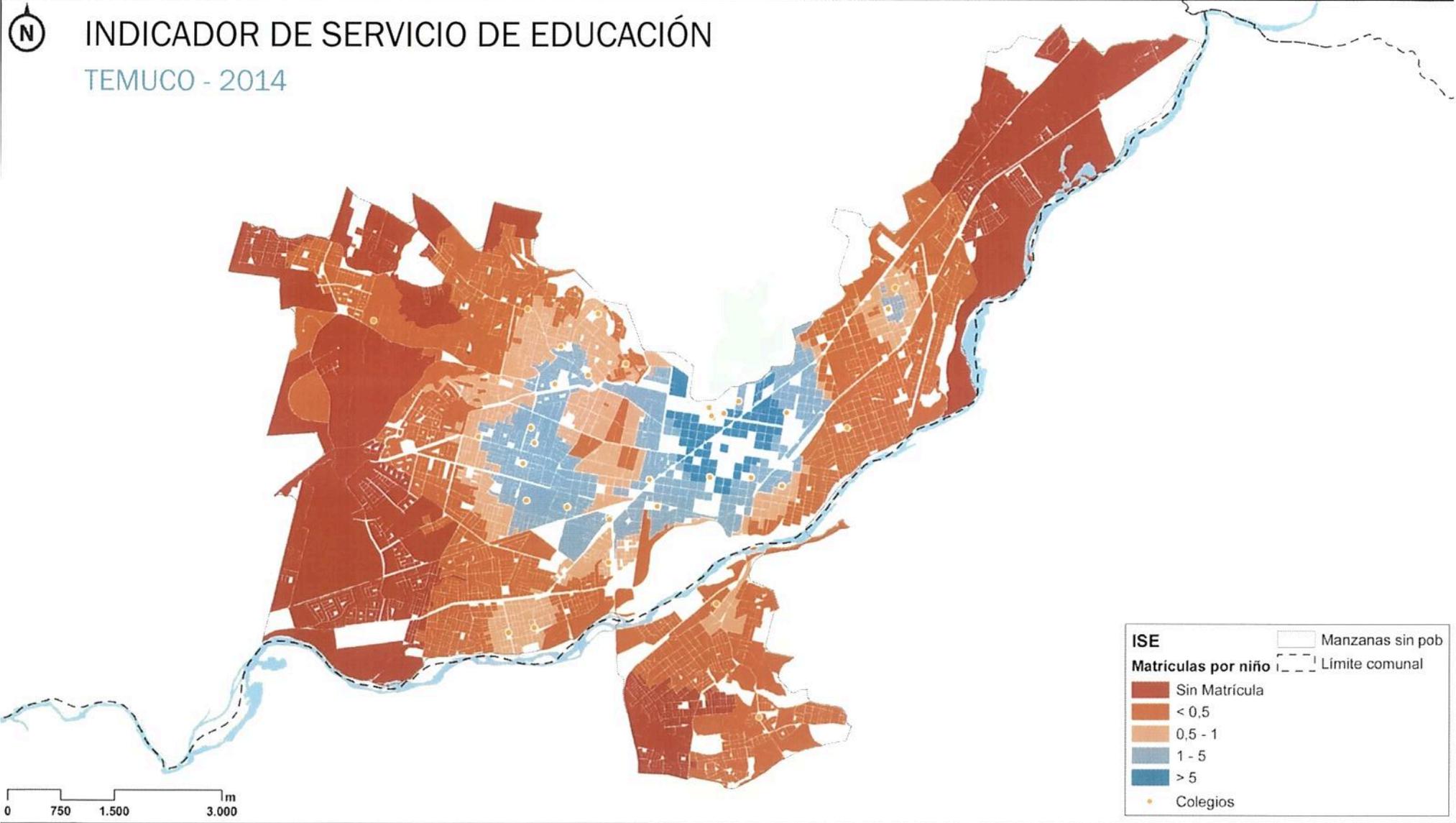
GRAN CONCEPCIÓN
TOTAL: 0,69 MATR/NIÑO



Matriculas por niño



INDICADOR DE SERVICIO DE EDUCACIÓN
TEMUCO - 2014



ISE

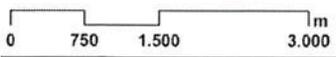
Matriculas por niño

- Sin Matricula
- < 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 5
- > 5

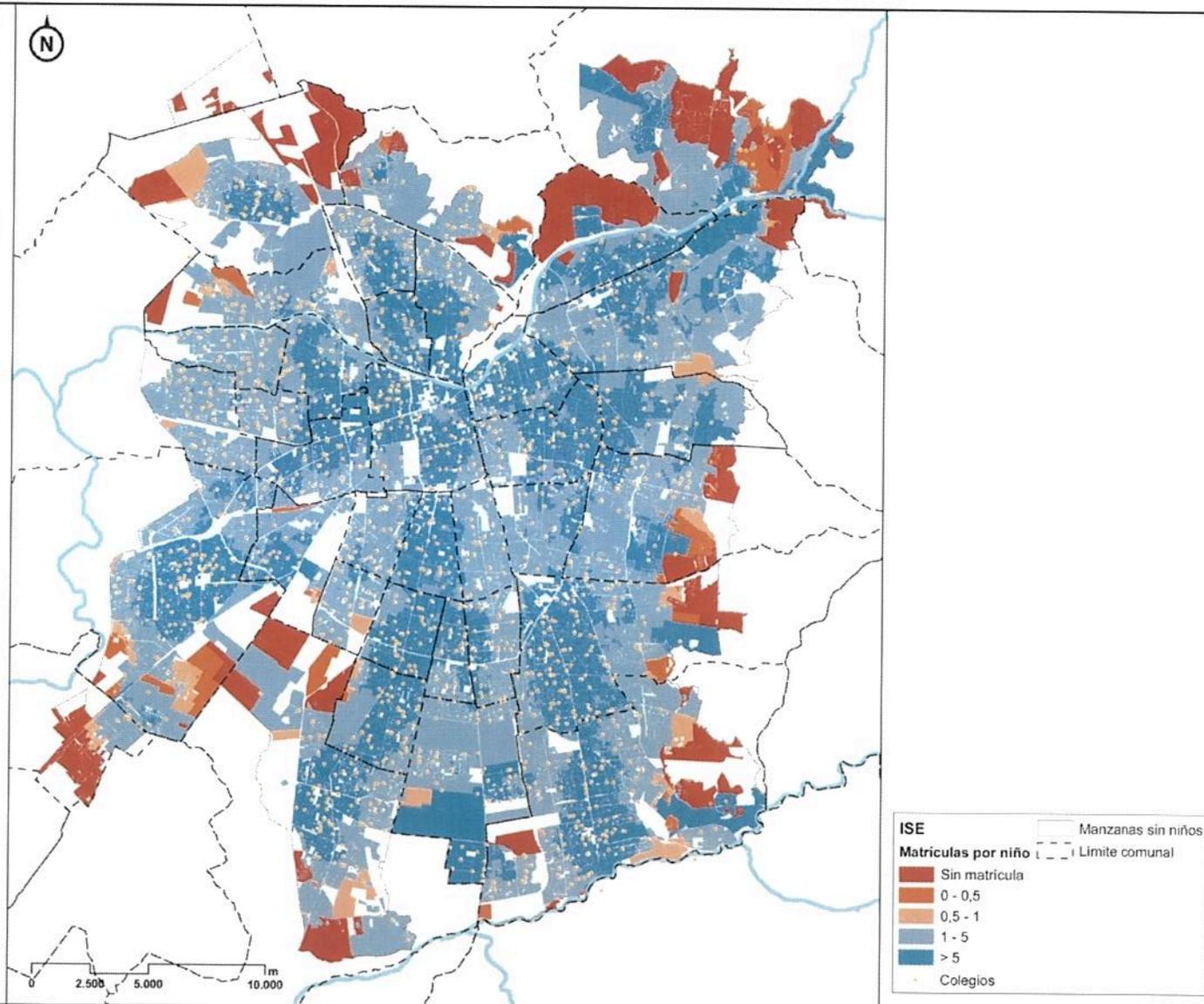
Manzanas sin pob

Límite comunal

• Colegios



INDICADOR DE
SERVICIOS
PÚBLICOS
GRAN SANTIAGO - 2016



1.2 INDICADORES BIENESTAR TERRITORIAL

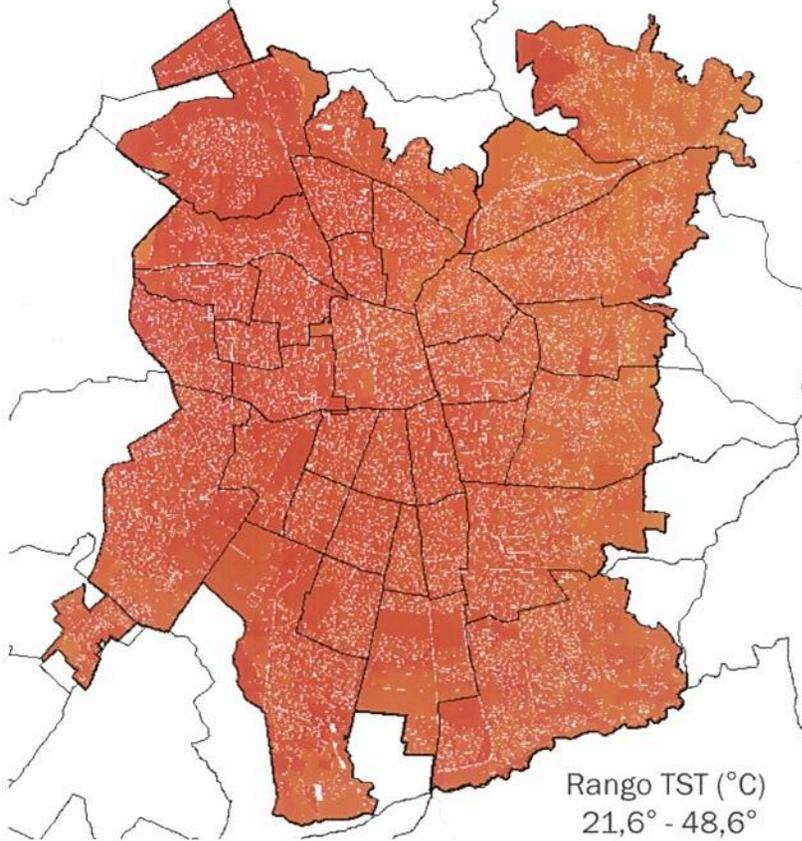
INDICADORES AMBIENTALES



INDICADOR DE AMPLITUD TÉRMICA ANUAL

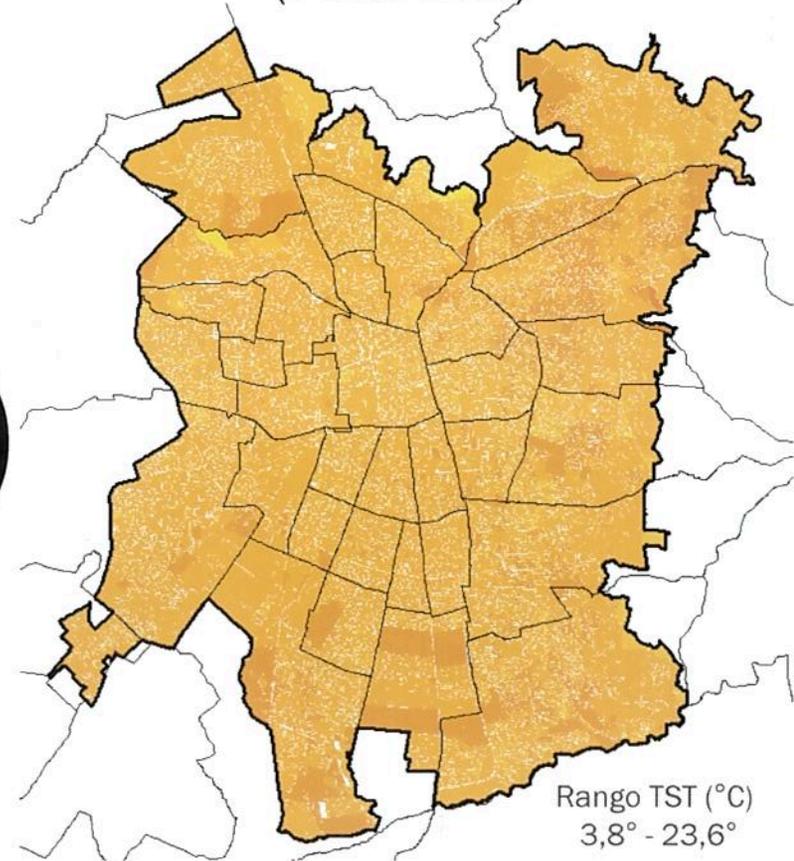
CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR

TST verano
(9 Enero 2014)



(-)

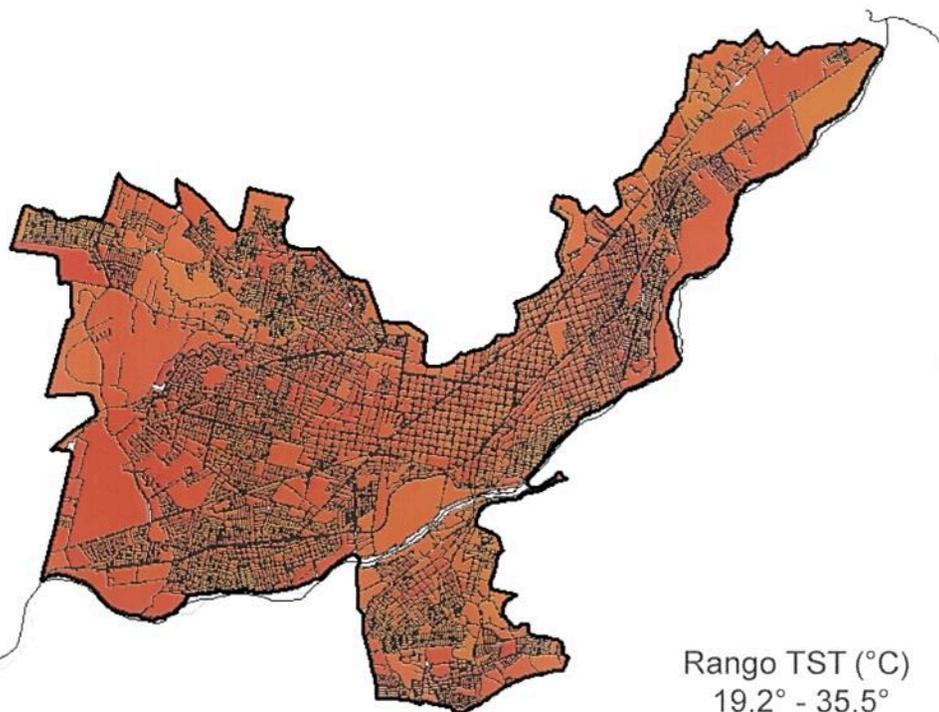
TST Invierno
(7 Julio 2013)



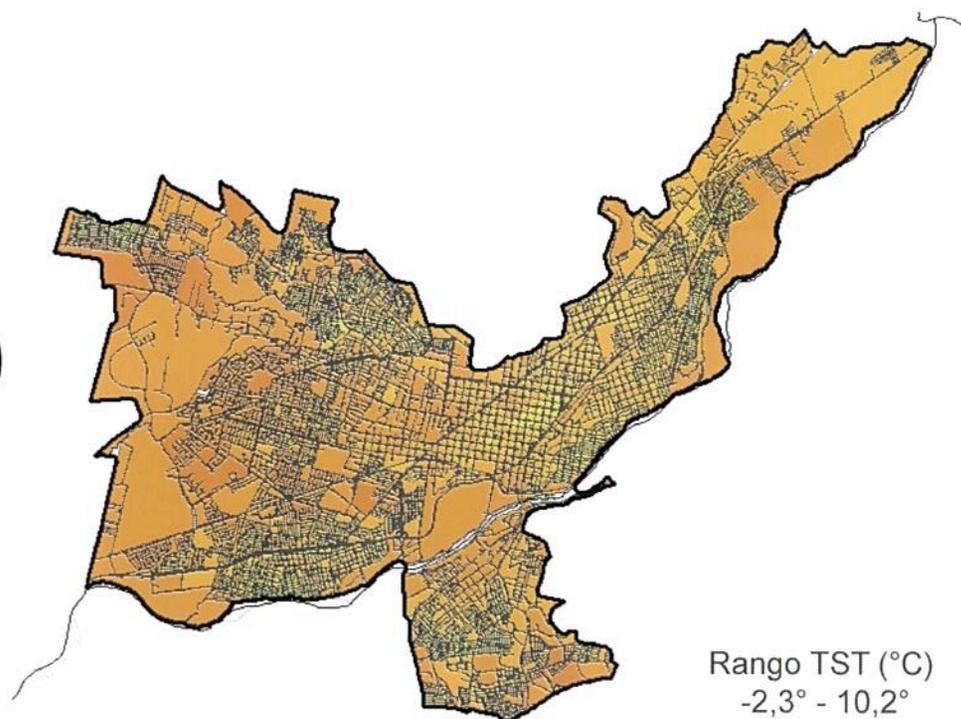
INDICADOR DE AMPLITUD TÉRMICA ANUAL

TST verano
(10 Febrero 2014)

TST Invierno
(18 Junio 2014)



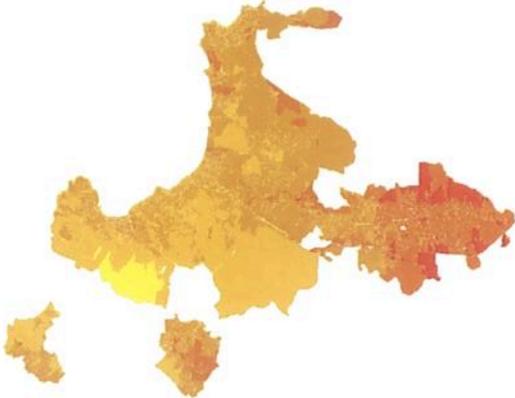
(-)



INDICADOR DE AMPLITUD TÉRMICA ANUAL



GRAN SANTIAGO
TOTAL: 20,91°C



GRAN VALPARAISO
TOTAL: 17,19°C



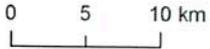
GRAN CONCEPCIÓN
TOTAL: 10,34°C



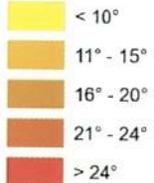
IQUIQUE
TOTAL: 8,74°C



TEMUCO
TOTAL: 22,39°C



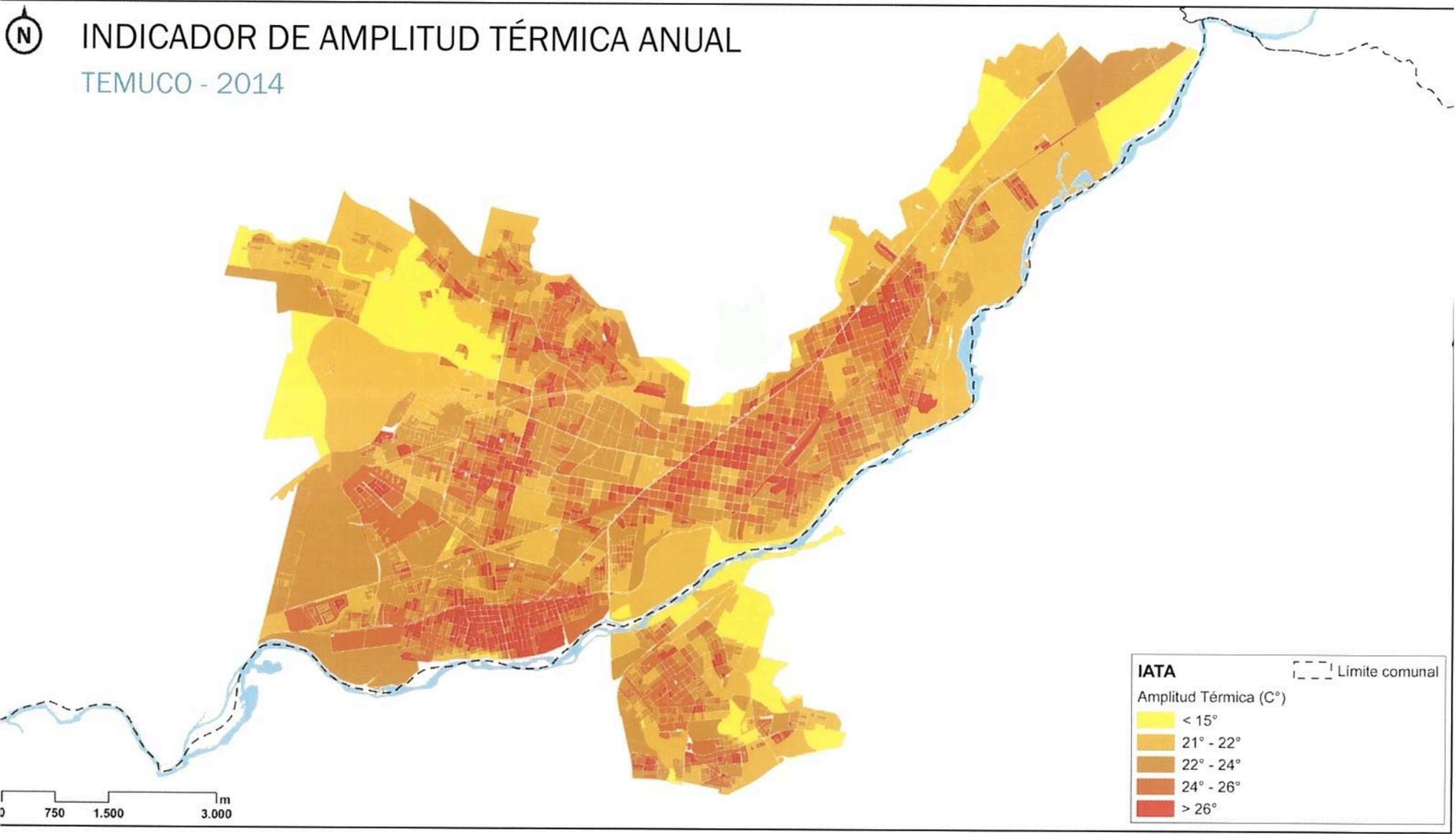
Amplitud térmica (°C)





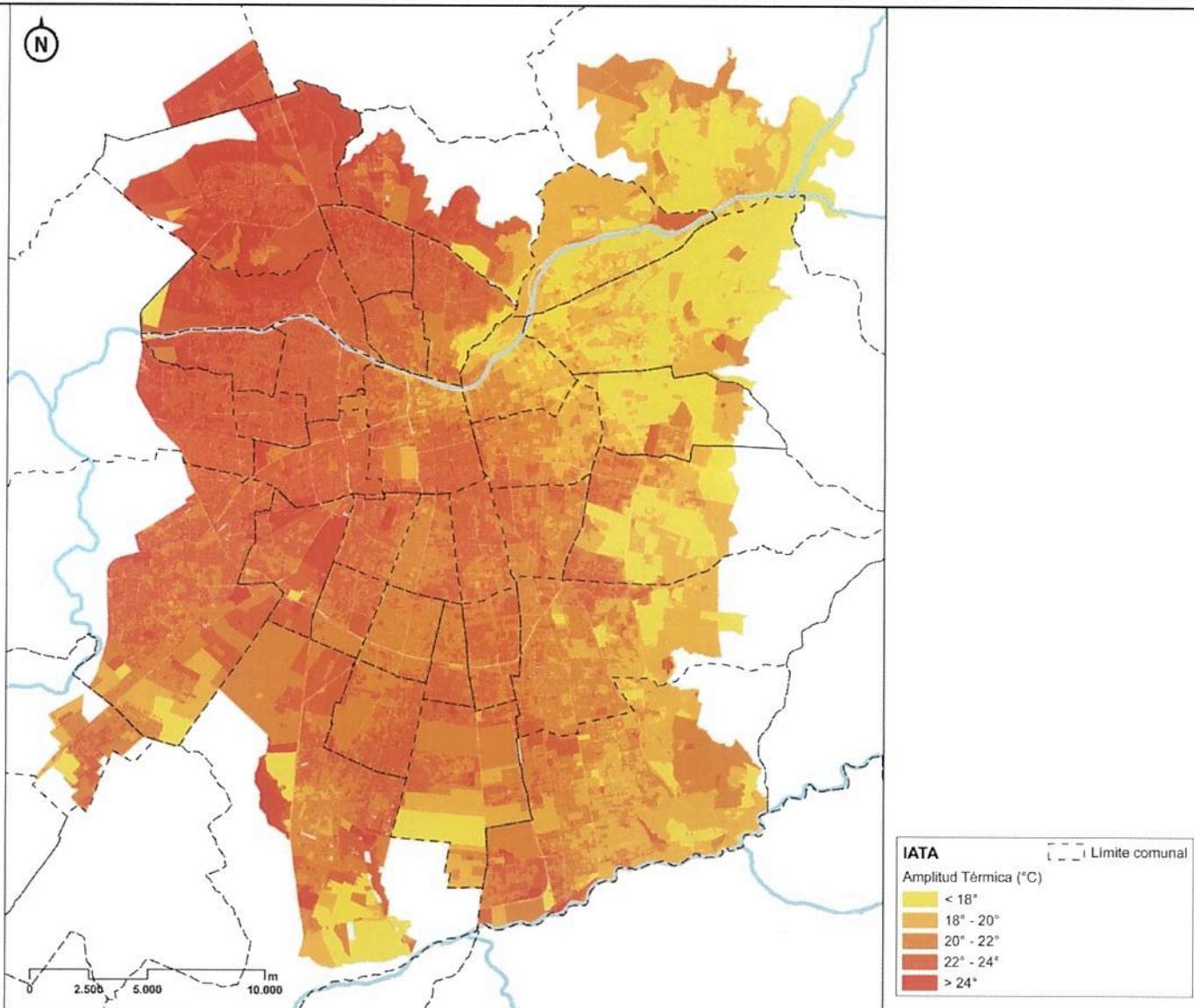
INDICADOR DE AMPLITUD TÉRMICA ANUAL

TEMUCO - 2014



INDICADOR DE
AMPLITUD TÉRMICA
ANUAL

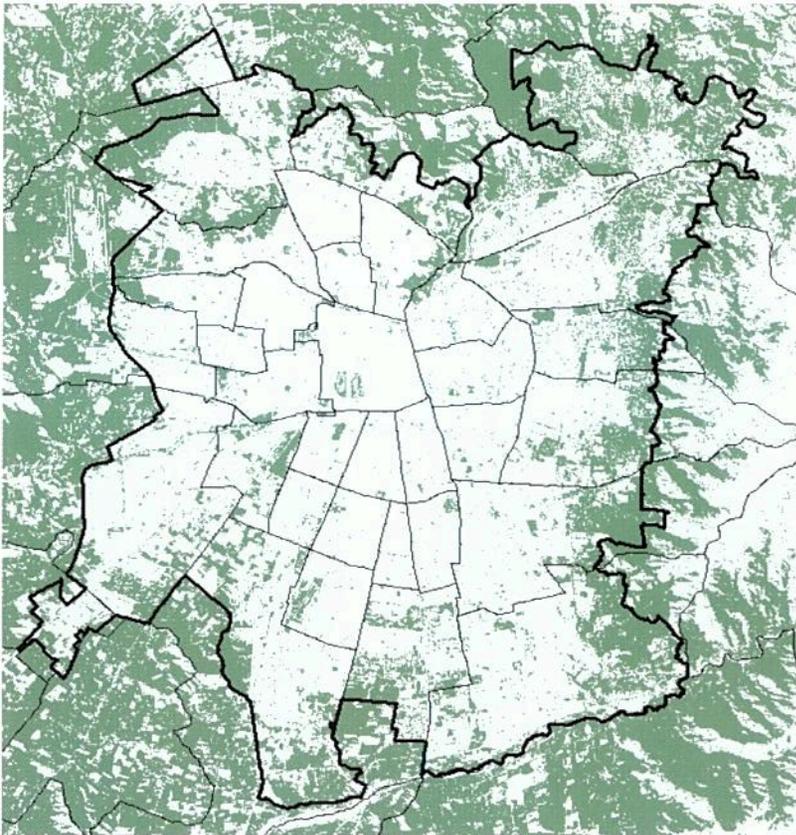
GRAN SANTIAGO
2013/2014



INDICADOR DE COBERTURA VEGETAL

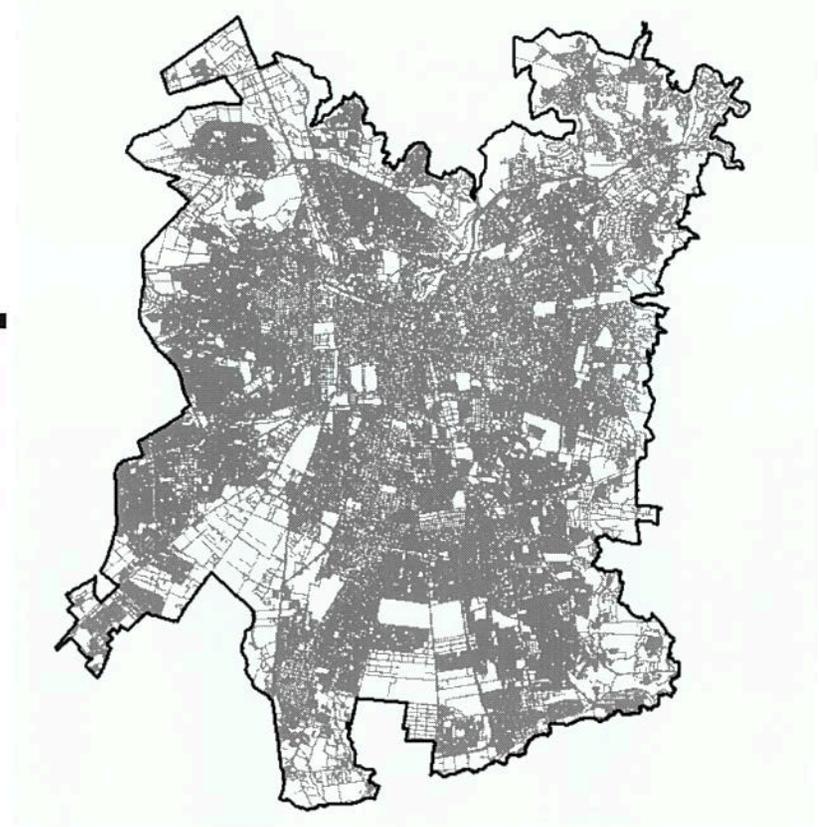
CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR

Cobertura vegetal



+

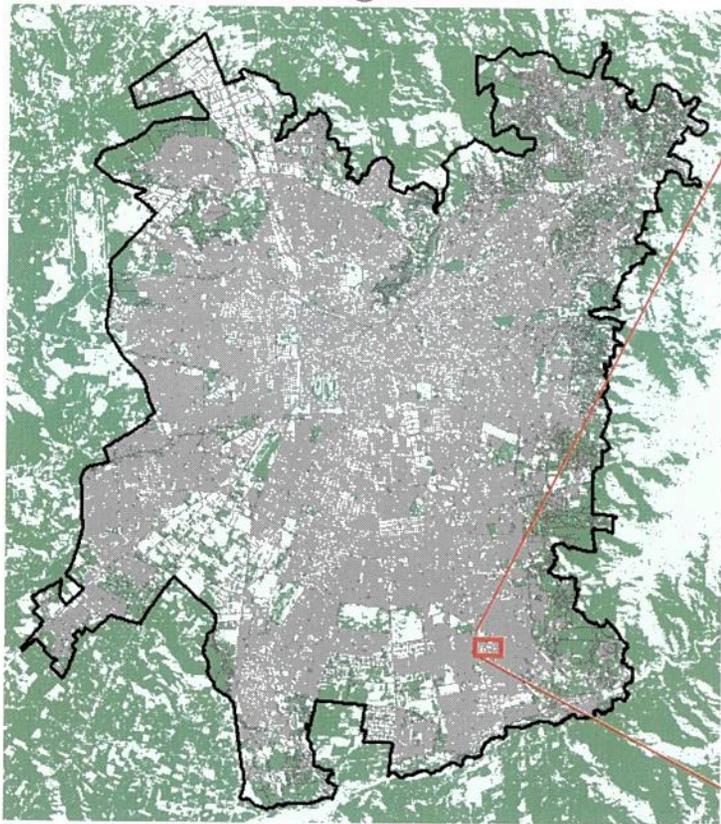
Manzanas urbanas



INDICADOR DE COBERTURA VEGETAL

CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR

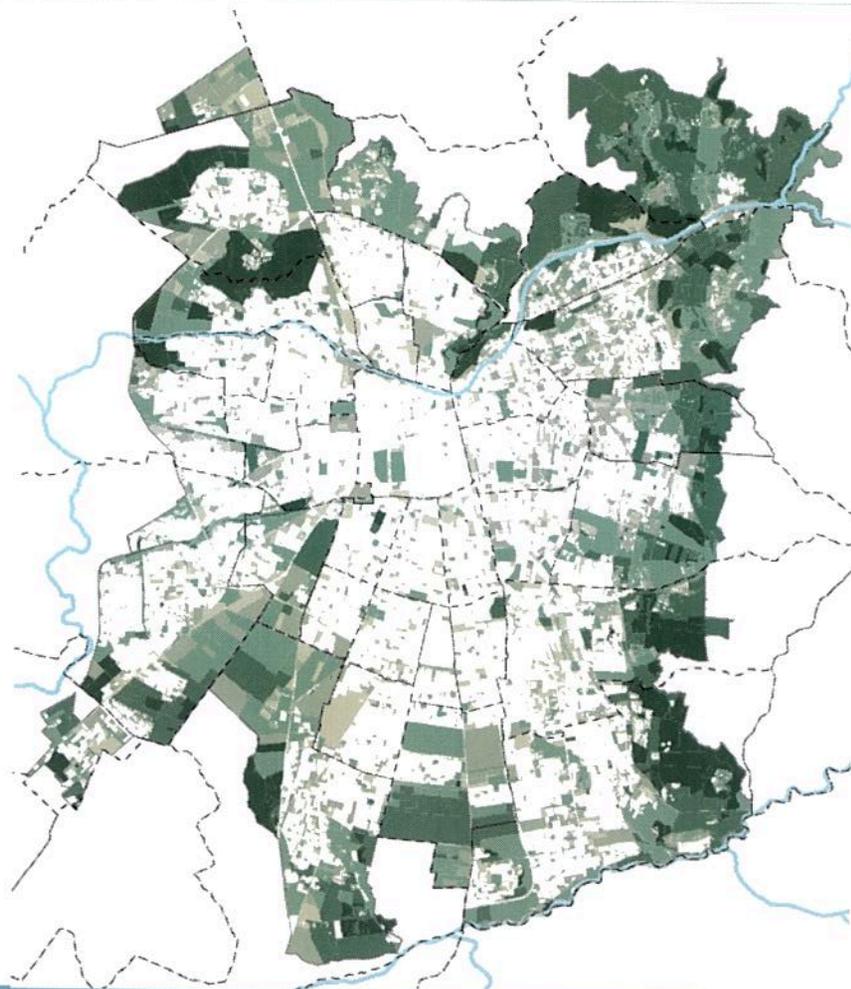
Cobertura vegetal urbana



Porcentaje vegetación urbana por manzana
(m² vegetación / m² manzana)



INDICADOR DE COBERTURA VEGETAL



ICV

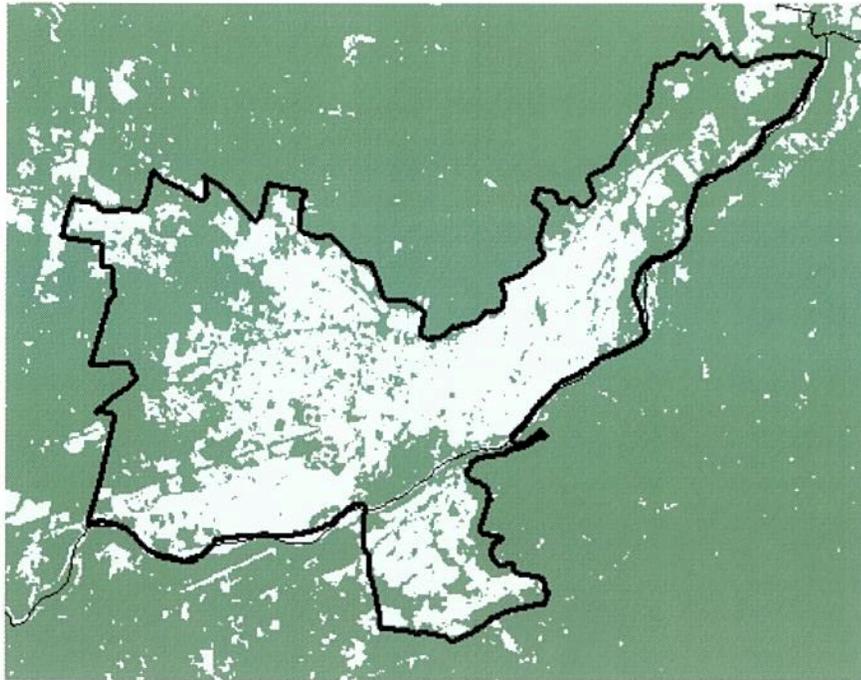
% Vegetación por manzana



INDICADOR DE COBERTURA VEGETAL

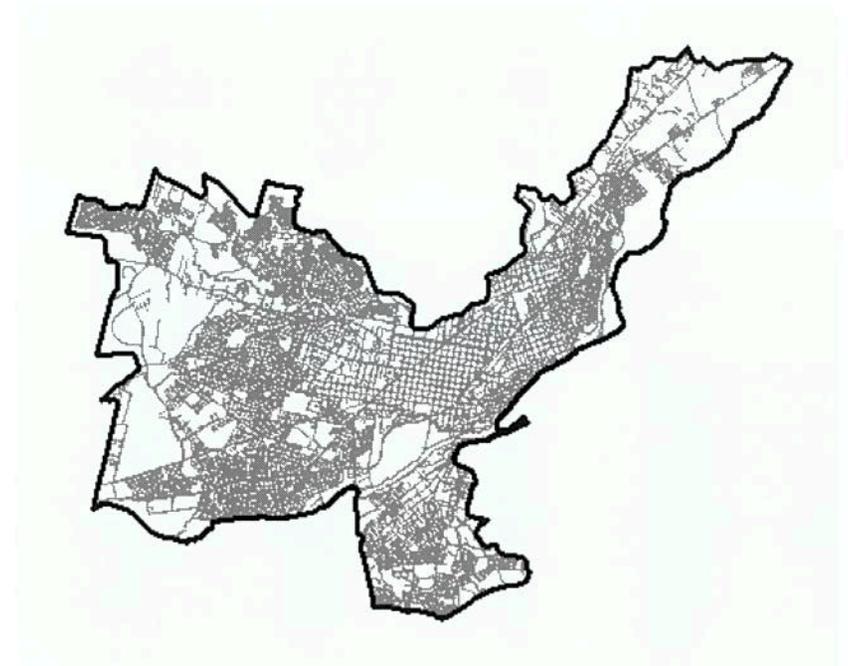
CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR

Cobertura vegetal



+

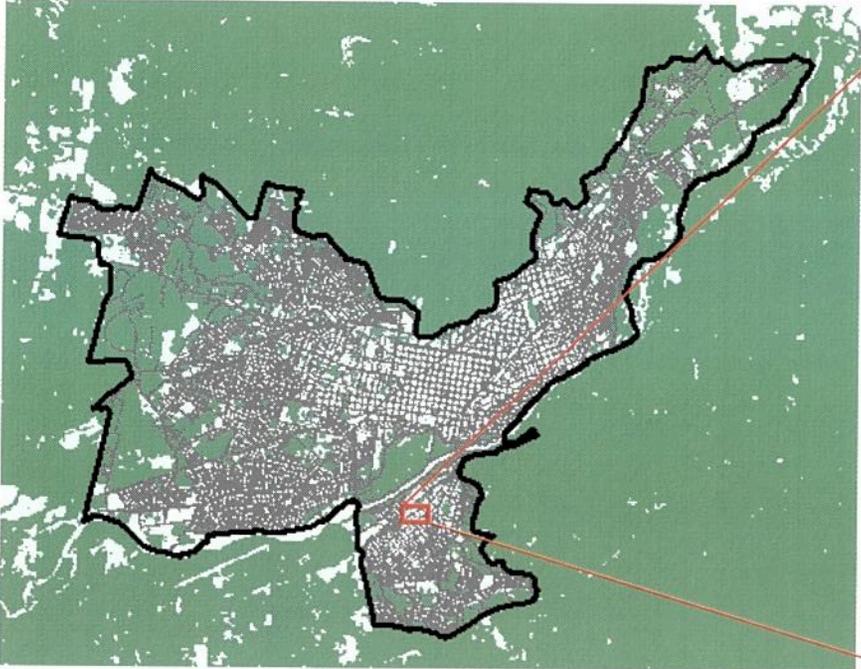
Manzanas urbanas



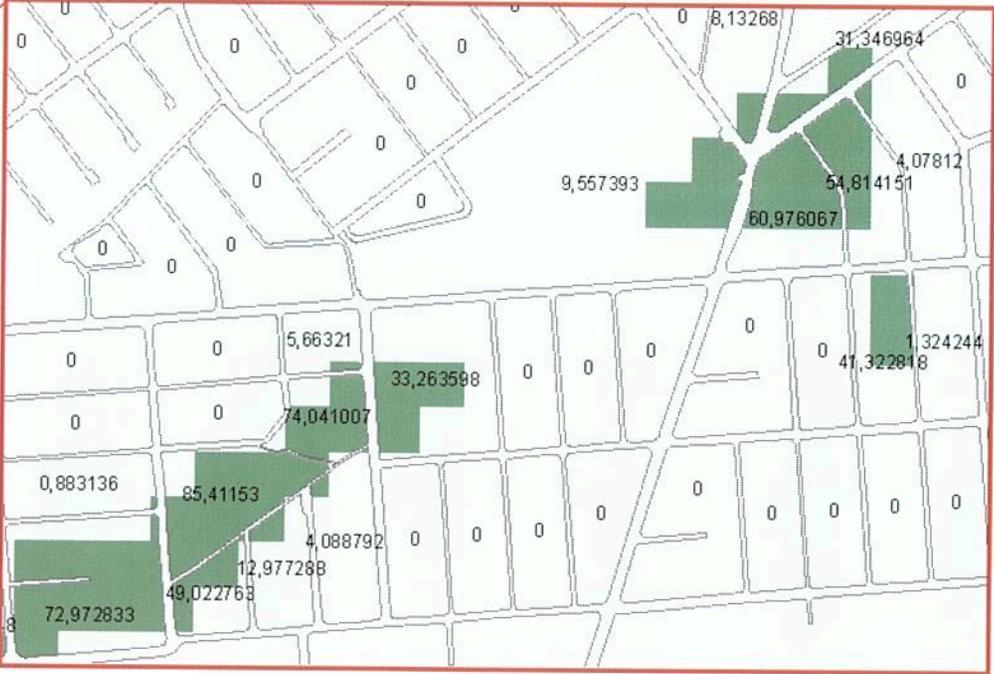
INDICADOR DE COBERTURA VEGETAL

CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR

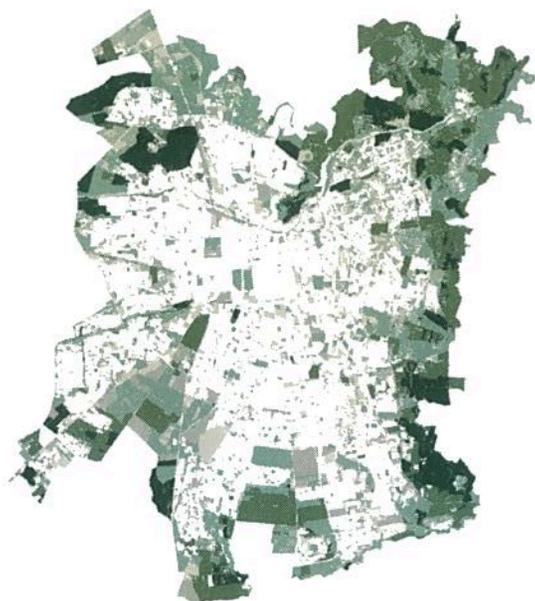
Cobertura vegetal urbana



Porcentaje vegetación urbana por manzana
(m2 vegetación / m2 manzana)



INDICADOR DE COBERTURA VEGETAL



GRAN SANTIAGO
TOTAL: 25,65%



IQUIQUE
TOTAL: 1,54%



GRAN VALPARAISO
TOTAL: 72,31%



TEMUCO
TOTAL: 48,60%

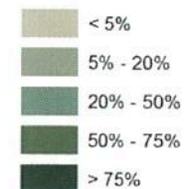


GRAN CONCEPCIÓN
TOTAL: 50,35%



0 5 10 km

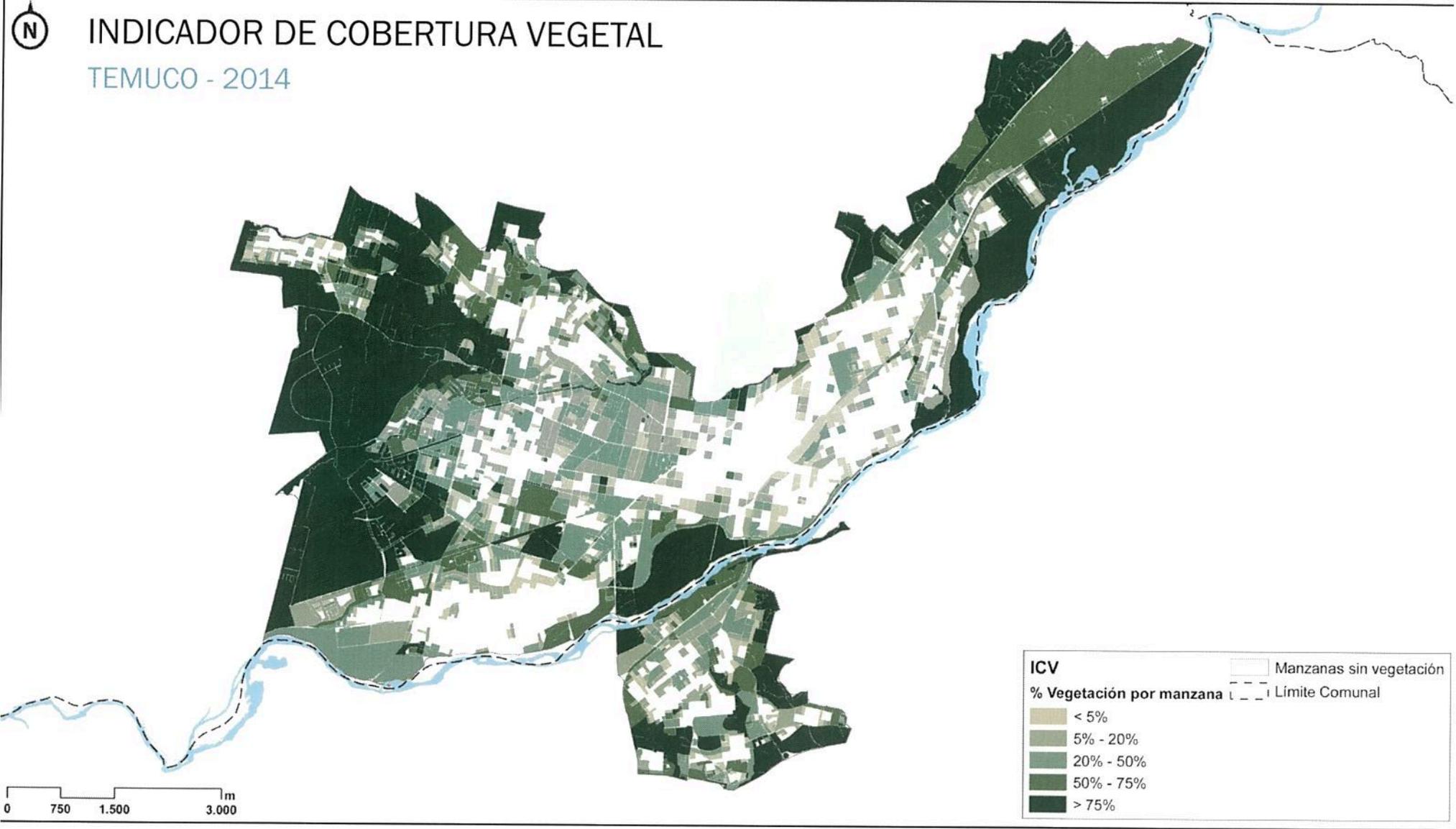
**% Vegetación
por manzana**





INDICADOR DE COBERTURA VEGETAL

TEMUCO - 2014



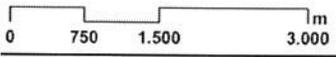
ICV

% Vegetación por manzana

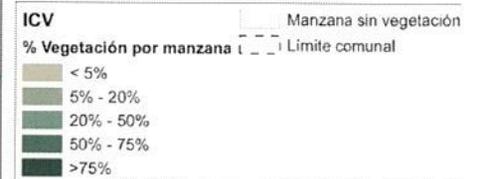
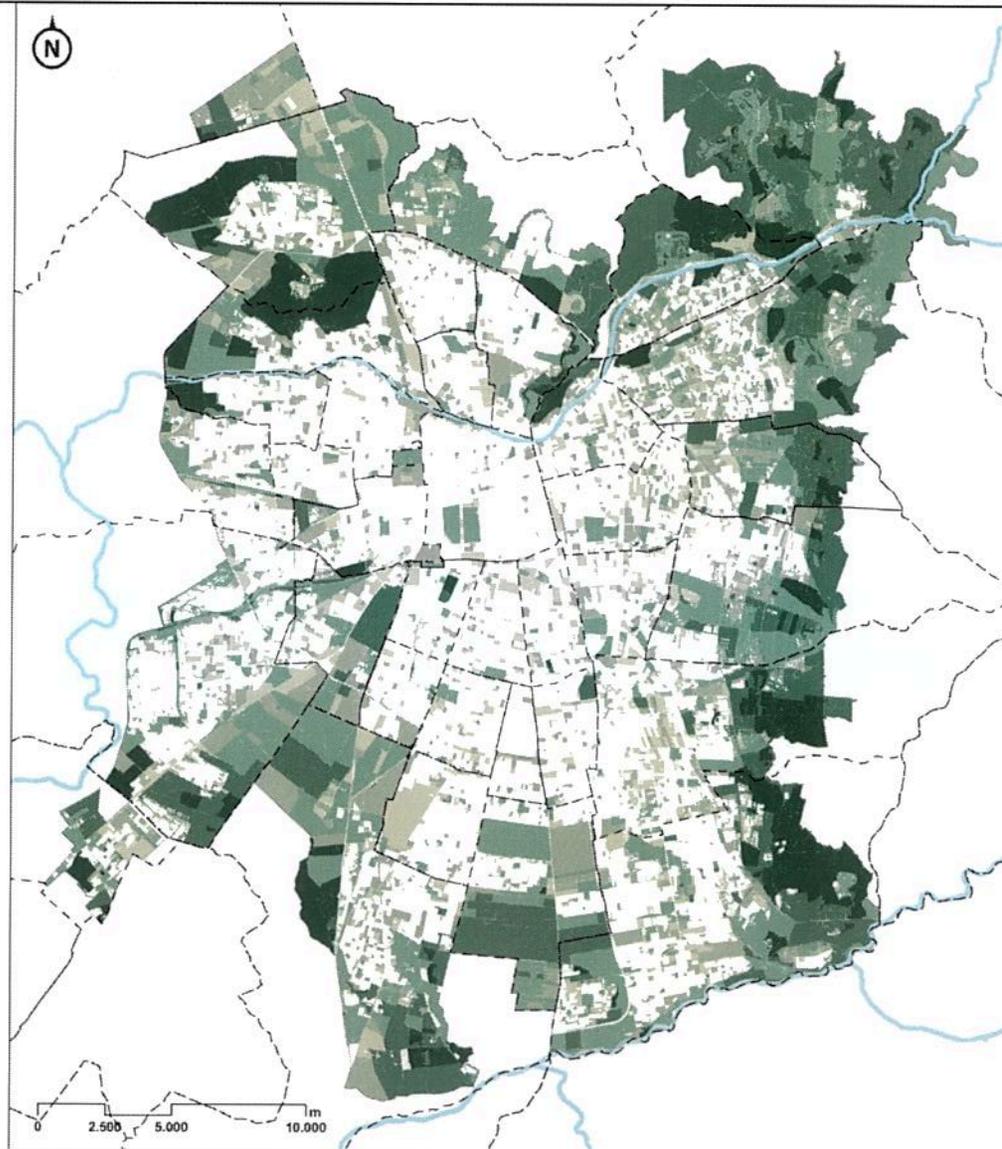
- < 5%
- 5% - 20%
- 20% - 50%
- 50% - 75%
- > 75%

Manzanas sin vegetación

Límite Comunal



INDICADOR DE
COBERTURA
VEGETAL
GRAN SANTIAGO
2013/2014



1.2 INDICADORES BIENESTAR TERRITORIAL

INDICADORES SOCIOECONÓMICOS

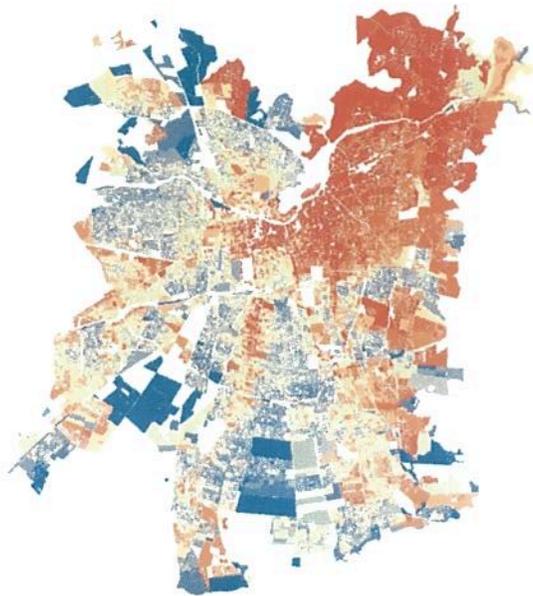


INDICADORES SOCIOECONÓMICOS

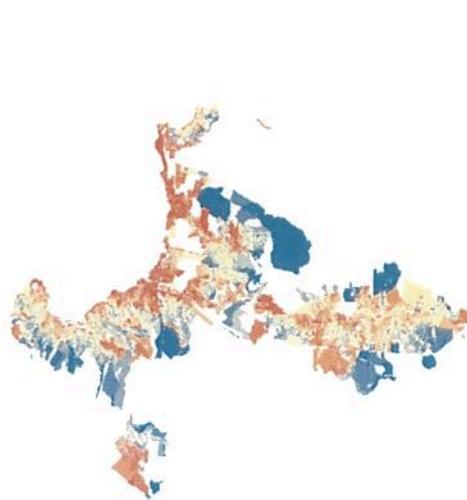
CONSTRUCCIÓN INDICADOR NIVEL SOCIOECONÓMICO



INDICADOR DE NIVEL SOCIOECONÓMICO



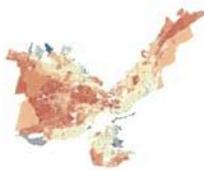
GRAN SANTIAGO
TOTAL: 5,13



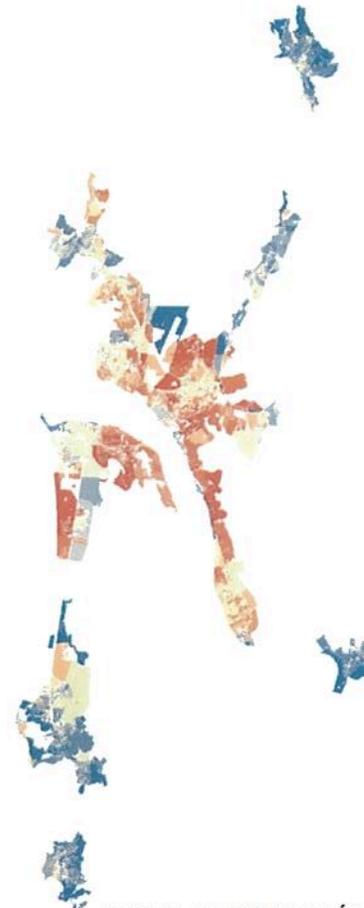
GRAN VALPARAISO
TOTAL: 10,13



IQUIQUE
TOTAL: 6,18



TEMUCO
TOTAL: 7,76

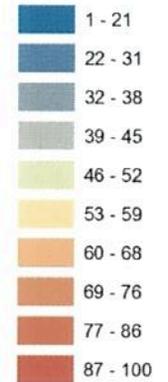


GRAN CONCEPCIÓN
TOTAL: 4,87

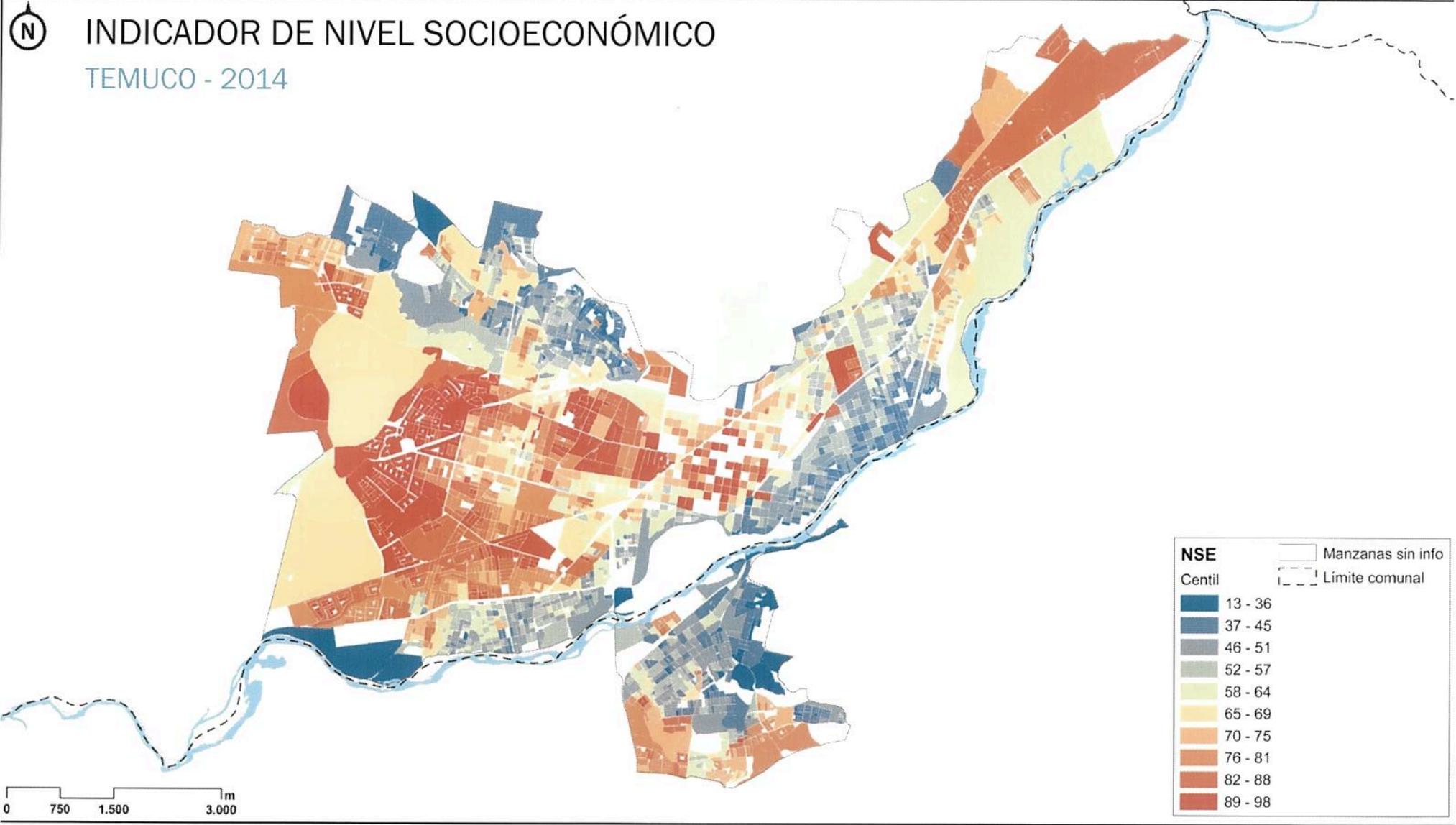


0 5 10 km

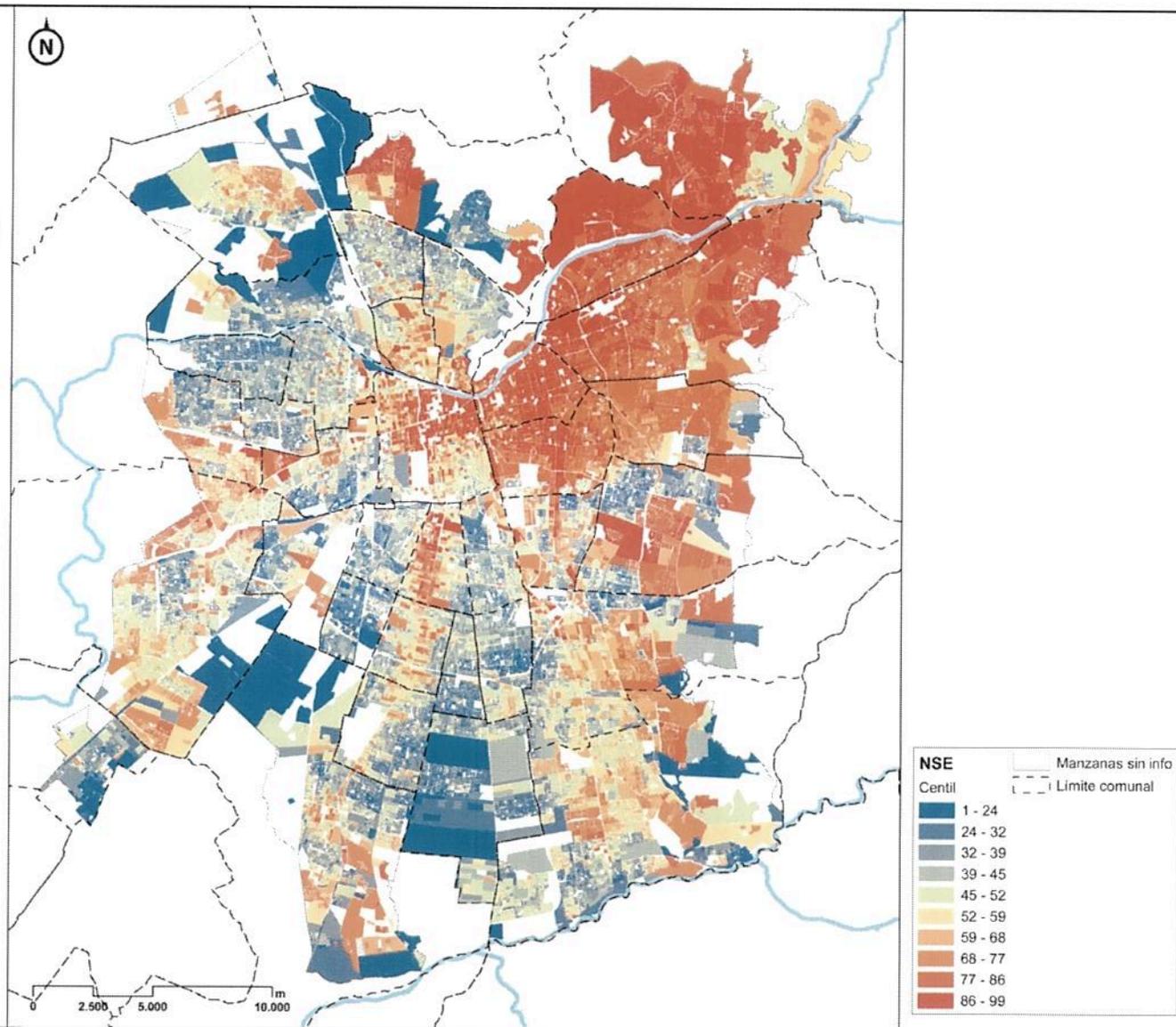
Centil



INDICADOR DE NIVEL SOCIOECONÓMICO
TEMUCO - 2014



INDICADOR DE
NIVEL
SOCIOECONÓMICO
GRAN SANTIAGO - 2012

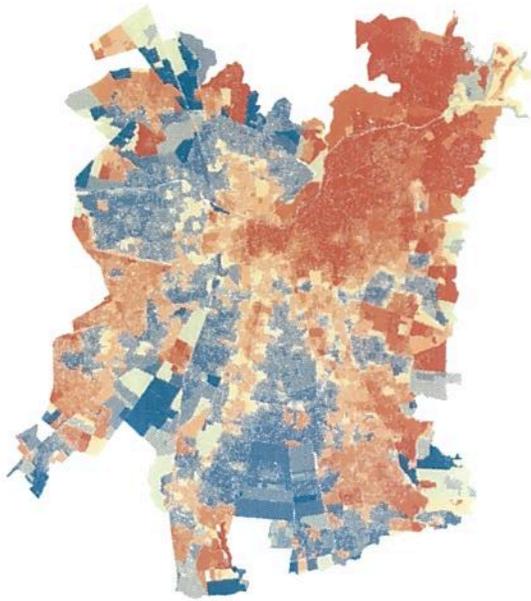


INDICADORES SOCIOECONÓMICOS

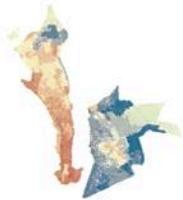
CONSTRUCCIÓN INDICADOR SEGREGACIÓN



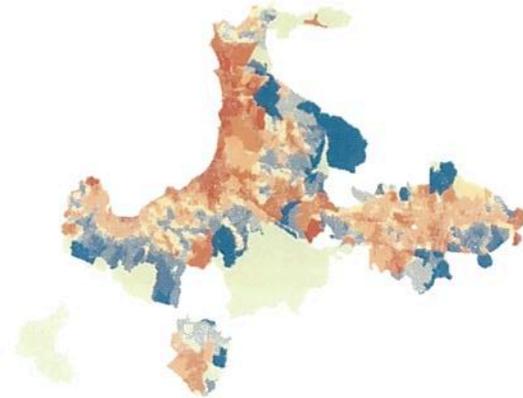
INDICADOR DE SEGREGACIÓN



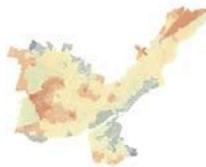
GRAN SANTIAGO
TOTAL: 5,13



IQUIQUE
TOTAL: 6,18



GRAN VALPARAISO
TOTAL: 10,13



TEMUCO
TOTAL: 7,76



GRAN CONCEPCIÓN
TOTAL: 4,87



0 5 10 km

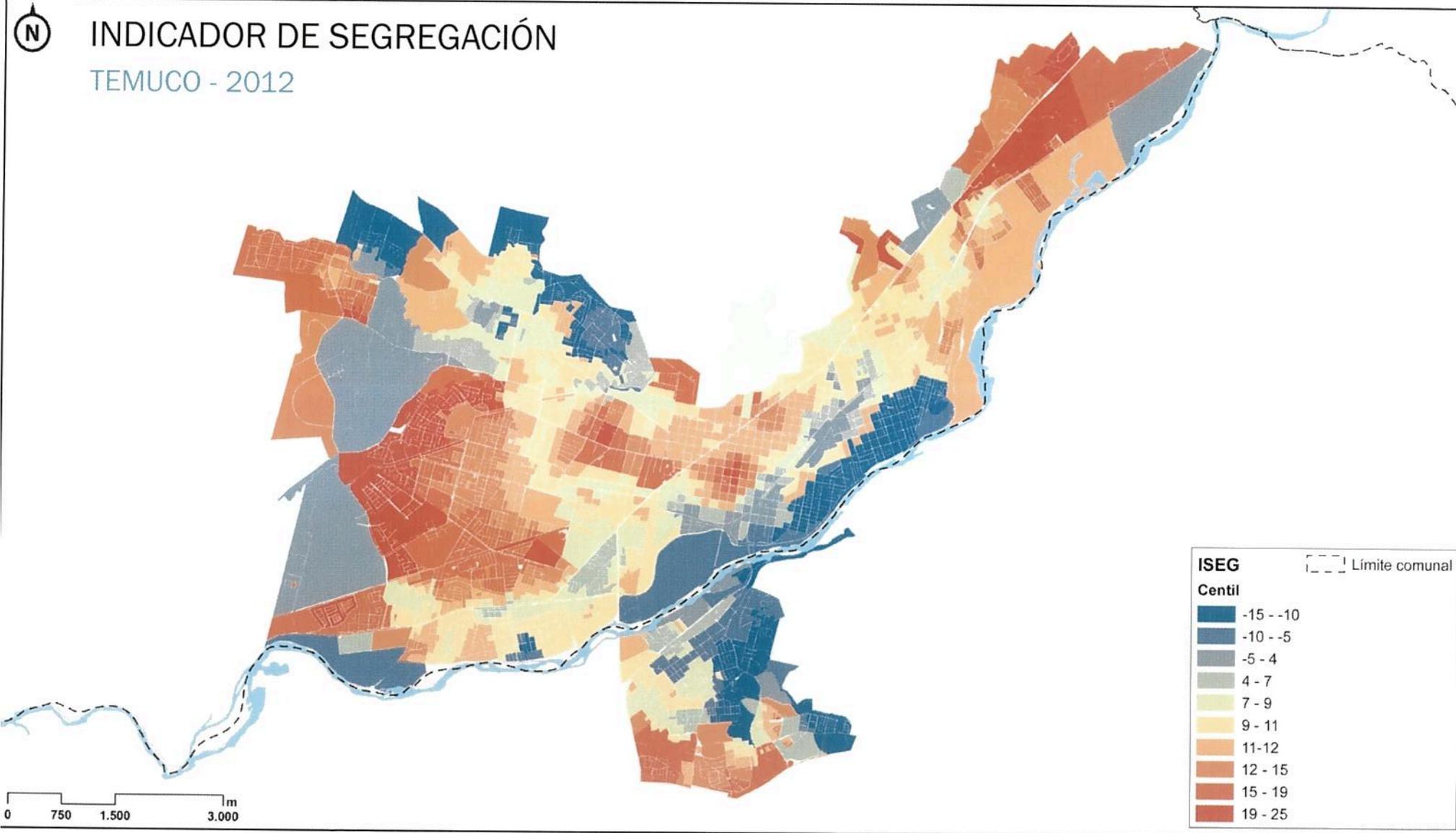
Centil



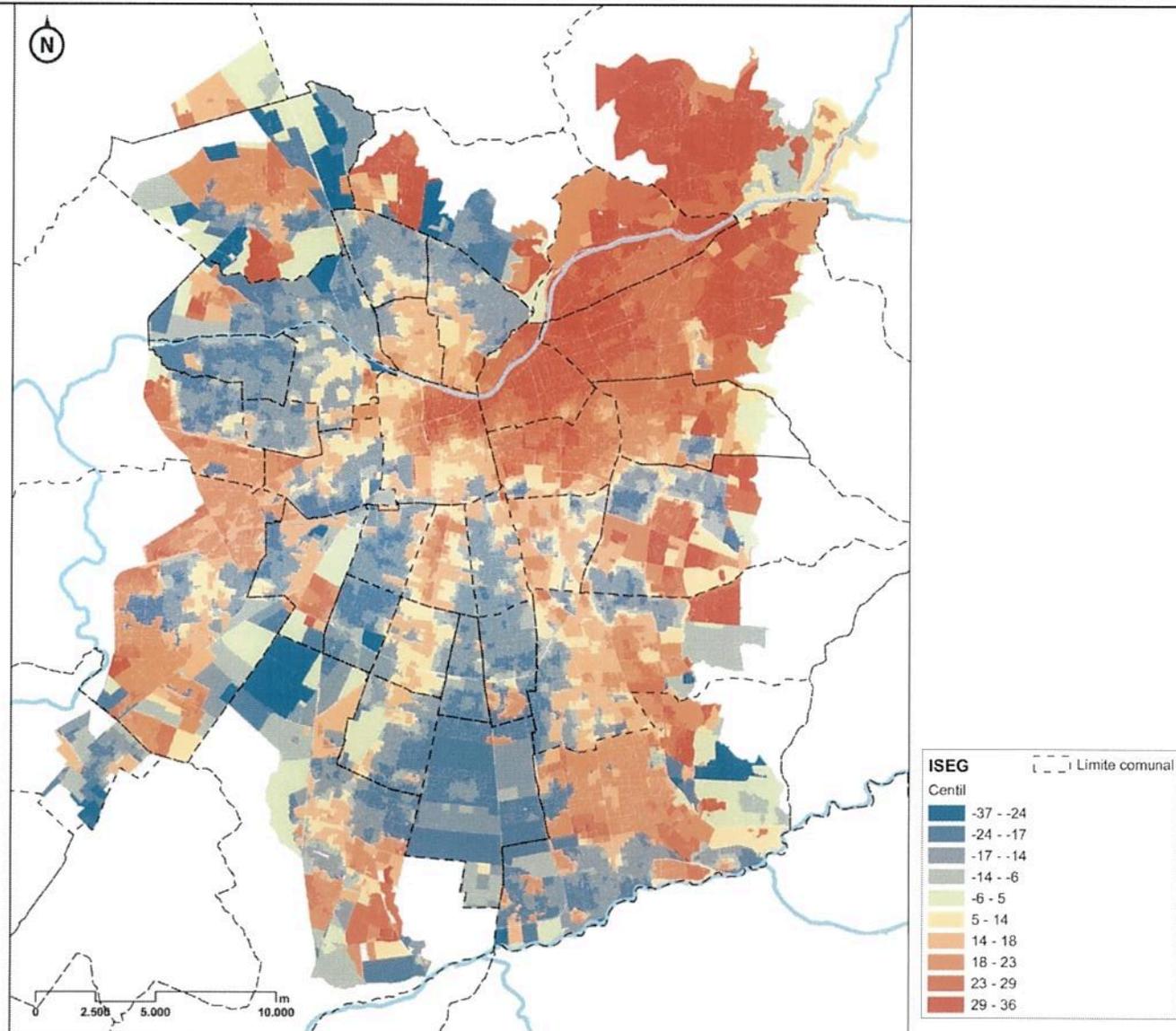


INDICADOR DE SEGREGACIÓN

TEMUCO - 2012



INDICADOR DE
SEGREGACIÓN
TEMUCO - 2014



2. DEFINICIÓN DE ZONAS TERRITORIALES CRÍTICAS

1. Indicador de Pobreza Territorial

1.1 Indicadores de Calidad del Entorno

1.2 Indicadores de Bienestar Territorial

2. Definición de Zonas Territoriales Críticas

2.1 Dimensión de Accesibilidad General

2.2 Dimensión de Capital Socioeconómico-ambiental

2.3 Definición de Zonas Críticas

3. Análisis Multicriterio

4. Alternativas Aplicación de Información Territorial

4.1 Planes Maestros Ley de Aportes al Espacio Público

4.2 Planes Maestros de Seguridad Pública

Alternativa dos dimensiones

Se basa en dos clústeres basados en los núcleos robustos antes identificados, entre los que se distribuyen variables menos correlacionadas, según un criterio de claridad conceptual:

- **Capital socioeconómico-ambiental**

(IIB~IMV~NSE~ISEG~IATA~ICV): recursos socioeconómicos, materiales y ambientales a nivel de hogares, sin desplazarse del lugar de residencia. Dimensión indicativa para intervenciones a nivel residencial.

- **Accesibilidad general**

(ICUL~ISAL~ISER~ISE~IAV~IDEP): accesibilidad a recursos de uso público, mediante desplazamientos y sujeta a un equilibrio de oferta y demanda potenciales. Dimensión indicativa para intervenciones a nivel urbano.

Dentro de cada clúster, las variables se combinan mediante **escalamiento óptimo** (función homals, R), una extensión del análisis de componentes principales que permite condensar información multivariada en un sólo **score**, transformando las variables de forma no lineal, minimizando la pérdida de información y optimizando la diferenciación de las observaciones.

Este procedimiento aporta un **criterio objetivo de ponderación**, determinado endógenamente por el contenido de información de las variables y que maximiza la posibilidad de diferenciar las observaciones.

2. DEFINICIÓN DE ZONAS TERRITORIALES CRÍTICAS

DIMENSIONES TERRITORIALES

Dimensión

Accesibilidad general

+

Capital Social, Jerárquico-
Ambiental

Indicadores

- a. Indicador de Áreas Verdes
- b. Indicador de Equipamientos Deportivos
- c. Indicador de Equipamientos Culturales
- d. Indicador de Equipamientos de Salud
- e. Indicador de Servicios Públicos
- f. Indicador de Servicio de Educación



2. DEFINICIÓN DE ZONAS TERRITORIALES CRÍTICAS

DIMENSIONES TERRITORIALES

Dimensión

Accesibilidad

+

Capital Socioeconómico-ambiental

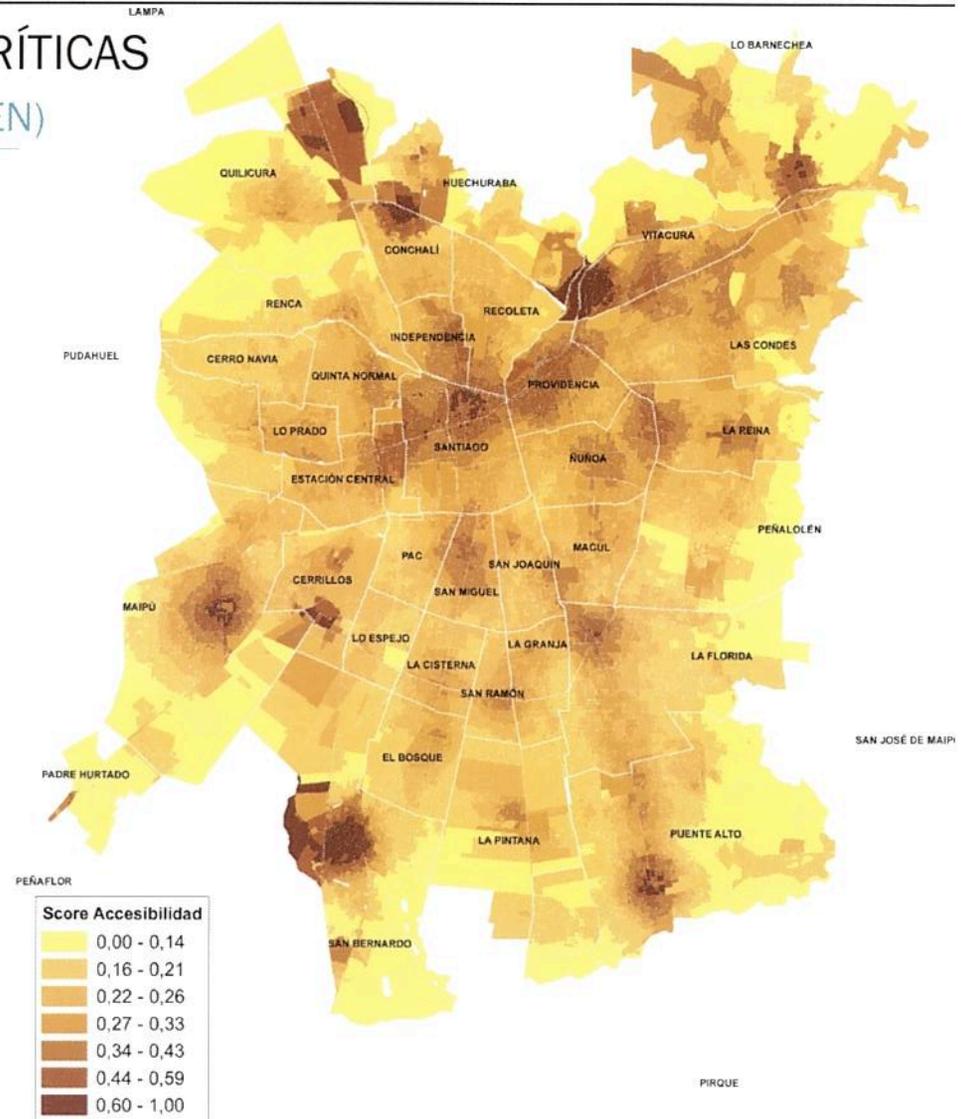
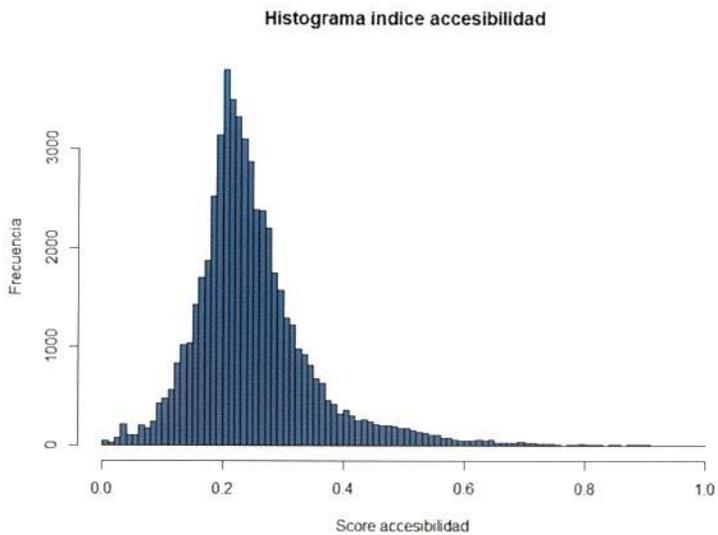
Indicadores

- a. Índice de Infraestructura Básica
- b. Índice de Materialidad de la Vivienda
- c. Indicador de Nivel Socioeconómico
- d. Indicador de Segregación
- e. Indicador de Amplitud Térmica Anual
- f. Indicador de Cobertura Vegetal



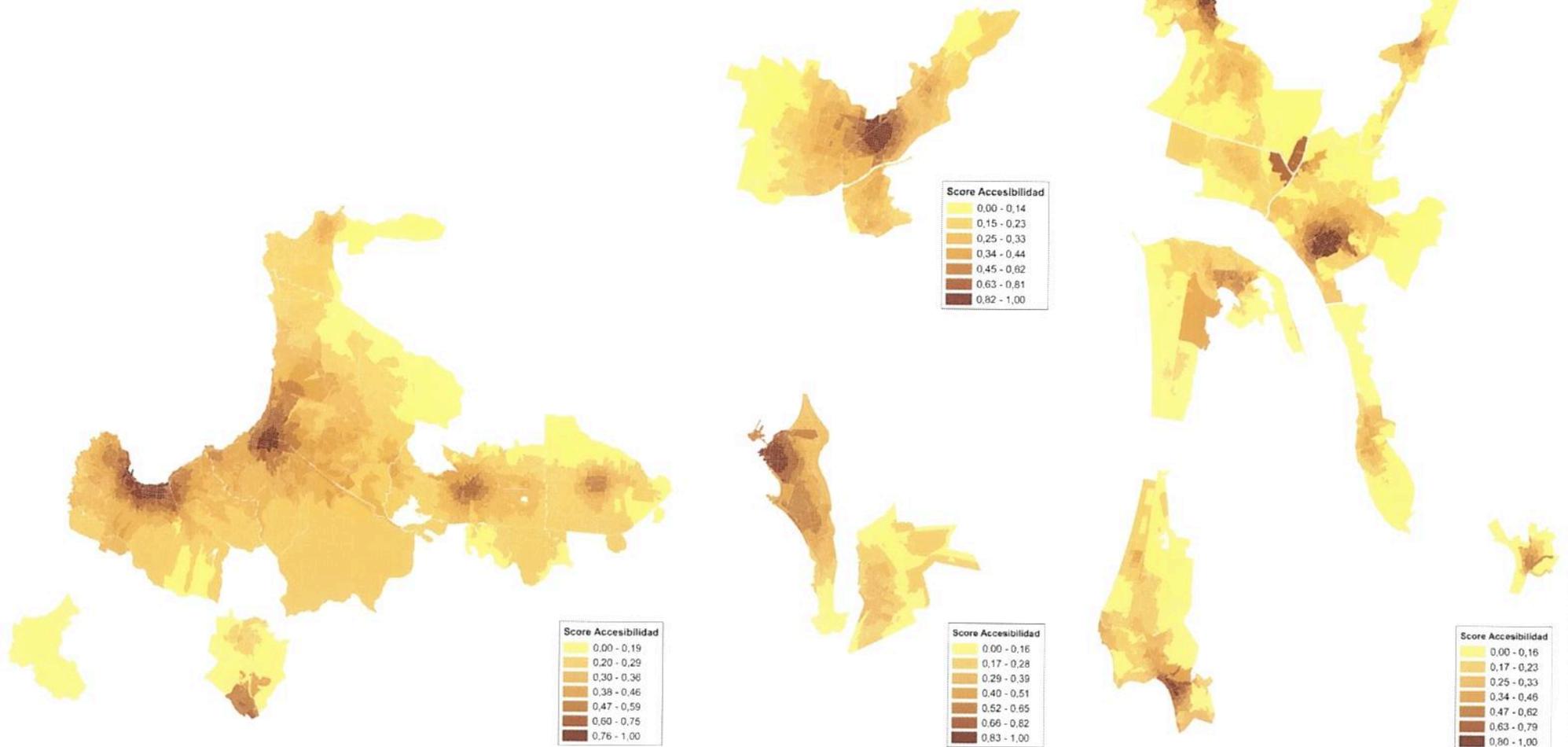
2. DEFINICIÓN DE ZONAS TERRITORIALES CRÍTICAS

2.2 DIMENSIÓN DE ACCESIBILIDAD GENERAL (SACGEN)



2. DEFINICIÓN DE ZONAS TERRITORIALES CRÍTICAS

2.2 DIMENSIÓN DE ACCESIBILIDAD GENERAL (SACGEN)



2. DEFINICIÓN DE ZONAS TERRITORIALES CRÍTICAS

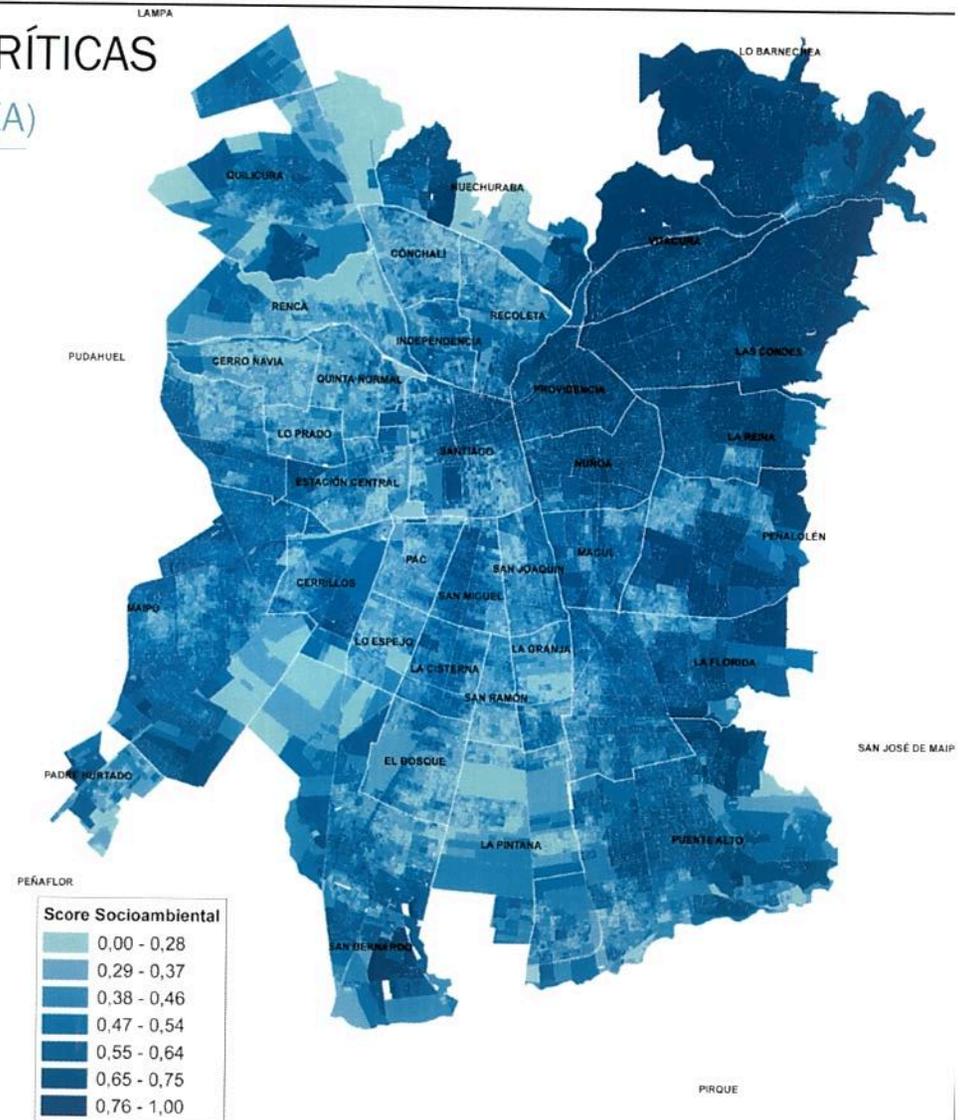
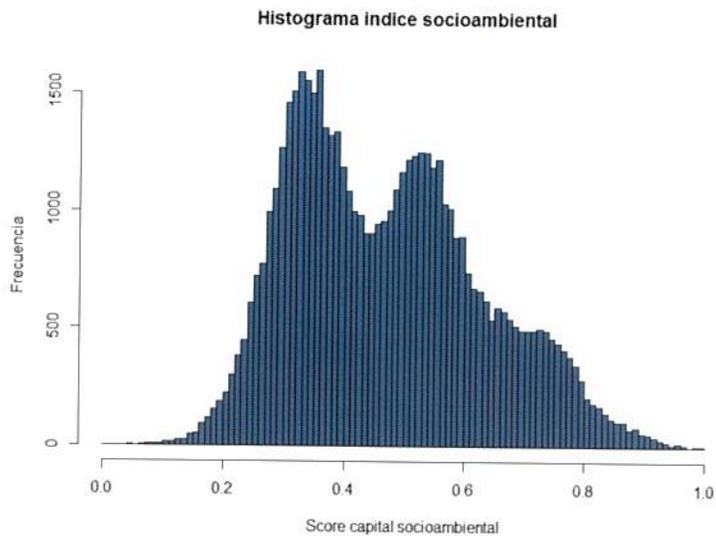
2.2 DIMENSIÓN DE ACCESIBILIDAD GENERAL (SACGEN)

		IAV	IDEP	ICUL	ISAL	ISER	ISED
Gran Santiago	Eigenvalues	0,22	0,05	0,31	0,28	0,27	0,25
	Peso normalizado	16%	4%	22%	20%	20%	18%
	Correlacion con score	0,54	0,12	0,74	0,66	0,60	0,62
Iquique	Eigenvalues	0,19	0,31	0,36	0,35	0,25	0,38
	Peso normalizado	11%	17%	19%	19%	14%	20%
	Correlacion con score	0,48	-0,68	0,88	0,84	0,62	0,91
Gran Valparaiso	Eigenvalues	0,02	0,29	0,28	0,21	0,29	0,33
	Peso normalizado	1%	20%	20%	15%	20%	23%
	Correlacion con score	0,06	0,69	0,31	0,52	0,68	0,81
Gran Concepción	Eigenvalues	0,10	0,02	0,18	0,16	0,36	0,34
	Peso normalizado	9%	2%	16%	13%	31%	29%
	Correlacion con score	0,26	-0,04	0,45	0,38	0,87	0,85
Temuco	Eigenvalues	0,19	0,11	0,35	0,34	0,36	0,36
	Peso normalizado	11%	6%	20%	20%	21%	21%
	Correlacion con score	0,47	0,24	0,87	0,85	0,84	0,89



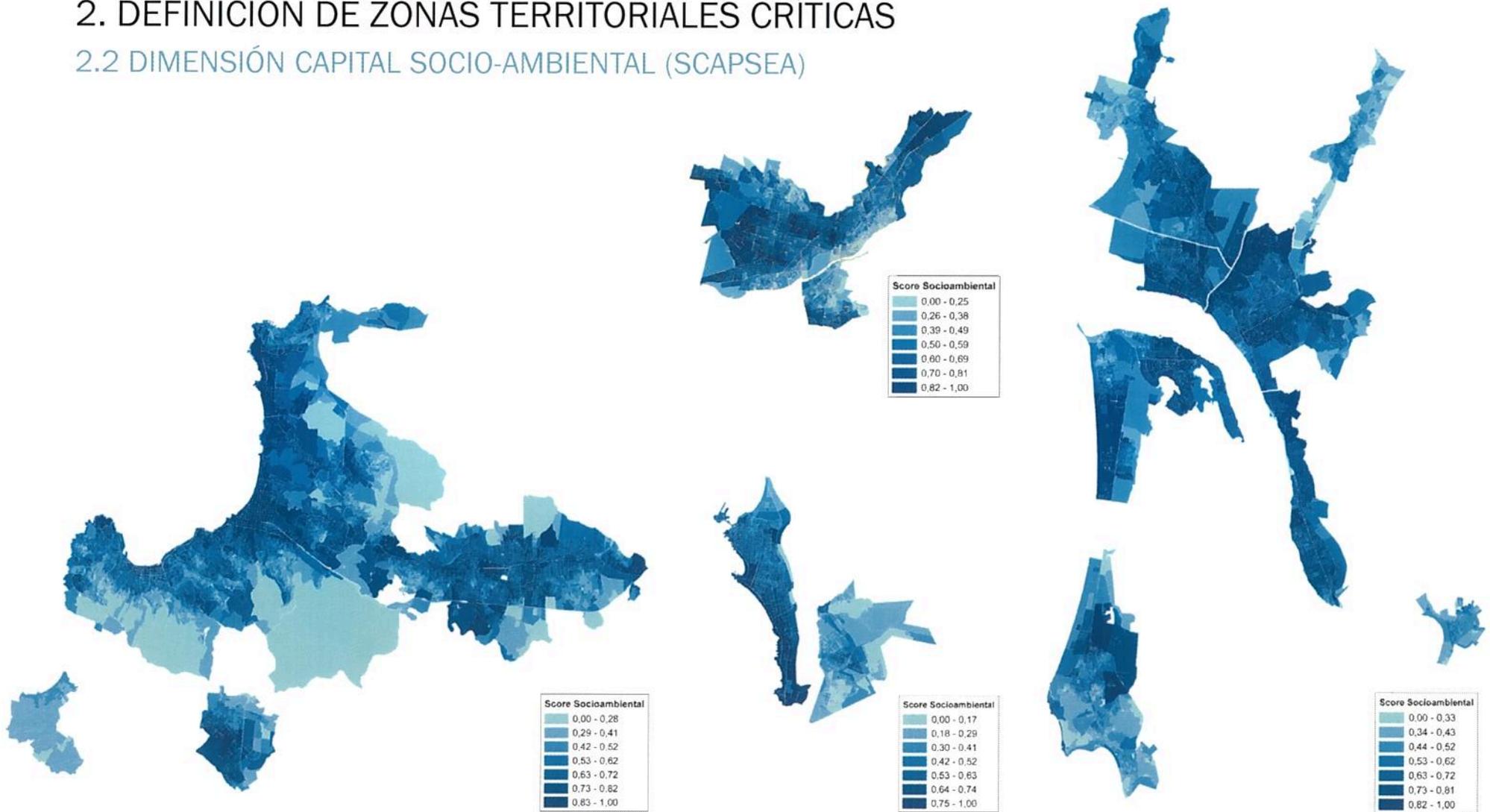
2. DEFINICIÓN DE ZONAS TERRITORIALES CRÍTICAS

2.2 DIMENSIÓN CAPITAL SOCIO-AMBIENTAL (SCAPSEA)



2. DEFINICIÓN DE ZONAS TERRITORIALES CRÍTICAS

2.2 DIMENSIÓN CAPITAL SOCIO-AMBIENTAL (SCAPSEA)



2. DEFINICIÓN DE ZONAS TERRITORIALES CRÍTICAS

2.2 DIMENSIÓN CAPITAL SOCIO-AMBIENTAL (SCAPSEA)

		IIB	IMV	NSE	ISEG	IATA	ICV
Gran Santiago	Eigenvalues	0,18	0,23	0,37	0,35	0,30	0,12
	Peso normalizado	11%	15%	24%	23%	19%	8%
	Correlacion con score	0,40	0,47	0,91	0,85	0,72	0,29
Iquique	Eigenvalues	0,03	0,33	0,39	0,37	0,21	0,10
	Peso normalizado	2%	23%	27%	26%	15%	7%
	Correlacion con score	0,06	0,71	0,96	0,87	0,50	0,21
Gran Valparaiso	Eigenvalues	0,25	0,21	0,36	0,35	0,14	0,17
	Peso normalizado	17%	14%	24%	24%	10%	12%
	Correlacion con score	0,62	0,38	0,87	0,84	-0,35	-0,42
Gran Concepción	Eigenvalues	0,15	0,23	0,37	0,36	0,23	0,06
	Peso normalizado	11%	16%	26%	26%	17%	4%
	Correlacion con score	0,34	0,39	0,90	0,88	-0,57	-0,14
Temuco	Eigenvalues	0,16	0,24	0,35	0,37	0,00	0,09
	Peso normalizado	13%	19%	29%	31%	0%	7%
	Correlacion con score	0,37	0,39	0,91	0,82	-0,01	0,20



2. DEFINICIÓN DE ZONAS TERRITORIALES CRÍTICAS

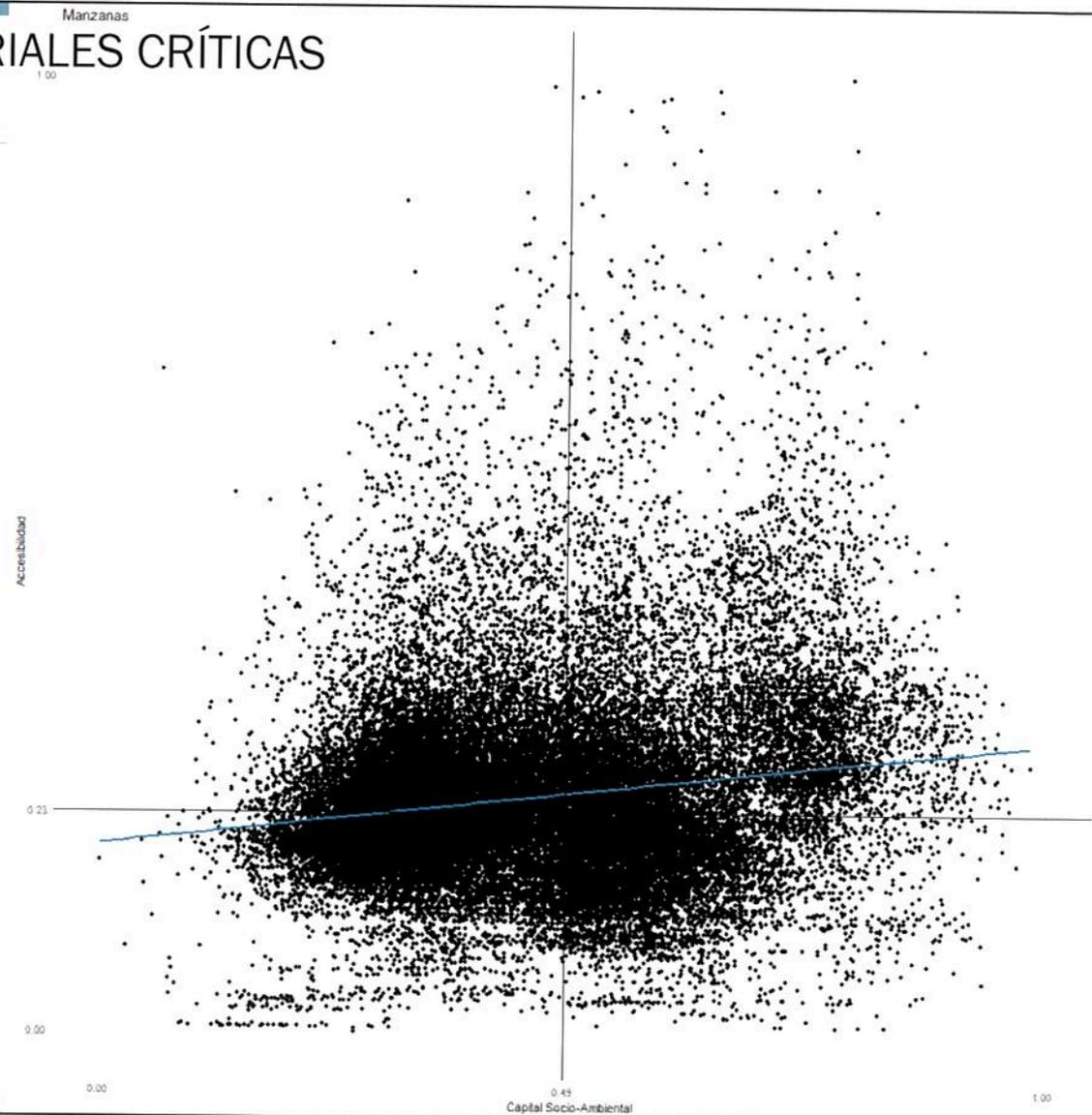
2.3 ANÁLISIS RESULTADOS

Distribución bidimensional de manzanas según ejes:

- Socioeconómico-ambiental (SCAPSEA)
- Accesibilidad general (SACGEN)

Se obtiene una distribución con buena dispersión en ambos ejes, lo que contribuye a la relevancia de un análisis por cuadrantes, en términos relativos a la mediana de cada indicador.

Se identifica así un conjunto de manzanas con carencia relativa en ambas dimensiones.



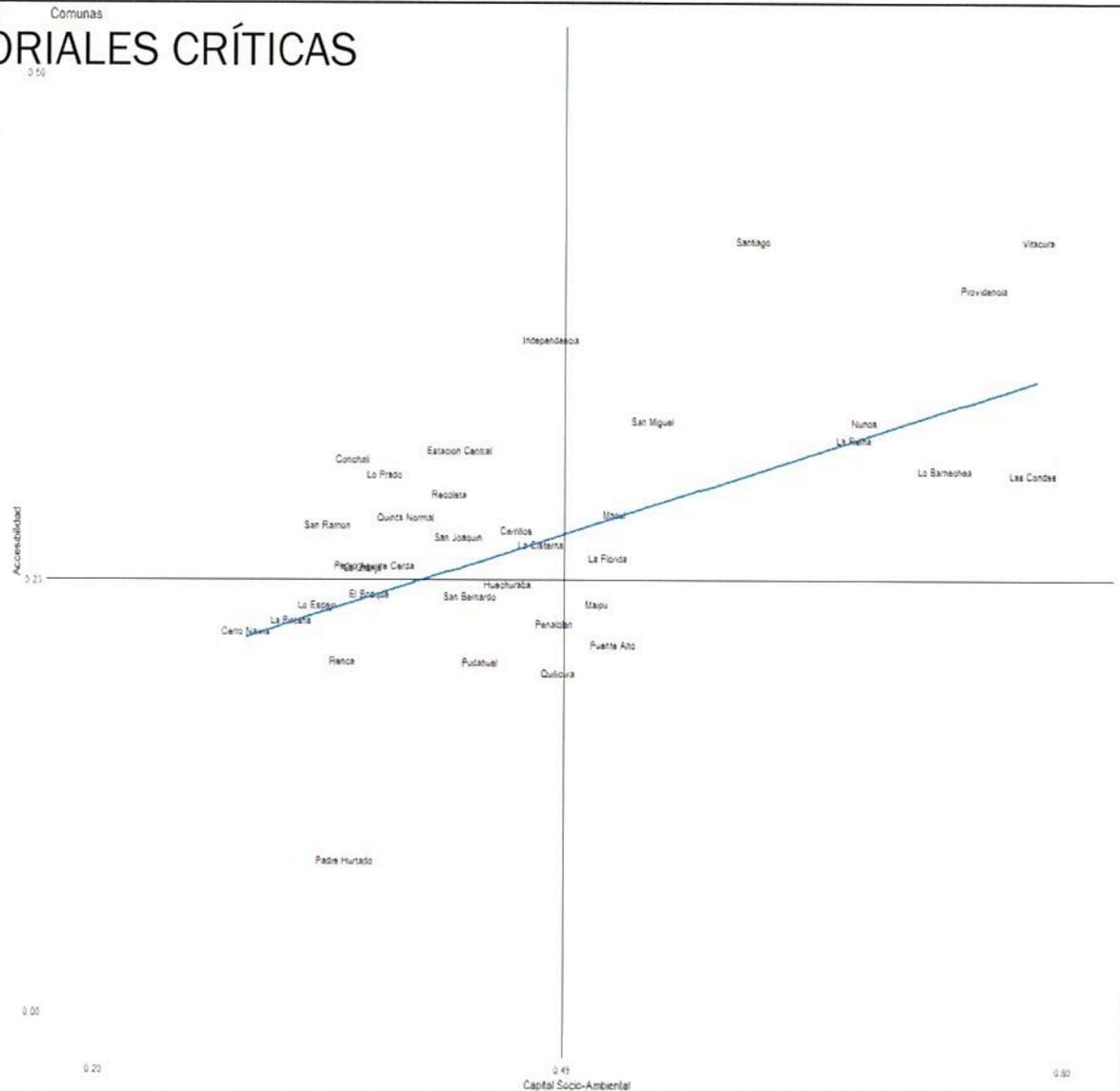
2. DEFINICIÓN DE ZONAS TERRITORIALES CRÍTICAS

2.3 ANÁLISIS RESULTADOS

Distribución bidimensional de comunas según ejes:

- Socioeconómico-ambiental (SCAPSEA)
- Accesibilidad general (SACGEN)

Permite una identificación, intuitiva y con criterios sencillos, de las comunas con mayores carencias relativas (a la mediana) en ambas dimensiones.



2. DEFINICIÓN DE ZONAS TERRITORIALES CRÍTICAS

2.3 ANÁLISIS RESULTADOS

Se calcula un índice de criticidad (ICRIT2), combinando los scores previamente calculados para las dos dimensiones:

SCAPSA~SACGEN

Fortalezas:

- Agrupamiento que define dos dimensiones conceptualmente relevantes y adecuadas para orientar distintas intervenciones, a nivel individual o urbano
- Baja redundancia entre dimensiones ($C=0.18$)
- Se obtiene un índice de criticidad bien equilibrado entre ambas dimensiones, con buena participación de casi todos los indicadores de base

Debilidades:

- No se identifica una dimensión propiamente ambiental
- Baja incidencia de IDEP en scores intermedio y final

Correlación scores

	Correlacion scores
Gran Santiago	0,18
Iquique	0,43
Gran Valparaiso	0,28
Gran Concepción	0,10
Temuco	-0,08

Relación con score crítico (ICRIT2)

	Correlacion con score crítico	
	SACGEN	SCAPSA
Gran Santiago	0,87	0,64
Iquique	0,83	0,86
Gran Valparaiso	0,85	0,74
Gran Concepción	0,78	0,70
Temuco	0,69	0,67

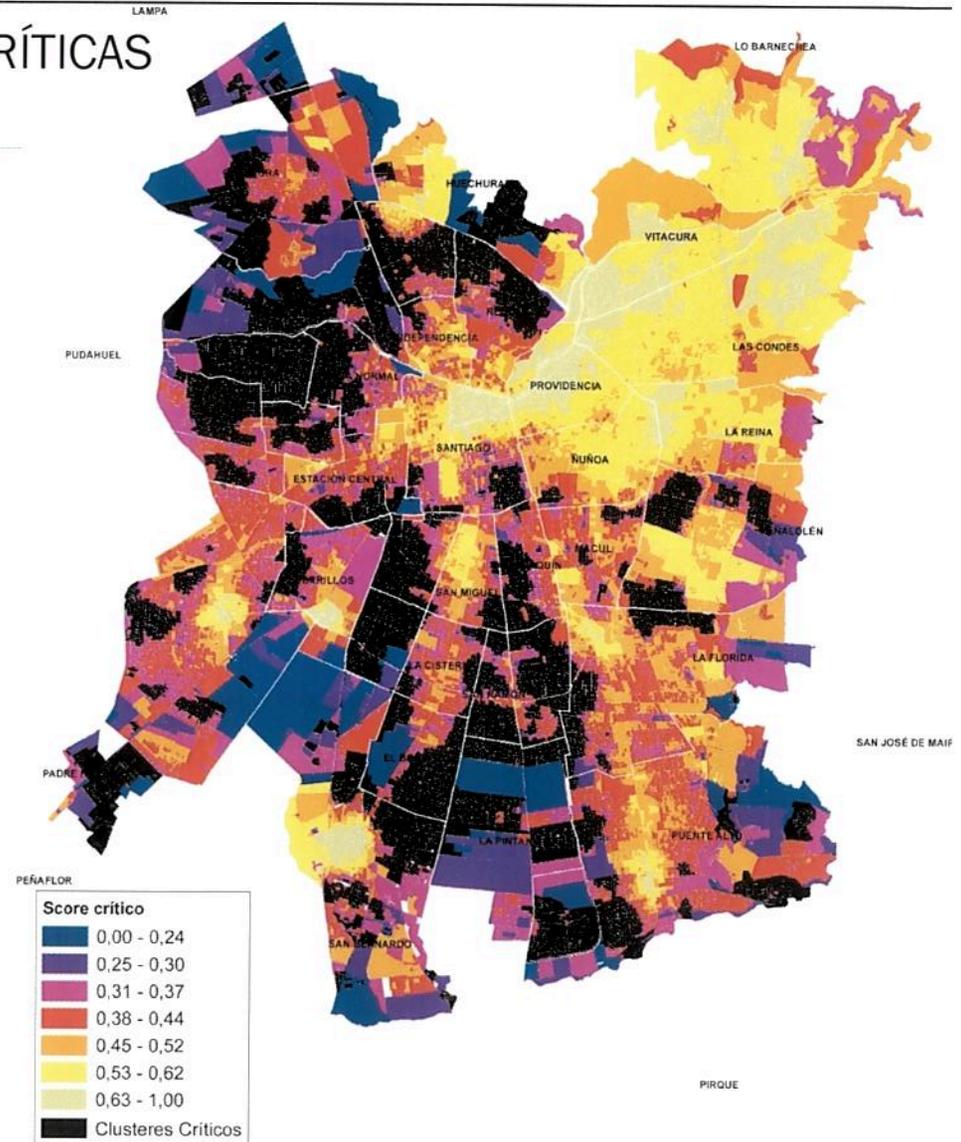
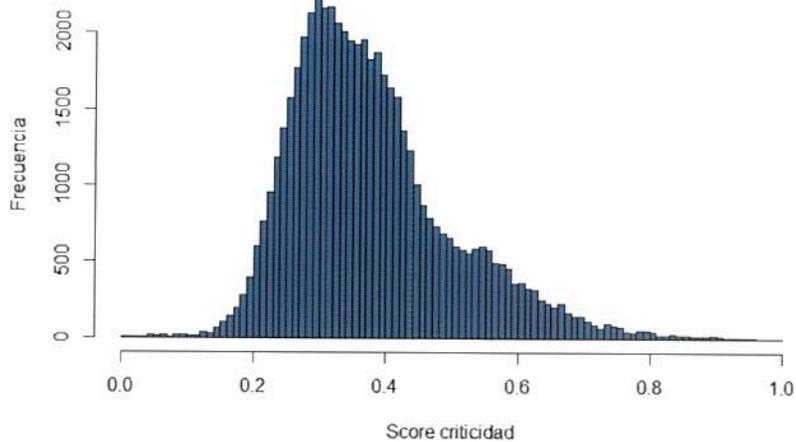


2. DEFINICIÓN DE ZONAS TERRITORIALES CRÍTICAS

2.3 ANÁLISIS RESULTADOS

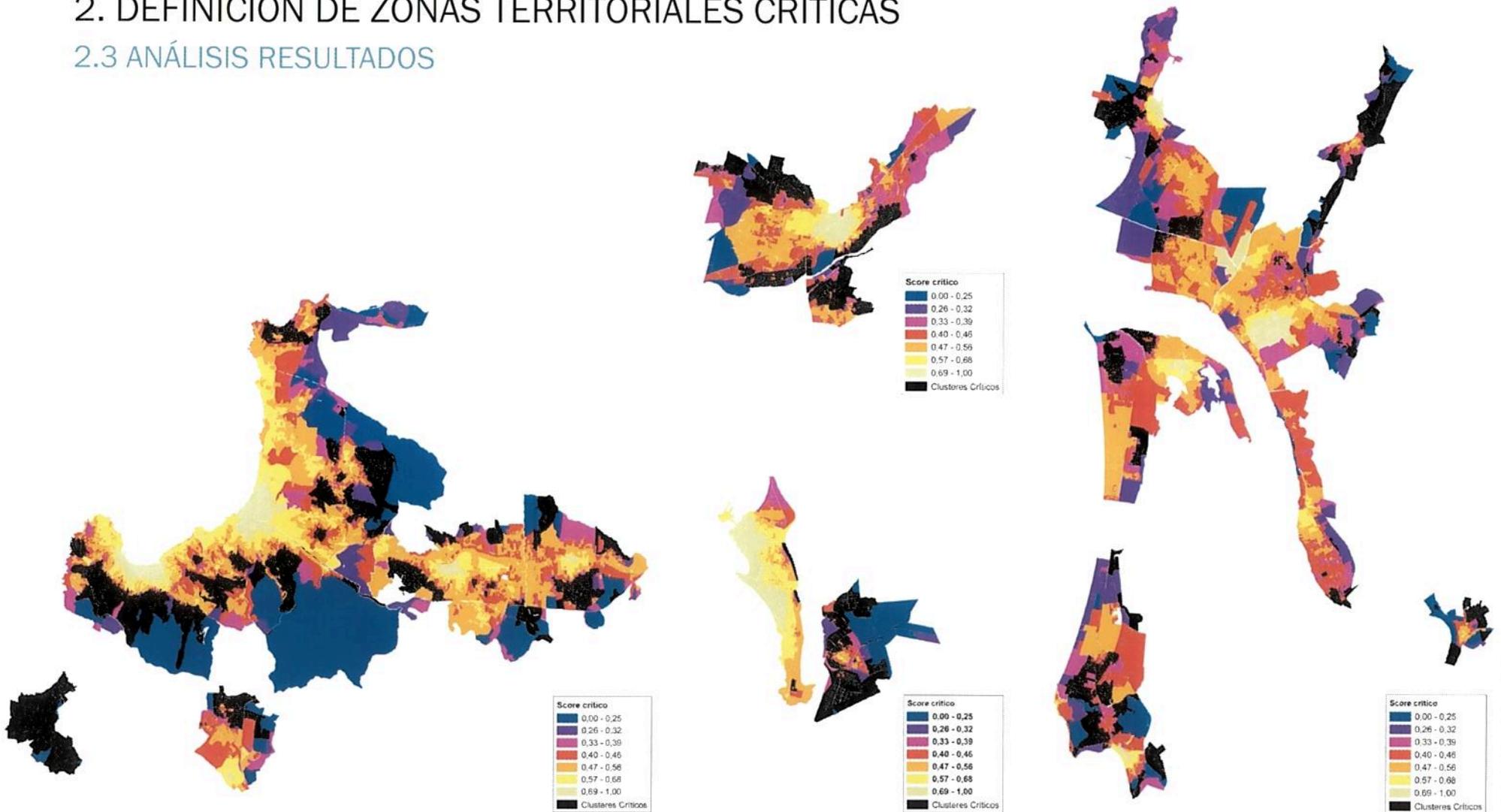
Las zonas críticas se definen mediante un análisis LISA-Moran, a partir de la autocorrelación espacial del índice de criticidad (ICRIT2), con significancia superior a 95% y un parámetro de distancia de 300 metros (consecuente con la construcción de indicadores, que considera una accesibilidad total en un radio similar)

Histograma índice criticidad



2. DEFINICIÓN DE ZONAS TERRITORIALES CRÍTICAS

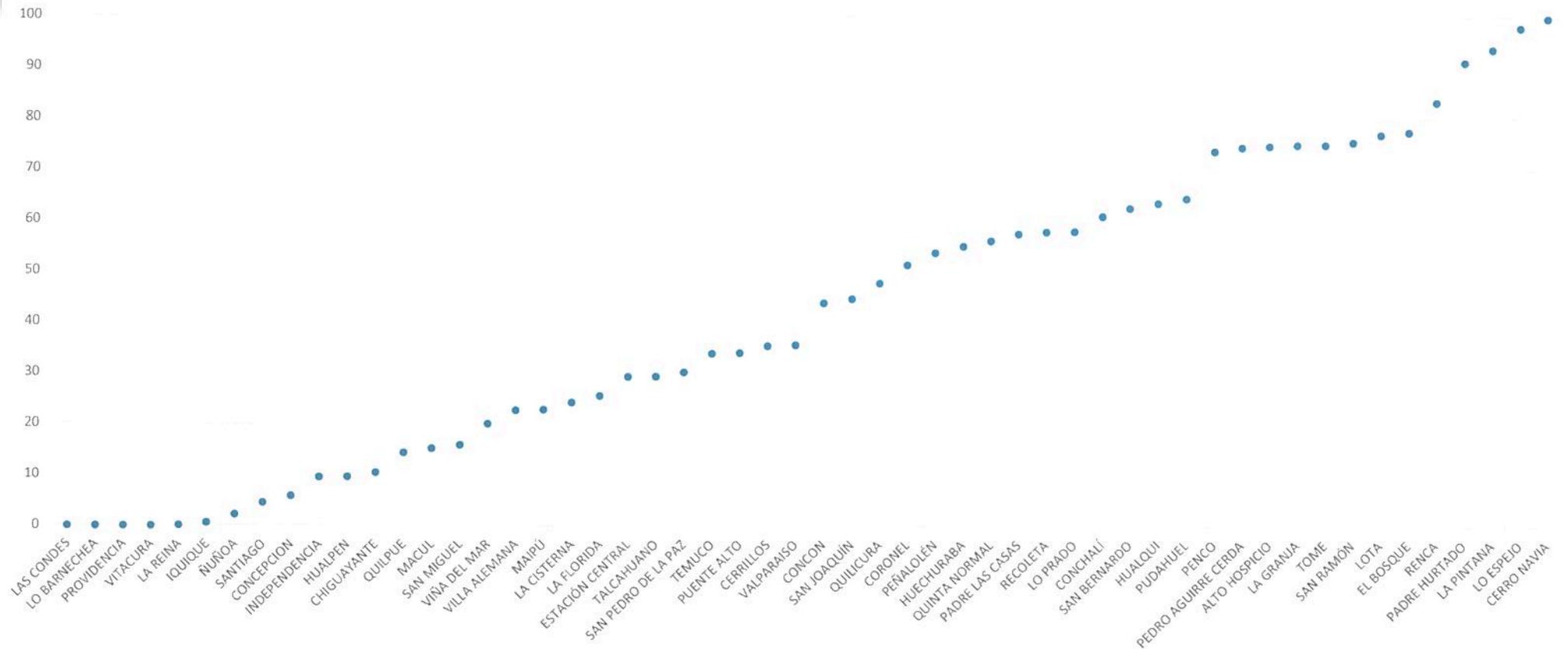
2.3 ANÁLISIS RESULTADOS



3.2 DEFINICIÓN ZONAS CRÍTICAS

POBLACIÓN EN ZONAS CRÍTICAS POR COMUNA

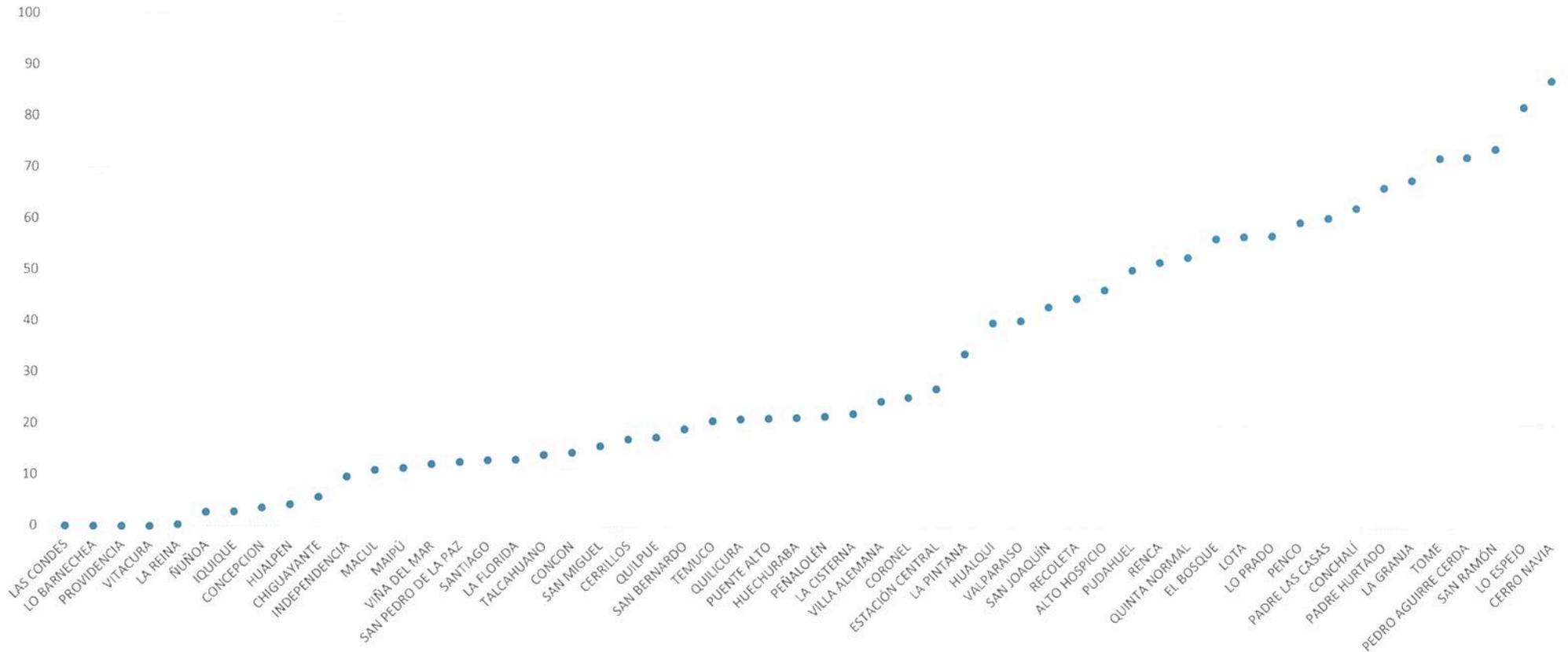
POBLACIÓN EN ZONAS CRÍTICAS POR COMUNA



3.2 DEFINICIÓN ZONAS CRÍTICAS

POBLACIÓN EN ZONAS CRÍTICAS POR COMUNA

SUPERFICIE EN ZONA CRÍTICA POR COMUNA



Conclusión

El agrupamiento en dos dimensiones presenta ventajas importantes respecto al de tres dimensiones, principalmente porque genera un índice global más equilibrado en relación a los indicadores de base.

Geográficamente, el ICRIT2 asigna mayor criticidad a las periferias, lo que se debe a la baja incidencia de los indicadores de accesibilidad en el ICRIT3. Sin embargo, ambos presentan patrones generales relativamente similares.

Además, el ICRIT2 permite organizar los resultados y recomendaciones de forma más sencilla y fácil de comunicar, en relación a intervenciones a nivel residencial o urbano.

Finalmente, aunque la identificación de comunas con doble carencia relativa permite un diagnóstico general e intuitivo, el criterio más recomendable para focalizar las intervenciones es la proporción de población comunal que reside en zonas críticas, ya que combina una síntesis rigurosa y equilibrada de información con un criterio de concentración espacial de carencias.

3. ANÁLISIS MULTICRITERIO

1. Indicador de Pobreza Territorial

1.1 Indicadores de Calidad del Entorno

1.2 Indicadores de Bienestar Territorial

2. Definición de Zonas Territoriales Críticas

2.1 Dimensión de Accesibilidad General

2.2 Dimensión de Capital Socioeconómico-ambiental

2.3 Definición de Zonas Críticas

3. Análisis Multicriterio

4. Alternativas Aplicación de Información Territorial

4.1 Planes Maestros Ley de Aportes al Espacio Público

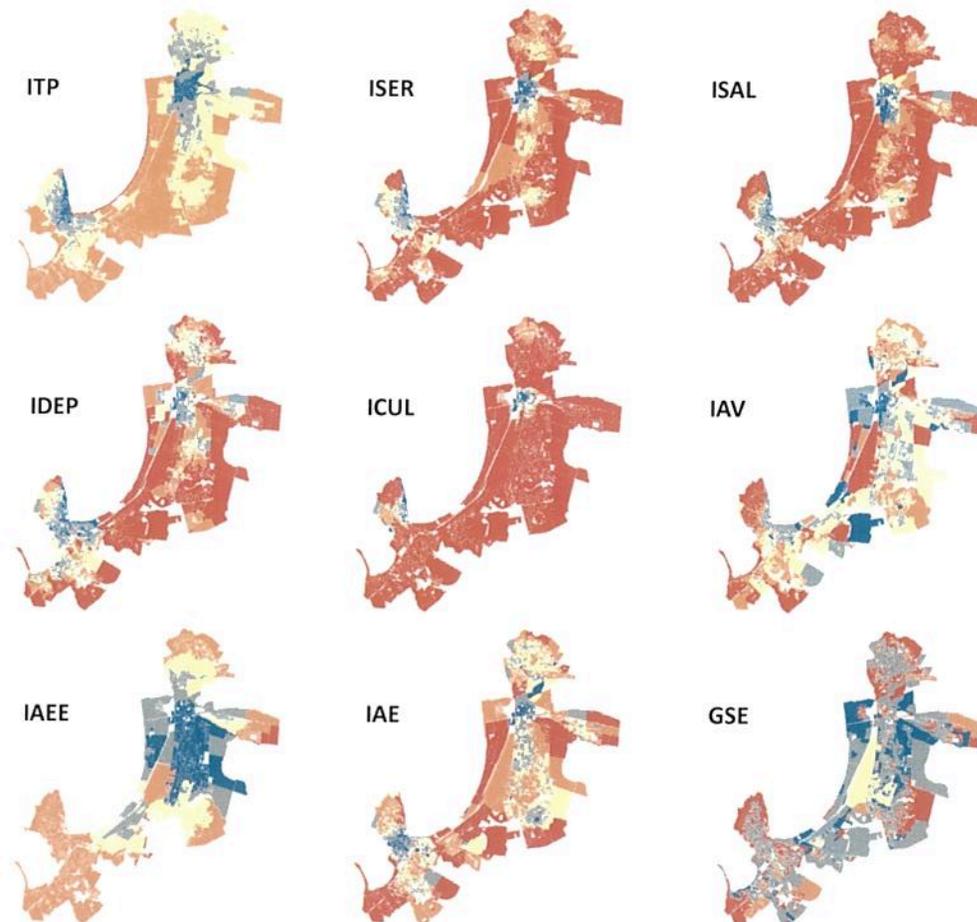
4.2 Planes Maestros de Seguridad Pública

ANÁLISIS MULTICRITERIO

INDICADORES Y NORMALIZACIÓN DE RESULTADOS

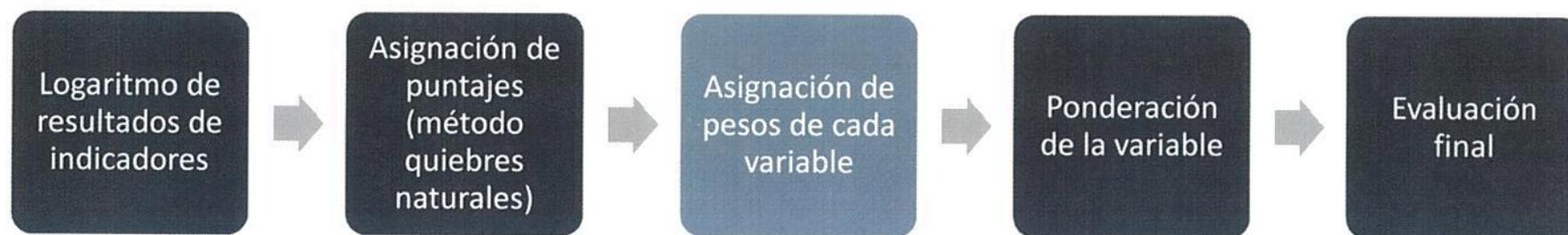
- Indicador de áreas verdes (IAV)
- Indicador de equipamiento cultural (ICUL)
- Indicador de equipamiento deportivo (IDEP)
- Indicador de servicios públicos (ISER)
- Indicador de equipamiento de salud (ISAL)
- Indicador de equipamiento educacional (IAE)
- Indicador de acceso a educación efectiva (IAEE)
- Indicador de transporte público (ITP)
- Indicador de concentración y dispersión de GSE (Segregación)

Asignación de puntajes (1-5) a partir de la clasificación de los logaritmos de los indicadores (método de quiebres naturales de Jenks).

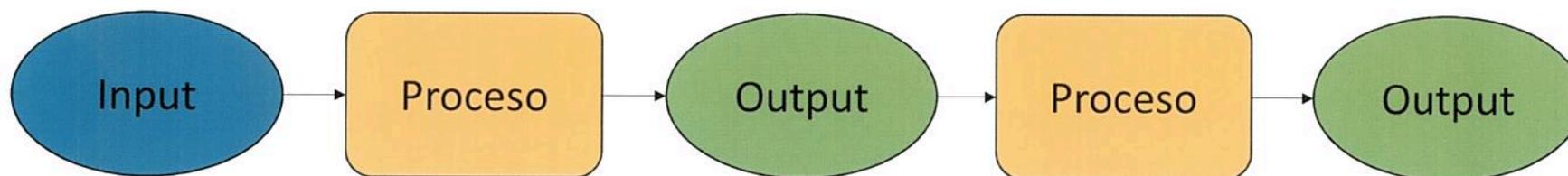


ANÁLISIS MULTICRITERIO

PROCESAMIENTO



- Depende de política de intervención
- De priorización de variables por los organismos competentes
- Generación de pesos a través de taller de expertos



ANÁLISIS MULTICRITERIO



Ingreso de indicadores individuales con puntaje asignado

Asignación de pesos de los indicadores



- Metodología con amplia racionalidad, practica y realista
- Permite tomar decisiones en distintos escenarios
- Orientada a consenso
- Comparables entre ciudades
- Permite evaluar casos y planificar a futuro
- Monitoreo participativo

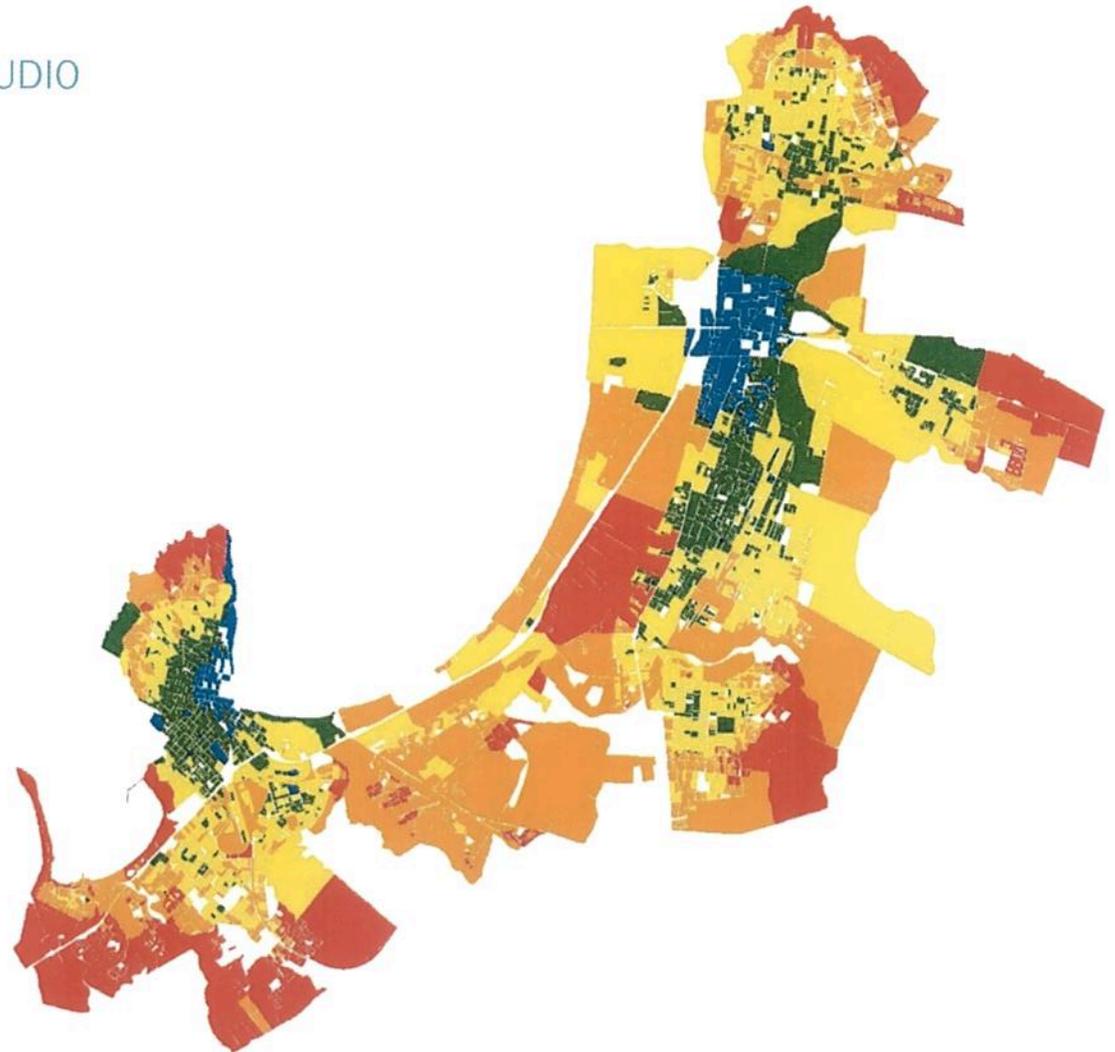
ANÁLISIS MULTICRITERIO

RESULTADO Y REVISIÓN DE CASO DE ESTUDIO

Resultado con asignación de pesos iguales para todas las variables (0,11111).

Valores más bajos representan “priorización” en focalización de políticas públicas.

-  T1: territorio con muy bajo bienestar territorial y alta complejidad, requiere de evaluación completa e intervención.
-  T2: territorio con bajo bienestar territorial y alta complejidad, requiere de evaluación e intervención.
-  T3: territorio con moderado bienestar territorial menos complejo, con riesgo moderado, puede esperar evaluación.
-  T4: territorio con adecuado bienestar territorial, no requiere evaluación.
-  T5: Territorio con buen bienestar territorial, no requiere evaluación ni intervención.

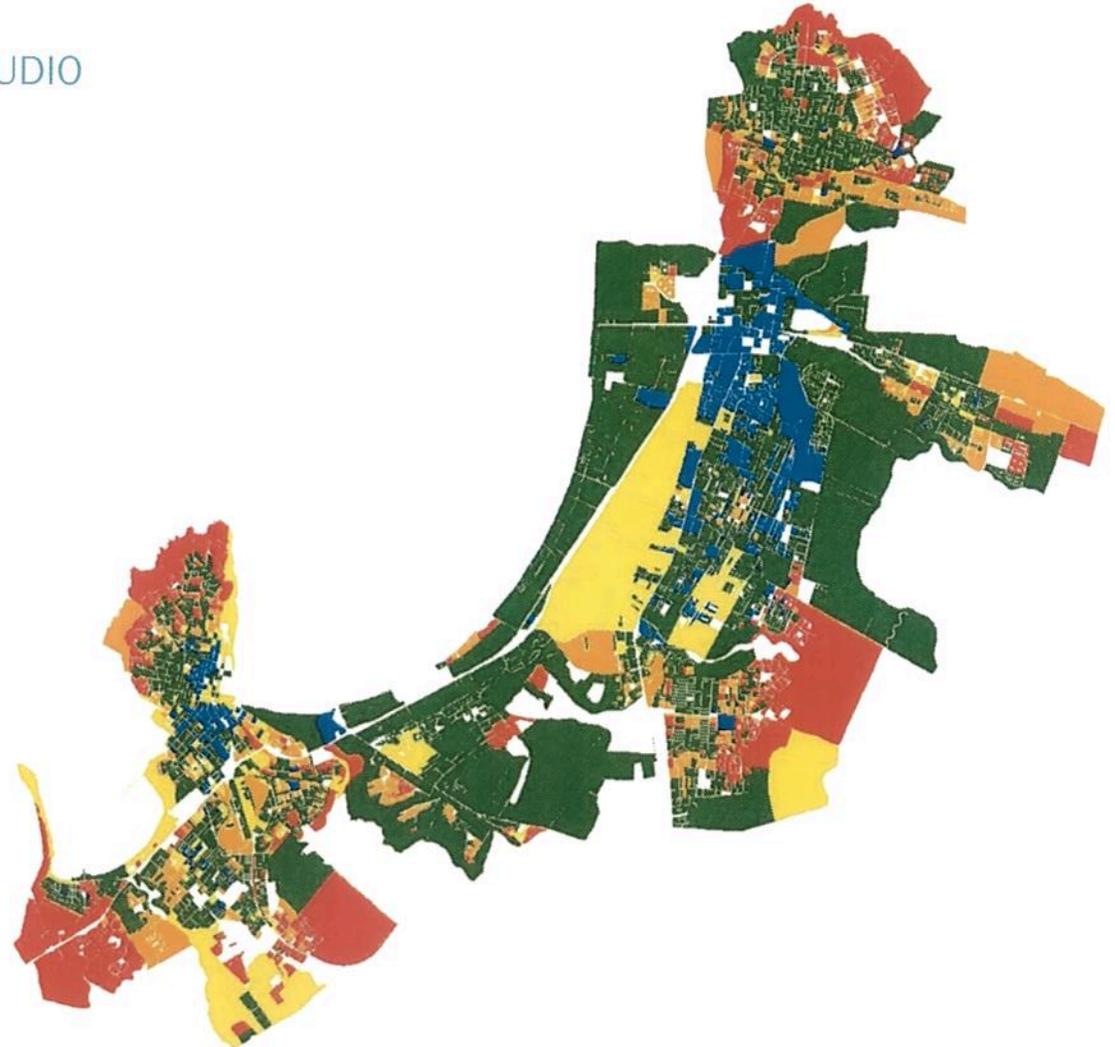


ANÁLISIS MULTICRITERIO

RESULTADO Y REVISIÓN DE CASO DE ESTUDIO

Resultado con asignación de pesos para el GSE ponderando 0,5 y las demás variables iguales (0,0625).

-  T1: territorio con muy bajo bienestar territorial y alta complejidad, requiere de evaluación completa e intervención.
-  T2: territorio con bajo bienestar territorial y alta complejidad, requiere de evaluación e intervención.
-  T3: territorio con moderado bienestar territorial menos complejo, con riesgo moderado, puede esperar evaluación.
-  T4: territorio con adecuado bienestar territorial, no requiere evaluación.
-  T5: Territorio con buen bienestar territorial, no requiere evaluación ni intervención.

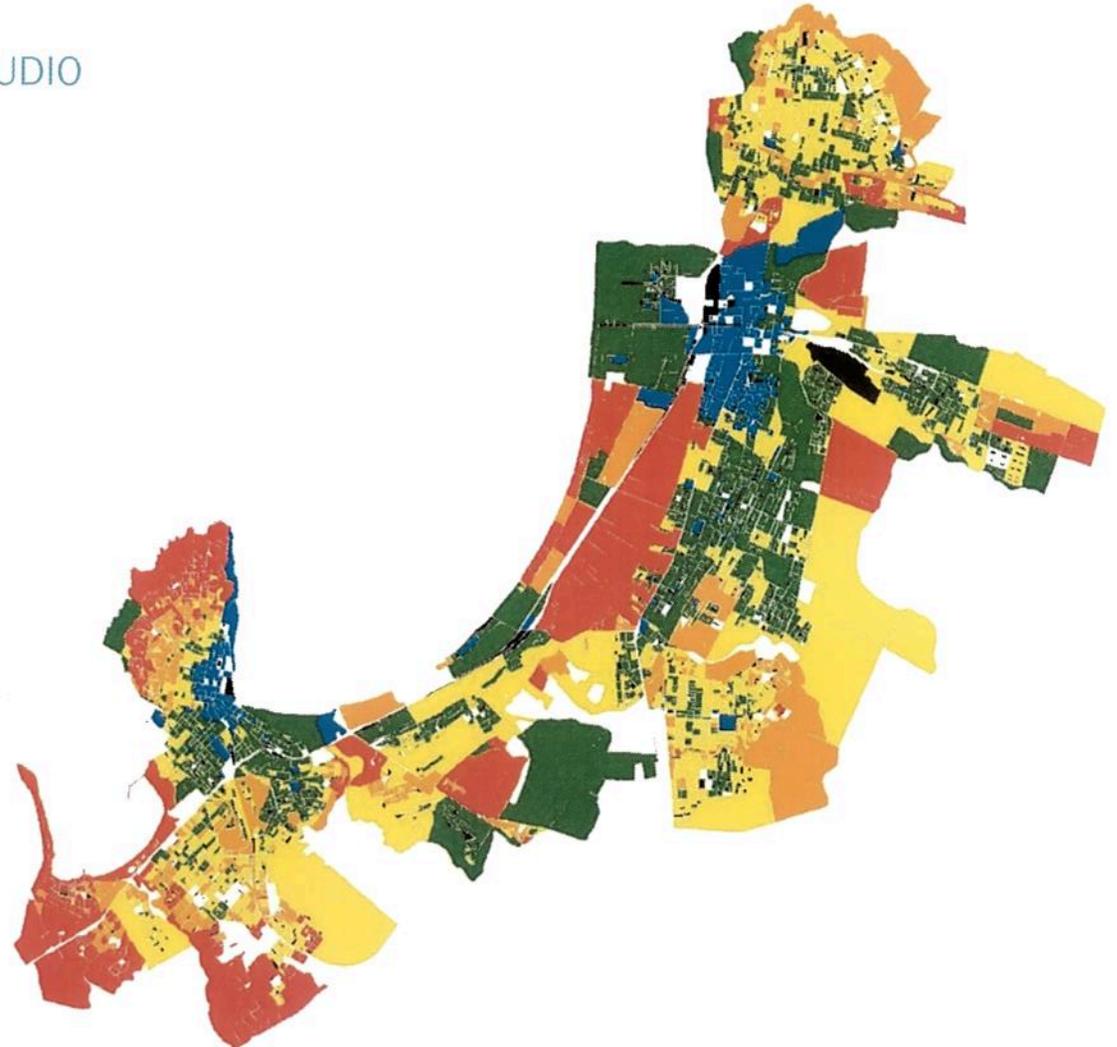


ANÁLISIS MULTICRITERIO

RESULTADO Y REVISIÓN DE CASO DE ESTUDIO

Resultado con asignación de pesos para el indicador de áreas verdes ponderando 0,5 y las demás variables iguales (0,0625).

- T1: territorio con muy bajo bienestar territorial y alta complejidad, requiere de evaluación completa e intervención.
- T2: territorio con bajo bienestar territorial y alta complejidad, requiere de evaluación e intervención.
- T3: territorio con moderado bienestar territorial menos complejo, con riesgo moderado, puede esperar evaluación.
- T4: territorio con adecuado bienestar territorial, no requiere evaluación.
- T5: Territorio con buen bienestar territorial, no requiere evaluación ni intervención.

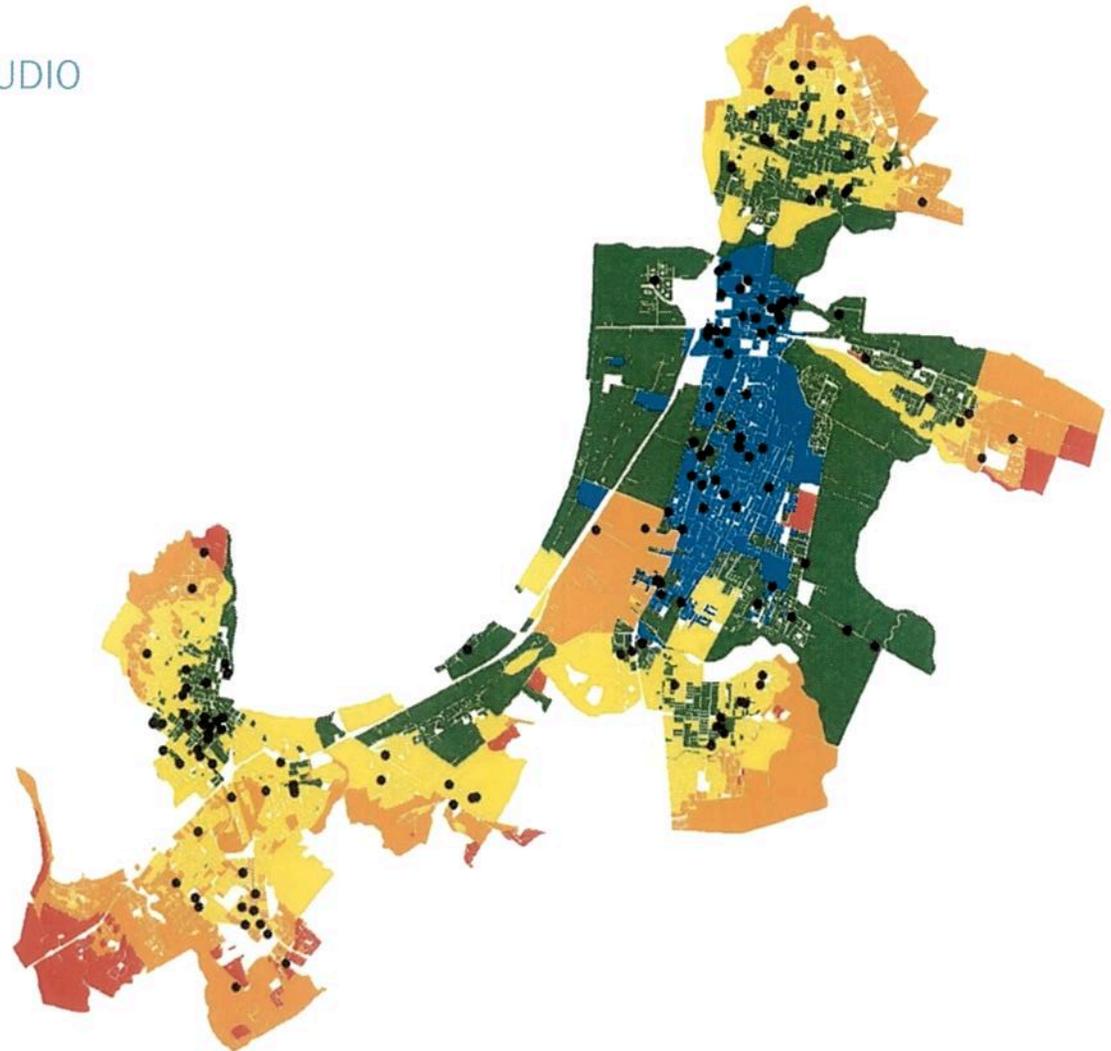


ANÁLISIS MULTICRITERIO

RESULTADO Y REVISIÓN DE CASO DE ESTUDIO

Resultado con asignación de pesos para el indicador de acceso efectivo a educación ponderando 0,5 y las demás variables iguales (0,0625).

- T1: territorio con muy bajo bienestar territorial y alta complejidad, requiere de evaluación completa e intervención.
- T2: territorio con bajo bienestar territorial y alta complejidad, requiere de evaluación e intervención.
- T3: territorio con moderado bienestar territorial menos complejo, con riesgo moderado, puede esperar evaluación.
- T4: territorio con adecuado bienestar territorial, no requiere evaluación.
- T5: Territorio con buen bienestar territorial, no requiere evaluación ni intervención.



ANÁLISIS MULTICRITERIO

RESULTADO Y REVISIÓN DE CASO DE ESTUDIO

Resultado con asignación de pesos para el indicador de acceso equipamiento cultural ponderando 0,5 y las demás variables iguales (0,0625).

-  T1: territorio con muy bajo bienestar territorial y alta complejidad, requiere de evaluación completa e intervención.
-  T2: territorio con bajo bienestar territorial y alta complejidad, requiere de evaluación e intervención.
-  T3: territorio con moderado bienestar territorial menos complejo, con riesgo moderado, puede esperar evaluación.
-  T4: territorio con adecuado bienestar territorial, no requiere evaluación.
-  T5: Territorio con buen bienestar territorial, no requiere evaluación ni intervención.



3. ALTERNATIVAS APLICACIÓN DE INFORMACIÓN TERRITORIAL

- 1. Indicador de Pobreza Territorial**
 - 1.1 Indicadores de Calidad del Entorno
 - 1.2 Indicadores de Bienestar Territorial

- 2. Definición de Zonas Territoriales Críticas**
 - 2.1 Dimensión de Accesibilidad General
 - 2.2 Dimensión de Capital Socioeconómico-ambiental
 - 2.3 Definición de Zonas Críticas

- 3. Análisis Multicriterio**

- 4. Alternativas Aplicación de Información Territorial**
 - 4.1 Planes Maestros Ley de Aportes al Espacio Público

4.1 PLAN MAESTRO LEY DE APORTES AL ESPACIO PÚBLICO

Con la normativa, los municipios tendrán un año y medio de plazo para elaborar planes de inversión de obras:

Congreso aprueba ley que fija aportes y mitigaciones viales a proyectos inmobiliarios

MARCELO GARCÍA

Según estimaciones del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MvU), solo el 5% de los proyectos inmobiliarios se hacen cargo bien del impacto vial que generan. La ley vigente establece que solo aquellos proyectos residenciales con más de 250 estacionamientos y los comerciales con más de 150 realizan un Estudio de Impacto al Sistema de Transporte Urbano (Esti), con recursos para efectuar obras de mitigación. Esto contrasta con la exigencia, en muchos desarrolladores, en función, construyen proyectos con menos estacionamientos, y el impacto vial que generan no es resuelto.

El avance es el que busca corregir la nueva ley de aportes al espacio público, ingresada en 2012 por el gobierno anterior y aprobada ayer por amplia mayoría en su tercer trámite en la Cámara de Diputados (99 a la favor, ninguno en contra y dos abstenciones). Con este trámite, el proyecto se convertirá en ley en las próximas semanas.

Una vez que una comisión mixta corra la redacción de diez incisos (será finalizado) sobre lo cual hay acuerdos.

La nueva normativa establece dos instrumentos, las mitigaciones, que son obras, cercas y medidas de gestión de tránsito en el entorno próximo al proyecto. Las deberán ejecutar los proyectos "de impacto relevante" (se define ese concepto en el reglamento), como ampliaciones de calles, semáforos, ingresos y peatonalizaciones, entre otros, que serán definidos en informes de mitigación vial (IMV).

El otro instrumento son los aportes al espacio público, que cumplirán los proyectos por densificación residencial, los que se construyen en terrenos

Cámara de la Construcción estima que la exigencia introduce un nuevo impuesto y anticipa que tendrá como efecto un aumento en el precio final de las viviendas.

■ Paso final: corrección de tres incisos

La tramitación de cuatro años tiene pendiente la revisión de tres incisos, cuya redacción será corregida por una comisión mixta. Uno establece que el permiso de construcción se otorgaba una vez terminado el informe de impacto vial. La otra, según Subal, es que ambos procesos sean paralelos.

También se revisará un artículo que permitirá que se realicen recepciones municipales, sin que las obras de mitigación estén garantizadas. Asimismo, se corrige una disposición que permitía construir obras que no estaban en los planes de infraestructura.

Por otra parte, Pablo Álvarez, de la Cámara de la Construcción, dice que en el reglamento se buscara que se densificaran las obras de mitigación en el aporte final, para evitar un doble cobro, tanto por mitigaciones como por aportes al espacio público. También afirma que se buscará que las obras de mitigación vial "sean muy bien reguladas y no dejen espacio a la discrecionalidad".



El paralizado mall de 14 Norte, en Viña del Mar, fue cuestionado por insuficientes obras de mitigación vial en un polo comercial congestionado.



reservados hasta por el 44% del avalúo fiscal del terreno. Faltó fondo para pasar a tramitar un plan comunal o intercomunal (en caso de ciudades metropolitanas) de obras, y se invierten en un 70% en proyectos de movilidad.

La ministra de Vivienda y Urbanismo, Paulina Subal, dice que la ley "es una de las modificaciones más profundas a la legislación urbana. Los proyectos van a tener una inversión mucho más armoniosa en el entorno próximo, desde su accesibilidad y gestión de tránsito". Añade que en las obras por densificación

sarrollarán condiciones estructurales para el desarrollo de la ciudad".

Foto Pablo Álvarez, gerente de vivienda y urbanismo de la Cámara Chilena de la Construcción. "La ley termina generando un nuevo impuesto que no guarda relación con los impactos del proyecto y solo aumenta los costos adicionales". Según estima, "esto siempre impacta en el costo de las viviendas, y eventualmente se pasará a precio de los futuros propietarios".

Tal como quedó aprobado, la ley establece un mes para la comisión

proceso de sanción para la tramitación de todos los sectores. Luego, los municipios tendrán un año y medio para crear planes de obras. Con todo, se estima que la ley opere en 2019.

Franco Eduardo Flores, como presidente del Consejo Nacional de Desarrollo Urbano, dice que la ley "es la reforma a la planificación urbana más relevante en 40 años". "Nos debe hacer más parte e integrar la planificación urbana, igualando derechos con deberes, sino que posibilite a una nueva etapa de cooperación público-privada en la red vial para

GRACIAS

CENTRO DE
INTELIGENCIA TERRITORIAL

UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ
DESIGN.LAB



Descripción Metodológica Indicadores de Indicadores de Accesibilidad en el Entorno, Socioeconómicos y Medioambientales

CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN

25-05-2017

CENTRO DE
INTELIGENCIA TERRITORIAL
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ
DESIGN.LAB



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	METODOLOGÍAS INDICADORES	3
2.1	INDICADORES DE ACCESIBILIDAD EN EL ENTORNO	4
2.1.1	Indicadores de Accesibilidad según Capacidad de Carga por superficie (IAV, ICUL, IDEP, ISAL).....	11
2.1.2	Indicador de Accesibilidad según Capacidad de Carga por Matrículas (ISE).....	15
2.1.3	Indicador de Accesibilidad según Tasa (ISER)	16
2.2	INDICADORES SOCIOECONÓMICOS	16
2.2.1	Indicador de Nivel Socioeconómico	16
2.2.2	Indicador de Segregación.....	18
2.3	INDICADORES MEDIO AMBIENTALES	19
2.3.1	Insumos espaciales	19
2.3.2	Homologación de insumos	20
2.3.3	Indicador de Cobertura Vegetal (ICV)	21
2.3.4	Indicador de Amplitud Térmica Anual (IATA)	22
3	METODOLOGÍA DEFINICIÓN DE BARRIOS CRÍTICOS	25
3.1	Análisis Exploratorio de Agrupamientos	25
3.1.1	Matriz de Correlaciones.....	25
3.1.2	K-Means para Variables.....	25
3.2	Alternativa Tres Dimensiones.....	26
3.2.1	Dimensiones e Indicadores	29
3.2.2	Definición Zonas Críticas.....	31
3.2.3	Conclusión.....	33
3.3	Alternativa Dos Dimensiones	33
3.3.1	Dimensiones e Indicadores	35
3.3.2	Definición Zonas Críticas.....	36
3.3.3	Conclusión.....	39
4	ANEXOS	40
4.1	SERVICIOS PÚBLICOS CONSIDERADOS	40

1 INTRODUCCIÓN

El Centro de Inteligencia Territorial (CIT) de la Universidad Adolfo Ibáñez (UAI), en conjunto con el área de estudios de la Cámara Chilena de Construcción (CChC), tienen una alianza de trabajo colaborativo desde ya hace más de un año. Este trabajo ha requerido mayores esfuerzos para ajustar la metodología y alcanzar los objetivos planteados entre ambas partes. Por ello, se presentan a continuación en detalle las metodologías utilizadas para la elaboración de los indicadores:

- Dimensión Accesibilidad en el Entorno:
 - Indicador de Áreas Verdes (IAV)
 - Indicador de Equipamientos Deportivos (IDEP)
 - Indicador de Equipamientos Culturales (ICUL)
 - Indicador de Equipamientos de Salud (ISAL)
 - Indicador de Servicios Públicos (ISER)
 - Indicador de Servicio de Educación (ISE)
- Dimensión Socioeconómica
 - Indicador de Nivel Socioeconómico (NSE)
 - Indicador de Concentración y Dispersión GSE (ISEG)
- Dimensión Medio Ambiental:
 - Indicador Amplitud Térmica Anual (IATA)
 - Indicador de Cobertura Vegetal (ICV)

Si bien lograr medir los indicadores es un objetivo esencial, una tarea aún más desafiante y difícil es poder tener una adecuada representación y coherencia espacial de los indicadores. La correlación de indicadores y unidades espaciales, permiten generar un análisis con la capacidad de incidir efectivamente en la evaluación y propuesta de políticas públicas, es decir, un diseño de política pública basada en evidencia. Para ello se requiere un sistema de información y un proceso metodológico que supere las limitaciones de las zonificaciones convencionales utilizadas en los análisis geográficos. En ese sentido, es importante aclarar que los indicadores correspondientes a las dimensiones de “Calidad del Entorno”, “Accesibilidad en el Entorno”, “Dimensión Socioeconómica” y “Dimensión Medio Ambiental” **serán trabajados a nivel de manzana lo que permite focalizar los resultados con gran detalle, permitiendo la posterior generalización (ponderada) a diferentes unidades espaciales.**

2 METODOLOGÍAS INDICADORES

Como se explica en la propuesta entregada en diciembre de 2016, a partir de la información ya elaborada por el CIT es posible generar indicadores funcionales basados en accesibilidad. La gran ventaja de estos indicadores es que poseen una resolución espacial a nivel de manzana lo

que permite focalizar los resultados con gran detalle, permitiendo la posterior generalización (ponderada) a diferentes unidades espaciales vinculadas a través del código INE de manzana (ver esquema siguiente: unidad vecinal, distrito censal, comuna y ciudad).

Figura 1. Unidades espaciales vinculadas por código INE



Fuente: Centro de Inteligencia Territorial.

2.1 INDICADORES DE ACCESIBILIDAD EN EL ENTORNO

Para la generación de indicadores territoriales, se utilizan técnicas que permiten calcular niveles de servicio a distintas escalas, para cuantificar el grado de accesibilidad que tiene el territorio a bienes públicos, servicios, u otro tipo de oferta (Comber, Brunsdon, & Green, 2008b) en combinación con variables sociodemográficas. La accesibilidad depende de la geografía local, para lo cual se utiliza el concepto de isócrona (Oh & Jeong, 2007).

La gran ventaja de este tipo de indicadores es que puede establecer una medida en unidades geográficas más pequeñas (ej., a nivel de manzana) para focalizar los esfuerzos de políticas públicas territorialmente. Su generalización ponderada además, los hace competitivos con los indicadores a nivel comunal y de ciudad, obviando dos vicios típicos de estos indicadores, la falacia ecológica (King, 2013;) y el problema de la Unidad Espacial Modificable – MAUP (de su sigla en inglés) (Clark & Scott, 2014; Zhang & Kukadia, 2005).

Los indicadores gravitacionales han evolucionado en él tiempo, y se han utilizado otros indicadores con otros algoritmos de cálculo que provienen principalmente del área de la Salud (Joseph & Bantock, 1982; Luo & Qi, 2009; Luo & Wang, 2003; Wei, 2013). Estos indicadores son por ejemplo:

- **Gravity-based accessibility models** (Hanson & Giuliano, 2004): estos modelos se basan en redes de transporte (al igual que lo discutido previamente) para cuantificar el acceso a los nodos (ej., manzanas o establecimientos educacionales en nuestro caso), pero se combinan con una medida de oportunidad de acceso que mide la accesibilidad

relativa de una localización específica. Así, se utiliza una función que define el esfuerzo necesario para superar dicha distancia. Estos modelos se han aplicado en estudios de acceso a la Salud (Joseph & Bantock, 1982) y a fuentes de empleo (Sheen, 2011).

- **Spatial decomposition method** (Radke & Mu, 2000): mide el acceso a servicios sociales, calculando la razón entre la oferta y la demanda centrada en la localización específica de un proveedor y suma dicha razón para los habitantes de cada zona residencial, utilizando distancias euclidianas (líneas rectas).
- **Two Step Floating Catchment Area** (2SFCA) (Luo & Wang, 2003): son un caso especial de los modelos de gravedad. En primer lugar, se calcula la disponibilidad de la oferta en relación con la demanda de la población (en un umbral de tiempo de viaje) y en segundo lugar se suman de todas las razones oferta/demanda calculadas en el primer paso. Este es el método utilizado para calcular los indicadores descritos posteriormente. Estos modelos se han mejorado incluyendo una función de decaimiento de la distancia (discreta), en lo que se conocen como modelos E2SFCA (*Enhanced Two-step Floating Catchment Area*) (Luo & Qi, 2009).
- **Three Step Floating Catchment Area** (3SFCA) (Wan, Zou, & Sternberg, 2012): Corresponde a la misma tipología especial del modelo mencionado anteriormente, pero genera una tercera área de captura discreta con el fin de evitar la sobrestimación de la demanda cuando existe acceso a más de un centro de salud.

Los indicadores que se detallarán a continuación varían en su tratamiento de acuerdo a algunas particularidades tales como la escala (local y metropolitano), la disposición de movimiento (hacer u ocio) y en el caso de los servicios públicos la capacidad de carga, que en este caso se toma de forma unitaria y no en función de los metros cuadrados construidos (presente en el resto de los indicadores¹).

- Expresión Matemática de los indicadores

Para el cálculo de los indicadores se utiliza una extensión del método de E2SFCA (*Enhanced Two-step Floating Catchment Area*). Este método incluye una función de decaimiento de la distancia discreta en etapas, que en este caso es abordada de forma continua, por medio de una función de decaimiento, calculada a partir de los datos de la Encuesta origen Destino (SECTRA) a nivel nacional, en transporte pedestre para los equipamientos de nivel local y motorizado para metropolitano.

A continuación, ilustraremos como llegar al algoritmo modificado de E2SFCA a través del cálculo de los indicadores de bienestar territorial, cuya expresión es la siguiente:

¹ Otra excepción es el indicador educacional, que considera matrículas (promedio histórico de 10 años a la fecha) como capacidad de carga.

$$E_j = \frac{C_{e_j}}{\sum_{i \in I_{e_j}} P_{ob_{m_i}} * I_{e_{e_j}}} \quad (a)$$

$$M_k = \sum_{j \in I_{m_k}} E_j * I_{e_{e_j}} \quad (b)$$

Donde:

- E_j es el índice de servicio que relaciona oferta y demanda de un equipamiento e_j
- C_{e_j} es la capacidad de carga de e_j
- I_{e_j} es la isocrona de e_j
- $P_{ob_{m_i}}$ es la población de la manzana m_i
- $I_{e_{e_j}}$ Impedancia empírica en tiempo e_j

Ecuación 1: fórmula general del 2SFCA

Una vez calculado la capacidad de carga o tasa en E_j se devuelve la medida bajo el supuesto que una manzana M_k puede alcanzar más de un equipamiento generándose la sumatoria de las capacidades de carga alcanzadas desde este punto. En este punto se establece la multiplicación del indicador ya calculado por la misma impedancia empírica. (ecuación b)

- Consideración de Impedancia Topográfica

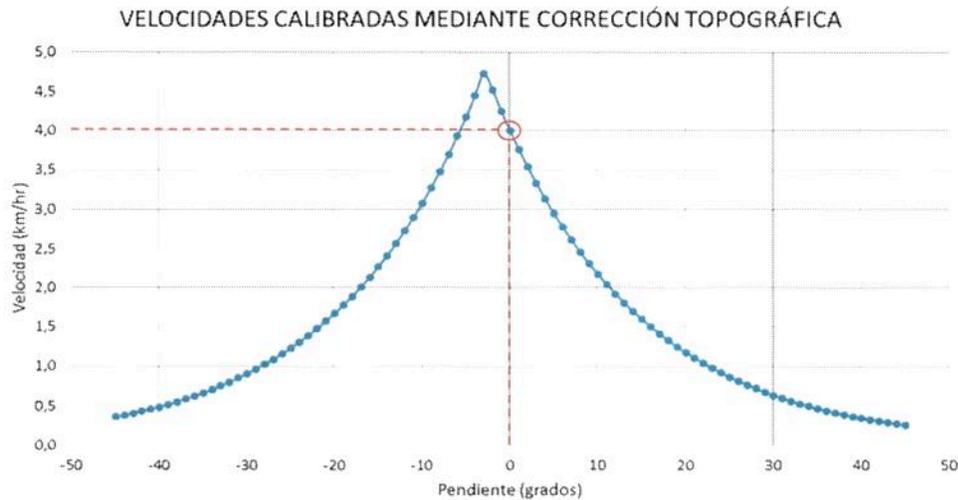
Al utilizar análisis de redes para la estimación de la accesibilidad hacia los distintos tipos de equipamiento, debe ser aplicada con distintos tipos de impedancia, dependiendo de los objetivos del estudio. En particular, para los indicadores utilizados se utiliza como impedancia el transporte pedestre.

Varios modelos particulares de accesibilidad, utilizan velocidades para el modo de transporte pedestre, siendo 4 km/hr el más recurrente en estudios. Sin embargo, el Centro de Inteligencia Territorial, estimaba la accesibilidad con 3,5 km/hr, para considerar los tiempos entre semáforos y cruces de calles.

Para efectos del estudio actual, se considera la variabilidad topográfica del terreno en la variación de la velocidad que presentan las personas al realizar su desplazamiento cotidiano. De esta forma, la velocidad sobre los ejes de la ciudad, es estimada de acuerdo a la variabilidad topográfica del terreno. Para esto se calculan las pendientes en grados en cada uno de los segmentos de los ejes, y se estima la velocidad en transporte pedestre a partir de la siguiente fórmula (modificada de Tobler, 1993):

$$Vel = 4,76498487 * \text{Exp}(-3,5 * \text{Abs}(\text{Pendiente} * 0,0175 + 0,05))$$

De esta forma, la velocidad a una pendiente 0 en alguno de los ejes de la ciudad, alcanza una velocidad de 4 km/hr, siendo máxima en una inclinación de -3,5°.



Finalmente, a partir de estas velocidades, se estima el tiempo que es necesario para recorrer cada uno de los ejes.

- Cálculo de la Impedancia Empírica

Para calibrar los indicadores de accesibilidad utilizados, es necesario cuantificar la propensión a desplazarse a pie que se observa en las ciudades de Chile, en términos de la probabilidad de realizar viajes de mayor o menor duración. La información necesaria fue obtenida de Encuestas de Origen y Destino (EOD) levantadas desde el año 2010 a la fecha en las siguientes ciudades:

- Antofagasta, 2010
- Arica, 2010
- Calama, 2010
- Copiapó, 2010
- Gran Coquimbo, 2010
- Iquique, 2010
- Osorno, 2013
- Puerto Montt, 2014
- Gran Santiago, 2012
- Gran Temuco, 2013
- Valdivia, 2013
- Gran Valparaíso, 2014

Esta selección fue determinada por la información disponible a la fecha y que haya sido obtenida de forma relativamente reciente. Debido a incompatibilidades insalvables en los esquemas de ponderación de casos entre todas estas bases, se asignó un peso a cada individuo

encuestado de forma proporcional al tamaño de población de cada ciudad e inversamente proporcional al tamaño de la muestra, de modo que al multiplicar los casos reportados por su peso se obtiene la población de cada ciudad. Considerando la ausencia de ciudades pequeñas en la información disponible y para evitar la estimación de una impedancia excesivamente influenciada por el peso demográfico del Gran Santiago, se optó finalmente por un ponderador proporcional a la raíz cuadrada de la población de cada ciudad. Cabe destacar que los coeficientes obtenidos con ambos esquemas de ponderación fueron muy similares.

En total, se obtuvo una base de 384.985 viajes (no ponderados), a partir de la que se obtuvieron tres subconjuntos. Primero, 15.277 viajes a pie cuyo motivo de desplazamiento corresponde a diversos quehaceres (trámites, salud y otros). Segundo, 5.975 viajes a pie con motivos libres (visitar a alguien, recreación y otros). Tercero, 18.690 viajes motorizados con motivos libres. Esta distinción es relevante, ya que la propensión a realizar viajes de mayor duración es bastante mayor en el caso de los viajes libres y en los motorizados, lo que permite utilizar los coeficientes obtenidos de un subconjunto u otro en correspondencia al indicador en cuestión. Por ejemplo, se utilizó el resultado de viajes libres a pie para el cálculo de accesibilidad a áreas verdes y el de quehaceres para servicios públicos. A su vez, se utilizó el resultado de viajes motorizados en el caso de los equipamientos metropolitanos.

Para cada subconjunto de datos se realizó un análisis de frecuencias en función del tiempo de viajes, obteniéndose sistemáticamente que el mayor número de viajes a pie tienen una duración de 5 minutos. Luego se dividió la frecuencia de los viajes según duración por esta frecuencia máxima, la que adquiere un valor de 1 mientras que los viajes de mayor duración son más infrecuentes a medida que se extienden, tendiendo a 0 (figuras 2 y 3). Esta distribución (decreciente entre 1 y 0) corresponde a los requerimientos matemáticos de una función de impedancia, que expresa el efecto disuasivo de mayores costos temporales de viaje en la probabilidad de realizarlos, lo que permite modelar empíricamente el comportamiento peatonal observado en Chile.

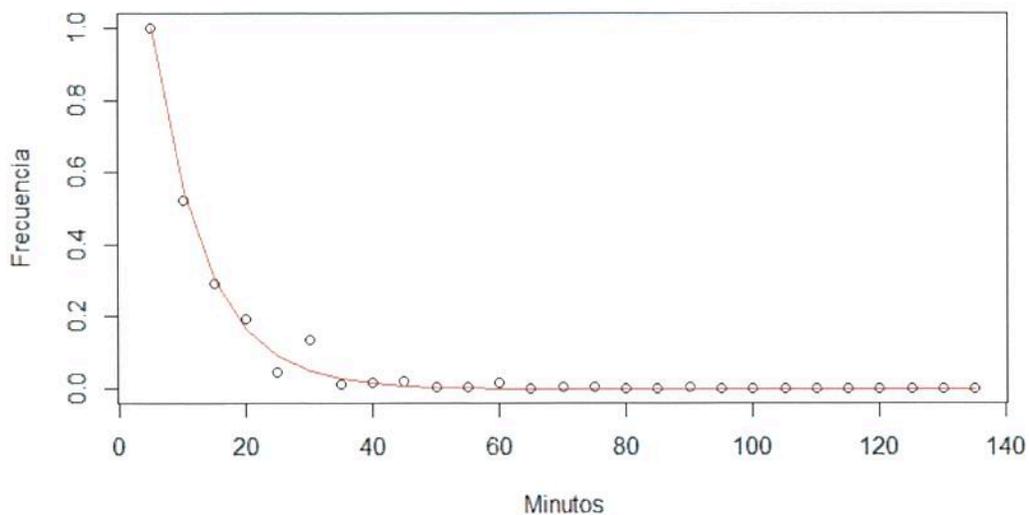
Con esta información, se ajustó un modelo de regresión no lineal, utilizando como variable dependiente la frecuencia de viajes (entre 1 y 0) y como variable explicativa una transformación exponencial de la duración de los viajes en minutos, definida en la siguiente ecuación:

$$(1) \text{ Frecuencia} = \exp^{(\beta * \text{Tiempo})}$$

Donde β es el coeficiente de impedancia, para el que se obtuvo un valor de -0.1207 para el motivo quehaceres y de -0.0784 para el motivo libres. Esta diferencia arroja como resultado relevante el hecho de que en las ciudades de Chile, los habitantes tienen una mayor propensión a realizar viajes largos cuando éstos tienen un motivo libre que cuando se trata de quehaceres (figuras 2 y 3). Para ambos modelos se obtuvo un valor de pseudo R^2 muy cercano a 1 (tabla

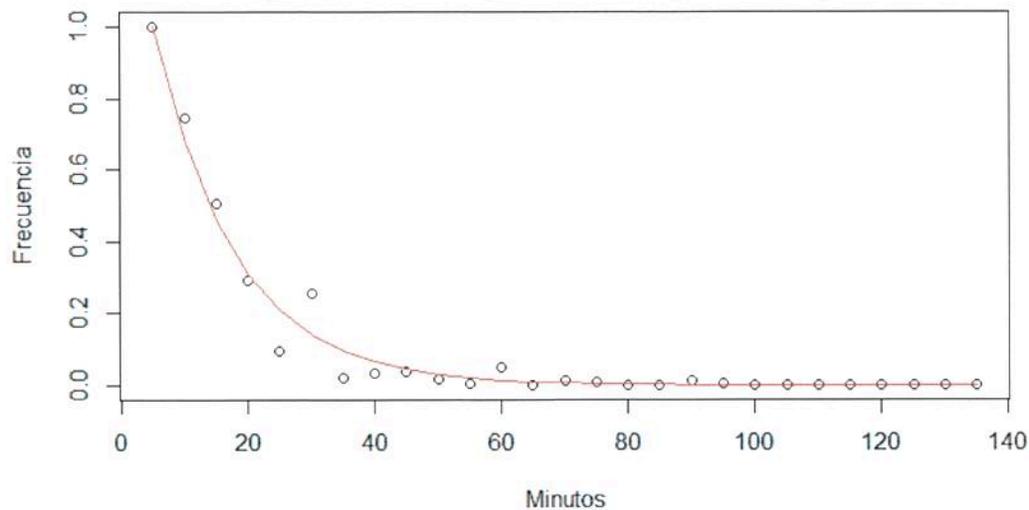
1), lo que representa un excelente ajuste de un modelo simple al comportamiento observado en las EODs analizadas.

Figura 2. Función Impedancia a Pie (Quehaceres)

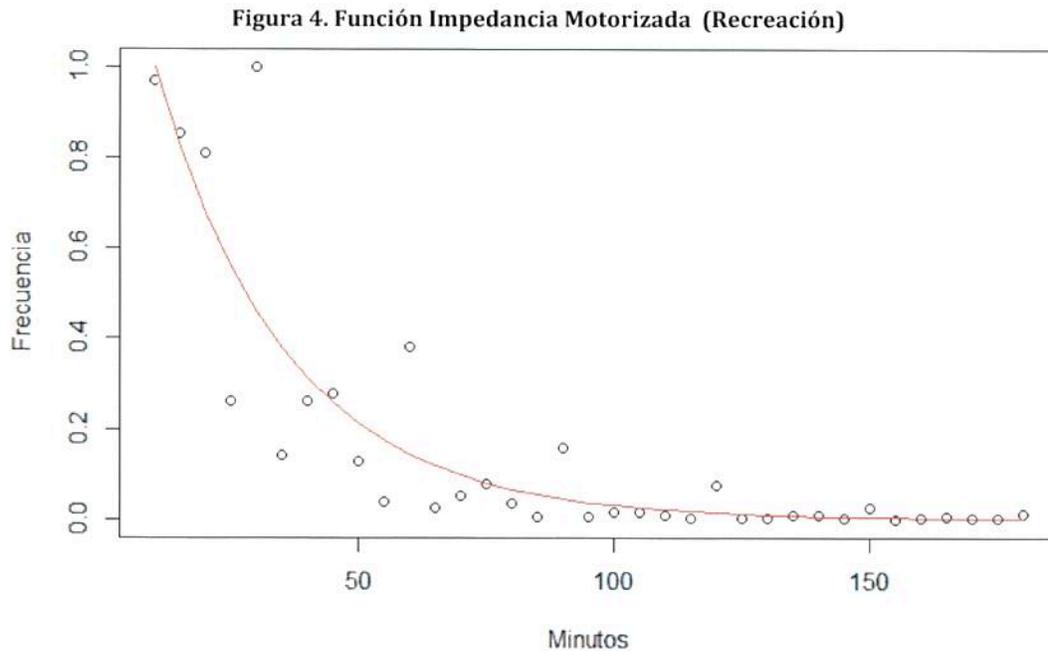


Fuente: Centro de Inteligencia Territorial.

Figura 3. Función Impedancia a Pie (Recreación)



Fuente: Centro de Inteligencia Territorial.



Fuente: Centro de Inteligencia Territorial.

Tabla 1. Coeficientes y ajuste de los modelos de impedancia según motivo

Motivo	β	R^2
Quehaceres a pie	-0.1207	0.9826
Libre a pie	-0.0784	0.9752
Libre motorizado	-0.0389	0.9545

Utilizando los coeficientes así obtenidos, se incorporó la función de impedancia (1) a los modelos de cálculo de accesibilidad en dos etapas. Primero, para estimar la demanda de uso de bienes públicos, agregando la población residente en una isocrona de 30 minutos alrededor de cada equipamiento, tras ponderar el número de habitantes de cada manzana por el valor entre 1 y 0 que se obtiene en función del tiempo de viaje correspondiente. Segundo, para incorporar la probabilidad decreciente de acceso a este bien público, ponderando el indicador de capacidad/demanda previamente obtenido por el valor entre 1 y 0 obtenido de la misma forma.

2.1.1 Indicadores de Accesibilidad según Capacidad de Carga por superficie (IAV, ICUL, IDEP, ISAL)

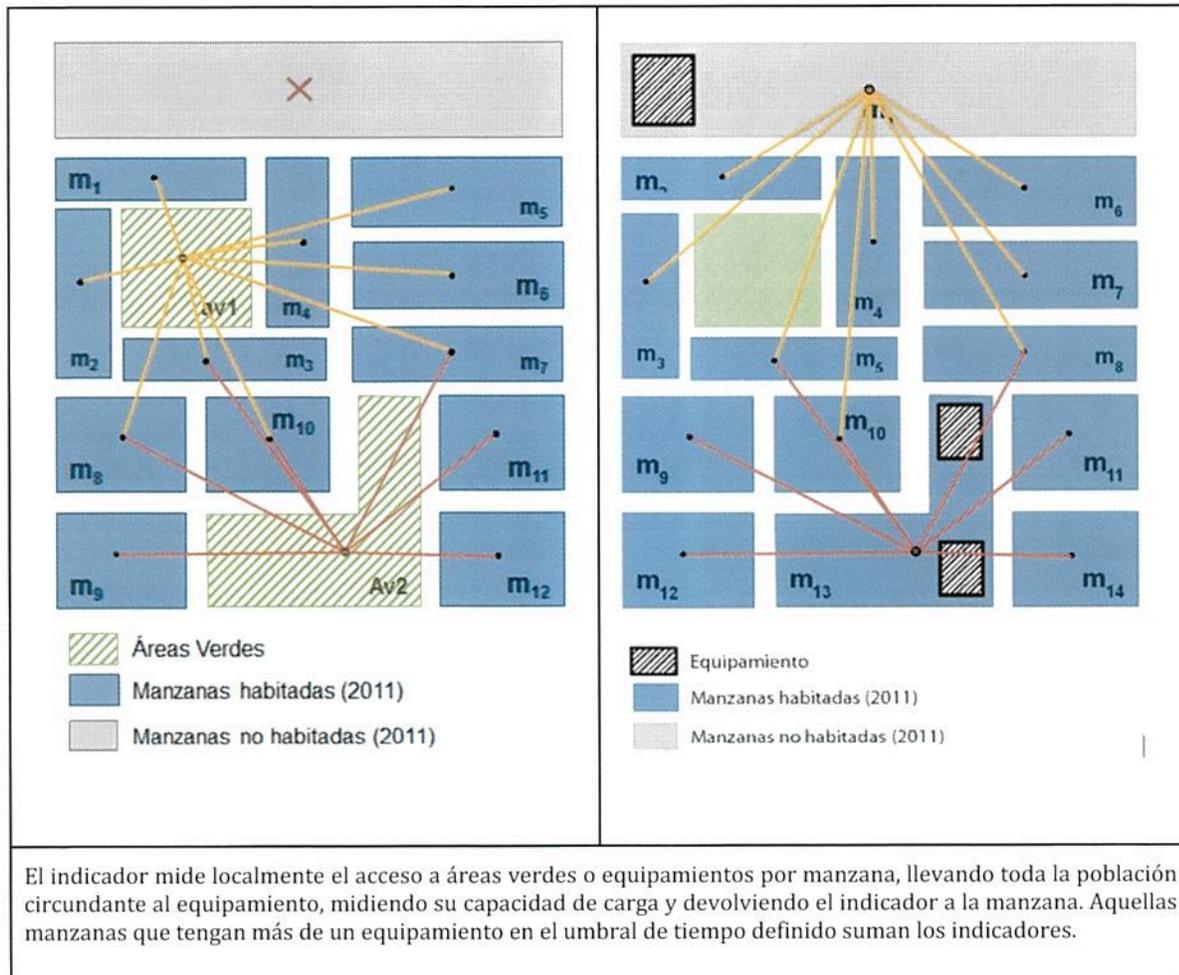
a. Cálculo Indicadores

Los indicadores de accesibilidad a áreas verdes y a equipamientos representan, en m²/habitante, la relación de capacidad de carga y la población accesible a los mismos. Estos indicadores se encuentran basados en la accesibilidad como factor fundamental. Dentro del supuesto, existen dos tipos de áreas verdes o equipamientos: locales y metropolitanos; los locales son aquellas que sirven a la población en un tiempo más acotado caminando, que mantienen una importancia local; y las otras son aquellas que tienen una gran importancia para la ciudad por lo cual, la población de la ciudad en su totalidad podría asistir (como por ejemplo el Parque Metropolitano de Santiago, el Estadio Nacional, el Museo Gabriela Mistral o el Hospital Salvador entre otros).

Esta metodología, al trabajarse a nivel de manzana, evita los problemas derivados de la errónea medición de áreas verdes (por ejemplo) a nivel comunal o unidades como distritos censales que generan inconsistencias por las problemáticas derivadas del MAUP (Modifiable Area Unit Problem) (A. S. Fotheringham & Wong, 1991; Fotheringham & Rogerson, 2008) y la Falacia Ecológica (Blakely & Woodward, 2000; King, 2013).

En cuanto a la accesibilidad local, estos indicadores consideran la posibilidad de que una determinada población, dentro de una manzana, pueda acceder a más de un equipamiento a una distancia definida según lo especificado en la introducción del apartado como impedancia empírica. El cociente se devuelve a cada una de las manzanas, bajo la lógica de posibilidad de acceso de una manzana a más de un equipamiento, en dicho caso se produce una sumatoria en las capacidades de carga locales.

Figura 5. Esquema indicador de accesibilidad local



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, en relación a la accesibilidad metropolitana, los indicadores se complementan con la medición de los equipamientos de escala metropolitana, que tienen un potencial de atracción mucho más allá del barrio. Estas áreas verdes se distribuyen en todo el territorio de la ciudad, pero considerando la probabilidad de asistencia al área verde en cuestión dependiendo de la propensión al movimiento estimada a partir de la EOD (en este caso considerando los viajes motorizados). Por otro lado, la red vial también se le asignan velocidades promedio, correspondientes a su jerarquía, tomando la información presente de la EOD. En este sentido la calibración considera que el total de red tenga una velocidad

promedio igual a la velocidad promedio total obtenida a partir por la EOD. Este promedio se calcula con una pequeña desviación estándar, debido a que el sistema elige las rutas de menor impedancia, por lo que se evita que valores muy frecuentes de acuerdo a su tipología (avenidas por ejemplo) tengan velocidades mucho más altas que el promedio, de lo contrario se sobreestima la velocidad global del sistema.

Al obtener tanto el indicador de accesibilidad local como metropolitano, estos se suman (a nivel de manzana), para obtener el valor consolidado. Estos indicadores, al ser calculados a nivel de manzana son fácilmente ponderable a unidades espaciales mayores (comuna o ciudad), considerando la proporción de la población de la manzana con respecto a la población contenida en unidades espaciales superiores.

Figura 6. Ejemplo indicador de accesibilidad a áreas verdes (Locales, Metropolitanos y Consolidado)





Fuente: Elaboración propia

b. Insumos Indicador de Áreas Verdes (IAV)

Se trabaja en una primera instancia con información entregada por los municipios. Información que luego es complementada con un análisis visual de imágenes satelitales y su correspondiente digitalización.

c. Insumos Indicador de Equipamientos Deportivos (IDEP)

Para el caso del indicador de equipamientos deportivos serán consideradas como equipamientos locales las multicanchas y metropolitanos los estadios, tanto los públicos como los privados. El levantamiento se realizó georreferenciando las multicanchas presentes en las imágenes satelitales de google y asignándoles un metraje estándar de 576m², según lo establecido por la Subsecretaría del Interior en sus especificaciones técnicas para la construcción de las mismas (<http://subinterior.gob.cl/media/2017/01/ANEXO-5.3.-ESPECIFICACIONES-TECNICAS-MULTICANCHA.pdf>)

Los estadios por su parte son medidos según superficie, mediante imágenes satelitales de google.

d. Insumos Indicador de Equipamientos Culturales (ICUL)

En el caso de los equipamientos culturales, se utilizó el catastro realizado por el Consejo Nacional de la Cultura publicado en www.espaciosculturales.cl, donde se especifica la localización y superficie de cada equipamiento. En caso de no presentarse la información de la superficie, se buscó la propiedad según rol en la base de Servicios de Impuestos Internos.

e. Insumos Indicador de Equipamientos de Salud (ISAL)

En el caso de los equipamientos de salud, se utilizó como base el catastro realizado por el Departamento de Estadísticas e Información de Salud del Gobierno de Chile. Luego fue complementado con equipamientos de salud catastrados por el CIT previamente.

Para el cálculo de la superficie de cada equipamiento, se buscó el código de manzana según SII donde se emplazaban y se consultó a la base de datos los m² construidos correspondientes a salud. En el caso de no encontrarse la información, se buscó la superficie por el rol correspondiente o en algunos casos, los establecimientos fueron medidos mediante imágenes satelitales de google.

2.1.2 Indicador de Accesibilidad según Capacidad de Carga por Matrículas (ISE)

Para la caracterización de la cobertura de la oferta educativa, se utilizará el **Índice de Servicio Escolar (ISE)**. El indicador ISE, se define como la relación entre la **oferta** (total de vacantes disponibles en los establecimientos dentro de una isócrona de 30 minutos caminando, con ponderación decreciente según lo descrito en el punto 2.1 (figuras 2 y 3), y la demanda (población total de estudiantes de cada manzana según el censo, con idéntica ponderación). Los resultados del índice permiten generar en un mapa graduado que visibiliza y cuantifica el problema de la falta de oferta de establecimientos cercanos en comunas específicas, que se manifiesta en el desplazamiento de estudiantes. Esto permitirá visibilizar la desigualdad de cobertura espacial de establecimientos educativos en los TPA analizados.

a. Insumos Indicador de Servicio Escolar (ISE)

Se utiliza como capacidad de carga la información de las matriculas promedio desde el 2004 al 2014 y la geolocalización de los establecimientos educacionales tanto públicos como privados. En cuanto a la población de niños, se filtra la información de población entre los 4 y 18 años para obtener los usuarios.

2.1.3 Indicador de Accesibilidad según Tasa (ISER)

a. Cálculo Indicador

Este indicador utiliza la misma metodología del caso anterior, sólo que no considera servicios de escala metropolitana y se trabaja a partir de una tasa, no superficie del equipamiento.

a. Insumos

Servicio público son aquellos órganos administrativos que estén al servicio de la comunidad atendiendo necesidades públicas en forma continua y permanente, estos son administrados o proporcionados por el Estado. En este ámbito se incluyen los servicios dispuestos al público: centralizados (bajo la dependencia de ministerios), descentralizados (dependiente de ministerios, pero solo como supervisor, operando con autonomía) y acentralizados (como los municipios, banco central, fuerzas armadas).

De forma adicional, son reconocidos como servicios públicos, aquellas actividades fiscalizadas y concesionadas por el Estado. Son servicios públicos los que cuentan con las siguientes características:

- Deben ser permanentes en su otorgamiento
- Regulares
- Debe ser otorgado para todos bajo las mismas condiciones
- Son consumidos masivamente, y
- Funcionan como monopolios naturales.

En estos casos es posible encontrar el servicio de la luz, agua, correo, entre otros. La lista completa de servicios públicos considerados se adjunta en el Anexo 1.

2.2 INDICADORES SOCIOECONÓMICOS

2.2.1 Indicador de Nivel Socioeconómico

El nivel socioeconómico fue calculado a nivel de hogares, a partir de información del Censo 2012. Como en este censo se preguntó por un número reducido de bienes, se debió modificar la metodología tradicional de cálculo de nivel socioeconómico para imputación de GSE (ABC1, C2, C3, D y E). Con el objetivo de mejorar la precisión de esta estimación, se combinaron variables a nivel de vivienda, hogar y personas sostenedores de hogar (tabla 1).

Tabla 1. Variables censales usadas para imputación de nivel socioeconómico

Variable	Descripción
----------	-------------

V02	Tipo de Vivienda
V03C	Material de construcción predominante Piso
V03B	Material de construcción predominante Techo
V03A	Material de construcción predominante Paredes
V04	Cantidad de dormitorios
V08	Medio principal de eliminación de basura
V07	Origen de la electricidad
V06	Servicio higiénico principal
V05	Origen del agua
H11	Propiedad de la vivienda
H13D	Bienes y servicios: Internet
H13C	Bienes y servicios: Servicio doméstico
H13B	Bienes y servicios: Vehículo
H13A	Bienes y servicios: Teléfono fijo
H15	Combustible usado para cocina
H16	Combustible usado para el agua caliente
H17	Combustible usado para la calefacción
H18	Condición de ocupación del sitio
P28	Nivel de educación cursado
P29	Completo nivel
P36	Situación laboral
P37	Tipo de trabajador

Utilizando estas variables se calculó un score para cada hogar, utilizando el procedimiento de escalamiento óptimo de la función Homals en el software R (De Leeuw, Mair, 2009). Este método es una extensión del análisis de componentes principales, que genera transformaciones no lineales de las variables, con el objetivo de combinarlas en uno o más vectores comunes, que contienen un máximo de información y que permiten optimizar la diferenciación entre las unidades de análisis. Además, el peso que tiene cada variable en el score final es determinado endógenamente por su varianza y por la correlación de ésta con las otras variables.

La determinación endógena del peso de cada variable permite adecuar la imputación en función de la penetración diferenciada de distintos bienes en distintas regiones del país. Por ejemplo, el nivel de estudios del sostenedor del hogar tiene más relevancia en áreas metropolitanas donde existen mercados laborales más especializados y menor relevancia en



regiones mineras, donde una calificación técnica puede permitir acceder a un alto nivel de ingreso. Asimismo, las variables de vivienda tienen menor impacto en regiones de clima frío, donde los estándares mínimos de calidad son más elevados como norma general, lo que reduce la varianza y en último término el contenido de información de éstas.

A partir del score así obtenido, los hogares fueron jerarquizados en centiles de nivel socioeconómico, región por región, y se les imputó el ingreso calculado para el centil correspondiente obtenido de la encuesta casen 2013, lo que permitió combinar los datos de distintas regiones de manera unívoca para todo el país y a partir de ello recalcular los centiles correspondientes, aunque esto no altera la jerarquía interna de cada región. Cabe destacar que esto no corresponde a una imputación de ingreso, ya que esta variable sólo se utiliza para combinar la información de regiones en una escala común, por lo que el centil reportado debe interpretarse en términos de nivel socioeconómico como una variable compleja que incluye educación, vivienda y bienes, y no como un nivel de ingreso monetario. El promedio de este indicador a nivel de manzanas permite representar cartográficamente la distribución de esta variable.

2.2.2 Indicador de Segregación

A partir del Indicador de Nivel Socioeconómico, es posible calcular la homogeneidad o heterogeneidad socioeconómica que se observa en un radio de 300 metros alrededor de cada manzana, calculando la desviación estándar del centil de NSE entre los hogares contenidos en esta área. Esto corresponde a un indicador de exposición o de mixidad social (Massey y Denton, 1988), que puede transformarse en un indicador de segregación mediante la operación: $\text{segregación} = \max(\text{desvest}) - \text{desvest}$, que es directamente interpretable como 0=mixidad de NSE y mayor segregación con valores crecientes.

Con el objetivo de diferenciar si la segregación observada es de nivel socioeconómico alto o bajo, se multiplica el valor antes obtenido por 1 si el promedio de NSE del área supera al promedio de la ciudad correspondiente y por -1 si es inferior a éste. Normalizando esta variable, se obtiene un indicador de segregación en la forma de una variable continua donde -1 representa la máxima segregación de ingreso bajo, 0 representa mixidad social y 1 representa máxima segregación de ingreso alto.

2.3 INDICADORES MEDIO AMBIENTALES

Los indicadores ambientales considerados en este informe corresponden al Indicador de Cobertura Vegetal (ICV) y el Indicador de Amplitud Térmica Anual (IATA). Ambos indicadores ambientales se generaron a través del procesamiento de los insumos provenientes de las plataformas satelitales Landsat 8, junto al producto con el vapor de agua atmosférico de MODIS, los que fueron sintetizados en dos variables físicas del medio ambiente urbano: el índice de vegetación de diferencia normalizada o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) y la temperatura superficial terrestre (TST).

El uso de imágenes satelitales presenta grandes ventajas para estimar estas variables físicas de manera rápida y efectiva, especialmente cuando se requiere abarcar amplias superficies y distintas temporalidades. Este proceso es una labor compleja dado el gran número de factores y datos que influyen en su determinación. No obstante, el desarrollo de diversos algoritmos y el aumento de la capacidad computacional, permiten en la actualidad su obtención de manera más ágil y precisa.

A continuación se describen los insumos espaciales, las actividades y los procesos utilizados en la construcción de los indicadores para cada una de las ciudades seleccionadas

2.3.1 Insumos espaciales

Los pasos metodológicos fueron integrados en el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGIS, mediante su consola de programación gráfica Model Builder, con la que se integraron la totalidad de los procesos involucrados en la estructura metodológica. Los datos utilizados se obtuvieron a partir de dos plataformas diferentes:

- i. La primera de ellas es la creada por la United States Geological Survey (USGS), a través de sus aplicaciones Earth Explorer y Glovis, de las cuales se obtuvieron los productos de las plataformas satelitales Landsat.
- ii. La segunda fuente es el sistema Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System (LAADS)², el que provee acceso a la información entregada por el Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), a bordo de las plataformas satelitales Terra y Aqua.

² Disponible en <http://ladsweb.nascom.nasa.gov>

En la Tabla 2 se pueden apreciar los detalles técnicos de las imágenes satelitales utilizadas en la construcción y cálculo de los indicadores medioambientales

Tabla 2. Características espaciales y espectrales de las bandas Landsat utilizadas.

BANDA ESPECTRAL	SENSOR		RESOLUCIÓN
Landsat 8	Landsat 8	Espacial (m)	Espectral (mm)
B4	OLI	30	0,64 - 0,67
B5			0,85 - 0,88
B11	TIRS	100 (30) ³	11,5 - 12,51

Fuente: Roy et al. (2014).

2.3.2 Homologación de insumos

Antes de procesar y estimar las variables de entrada fue necesario realizar una etapa de pre procesamiento y homologación de los datos espaciales. Las imágenes se homologaron, tanto en términos de estructura lógica y formato, como también en términos de localización geográfica. Entre los procesos que se realizaron se puede mencionar:

- Transformación de todos los insumos tipo raster al formato TIFF (*Tagged Image File Format*). La cobertura con el contenido de vapor atmosférico se entrega en un archivo con extensión HDF (*Hierarchical Data Format*), el que no es legible por la mayoría de las plataformas SIG, por lo que se utilizó el programa HEG-EOS, versión 2.1, provisto por la NASA⁴.
- Determinación de una superficie en cada conurbación que sirviera de extensión geográfica para el análisis espacial, creando coberturas vectoriales (polígonos) que fueron utilizados como mascarar de extracción.
- Se definió el sistema de referencia geográfica (UTM, Datum WGS 1984), la resolución espacial (30 m) y los métodos de remuestreo de las celdas o píxeles (vecinos próximos).

³ Las bandas termales de Landsat 8 se entregan remuestreadas a 30 metros por la USGS. Las bandas termales de Landsat 5 son resampleadas a 30 metros de resolución espacial en el proceso de corrección de las imágenes satelitales.

⁴ Disponible en <http://newsroom.gsfc.nasa.gov/sdptoolkit/HEG/HEGHome.html>

- Eliminación de las celdas con valores cero y saturados;
- Corrección radiométrica de las bandas espectrales de Landsat 5 y de la banda 11 de Landsat 8⁵.
- Transformación de los valores digitales a reflectancia de las bandas 4 y 5 (sensor OLI).

Una vez realizada la serie de procesos y correcciones necesarias para cada banda espectral seleccionada, se procedió a la obtención de las variables físicas y los índices espectrales vegetacionales en cada conurbación caracterizada. A continuación, se presentan los detalles metodológicos utilizados en la obtención de los indicadores ambientales de vegetación urbana y amplitud térmica.

2.3.3 Indicador de Cobertura Vegetal (ICV)

En términos operacionales, los métodos utilizados con la estimación de la vegetación se basan en realizar mediciones in situ con tal de estimar los diferentes tipos de coberturas vegetales, altura de individuos, vigorosidad, entre otros aspectos. Sin embargo, estos métodos requieren de campañas de terreno, sin mencionar el problema de espacialización de las variables registradas. De esta forma, el uso de imágenes satelitales presenta grandes ventajas para estimar estas variables físicas de manera rápida y efectiva, especialmente cuando se requiere abarcar amplias superficies y distintas temporalidades.

2.3.3.1 Vegetación Urbana

Utilizando estas ventajas, junto a los resultados obtenidos en otros estudios similares (Myneni, Hall, Sellers, & Marshak, 1995; Oke, 1998), se obtuvo la superficie cubierta con vegetación utilizando como base al NDVI, sobre el que se realizó un muestreo puntual en sitios con reconocida presencia de vegetación urbana, en distintas épocas del año. Además, se consideraron las fases iniciales y medias de los ciclos fenológicos de la vegetación urbana en la selección de las imágenes satelitales, coincidentes con la amplitud máxima del índice vegetacional en las estaciones de invierno y verano. El NDVI fue obtenido mediante la expresión:

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_5}{\rho_4 + \rho_5} \quad (1)$$

Siendo ρ_4 y ρ_5 las reflectividades de las bandas 4 y 5 del sensor OLI (Landsat 8). El muestreo puntual consideró distintos tipos de vegetación urbana, entre ellos el arbolado, los arbustos y el césped. Además, se seleccionaron parques, plazas y bandejones de calles y avenidas con

⁵ Fuente de algoritmos para transformación de número digital (DN en inglés) a radiancia-reflectancia y temperatura de brillo (Landsat 8): http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php

importante presencia de vegetación, en consideración a que Landsat es un satélite de media resolución espacial (30 metros) y la vegetación presenta variaciones de ciudad en ciudad que se traducen en diferentes valores base del NDVI para obtener la biomasa superficial. Se consideraron al menos 15 puntos en cada ciudad, los que fueron seleccionados bajo el criterio de representatividad de:

- Tipología de vegetación urbana
- Tipo de infraestructura verde
- Distribución espacial
- Localización de los puntos de muestreo en el mismo sitio en ambas fechas analizadas

De esta forma, se obtuvo una cobertura de puntos que se utilizó para extraer los valores de cada NDVI estimado en las ciudades seleccionadas en el presente estudio.

2.3.3.2 Superficie urbana cubierta con vegetación en un año

La obtención de la superficie cubierta con vegetación, a partir de la cobertura con el NDVI, se realizó considerando el valor mínimo del índice obtenido en cada punto muestreado. La expresión utilizada para obtener a la superficie anual vegetada se realizó mediante la siguiente expresión:

$$SUCV_{Anual} = SUCV_{Verano} \cup SUCV_{Invierno} \quad (2)$$

Siendo $SUCV$ la superficie urbana cubierta con vegetación en un determinado periodo del ciclo fenológico de la biomasa urbana. Esta expresión considera al menos dos estados de la vegetación, en dos estaciones diferentes, incluyendo la superficie vegetada en ambos tiempos para estimar a la $SUCV$.

2.3.4 Indicador de Amplitud Térmica Anual (IATA)

La amplitud térmica anual se refiere a la diferencia entre la Temperatura Superficial Terrestre (TST) máxima y mínima en un periodo de tiempo determinado. Para estimar la temperatura superficial terrestre (TST) se utilizó el algoritmo monocanal o *single channel* (SC), propuesto por Jiménez-Muñoz y Sobrino (2003). Este método fue escogido debido a su flexibilidad en términos de las diversas condiciones atmosféricas y a su adaptabilidad a distintos tipos de sensores con bandas espectrales en la ventana atmosférica que se encuentra entre las longitudes de onda de 10 – 12 mm. Para la estimación de la TST se necesitó de cinco magnitudes fundamentales:

- i. La radiancia de la banda termal
- ii. La temperatura de brillo en el sensor
- iii. La emisividad de la superficie
- iv. El contenido de vapor de agua en la atmósfera
- v. Los centros de los rangos espectrales asociados a las longitudes de onda de las bandas térmicas consideradas.

Cuatro de estas magnitudes se obtuvieron a través del procesamiento directo de las bandas espectrales de cada imagen Landsat, mientras que el vapor de agua provino del sensor MODIS. La radiancia espectral de las bandas termales se obtuvo en la etapa de corrección de los insumos espaciales. Por su parte, los parámetros y el algoritmo para obtener la temperatura de brillo en el sensor (T_B) se obtuvieron del Programa Landsat (2002) y el sitio web de la USGS.

A su vez, la emisividad de la superficie (ϵ_{sc}) utilizada en el método monocanal, se estimó considerando el conocimiento a priori de la emisividad de algunas superficies y su relación estadística con algunos valores umbrales del logaritmo natural del NDVI. Para calcular la emisividad se usaron los valores umbrales del índice vegetacional, rangos propuestos por Van De Griend y Owe (1993).

2.3.4.1 Cálculo de la Temperatura Superficial Terrestre (TST)

La TST se obtuvo directamente en grados Celsius, utilizando el método monocanal de Jiménez (2003 y 2014). Las funciones de transferencia atmosférica ψ_1 , ψ_2 y ψ_3 , fueron obtenidas como función del vapor de agua atmosférico (w), según las expresiones y parámetros considerados para la banda 11:

$$\psi_1 = 0.04019 w^2 - 0.02916 w + 1.01523 \quad (3)$$

$$\psi_2 = -0.38333w^2 - 1.50294 w + 0.20324 \quad (4)$$

$$\psi_3 = 0.00918 w^2 + 1.36072 w - 0.27514 \quad (5)$$

Para estimar la TST se integraron todos los parámetros generados en el algoritmo monocanal (SC) generalizado de Jiménez-Muñoz y Sobrino (2003):

$$TST_{SC} = \gamma[\epsilon^{-1}(\psi_1 L_{\lambda Corr} + \psi_2) + \psi_3] + \delta - 273,15 \quad (6)$$

Con las siguientes aproximaciones de los parámetros gamma (γ) y delta (δ):

$$\gamma = \left\{ \frac{c_2 L_{\lambda Corr}}{T_{B10}^2} \left[\frac{\lambda^4}{c_1} L_{\lambda Corr} + \lambda^{-1} \right] \right\}^{-1} \quad (7)$$

$$\delta = -\gamma L_{\lambda Corr} + T_{B11} \quad (8)$$

Dónde:

$L_{\lambda Corr}$ = Radiancia espectral corregida topográficamente de la banda 11

T_{B10} = Temperatura de brillo banda 11 ($^{\circ}$ K)

λ = Centro del rango de longitud de onda de la banda 11

2.3.4.2 Estimación de la Amplitud Térmica Anual (ATA)

Una vez estimada la TST se procedió a obtener un compuesto con el promedio estacional, utilizando las temperaturas superficiales del invierno y verano. De esta forma, se obtuvo el indicador ambiental urbano dado por la amplitud térmica anual o la diferencia entre la temperatura superficial promedio del verano y el invierno:

$$A_t = TST_{ver} - TST_{inv} \quad (9)$$

Dónde:

A_t = Amplitud térmica anual

TST_{ver} = TST promedio verano

TST_{inv} = TST promedio invierno

3 METODOLOGÍA DEFINICIÓN DE BARRIOS CRÍTICOS

3.1 Análisis Exploratorio de Agrupamientos

3.1.1 Matriz de Correlaciones

	IIB	IMV	NSE	ISEG	IATA	ICV	IAV	ICUL	IDEP	ISAL	ISER	ISE
IMV	0,154											
NSE	0,381	0,375										
ISEG	0,327	0,292	0,274									
IATA	-0,314	-0,180	-0,539	-0,463								
ICV	0,105	0,012	0,173	0,136	-0,267							
IAV	0,161	0,083	0,346	0,295	-0,341	0,194						
ICUL	0,083	0,001	0,199	0,154	-0,167	0,004	0,178					
IDEP	-0,026	-0,053	-0,176	-0,232	-0,065	-0,031	0,044	0,007				
ISAL	-0,015	-0,006	0,018	-0,021	0,075	-0,016	0,038	0,135	0,013			
ISER	0,017	-0,073	0,069	0,035	-0,032	-0,030	0,081	0,402	-0,030	0,150		
ISE	0,083	0,015	0,105	0,062	-0,152	-0,078	0,197	0,267	0,033	0,056	0,285	

3.1.2 K-Means para Variables

Se utiliza la función `kmeansvar` (R), análogo a función `k-means` utilizada para definir clústeres de observaciones, pero adaptado para agrupar variables. Se confirma estrecha relación entre IIB, IMV, NSE, ISEG e IATA, constante entre 2 y 4 clústeres.

Se observa un agrupamiento consistente entre ICUL, ISAL, ISER e ISE, correspondientes a equipamientos con edificación. El IDEP tiene un comportamiento errático, que refleja una distribución urbana peculiar, lo que también aplica en menor medida al IAV e ICV.

Este análisis no es concluyente, pero sugiere dos dimensiones estructurantes para agrupar indicadores: $IIB \sim IMV \sim NSE \sim ISEG$ / $ICUL \sim ISAL \sim ISER \sim ISE$.

2 clústeres

Cluster 1 :	
	squared loading
IIB	0.311
IMV	0.218
NSE	0.795
ISEG	0.709
IATA	0.494
ICV	0.159
IDEP	0.083

Cluster 2 :	
	squared loading
IAV	0.30
ICUL	0.56
ISAL	0.41
ISER	0.45
ISE	0.41

Gain in cohesion (in %): 20.19

3 clústeres

Cluster 1 :	
	squared loading
IIB	0.30
IMV	0.20
NSE	0.78
ISEG	0.67
IATA	0.53
ICV	0.15
IAV	0.25

Cluster 2 :	
	squared loading
IDEP	1

Cluster 3 :	
	squared loading
ICUL	0.58
ISAL	0.43
ISER	0.54
ISE	0.40

Gain in cohesion (in %): 30.78

4 clústeres

Cluster 1 :	
	squared loading
IIB	0.31
IMV	0.22
NSE	0.80
ISEG	0.70
IATA	0.51
IAV	0.26

Cluster 2 :	
	squared loading
ICV	1

Cluster 3 :	
	squared loading
IDEP	1

Cluster 4 :	
	squared loading
ICUL	0.58
ISAL	0.43
ISER	0.54
ISE	0.40

Gain in cohesion (in %): 40.85

3.2 Alternativa Tres Dimensiones

Se basa en dos clústeres a la vez robustos y con claridad conceptual:

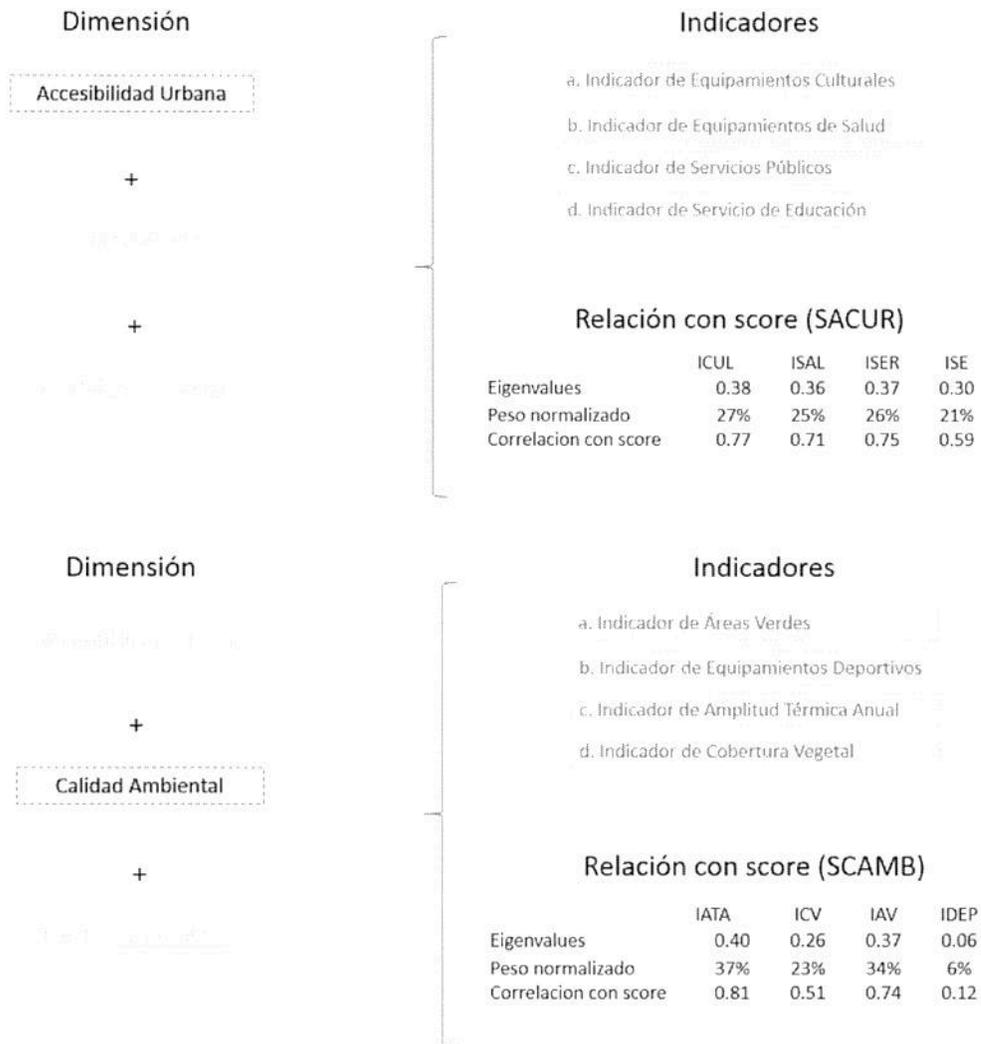
- Capital socio-material (IIB~IMV~NSE~ISEG): recursos disponibles a nivel de hogares, sin desplazarse del lugar de residencia
- Accesibilidad urbana (ICUL~ISAL~ISER~ISE): accesibilidad a equipamientos edificados, típicamente en núcleos locales

Además, se agrega un tercer clúster más heterogéneo analíticamente, pero con variables conceptualmente relacionadas con la calidad ambiental y las posibilidades de esparcimiento:

- Calidad ambiental (IATA~ICV~IAV~IDEP)

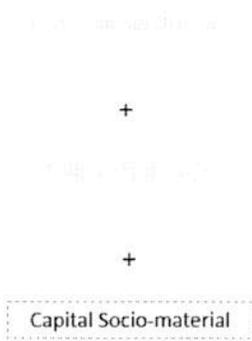
Dentro de cada clúster, las variables se combinan mediante escalamiento óptimo (función homals, R), una extensión del análisis de componentes principales que permite condensar información multivariada en un sólo score, transformando las variables de forma no lineal, minimizando la pérdida de información y optimizando la diferenciación de las observaciones.

Este procedimiento aporta un criterio objetivo de ponderación, determinado endógenamente por el contenido de información de las variables y que maximiza la posibilidad de diferenciar las observaciones.





Dimensión



Indicadores

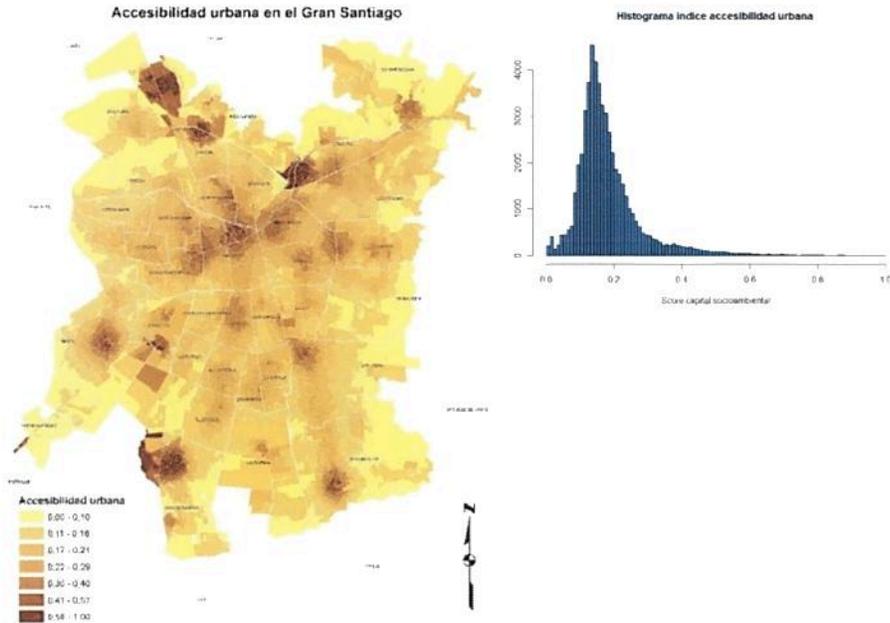
- a. Índice de Infraestructura Básica
- b. Índice de Materialidad de la Vivienda
- c. Indicador de Nivel Socioeconómico
- d. Indicador de Segregación

Relación con score (SCAPSM)

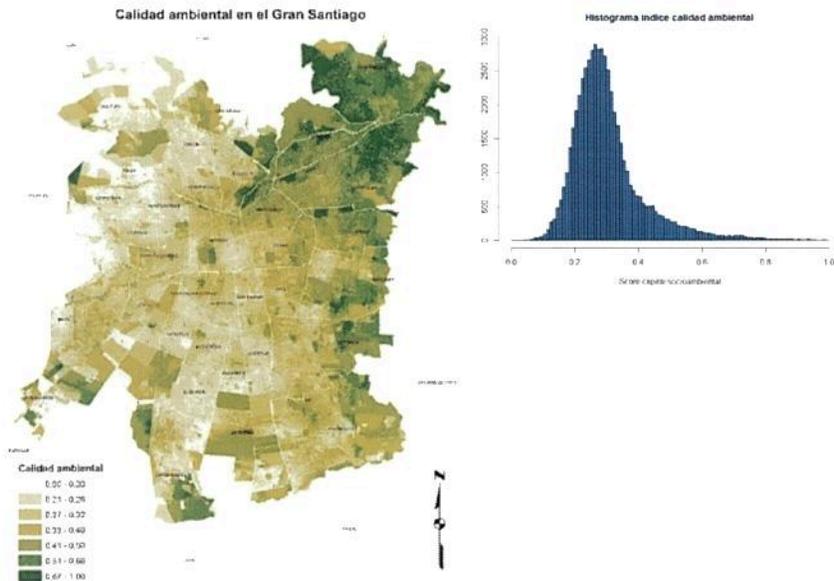
	IIB	IMV	NSE	ISEG
Eigenvalues	0.23	0.32	0.46	0.44
Peso normalizado	16%	22%	32%	30%
Correlacion con score	0.46	0.64	0.91	0.88

3.2.1 Dimensiones e Indicadores

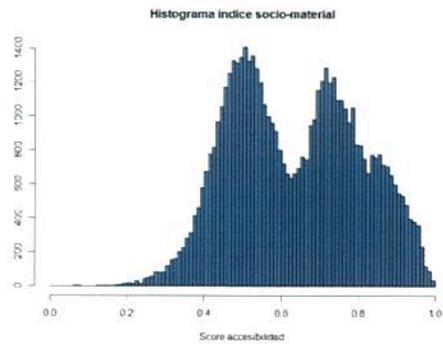
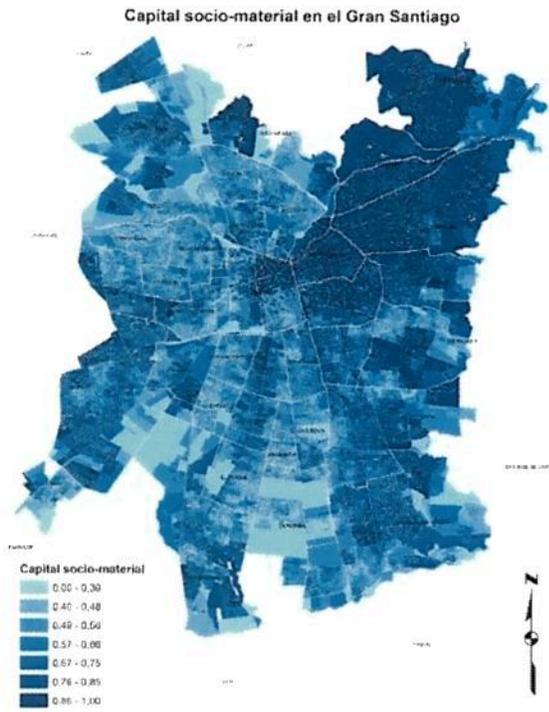
a. Accesibilidad Urbana en el Gran Santiago (SACUR)



b. Calidad Ambiental (SCAMB)



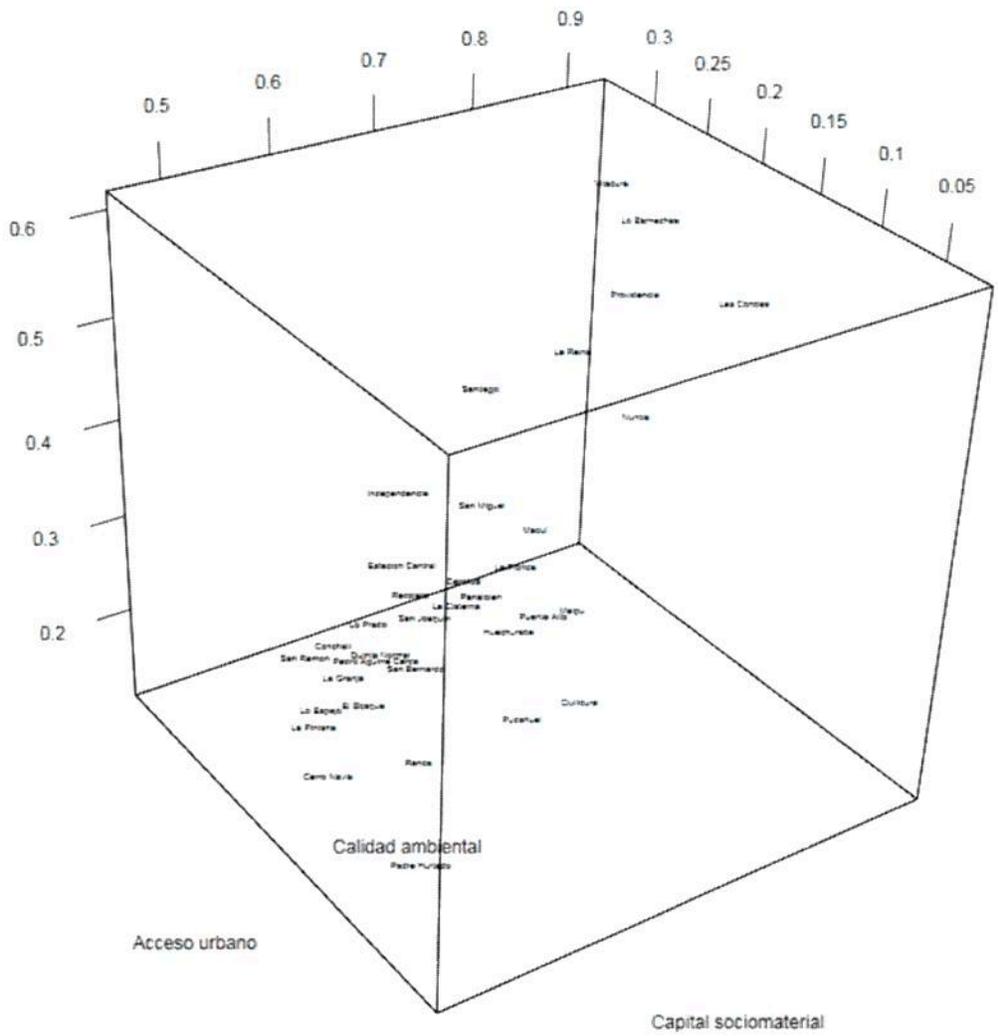
c. Capital Socio-Material (SCAPSM)



3.2.2 Definición Zonas Críticas

Distribución tridimensional de comunas según ejes:

- Socio-material (SCAPSM)
- Ambiental (SCAMB)
- Accesibilidad (SACUR)



Esto permite diferenciar jerárquicamente a las comunas con mayores o menores carencias, pero esencialmente en dos dimensiones: ambiental y socioeconómica, con efecto bastante menor de la accesibilidad.

Es complejo visualizar un umbral que permita identificar comunas prioritarias.

Se calcula un índice de criticidad (ICRIT3) mediante escalamiento óptimo (homals, R), combinando los scores previamente calculados para las tres dimensiones: SCAPSM~SACUR~SCAMB

- a. Fortaleza:
 - Agrupamiento que define tres dimensiones conceptualmente relevantes
- b. Debilidades:
 - Alta correlación (0.51) y correspondencia espacial entre las dimensiones socio-material y ambiental
 - Baja incidencia del conjunto de indicadores de accesibilidad en el score crítico
 - Baja incidencia de IDEP en scores intermedio y final

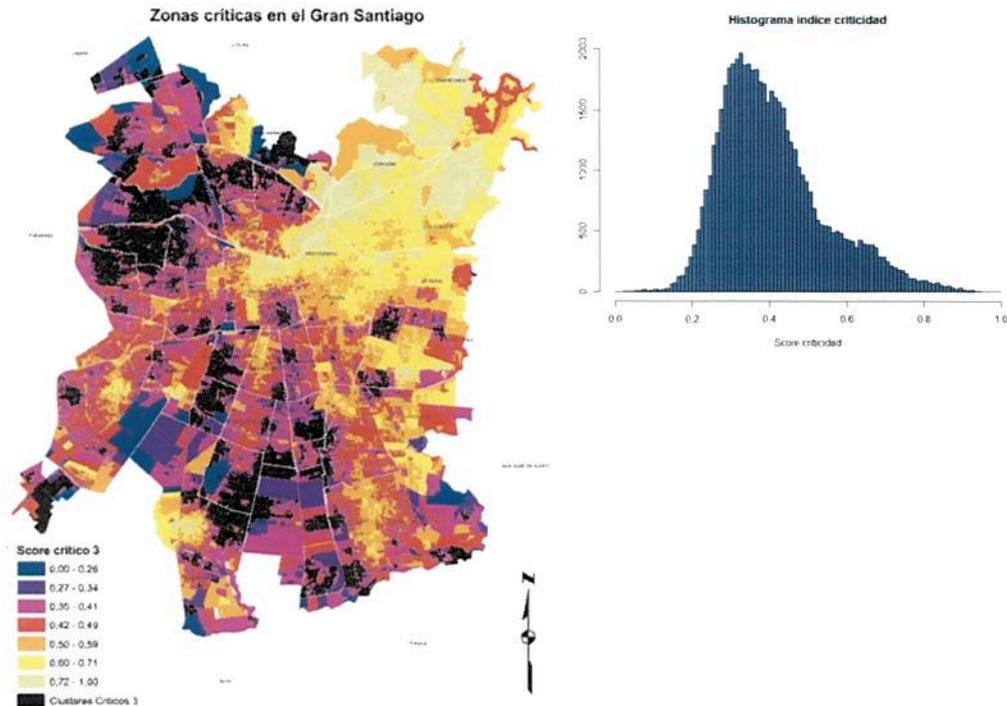
Correlación scores

	SCAPSM	SACUR
SACUR	0.11	
SCAMB	0.51	0.19

Relación con score crítico (ICRIT3)

	SCAPSM	SACUR	SCAMB
Eigenvalues	0.47	0.25	0.49
Peso normalizado	39%	21%	41%
Correlacion con score	0.82	0.43	0.85

Las zonas críticas se definen mediante un análisis LISA-Moran, a partir de la autocorrelación espacial del índice de criticidad (ICRIT3), con significancia superior a 95% y un parámetro de distancia de 300 metros (consecuente con la construcción de indicadores, que considera una accesibilidad total en un radio similar).



3.2.3 Conclusión

Se obtiene un score de criticidad conceptualmente atractivo, pero complejo de visualizar (combinación de 3 dimensiones), con dimensiones redundantes y poco equilibrado en relación a los indicadores de base.

3.3 Alternativa Dos Dimensiones

Se basa en dos clústeres basados en los núcleos robustos antes identificados, entre los que se distribuyen variables menos correlacionadas, según un criterio de claridad conceptual:

- Capital socioeconómico-ambiental: (IIB~IMV~NSE~ISEG~IATA~ICV): recursos socioeconómicos, materiales y ambientales a nivel de hogares, sin desplazarse del lugar de residencia. Dimensión indicativa para intervenciones a nivel residencial.
- Accesibilidad general: (ICUL~ISAL~ISER~ISE~IAV~IDEP): accesibilidad a recursos de uso público, mediante desplazamientos y sujeta a un equilibrio de oferta y demanda potenciales. Dimensión indicativa para intervenciones a nivel urbano.

Dentro de cada clúster, las variables se combinan mediante **escalamiento óptimo** (función homals, R), una extensión del análisis de componentes principales que permite condensar

información multivariada en un sólo **score**, transformando las variables de forma no lineal, minimizando la pérdida de información y optimizando la diferenciación de las observaciones.

Este procedimiento aporta un **criterio objetivo de ponderación**, determinado endógenamente por el contenido de información de las variables y que maximiza la posibilidad de diferenciar las observaciones.

Dimensión

Accesibilidad general

+

Capital Socioeconómico-ambiental

Indicadores

- a. Indicador de Áreas Verdes
- b. Indicador de Equipamientos Deportivos
- c. Indicador de Equipamientos Culturales
- d. Indicador de Equipamientos de Salud
- e. Indicador de Servicios Públicos
- f. Indicador de Servicio de Educación

Dimensión

Accesibilidad general

+

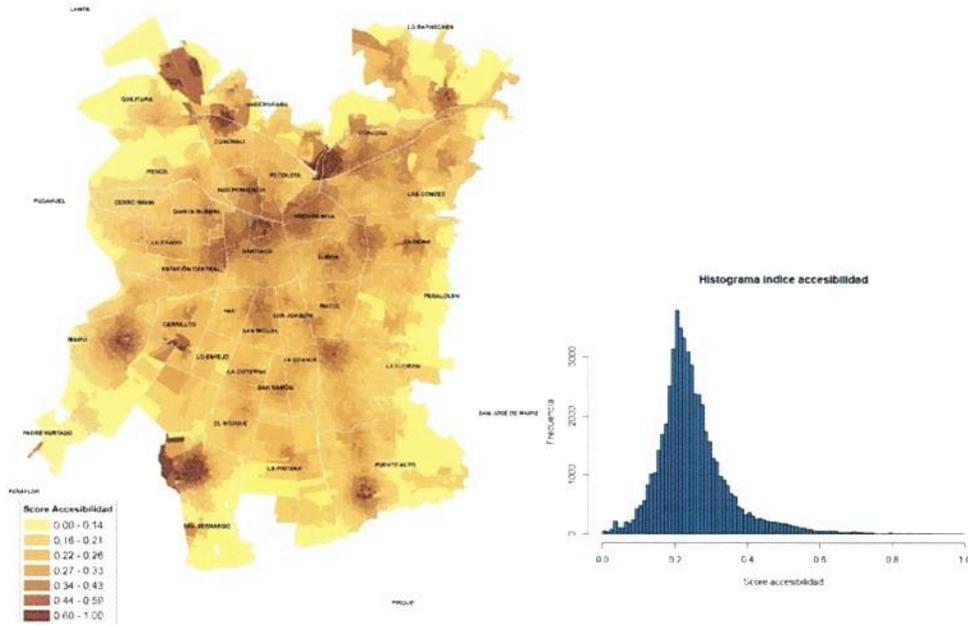
Capital Socioeconómico-ambiental

Indicadores

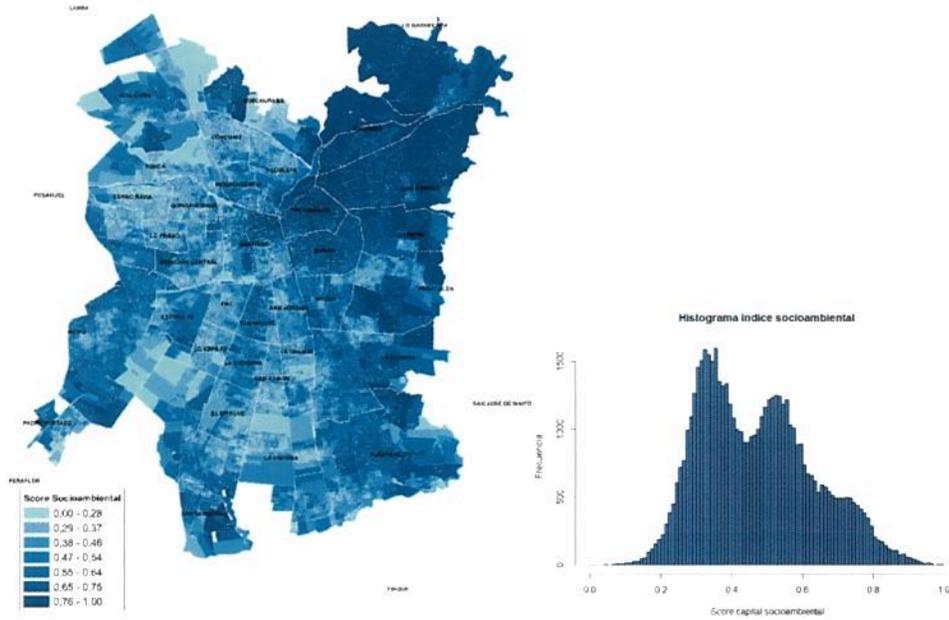
- a. Índice de Infraestructura Básica
- b. Índice de Materialidad de la Vivienda
- c. Indicador de Nivel Socioeconómico
- d. Indicador de Segregación
- e. Indicador de Amplitud Térmica Anual
- f. Indicador de Cobertura Vegetal

3.3.1 Dimensiones e Indicadores

a. Accesibilidad General (SACGEN)



b. Capital Socio-Ambiental (SCAPSEA)



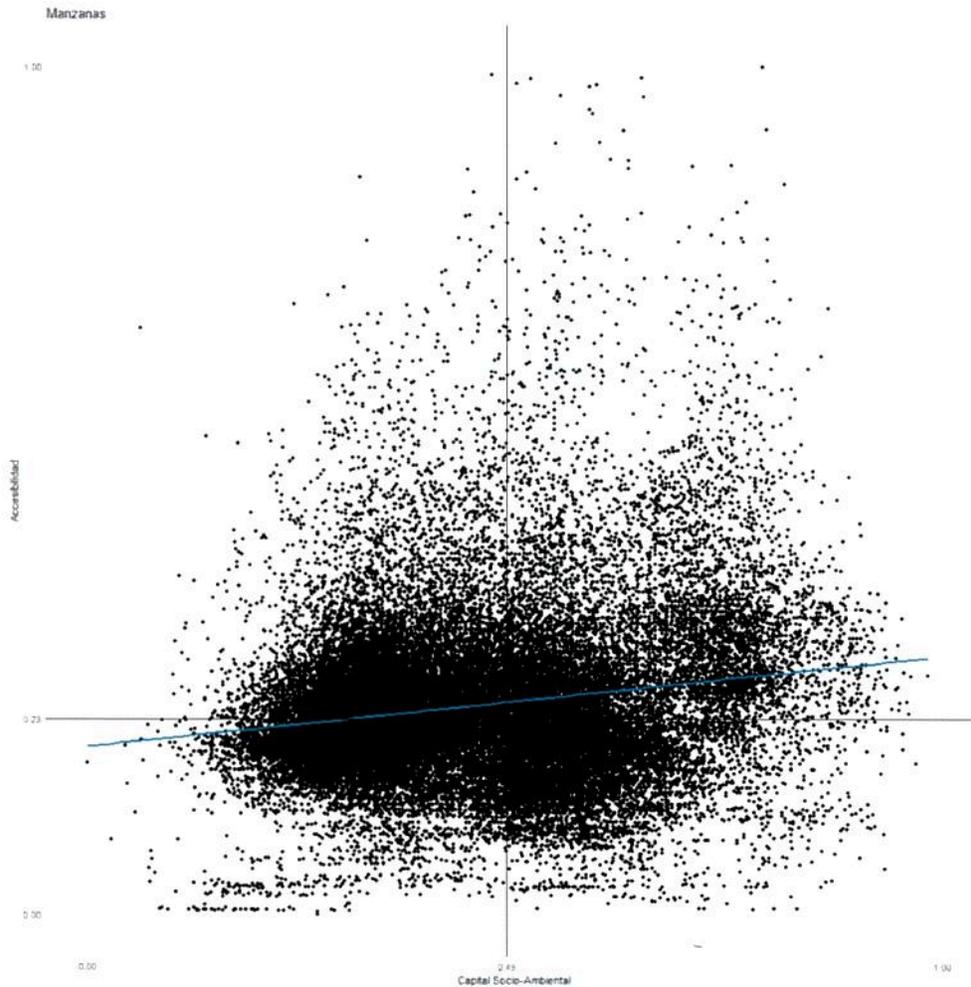
3.3.2 Definición Zonas Críticas

Distribución bidimensional de manzanas según ejes:

- Socioeconómico-ambiental (SCAPSEA)
- Accesibilidad general (SACGEN)

Se obtiene una distribución con buena dispersión en ambos ejes, lo que contribuye a la relevancia de un análisis por cuadrantes, en términos relativos a la mediana de cada indicador.

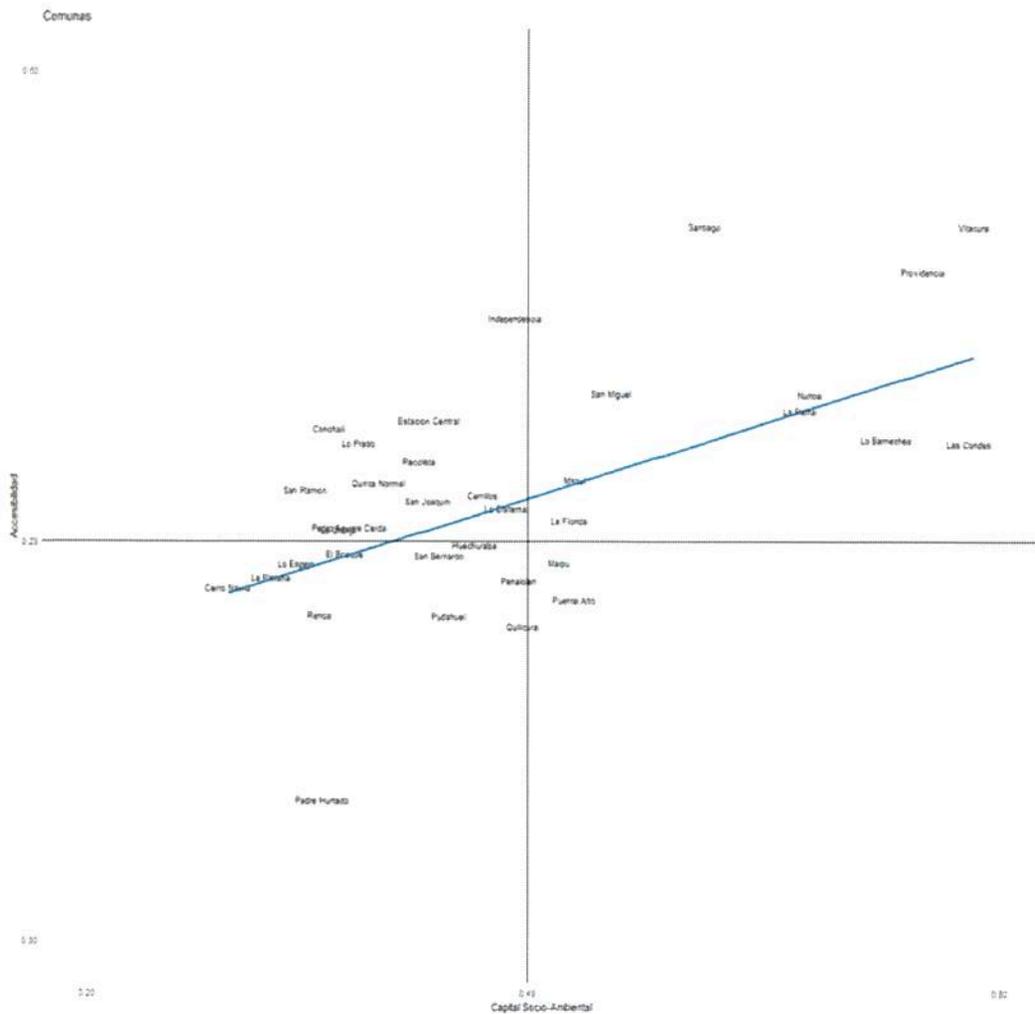
Se identifica así un conjunto de manzanas con carencia relativa en ambas dimensiones.



Distribución bidimensional de comunas según ejes:

- Socioeconómico-ambiental (SCAPSEA)
- Accesibilidad general (SACGEN)

Permite una identificación, intuitiva y con criterios sencillos, de las comunas con mayores carencias relativas (a la mediana) en ambas dimensiones.



Se calcula un índice de criticidad (ICRIT2), combinando los scores previamente calculados para las dos dimensiones: SCAPSEA~SACGEN

a. Fortalezas:

- Agrupamiento que define dos dimensiones conceptualmente relevantes y adecuadas para orientar distintas intervenciones, a nivel individual o urbano
- Baja redundancia entre dimensiones ($C=0.18$)
- Se obtiene un índice de criticidad bien equilibrado entre ambas dimensiones, con buena participación de casi todos los indicadores de base

b. Debilidades:

- No se identifica una dimensión propiamente ambiental
- Baja incidencia de IDEP en scores intermedio y final

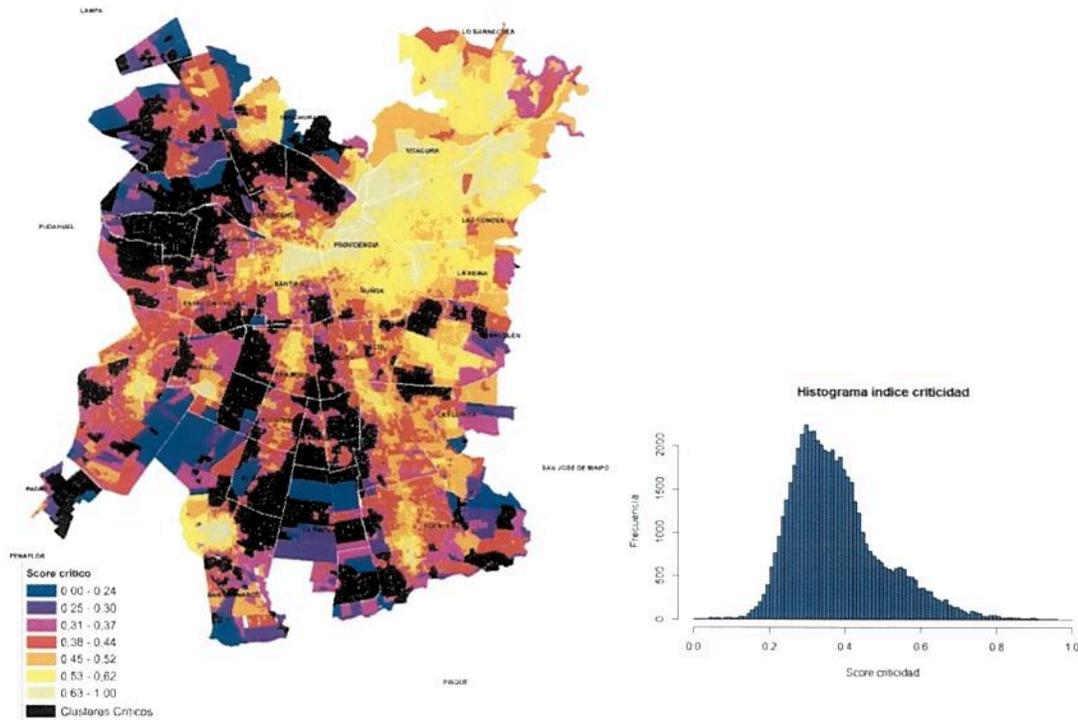
Correlación scores

	Correlacion scores
Gran Santiago	0,18
Iquique	0,43
Gran Valparaiso	0,28
Gran Concepción	0,10
Temuco	-0,08

Relación con score crítico (ICRIT2)

	Correlacion con score crítico	
	SACGEN	SCAPSA
Gran Santiago	0,87	0,64
Iquique	0,83	0,86
Gran Valparaiso	0,85	0,74
Gran Concepción	0,78	0,70
Temuco	0,69	0,67

Las zonas críticas se definen mediante un análisis LISA-Moran, a partir de la autocorrelación espacial del índice de criticidad (ICRIT2), con significancia superior a 95% y un parámetro de distancia de 300 metros (consecuente con la construcción de indicadores, que considera una accesibilidad total en un radio similar)



3.3.3 Conclusión

El agrupamiento en dos dimensiones presenta ventajas importantes respecto al de tres dimensiones, principalmente porque genera un índice global más equilibrado en relación a los indicadores de base.

Geográficamente, el ICRIT2 asigna mayor criticidad a las periferias, lo que se debe a la baja incidencia de los indicadores de accesibilidad en el ICRIT3. Sin embargo, ambos presentan patrones generales relativamente similares.

Además, el ICRIT2 permite organizar los resultados y recomendaciones de forma más sencilla y fácil de comunicar, en relación a intervenciones a nivel residencial o urbano.

Finalmente, aunque la identificación de comunas con doble carencia relativa permite un diagnóstico general e intuitivo, el criterio más recomendable para focalizar las intervenciones es la proporción de población comunal que reside en zonas críticas, ya que combina una síntesis rigurosa y equilibrada de información con un criterio de concentración espacial de carencias.

4 ANEXOS

4.1 SERVICIOS PÚBLICOS CONSIDERADOS

Servicio	Oficinas	Fuente
Electricidad	ENEL	Web Oficial
	CGE DISTRIBUCION	Web Oficial
Agua	AguasAndinas	Web Oficial
	Aguas Santiago Poniente	Web Oficial
	BCC Y NOVAGUAS	Web Oficial
	Comunidad De Servicios Remodelación San Borja Cossbo	Web Oficial
	Explotaciones Sanitarias SA	Web Oficial
	Aguas San Isidro	Web Oficial
	SEMBCORP Aguas Santiago	Web Oficial
	SMAPA	Web Oficial
Correos	CorreosChile	Web Oficial
FONASA	FONASA	Web Oficial
SERVEL	SERVEL	Web Oficial
Registro Civil	Oficinas comunales y centros especializados	Web Oficial
SII	Direcciones Regionales y Unidades municipales	Web Oficial
SERVIU	OIRS	Web Oficial
Chile Atiende	Oficinas municipales	Web Oficial
INJUV	Dirección Nacional y Regional	Web Oficial
IPS	Oficinas IPS	Web Oficial
SENCE	OIRS	Web Oficial
CORFO	Oficina central y Dirección Regional	Web Oficial
SERCOTEC	Oficina Regional	Web Oficial
SERNATUR	Oficinas de información turística	Web Oficial
DIDECO Municipal	Direcciones municipales	Web municipios
Corporación de Asistencia Judicial		
Dirección de tránsito Municipal	Direcciones Municipales	Web municipios

Corporación de deportes Municipal	Departamentos, Corporaciones y oficinas	Web municipios
Aseo y Ornato Municipal	Dirección de aseo y ornato y Direcciones de medio ambiente	Web municipios
Juzgados de policía local	Juzgados de policía local comunales	Web municipios
Ministerio de Economía	OIRS	Web Oficial
SERNAC	Oficinas Comunales	Web Oficial
SERNAPESCA	Terminal pesquero	Web Oficial
MINEDUC	Oficinas de ayuda	Web Oficial
Ministerio de Desarrollo Social	OIRS	Web Oficial
CONADI	Oficina de Asuntos Indígenas Santiago	Web Oficial
SENADIS	Espacio de Atención	Web Oficial
SENAMA	Oficina Central y Metropolitana	Web Oficial
MINTRAB	Centros de conciliación e inspecciones municipales	Web Oficial
MOP	OIRS	Web Oficial
MINSAL	OIRS y SEREMI	Web Oficial
MINAGRI	OIRS central y metropolitana	Web Oficial
SAG	OIRS y oficinas centrales	Web Oficial
MTT	OIRS	Web Oficial
Ministerio de Energía	OIRS	Web Oficial
MMA	OIRS	Web Oficial
Ministerio de Mujer y la Equidad de Género	OIRS	Web Oficial
SERNAMEG	Centros de la mujer	Web Oficial
Consejo de la Cultura	Edificio Institucional y OIRS	Web Oficial
Notarias	Notarías	www.notariosyconservadores.cl