



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
CARRERA DE GEOGRAFÍA

ANÁLISIS ESPACIAL DE LA INCIDENCIA DE
MALFORMACIONES CONGÉNITAS DE LOS
CASOS DEL HOSPITAL REGIONAL DE
RANCAGUA 2006-2010

Memoria para optar al Título profesional de Geógrafa

ANA KARINA MALDONADO ALCAÍNO

Profesor Guía: Rodrigo Vargas Rona

Santiago, Chile 2015



*Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los
Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010*

Dedicado a todas las mujeres trabajadoras

*“Hace algun tiempo vino del sur
y en su mochila traía sueños de mejores días”*

Hechizo



Agradecimientos

En primer lugar debo agradecer a la Pachamama por permitirme hacer mi canción de redención.

Con lo larga que fue esta investigación, debería agradecer a una lista muy grande de personas que hicieron grandes y pequeños aportes (y a los que engrupieron y no aportaron en nada también, todo es aprendizaje). Sé que voy a dejar a mucha gente afuera, pero haré el intento de agruparlos a todos. Es por eso que debo agradecer a mis amigos en general, que sin el aguante y el ánimo constante de ellos mi carrera de geógrafa no hubiese sido posible. Mención especial para agradecer a la República Independiente Anárquica y Autárquica de la Cochina, que hicieron vivible mi paso por la universidad, permitiéndome vivenciar que no todos buscan con sus estudios un exitismo social, también es posible la búsqueda de conocimiento haciendo comunidad y trabajando con humildad para construir un mundo mejor.

Voy agradecer puntualmente los aportes técnicos, porque me faltaría página para hacerlo con todos quienes ayudaron a que esta Memoria fuera posible. Al profesor Rodrigo Vargas por creer posible una investigación como esta, a Ana Luisa Herrera por las clases de bioestadística, a Catalina Díaz por sus aportes en el área de la medicina, a Andrea Schmessane por ayudar a comprender la regresión logística, a Valentina Benavente por las ilustraciones y los aportes geográficos de Mónica Pinto y Martín Torres.

Sin la base de datos de ECLAMC (Estudio Colaborativo Latino Americano de Malformaciones Congénitas) esta investigación no hubiese sido posible. Por ese motivo es que debo agradecer al Hospital Regional de Rancagua, en especial a la Matrona María Elena Ojeda y al Dr. Rodrigo Moreno por la gestión, interés en mi investigación y la constante buena voluntad para recibirme en el hospital, y al Departamento de Estadísticas que me apoyaron con todos los datos extra que solicité. También a la Fundación Oswaldo Cruz (Fiocruz), en especial a la Dra. Maria da Graça Dutray al Dr. Eduardo Castilla que fueron quienes accedieron a entregarme la base de datos.

Finalmente debo agradecer al Dr. Claudio Vargas por su constante interés en la investigación, sus aportes metodológicos y la buena voluntad para darse tiempo de explicar todas las dudas que tuve con mucha paciencia.



TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO.....	21
3.1 Geografía Médica o de la Salud	21
3.2 Enfermedades y Territorio	24
3.2.1 Clasificación de las Enfermedades	24
3.2.2 Morbilidad	25
3.2.3 Variaciones Temporales	27
3.2.4 Epidemiología	28
3.3 Malformaciones Congénitas	30
CAPÍTULO 4: HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	34
CAPÍTULO 5: ÁREA DE ESTUDIO.....	36
5.1 Características Poblacionales de la Provincia del Cachapoal	38
5.2 Características Socio-Económicas de la Provincia del Cachapoal	42
5.3 Sistema de Salud en la Provincia del Cachapoal	46
5.3.1 Indicadores de Salud	46
5.3.2 Servicios de Salud	48
5.3.3 Hospital Regional de Rancagua	51
CAPÍTULO 6: METODOLOGÍA.....	55
6.1 Marco Teórico Metodológico	55
6.1.1 Sistemas de Información Geográfico en Salud	59
6.2 Secuencia Metodológica	61
6.3 Materiales	64



*Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los
Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010*

6.3.1 Datos del Departamento de Estadística e Información de Salud (DEIS)	64
6.3.2 Base de Datos	65
6.3.3 Softwares y Coberturas de Información	69
6.4 Métodos	71
6.4.1 Cálculo de Tasas de Mortalidad con Distribución de Poisson	73
6.4.2 Cálculo de Factor de Riesgo	75
6.4.2.1 Regresión logística condicional	75
6.4.2.2 El odds ratio	77
6.4.3 Cálculo de Clusters y Buffers	80
6.4.3.1 Detección de buffers con distribución espacial de Bernoulli	80
6.4.3.2 Prueba de probabilidad de máxima verosimilitud	81
6.4.4 Geoprocesos en Sistemas de Información Geográfico para Representación Cartográficas	83
6.4.4.1 Centro medio poblacional de cada comuna	84
6.4.4.2 Buffer	85
CAPÍTULO 7: RESULTADOS.....	87
7.1 Odds Ratio de las Comunas de la Provincia del Cachapoal	87
7.2 Clusters y Buffers de las Malformaciones Congénitas en las Comunas de la Provincia del Cachapoal	92
CAPÍTULO 8: DISCUSION DE RESULTADOS.....	107
CAPÍTULO 9 CONSIDERACIONES FINALES Y ESTUDIOS POSTERIORES.....	120
BIBLIOGRAFÍA.....	131



ÍNDICES DE TABLAS, GRÁFICOS, FIGURAS Y CARTOGRAFÍAS

TABLAS

Tabla 1: Tasa de mortalidad infantil, localizada territorialmente según la residencia de la madre en el año 2010	15
Tabla 2: Defunciones de niños menores de 1 año en la Región de O'Higgins año 2010	16
Tabla 3: Indicadores de salud regional-nacional, año 2010	46
Tabla 4: Niños nacidos en los servicios de salud pública de la región de O'Higgins	54
Tabla 5: Tabla tetracórica en estudio de casos y controles	78
Tabla 6: Resultados de odds ratio en las comunas de la provincia del Cachapoal	88
Tabla 7: Población de centros poblados provincia de Cachapoal, según Censo 2002	95
Tabla 8: Casos por comuna	97
Tabla 9: Controles por comuna	97
Tabla 10: Coordenadas UTM de cada centroide comunal	98

GRÁFICOS

Gráfico 1: Población urbano-rural en la provincia del Cachapoal, Censo 2002	40
Gráfico 2: Población masculina-femenina en la provincia del Cachapoal, Censo 2002	41
Gráfico 3: Número de trabajadores por rama de actividad del año 2009 en la provincia del Cachapoal	43
Gráfico 4: Superficie de explotaciones silvoagropecuarias en la provincia del Cachapoal, año 2009	43
Gráfico 5: Estacionalidad del empleo en la provincia del Cachapoal 2006-2007	44
Gráfico 6: Pobreza e indigencia en la provincia del Cachapoal, año 2009	45
Gráfico 7: Tasa de mortalidad en la comunas de la provincia del Cachapoal año 2010	47
Gráfico 8: Tasas de mortalidad en menores de 1 año en las comunas de la provincia del Cachapoal entre los años 2006-2010	48
Gráfico 9: Población de la provincia del Cachapoal según sistema de salud año 2009	49
Gráfico 10: Grupos FONASA de usuarias de la maternidad del Hospital Regional de Rancagua año 2011	54



FIGURAS

Figura 1: Factores que determinan la salud de la población (SERENKO)	26
Figura 2: Diagrama de diseños de estudios en epidemiología	56
Figura 3: Secuencia metodológica de investigación	61

CARTOGRAFÍAS

Cartografía 1: Área de estudio provincia del Cachapoal	37
Cartografía 2: Distribución de habitantes en la provincia del Cachapoal según Censo 2002	39
Cartografía 3: Red hospitalaria provincia del Cachapoal	50
Cartografía 4: Odds ratio de las malformaciones congénitas en la provincia del Cachapoal desde el 2006 al 2010	90
Cartografía 5: Principales centros poblados en la provincia del Cachapoal	93
Cartografía 6: Centroides poblacionales de la provincia del Cachapoal	94
Cartografía 7: Centroides poblacionales por comuna en la provincia del Cachapoal	96
Cartografía 8: Clusters y buffers de las malformaciones congénitas en la provincia del Cachapoal entre los años 2006 al 2010	102
Cartografía 9: Clusters y buffer de tasas bajas de malformaciones congénitas en la provincia del Cachapoal entre los años 2006 al 2010	106



RESUMEN

La necesidad de estudiar las patologías más allá de la relación ser humano-patología ha llevado a que la geografía estudie la distribución espacial de las patologías como una forma de ampliar esta relación a la de ser humano-patología-territorio. Con el fin de estudiar el sistema humano en el que se desarrollan las malformaciones congénitas es que en la presente Memoria se realiza un análisis espacial de las malformaciones congénitas en la provincia de Cachapoal entre los años 2006 al 2010.

Para realizar este análisis se utiliza la base de datos recopilada por el Hospital Regional de Rancagua para el Estudio Colaborativo Latino Americano de Malformaciones Congénitas (ECLAMC). Esta base de datos se confecciona con el fin de vigilar la prevalencia de las malformaciones congénitas, cuya metodología de recolección de datos es la de caso-control.

Con dichos datos se realiza en primera instancia un análisis espacial de las malformaciones congénitas, a través de medidas estadísticas ad-hoc utilizadas en estudios epidemiológicos. Además se realiza un análisis para identificar clusters y áreas de influencia de las patologías estudiadas, a través de pruebas no paramétricas con el software SaTScan. Finalmente, la



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

confección cartográfica de los análisis realizados se utiliza tecnología SIG (Sistemas de Información Geográficos).

De esta forma se logra realizar una descripción territorial de la distribución de las malformaciones congénitas, aportando desde el punto de vista de la ciencia geográfica al estudio y comprensión de estas patologías.

Palabras claves: geografía de la salud, malformaciones congénitas, epidemiología y SIG's



ABSTRACT

The need to study pathology beyond the human-pathology relationship has led to geography studying its spatial distribution as a way to build upon this relationship to a human-pathology-territory one. With the purpose of studying the human system in which congenital anomalies develop, this report performs a spatial analysis of them within the Cachapoal province, from years 2006 to 2010.

To develop this analysis we used Rancagua's Regional Hospital's database, collected for the Latin American Congenital Anomalies Collaborative Study (LACACS). This database is being built to monitor the prevalence of congenital anomalies, and its data collecting methodology is a case-control one.

First of all, this data is used to perform a spatial analysis of congenital anomalies, by means of ad-hoc statistical measurements used in epidemiology studies. Besides, an analysis to identify clusters and influence areas for the studied pathologies is performed through non parametric tests with SaTScan software.

Finally, to create a cartographical representation of the performed analyses, GIS (Geographic Information System) technology was used. In this



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

way, a territorial description of congenital anomalies' spatial distribution is achieved, contributing to the study and comprehension of this pathologies, from the geographic sciences point of view.

Keywords: Health's geography, congenital anomalies, birth defects, epidemiology, GIS.



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En las regiones agrícolas hay gran interés de la población por el estudio de las malformaciones congénitas, ya que estas en los últimos años han sido asociadas al uso de plaguicidas en las actividades agrícolas. Aunque no se ha podido establecer una asociación directa en la etiología de estas patologías con el uso de plaguicidas, distintos organismos tanto gubernamentales como ONG's reconocen el problema generando alerta en la población sobre este tema.

Si bien, se han realizado estudios de malformaciones congénitas en la provincia del Cachapoal, estos no poseen un enfoque donde una de las variables a analizar sea el territorio. De esta manera, encontrar patrones en la distribución territorial de las malformaciones congénitas aporta en la búsqueda de las causas ambientales, y por lo tanto, se podrían crear medidas de prevención y/o mitigación para enfrentar estas patologías como sociedad en conjunto. Así es como se amplía la relación ser humano-patología, incorporando a esta relación el territorio tanto de forma física como social.

De esta manera la disciplina geográfica cumple un rol estratégico en el manejo territorial de las patologías. Ya que desde la denominada geografía de la salud se puede abordar problemas de salud pública y ambiental, incorporándose a lo que se denomina epidemiología, donde se estudia un



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

problema de salud a nivel colectivo persiguiendo causas y factores de una enfermedad. En el caso de la presente Memoria se estudia la variable territorial de las malformaciones congénitas.

El estudio se realizó analizando la base de datos del Hospital Regional de Rancagua, el que está adscrito voluntariamente al Estudio Colaborativo Latino Americano de Malformaciones Congénitas (ECLAMC). Este programa recopila los datos con metodología de caso-control, los cuales son acotados en el presente estudio seleccionando solo los datos correspondientes a la Provincia del Cachapoal entre los años 2006 al 2010. El análisis territorial se hace estimando el odds ratio en cada comuna, además se testea la hipótesis de existencia de cluster y buffers. De esta forma se obtienen productos cartográficos donde se espacializan los resultados usando Sistemas de Información Geográficos (SIG).

En la metodología utilizada se destaca la utilización de distintos softwares especializados, para el análisis tanto estadístico como territorial, estos son: Stata12, ArcGis10 y SaTScan. De esta manera el presente estudio no solo se apoya de nuevos planteamientos metodológicos de estudio, sino que también lo hace con el uso de tecnología que permite simplificar y profundizar los análisis realizados.



CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La región del Libertador General Bernardo O'Higgins posee indicadores de salud que la ubican en el peor tercio del país (Gobierno Regional del Libertador General Bernardo O'Higgins, 2011). La provincia del Cachapoal, perteneciente a dicha región no se excluye de esta situación que puede ser observada en las tasas de mortalidad¹del año 2010 (ver tabla 1), donde las tasas de mortalidad neonatal (5,2) y de mortalidad neonatal precoz (4,3) están sobre las tasas nacionales y regionales. Así mismo, la tasa de mortalidad perinatal (11,4) se encuentra muy elevada en relación a la tasa nacional, pero no así a la tasa regional. Mientras las tasas de mortalidad infantil (7,3) y de mortalidad postnatal (2,2) se encuentran inferiores en relación a las tasas regionales y nacionales pero no significativamente.

¹Tasa de Mortalidad: Cociente entre el número de defunciones estimada por causas específicas en una población durante un año específico y el total de esa población expresada por 1.000 habitantes, para un año dado en una determinada área geográfica. En el caso de la mortalidad infantil, neonatal, perinatal y derivadas se utiliza como denominador el número de nacidos vivos para un año dado en una determinada área geográfica.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Tabla 1: Tasa de mortalidad infantil, localizada territorialmente según la residencia de la madre en el año 2010

	Tasa Mortalidad Infantil ²	Tasa Mortalidad Neonatal ³	Tasa Mortalidad Neonatal Precoz ⁴	Tasa Mortalidad Postnatal ⁵	Tasa Mortalidad Perinatal ⁶
Total País	7,4	5,1	3,9	2,3	9,4
Región de O'Higgins	7,5	4,9	4,1	2,6	11,5
Provincia del Cachapoal	7,3	5,2	4,3	2,2	11,4

Elaboración propia con datos del Departamento de Estadísticas e Información de Salud (DEIS), 2012

Las principales causas de muerte de los niños menores de 1 año en la región el año 2010 fueron: ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal (P00-P96) y malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas (Q00-Q99) (ver tabla 2).

²Infantil: menor de un año

³Neonatal: menor de 28 días

⁴Neonatal Precoz: menor de 7 días

⁵Postneonatal: desde los 28 días hasta los 11 meses

⁶Perinatal: desde la semana 28 de gestación hasta los primeros siete días después del parto.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Tabla 2:

Código	Defunciones de niños menores de 1 año en la Región de O'Higgins año 2010	Nº
A00-B99	Ciertas enfermedades infecciosas y parasitarias	3
C00-D48	Tumores (neoplasias)	1
E00-E90	Enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas	0
F00-F90	Trastornos mentales y del comportamiento	0
G00-G99	Enfermedades del sistema nervioso	2
I00-I99	Enfermedades del sistema circulatorio	1
J00-J99	Enfermedades del sistema respiratorio	6
K00-K93	Enfermedades del sistema digestivo	0
N00-N99	Enfermedades del sistema genitourinario	0
P00-P96	Ciertas afecciones originadas en el período perinatal	48
Q00-Q99	Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	27
R00-R99	Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio no clasificados en otra parte	7
V00-Y98	Causas externas de mortalidad	1
	Resto de causas	0
	Total en la Región	96

Elaboración propia con datos del Departamento de Estadísticas e información de Salud (DEIS), 2012

Es así como las malformaciones congénitas en el año 2010 presentan una tasa nacional de mortalidad de 3,43. Donde en la región de O'Higgins ese mismo año la tasa de mortalidad por malformación congénita es de 2,44 y en la provincia del Cachapoal la tasa de mortalidad por malformaciones congénitas es de 2,25 (DEIS, 2014).

En cuanto a la mortalidad por malformación congénita en el año 2010 en menores de 1 año, la tasa nacional es de 2,61; la tasa regional es de 2,12 y la



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

tasa provincial es de 2,04. De esta forma en Chile el 76,2% de las muertes por malformaciones congénitas se concentran antes del primer año de vida (DEIS, 2014).

En base a las cifras presentadas, se puede considerar las malformaciones congénitas como un problema de salud pública importante en la región del Libertador General Bernardo O'Higgins y en la provincia del Cachapoal. Razón por la cual, estudiar y determinar las variables geográficas que podrían estar asociadas a la patología, potencialmente pueden aportar al establecimiento de políticas públicas para evitar y/o mitigar el desarrollo de las malformaciones congénitas.

De esta manera, cobra importancia estudiar las patologías más allá de la relación persona-enfermedad ya que es necesario realizar una observación en el territorio como un fenómeno complejo; donde la patología geográfica que está causada por variables de lugar, ya no sólo depende de hechos ecológicos, sino que también sociales, pues el medio es un antroposistema físico y social (Olivera,1993).

En este sentido, las malformaciones congénitas no solo son preocupantes por sus altos índices de mortalidad, sino que también porque



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

muchos de los niños que nacen con anomalías continúan sus vidas padeciendo la patología, lo que conlleva una baja calidad de vida no solo en el niño sino también en su entorno familiar. Finalmente, por esta vía, en un sentido acumulativo, también se ve afectada la calidad de vida del territorio donde se concentre la patología.

Las causas de las malformaciones congénitas no se pueden asegurar con precisión para muchos casos individuales en particular, ya que la etiología de las malformaciones congénitas sigue siendo desconocida en más del 50% de los casos. Las causas poligénicas/multifactoriales aparecen como las más comunes, pero explican sólo alrededor de un 20% de ellas. Le siguen en frecuencia las causas monogénicas con un 8% y las cromosómicas con alrededor de un 6%, un ejemplo de ellas es el Síndrome de Down. Las enfermedades maternas, infecciones congénitas como la rubéola y medicamentos como por ejemplo talidomida explican solo alrededor de un 5% (Corral y Sepúlveda, 2008). También se puede atribuir a factores ambientales algunas patologías. Entre ellos el alcohol ha sido una de las más estudiadas, identificándose el síndrome fetal alcohólico como consecuencia del consumo excesivo durante el primer trimestre. Otro ejemplo muy relevante es la carencia de ácido fólico en la dieta, que causa defectos en el desarrollo del tubo neural, que han logrado reducirse gracias a la introducción de esa vitamina en el pan. Por otro lado, Tchernitchin(1998) señala que “*se atribuye el origen de*



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

numerosas enfermedades que afectan a los adultos a la exposición prenatal o postnatal temprana a diversos agentes inductores de 7imprinting, principalmente a contaminantes ambientales. Entre ellos, plaguicidas, metales pesados, compuestos que presenten actividad hormonal, aditivos de los alimentos y algunos componentes naturales que se encuentran en ciertos alimentos”.

Las anomalías congénitas son solo una parte de un espectro de adversidades en el embarazo, que pueden estar asociadas a la exposición a contaminación medioambiental. En este espectro de adversidades se encuentra la muerte del feto (incluyendo el aborto espontáneo), bajo peso asociado con embarazo prematuro o al crecimiento retardado intrauterino, y efectos en el neurodesarrollo que puede ser detectado en la infancia tardía y niñez (Dolk y Vrijheid, 2003).

De esta manera las condiciones medio ambientales a las que una población puede estar expuesta y que ha sido asociada a las malformaciones congénitas son: el agua potable contaminada (con metales pesados y nitratos, disolventes clorados y aromáticos y la cloración de productos), las residencias cercanas a lugares de eliminación de residuos, zonas agrícolas expuestas al uso de plaguicida, comida contaminada y finalmente grandes desastres o

7Fenómeno por el que un gen se expresa de manera diferente dependiendo de si es de procedencia materna o paterna (glosario.net)



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

negligencias con emisiones químicas de gran magnitud (Dolk, H y Vrijheid, M; 2003).

Las fuentes contaminantes en la provincia del Cachapoal están en directa relación con las actividades económicas que allí se realizan y por la que se destaca a nivel nacional; entre ellas se cuenta minería, agropecuario y silvícola. Los instrumentos públicos de la región, en el que está inserta la provincia del Cachapoal, asocia los casos de malformaciones congénitas al uso de plaguicidas en la industria agrícola, Por ejemplo, la Estrategia Regional de Desarrollo 2011-2020 hace la relación entre plaguicidas y malformaciones congénitas como parte del diagnóstico regional *“Se indica la existencia de nacimientos con malformaciones atribuidos a la presencia de agroquímicos”* (Gobierno Regional del Libertador General Bernardo O’Higgins, 2011). A pesar de ello, no existen cifras oficiales del Ministerio de Salud (MINSAL), ni del Instituto de Salud Pública (ISP) sobre la prevalencia de malformaciones congénitas en mujeres expuestas a plaguicidas. Razón por la cual, no se ha podido desmitificar esta causa lo que deja en evidencia que los estudios del tema han sido insuficientes en relación a lo que la población demanda. Dejando en incertidumbre a los habitantes de la región, con un problema que afecta a la sociedad en su conjunto.



CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

3.1 GEOGRAFÍA MÉDICA O DE LA SALUD

Tanto la medicina como la geografía tienen una larga historia, la cual muchas veces se entrelaza y se caracteriza por combinar teoría y práctica sin solución de continuidad. De esta forma, la Geografía Médica es fruto de esta combinación epistemológica (Pickenhayn, 2002; Pickenhayn, 2006), y su pasar fue consolidado por la búsqueda de legitimación de saberes antiguos que profundizaban la regulación entre ambiente y enfermedades (Pickenhayn, 2006).

De este modo, *“la Geografía Médica (o de la salud) ha sido calificada como una perspectiva antigua y una nueva especialización”* (Meade et al., 1988; Iñiguez, 2006), localizada en las fronteras de la geografía, la medicina, la biología o de las ciencias sociales (Pyle, 1975; Sorre, 1955; Darchenkova, 1986; Verhasselt, 1993; Iñiguez, 2006). Estas variantes la distinguen por su enfoque interdisciplinario y su vocación por el desarrollo de un pensamiento transdisciplinar (Iñiguez, 2006).



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Ciertamente, el reconocimiento oficial de la Geografía Médica se realizó en el Congreso Internacional de Geografía de Lisboa, en 1949, posiblemente propiciado por la nueva definición de salud ofrecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que aplica el concepto al bienestar físico, psíquico y social (Olivera, 1993). La incorporación de esta perspectiva, no sólo significa ampliar los contenidos a la geografía, sino que también implica un cambio en los objetivos de la ciencia, ya que se centra en la búsqueda de una respuesta a los problemas más graves que enfrenta la humanidad: la pobreza, el hambre y la contaminación (Curto de Casas, 1985).

En concordancia, si estuviésemos obligados a localizar a la geografía de la salud y del bienestar en los múltiples subsistemas o fragmentaciones de la geografía, lo haríamos sin dudas dentro de la geografía humana, pero en aquella que reconozca al hombre como ser biológico-social, y al espacio, al medio o al ambiente, dentro de su integración física (bio-físicoquímico), social y psico-social (Iñiguez, 2006).

En este sentido, la relación del territorio con las patologías son unificadas en el complejo eco-patógeno, que es definido por Rioux como "un sistema ecológico que contempla el conjunto de los organismos que participan en la



expresión de una enfermedad en un momento y en un contexto geográfico dado (*apud* Romaña *et al.*, 2003; Iñiguez 2006).

Por consiguiente, el concepto ampliado del complejo patógeno podría ser formulado como la entidad bio-psico-social de orden superior que resulta de la dependencia mutua entre los componentes y procesos biológicos, económicos, políticos y culturales que integran la sociedad e intervienen en la producción de cualquier problema de salud (Iñiguez, 2006).

Ahora bien, tradicionalmente las investigaciones en geografía de la salud están divididas en dos grandes vertientes. La primera se refiere a los estudios de los patrones espaciales de la morbi-mortalidad y de la difusión de las enfermedades en el tiempo y en el espacio. La segunda vertiente, más reciente, está direccionada al análisis de la relación entre oferta y demanda, las necesidades de la población prescritas por los especialistas, necesidades básicas (frecuentes) y contingentes (ocasionales), necesidades colectivas e individuales (Borges, 2006). La presente investigación se centrará principalmente en la primera vertiente mencionada, la que se puede entender por el concepto epidemiología, que es definida en términos generales por Oyarce y Pedrero (2006) como "*el estudio de los factores que determinan la frecuencia y distribución de las enfermedades en poblaciones humanas*".



3.2 ENFERMEDADES Y TERRITORIO

3.2.1 Clasificación de las Enfermedades

La manera más amplia de dividir las enfermedades es según su origen. Están las **endógenas**, que son las enfermedades no infecciosas, de tipo congénito, asociadas a las formas de vida. Y están las **exógenas**, infecciosas, también llamadas transmisibles o contagiosas (Olivera, 1993).

Junto a esto, las enfermedades también pueden clasificarse por su manifestación en el espacio, como fenómenos de masas, según se produzca la concentración de casos en el territorio y en el tiempo (Olivera, 1993). Entre estas se encuentran:

- Epidémicas, correspondientes a los fenómenos limitados en el espacio y el tiempo. Epidemia es la acumulación de un número excesivo de casos de enfermedad con causa común, por encima de la frecuencia habitual en un lugar dado por un cierto periodo.
- Endémicas, son las afecciones que existen habitualmente en una población. Son limitadas en el tiempo y limitadas en el espacio.



- Pandémicas, denominadas a los fenómenos de morbilidad que son limitados en el tiempo, pero no en el espacio. Su área de impacto es el mundo, si bien con enormes diferencias de incidencia. Algunas son de corta duración, como la gripe, mientras que otras se producen y se desarrollan en periodos más largos.
- Esporádicas, son las que se observan en forma dispersa, sin que pueda verse un nexo con casos que tengan causa común.
- Erradicadas, si ya han sido eliminadas de un territorio. No se producen en ese espacio o sólo excepcionales casos esporádicos.

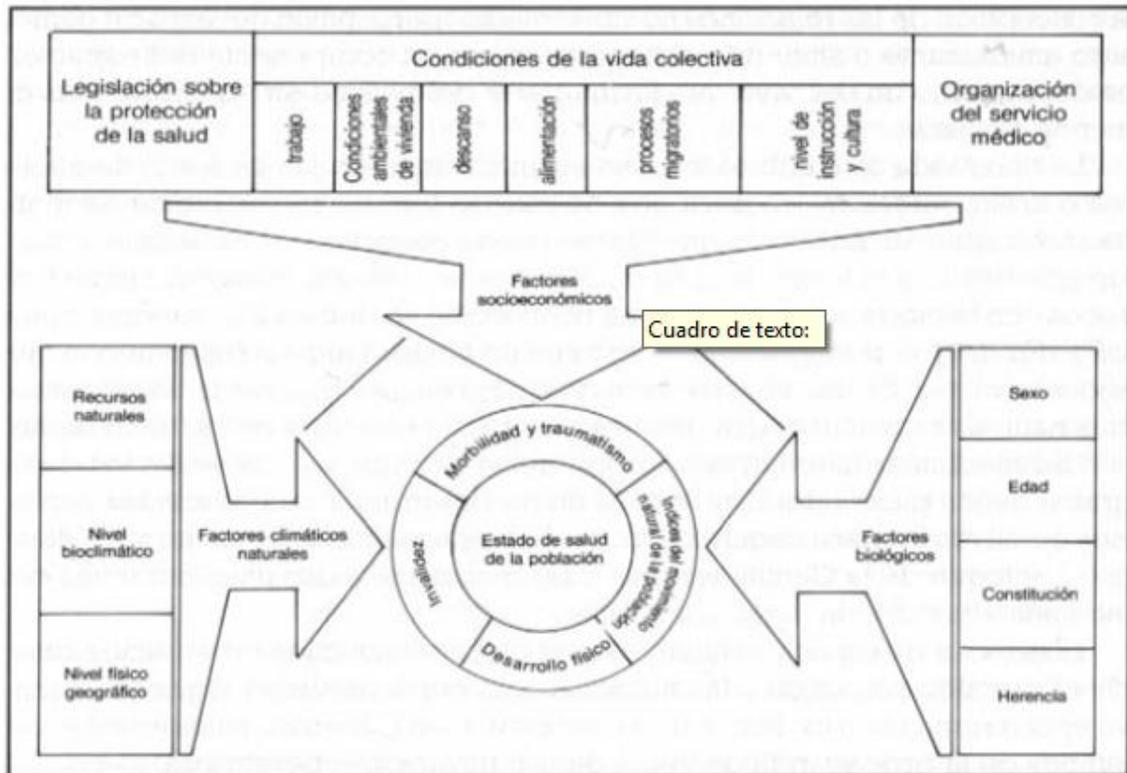
3.2.2 Morbilidad

Las variables que tradicionalmente se han considerado unidas a la morbilidad son: persona, lugar, tiempo. En otras palabras, dichas variables son biológicas, climáticas y naturales, socioeconómicas y temporales. Por este motivo, la enfermedad puede generarse por causas genéticas, pero también se debe a las relaciones del ser humano con otros seres vivos y con el medio ambiente que lo rodea (ver figura 1). *“De este modo la patología geográfica, que está causada por variables de lugar, no sólo depende de hechos ecológicos, sino también sociales, pues el medio es un antroposistema físico y social”* (Olivera, 1993).



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Figura 1: Factores que determinan la salud de la población (SERENKO)



Fuente: Olivera, 1993

De esta forma los factores de la morbilidad que identifica Ana Olivera (1993) en el territorio son los siguientes:

- Factores medioambientales-físicos:
 - a) Factores climáticos
 - b) Factores topográficos, hidrográficos, edafológicos y geológicos
 - c) Flora y fauna como factores de salud
 - d) Las catástrofes naturales

- Factores humanos:
 - a) Factores demográficos
 - b) Factores socioeconómicos y culturales



- El medio ambiente antropogénico:
 - a) Factores relacionados con el metabolismo urbano y los desastres industriales
 - b) Factores relacionados con el medio construido

3.2.3 Variaciones Temporales

El tiempo es una variable epidemiológica tan importante como las variables asociadas a la persona (edad y etnia) o las variables de lugar. Estas variables no deben analizarse de forma aislada sino en las combinaciones tiempo-lugar o tiempo-persona-lugar, como es el seguimiento de los casos de aglutinación espacio-temporal o la medición mediante subunidades de tiempo y espacio del proceso de difusión de una enfermedad infecciosa con un determinado ritmo de velocidad, que se denominaría tiempo de difusión (Olivera 1993).

Es así como, inspirado en la historia reciente de los países desarrollados y siguiendo meticulosamente los lineamientos de la transición demográfica, Omram (1977 y 1998) definió inicialmente tres etapas para contextualizar temporalmente las enfermedades en el territorio, que llamó: a) edad de la pestilencia y el hambre; b) edad de la retracción de las pandemias y c) edad de las enfermedades degenerativas y causadas por el hombre. Esta última, fue criticada especialmente porque nunca quedó claro cuáles eran las patologías



"causadas por el hombre", que dividió posteriormente en dos fases: 1) predominio de las degenerativas y crónicas y 2) avance de complejos socio-patógenos. Esta clasificación fue denominada como "modelo clásico", ya que se hizo necesario reconocer otras variantes como el modelo acelerado (de países como Rusia y Japón) y el modelo demorado, de países con menos recursos, que comenzaron a disminuir los índices de mortalidad después de las guerras como consecuencia de la aplicación de los avances de la técnica. Mientras, el modelo regresivo, que no fue diseñado por Omran, corresponde a algunos casos en que, países cubriendo las etapas fundamentales, retornaban a situaciones previas, producto de la involución en su desarrollo (Pickenhayn, 2006).

3.2.4 Epidemiología

La epidemiología se define como el estudio de la distribución y los determinantes de las enfermedades en las poblaciones humanas, cuyo objetivo principal es desarrollar conocimiento, de aplicación a nivel poblacional. Además de la descripción de un problema de salud a nivel colectivo y de ordenar esta descripción en un diagnóstico del nivel de salud de la población, persigue investigar causas o factores que influyen en el proceso salud-enfermedad de la



población, para plantear intervenciones que modifiquen los efectos de estos factores (Pereira, 2006).

La epidemiología cuenta con un método similar al método científico, denominado método epidemiológico, en el que se pueden señalar las siguientes etapas (Pereira, 2006).

- 1.- Observación sistemática y descriptiva de la realidad
- 2.- Elaboración de hipótesis explicativa
- 3.- Verificación de la validez de la hipótesis
- 4.- Conclusión de acuerdo a los resultados, se acepta o rechaza la hipótesis original
- 5.- Intervención

En ella se encuentra la denominada **epidemiología espacial**, que se utiliza para describir, cuantificar y explicar las variaciones geográficas de las enfermedades; para evaluar la relación entre la incidencia de enfermedades y posibles factores de riesgo, y para identificar los conglomerados geográficos de las enfermedades (de Pina *et al.*, 2010).

En epidemiología es posible hacer estudios descriptivos y estudios analíticos. A su vez, los estudios analíticos pueden ser de tipo observacional o experimental. Dentro de los estudios observacionales se encuentran: los estudios transversales, estudios ecológicos, estudios de casos y controles y por último los estudios de cohorte (Pereira, 2006). La presente investigación se



clasifica dentro de un estudio observacional de casos y controles y de tipo ecológico.

3.3 MALFORMACIONES CONGÉNITAS

En medicina la **malformación** se define como la forma anormal o mala forma del órgano, de este modo se incluye a las alteraciones microscópicas de la forma, e incluso alteraciones moleculares de la célula, que afectan su función. Que esta **malformación** sea congénita, significa que está presente en el momento del nacimiento (Nazer, 2005).

Por otra parte, el nacimiento es un momento, un punto de un proceso continuo que comienza con la fecundación y que no se detiene, muchas veces hasta la vida adulta. De esta manera es como hay patologías que no se manifiestan hasta tiempo después del nacimiento como es el caso de la ceguera, alteraciones dentales, etc. Debido a esto es que en diversas fuentes bibliográficas se ha reemplazado el término congénito por el de **defecto en desarrollo**. Sin embargo, se utilizará la denominación malformación congénita, por ser la más conocida y la más usada (Nazer, 2005).

Por lo tanto, se definirá la malformación congénita como *“cualquier*



trastorno en el desarrollo embrionario y fetal, que determina una alteración de la forma, función o características estéticas de un tejido, órgano o sistema. Las malformaciones mayores son aquellas alteraciones que requieren corrección mediante la intervención médica o que afectan el normal desarrollo posterior al nacimiento” (Rojas, Ojeda y Barraza, 2000).

En vista de que ni en la definición de malformación congénita ni en la de defecto en desarrollo, traen consigo la etiología o la causa que las provocan, se entenderá la etiología de la malformación como un defecto ocurrido en algún momento del desarrollo, de preferencia en las primeras semanas de vida embrionaria. Es así como la malformación puede ser clasificada según la causa que la produce. Estas son: anomalías de origen genético, anomalías de causa ambiental y anomalías multifactoriales (Nazer, 2005).

Las **anomalías de origen genético**, se dividen en tres, según la alteración del material hereditario.

1 Afecciones debidas al compromiso de un solo gen principal: Son las enfermedades mendelianas o anomalías genéticas. Los rasgos mendelianos simples son heredados por transmisión autosómica, es decir, a través de los autosomas y por transmisión ligada al sexo. Donde los genes alterados están en el cromosoma X. De esta forma es que una copia del gen del padre y otra de



la madre transmiten los rasgos autosómicos. En los casos ligados al sexo, siempre provienen de la madre en el varón y de ambos padres en la mujer.

Los rasgos autosómicos pueden ser dominantes y recesivos, e involucran por igual a hombres y mujeres. Mientras que en los casos ligados al sexo, las mujeres son portadoras sanas y los varones enfermos.

2 Aberraciones cromosómicas: Se presentan con frecuencia, donde alrededor del 6% de los cigotos tienen alguna anomalía. Donde muchos de los embriones resultantes son abortados espontáneamente en las primeras semanas de la gestación. Estas anomalías pueden ser numéricas y estructurales, afectando tanto a los autosomas como a los cromosomas sexuales.

3 Trastornos poligénicos: son los casos en los que un grupo de varios genes menores heredados interactúan con factores ambientales adversos, ya sean de origen prenatal o post-natales, para producir una malformación congénita.

Las anomalías de **causa ambiental**, son las causadas por algunos agentes ambientales, conocidos también como teratógenos, que son capaces de afectar el desarrollo del embrión, provocando malformaciones. El daño que



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

pueden ocasionar los teratógenos depende de la etapa de desarrollo del embrión en la que actúan. Los periodos más críticos son los iniciales, aquellos que tienen una mayor rapidez de división celular.

Los teratógenos ambientales pueden ser por consumo de químicos como el uso de algunos medicamentos como la talidomida, el ácido retinoico, el consumo de alcohol o por la carencia de ácido fólico en la dieta. También puede ser por efectos físicos como radiaciones ionizantes, infecciosos virales como la rubeola o toxoplasmosis, o mecánicos como la compresión intrauterina.

Anomalías de **causa multifactorial**, son las más frecuentes, se constituyen por una combinación de factores ambientales y genéticos, distintos en los diferentes individuos. En estos casos existe una susceptibilidad genética especial, individual, para los teratógenos. Por este motivo, en igualdad de condiciones, no todos los embriones son afectados de la misma manera.



CAPÍTULO 4: HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

HIPOTESIS DE TRABAJO

Las malformaciones congénitas están asociadas a factores ambientales y genéticos, por lo que es posible determinar y analizar las diferencias en la distribución espacial de estas patologías.

Objetivo general:

- Determinar la distribución espacial de la incidencia de malformaciones congénitas en la provincia del Cachapoal desde el año 2006 al 2010, en los casos atendidos en el Hospital Regional de Rancagua.

Objetivos específicos:

- Determinar y comparar el factor de riesgo de malformación congénita en las distintas comunas de la provincia del Cachapoal, en los casos atendidos en el Hospital Regional de Rancagua desde el año 2006 al 2010.
- Identificar clusters y buffers en la provincia del Cachapoal en los casos de malformaciones congénitas atendidos en el Hospital Regional de



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Rancagua desde el año 2006 al 2010.

- Representar cartográficamente la medida de riesgo odds ratio, los clusters y buffers de las malformaciones congénitas en la provincia del Cachapoal de los casos atendidos en el Hospital Regional de Rancagua desde el año 2006 al 2010.



CAPÍTULO 5: ÁREA DE ESTUDIO

La provincia del Cachapoal junto a las provincias de Colchagua y Cardenal Caro componen la región del Libertador General Bernardo O'Higgins. La provincia del Cachapoal se enmarca entre los 33° 51' y 34° 42' de latitud Sur y entre los 70° 00' y 71° 34' de longitud Oeste (ver cartografía 1). La capital provincial y regional es la ciudad de Rancagua, localizada a 34° 10' de latitud Sur y 70° 45' longitud Oeste. La superficie de la provincia es de 7.384,2 km² (INE, 2008).

Su límite al **Norte** es la región Metropolitana de Santiago. Al **Este**, el límite corresponde a la línea de cumbres que limita por el poniente y sur de la parte alta de la hoya hidrográfica del río Maipo y con la República de Argentina. Hacia el **Sur**, limita con la provincia de Colchagua. Y finalmente su límite al **Oeste** es la provincia de Cardenal Caro.



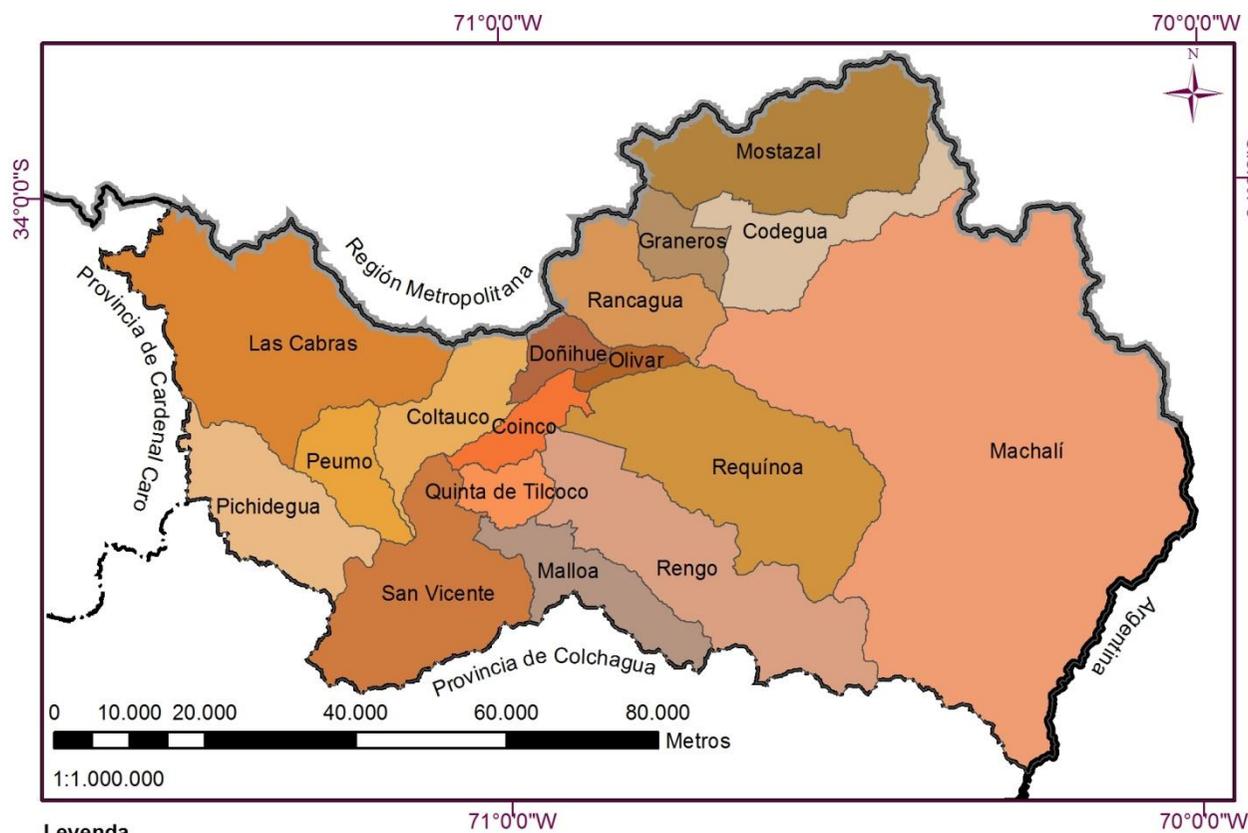
Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Cartografía 1:

Área de Estudio Provincia del Cachapoal

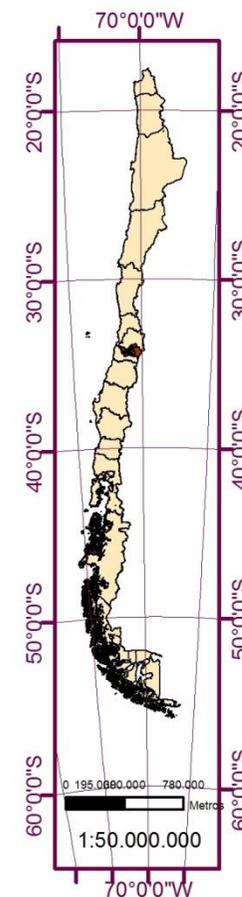


Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Carrera de Geografía



Leyenda

- Límite Comunal
- · - Límite Provincial
- Límite Regional
- Límite Internacional



Fuente: Elaboración propia
Base Cartográfica: IGM
Datum: WGS84 huso 19 sur
Año 2013



5.1 Características Poblacionales de La Provincia del Cachapoal

Según el XVII Censo Nacional de Población y VI de Vivienda, esta provincia posee una población de 542.901 habitantes, lo que representa el 69,55% de la población regional. Mientras que la densidad en la provincia es de 73,52 habitantes/km².

La distribución de la población presenta una mayor densidad de población urbano-rural en la Depresión Intermedia, ya que es aquí donde se desarrolla una intensa agricultura de riego (ver cartografía 2). Los centros urbanos que se destacan son: la capital regional Rancagua, San Vicente de Tagua Tagua y Rengo.

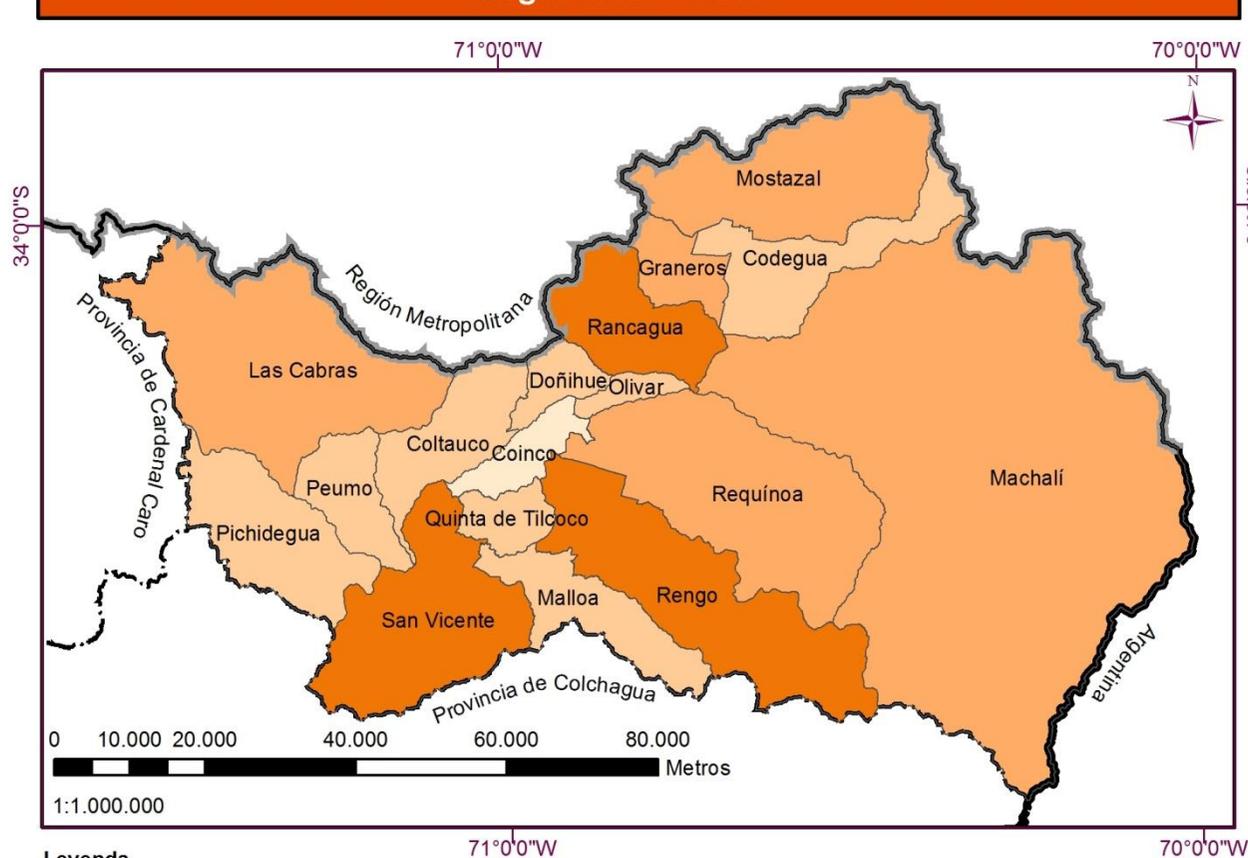


Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Cartografía 2:

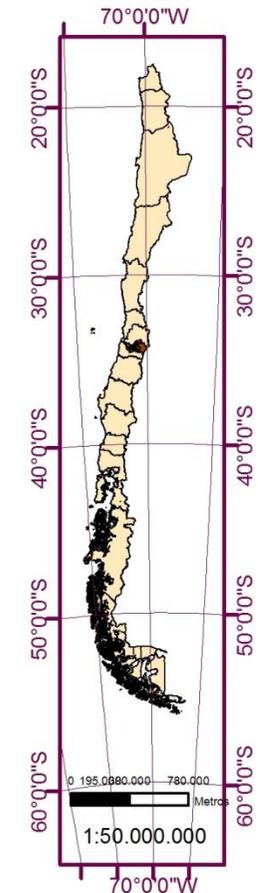
Distribución de Habitantes en la Provincia del Cachapoal Según Censo 2002

Universidad de Chile
 Facultad de Arquitectura y Urbanismo
 Carrera de Geografía



Leyenda

— Límite Comunal	Cantidad de Habitantes	 30.001 - 40.000
- · - Límite Provincial	 6.385 - 10.000	 40.000 - 214.344
— Límite Regional	 10.001 - 20.000	
— Límite Internacional	 20.001 - 30.000	



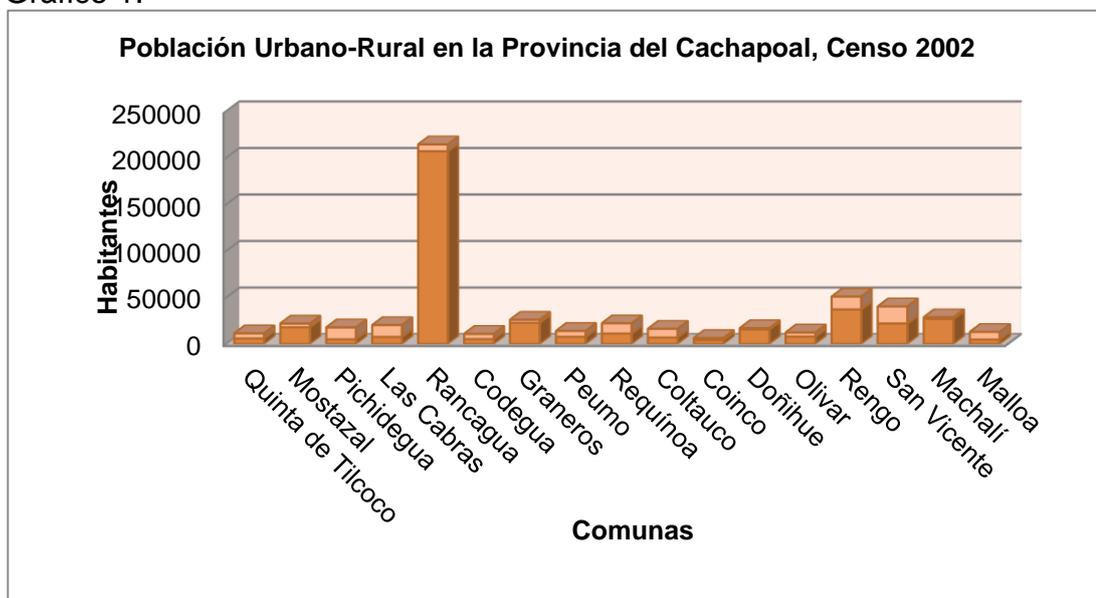
Fuente: Elaboración propia
 Datos: Censo 2002 (INE, 2008)
 Base Cartográfica: IGM
 Datum: WGS84 huso 19 sur
 Año 2013



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

A la vez, el sector Andino presenta escasez de población con excepción de algunos centros poblados que deben su desarrollo a actividades mineras y/o turísticas-recreacionales asociadas a la minería, como es el caso de las localidades Sewell, Caletones y Coya pertenecientes a la comuna de Machalí (ver gráfico 1).

Gráfico 1:



Elaboración propia con datos del Censo, 2002

En cuanto al género de la población, es posible apreciar una similitud entre la cantidad de hombres y mujeres (ver gráfico 2), representando los primeros 49,96% de la población total provincial y 50,04% las mujeres.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

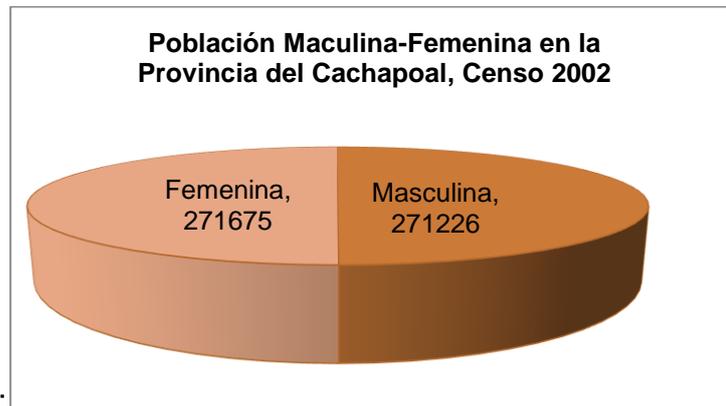


Gráfico 2:

Elaboración propia con datos del Censo, 2002



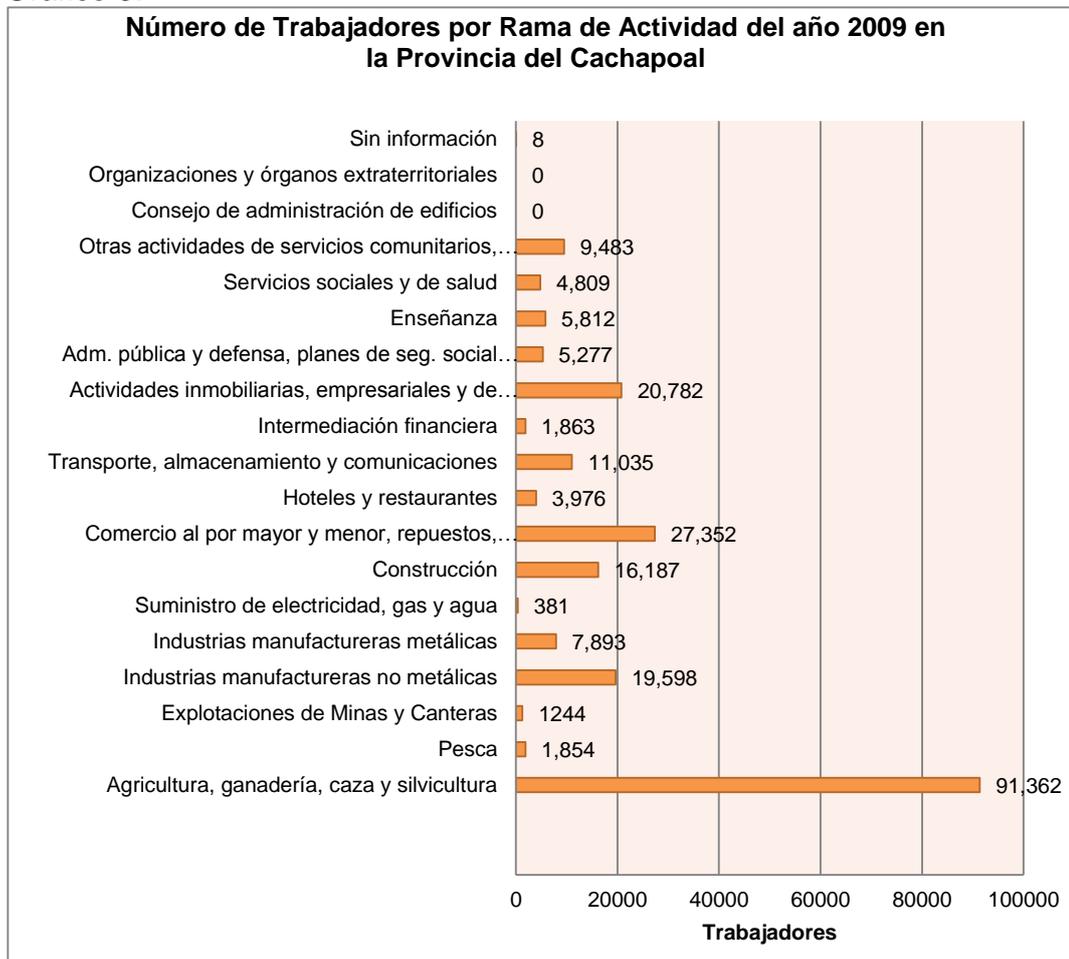
5.2 Características Socio-Económicas de La Provincia del Cachapoal

La actividad económica de la provincia, se basa principalmente en actividades agropecuarias. Aunque, también se destaca por su actividad minera ya que en ella está el mineral El Teniente, que es el yacimiento de cobre subterráneo más grande del planeta. Sin embargo, la empleabilidad del sector minero es solo de 1.244 personas (ver gráfico 3), siendo de esta forma la minería una actividad que activa la economía en la provincia pero que no genera una empleabilidad considerable en comparación con las otras actividades económicas.

Si se destaca la alta participación en agricultura, ganadería, caza y silvicultura con un total de 91.362 trabajadores. Estas actividades se llevan a cabo en un total de 678.562,70 ha, donde 410.230,4 ha están destinadas a la actividad agropecuaria y 268.332,3 ha a la actividad forestal (ver gráfico 4).



Gráfico 3:



Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos, 2009

Gráfico 4:

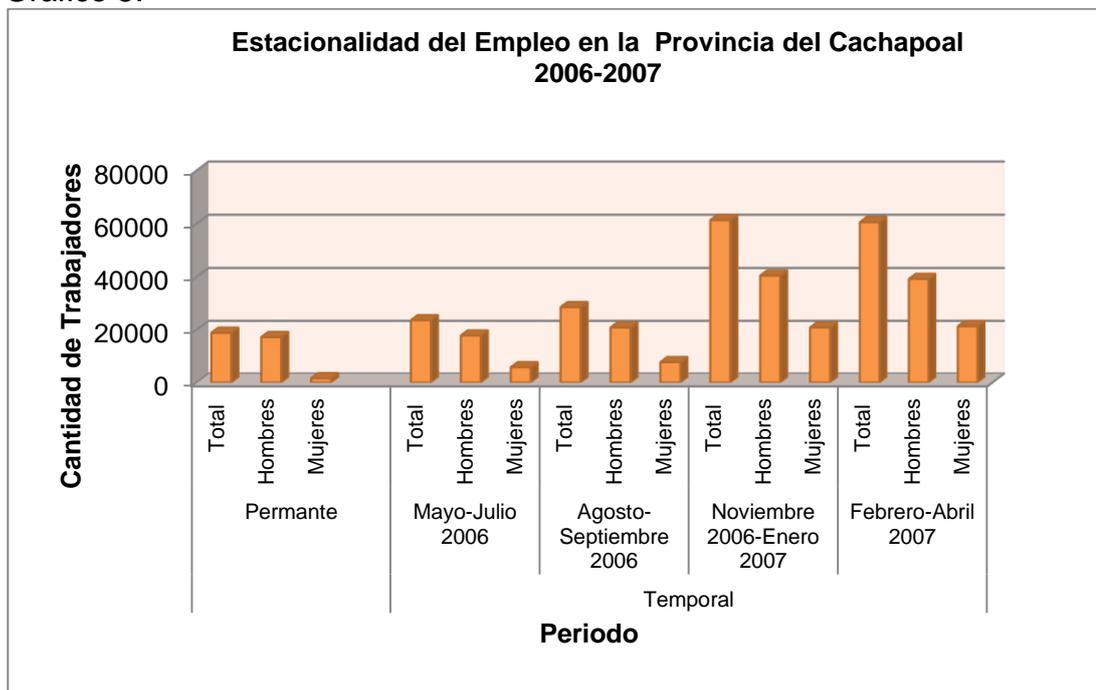


Elaboración propia con datos del Censo Agropecuario, 2007



Es así como la estacionalidad del trabajo agrícola marca fuertemente la ocupación laboral de los habitantes de la provincia. En el gráfico nº5 es posible observar como en los meses de noviembre a abril prácticamente se triplica la oferta laboral temporal en comparación con la oferta de trabajo permanente. Por consiguiente, en los meses de mayo a septiembre, la oferta laboral decrece y la población de trabajo temporal queda en situación de cesantía. (Gobierno Regional del Libertador General Bernardo O'Higgins, 2011).

Gráfico 5:



Elaboración propia con datos Gobierno Regional del Libertador General Bernardo O'Higgins, 2011

Por otra parte, la pobreza es descrita por la encuesta CASEN 2009 en la provincia del Cachapoal señalando que la cantidad de indigencia y de



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

pobres no indigentes suman 47.727 personas (ver gráfico 6), lo que comprende el 10,88% de la población total de los encuestados en la provincia. Donde 9.854 personas son indigentes y 37.873 personas son pobres no indigentes. Esta misma encuesta indica que 51.340 mujeres son jefas de hogar.

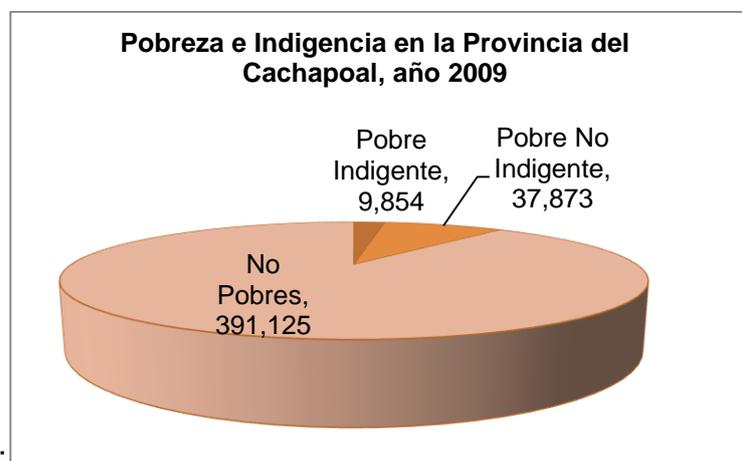


Gráfico 6:

Elaboración propia con datos de la Encuesta CASEN, 2009



5.3 Sistema de Salud en la Provincia del Cachapoal

5.3.1 Indicadores de Salud:

Los indicadores de salud del total de la región de O'Higgins se sitúan dentro del peor tercio del país (ver tabla 3), sumando a este panorama los efectos de la contaminación del aire y el agua y a la contaminación por agroquímicos (Gobierno Regional del Libertador General Bernardo O'Higgins, 2011).

Tabla 3: Indicadores de Salud Regional –Nacional, Año 2010

Indicador de Salud	Nivel Regional	Nivel Nacional
Esperanza de Vida	77,2	78,5
Tasa de Mortalidad	5,5	5,4
Tasa de Mortalidad Infantil	9,1	8,4

Elaboración propia con datos Gobierno Regional del Libertador General Bernardo O'Higgins, 2011

Las comunas de la provincia del Cachapoal que están sobre la tasa de mortalidad de la región son: Coltauco, Las Cabras, Malloa, Pichidegua, Quinta de Tilcoco, San Vicente, Peumo y Coinco (ver gráfico 7).

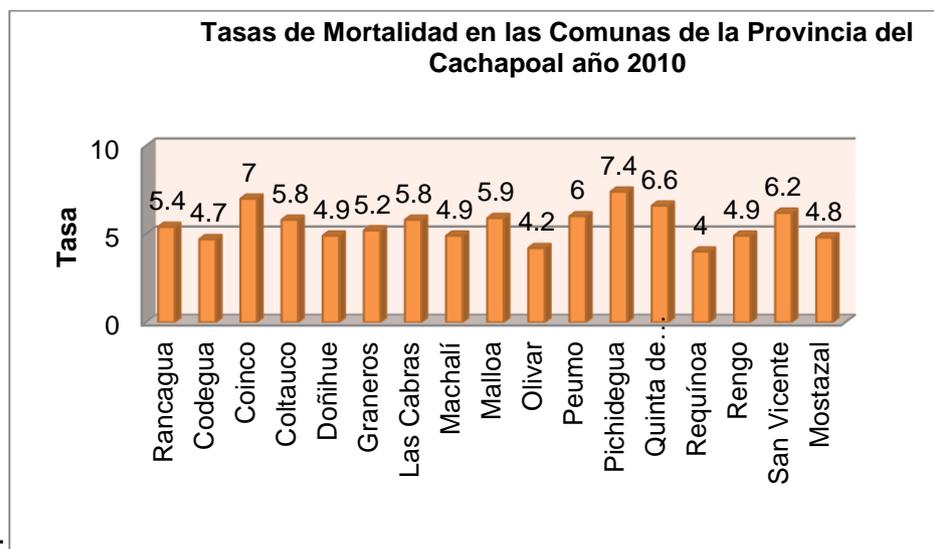


Gráfico 7:

Elaboración propia con datos del Departamento de Estadísticas e información de Salud (DEIS), 2010

La mortalidad infantil (menores de 1 año) en las comunas de la provincia del Cachapoal, se calculó con distribución de Poisson (ver detalles en capítulo 6 Metodología). Las tasas de mortalidad infantil no presentan grandes variaciones entre una comuna y otra. Es así como en el gráfico 8 es posible observar que la tasa más baja tiene un valor de 4,1929 (Doñihue) y la tasa más alta es de 10,1246 (Coltauco). Sin embargo, las comunas en que las tasas de mortalidad infantil presentan un comportamiento más preciso son aquellas en que el intervalo de confianza es más pequeño como Rancagua, Rengo, San Vicente y Machalí.

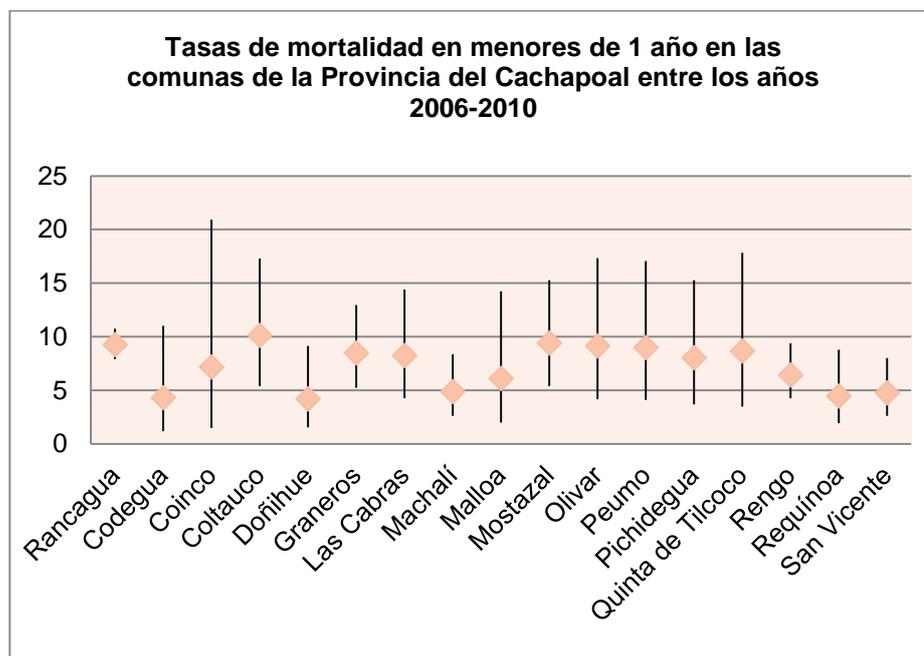


Gráfico 8:

Elaboración propia con datos del Departamento de Estadísticas e Información de Salud (DEIS), 2014

5.3.2 Servicios de Salud:

Según la Encuesta CASEN 2009, en la provincia del Cachapoal, el 78% de la población encuestada (493.020 personas) es atendida por el sistema público de salud. Mientras que un 15% (91.384 personas) cotiza en alguna ISAPRE y el 7% restante (46.354 personas) realiza sus atenciones de salud de forma particular (ver gráfico 9).



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

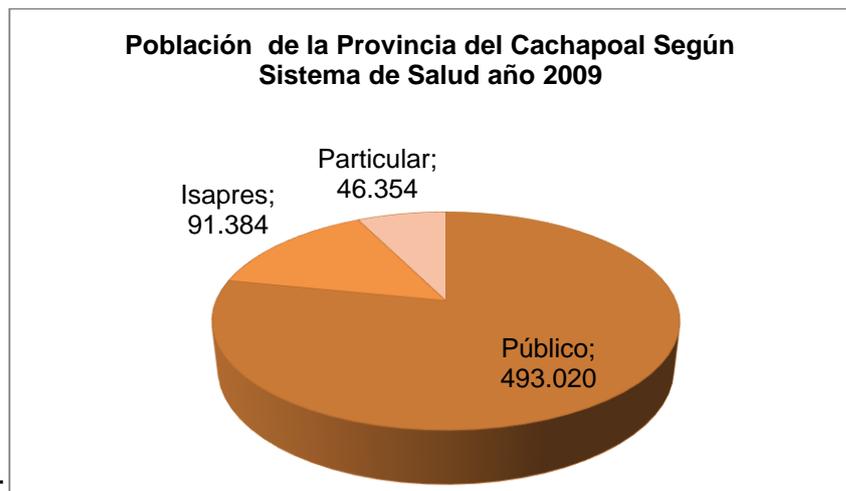


Gráfico 9:

Elaboración propia en base a datos CASEN, 2009

La red asistencial de salud pública en la provincia cuenta con 7 hospitales, donde el Hospital Regional de Rancagua, es el de mayor jerarquía y complejidad en la región y por lo tanto, es donde se concentra la mayor cantidad de atención de partos (ver cartografía 3). Además de los hospitales, la provincia cuenta con 33 centros de salud ambulatorios y 40 postas rurales.



5.3.3 Hospital Regional de Rancagua

El Hospital Regional de Rancagua, que está ubicado en la Alameda Libertador General Bernardo O'Higgins n° 611 de la ciudad de Rancagua, posee la siguiente cartera de servicios: Neurocirugía, Gineco-obstetricia, Consultorio Adosado de Especialidades (CAE), Cirugía, Traumatología, Urología, Laboratorio Clínico, Neonatología, Odontología, Oftalmología, Otorrinolaringología y Pediatría Cirugía Infantil (fuente: <http://www.hospitalrancagua.cl>).

La infraestructura de este hospital consta de salas de Hospitalización, Pabellones Quirúrgicos, Policlínicos, Oficinas Administrativas, Posta de Urgencia y Comunidad Religiosa. Este edificio es el actual Sector A, donde se encuentran los servicios de Cirugía, Pediatría, Pabellones, Dirección, Farmacia, Servicio Dental y Laboratorio/ servicios de Traumatología, Ginecoobstetricia, Urgencia, UCI, Otorrino, Oftalmología, Servicios de Orientación Médica y Estadística (SOME), Informática, entre otras (fuente: <http://www.hospitalrancagua.cl>).

En cuanto al perfil socioeconómico de los pacientes del Hospital Regional de Rancagua, corresponde a usuarios que se atienden bajo la afiliación FONASA, estos beneficiarios pueden ser (fuente: <http://www.supersalud.gob.cl>):



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

- Trabajador dependiente de los sectores público y privado
- Trabajador independiente y quien cotice en cualquier régimen legal de previsión en calidad de imponente voluntario que cotiza en FONASA
- Cargas legales de algún afiliado (la carga puede ser: la mujer embarazada aún cuando no sea afiliada ni beneficiaria y el niño hasta los 6 años de edad)
- Las personas carentes de recursos o indigentes

Estas personas se dividen en 4 grandes grupos según los ingresos económicos que estas tengan. El Documento Decreto con Fuerza de Ley D.FL N°1, del año 2005, el artículo 160 define los grupos de Fonasa según nivel ingreso.

En el **Grupo A** se encuentran las personas indigentes o carentes de recursos, beneficiarios de pensiones asistenciales a que se refiere el Decreto Ley N° 869, de 1975 (Ley que establece régimen de pensiones asistenciales para inválidos y ancianos carentes de recursos), y causantes del subsidio familiar establecido en la Ley N° 18.200.

La personas indigentes o carentes de recursos son determinados por las circunstancias descritas en el Decreto Supremo de Salud 110 del año 2004 en el artículo 2° como:

- Que el Ingreso Mensual del Hogar al que se pertenece, no exceda el Ingreso Mínimo Mensual y que, al dividir dicho Ingreso Mensual del Hogar por el número de personas que integran ese Hogar, el cociente no exceda del 25% del Ingreso Mínimo Mensual.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

- Que el referido cociente, indicado en la Circunstancia precedente, si bien excede el 25% del Ingreso Mínimo Mensual, no supera el corte de puntaje de la Ficha de Caracterización Socioeconómica (Ficha CAS), determinado para estos efectos por el Ministerio de Planificación y Coordinación y el Fondo Nacional de Salud, con aprobación de los Ministerios de Salud y de Hacienda.
- Excepcionalmente, se considerará que puede ser calificada como indigente o carente de recursos la persona que si bien aparece registrada como causante de asignación familiar de algún afiliado a la ley N° 18.469, acredite fehacientemente que no vive a expensas de ese afiliado y que cumple con alguna de las circunstancias precedentes.

En el **Grupo B** se encuentran los afiliados cuyo ingreso mensual no exceda del ingreso mínimo mensual aplicable.

En el **Grupo C** está compuesto por afiliados cuyo ingreso mensual sea superior al ingreso mínimo mensual y que no exceda de 1,46 veces dicho monto, salvo que los beneficiarios que de ellos dependan sean 3 o más, caso en el cual serán considerados en el grupo B.

En el **Grupo D** están los afiliados cuyo ingreso mensual sea superior a 1,46 veces al sueldo mínimo mensual, siempre que los beneficiarios que de ellos dependen no sean más de 2. Si los beneficiarios que de ellos dependan son 3 o más, serán considerados en el grupo C.

Las usuarias que fueron atendidas en la Maternidad del Hospital de Rancagua en el año 2011 (ver gráfico 10) corresponden en un 57,67% al



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

grupo A, que está compuesto por mujeres carentes de recursos e indigentes. El resto de las usuarias se distribuyen en: 24,84% al grupo B; 11,42% al grupo C y 6,07% al grupo D (fuente: Dirección de Salud O'Higgins, 2011).

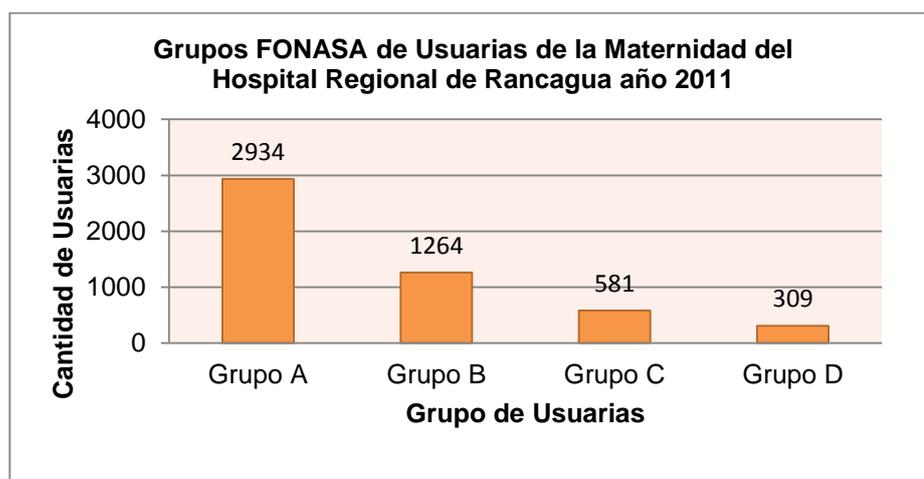


Gráfico 10:

Elaboración propia con datos Dirección de Salud O'Higgins, 2011

En cuanto a la cantidad de niños que nacen en el Hospital Regional de Rancagua, son aproximadamente el 50% de los nacidos en la región en los servicios de salud pública (ver tabla 4).

Tabla 4: Niños nacidos en los servicios de salud pública de la Región de O'Higgins

Año	Nacimientos en la Región	Nacimientos en el Hospital Regional de Rancagua	Porcentaje Nacimientos en el Hospital Regional de Rancagua respecto a los nacimientos en la Región
2006	8335	4093	49,11%
2007	8830	4433	50,20%
2008	9034	4474	49,52%
2009	8986	4630	51,52%
2010	8660	4226	48,80%

Elaboración propia con datos Dirección de Salud O'Higgins, 2012



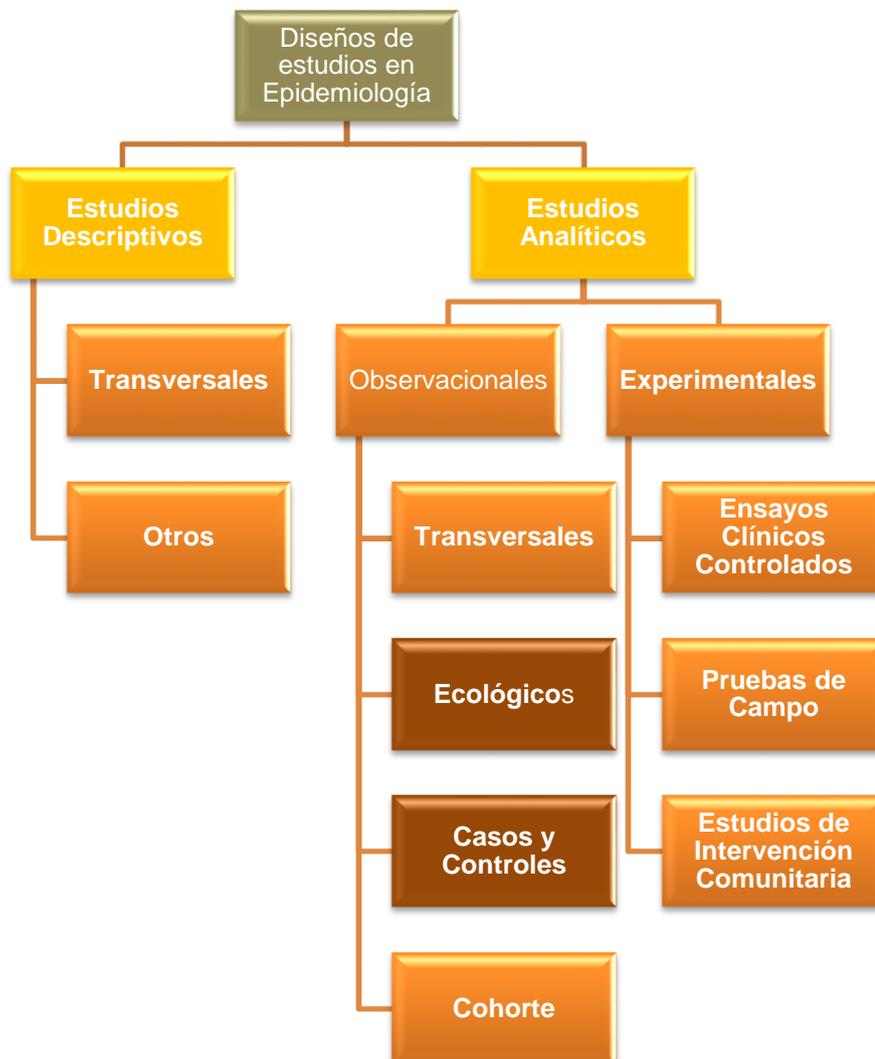
CAPÍTULO 6: METODOLOGÍA

6.1 Marco Teórico Metodológico

La presente investigación se enmarca dentro de los estudios epidemiológicos analíticos (ver figura 2). Estos estudios intentan comprobar o rechazar una hipótesis consistente en una explicación posible, completa o incompleta, de un fenómeno de salud y que está sujeta a la comprobación. La epidemiología analítica intenta aclarar el por qué y el cómo de un fenómeno de salud a través de la comparación de grupos con diferentes tasas de comprobación de enfermedad y con diferencias en las características demográficas, genéticas, de comportamientos, de exposiciones medioambientales y otros supuestos factores de riesgo potencial (Pereira, 2006).



Figura 2: Diagrama de Diseños de Estudios en Epidemiología



Fuente: Pereira, 2006

Los tipos de estudio que se realizan en esta Memoria se enmarcan en estudio de casos y controles y estudio ecológico. En los estudios de casos y controles se selecciona a la población en estudio con base en la presencia (caso) o ausencia (control) del evento de interés. Estos casos y los controles son seleccionados y comparados a la exposición relativa de cada grupo a



diferentes variables o características que puedan tener relevancia para el desarrollo de la condición o enfermedad. Sin embargo, deben cumplirse ciertas condiciones de origen, como que casos y controles tengan la misma base poblacional y el origen en la misma cohorte que representa tanto a los eventos como a la población en riesgo que no desarrolló el evento (Pereira 2006). Estos estudios son de máxima utilidad para el análisis de enfermedades de baja frecuencia poblacional y entregan como medida epidemiológica específica un estimador de riesgo, denominado odds ratio (fuente: <http://escuela.med.puc.cl>).

Así mismo los estudios ecológicos se definen como aquellos en los cuales la unidad de análisis corresponde a poblaciones o comunidades geográficamente bien delimitadas. En estos estudios es posible analizar la frecuencia de la enfermedad o problema de la salud en una perspectiva colectivo-espacial (fuente: <http://escuela.med.puc.cl>).

Los estudios ecológicos presentan ventajas frente a otros diseños de investigación observacional, ya que poseen la capacidad de estudiar grandes poblaciones a bajo costo, muchas veces usando registros existentes. También son de gran utilidad para estudiar exposiciones difíciles de medir en un individuo (Pereira, 2006).



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

No obstante lo anterior, una limitación que afecta a los estudios ecológicos es la denominada falacia ecológica. La razón de esta limitante obedece al hecho de que se trabaja con información agregada, no individual lo que no permite evaluar la relación exposición-daño a nivel individual. De esta manera se genera un sesgo de agregación, que ocurre al asociar variables observadas a nivel agregado que no necesariamente representan la asociación en el ámbito individual (Pereira, 2006).



6.1.1 Sistemas de Información Geográfica en Salud

La tecnología SIG puede ser aplicada a diversas áreas que tienen en común el interés por objetos del mundo real, con respecto a su localización y distribución espacial o de sus atributos. Estas áreas, de modo general, son caracterizadas por la relación del ser humano en el medio físico (Ramirez, 1994; Strauch y Moreira, 1998).

De esta manera el uso de los SIG ha provocado el auge técnico dentro de la disciplina geográfica en las últimas dos décadas. La tecnología SIG integra operaciones convencionales de bases de datos, como captura, almacenamiento, manipulación, análisis y presentación de datos. Con posibilidades de selección, búsqueda de información y análisis estadístico, conjuntamente con la posibilidad de visualización y análisis geográfico ofrecido por los mapas (dos Santos, de Pina y Sá, 2000). Así mismo, el uso de esta herramienta también ha aportado en el desarrollo de nuevas geografías como es el caso de la geografía de salud, donde el estudio de la variable territorial ha aportado al conocimiento del antroposistema en que una patología se desarrolla.

La utilización de los SIG, tanto en epidemiología como en salud pública, permiten la determinación de una situación de salud en una determinada población y esto es asociado inmediatamente al entorno



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

geográfico, de esta forma se identifican los grupos de alto riesgo (Maldonado, 2005).

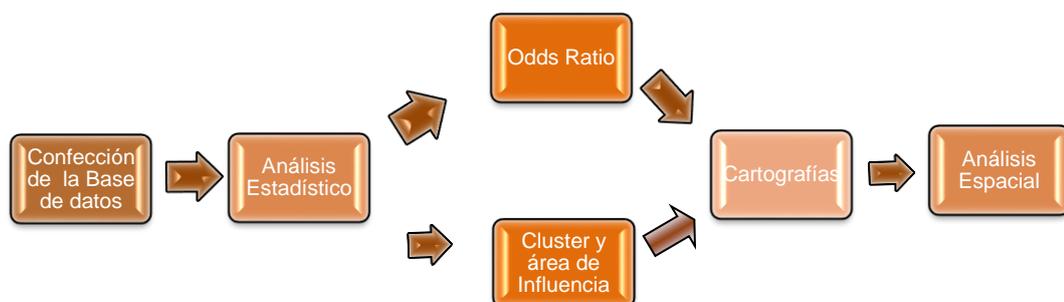
Las técnicas cartográficas utilizadas por la geografía médica no sólo permiten mapear los patrones de distribución espacial de las enfermedades, sino también permiten localizar los equipamientos médicos, los flujos y desplazamientos espaciales resultantes en la búsqueda de la salud (Borges, 2006). Es así como se verifica un creciente interés en la exploración de los SIG como técnica de representación espacial dado que tradicionalmente son manipuladas en formato de tablas que posteriormente pueden ser representados en cartografías (De Pina, 1998). De esta manera el uso del lenguaje cartográfico se torna casi inseparable en los estudios de la geografía (Santos, 2002; Borges, 2006).



6.2 Secuencia Metodológica

Para cumplir los objetivos planteados, la investigación consta de tres etapas. En donde a partir de la misma base de datos se realizan análisis espaciales con dos metodologías diferentes. Estas son: Análisis odds ratio de cada comuna de la provincia del Cachapoal e identificación de clusters y buffers de las malformaciones en la provincia del Cachapoal. Con posterioridad a los análisis estadísticos correspondientes se confeccionan tablas que serán cartografiadas para un posterior análisis territorial de los indicadores calculados (ver figura 3).

Figura 3: Secuencia Metodológica de Investigación



Fuente: Elaboración propia

Al considerar la hipótesis del presente estudio, donde se podrían presentar distintos patrones de distribución en cada una de las patologías de las malformaciones congénitas, debido a que cada una de estas puede



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

presentar causalidad genética, genética–ambiental o ambiental (Nazer, 2005), y por lo tanto la distribución espacial de estas también debería variar dentro de la comuna. Situación que no se investigará en la presente Memoria ya que la base de datos que se trabaja no posee los datos georreferenciados de cada niño (solo se identificó la comuna de residencia), así mismo, tampoco se hizo ninguna distinción entre malformaciones congénitas mayores o menores, ni de etiología, ni por sistemas comprometidos. Se incluyeron todas las patologías que el ECLAMC considera para poder entender estas anomalías como un todo dentro del territorio sin distinciones médicas.

El estudio se contextualiza socio-territorialmente en una provincia donde la contaminación ambiental podría estar causando anomalías congénitas a través de la acción mutagénica preconcepcional, la acción teratogénica (materno o paterno) o gestacional (la madre). Donde los efectos mutagénicos preconcepcional pueden incluir anomalías cromosómicas y síndromes como resultado de nuevas mutaciones. Mientras que la acción postconcepcional, necesita dependencia del momento de la exposición en el desarrollo embrionario y fetal. Cada uno de los procesos de desarrollo normal se produce durante un período específico de unos pocos días o semanas, y es durante este "período sensible" que la exposición a un agente teratogénico puede dar lugar a una anomalía (Dolk y Vrijheid, 2003). Por este motivo es que también existe una variable temporal donde el feto se vería afectado según la exposición a contaminantes de los padres previo a la



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

fecundación o a la exposición durante el desarrollo del feto donde esta exposición afecta los órganos que se desarrollan en las distintas edades gestacionales que posee el feto. En el presente estudio la variable temporal no fue considerada, por lo tanto, los resultados obtenidos agrupan todos los datos sin distinción estacional.



6.3 Materiales

6.3.1 Datos del Departamento de Estadísticas e Información de Salud (DEIS)

El Departamento de Estadísticas e Información de Salud (DEIS), forma parte de la División de Planificación Sanitarias DIPLAS de la Subsecretaría de Salud Pública del Ministerio de Salud. Esta institución es la encargada de generar información estadística pertinente, confiable y oportuna, dentro del marco definido por la Autoridad Sanitaria (fuente: www.deis.cl).

Los datos que se utilizaron de esta institución fueron los fallecidos menores de 1 año y los nacimientos en las comunas de la provincia del Cachapoal entre los años 2006 y 2010, para el cálculo de la distribución de Poisson en las tasas de mortalidad en menores de 1 año en las comunas de la provincia del Cachapoal entre los años 2006 al 2010 presentados en la sección 5.3.1 Indicadores de Salud del capítulo 5 Área de Estudio.



Cabe señalar que también se utilizaron datos de esta institución para las diferentes tasas⁸ presentadas tanto en el capítulo 2 Planteamiento del Problema como en el capítulo 5 Área de Estudio.

6.3.2 Base de Datos

La base de datos que se utilizó en la investigación corresponde a los registros del Hospital Regional de Rancagua. Dicho hospital cuenta con registros de diagnóstico prenatal y vigilancia epidemiológica del Estudio Colaborativo Latinoamericano de Malformaciones Congénitas (ECLAMC), en donde aproximadamente la mitad de los nacimientos del sector público de salud de la región son verificados ahí.

El Estudio Colaborativo Latinoamericano de Malformaciones Congénitas (ECLAMC) es un programa de investigación clínico y epidemiológico de los factores de riesgo de la etiología de anomalías congénitas en hospitales Latinoamericanos, utilizando una metodología caso-control.

La metodología de recolección de datos del Estudio Colaborativo Latinoamericano de Malformaciones Congénitas consiste en hacer un registro de todas las malformaciones mayores y menores diagnosticadas al nacimiento en niños que pesan 500 gramos o más de acuerdo al manual

⁸La tasa es una medida de frecuencia de un fenómeno en una población determinada.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

operacional (Nazer et al, 2001). Las patologías que se consideran son: Cefalocele, Microcefalia, Hidrocefalia, Anomalía Ocular, Deformidad de la Oreja, Oreja de Implantación Baja, Malfomación de la Oreja, Apéndice Preauricular, Fistula Auris, Macrostomia, Micrognatia y Retrognatia, Facies Anormales, Cardiopatía, Arteria Umbilical Única, Atresia Esofágica, Ano Imperforado, Atresia Intestinal, Genitales Ambiguos, Hipospadia, Criptorquidia, Agnesia Renal, Hidronefrosis, Poliquistosis Renal, Extrofia Cloaca y/o Vejiga, Talipes, Polidactilia, Sindactilia, Reducción de los Miembros, Luxación de Cadera, Defecto de Pared Abdominal, Nevo, Hemangioma, Mamilo Extranumerario, Otras Anomalías Renales, Anomalías de las Vías Urinarias, Displacia Esquelética, Anomalía Lingual, Hernia Epigástrica, Epispadia, Siames, Síndrome de Down, Lábio Leporino - Paladar Hendido, Espina Bífida, Anencefalia.

Mientras, la selección de los controles, se hace a partir del siguiente criterio: para cada niño con malformación congénita se selecciona al siguiente niño del mismo sexo nacido en el mismo hospital que no presenta malformaciones. Por lo tanto, se obtiene un control sano por cada caso apareados por sexo, tiempo y lugar de nacimiento (Nazer *et al*, 2001). Debido a que el lugar de nacimiento es el hospital, este procedimiento no aparee los casos y los controles por comuna.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

La base de datos en el presente estudio se solicitó previamente al Hospital Regional de Rancagua, la que posteriormente fue entregada por la Fundación Oswaldo Cruz (Sede Río de Janeiro, Brasil), en formato html. Esta base se confeccionó casi en su totalidad bajando los datos de la página web de la Fundación Oswaldo Cruz, a excepción de los datos correspondientes a los meses de diciembre del año 2009 y enero del año 2010. Estos datos no se encontraban digitalizados en su totalidad, razón por la cual se tuvo que completar esa información con el archivo de notificaciones manuales existente en el Hospital Regional de Rancagua.

De esta manera la selección de casos y controles se realizó bajo el protocolo del Estudio Colaborativo Latinoamericano de Malformaciones Congénitas (ECLAMC), cuyos diagnósticos médicos fueron realizados por el personal especializado en el área del Hospital Regional de Rancagua.

De la totalidad de datos que recopila el estudio solo fueron seleccionados para la presente investigación los siguientes, tanto para los casos como para los controles:

- Apellidos del paciente
- Fecha de nacimiento
- Comuna de residencia de la madre

Sin embargo, para acotar el estudio a la Provincia del Cachapoal, se eliminaron todos aquellos casos cuya madre estuviera registrada con



residencia fuera de la provincia del Cachapoal (también se elimina el control pareado). De la misma forma se eliminaron todos los controles que registraran la residencia de la madre fuera de la provincia del Cachapoal (también se elimina el caso pareado). Junto con esto, además se descartaron todos aquellos casos que presentaban como control respectivo un control dummy⁹.

A pesar de lo completa de la información recopilada, se procedió a corroborar y corregir las comunas de residencia de la madre, ya que muchas veces las localidades señaladas por las entrevistadas no correspondían a la comuna que decían residir. Esta corrección se hizo en base a la localidad señalada por la madre, a partir de este dato se procedió a la asignación de la verdadera comuna de residencia de la madre.

Finalmente, la base de datos queda compuesta por 905 casos pareados, con sus respectivos 905 controles.

⁹ Control Dummy: Control ficticio que por lo tanto, no posee datos



6.3.3 Softwares y Coberturas de Información

Los softwares utilizados para realizar los análisis espaciales son los siguientes:

- **Excel (Microsoft Office2007):** Utilizado en el proceso de confección de las bases de datos y para la confección de tablas de información para cartografiar en ArcGis10.
- **Stata12:** Utilizado en regresión logística para el cálculo de odds ratio y para calcular la distribución de Poisson de las tasas de mortalidad en menores de 1 año de cada comuna de la provincia del Cachapoal
- **SaTScan:** Utilizado para la identificación de clusters y buffers.
- **ArcGis 10:** Utilizado en cálculo de centro medio comunal y para la confección de cartografías.

La base cartográfica de la provincia del Cachapoal que se utilizó fue elaborada por el Instituto Geográfico Militar (IGM). Las coberturas de información geográfica se encuentran en formato shapefile para ser utilizadas en el sistema de información geográfico (SIG) ArcGis10. Esta información se encuentran en proyección UTM datum WGS84 huso 19 sur.

Mientras que para el cálculo de centros poblacionales de cada comuna, se utilizaron los shapefiles de zonas urbanas del Instituto Nacional de Estadística (INE) correspondientes al Censo 2002, información que se



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

encuentra en proyección UTM, datum PSAD56 huso 19 sur. Sin embargo, fueron transformadas a WGS84 huso 19 sur para ser procesadas y cartografiadas.



6.4 Métodos

Para determinar las tasas de mortalidad en menores de 1 año en las comunas de la provincia del Cachapoal entre los años 2006-2010, presentada en la sección 5.3.1 Indicadores de Salud, del capítulo 5 Área de Estudio, se utilizó la distribución de Poisson.

Por otra parte, la investigación se divide en 2 grandes métodos. La primera etapa consiste en realizar un análisis estadístico de datos areales, concretamente una regresión logística condicional, donde se calcula la medida de riesgo epidemiológica, odds ratio, estimada en cada comuna, de manera que se pueda correlacionar las comunas de la provincia del Cachapoal y realizar un análisis espacial en base a estos valores.

La medida estadística odds ratio ha sido muy utilizada en la literatura médica, puesto que además de ser útil para estimar la relación entre dos variables binarias, permite evaluar el efecto que tienen otras variables en esa relación mediante métodos de regresión logística (Rivera, Larrondo y Ortega, 2005).

El segundo análisis territorial que se realiza es el cálculo de clusters y buffers ejecutado con el software SaTScan con datos recolectados con metodología de caso-control. Además se realizan geoprocesamientos tanto



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

en la obtención de un punto medio representativo de la concentración de la población en cada comuna como en el cálculo del área de influencia.

Con el software SaTScan es posible trabajar con los datos geocodificados o agrupados por áreas. Debido a la naturaleza de la base de datos que se posee, muchas de las residencias de las madres son rurales y por lo tanto, se hace metodológicamente inviable geocodificar cada caso. Por este motivo es que se optó por hacer un análisis agrupando los casos y controles por comunas. Para realizar este análisis previamente se debió calcular un centroide comunal, para posteriormente calcular los clusters y buffers de las malformaciones congénitas con los casos, controles y coordenadas del centroide poblacional de cada comuna.

El SaTScan es un software gratuito que fue concebido inicialmente para su uso en el área de la salud en estudios sobre la distribución espacial de las enfermedades y epidemias. Si bien su mayor utilización radica en los estudios de sanidad, puede ser utilizado en problemas similares de otros campos como: 1) La vigilancia geográfica de una variable, detectar patrones espaciales o espacio-temporales estadísticamente significativos, como es el caso del presente estudio 2) Probar si una variable tiene distribución aleatoria en el espacio, tiempo o espacio-tiempo, y 3) Evaluar valores umbrales alcanzados por agrupaciones espaciales de la variable (Gonzalez y Perez, 2013).



6.4.1 Cálculo de Tasas de Mortalidad con Distribución de Poisson

La distribución de Poisson se define como una distribución de probabilidad discreta que se aplica a las ocurrencias de algún suceso durante un intervalo específico. La variable aleatoria X es el número de veces que ocurre un suceso en un intervalo (Triola, 2009). El intervalo en este caso corresponde al periodo de 5 años en el que se realizó la investigación, desde el 2006 al 2010 para el cálculo de las tasas de mortalidad de menores de 1 año en cada comuna de la provincia del Cachapoal. Se realizó el cálculo con la sumatoria de los 5 años y no un análisis individual de cada año porque de esta manera se obtiene más robustez en el resultado debido a que se hacen comparaciones con algunas comunas de muy baja población.

Es así como la tasa de mortalidad, es el cálculo de la probabilidad de que el suceso ocurra x veces durante un intervalo que está dado en la siguiente fórmula.

$$P(x) = \frac{(\mu^x \cdot e^{-\mu})}{x!}$$

donde $e \approx 2,71828$

De esta forma las variables discretas que se utilizaron para el cálculo del valor μ son las que corresponden a la razón entre la sumatoria de



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

fallecidos y la sumatoria de los expuestos en cada comuna durante el periodo comprendido desde el 2006 al 2010.

Los datos son procesados con el software Stata con un intervalo de confianza de 95%.



6.4.2 Cálculo de Factor de Riesgo

Debido a que no existen datos de prevalencia ni incidencia de las malformaciones congénitas en toda la región de O'Higgins (solo existen estadísticas de mortalidad causadas por estas patologías). Para llegar a la medida de efecto odds ratio (definido posteriormente), se utiliza un modelo lineal generalizado denominado regresión logística, de esta forma se calcula el factor de riesgo. Al igual que en la distribución de Poisson, se realiza el cálculo haciendo una sumatoria de todos los casos y todos los controles durante los 5 años para obtener mayor robustez en el análisis ya que hay comunas con muy poca población que alteran la percepción del fenómeno observado.

6.4.2.1 Regresión Logística Condicional

La base de datos que se posee, tiene la misma cantidad de casos y de controles, además estos datos se encuentran pareados (producto de la metodología de recolección de datos de ECLAMC). De esta forma se identifican las variables a analizar:

- Variable dependiente binaria: casos y controles
- Variable independiente: comuna de residencia de la madre



Para llegar a la medida de riesgo odds ratio, se estima una regresión logística condicional. De esta forma, en base a lo descrito por Kleinbaum y Klein (2002), la función logística se define como:

$$f(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

Donde z toma valores en el rango entre 0 y 1 (ver figura 3)

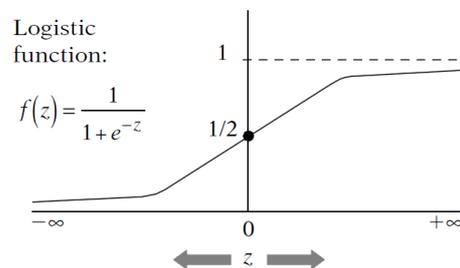


Figura 3

Fuente: Kleinbaum y Klein

El valor z es :

$$z = \alpha + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \dots + \beta_k * x_k$$

De esta forma, la fórmula para un modelo logístico es la probabilidad de que X sea igual a 1. En el caso del presente estudio, la probabilidad de que en promedio un sujeto con un perfil X de variables explicativas tiene un riesgo de malformación congénita es igual a:

$$P(X) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \sum \beta_i x_i)}}$$

Sin embargo, en este modelo probabilístico los parámetros α, β_i son desconocidos, por lo que son estimados.



Donde el logit es:

$$\text{logit } P(X) = \alpha + \sum \beta_i X_i$$

Ahora, para el cálculo de odds ratio es necesario definir dos odds, que son el odds de los expuestos divididos por el odds de los no expuestos y de esta manera pueden ser comparados. Por este motivo se escogió la comuna de Machalí para ser comparada con el resto de las comunas de la provincia del Cachapoal, por ser la comuna con menor riesgo de malformaciones congénitas.

Así:

$$\text{OR} = \frac{\text{odds}_1}{\text{odds}_0}$$

Donde odds es:

$$(1) \text{ odds} = \frac{P(X)_1}{1 - P(X)_1}$$

Esta estimación se realizó a través del software estadístico Stata, donde se obtendrá una tabla con los OR de cada comuna.

6.4.2.2 El Odds Ratio

La medida de riesgo utilizada es el odds ratio, que se traduce al español como razón de disparidad o razón de productos cruzados. Es un estimador que mide la asociación entre una exposición y una enfermedad



(Pereira, 2006). A partir de una tabla (nº5), se definen las variables a considerar para la definición.

Tabla 5: Tabla tetracórica en estudio de casos y controles

	Casos	Controles
Exposición	a	b
No exposición	c	d

Donde:
a= casos expuestos
b= controles expuestos
c=casos no expuestos
d=controles no expuestos

Es así como el odds ratio se define como la razón entre el odds de expuestos partido por el odds de no expuestos.

$$OR = \frac{a/c}{b/d}$$

La vía directa para hacer el cálculo es realizando el siguiente producto cruzado

$$OR = \frac{a*d}{b*c}$$

Este valor se aproxima al valor de riesgo relativo cuando la incidencia en los casos expuestos y los no expuestos es rara.

Para la interpretación de los valores de odds ratio, se tiene que:

OR=1 ;la exposición no está asociada con el evento o enfermedad

OR<1 ;la exposición está asociada de manera inversa con el evento, es un factor protector



*Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los
Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010*

OR>1 ;la exposición aumenta la posibilidad de desarrollar el evento, es un
factor de riesgo



6.4.3 Cálculo de Clusters y Buffers

6.4.3.1 Detección de buffers con distribución espacial de Bernoulli

A través del modelo de Bernoulli se representa una variable con dos posibles resultados: éxito o falla (0/1), que para el presente estudio corresponden a los casos (recién nacidos con malformación) y los controles pareados de estos casos (recién nacidos sin malformación). Esto en un contexto espacial que son las comunas de la provincia del Cachapoal desde el año 2006 al 2010.

Para ello se utiliza el software SaTScan, donde se realiza un análisis que dispone de tres tablas que contiene las variables casos, control y coordenadas (que corresponde al centro medio poblacional de cada comuna).

Según lo descrito por Kulldorff (2010), las características del análisis estadístico que se realiza en SaTScan son:

- Se utiliza un tamaño fijo de escaneo en cada comuna.
- La hipótesis nula de los datos de recuento es: el número de casos observados sigue una distribución uniforme, ya sea en configuración continua o discreta. De manera que el número esperado de casos en un área determinada es proporcional al tamaño de la zona.



6.4.3.2 Prueba de probabilidad de máxima verosimilitud

La máxima verosimilitud en el modelo de Bernoulli está dada por la siguiente ecuación:

$$\left(\frac{c}{n}\right)^c \left(\frac{n-c}{n}\right)^{n-c} \left(\frac{C-c}{N-n}\right)^{c-c} \left(\frac{(N-n)-(C-c)}{N-n}\right)^{(N-n)-(C-c)}$$

Donde :

C: número total de casos

c: números de casos contenidos dentro de cada comuna

N: número total del casos y controles del total de la muestra

n: número de casos y controles contenidos en cada comuna

La función de probabilidad se maximiza en todas las ubicaciones (centroides poblacionales de cada comuna) y en todos los tamaños posibles. De esta forma, la máxima probabilidad constituye el cluster más probable. Mientras que el cluster menos probable es el que ocurrió por azar. Por lo tanto, la máxima verosimilitud encontrada, constituye la prueba estadística de probabilidad de máxima verosimilitud.

Su distribución bajo la hipótesis nula, se obtiene repitiendo el mismo ejercicio analítico sobre un gran número de repeticiones al azar del conjunto de datos generados bajo la hipótesis nula.

El valor p se obtiene a través de la hipótesis de Monte Carlo, comparando el rango de la probabilidad máxima de verosimilitud con las probabilidades máximas de datos obtenidos al azar.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Si el rango es R , entonces

$$p = \frac{R}{1 + \text{número de simulaciones}}$$

De esta forma, el número de simulaciones que se da por defecto es 999 o cualquier otro número que termina en 999, como 1999; 9999 o 99999. Por lo tanto, siempre quedará claro si se rechaza o no la hipótesis nula para valores de corte típicos como 0,05; 0,01 y 0,001.

Es así como la búsqueda de clústers será realizado tanto para zonas de tasas altas como para las zonas de tasas bajas. Simultáneamente también se analizarán los clusters secundarios, que serán ordenados según su probabilidad.



6.4.4 Geoprocesos en Sistemas de Información Geográfico SIG para Representaciones Cartográficas

El geoprocesamiento es una acción espacialmente explícita, por lo tanto, es necesario el conocimiento de las coordenadas geográficas de los datos que se desean procesar.

Dentro de la metodología empleada fue posible identificar 2 geoprocesos que se utilizaron para la búsqueda de cluster de malformaciones congénitas y que pueden identificarse en los siguientes flujos de procesos.

En primera instancia se realizaba búsqueda de un punto representativo en donde se concentre la población de la comuna. De esta forma se obtiene un punto central que será ingresado al momento de ejecutar el programa SaTScan.

Una vez arrojados los resultados de puntos de clusters y radio de buffers, se utiliza en ArcGis el geoproceso “buffer” para así obtener los productos cartográficos.



6.4.4.1 Centro Medio Poblacional de Cada Comuna

Los datos espaciales pueden ser trabajados con métodos estadísticos. Esta clase de datos y de tratamiento se conoce como estadísticas espaciales. Esta estadística permite describir cuantitativamente y evaluar ciertas características espaciales de los paisajes y determinar si una distribución de un fenómeno es significativamente diferente de una distribución aleatoria (Jensen y Jensen, 2012).

De esta manera, con la herramienta estadística “mean center” de ArcGis10 se calcula el centro poblacional de cada comuna de la provincia de Cachapoal.

El centro medio (mean center) es una herramienta de estadística descriptiva básica que se utiliza para describir paisajes. El centro medio es una medida de tendencia central que se puede utilizar para determinar el centro de una distribución trazada en coordenadas geográficas o cartesianas (Jensen y Jensen, 2012).

Es así como el centro medio es definido como un punto construido desde los valores X e Y promedios para los centroides de entidad de entrada. Este centroide se calcula utilizando el centro medio ponderado de



todas las partes de entidad. Donde la ponderación para las entidades de polígono es el área (fuente: www.resources.arcgis.com).

De esta forma se utilizó la herramienta “mean center” para cada polígono de zona poblada, confeccionado por el Instituto Nacional de Estadísticas con los datos del Censo 2002. Debido a que algunas comunas poseen más de un centro poblado de importancia, se volvió a utilizar la herramienta estadística “mean center” donde esta vez a cada punto (que representa el lugar central de una localidad) se pondera con la cantidad de habitantes que hay en la localidad según el Censo 2002. Para la ponderación se utiliza la herramienta opcional “Weight_Field”. De esta manera el punto no sería equidistante, sino que estaría siendo atraído proporcionalmente adonde hay más población. Es así como el resultado de estas operaciones arrojan solo un punto por comuna que representa donde se concentra la mayor población de ésta.

6.4.4.2 Buffer

Se realiza a partir de la coordenada cluster que arrojó el programa SaTScan; se crea un vector de tipo punto para ser procesado en ArcGis. A este punto vectorial se le realiza un geoprocreso denominado buffer, que es el cálculo del área de influencia. Este buffer se confecciona a partir del radio del cluster que también es arrojado como resultado en el análisis con el software SaTScan.



El buffer es la creación de un polígono que posee una distancia específica alrededor de un punto, línea o área de características (polígono). El proceso del buffer, consiste en la creación de dos áreas geográficas: la primera es el área geográfica que se encuentra dentro de la distancia especificada o tampón. La segunda es el área geográfica más allá del límite del buffer. Los tampones de todo punto, línea y características de la zona se pueden crear a partir de datos vectoriales o raster (Jensen y Jensen, 2012).

El algoritmo utilizado considera la geometría de entrada, generando un área de influencia que se calcula en desplazamientos bidimensionalmente. Para obtener mejores resultados, la operación de área de influencia se realizó en un sistema de coordenadas proyectado (proyección UTM datum WGS84 huso 19 sur), ya que de esta manera se minimiza la distorsión.



CAPÍTULO 7: RESULTADOS

7.1 Odds Ratio de las Comunas de la Provincia del Cachapoal

Para la estimación del odds ratio, se utilizó la función “clogit” de Stata12, donde la variable dependiente ingresada es la de “caso o control” (variable binaria) y la variable independiente es “comuna”, con Machalí (código nº8) como referente. El valor de identificación de la pareja caso-control se considera como una variable “nuisance” ya que la estimación de sus parámetros (una por pareja) no tiene interpretación.

Debido a que Machalí es la comuna que presenta el odds ratio más bajo (valores obtenidos en distintas pruebas), se escoge como referente comunal para obtener una mejor percepción de la magnitud de los valores obtenidos y así realizar un análisis más simplificado de los datos.

Los resultados de odds ratio corresponden a los descritos en la tabla nº6 y posteriormente representados en la cartografía nº4, en donde es posible observar una homogeneidad en los resultados obtenidos con valores de odds ratio que van desde 1,31 a 2,57. De esta forma Machalí además de ser la comuna con la que se establece como referencia, también es la comuna que se comporta notoriamente diferente en comparación con el



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

resto de las comunas de la provincia de Cachapoal por estar notoriamente distante con las comunas que poseen valores significativos.

Tabla n°6 Resultados de Odds Ratio en las Comunas de la Provincia del Cachapoal

Nombre Comuna	Código Comuna	Odds Ratio	95%Conf. Interval	
Rancagua	1	2,015021	1,260718	3,220634
Codegua	2	2,06436	1,01687	4,19088
Coinco	3	1,43783	0,5671249	3,645323
Coltauco	4	1,896674	1,001078	3,593499
Doñihue	5	1,93314	0,9834769	3,799815
Graneros	6	2,567973	1,446048	4,560349
Las Cabras	7	2,140654	1,045053	4,384848
Machalí	8	1		
Malloa	9	1,854095	0,7460358	4,607914
Olivar	10	1,800181	0,9484394	3,416823
Peumo	11	2,360641	1,097408	5,077989
Pichidegua	12	1,393394	0,6712738	2,892334
Quinta de Tilcoco	13	1,552997	0,6071917	3,972057
Requínoa	14	1,306434	0,6894581	2,475525
Rengo	15	1,858926	1,020643	3,385715
San Vicente	16	2,478613	1,234832	4,975187
Mostazal	17	2,146932	1,204455	3,826892

Fuente. Elaboración propia

A pesar de que los odds ratio sean mayores a 1 y que por lo tanto las comunas pueden ser un factor de riesgo, existen comunas donde los intervalos de confianza consideran el valor 1, lo que significa que el riesgo en esas comunas no poseen valores significativos. Estas comunas son: Coinco, Malloa, Pichidegua, Quinta de Tilcoco y Requínoa. En el caso de las comunas de Doñihue y Olivar, a pesar de que poseen intervalos de



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

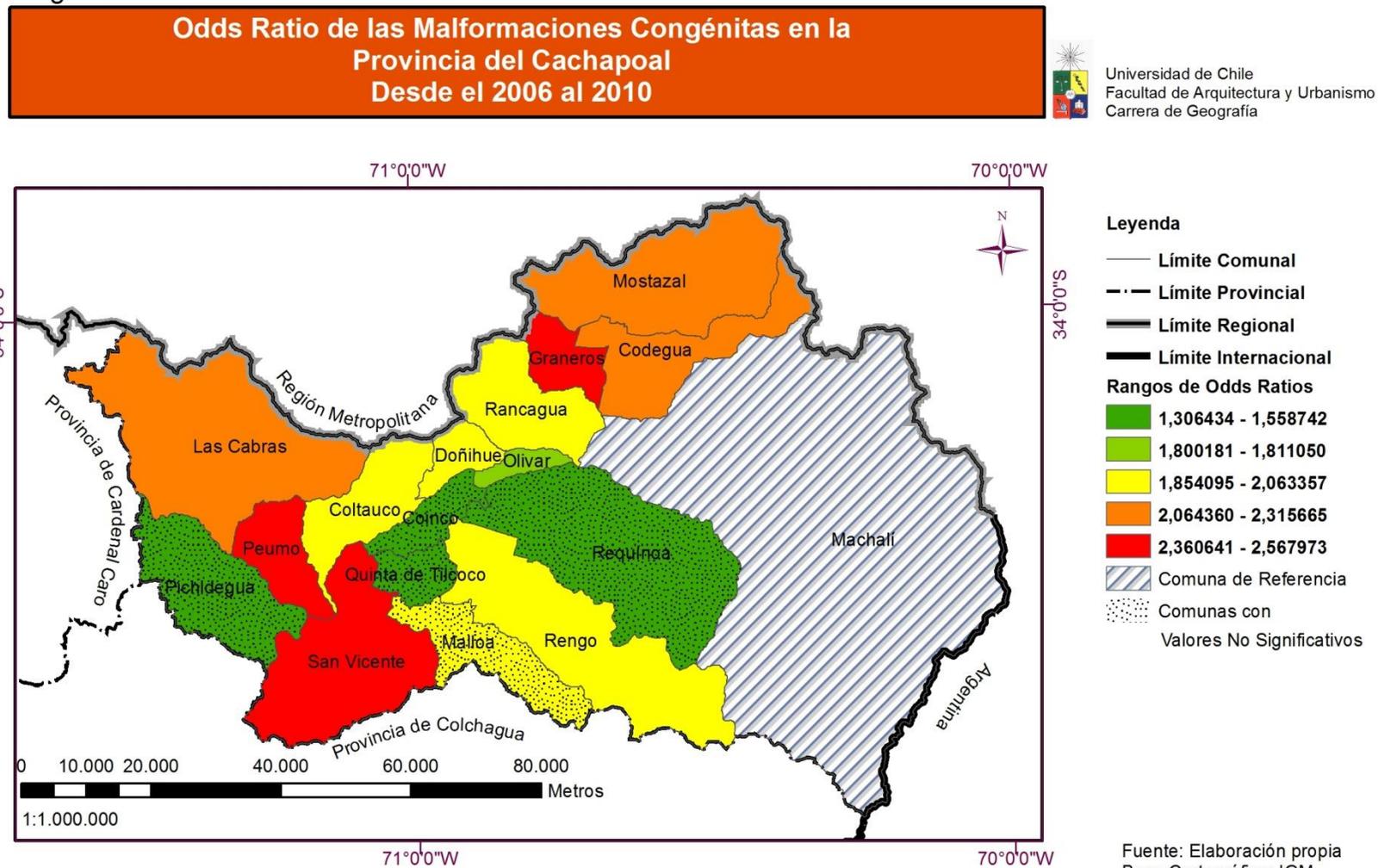
confianza inferiores a 1, se considerarán los valores de odds ratio como significativo debido a que los valores de los intervalos de confianza de dichas comunas son muy cercanos a 1.

Por otra parte, las comunas que presentan un factor de riesgo significativo son: Rancagua, Codegua, Coltauco, Graneros, Las Cabras, Peumo, Rengo, San Vicente y Mostazal.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

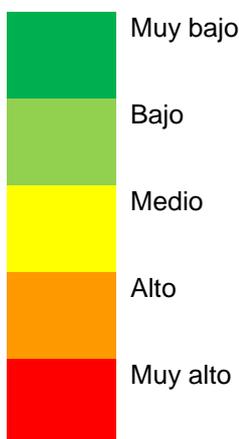
Cartografía 4:





Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Para la asignación de los rangos de medición, se procedió a dividir los valores en 5 categorías con “Equalinterval”, donde cada color significa:



Con el cálculo del odds ratio, es posible determinar un valor muy cercano de lo que es el riesgo relativo de malformaciones congénitas en cada comuna en comparación a Machalí.

Las comunas con riesgo muy alto son: Peumo, San Vicente y Graneros.

Las comunas con un riesgo alto son: Mostazal, Las Cabras y Codegua

Las comunas con riesgo medio son: Rancagua, Doñihue, Coltauco, Rengo y Malloa (comuna con un odds ratio no significativo).

La comuna con riesgo bajo es: Olivar

Y finalmente, las comunas con riesgo muy bajo, pero que poseen valores estadísticamente no significativos son: Requínoa, Pichidegua, Coinco y Quinta de Tilcoco.



De esta forma se presenta una estructura espacial donde los odds ratio comunales en la provincia del Cachapoal identifica a las comunas de Peumo, San Vicente y Graneros como factor de riesgo. Y la comuna de Machalí se presenta diferente al resto de la provincia con una distancia de magnitud de odds ratio significativamente menor.

7.2 Clusters y Buffers de las Malformaciones Congénitas en las Comunidades de la Provincia del Cachapoal

Para el estudio de clusters y buffers, como primera instancia es necesario asignar un punto como centroide donde se concentre la población de cada comuna. Posteriormente las coordenadas geográficas de este punto serán utilizadas para el cálculo de los cluster y buffers de malformaciones congénitas en la Provincia del Cachapoal.

El cálculo de dicho punto en cada comuna se realizó en Arcgis10 con shapes de zonas pobladas del Instituto Nacional de Estadísticas para el censo 2012. Los centros poblados que se consideraron son (ver cartografía nº5): Rancagua, Codegua, Coinco, Coltauco, Graneros, Las Cabras, Pelequén, Pichidegua, Quinta de Tilcoco, San Francisco de Mostazal, La Punta, Doñihue, Lo Miranda, Machalí, Coya, Olivar Alto, Gultro, Peumo, Punta Diamante, Rengo, Esmeralda, Requinoa, Los Lirios, San Vicente de Tagua Tagua y Rastrojos.

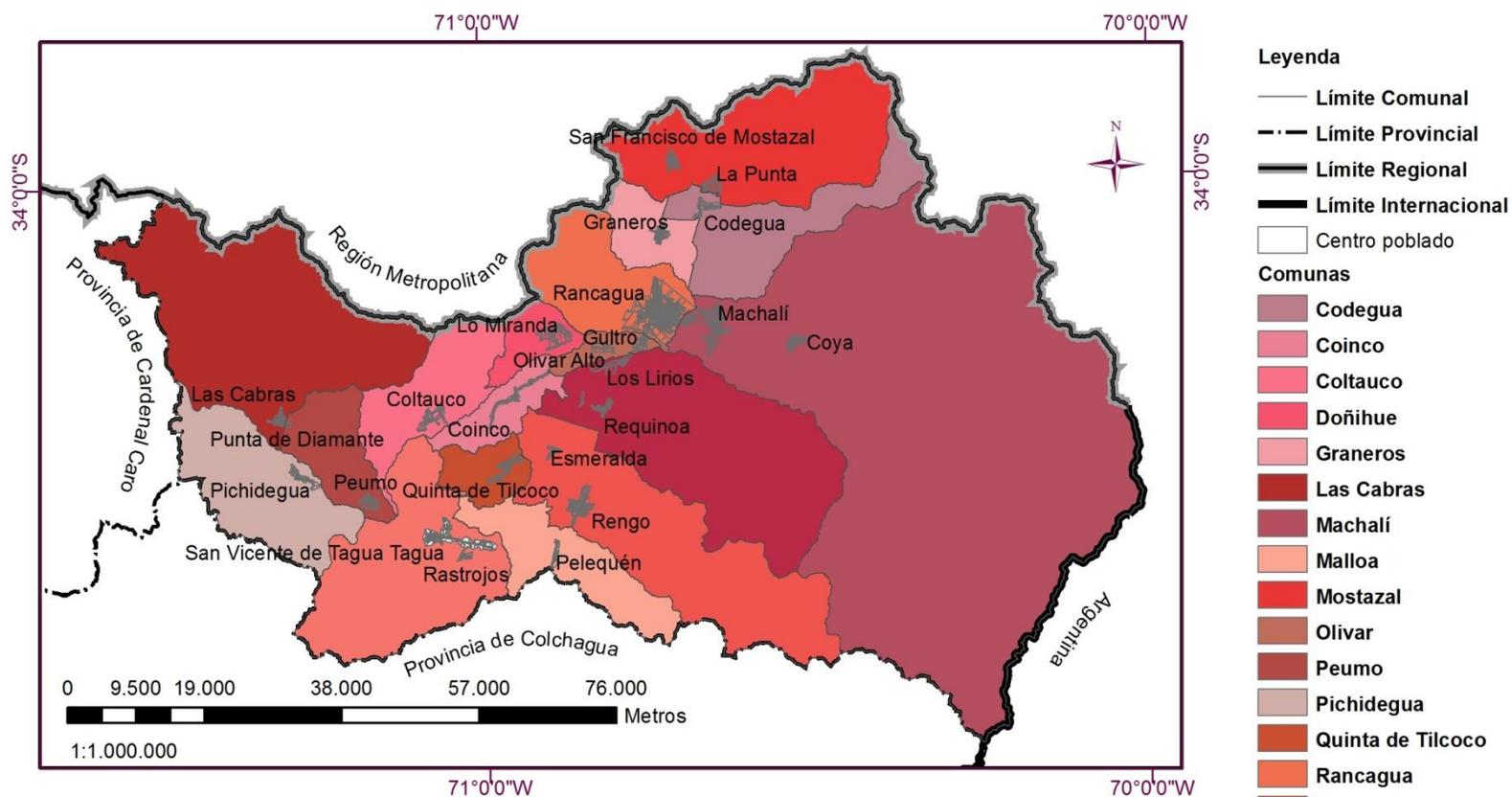


Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Cartografía 5:

Principales Centros Poblados de la Provincia del Cachapoal

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Carrera de Geografía



Fuente: Elaboración propia
Base Cartográfica: IGM e INE
Datum: WGS84 huso 19 sur
Año 2013



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

tiene cada localidad según el Censo 2002 (ver tabla 7). De esta manera se obtiene solo un punto por comuna inclinándose proporcionalmente al poblado con mayor cantidad de habitantes. El resultado puede ser observado en la cartografía nº 7.

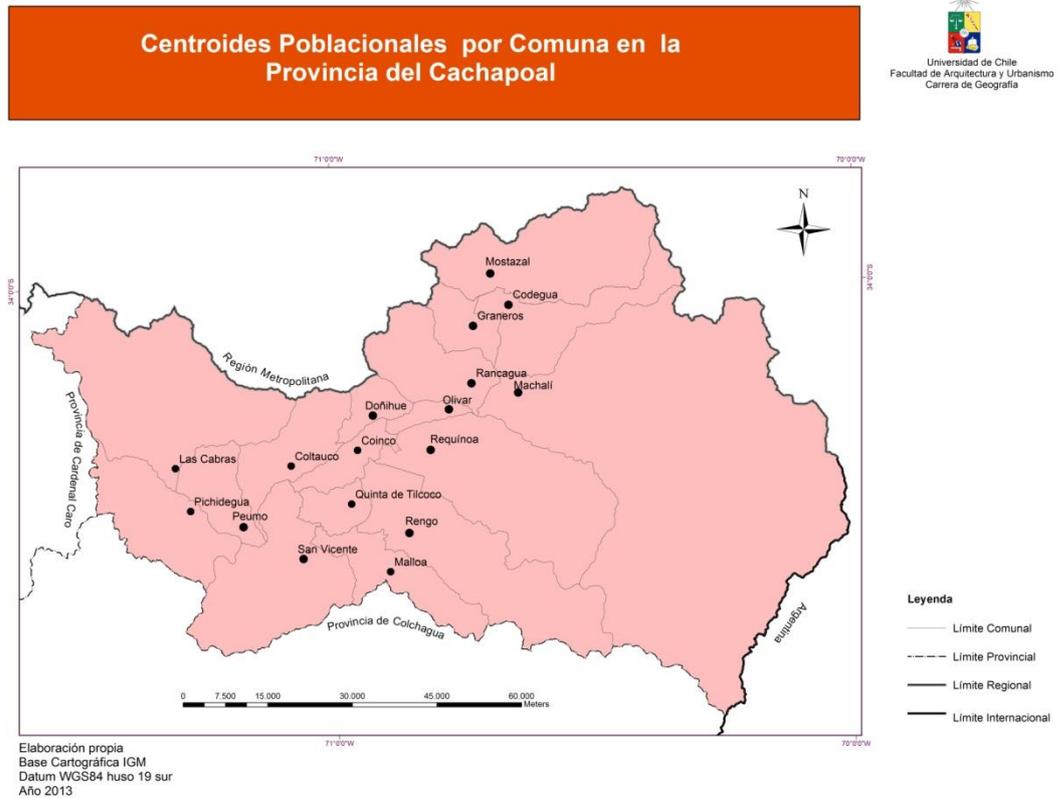
Tabla 7: Población de Centros Poblados Provincia del Cachapoal, Según Censo 2002

Centro Poblado	Comuna	Población
Rancagua	Rancagua	206.971
Codegua	Codegua	5.113
Coinco	Coinco	4.102
Coltauco	Coltauco	3.536
Doñihue	Doñihue	7.402
Lo Miranda	Doñihue	8.188
Graneros	Graneros	21.615
Las Cabras	Las Cabras	6.190
Machalí	Machalí	23.920
Coya	Machalí	2.932
Pelequén	Malloa	3.003
San Francisco de Mostazal	Mostazal	12.037
La Punta	Mostazal	4.732
Gultro	Olivar	5.472
Olivar Alto	Olivar	2.426
Peumo	Peumo	7.392
Punta de Diamante	Peumo	236
Pichidegua	Pichidegua	4.965
Quinta de Tilcoco	Quinta de Tilcoco	5.850
Rengo	Rengo	30.891
Esmeralda	Rengo	1.401
Requínoa	Requínoa	8.240
Los Lirios	Requínoa	2.927
San Vicente de TaguaTagua	San Vicente	18.914
Rastrojos	San Vicente	1.320

Fuente: INE, 2008



Cartografía 7



Una vez obtenido el punto centroide de cada comuna (cartografía 7), se procede a ingresar las variables al programa SaTScan para luego ejecutarlo y puedan ser procesados en el algoritmo de análisis del modelo de Bernoulli. Los datos son ingresados en tres tablas diferentes, cada una en su respectivo archivo en formato “documento de texto” (*.txt). Los datos son: total de casos por comuna (ver tabla 8), total de controles por comuna (ver tabla 9) y coordenadas geográficas de cada comuna (centroide) en grados decimales (ver tabla 10).



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Tabla 8: Casos por Comuna:

NombreComuna	Código Comuna (ID)	Casos
Rancagua	1	400
Codegua	2	26
Coinco	3	10
Coltauco	4	36
Doñihue	5	31
Graneros	6	75
Las Cabras	7	27
Machalí	8	28
Malloa	9	12
Olivar	10	34
Peumo	11	22
Pichidegua	12	20
Quinta de Tilcoco	13	10
Requínoa	14	34
Rengo	15	48
San Vicente	16	33
Mostazal	17	59

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Controles por Comuna:

NombreComuna	Código Comuna (ID)	Controles
Rancagua	1	378
Codegua	2	23
Coinco	3	13
Coltauco	4	37
Doñihue	5	32
Graneros	6	57
Las Cabras	7	25
Machalí	8	56
Malloa	9	12
Olivar	10	36
Peumo	11	18
Pichidegua	12	27
Quinta de Tilcoco	13	13
Requínoa	14	49
Rengo	15	50
San Vicente	16	25
Mostazal	17	54

Fuente: Elaboración Propia



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Tabla 10: Coordenadas UTM de Cada Centroides Comunal

Nombre Comuna	Código (ID)	Comuna	X (Longitud)	Y (Latitud)
Rancagua		1	340275	6218446
Codegua		2	346829	6232476
Coinco		3	320067	6206488
Coltauco		4	308296	6203654
Doñihue		5	322780	6212663
Graneros		6	340540	6228692
Las Cabras		7	287799	6203198
Machalí		8	348540	6216797
Malloa		9	325929	6184789
Olivar		10	336268	6213813
Peumo		11	299880	6192731
Pichidegua		12	290474	6195532
Quinta de Tilcoco		13	319012	6196881
Requínoa		14	333027	6206532
Rengo		15	329275	6191698
San Vicente		16	310506	6187047
Mostazal		17	343577	6238076

Fuente: Elaboración Propia

Al ejecutar el programa con la opción de cálculo de clusters de tasas altas usando el modelo de Bernoulli, se obtiene como resultado tres clusters que serán descritos a continuación:

Cluster 1

Ubicación incluyendo IDs: 17; 2; 6
Coordenadas / radio: (6238080; 343577) / 9863.21
Población: 294
Número de casos: 160
Casos esperados: 147
Observados / esperados: 1,09
Riesgo relativo: 1,11
Log razón de verosimilitud: 1,374129
Valor P: 0,79



Cluster 2

Ubicación incluyendo IDs: 16; 11
Coordenadas / radio: (6187050; 310506) / 12050,71
Población: 98
Número de casos: 55
Casos Esperados: 49
Observados / esperados: 1,12
Riesgo relativo: 1,13
Log razón de verosimilitud: 0,778597
Valor P: 0,98

Cluster 3

Ubicación incluyendo IDs: 1
Coordenadas / radio: (6218450; 340275) / 0
Población: 778
Número de casos: 400
Casos esperados: 389
Observados / esperados: 1,03
Riesgo relativo: 1,05
Log razón de verosimilitud: 0,545609
Valor P: 0,98

De esta forma el cluster principal se encuentra centrado en Mostazal y posee un radio de 9863,21m de buffer (ver cartografía 8). Es así como este buffer incluye además las comunas de Codegua y Graneros. Estas comunas se encuentran al norte de la provincia en la cuenca de Rancagua, donde los principales centros poblados de las comunas se encuentran muy cercanos a la Ruta 5 (Carrertera Panamericana) que es la principal vía de conexión con la Región Metropolitana.

En segundo lugar se encuentra el cluster centrado en San Vicente con un radio de buffer de 12050,71 m, que incluye la comuna de Peumo.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Este clúster se encuentra en el sector sur de la provincia del Cachapoal donde se emplaza el Estero Zamorano que es un afluente del río Cachapoal. Los principales centros poblados de estas comunas conectan con la Ruta H-66G también conocida como Carretera de la Fruta que conecta la provincia hacia el puerto de San Antonio (Región de Valparaíso) desde Pelequén (comuna de Malloa).

Y en tercer lugar se obtiene el cluster Rancagua que no posee buffer, sin embargo por encontrarse inmediatamente al sur del primer buffer, este cluster posee las mismas condiciones físicas del cluster compuesto por Mostazal, Codegua y Graneros. Ya que pertenecen a la misma cuenca hidrográfica y también está conectada por la Ruta 5 (Carretera Panamericana)

Al analizar el valor P de los 3 clusters encontrados, estos resultaron mayor a 0,05, por lo que en los 3 clusters no se rechaza la hipótesis nula. Lo que significa que los resultados obtenidos son estadísticamente significativos debido a que la distribución de los casos no es uniforme y no es proporcional al tamaño de la zona.

En cuanto a los datos arrojados por Satscan, se debe desestimar el valor de riesgo relativo ya que este no fue calculado con el total de la población de la comuna, de esta forma el software arroja un dato erróneo



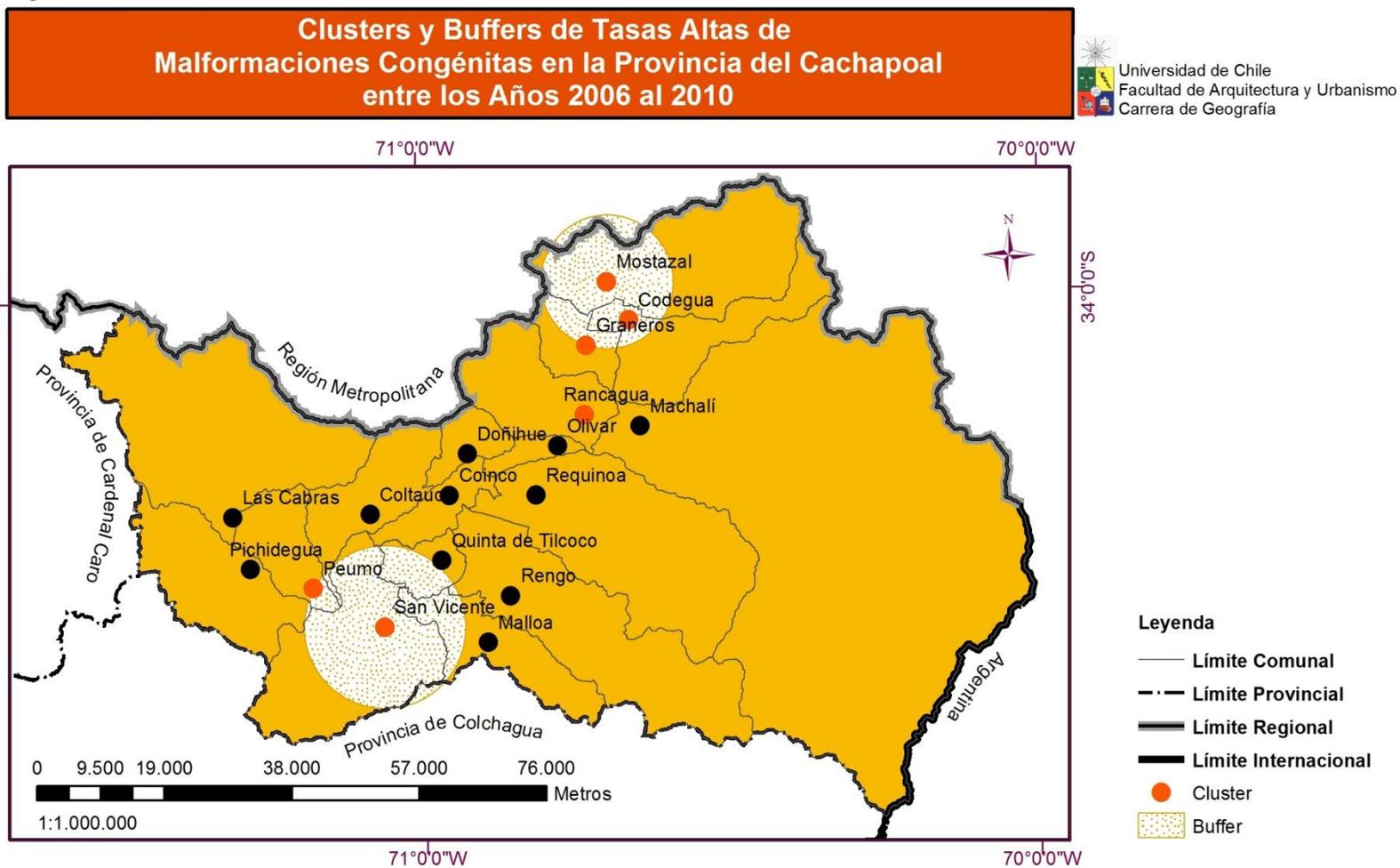
Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

debido a que la forma correcta de estimar un factor de riesgo con los datos analizados es con el cálculo de odds ratio realizado anteriormente.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Cartografía 8:



Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Carrera de Geografía

Fuente: Elaboración propia
Base Cartográfica: IGM
Datum: WGS84 huso 19 sur
Año 2013



De la misma forma la operación fue repetida para calcular clusters de tasas bajas con el modelo de Bernoulli, obteniendo los siguientes resultados:

Cluster 1

Ubicación incluyendo los IDs: 8
Coordenadas / radio: (621680; 348540) / 0
Población: 84
Número de casos: 28
Casos esperados: 42
Observados / esperados: 0,67
Riesgo relativo: 0,66
Log razón de verosimilitud: 4,984298
Valor P: 0,033

Cluster 2

Ubicación incluyendo los IDs: 14
Coordenadas/ radio: (6206530; 333027) / 0
Población: 83
Número de casos: 34
Casos esperados: 41,5
Observados / esperados: 0,82
Riesgo relativo: 0,81
Log razón de verosimilitud: 1,428041
Valor P: 0,726

Cluster 3

Ubicación incluyendo los IDs: 12
Coordenadas / radio: (6.195530; 290474) / 0
Población: 47
Número de casos: 20
Casos esperados: 23,5
Observado/ esperado: 0,85
Riesgo relativo: 0,85
Log razón de verosimilitud: 0,537118
Valor P: 0.994

Cluster 4

Ubicación incluyendo los IDs: 13; 3
Coordenadas / radio: (6196881; 319012) / 9664,75
Población: 46



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Número de casos: 20
Casos esperados: 23
Observado/ esperado: 0,87
Riesgo relativo: 0,87
Log razón de verosimilitud: 0,402626
Valor P: 0.996

En este análisis se obtienen 4 clusters de tasas bajas donde los clusters se presentan en comunas que se encuentran en la parte intermedia de la provincia como si se tratase de un cordón que va de oriente a occidente (ver cartografía 9). Cabe mencionar que no existe ninguna ruta que conecte estas comunas de forma directa.

El primer cluster de tasa baja corresponde a la comuna de Machalí, el cual no posee área de influencia. Esta comuna se ubica en la zona cordillerana de la provincia y en ella nace el río Cachapoal (en el cerro de los Piuquenes), recibiendo afluentes tales como el Pangal, por el norte, y los ríos Las Leñas, Cortaderal y Cipreses por el sur.

El cordón continúa con el cluster secundario en Requínoa que tampoco tiene un buffer y se ubica dentro de la cuenca de Rancagua.

El tercer cluster está compuesto por Coinco y Quinta de Tilcoco con un área de influencia de 9665,75 metros. Estas comunas también pertenecen a la cuenca de Rancagua.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

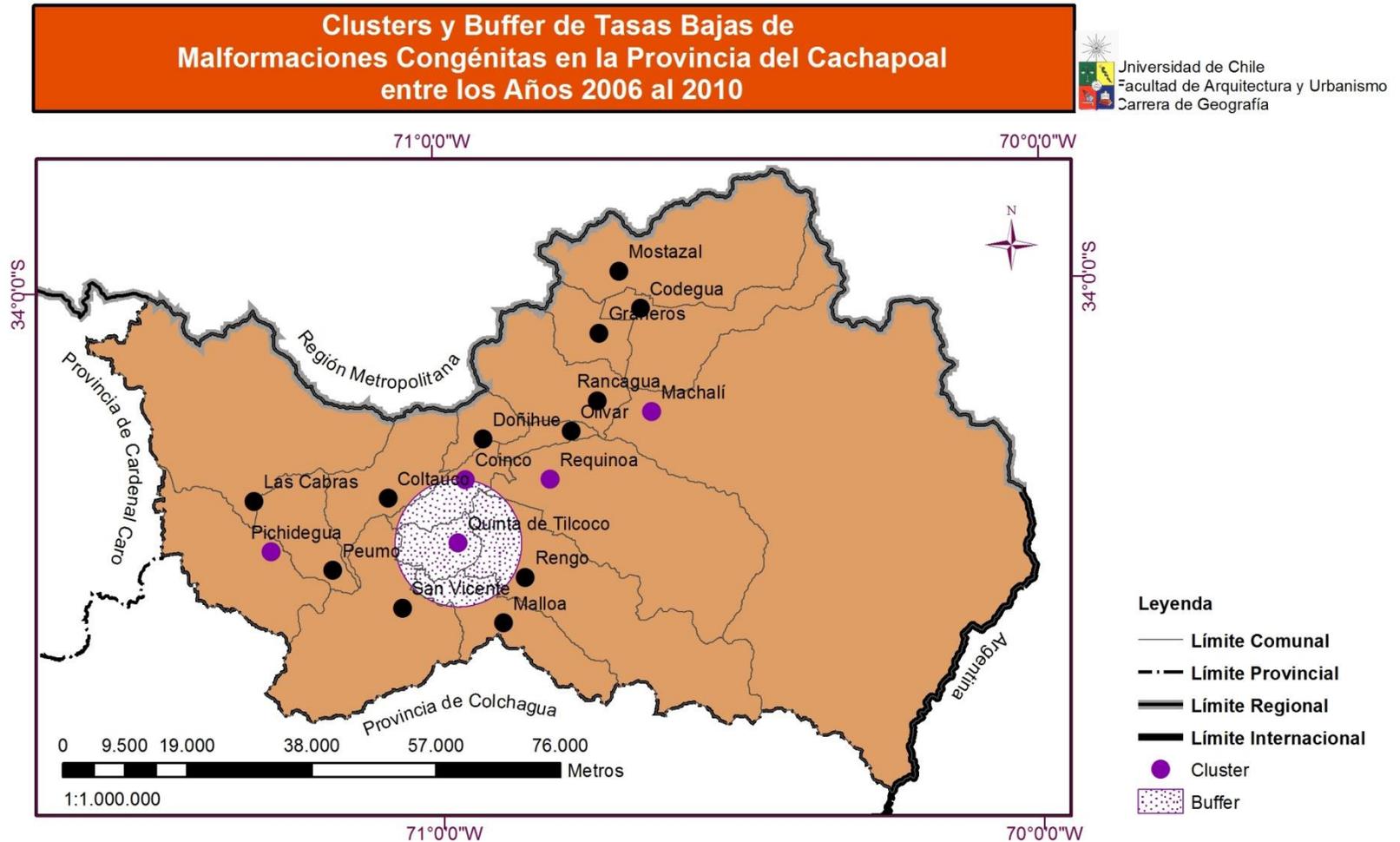
Finalmente el cuarto cluster que también no posee buffer corresponde a Pichidegua. También se localiza en la cuenca de Rancagua, siendo esta una comuna ubicada al suroeste de la provincia del Cachapoal limitando con las provincias de Cardenal Caro y Colchagua

En cuanto al análisis del valor P, la comuna de Machalí posee un valor menor a 0,05, obteniendo el único cluster donde se rechaza la hipótesis nula. Debido a que la hipótesis nula es que el número de casos observados siguen una distribución homogénea, siendo de esta forma que el número de casos es proporcional a la zona. Es que el rechazo de la hipótesis nula en este cluster no tiene significancia estadística. Mientras que los clusters de Requínoa, Pichidegua y Coinco con Quinta de Tilcoco si tienen un valor P superior al valor 0,05.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Cartografía 9:



Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Carrera de Geografía

Fuente: Elaboración propia
Base Cartográfica: IGM
Datum: WGS84 huso 19 sur
Año 2013



CAPÍTULO 8: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La salud pública y ambiental está influenciada por los patrones de ocupación del espacio. Es por esto que no basta con describir las características de las poblaciones, también es necesario localizar lo más precisamente posible donde están aconteciendo las lesiones o enfermedades, qué servicios la población está demandando o el potencial riesgo ambiental local y las áreas donde se concentran situaciones sociales vulnerables (dos Santos, de Pina y Sá, 2000). Por este motivo es que para el análisis territorial de las malformaciones congénitas se decidió trabajar con datos ya existentes de estas patologías que han sido recopilados en el Hospital Regional de Rancagua adscrito al Estudio Colaborativo Latinoamericano de Malformaciones Congénitas (ECLAMC).

El estudio de las malformaciones congénitas en Chile, a pesar de ser un tema muy conocido en las regiones agrícolas del país, no posee un sistema de vigilancia epidemiológica por parte del Ministerio de Salud. Por lo tanto, no existe una base de datos nacional que registre estas patologías. Sin embargo, existe un acuerdo voluntario entre profesionales dedicados al estudio de las anomalías congénitas en Latinoamérica, siendo este un acuerdo entre personas. Es así como el ECLAMC (Estudio Colaborativo Latinoamericano de Malformaciones Congénitas) es una institución que no cuenta con presupuestos institucionales ni propios. A esta institución está



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

adscrito el Hospital Regional de Rancagua, institución de la que se extrajo su base de datos de malformaciones congénitas para ser analizada territorialmente.

El Hospital Regional de Rancagua, es el centro asistencial de mayor jerarquía en la región de O'Higgins, siendo el establecimiento donde ocurren alrededor del 50% de los nacimientos del sector público de la región. Por la jerarquía que presenta el hospital, se estima que un parto de malformación congénita diagnosticado previamente, debería ser derivado a este recinto asistencial ya que posee la infraestructura y los especialistas necesarios para tratar este tipo de casos. De esta forma, aunque no se posea una cifra oficial, es posible estimar que la totalidad de nacimientos del sector público con malformaciones congénitas diagnosticadas antes del parto en la provincia de Cachapoal deberían ocurrir en el Hospital Regional de Rancagua.

Por otra parte, en el sector de salud privado, no es posible saber cuántos nacimientos con malformaciones congénitas han sucedido en la provincia del Cachapoal, ya que estas instituciones no están obligadas a notificar a alguna institución pública, además de no estar adscritas al ECLAMC. Por lo tanto, si existe algún catastro interno en estas instituciones, se desconoce la metodología de recopilación, siendo muy probable que sea distinta a la utilizada en el Hospital Regional de Rancagua.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

En cuanto a los datos recopilados, en el estudio de las malformaciones congénitas, a diferencia de países más desarrollados, no se cuenta con información base confiable sobre las poblaciones que investiga en Latinoamérica, tampoco cuenta con datos demográficos ni archivos hospitalarios. Por lo tanto, la información recopilada es en base a las notificaciones de los profesionales que trabajan para ECLAMC (Castilla y Orioli, 2004).

Por los motivos anteriormente planteados, es que realizar estudios con los datos de la maternidad del Hospital de Rancagua resultan ser significativos por su amplia cobertura médica tanto en la región de O'Higgins y más aun en la provincia del Cachapoal. Además de que son datos debidamente diagnosticados y notificados de forma estandarizada.

Debido a la escasa investigación multidisciplinaria y datos oficiales de malformaciones congénitas en el país, es que la presente Memoria se planteó como un acercamiento, dando énfasis a las variables territoriales para que posteriormente se pueda profundizar el estudio de estas patologías con la aplicación de otras metodologías. De esta manera la presente Memoria pretende aportar desde otra perspectiva, una de carácter territorial a las investigaciones ya realizadas con los datos existentes, incorporando nuevos métodos de análisis espacial y el uso de Sistemas de Información Geográficos SIG's .



La primera metodología utilizada fue el uso del factor de riesgo odds ratio a través de una regresión logística condicional. El odds ratio es una medida de efecto comúnmente utilizada para comunicar los resultados de una investigación en salud. *“Su uso se impone de manera creciente desde la década de los 80 debido a las facilidades computacionales con que se cuenta desde entonces”* (fuente:www.halweb.uc3m.es). Frecuentemente se cambia el odds ratio por otro factor de riesgo que se denomina riesgo relativo (RR). Sin embargo, dicho intercambio se rige por una serie de consideraciones metodológicas, matemáticas y clínicas (Cerdeira, Vera y Rada, 2013). A pesar de que calcular el riesgo relativo posee menor complejidad matemática, en esta investigación no se utiliza ya que se trata de un estudio retrospectivo en el que se usa como estrategia estadística la regresión logística condicional porque los datos que se poseen se ajustan a los requerimientos de esta metodología y además porque esta metodología reduce el sesgo de confusión (Cerdeira, Vera y Rada, 2013).

El sesgo de confusión en el estudio se da al ser la población expuesta (casos) exactamente la misma que la no expuesta (control) en toda la provincia. Por lo tanto, al realizar la razón de riesgo relativo en cada comuna con la siguiente fórmula:

$$RR = \frac{\text{Tasa de incidencia expuestos}}{\text{Tasa de incidencia no-expuestos}}$$



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Se obtendría como resultado una cantidad mayor de no-expuestos de la comuna de Rancagua solo por ser esta la comuna con mayor cantidad de población. De esta forma no se podría interpretar de forma correcta el factor de riesgo que se estaría obteniendo.

Situación diferente sería poder utilizar el riesgo relativo con todos los casos de la provincia y no solo con los casos del Hospital Regional de Rancagua. Pero esa estadística no existe, ya que solo hay registro de las defunciones de las malformaciones congénitas. Como se mencionó anteriormente, la base de datos es elaborada de forma voluntaria por el Hospital Regional de Rancagua para el Estudio Colaborativo Latino Americano de Malformaciones Congénitas. Al no existir un sistema de vigilancia nacional, no es posible medir el riesgo relativo con la prevalencia total de una zona determinada de las malformaciones congénitas.

Por otra parte, en la segunda metodología utilizada que es la búsqueda de clusters y buffers a través de la ejecución del programa SaTScan con la distribución de Bernoulli se presenta una ventaja comparativa. La ventaja que presenta la búsqueda de cluster con SaTScan a diferencia de los análisis de cluster de ArcGis, es que se realiza la búsqueda del cluster incorporando la metodología de caso-control que posee la base de datos.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Los análisis de cluster que posee el ArcGis son: el valor atípico (I Anselin local de Moran) y el análisis de punto caliente (G_i^* de Getis-Ord). En ambas herramientas el dato debe ser ingresado (punto o polígono) con alguna clase de valor o magnitud (variable continua). Es así como el I Anselin local de Moran identifica puntos calientes, puntos fríos y valores atípicos espaciales estadísticamente significativos, mientras que la otra herramienta G_i^* de Getis-Ord identifica puntos calientes y puntos fríos (fuente: <http://help.arcgis.com>).

Aunque difieren en el tipo de análisis matemático que se realiza, en ambos casos es posible obtener ponderaciones espaciales que es algo así como un ranking de los datos ingresados, no así un punto con su respectivo radio de buffer como en el caso de la metodología y algoritmo que utiliza SaTScan.

A pesar de todos los resguardos metodológicos antes mencionados, la investigación presenta dos sesgos que se deben considerar al establecer las conclusiones, estos son: que sólo se consideran casos del sector público de salud y que las patologías estudiadas como conjunto presentan distintas etiologías. Sin embargo, la hipótesis de la investigación sí se cumple debido a que se pudieron identificar diferencias en la distribución espacial de las malformaciones congénitas, dado que con ambas metodologías utilizadas se llegó a resultados parecidos. Destacándose un mayor riesgo en el sector de las comunas San Vicente-Peumo y en el sector norte de la provincia donde



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Graneros se presenta con un odds ratio alto y pertenece al cluster centrado en Mostazal junto a la comuna de Codegua.

Ahora bien, de los resultados del odds ratio realizado, donde se destacan los valores de las comunas de Peumo, San Vicente y Graneros, es posible extraer un patrón de distribución de malformaciones congénitas. Sin embargo, al comparar los resultados obtenidos de odds ratio con la tasa de mortalidad y la tasa de mortalidad infantil en las comunas de la provincia del Cachapoal (gráficos 7 y 8) no es posible observar datos que se condigan de forma clara y evidente. Por este motivo es que cabe destacar que la comuna de Machalí presenta valores considerablemente más bajos que las otras comunas de la provincia.

Por este motivo, la comuna de Machalí se presenta como punto de comparación al realizar el análisis odds ratio. Sin embargo, de esta comuna se puede decir que podría ser una variable confusora debido a que se encuentra el Mineral El Teniente, donde la actividad minera de CODELCO en la comuna trae consigo equipamiento de salud exclusivo para las personas que trabajan en esta actividad, que no pertenece al sector público de salud. Siendo CODELCO una empresa autónoma de propiedad estatal, provoca que muchos de los habitantes de esta comuna serían usuarios del sistema privado de salud (habitantes de los principales poblados, Machalí y Coya), razón por la cual, parte importante de la población de la comuna no demandaría los servicios del Hospital Regional de Rancagua, sino que se



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

atenderían en el Hospital Clínico de la Fundación de Salud El Teniente (FUSAT).

Además Machalí, es una comuna extensa y cordillerana donde los afluentes no estarían expuestos a la contaminación de la agroindustria (pero sí a los de minería), por lo tanto, la contaminación en esta comuna sería menor y focalizada en algunos sectores, en comparación con el área de la depresión intermedia donde se ubican estas actividades económicas y a la vez se concentra la mayor cantidad de población de la provincia.

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis de cluster, se logra detectar dos cluster que corresponden a la comuna de Mostazal donde el área de influencia incluye las comunas de Graneros y Codegua con una población de 294 niños, donde 160 son casos. El otro cluster detectado corresponde a la comuna de San Vicente e incluye en el radio a la comuna de Peumo con una población de 98 niños de los cuales 55 son casos. La comuna de Rancagua también se presenta como cluster pero sin área de influencia con una población de 778 niños, donde 400 son casos.

En el análisis de clusters de tasa bajas se destaca la comuna de Machalí con una población de 84 niños con 28 casos. Luego le sigue la comuna de Requínoa con una población de 83 niños con 34 casos y posteriormente la comuna de Pichidegua con una población de 47 niños con 20 casos.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Por otra parte, la comparación de este estudio se hace un tanto compleja, ya que solo es posible hacerlo con publicaciones médicas que no necesariamente han incorporado la variable territorial como parte del estudio. Si bien, en geografía se han realizado estudios territoriales de algunas patologías, como la Memoria de Título de Consuelo Maldonado “Análisis espacial de las enfermedades respiratorias en adultos mayores y su relación con el medio ambiente urbano” o la de Daniela Rodríguez y Elizabeth Salinas “Análisis de la distribución espacial del riesgo de hepatitis A en Chile”, las metodologías y resultados de estas no son comparables con el presente estudio debido a que existe mucha diferencia entre las patologías estudiadas y las metodologías usadas.

Ahora bien, en los estudios realizados anteriormente en el Hospital Regional de Rancagua, tras la organización de la Unidad de Genética en la Región de O’Higgins en el año 1995, al evaluar el primer año de implementación del registro de casos de malformaciones congénitas, este no permitió establecer relaciones con factores de riesgo ya que se desconocen los antecedentes de exposición en la población general (Rojas, Ojeda y Barraza, 2000).

En la publicación de la revista médica de Chile “Malformaciones Congénitas y Exposición a Pesticidas”, realizado el año 2000 por Rojas, Ojeda y Barraza, en el período comprendido entre el 1º de noviembre de 1996 y el 31 de octubre de 1998, se registraron 453 casos de recién nacidos



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

portadores de malformaciones congénitas, que para un total de 10.984 nacimientos representa una tasa de prevalencia de 41,24%. Para este período la tasa de mortinatalidad fue 13,11%, con 144 casos de nacidos muertos mayores de 500 g., donde 18 se registraron como portadores de malformaciones congénitas (12,5%). En recién nacidos vivos se registraron 441 casos, 6 de ellos descartados por ser diagnóstico tardío en un segundo ingreso. Resultando una tasa de 40,12%. En este estudio se discute que no es posible comparar la incidencia observada en la región con otras regiones del país por no existir registros de incidencia por vigilancia similares al del Hospital Regional de Rancagua. Además el trabajo se le considera un acercamiento desde una perspectiva científica donde se sugiere realizar posteriormente un estudio de regresión logística para valorar el peso relativo de las variables de exposición a pesticidas. También destaca el aumento observado en la frecuencia de casos de síndrome de Down, que no tienen una explicación clara, descartando el efecto de un envejecimiento de la población de madres ya que la distribución de población de puérperas¹⁰ no muestra ese fenómeno, además el aumento de la incidencia se observa en todos los grupos etarios.

Mientras en otra publicación en la revista médica de Chile “Alta Prevalencia de Síndrome de Down en el Hospital Regional de Rancagua, Chile; Período 1997-2003”, de Ojeda y Moreno, se describe que la tasa

¹⁰ Mujer que ha parido hace poco tiempo



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

global de síndrome de Down es de 29,61 por 10.000 recién nacidos vivos, lo que corresponde en forma significativa, a casi el doble de lo esperado, que es de 15 por 10.000 recién nacidos vivos, siendo superiores a todas las estimaciones nacionales del ECLAMC. Sobre la base de estas cifras, es que en este estudio se discute que siendo la alta frecuencia del síndrome de Down asociada a mayor edad materna como una de las causas más frecuentes del aumento de prevalencia de esta, sin embargo, no se dispone de información suficiente para afirmar si la alta prevalencia de síndrome de Down descrita para otros hospitales del sur de Chile, como Valdivia, Talcahuano y Concepción, tiene similar epidemiología que la observada en el Hospital Regional de Rancagua o corresponde al efecto de edad materna aumentada. El estudio también descarta como causa: (1) Condiciones de aislamiento geográfico, ya que el Hospital Regional de Rancagua no tiene esas características y (2) Mayor frecuencia por derivación ya que sólo 2 pacientes tuvieron diagnóstico prenatal (1,88%).

Otro factor detectado es la incorporación de ácido fólico en la harina, donde en el Hospital Regional de Rancagua, como en los otros hospitales de Chile estudiados, se demostró el efecto protector de la fortificación con ácido fólico a través de la disminución en los defectos del tubo neural (Castilla et al 2003; Ojeda y Moreno 2005).

En la publicación en la revista médica de Chile “Defectos congénitos cráneo-encefálicos: variedades y respuesta a la fortificación de la harina con



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

ácido fólico”, que también se realizó con los datos del Hospital Regional de Rancagua durante los años 1996 y 2004, se consideraron expuestos al ácido fólico aquellos en que la gestación se inició después de marzo del 2000 (Corral *et al*, 2006). Los resultados del primer período (1996 – 2000) muestran 53.056 recién nacidos vivos en toda la región de O’Higgins con 47 casos de defectos congénitos cráneo-encefálicos. Mientras que en el segundo periodo (2000- 2004), se produjeron 56.120 recién nacidos vivos con 17 casos con los defectos mencionados. En todo el periodo estudiado hubo 109.176 nacimientos y un total de 64 casos de defectos congénitos cráneo-encefálicos. La tasa global fue de 8,86 x 10.000 nacidos vivos para el periodo prefortificación y de 3,03 x 10.000 nacidos vivos para el periodo postfortificación. De esta manera el estudio establece una disminución importante en la frecuencia de nacimientos con defecto del tubo neural luego del periodo de fortificación de la harina con ácido fólico. Sin embargo, no se separan los defectos en subtipos para ver si corresponden a un defecto del tubo neural clásico, constituye parte de un síndrome, o están asociados a bridas encéfalo amnióticas.

De esta forma en el período de estudio que abarca la presente investigación, la población estaría bajo los efectos de la fortificación de la harina con ácido fólico. Sin embargo, aun al considerar a este factor ni las edades de las madres han provocado grandes variaciones en la frecuencia de malformaciones congénitas en la Región de O’Higgins a la que pertenece la provincia del Cachapoal. A pesar de no ser datos reveladores respecto al



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

estudio de las malformaciones congénitas, estos datos deben ser considerados como antecedentes en futuras investigaciones junto al estudio de la prevalencia de síndrome de Down y los datos obtenidos en la presente investigación, ya que de esta forma se obtiene un estado de arte de los estudios de malformaciones congénitas en la provincia del Cachapoal.



CAPÍTULO 9: CONSIDERACIONES FINALES Y ESTUDIOS POSTERIORES

La presente investigación logra hacer una descripción territorial de la distribución geográfica de las malformaciones congénitas en la provincia del Cachapoal. En primera instancia se obtuvo productos y análisis cartográficos de los odds ratio de cada comuna en la provincia del Cachapoal. Es así como este análisis permite concluir la detección de un factor territorial en las etiologías de las patologías estudiadas, donde se identifican en 3 comunas un valor de odds ratio superior a 2,35. Estas comunas son: Graneros, San Vicente y Peumo. A su vez, fue posible encontrar en la comuna de Machalí un odds ratio significativamente bajo en comparación al resto de la provincia.

En segunda instancia, al realizar la búsqueda de cluster y buffer, se detectaron dos cluster, ambos ubicados en la depresión intermedia en zonas que se destacan por la alta concentración de la población y de la actividad económica agroindustrial. El primer cluster está comprendido por las comunas de Mostazal, Graneros y Codegua. Mientras que el segundo lo comprenden San Vicente y Peumo. Estos clusters se condicen con las comunas con más alto odds ratio de la provincia. Por lo tanto, esta detección de cluster sirve a modo de comparación dentro de la provincia donde se pueden interpretar estas comunas como focos endemoepidémicos, sin embargo, es necesario explorar estas comunas en busca de las causas que estén dando origen a este patrón de distribución de la patología.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

El presente estudio de las malformaciones congénitas se realizó con un análisis cuantitativo de carácter epidemiológico, sin embargo, para poder interpretar mejor los resultados obtenidos se hace necesario ampliar la cantidad de variables a analizar, tales como variables sociales del grupo familiar, consumo de drogas, edad de los padres, antecedentes familiares de las patologías estudiadas y una georreferenciación de la residencia de la madre. Por lo anterior, esta investigación desde un comienzo se planteó como el punto de partida donde se deben contemplar otras variables y metodologías para poder llegar a conclusiones más acabadas y precisas respecto al tema. Debido a las restricciones metodológicas por las que no se pudo incorporar otro tipo de análisis por no existir la cantidad de datos necesarios para llevarlos a cabo, es necesario que la opinión pública esté en conocimiento y exija a los organismos estatales mayores y mejores formas de fiscalización de las actividades económicas contaminantes, ya que de esta forma estudios similares al presente pueden ser más específicos y poseer mayor peso metodológico para definir un patrón de comportamiento de las patologías estudiadas y así identificar las posibles causas ambientales que estas puedan tener.

Es necesario destacar que no existe un sistema de vigilancia epidemiológica por parte del MINSAL donde se notifiquen obligatoriamente las malformaciones congénitas (solo existe registro nacional de las defunciones por estas patologías), por lo tanto, es imposible determinar y



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

hacer un seguimiento de forma sencilla de la prevalencia de estas patologías.

En este estudio se desestimó la opción de realizar una asociación entre las malformaciones congénitas y el uso de plaguicidas ya que a pesar de establecerse esta asociación en varias publicaciones internacionales (donde en el presente estudio se destacó la de DOLK y VRIJHEID en “The impact of environmental pollution on congenital anomalies”), no existe por parte del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) un catastro en el que se sepa cuánto y dónde se suministran los plaguicidas que ellos mismos registran al ingresar al país. De esta manera, no es posible incorporar una variable territorial a un estudio de este tipo ya que la fiscalización que realizan es insuficiente al no determinar cuánto de este material tóxico es utilizado en cada predio que lo compra y hace ingresar al país y cuánto queda en las bodegas. Además, las principales notificaciones que se realizan de las formas inadecuadas de manipulación de plaguicidas son realizadas por los servicios de salud al momento en que llegan los trabajadores presentando algún nivel de intoxicación. De esta forma no es posible afirmar a la población con certeza que el uso de plaguicidas se encuentra bajo control. Es por esto que no basta con que exista una norma para su utilización, también es necesario que exista un ente fiscalizador que se preocupe puntualmente de esta materia y sea capaz de sancionar a quienes infringen la ley exponiendo la salud no solo de los trabajadores agrícolas sino también de las comunidades vecinas a los predios fumigados.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Por otra parte, los mismos estudios de malformaciones congénitas no solo asocian estas patologías a los agrotóxicos, también lo hacen con la contaminación a causa de metales pesados como el cadmio, plomo, mercurio, cromo y arsénico. Estos metales pesados están presentes en los procesos de la actividad minera que se desarrolla en la provincia. Según el catastro de relaves activos e inactivos que realizó el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN, 2015), en la provincia del Cachapoal existen 14 relaves donde 9 están activos, 4 inactivos y 1 sin información. Sobre la fiscalización de estos tampoco hay conocimiento, ya que según lo mencionado en el mismo informe el Departamento de Depósitos de Relaves se creó en junio del 2014. Por lo tanto, los estudios al respecto por parte del organismo estatal recién están comenzando. Y al tratarse de propiedad privada no es posible el ingreso expedito para la toma muestras, necesarias para un monitoreo y eventuales denuncias al respecto.

Es así como del presente estudio se puede concluir la necesidad de contar con otras metodologías para seguir estudiando las malformaciones congénitas. El primer planteamiento que surge es el cambio de escala de análisis. Ya que la cantidad de datos con la que se trabajó (905 casos y 905 controles) parecen ser insuficientes para describir contrastes en el territorio, por lo que para obtener resultados más concluyentes con más casos y menor tiempo de análisis, es que se plantea ampliar el registro o muestreo. En el caso en que se aumente el muestreo, sería pertinente que se hiciera a nivel nacional, de esta manera se obtiene mayor robustez para llegar a



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

conclusiones estadísticas mas significativas. Sin embargo, debido a que no se cuenta con vigilancia epidemiológica de parte de alguna institución y porque no todos los recintos hospitalarios cuentan con especialistas que diagnostiquen las malformaciones congénitas, se estaría frente a una restricción estructural. Por esto es que el aumento sugerido en el muestreo para el análisis debe quedar sujeto a evaluación, debido a que sí existe la adscripción de todas las maternidades públicas en una región del país al ECLAMC, como es el caso de la región del Maule. Sin embargo, los nacimientos con malformaciones congénitas ocurridos en recintos privados no son notificados en ninguna parte.

Otra alternativa es bajar la escala de análisis, donde no se lograrían resultados más reveladores, pero si sería posible encontrar datos diferentes a los obtenidos al implementar una metodología cualitativa donde además de georreferenciar con GPS la residencia de la madre, se pueda indagar con mayor profundidad en las preguntas realizadas por la encuesta aplicada por ECLAMC. Esta entrevista debería indagar acerca de los posibles factores de malformación tales como la edad de la madre, exposición de los padres a sustancias tóxicas, los antecedentes genéticos familiares y el consumo de drogas y/o alcohol. Así como también se puede evaluar de forma más puntual la situación socioeconómica familiar de los casos estudiados. Si bien estas preguntas se realizan en la ficha médica donde se notifica al ECLAMC, la información recopilada se realiza de forma estandarizada para toda Latinoamérica lo que no permite indagar en variables propias del área



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

estudiada, como si la residencia de la madre está en un sector urbano o rural, si tiene acceso a agua potable, información acerca del sector productivo en que trabajan los padres, existencia o no de jefatura de hogar femenina y el trabajo temporal de los padres.

La estacionalidad del estudio, no se pudo llevar a cabo a pesar de haber sido considerado previamente al momento del planteamiento de la hipótesis y la recolección de datos. Por este motivo, en estudios posteriores para implementar la variable temporal no es pertinente considerar meramente la fecha de nacimiento, sino que se debe realizar el estudio con la fecha de la última menstruación de la madre, debido a que existen fetos que no alcanzan a nacer y otros son prematuros. De este modo se estaría midiendo la exposición de forma en las mismas semanas de embarazo pudiendo asociar posteriormente la posible exposición de la madre con la etapa de desarrollo de los órganos o sistemas que correspondan a esa edad gestacional.

Por otra parte, el presente estudio consideró todas las patologías de malformaciones congénitas que son notificadas a ECLAMC, sin embargo, los defectos congénitos se clasifican en anomalías mayores y menores dependiendo de la repercusión anatómica y/o funcional que posean. Por este motivo es que queda pendiente esta clasificación para un posterior análisis espacial ya que un defecto congénito determinado podría ser explicado por algún tipo de exposición específica. Bajo este mismo criterio



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

es que las malformaciones congénitas también pueden ser clasificadas por sistemas comprometidos (los cuales a su vez pueden ser evaluados con una variable temporal debido a que a una semana de gestación es posible asociarle el desarrollo de un órgano y/o sistema).

En un plano en el que se podría incorporar componentes más sociales al estudio, sin perder la línea epidemiológica y territorial que posee, es necesario precisar el contexto ambiental en que nacen estos niños(as), donde las madres de estos(as) son mujeres pertenecientes a los sectores más pobres de la sociedad, donde el 57,67% de las mujeres son indigentes o carentes de recursos, el 24,84% posee ingresos inferiores al sueldo mínimo, mientras el Grupo C y D de FONASA solo está compuesto por el 11,42 % y el 6% respectivamente, sin ser estos últimos grupos necesariamente personas libres de vulnerabilidad social. De esta forma, los niños con malformaciones congénitas que nacen en el Hospital Regional de Rancagua corresponden a hijos(as) de las mujeres más vulnerables de la provincia del Cachapoal. Donde se destaca un ambiente de empleabilidad temporal y alto nivel de jefatura de hogar femenina (ver Capítulo 5: Área de estudio en la sección 5.2 Características socio-económicas de la provincia del Cachapoal). De esta forma se puede inferir que el ambiente en donde se desarrollan estos niños(as) pueden presentar las carencias y riesgos típicos que sufren las personas de bajos ingresos de este país. Siendo de esta forma niños(as) enfermos que crecen en condiciones de riesgo social y marginalidad.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

Lo anterior se asocia a las condiciones culturales propias de estos lugares donde el aislamiento y baja educación en asuntos que atañen a la salud, que en general posee la población chilena, provocan que muchas veces este tipo de patologías sean consideradas un “castigo de Dios” o una “maldición” y por lo tanto, es posible que la familia cuide al niño(a) escondiéndolo y ocultando la patología a la sociedad por sentir vergüenza.

Así como existe poca educación en temas de salud en la población, también existe en general un desconocimiento de los fenómenos geográficos, agravado con la restricción en horas que el Ministerio de Educación aplicó a la asignatura de geografía en el sistema educacional. De esta manera, se hace muy difícil que las personas logren inferir cómo los fenómenos que suceden a su alrededor pueden perjudicar directamente a su salud. Mantener a la población ignorante de los procesos de la naturaleza la expone, por ejemplo, al contacto y consumo de agua contaminada, entre otros riesgos que se escapan de los propósitos de esta Memoria.

Es pertinente señalar como último punto de reflexión del estudio de las malformaciones congénitas, la incorporación de una perspectiva derivada de la geografía de género, debido a que este no es solo un problema de salud pública, sino que también es un problema social donde la mujer como madre se enfrenta a un contexto social y cultural en el que debe llevar a cabo la crianza de un(a) hijo(a) que demanda más tiempo, educación y



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

recursos para prestar los cuidados especiales correspondientes, afectando su calidad de vida y el de todo el entorno familiar.

Es así como la precarización del trabajo femenino y la alta temporalidad laboral en el área de estudio juegan un rol importante al momento de contextualizar socialmente a las mujeres que se ven enfrentadas a brindar cuidados especiales o que deben encargar a otras persona que los realicen para poder seguir manteniendo su rol de jefa de hogar.

El estudio de esta realidad puede generar respuestas en, una sociedad patriarcal en la que se desarrolla este fenómeno, donde además la legislación vigente aún no reconoce el derecho a optar por la interrupción de un embarazo, negándole a las mujeres la soberanía sobre sus propios cuerpos. De esta manera no existe la posibilidad de decidir sobre continuar o no con un embarazo con anomalías congénitas, sometiendo obligatoriamente a las mujeres a un posible deterioro de su salud tanto física como mental.

De esta forma el enfoque geográfico estaría dando algunas respuestas al medio y las personas donde se están desarrollando las malformaciones congénitas, generando dudas, las cuales deben ser debatidas y estudiadas, favoreciendo de este modo la necesidad de crear



ramas interdisciplinarias, que analicen desde distintos puntos de vista un mismo fenómeno.

A modo de reflexión, es imprescindible generar un clima de apertura de las nuevas geografías y así abrir caminos para que se analicen situaciones no tradicionales, como también otorgar soluciones a interrogantes sociales que quedan en vacíos científicos. Sin olvidar que detrás de aquellos vacíos de la ciencia se esconden poblaciones que esperan de ella y de sus profesionales soluciones tangibles a sus problemas. Bajo esta lógica se ha trabajado en esta Memoria, pretendiendo indagar en nuevas fórmulas para dar respuestas desde un punto de vista científico a una población que las espera con ansias.

Finalmente, es necesario promover que las actividades económicas contaminantes se realicen con responsabilidad, donde no se permita la explotación de recursos exponiendo a la población a este tipo de patologías y a otras, ya que las ganancias económicas no se comparan con el daño producido en la salud de las personas. Hasta el momento los indicadores de salud de la población no parecen ser tan importantes como las cifras de crecimiento económico, como lo muestra el hecho de que no se cuente con registros y monitoreos de las malformaciones congénitas en el país. Bajo una lógica neoliberal, el país se encuentra lejos para que el gasto público comprenda a las patologías provocadas por la contaminación del medio



*Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los
Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010*

ambiente, por lo que el énfasis está en la realización responsable de las actividades económicas.



BIBLIOGRAFÍA

ARCGIS RESOURCES. ESRI [en línea]<<http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//005p00000180000000>> [consulta: 20 noviembre 2013]

ARCGIS RESOURCE CENTER [en línea]<<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#na/005p0000000z000000>> [consulta: 24 abril 2015]

BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL. Reportes Estadísticos Distritales y Comunales 2013 [en línea]<<http://reportescomunales.bcn.cl>> [consulta: 20 octubre 2013]

BIOESTADISTICA. Introducción a la regresión logística. Departamento de Estadística Universidad Carlos III de Madrid [en línea]<halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/amalonso/esp/bstat-tema9.pdf> [consulta: 24 abril 2015]

BORGES, Raúl. Saúde pública na América Latina: questões de geografia política. En su: Questões territoriais na América Latina.1ª ed. Buenos Aires, CLACSO- Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, 2006. pp.249-260.

BRAVO, María José y FLORES, Jonathan. Análisis de distribución espacial de hospitalizaciones sensibles al cuidado ambulatorio y condiciones sensibles a la referencia. Tesis (Ingeniero Civil en Geografía). Santiago, Chile. Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, 2008. 114 p.

CASTILLA, E. y ORIOLI, IM. ECLAMC: the Latin-American collaborative study of congenital malformations. Scientific Publishers Karger Médica. 7(2-3):76-9, 2004

CERDA, J., VERA, C. y RADA, G. Odds ratio: aspectos teóricos y prácticos. Revista médica de Chile. 141: pp.1329-1335, 2013.

CORRAL, Edgardo *et al.* Defectos congénitos cráneo-encefálicos: variedades y respuesta a la fortificación de la harina con ácido fólico. Revista médica de Chile. 134(9): pp.1129-1134, 2006.

CORRAL, E y SEPÚLVEDA, W. Defectos del tubo neural: estado actual. Revista Médica Clínica Las Condes. 19(3):pp 202-210, 2008.



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

CURTO DE CASAS, Susana. Geografía y salud humana. Buenos Aires, 1985. 120 p.

Decreto con Fuerza de Ley N°01. Fija texto refundido, coordinado y sistematizado del decreto ley N° 2763/79 y de las leyes N°S. 18933 y N° 18.469. Ministerio de Salud, Santiago, Chile, abril de 2006. 151p.

Decreto 110. Fija circunstancias y mecanismos para acreditar a las personas como carentes de recursos o indigentes. Ministerio de Salud, Santiago, Chile, diciembre de 2004. 2p.

DEIS Departamento de Estadísticas e Información de Salud [en línea]<<http://www.deis.cl/estadisticas-mortalidad/>> [consulta: 20 noviembre 2012]

DE PINA, María de Fátima. Potencialidades dos sistemas de informações geográficas na área da saúde. En su: Saúde e espaço: estudos metodológicos e técnica de análise. Río de Janeiro, Editora FIOCRUZ, 1998. pp.125-133

DE PINA, M., FERREIRA, S., CORREIA, A. y CASTRO, A. Epidemiología espacial: nuevos enfoques para viejas preguntas. Universitas Odontologica. 29(63):47-65, 2010

Dirección de Salud O'Higgins, 2011 (carta ley transparencia)

DOLK, H y VRIJHEID, M. The impact of environmental pollution on congenital anomalies. British Medical Bulletin. 68: 25-45, 2003

DOS SANTOS, S., DE PINA, M. y SÁ, M. Conceitos básicos de Sistemas de Informação geográfica e cartografia aplicados à Saúde. Organização Panamericana da Saúde. Ministerio da Saúde. Brasília. 2000. 124 p.

ESCUELA DE MEDICINA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. Indicadores de riesgo epidemiológico: Odds Ratio [en línea]<<http://escuela.med.puc.cl/recursos/recepidem/indepi5.htm>>[consulta: 20 noviembre 2012]

ESCUELA DE MEDICINA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. Epidemiología descriptiva: Estudios Ecológicos [en línea]<<http://escuela.med.puc.cl/recursos/recepidem/epiDesc5.htm>>[consulta : 11 octubre 2012]

GOBIERNO REGIONAL DE O'HIGGINS Estrategia Regional de Desarrollo 2011-2020 [en línea]<http://www.goreohiggins.cl/documentos/ERD_2011-2020.pdf> [consulta: 17 noviembre 2012]



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

GONZALEZ, Lisey y PEREZ, Guillermo. La minería de datos espaciales y su aplicación en los estudios de salud y epidemiología. Revista cubana de información científica de la salud. 24(4): pp 482-489, 2013.

HOSPITAL REGIONAL DE RANCAGUA [en línea]<<http://www.hospitalrancagua.cl>> [consulta: 12 diciembre 2012]

INE Instituto Nacional de Estadísticas. División Política administrativa y Censal 2007. Santiago, Chile, 2008. 358 p.

INE Instituto Nacional de Estadísticas. Síntesis geográfica regional. Santiago, Chile, 2009. 90 p.

INE Instituto Nacional de Estadísticas. Estadísticas Vitales, Informe Anual 2011. Santiago, Chile, 2011. 566 p.

IÑIGUEZ, Luisa. Salud y bienestar humano en la geografía de América Latina. En su: Questões territoriais na América Latina.1ª ed. Buenos Aires, CLACSO- Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, 2006. pp.227-248.

JENSEN, John y JENSEN, Ryan. Introductory Geographic Information Systems.1º ed. New Jersey, 2012. 432 pp

KLEINBAUM, David y KLEIN, Mitchel. Logistic Regression, A self-learning text.2ª ed. New York, 2002.513 p.

KULLDORFF, Martin. SatScan user guide for versión 9.0. 2010 [en línea]<<http://satscan.org>> [consulta: 15 de mayo 2013]

MALDONADO, Consuelo. Análisis espacial de las enfermedades respiratorias en adultos mayores y su relación con el medio ambiente urbano. Tesis (Geógrafo). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, 2005. 75 p.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO.Observatorio Urbano [en línea]<<http://www.observatoriourbano.cl/i>> [consulta: 20 octubre 2013]

NAZER, Julio. Malformaciones congénitas: Generalidades. En su: Malformaciones congénitas. Diagnóstico y manejo neonatal. Santiago. Editorial Universitaria, 2005. pp.21-25.

NAZER, J.,LOPEZ-CAMELO, J y CASTILLA, E. ECLAMC: Estudio de 30 años de vigilancia epidemiológica de defectos de tubo neural en Chile y en Latinoamérica. Revista médica de Chile. 129 (5): pp 531-539, 2001



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

OJEDA, María Elena y MORENO, Rodrigo. Alta prevalencia de síndrome de Down en el Hospital Regional Rancagua, Chile: Período 1997-2003. Revista médica de Chile. 133(8):pp. 935-942, 2005.

OLIVERA, Ana. Geografía de la Salud. Madrid, 1993. 160 p.

OYARCE, Ana María y PEDRERO Malva-Marina. Perfil epidemiológico básico de la población aymara del Servicio de Salud Arica. Santiago, 2006. 81 p.

PEREIRA, Ana. 2006. Módulo de Epidemiología. En: GUÍA DE TRABAJO (DOCENTE): Salud Pública II. 4º Año de Medicina. Escuela de Salud Pública. Facultad de Medicina. Universidad de Chile. pp. s.p.

PICKENHAYN, Jorge A. Geografía para la salud: una transición. Algunos ejemplos del caso argentino. En su: Questões territoriais na América Latina. 1ª ed. Buenos Aires, CLACSO- Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, 2006. pp.261-275.

RIVERA, S., LARRONDO, J. y ORTEGA, J. Evaluación de los resultados en un artículo sobre tratamiento. Revista médica de Chile. 133(5): pp 593-596, 2005.

RODRIGUEZ, Daniela y SALINAS Elizabeth. Análisis de la distribución espacial del riesgo de hepatitis A en Chile. Tesis (Ingeniero Civil en Geografía). Santiago, Chile. Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, 2005. 181p.

ROJAS, A., OJEDA, M., BARRAZA, X. Malformaciones congénitas y exposición a pesticidas. Revista Médica de Chile. 128(4):pp. 399-404, 2000

SALUD O'HIGGINS [en línea]< http://www.saludohiggins.cl/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=258&Itemid=101> [consulta: 10 diciembre 2012]

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA. Departamento de depósitos de Relaves. Catastro nacional de depósitos de relave. Depósitos activos y no activos 2015. [en línea]<<http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/seguridad/estudios/Catastro%20de%20dep%C3%B3sitos%20de%20relaves%20de%202015%20%28Regiones%20y%20comunas%20de%20Chile%29.pdf>> [consulta: 25 abril 2015]

STRAUCH, J. y MOREIRA, J. Uma metodologia para implantação de sistemas de informações geográficas. En su: Saúde e espaço: estudos metodológicos e técnica de análise. Río de Janeiro, Editora FIOCRUZ, 1998. pp.110-123



Análisis Espacial de la Incidencia de Malformaciones Congénitas de los Casos del Hospital Regional de Rancagua 2006-2010

SUPERINTENDENCIA DE SALUD [en línea] <<http://www.supersalud.gob.cl/consultas/570/w3-propertyvalue-778.html>>

TCHERNITCHIN, A., 1998. Efectos diferidos de la exposición prenatal, neonatal o durante el desarrollo infantil a contaminantes ambientales. Mesa Redonda sobre "Incorporación de las Variables Biomédicas en la Definición de los Episodios Críticos de Contaminación", Comisión de Recursos Naturales, Bienes Nacionales y Medio Ambiente, Cámara de Diputados, Chile, pp. 27-37.

TRIOLA, M. Estadística. Décima edición. México, 2009. 866p.