

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE PATRONES TERRITORIALES  
EN CASOS DE TUBERCULOSIS

**Luz Constanza Gatica**

Ayudante de investigación, Departamento de Geografía.  
Universidad Alberto Hurtado.  
LuzConstanzaGatica@gmail.com

**Artículo recibido: 28 de marzo de 2012**

**Artículo aceptado: 25 de junio de 2012**

## RESUMEN

La Tuberculosis es una enfermedad de transmisión directa entre personas, considerada problema de salud pública en Chile. El objetivo del estudio es identificar la distribución del patrón territorial y la localización de áreas de riesgo de los casos de Tuberculosis. La metodología se inicia con la medición de indicadores de patrones territoriales, sobre los eventos georreferenciados, para luego localizar las áreas de intensidad de riesgo mediante análisis de densidad de casos.

El Área Metropolitana de Santiago presenta un patrón de agrupación de TB estadísticamente significativo, focalizada en las penitenciarías de la comuna de Santiago. De igual forma aparecen múltiples núcleos de riesgo en edades extremas. Con este estudio se aporta a la gestión de control y prevención de esta enfermedad.

**Palabras clave:** Tuberculosis, Patrones territoriales, y Agrupación.

## ABSTRACT

The Tuberculosis is a disease of direct transmission between persons, considered a public health problem in Chile. The objective of this study is to identify the distribution of territory pattern and localization areas at risk of Tuberculosis cases. The methodologies begin with the measure indicators of territory patterns, on georeferenced events, and then locate the areas of intensity risk by analyzing density cases.

The Santiago Metropolitan Area has a pattern of statistically significant clustering of TB, focusing on the prison of the district of Santiago. The same way there are multiple centers of in extreme ages risk. This study we can give to the management control and prevention for this disease.

**Key words:** Tuberculosis, Territorial pattern, and Cluster

## INTRODUCCIÓN

En nuestro país, la Tuberculosis (TB) es considerada un problema de salud público difícil de acabar, presenta una tasa de incidencia de 12,9/100.000 habitantes al año 2010, equivalente a decir que siete personas enferman al día a nivel nacional. Es registrada como una de las enfermedades más antiguas conocidas por el hombre, y que actualmente se reparte por todo el mundo, se afirma que *"no ha sido derrotada y sigue siendo la enfermedad infecciosa más importante de nuestros tiempos"* (Farga y Caminero, 2011)

La TB es una enfermedad transmisible, que presenta como problemática la desigual distribución de la infección, morbilidad y mortalidad en la población. Se transporta vía aérea por enfermos de TB pulmonar cuando estornudan o tosen, y el riesgo de contagio aumenta con condiciones socio demográficas específicas de cada enfermo, como por ejemplo personas en edad avanzada, en situación de calle, enfermos de VIH, o privados de libertad entre otros (García, 2010; Munch et al, 2003).

Es importante destacar como metodológicamente se puede aportar en el proceso de toma de decisión, probando la hipótesis que la distribución de casos no es aleatoria, y que existe asociación entre la concentración de casos y sus determinantes sociales, con el fin de focalizar estrategias de control y prevención que colaboren con el cumplimiento del Objetivo Sanitario de *"Eliminar la Tuberculosis como problema de salud pública"* (Gobierno de Chile, 2011). La geografía como disciplina logra dar respuestas desde la línea de investigación tradicional de la Geografía de la Salud, encargada de la identificación y análisis de patrones de distribución espacial de las enfermedades y sus determinantes (Íñiguez y Barcellos, 2003; Le Comber, 2011)

El estudio se realiza bajo la aplicación de técnicas clásicas de análisis de datos espaciales, utilizadas en diferentes campos de investigación (Ordóñez, Varela, y Reyes, 2011), basados en los principios de ecología urbana para analizar patrones de distribución espacial de la TB en el Área Metropolitana de Santiago (AMS). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) tienen un rol importante en el manejo de datos espaciales, en el desarrollo de análisis de agrupaciones de puntos, y en el análisis de distribución con mapas de densidad (Curtis y Lee, 2010; Le Comber, 2011; Maciel et al, 2010).

La aplicación en SIG del registro georreferenciado de casos, entregado como resultado un patrón dominante de distribución de casos de TB, y su localización en áreas específicas dentro del AMS.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio

El estudio se aplica en el AMS, localizada en el centro urbano de la Región Metropolitana de Santiago, conformada de 32 comunas de la provincia de Santiago, y las conurbaciones de las comunas de Puente Alto de la provincia de Cordillera y de San Bernardo de la provincia de Maipo. Es contenedora del 40% de la población del país y proporcionalmente del 38% de los casos de TB nacional (al año 2011). Responde como el principal centro del quehacer nacional en temáticas económicas y sociales

### Fuente de Información

Los datos utilizados para el estudio son los casos de TB registrados en la Ficha de Notificación Obligatoria, pertenecientes al Reglamento sobre Notificación de Enfermedades Transmisibles de declaración obligatoria según Dto. N° 158/04, entre los periodos 2007 a 2010, para la RMS. Se utiliza de este registro aquellos casos localizados en las comunas pertenecientes al AMS, y se analizan diferenciando las siguientes variables:

- *Tramos de Edad:* Menores de 15 años, Adultos entre 16 y 65 años, y Adultos Mayores de 65 años.
- *Genero:* Femenino y Masculino
- *Diagnostico:* A15.0 (Código CIE-10 correspondiente a TB pulmonar confirmada por baciloscopías positiva, es decir son las fuentes de contagio)
- *Tipo Paciente:* Nuevo en tratamiento (casos vírgenes a tratamiento en TB, es decir son el riesgo de enfermar para el resto de la población)

### Técnicas de Análisis

En la identificación de la distribución espacial de los casos de TB, fue necesario contar con la georreferenciación del registro de casos de TB en el AMS

(escala topológica de punto), permitiendo trabajar con los eventos para la aplicación de técnicas.

El análisis de distribución espacial de los casos se inicia mediante la utilización de las herramientas de análisis de estadística espacial de patrones: (1) Promedio del vecino más cercano y (2) Análisis clúster por múltiples distancias, pertenecientes al software SIG ArcGis 9.3.

(1). Promedio del Vecino más cercano, calcula la distancia de cada punto con su punto vecino y luego automatiza el promedio de distancias entre cada uno, definiendo el patrón según los cálculos realizados. Son utilizados para analizar si el conjunto de eventos a estudiar tiene algún grado de agrupación, dispersión o es aleatorio dentro de la unidad de estudio delimitada. El resultado de vecindad establece patrón de agrupación cuando es  $<1$  y patrón de dispersión cuando es  $>1$ , para su objetividad se aplica un nivel de confianza del 95%, estableciendo que Z es estadísticamente significativo si se encuentra  $<-1.96$  o  $>+1.96$ , y P es la probabilidad de que sea aleatoria por lo que un valor  $<0.05$  representa patrón de agrupamiento o dispersión.

(2). Análisis Clúster por Múltiples distancias, establece la dependencia espacial a través de bandas de distancias, es decir que los valores de distancia establecen el nivel de Agrupación, Dispersión o Aleatoriedad. Se aplica una Función K No ponderada (se genera sin campo de ponderación) esperando medir la intensidad de los casos de TB, se aplica un nivel de confianza del 99%, bajo una medición de 50 intervalos de banda dentro del AMS.

Los indicadores anteriores entregan el comportamiento de la distribución de los casos de TB en el AMS, condición necesaria para aplicar la herramienta de análisis espacial Densidad, del software SIG ArcGis 9.3, que territorializa la intensidad de localización de los casos en un radio de distancia determinado. Los parámetros manejados son tipo Kernel, con radio que afecta al promedio de distancia entre los 30 vecinos más cercanos de cada punto (1% del total), correspondiente a 1800 metros, y considerando una grilla de 50 metros por lado. La densidad Kernel enumera cada caso georreferenciado como valor uno y según su vecindad expande su área de influencia hasta el valor cero, clasificando por defecto en nueve intervalos iguales las áreas generadas (Buzai y Baxendale, 2006). Los parámetros utilizados en este análisis fueron aprobados por expertos en TB.

El resultado del análisis de densidad, se reclasifica en cuatro nuevos rangos de intensidad categorizando la mayor concentración de casos en "Riesgo Muy Alto". Se categorizan cuatro niveles: Muy alto, Alto, Medio y Bajo riesgo de TB.

## RESULTADOS

El registro de casos de TB georreferenciados (ver figura 1) corresponden a 2906 en el AMS (94% de los casos georreferenciados en la RMS), sumando la mayor cantidad de casos en la comuna de Santiago. El perfil de casos (ver Tabla 1) identifica las variables de mayor representatividad: Edad Adulto, Género Masculino, y Tipo de paciente Nuevo en tratamiento. Todas presentan cantidades superiores al 50% del total de casos en análisis.

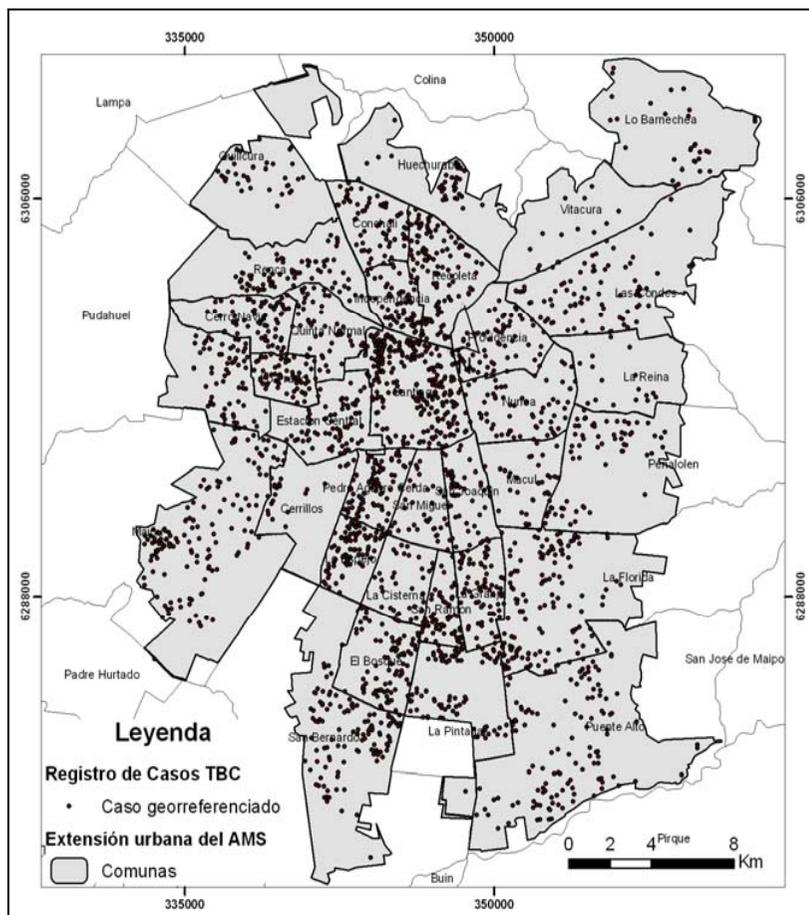
**Tabla1: Perfil demográfico y epidemiológico de TB en el AMS entre 2007 y 2010**

Perfil	Variable	Categorías	N	%
Demográfico	Tramos de Edad	Menores	62	2.1
		Adultos	2362	81.3
		Adultos Mayores	482	16.6
	Género	Femenino	997	34.3
Masculino		1909	65.7	
Epidemiológico	Diagnóstico	A15.0	1410	48.5
		Otros	1496	51.5
	Tipo Paciente	Nuevo en tratamiento	2630	90.5
		Antes tratado	215	7.4
		Sin Información	61	2.1

[Fuente: Elaboración Propia en base a los casos georreferenciados del AMS]

La aplicación de los indicadores de patrones espaciales (ver Tabla 2), expresan que el total de casos de TB es una agrupación estadísticamente significativa. El indicador promedio del vecino más cercano se aplica al total de casos, y a las categorías de variables (cuantificando en la cantidad de casos correspondiente a cada categoría), el resultado es una agrupación estadísticamente significativa para las categorías: Edad Adulto y Adulto Mayor, Género Masculino y Femenino, Diagnóstico A15.0 y Nuevo en Tratamiento.

**Figura 1: Mapa casos de TB georreferenciados en el AMS**



[Fuente: Elaboración propia.]

El indicador de distancias múltiples muestra que los valores Observados están por sobre lo esperado, por lo tanto existe una agrupación para los casos georreferenciados. Además, lo Observado se encuentra sobre la línea superior de confianza lo que establece que el agrupamiento completo es estadísticamente significativo en todos los rangos de distancias medidos. La función entrega en los valores Observados una recta paralela a la Esperada, levemente elevada en su centro, donde su máxima diferencia está en los 5.5 km, implicando que en la banda de distancia 26 existe el máximo valor de agrupación de los casos de TB en el AMS.

**Tabla 2: Aplicación del Promedio del Vecino más cercano**

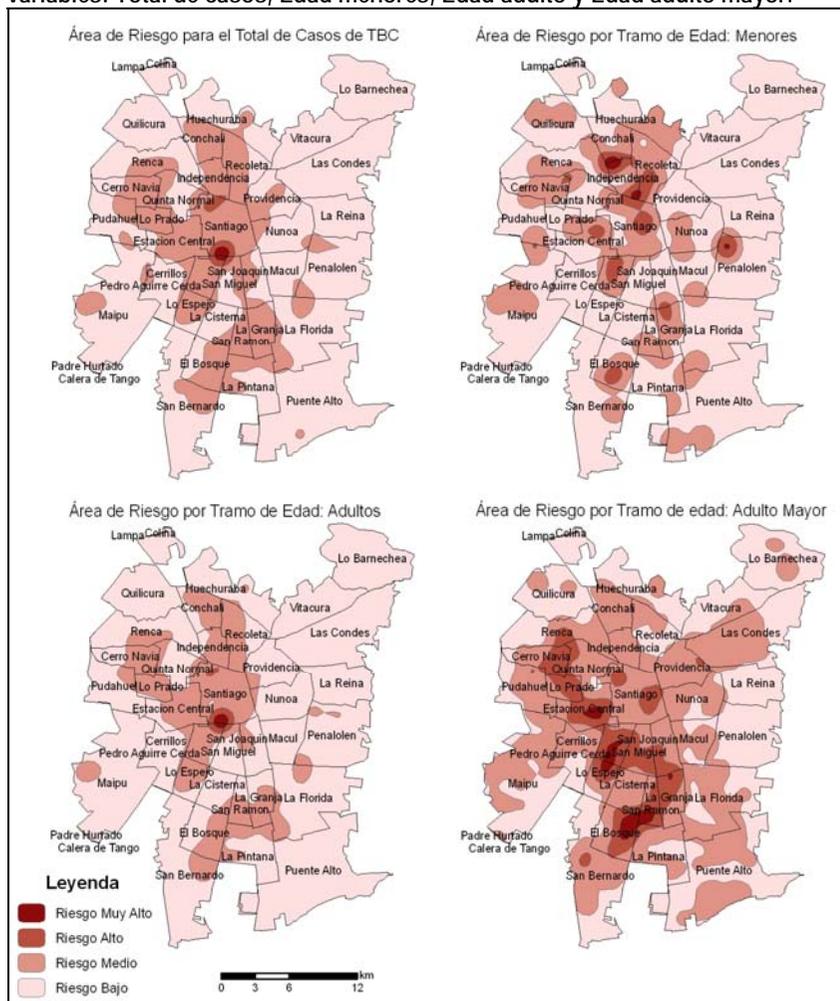
Categoría	Indicador Vecindad	Z	P	Interpretación
Casos de TB: Totales	0.54	-47.82	0.000	Agrupación significativa
Menores	0.92	-1.18	0.237	Agrupación no significativa (Aleatorio)
Adultos	0.54	-42.73	0.000	Agrupación significativa
Adultos Mayores	0.73	-11.47	0.000	Agrupación significativa
Femenino	0.64	-21.61	0.000	Agrupación significativa
Masculino	0.57	-35.59	0.000	Agrupación significativa
Diagnostico A15.0	0.58	-28.96	0.000	Agrupación significativa
Paciente Nuevo	0.55	-44.27	0.000	Agrupación significativa

[Fuente: Elaboración Propia en base a los resultados del SIG]

El análisis de densidad permitió localizar las influencias de la concentración de casos, superando la división administrativa impuesta, y logrando reflejar que los casos se extienden en un territorio que no es isotrópico. La aplicación del análisis se realiza a todos los casos y a las categorías de variables (Ver figura 2 y 3), articulando el mismo patrón de agrupación de TB en las variables representativas. Se delimita a través del análisis de densidades, la intensidad de contracción de casos, localizando la mayor concentración en la comuna de Santiago, focalizado en el Centro de Detención Preventiva Santiago 1 (CDP Santiago 1) y la Penitenciaría Santiago Sur.

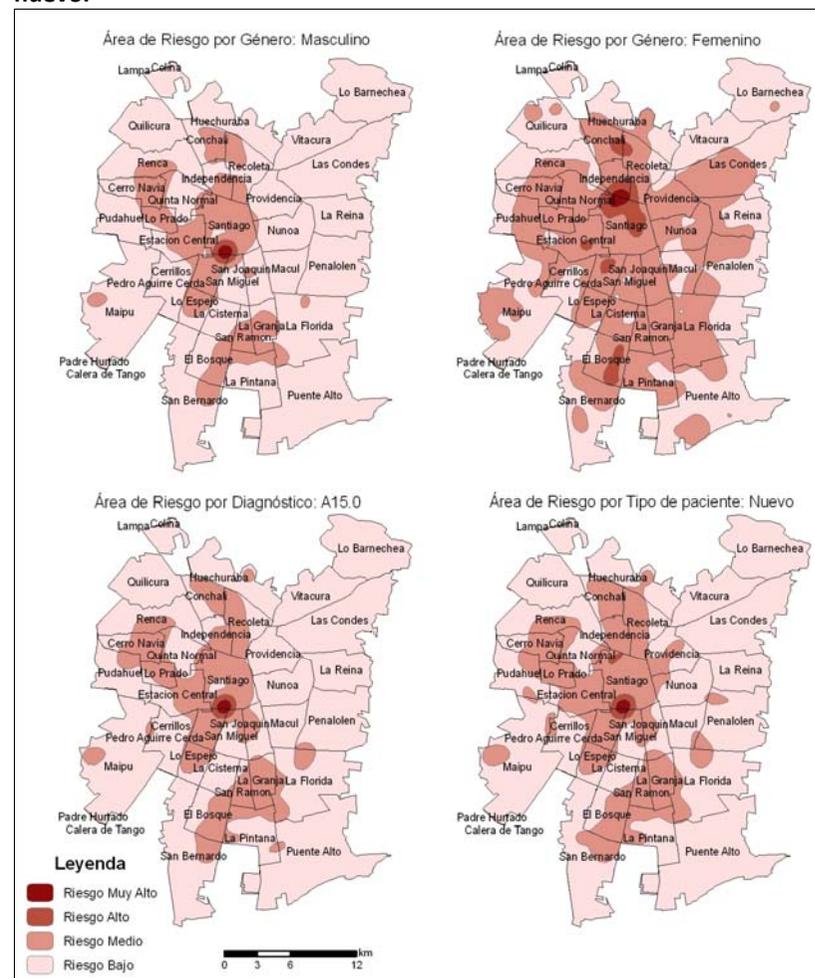
Las otras categorías que no presentan el mismo patrón de localización de casos anterior, reflejan dos elementos importantes de destacar: (1) Otro núcleo en la comuna de Santiago y (2) Múltiples núcleos para las edades extremas.

Figura 2: Mapas de concentraciones de casos según las diferentes categorías de variables: Total de casos, Edad menores, Edad adulto y Edad adulto mayor.



[Fuente: Elaboración propia.]

Figura 3: Mapas de concentraciones de casos según las diferentes categorías de variables: Masculino, Femenino, Diagnostico A15.0 y Tipo paciente nuevo.



[Fuente: Elaboración propia.]

(1). El caso de la categoría de género femenino, la concentración se mueve dentro de la comuna de Santiago hacia el sector norte, sector histórico y comercial, con numeroso flujo de personas diariamente, la infraestructura reconocida es el Centro cultural estación Mapocho y sus alrededores.

(2). Las categorías de menores y adultos mayores, muestran un archipiélago de concentración con múltiples núcleos. La importancia de destacar esta condición es porque la población afectada es la de mayor riesgo social (edades extremas). En el caso de los menores no nacen enfermos de TB, su contagio se debe a un adulto cercano a su estilo de vida, y en el caso de los adultos mayores son población que entre mayor edad, mayor es la prevalencia de la infección y la reducción de su sistema inmunológico (García, 2010), son más sensibles a enfermarse de TB.

## DISCUSIÓN

Los casos de TB en el AMS tienen una tendencia de distribución urbana, identificada como agrupación o clúster significativo, donde sus áreas de máxima agrupación (según el indicador de Análisis por múltiples distancias), coinciden con las superficies de las áreas de muy alto riesgo del total de casos.

Las variables representativas: edad adulta, género masculino y casos nuevos en tratamiento, manifiestan el patrón de distribución, localizando el lugar de mayor concentración en la Penitenciaría Santiago Sur y en el CDP Santiago 1 de la comuna de Santiago. La cantidad de casos de las cárceles no supera a la cantidad de casos en la población civil (población no privada de libertad), responde a un área de riesgo latente, pero no de magnitud alarmante como sucede en otros países latinoamericanos.

Las variables no representativas exponen otras condiciones de distribución. En el caso de los menores, no se explora como una agrupación estadísticamente significativa, debido a la baja cantidad de casos localizados en el AMS, de igual forma se aplica el análisis de densidad, que identificó múltiples núcleos de riesgo. El género femenino extiende su mancha por casi toda el área de estudio y focaliza su riesgo en el sector norte de Santiago, área con características comerciales y residenciales, de gran tránsito urbano. Los adultos mayores, son población de gran riesgo para un país

en proceso de envejecimiento, sus múltiples núcleos de riesgo se asocian a áreas de pobreza y condición de calle, principales factores de riesgo de incidencia.

La distribución de la mancha de riesgo de TB, presenta una tendencia longitudinal para las variables representativas, y una amplitud homogénea para el resto de variables. La forma y extensión del riesgo de TB, pueden tener relación con elementos socio-económicos, distribución de la densidad de población, definición de uso de suelo entre otros elementos, que confluyen en aquellas áreas para dar la forma actual de la mancha y que serán parte de la continuación del estudio.

La aplicación de técnicas de análisis espacial, utilizando tecnología SIG, son de alta sensibilidad a los parámetros con los que se manipula, por ello la aprobación de expertos es una etapa importante para definir medidas de análisis en estudios de este tipo. La aplicación de los parámetros fue estudiada, probada, y aceptada en el Programa Nacional de Control de TB (año 2011), como la forma más adecuada de analizar y mostrar la información de concentración de TB.

El análisis de distribución de patrones territoriales, es realizado bajo topología de puntos, escala que permite llegar a precisar de manera eficiente la planificación de intervención futura. La metodología planteada responde a contribuir con la focalización de áreas de riesgo para la población, frente a estrategias de control y prevención.

En Chile, los estudios de geografía de la salud en la línea de investigación tradicional no es un área consolidada. Los últimos años se están abriendo las potencialidades de la geografía para resolver problemas de salud, y se espera seguir contribuyendo al análisis espacial en temáticas de salud.

## CONCLUSIONES

Este estudio, se diseña como la primera parte de un modelo metodológico mayor. El desarrollo del patrón de distribución epidemiológico es el inicio para relacionar elementos socio-económicos, que permitan responder el porqué de la distribución actual.

Se corrobora que la distribución de casos no es aleatoria y responde a un patrón de agrupación de TB, con la identificación de un área en común, en el cual convergen elementos que generan mayor cantidad de casos que en el resto del territorio.

Los resultados entregados, se muestran como insumos útiles, que permiten evaluar, focalizar y orientar los recursos humanos y económicos, al momento de planificar campañas de prevención y control de TB en el AMS.

## BIBLIOGRAFÍA

BUZAI, G., y BAXENDALE, C. (2006). *Análisis socioeconómico con Sistemas de Información Geográfico*. GEPAMA, Lujan, pp. 400.

CURTIS, A., y LEE, W. A. A. (2010). "Spatial patterns of diabetes related health problems for vulnerable populations in Los Angeles". *International Journal of Health Geographics*, pp. 1-10.

FARGA, V., y CAMINERO, J. A. (2011). *Tuberculosis* (Tercera edición). Editorial Mediterráneo, Santiago, pp. 484.

GARCÍA, C. (2010). "Tuberculosis en grupos de riesgo en la región Metropolitana. 2008". *Revista Chilena de enfermedades respiratorias*, pp. 105-111.

GOBIERNO DE CHILE. (2011). *ESTRATEGIA NACIONAL DE SALUD Para el cumplimiento de los Objetivos Sanitarios de la Década 2011-2020*. Gobierno de Chile, Santiago.

ÍÑIGUEZ, L., y BARCELLOS, C. (2003). "Geografía y Salud en América Latina: Evolución y Tendencias". *Revista Cubana de Salud Pública*, pp. 330-343.

LE COMBER, S., ROSSMO, K., HASSAN, A., FULLER, D., y BEIER, J. (2011). "Geographic profiling as a novel spatial tool for targeting infectious disease control". *International Journal of Health Geographics*, pp. 1-8.

MACIEL, E., PAN, W., DIETZE, R., PERES, R., VINHAS, S., RIBEIRO, K., y OTROS. (2010). "Spatial patterns of pulmonary tuberculosis incidence and their relationship to

socio-economic status in Vitoria, Brazil". *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, pp. 1395-1402.

MUNCH, Z., VAN LILL, S., BOOYSEN, C., ZIETSMAN, H., ENARSON, D., y BEYERS, N. (2003). "Tuberculosis transmission patterns in a high-incidence area: a spatial analysis". *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, pp. 271-277.

ORDÓÑEZ, C., VARELA, M., y REYES, A. (2011). "Desarrollo de un SIG para el análisis de patrones". *GEO Focus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, pp. 1-18.