

**ANÁLISIS DE AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL DE DATOS DE ÁREA DEL
VIRUS DEL CHIKUNGUNYA EN LA PROVINCIA DEL ALTO MAGDALENA
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

**YINA CIRLEY PALACIOS PEDRAZA
NICOLAS SEBASTIAN MORENO TORRES**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFÍA
FUSAGASUGÁ**

2015

**ANÁLISIS DE AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL DE DATOS DE ÁREA DEL
VIRUS DEL CHIKUNGUNYA EN LA PROVINCIA DEL ALTO MAGDALENA
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

**YINA CIRLEY PALACIOS PEDRAZA
NICOLAS SEBASTIAN MORENO TORRES**

Proyecto para optar por el título de Tecnólogo en Cartografía

Director

Ms.c Juan Ricardo Barragán

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFÍA
FUSAGASUGÁ**

2015

Nota de aceptación

Juan Ricardo Barragán Currea

Director de proyecto

Gabriel Sánchez Puin

Jurado

Adrián González Rodríguez

Jurado

AGRADECIMIENTOS

A Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por brindarnos una vida llena de aprendizajes, experiencias, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestra mente y por habernos puesto en el camino a aquellas personas que han sido soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A nuestros padres por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, por su educación tanto académica como de la vida y por ser incondicional apoyo durante el tiempo para la culminación de esta etapa que es de vital importancia en nuestra vida.

A los docentes que hicieron parte de nuestro proceso de aprendizaje, por su dedicación, conocimientos, apoyo y gran sentido de motivación; al director de tesis Juan Barragán por su persistencia y acompañamiento durante el transcurso de este ciclo.

Tabla de Contenido

GLOSARIO	8
ABREVIATURAS	10
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
1. METODOLOGÍA	15
1.1 Datos	15
1.2 Métodos estadísticos utilizados	15
1.2.1 Índice de Moran.....	15
1.2.2 Vecinos más cercanos	16
1.2.3 Cartograma	16
1.2.4 Histograma.....	16
1.2.5 Diagrama de Caja	16
1.2.6 Triangulación de Delaunay.....	16
1.2.7 Generación de mapas ArcGIS	17
1.3 Análisis Exploratorio Inicial	18
1.4 Área de estudio.....	24
2. MARCO TEÓRICO	26
2.1 Estadística Espacial	26
2.2 Autocorrelación Espacial	26
2.2.1 Autocorrelación Espacial Positiva	26
2.2.2 Autocorrelación Espacial Negativa.....	26
2.2.3 Ausencia de Autocorrelación Espacial	27
2.3 Índice de Moran	27
2.4 Vecinos más cercanos.....	28
2.5 Matrices de Pesos Espaciales	29
2.6 Gráficos Exploratorio	30
2.6.1 Triangulación de Delaunay.....	30
2.6.2 Criterio de Gabriel	30
2.6.3 Vecino Relativo	30
2.6.4 Esfera de Influencia.....	30
2.6.5 Cartograma	30

2.6.6	Histograma	31
2.6.7	Diagrama de Caja	31
2.6.8	Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE)	31
3.	ESTADO DEL ARTE	32
4.	BASES TEÓRICAS	34
4.1	Chikungunya.....	34
4.2	Desarrollo Histórico	34
4.3	Transmisión por el vector.....	35
4.4	Forma de Transmisión	35
4.5	Epidemiología	35
5.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	38
5.1	Gráfico de Histograma	38
5.2	Cartograma de la provincia.....	39
5.3	Diagrama de Caja Provincia.	40
5.4	Diagrama de Dispersión de la provincia	41
5.5	Distancia Promedio al vecino más cercano	42
5.6	Histograma en R.....	43
5.7	Mapa de Coropletas de la provincia en R.....	44
5.8	Gráfico Scarterplot de Moran y Mapa LISA	46
5.9	Gráfico diagrama de caja comunas Girardot	47
5.10	Gráfico diagrama de dispersión de comunas Girardot	48
5.11	Gráfico histograma comunas Girardot.....	49
5.12	Informe Distancia promedio vecino más cercano comunas Girardot (Arcgis) 50	
6.	CONCLUSIONES	51
7.	ANEXOS.....	52
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	53

1.1 Tabla de ilustraciones

Ilustración 1 Distribución Geográfica del Chikungunya en Colombia hasta la semana 34 del 2015	18
Ilustración 2 Mapa de distribución del virus en Municipios de Cundinamarca	19
Ilustración 3 Mapa criterio Altura Sobre el Nivel del Mar	20
Ilustración 4 Mapa criterio Temperatura	21
Ilustración 5 Distribución Geográfica del Virus del Chikungunya en la provincia	22
Ilustración 6 Mapa Distribución chikungunya Girardot por comunas	23
Ilustración 7 Mapa de la provincia del Alto Magdalena	24
Ilustración 8 Criterio de vecindad.....	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 9 Curso clínico del virus.....	36
Ilustración 10 Histograma de los casos en la provincia en Geoda	38
Ilustración 11 Cartograma de la provincia en Geoda	39
Ilustración 12 Diagrama de Caja de la provincia.....	40
Ilustración 13 Diagrama de dispersión de la provincia.....	41
Ilustración 14 Resumen de la distancia promedio al vecino mas cercano Arcgis	42
Ilustración 15 Histograma en R.....	43
Ilustración 16 Mapa de Coropletas	44
Ilustración 17 Grafico Vecino más cercano provincia en R	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 18 Resultado ejecución código R	45
Ilustración 19 Gráfico de Scatterplot de Moran y Mapa Lisa.....	46
Ilustración 20 Diagrama de Caja comunas Girardot	47
Ilustración 21 Diagrama de Dispersión comunas Girardot.....	48
Ilustración 22 Histograma Comunas Girardot	49
Ilustración 23 Distancia promedio vecino más cercano en Arcgis Comunas Girardot.....	50

2.1

3.1 Tabla ecuaciones

Ecuación 1 Índice de Moran Global	27
Ecuación 2 Índice de Moran Local	27
Ecuación 3 Matriz de pesos espaciales	29

4.1 Lista Tablas

Tabla 1 Descripción física de los municipios de la Provincia el Alto Magdalena	25
Tabla 2 Factores de riesgo para el virus.....	36

GLOSARIO

Aedes: Al género de la clase Insecta; del orden Díptera de la familia Culicidae, subfamilia Culicinae, tribu Aedini constituida por 41 subgéneros y 1,019 especies mundiales. Las especies de este género, son transmisores del flavivirus dengue.

Arbovirus: Es aquella enfermedad que se multiplica en un artrópodo hematófago y posteriormente es transmitido por picadura a un vertebrado.

Caso Confirmado: Se considera a todo paciente sospechoso que tenga un diagnóstico confirmado de dengue por laboratorio, o por nexo epidemiológico, según situación epidemiológica.

Caso confirmado por nexo epidemiológico: El nexo epidemiológico consiste en confirmar los casos probables de dengue a partir de casos confirmados por laboratorio utilizando la asociación de persona, tiempo y espacio.

Caso confirmado por laboratorio: Caso probable de chikungunya, confirmado por alguno de los criterios de laboratorio para el diagnóstico o por el criterio de nexo epidemiológico en casos de chikungunya.

Caso Probable: Caso sospechoso con pruebas positivas para la detección de anticuerpos IgM o, pruebas positivas para detección de antígeno NS1. Cumple con la definición de dengue con o sin signos de alarma.

Conglomerado: Es una localidad, un barrio, una comuna o un sector que comparten características de riesgo similares: sociales, económicas y culturales, que las diferencian de otras agrupaciones.

Endémica: Enfermedad propia de una zona y de una época:

Enfermedades transmitidas por vectores: A los padecimientos en los que el agente causal o infeccioso requiere la participación de un artrópodo como hospedero o transmisor para completar su ciclo de vida y para mantener su población en hospederos vertebrados susceptibles. Se incluyen “paludismo, dengue, leishmaniosis, oncocercosis, tripanosomiasis, rickettsiosis, virus del Oeste del Nilo y otras arbovirosis”.

Epidemiología: Al estudio de la frecuencia y características de la distribución de enfermedades, así como de los factores que las determinan, condicionan o modifican siempre en relación con una población, en un área geográfica y en un periodo determinado. Proporciona información esencial para la prevención y el control de enfermedades.

Flavivirus: Al género del Arbovirus de la familia Flaviviridae.

Incidencia: se refiere a la aparición de nuevos casos dentro de un marco de tiempo especificado y proporciona una vista de inicio dentro de una ventana de tiempo relativamente estrecha.

Vector: Al transportador y transmisor biológico del agente causal de la enfermedad

ABREVIATURAS

ETV: Enfermedad transmitida por vectores

OMS: Organización Mundial de la Salud

OPS: Organización Panamericana de la Salud

INS: Instituto Nacional de Salud

PNSP: Plan Nacional de Salud Pública

SIG: Sistemas de Información Geográfica

SIVIGILA: Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública

MINSALUD: Ministerio de Salud y Protección Social.

CHIKV: Chikungunya

SITGE: Servicios de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección

RESUMEN

La investigación realizada consiste en un análisis de autocorrelación espacial del virus del Chikungunya en la provincia del Alto Magdalena Departamento de Cundinamarca conformada por 8 Municipios. Girardot cuenta con 8.973 casos lo que hace que sea el municipio con mayor índice y se presente como un dato atípico; debido a esto se excluye para el análisis y representación gráfica de los mismos

A partir de la base de datos que reporta el SIVIGILA se encuentra el número total de casos confirmados con la enfermedad; con la cual se realizó el manejo y tratamiento de los mismos y la inclusión de dicha información al software ArcGIS para la elaboración de mapas temáticos que demuestran la distribución espacial del virus. Mediante una capa cartográfica de la provincia se asociaron el número de casos por cada Municipio y se determinaron los factores espaciales que influyen en la propagación.

Se identificó la relación que tiene cada Municipio con los demás, determinado mediante un análisis de autocorrelación espacial, con base en metodologías estadísticas para así determinar la concentración o dispersión de los datos de una variable en un mapa. (Goodchild, Autocorrelación Espacial Territorial, 1987)

Para la representación de gráficos se utilizaron los software estadísticos R y GeoDA los cuales demuestran el comportamiento de los casos de diversas maneras tales como histograma, cartograma, diagrama de dispersión, triangulación Delaunay, esfera de influencia, gráfica de Gabriel, vecinos relativos; entre otros, siendo estas representaciones visuales de información cuantitativa que resume los datos de estudio de modo esquemático

Esta investigación genera un análisis estadístico donde se demuestra la distribución, dependencia y comportamiento espacial del virus en la provincia del Alto Magdalena.

INTRODUCCIÓN

La fiebre de Chikungunya es un problema de salud pública emergente en la Región de las Américas. Desde que a finales del año 2013 la Organización Panamericana de la Salud reportara la confirmación de casos de transmisión autóctona en la subregión del Caribe, hasta la fecha al menos 20 países han confirmado transmisión.

Debido a que en Colombia las condiciones para la circulación y transmisión del virus son óptimas ya que presenta los vectores del dengue, el *Aedes aegypti* y/o *Aedes albopictus*, distribuidos en las áreas urbanas de 845 municipios del país, (aproximadamente 24 millones de habitantes), siendo éstos los mismos vectores que utiliza el virus Chikungunya para hacer posible su transmisión.

De acuerdo al informe que reporta el SIVIGILA del Instituto Nacional de Salud para la semana 34 del 2015 el número de casos reportados de Chikungunya en Colombia es de 330.332 en donde los Departamentos de Valle del Cauca, Tolima, Huila, Meta y Cundinamarca son los que mayor índice de casos tienen; en la provincia del Alto Magdalena es de 10.217, siendo en esta Girardot y Tocaima los Municipios que registran mayor cantidad, el total de casos de la provincia corresponde al 3% de la totalidad nacional.

El Ministerio de Salud para finales de septiembre de 2015 declara el cierre de la etapa epidémica del Chikungunya, en el país la tasa de ataque se estipuló en un 3,44%, cifra que según el Ministerio de Salud es baja, en comparación a otras regiones.

En este proyecto se realiza un análisis autocorrelacional del virus del Chikungunya en la provincia del Alto Magdalena Departamento de Cundinamarca, en el cual se utilizaron un serie métodos estadísticos por medio de variables cualitativas que se basan en entrevistas, análisis documentales, grupos focales entre otros; y cuantitativas en donde se utilizan medidas de tendencia central, medidas de dispersión y probabilidades. Se utiliza información secundaria de los casos notificados del virus por los centros de salud al Instituto Nacional de Salud los cuales están registrados en una base de datos.

La epidemiología espacial y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en las últimas décadas han demostrado ser una herramienta fundamental a la hora de estudiar los patrones y variaciones espaciales de las enfermedades.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se centran en el componente espacial o geográfica de la información recogida, relacionando cada dato disponible con la localización en donde fue medido o tomado. Técnicas específicas de Estadística espacial se han desarrollado para el análisis de estos bancos de datos y se están incorporando ahora a los SIG, automatizando los estudios. (V. Gomez-Rubio, 2001)

Al revisar la bibliografía a nivel mundial se evidencia la implementación de los SIG y de la cartografía para la identificación de la enfermedad en el espacio geográfico, además de las técnicas de análisis espacial tienen un complemento cuando se apoyan en un SIG con el cual permiten detectar las distribución geográfica, agrupamientos y las interacciones espaciales de la enfermedad.

El uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el campo de la salud pública y específicamente en epidemiología es reciente y se encuentran agrupados en la categoría SIG-EPI. Se han implementado para el estudio de la situación de salud en un área geográfica en particular, para generar y analizar hipótesis de investigación, identificar grupos de alto riesgo, planear y programar actividades de monitoreo, evaluación de intervenciones y estudios epidemiológicos ambientales.

De igual manera su uso en epidemiología incluye técnicas de análisis espacial (análisis de superficies, análisis de distancias y de proximidad, reclasificación de mapas, álgebra de mapas, geoestadística) por medio de las cuales es posible estudiar patrones de propagación de epidemias para condiciones determinísticas en algunos de los factores críticos de propagación, combinando las geociencias, las ciencias ambientales y la epidemiología. (Londoño, 2007)

La investigación realizada se compone de una serie de mapas temáticos que demuestran la distribución espacial del virus. Los mapas temáticos son aquellos que muestran las características estructurales de la distribución espacial de un fenómeno geográfico particular. Esto supone que en el proceso cartográfico es necesario transformar los datos observados cartografiables, para así poderlos codificar gráficamente.

La cartografía de enfermedades se emplea para representar la distribución espacial de la enfermedad (Ferrándiz et al., 2002). Un estadístico asociado a la enfermedad se calcula para cada unidad geográfica y se emplea categorizado para colorear el mapa. El mapa obtenido permite estudiar la mortalidad o la incidencia de la enfermedad en la población de estudio elegida. (Verdejo, 2008)

Los mapas cuantitativos muestran aspectos espaciales de datos numéricos; a menudo la variable cartografiada es única y el mapa se centra en su variación de un punto a otro del espacio geográfico. Estos mapas muestran los datos como mínimo en una escala ordinal, y normalmente en escalas de intervalo y de índice. (Introducción a la Cartografía Temática)

El propósito de esta investigación es que mediante la utilización de métodos estadísticos y análisis espacial se pueda ubicar los casos y determinar las características de las zonas con mayor prevalencia del Chikungunya en la provincia del Alto Magdalena, lo cual permitirá la toma de decisiones para dar posibles soluciones en la prevención y control de la enfermedad.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Analizar la Autocorrelación espacial de los casos del virus del Chikungunya y su influencia en la provincia del Alto Magdalena Departamento de Cundinamarca.

Objetivos Específicos

- Identificar la relación que cada subarea tiene con las demás y el área en general.
- Determinar los factores espaciales del virus.
- Clasificar la zona con mayor presencia del virus.
- Analizar la zona que presenta mayor número de casos confirmados del virus.

1. METODOLOGÍA

En la presente investigación se desarrolla un análisis espacial para identificar las zonas con mayor prevalencia del virus en la provincia del Alto Magdalena.

A la información obtenida de los casos notificados del Chikungunya en la provincia, se implementa una serie de métodos estadísticos; a continuación se explica el procedimiento para la utilización de cada uno:

1.1 Datos

La información utilizada se obtiene de una base de datos que reporta el SIVIGILA semanalmente de los casos notificados del virus del chikungunya en Colombia.

Se organiza por Municipios, luego se relacionan a una capa cartográfica dando con ubicación espacial el centro urbano de cada municipio.

Los datos lattice suelen ser utilizados en regiones de formas no regulares en el espacio en este caso la provincia del Alto Magdalena conformada por 8 municipios. Se basan en la representación gráfica de la asociación que existe entre variables y retardos espaciales (promedio ponderado de los valores que adopta una variables en el subconjunto de observaciones vecinas a una dada).

1.2 Métodos estadísticos utilizados

1.2.1 Índice de Moran

Se utiliza para determinar la autocorrelación espacial mediante un código ejecutado en el software R tomando como fuente la base de datos trabajada.

Los resultados que genera el Índice de Moran puede establecer el grado de autocorrelación positiva, negativa o ausencia, dependiendo de la concentración y distribución de los datos

Al ejecutarlo en ArcGIS demuestra cinco valores: Índice de Moran, Índice esperado, varianza, puntuación z y valor P evaluando si el patrón está agrupado, disperso o es aleatorio cuando la puntuación z y el valor P indican una significancia estadística, un valor positivo del índice I de Moran indica una tendencia hacia el clustering mientras que un valor negativo del índice I de Moran indica una tendencia hacia la dispersión. (ArcGIS Resources).

1.2.2 Vecinos más cercanos

El método de vecino más cercano es utilizado para determinar si la variable de estudio es representada por clusters (conglomerados), o es disperso comparando entidades diferentes en un área de estudio fija. Considera la distancia relaciones de distancia no simétricas bajo matrices de pesos estandarizadas entre el eje central para este caso es el centro urbano de cada municipio; Consideran relaciones de distancia no simétricas bajo matrices de pesos estandarizadas. El criterio de vecindad de x sobre k -unidades más cercanas se define a partir de distancias euclidianas, las demás $k+1$, $k+2$,..., $k+n$ se consideran no vecinas de x .

1.2.3 Cartograma

El cartograma demuestra la distribución de los datos asociados a un área que varía de tamaño dependiendo la cantidad que se representa y se utiliza para distinguir si existe o no contigüidad entre los espacios geográficos por medio de la herramienta estadística GeoDA.

1.2.4 Histograma

El gráfico de histograma se utilizó para demostrar la distribución y comportamiento de la variable (casos) en forma de barras en donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados por medio de herramientas estadísticas como GeoDA y R.

1.2.5 Diagrama de Caja

El diagrama de caja es un gráfico utilizado para proporcionar información sobre los valores mínimo y máximo, cuartiles, mediana, muestra la existencia de valores atípicos y simetría de la distribución, lo cual es útil para conocer los Municipios con mayor y menos cantidad de casos; no arroja la presencia de datos atípicos según la información obtenida.

1.2.6 Triangulación de Delaunay

Construye vecinos al crear triángulos a partir de entidades de puntos o centroide es de la entidad ya que todo punto/centroide es un nodo de triángulo. Los nodos conectados mediante un borde de triángulo se consideran vecinos. Garantiza que cada entidad tendrá al menos un vecino aun cuando los datos incluyan islas o densidades de entidades que varían ampliamente; pero

utiliza la distribución de los datos para determinar cuántos vecinos tiene cada una.

1.2.7 Generación de mapas ArcGIS

Con la información recopilada se hace un manejo y procesamiento adecuado de la misma para la creación de mapas temáticos respectivos acerca de la distribución espacial del virus a nivel nacional, departamental y de la provincia a los cuales se les hace su respectivo análisis.

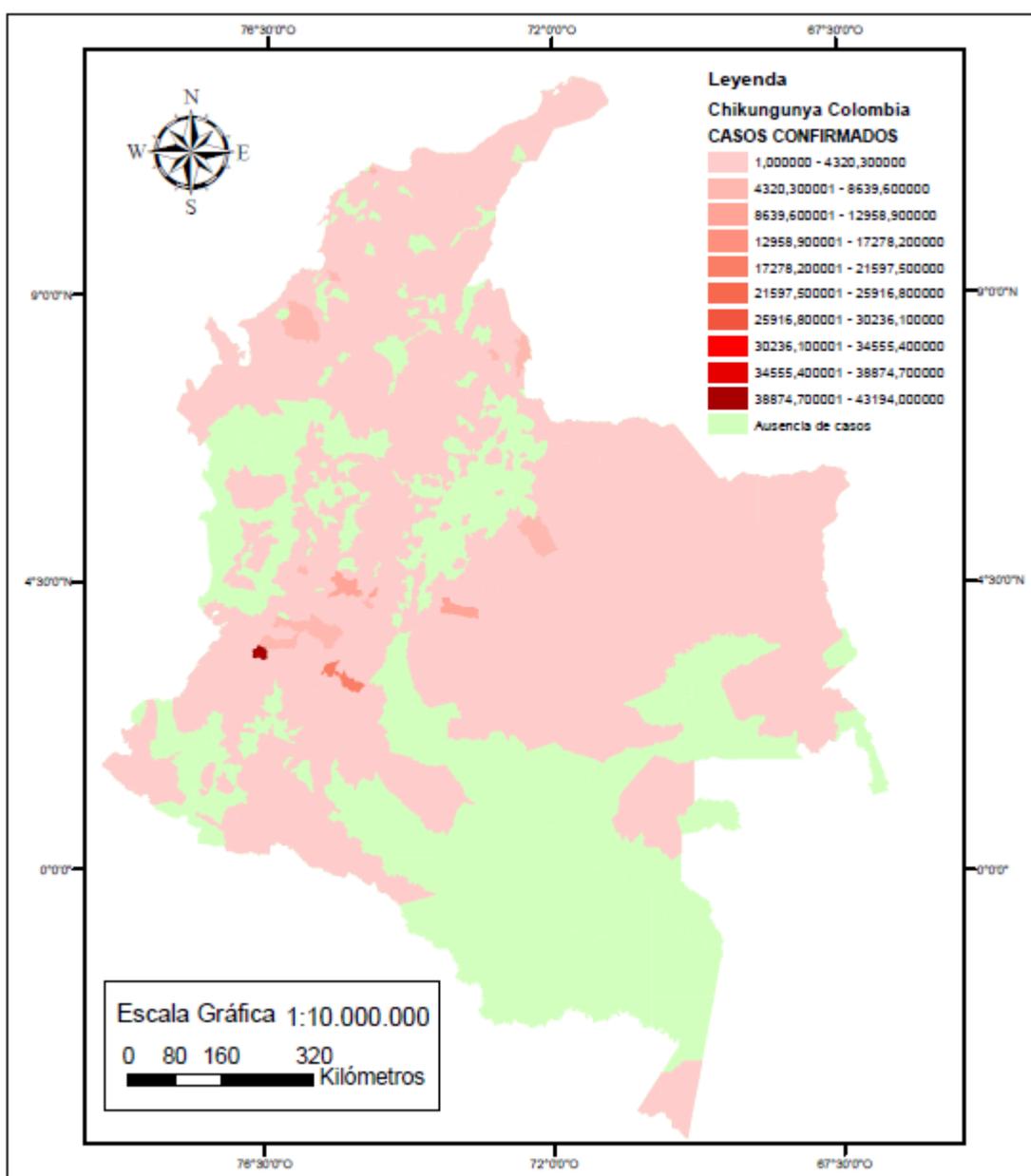
Además se crean mapas de los factores espaciales que influyen para la proliferación del virus a nivel departamental determinando los municipios que presentan estos factores.

1.3 Análisis Exploratorio Inicial

Con la información obtenida se hace el manejo de los datos nacionales para asociarlos a una capa cartográfica de los municipios del país, la distribución espacial del virus es representada en el Software ArcGIS a nivel Nacional, Departamental y de la zona de estudio.

En Colombia alcanzó su nivel de epidemia, considerado por el Instituto Nacional de Salud, según el informe emitido por el SIVIGILA hasta la semana 34 se ha registrado 330332 casos confirmados.

Ilustración 1 Distribución Geográfica del Chikungunya en Colombia hasta la semana 34 del 2015

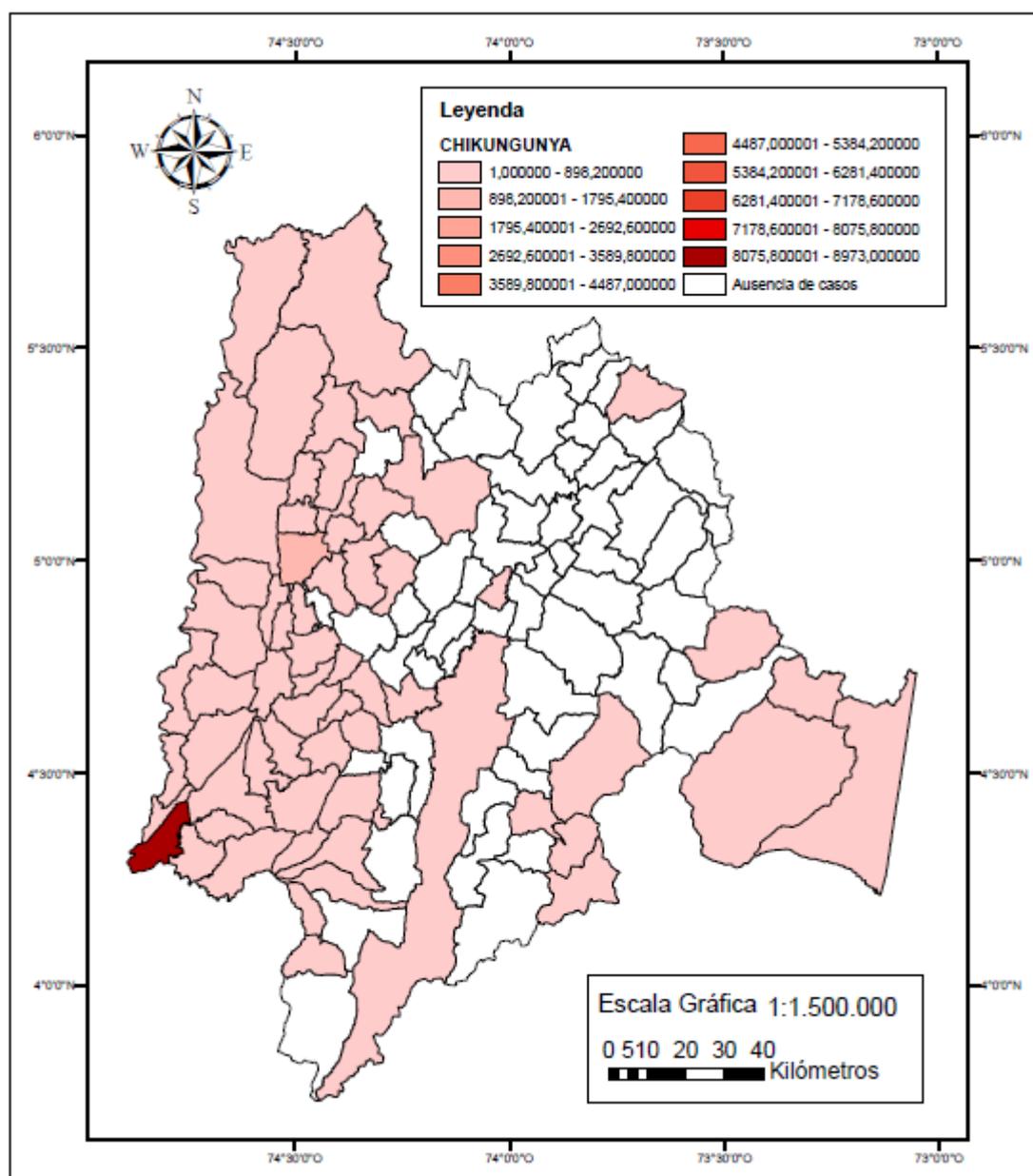


Fuente: Elaboración propia con base de datos INS.

La ilustración 2 demuestra que la enfermedad del Chikungunya se encuentra distribuida a nivel Nacional de manera irregular donde se destacan los algunos municipios de la costa del Mar Caribe, de los valles del Rio Magdalena y Cauca; además de la presencia en algunos municipios orientales.

En el Departamento de Cundinamarca en sus 116 Municipios se registraron 16401 casos de los cuales la provincia del Alto Magdalena se registró 10217 al INS, lo que corresponde al 62% de los casos.

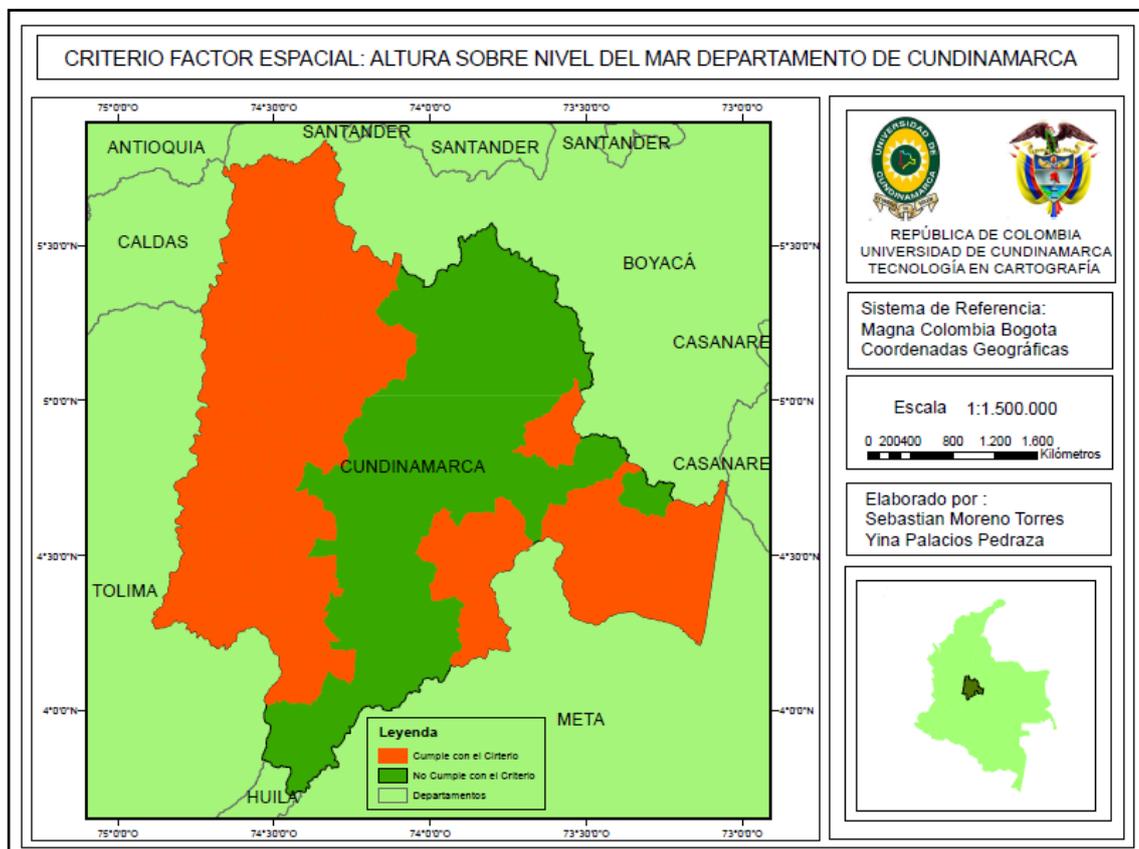
Ilustración 2 Mapa de distribución del virus en Municipios de Cundinamarca



Fuente: Elaboración propia base de datos casos INS

La ilustración 2 demuestra la distribución en donde se destaca los Municipios ubicados al occidente del Departamento, cercanos al valle del Río Magdalena, los municipios de las provincias de Alto, Medio y Bajo Magdalena son los que mayor presencia de casos tiene.

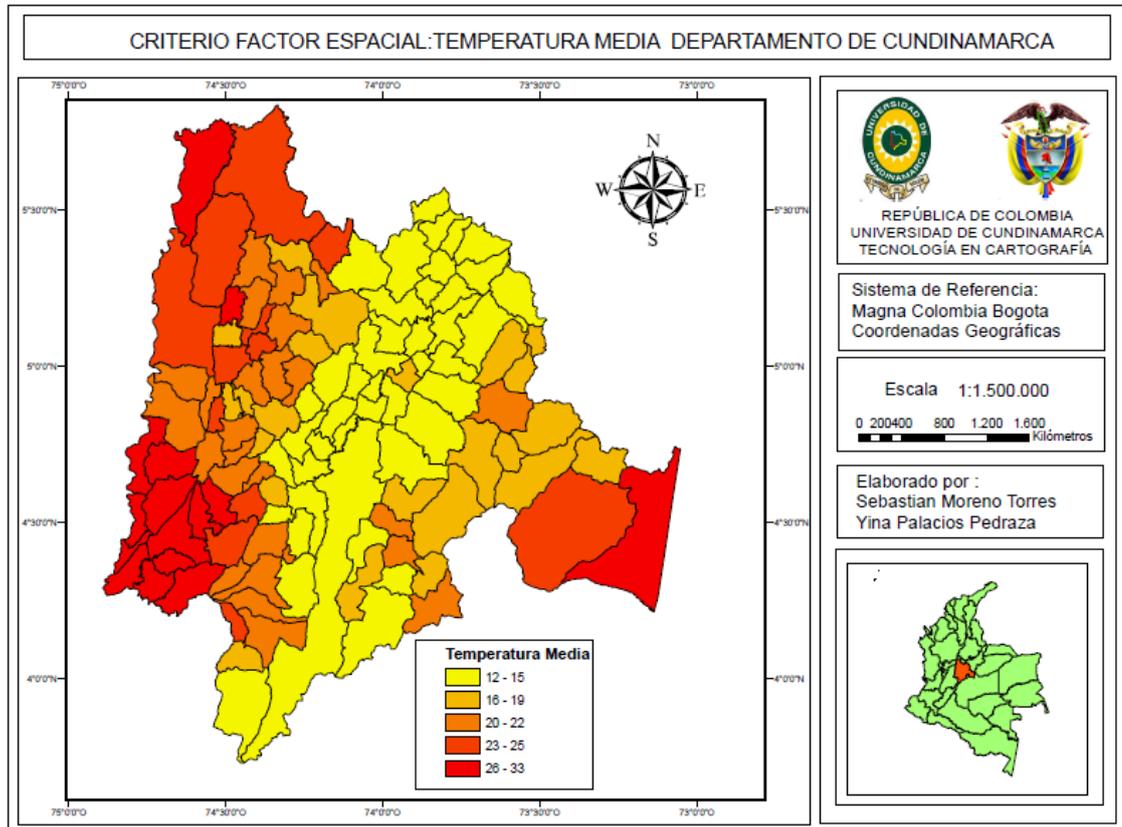
Ilustración 3 Mapa criterio Altura Sobre el Nivel del Mar DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA



Fuente: Elaboración propia capa cartográfica curvas de nivel

El mapa demuestra las curvas de nivel que corresponden a una altura inferior a los 2200 msnm (Metros Sobre el Nivel del Mar) representado con una tonalidad de oscura a clara descendiendo respectivamente según corresponda; siendo estos las zonas en donde cumple con el criterio para que el virus haga posible su trasmisión.

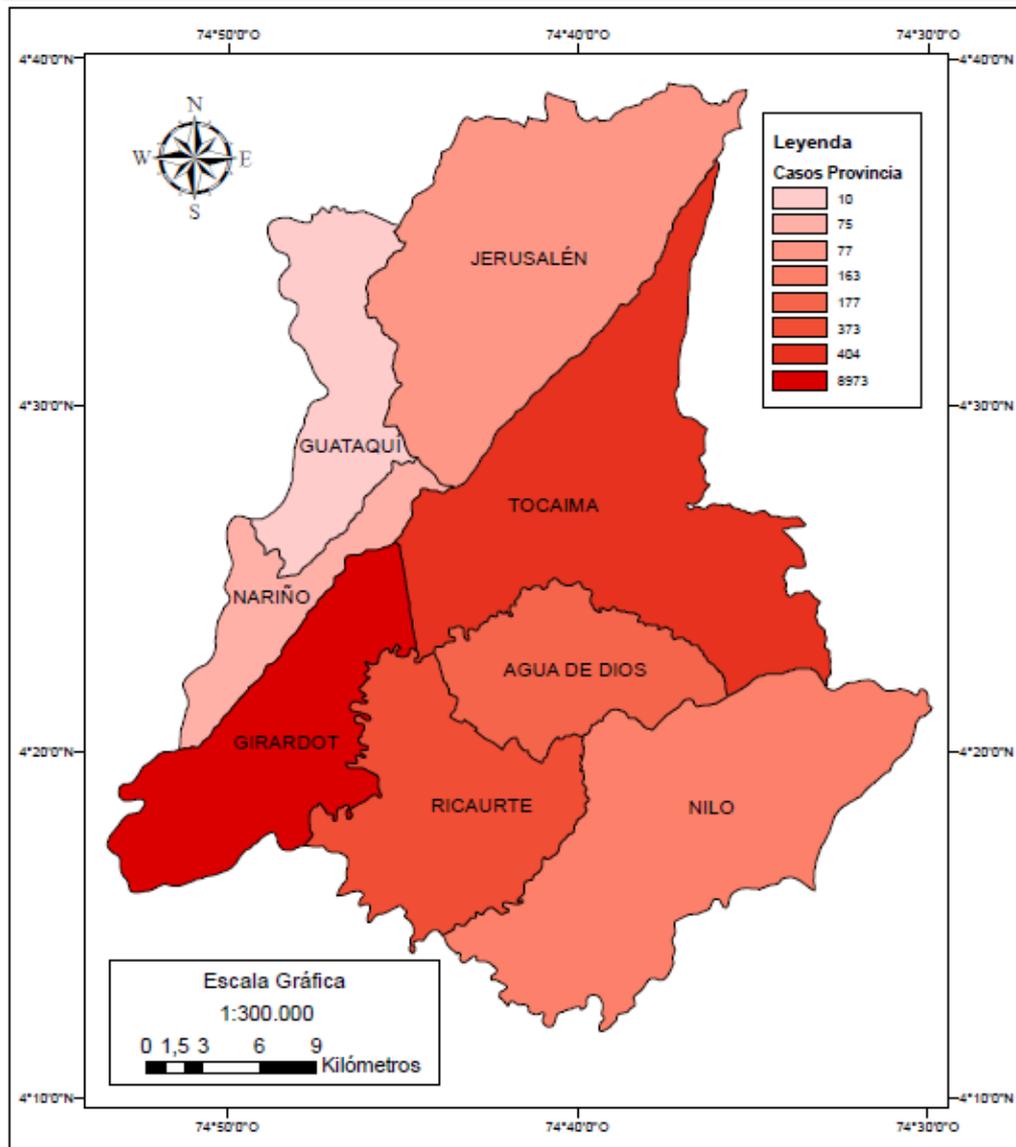
Ilustración 4 Mapa criterio Temperatura



Fuente: Elaboración propia capa cartográfica Temperatura

El mapa representa la temperatura media de los Municipios que corresponden al Departamento de Cundinamarca siendo los de tonalidad oscura los lugares más cálidos que cumplen con el criterio; los Municipios del centro del Departamento con una tonalidad amarilla no cumplen ya que su temperatura es inferior a los 16°; se destacan las zonas cercanas al valle del Río Magdalena en la que se encuentra la provincia del Alto Magdalena registrando gran índice de casos notificados.

Ilustración 5 Distribución Geográfica del Virus del Chikungunya en la provincia



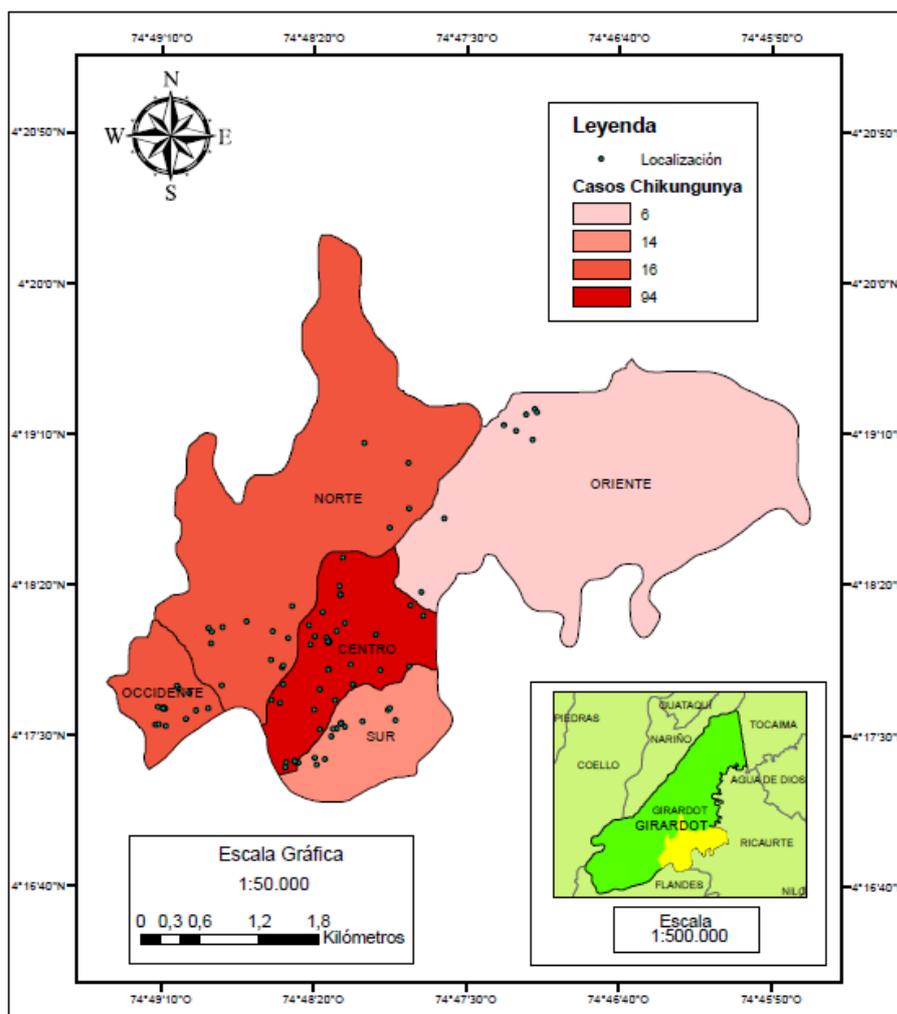
Fuente: Elaboración propia base de datos casos INS

El mapa demuestra los Municipios de la provincia y la cantidad que cada uno presenta, denotando que los municipios de Girardot y Tocaima son los que mayor incidencia de casos presentan y el municipio de Guataqui es el de menor.

El problema radica en que la provincia es vulnerable al virus Chikungunya debido a factores espaciales como el calentamiento global, el fenómeno de “El Niño”, temperatura y humedad relativa; factores sociales como el desconocimiento o desinformación de la población de este nuevo virus, las inadecuadas conductas de la población para la prevención del vector y factores políticos como la existencia de debilidades en la organización, planificación y desarrollo de programas de saneamiento ambiental (Salud M. d., 2014)

A la fecha en Colombia, de acuerdo a la base bibliográfica consultada se han realizado estudios en los Municipios de Buga (Valle del Cauca) y de Giron (Santander) el cual consiste en la recopilación de información, la cual la suben a plataformas virtuales para luego ser analizada por científicos del CIDEIM para generar mapas estadísticos que se usará para la planeación de estrategias de prevención. El estudio lo hace el Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas (CIDEIM)

Ilustración 6 Mapa Distribución chikungunya Girardot por comunas



Fuente: Elaboración propia digitalización comunas con base en imagen.

El mapa demuestra la distribución de los casos en el Municipio de Girardot por comunas en donde la comuna centro que es representada con una tonalidad más oscura es la que tiene mayor cantidad con una presencia de 94 casos.

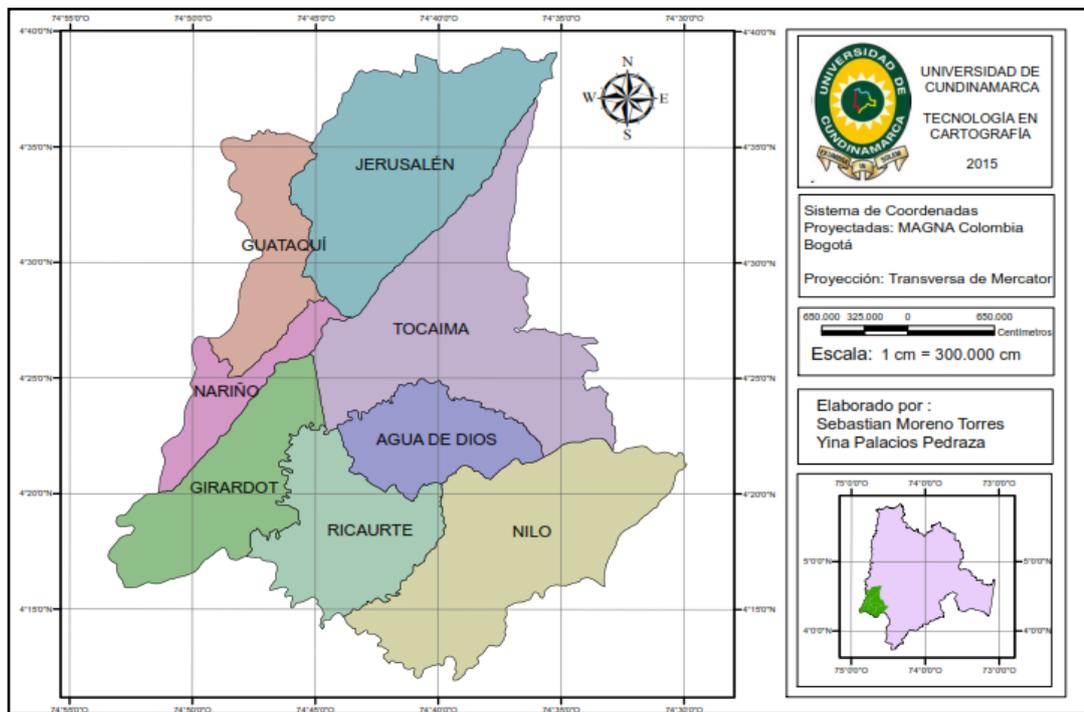
1.4 Área de estudio

La provincia del Alto Magdalena se encuentra ubicada al extremo sur occidental del Departamento de Cundinamarca.

Cuenta con un área 4045 km² lo que corresponde al 17% del territorio de Cundinamarca. Limita por el norte con la Provincia de Magdalena Centro, por el sur con el Río Magdalena y el Departamento del Tolima, por el Oriente con las provincias del Tequendama y Sumapaz, y por el Occidente con el Río Magdalena y el Departamento del Tolima. Su población según el DANE para el año 2005 es de 156.475.

La provincia está conformada por 8 Municipios. Agua de Dios, Girardot, Guataquí, Jerusalén, Nariño, Nilo, Ricaurte y Tocaima.

Ilustración 7 Mapa de la provincia del Alto Magdalena



Fuente: Elaboración Propia con capa cartográfica

La Provincia del Alto Magdalena, es bañada por la zona alta del Río Magdalena en Cundinamarca y goza de una temperatura promedio de 23 °C a 35 °C.

El área de estudio es propensa a la presencia del virus debido a los factores que inciden en el origen y transmisión.

Tabla 1 Descripción física de los municipios de la Provincia el Alto Magdalena

Municipio	Extensión			Altitud	Temperatura Media	Población (Censo 2005)
	Área Urbana	Área Rural	Total			
Agua de Dios	2 Km2	82 Km2	84 Km2	400 msnm	27 ° C	11.822 Habitantes
Girardot	20Km2	109Km2	129 Km2	289 msnm	33 ° C	97.834 Habitantes
Jerusalén	1 Km2	235Km2	236 Km2	357 msnm	32 ° C	2.723 Habitantes
Nariño	2 Km2	52 Km2	54 Km2	263 msnm	27 ° C	2.092 Habitantes
Nilo	2 Km2	219 Km2	221 Km2	336 msnm	27 ° C	14.174 Habitantes
Guataqui	1 Km2	86 Km2	87 Km2	255 msnm	30 ° C	2.489 Habitantes
Ricaurte	10 Km2	120Km2	130Km2	284 msnm	28 ° C	8.145 Habitantes
Tocaima	3 Km2	243Km2	247Km2	400 msnm	28 ° C	17.196 Habitantes

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estadística Espacial

Estadística espacial es la reunión de un conjunto de metodologías apropiadas para el análisis de datos que corresponden a la medición de variables aleatorias en diversos sitios (puntos del espacio o agregaciones espaciales) de una región. De manera más formal se puede decir que la estadística espacial trata con el análisis de realizaciones de un proceso estocástico $\{Z(s): s \in D\}$. En el que $s \in \mathbb{R}^d$ representa una ubicación en el espacio euclidiano d -dimensional, $Z(s)$ es una variable aleatoria en la ubicación s y s varía sobre un conjunto de índices $D \subset \mathbb{R}^d$. (Henao, 2010)

En el desarrollo de esta investigación se utilizaron unos datos denominados Lattices definido como las ubicaciones s pertenecen a un conjunto D discreto y son seleccionadas por el investigador (D fijo). Estas pueden estar regular o irregularmente espaciadas. (Henao, 2010)

2.2 Autocorrelación Espacial

La autocorrelación espacial es la concentración o dispersión de los valores de una variable en un mapa, refleja el grado en que los objetos o actividades en una unidad geográfica son similares a otros objetos o actividades en unidades geográficas próximas. (Goodchild, 1987)

2.2.1 Autocorrelación Espacial Positiva

Fenómeno de asociación entre valores similares de una variable y localizaciones cercanas; es decir, cuando, en el espacio geográfico, los valores altos de una variable están rodeados por valores altos y viceversa. Éste sería el caso, del llamado efecto contagio o desbordamiento (“spillover”) que se produce en muchos fenómenos socioeconómicos de renta y desarrollo humano, en general, en los que su presencia en una región es causa de su extensión a regiones vecinas, favoreciendo la concentración del fenómeno en la zona.

2.2.2 Autocorrelación Espacial Negativa

Espacio cuando los valores altos de una variable se encuentran rodeados por valores bajos de la misma, y viceversa, como ocurre con la disposición de las casillas blancas y negras en un tablero de ajedrez. Esta configuración, en la que se produce una mayor disimilitud entre unidades geográficas cercanas que entre las lejanas es, por ejemplo, la que se produciría en fenómenos de jerarquías espaciales del tipo centro-periferia, en la que los centros de mayor

actividad económica están rodeados de regiones periféricas próximas con baja actividad.

2.2.3 Ausencia de Autocorrelación Espacial

Variable geográfica cuando ésta se distribuye de manera aleatoria sobre el espacio.

2.3 Índice de Moran

Moran Global (I), es un índice de co-variación entre diferentes zonas, por lo general el índice varía entre -1 a 1. Un valor 0 indica que no existe autocorrelación por el contrario habría autocorrelación. Si el valor es positivo indica que hay autocorrelación espacial positiva y en general podría existir concentración, mientras que un valor negativo indica que existe correlación negativa, que se interpreta como una dispersión superior a la que resultaría si se distribuyeran aleatoriamente. La expresión matemática del Índice de Moran Global es la siguiente:

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{dx}$$

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_i \sum_j W_{ij}) \sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

Ecuación 1 Índice de Moran Global

Donde N es el número de casos, x_i es el valor de la variable en un lugar determinado y x_j el valor de la variable en otro lugar (donde $i \neq j$), \bar{x} es la media de la variable y w_{ij} es un peso aplicado a la comparación entre la localización i y la localización j

El índice de Moran Local (I_i) es un índice de Moran aplicado a cada zona individualmente, considerando las demás áreas. Valores altos y bajos de I_i se identifican como puntos calientes y fríos, respectivamente (hot spot y cold spot). También se pudiera identificar valores extremos o atípicos (outliers), ya que su comportamiento rompe con la tendencia observada entre sus vecinos [26]. La expresión del Índice de Moran Local (I_i) se describe a continuación:

$$I_i = \frac{X_i - \bar{X} \cdot \sum_{j=1}^N W_{ij} (X_j - \bar{X})}{\sum S i^2}$$

Ecuación 2 Índice de Moran Local

Donde x es la intensidad de la media para todas las observaciones, X_i es la intensidad de la observación i ; X_j es la intensidad para todas las demás observaciones, (donde $X \neq j$), Si 2 es la diferencia al cuadrado de todas las

observaciones y W_{ij} es el peso a distancia para la iteración entre las observaciones i y j . El primer término X_i se refiere únicamente a la observación i , mientras que el segundo término X_j es la suma de los valores ponderados para todas las observaciones (sin incluir i). (Celestino ordoñez, 2008)

Para calcular los índices es necesario, en primer lugar, obtener una lista de vecinos para cada una de las áreas que, posteriormente, se utilizará para obtener una matriz de pesos. Los criterios de vecindad o contigüidad en que se basan los índices están referidos a fronteras comunes entre las áreas. Los criterios mencionados en la literatura, a semejanza de la localización de las piezas de un tablero de ajedrez y relacionadas con sus movimientos, son: reina, torre, alfil. Existen otros criterios relacionados con rangos de distancia, o k-vecinos, entre otros. Dos áreas serán o no vecinas según el criterio seleccionado.

- Intervalo de distancia: considera vecinas a las áreas que se encuentren a una distancia comprendida dentro de un intervalo dado. (Gonzalez, 2011)

2.4 Vecinos más cercanos

En este caso se consideran relaciones de distancia no simétricas bajo matrices de pesos estandarizadas. El criterio de vecindad de x sobre k -unidades más cercanas se define a a partir de distancias euclidianas, las demás $k+1$, $k+2$,..., $k+n$ se consideran no vecinas de x .

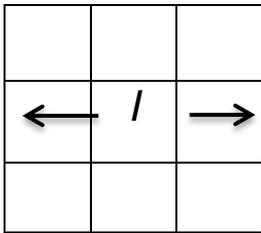
A partir de una cuadrícula regular, a continuación se presenta los criterios de contigüidad física o de vecindad que se definen para construir la matriz W .

- *Criterio lineal*. Serán vecinas de i las regiones que compartan el lado izquierdo o derecho de i
- *Criterio torre o rook*. Serán vecinas de i las regiones que compartan algún lado de i .
- *Criterio alfil o bishop*. Serán vecinas de i las regiones que compartan algún vértice con i .
- *Criterio reina o queen*. Serán vecinas de i las regiones que compartan algún lado o vértice con i .

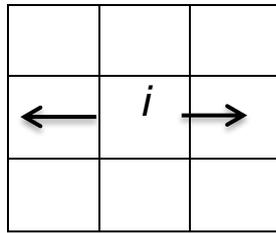
La manera más común de relacionar elementos espaciales es utilizando la matriz de pesos espaciales W , en la cual W_{ij} representa la intensidad de la interdependencia entre cada par de observaciones i y j . La matriz es cuadrada, simétrica, no estocástica y debe tener todos sus elementos finitos y no negativos. Para definir esa intensidad de interdependencia lo más sencillo es asignar valor $W_{ij} = 1$ si las unidades son físicamente adyacentes y $W_{ij} = 0$ si no lo son o son elementos de la diagonal principal. Para definir las unidades adyacentes a la unidad i se pueden sugerir los cuatro criterios.

Ilustración 8 Criterio de vecindad

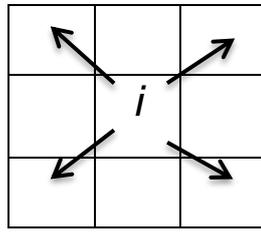
Criterio Lineal



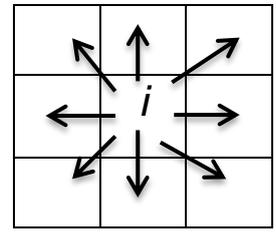
Criterio Torre



Criterio Alfil



Criterio reina



(Joan Carles Martori, 1999-2008)

El número de vecinos en el criterio 1 es 2, en los criterios 2 y 3 es 4, y en el criterio 4 es 8.

Esta matriz de contigüidad, también llamada matriz Booleana, es claramente simétrica, pero presenta limitaciones para determinar la interdependencia regional pues solo tiene en cuenta la adyacencia física dejando de lado algunas interdependencias diferentes a las físicas como de tipo comercial entre regiones que no son vecinas.

2.5 Matrices de Pesos Espaciales

Anselin (1988) define la matriz de pesos espaciales como la estructura que concreta la longitud de las interacciones posibles entre las unidades dentro de un sistema espacial y establece sus relaciones de interdependencia. Sea W una matriz de pesos espaciales como:

$$W = \begin{pmatrix} 0 & w_{12} & \dots & w_{1N} \\ w_{21} & 0 & \dots & w_{2N} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ w_{N1} & w_{N2} & \vdots & 0 \end{pmatrix}$$

Ecuación 3 Matriz de pesos espaciales

W Es una matriz cuadrada, no estocástica, con entradas no negativas y finitas que representan la interdependencia espacial entre las unidades geográficas. Las entradas no nulas corresponden a unidades espaciales con relación de contigüidad

Para definir los pesos de la matriz se pueden usar posteriormente criterios de distancia, los umbrales según la distancia euclidiana proporciones de la distancia total. (Henaó, 2010)

2.6 Gráficos Exploratorio

2.6.1 Triangulación de Delaunay

Una triangulación es una subdivisión de un área en triángulos. Una triangulación de una nube de puntos del plano es una familia máxima de triángulos de interiores disjuntos cuyos vértices son puntos de la nube y en cuyo interior no hay ningún punto de la nube. Puede obtenerse una triangulación añadiendo, mientras sea posible, segmentos rectilíneos que unan puntos de la nube que no atraviesen a los segmentos considerados anteriormente.

Considera como vecino de x a aquellas unidades que pueden ser conectadas mediante triángulos, tal que x sea al menos un vértice. (Jose Enrique Priego, 2002)

La triangulación Delaunay es probablemente el método más utilizado en los SIG actualmente, se trata de un método bidimensional puro: los triángulos se construyen con criterios geométricos en el plano de proyección, usando sólo las coordenadas x e y , independientemente del valor de altitud. (Felicísimo, 2004)

2.6.2 Criterio de Gabriel

Criterio Gabriel: Define $d(x, y) \leq \min(d(x, y)^2, d(y, z)^2)^{\frac{1}{2}}$, $x, y, z \in Z$ como el conjunto total de unidades geográficas.

2.6.3 Vecino Relativo

Este criterio considera $d(x, y) \leq \min(\max d(x, y), d(y, z))^{\frac{1}{2}}$

2.6.4 Esfera de Influencia

Resulta al definir un conjunto de puntos finitos S y r_x la distancia entre el punto x y su vecinos más cercano en S , sea c_x una circunferencia centrada en x , bajo este criterio de unidades x e y y se consideran vecinos si c_x y c_y intersecan al menos dos puntos.

2.6.5 Cartograma

Diagrama que muestra datos cuantitativos asociados a áreas, mediante la modificación de los tamaños de las unidades de enumeración. Aporta información mediante la distorsión de las superficies reales, utilizando cada superficie de enumeración a mano de una símbolo proporcional que aumenta o disminuye siempre en función de los correspondientes valores. (Geomática, 2002)

2.6.6 Histograma

Es una gráfica de la distribución de un conjunto de datos. Es un tipo especial de gráfica de barras, en la cual una barra va pegada a la otra, es decir no hay espacio entre las barras. Cada barra representa un subconjunto de los datos. Muestra la acumulación ó tendencia, la variabilidad o dispersión y la forma de la distribución. (México, 2009)

2.6.7 Diagrama de Caja

Diagrama de caja es un tipo de gráfico que nos permite interpretar los datos para las variables, a través de cuál podemos observar cuartiles, valores mínimo y máximo, mediana y los valores atípicos. Muestra los cinco estadísticos: la mediana, los percentiles 25 y 75 mínimo y máximo que resultan muy útiles para mostrar la distribución de una variable de escala y una serie de valores (atípicos y extremos) que junto con la mediana y la propia caja proporcionan información bastante completa sobre el grado de dispersión de los datos y el grado de asimetría de la distribución. (Bakieva, 2010)

2.6.8 Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE)

Puede definirse como el conjunto de técnicas que describen y visualizan las distribuciones espaciales, identifican localizaciones atípicas o “atípicos espaciales” (“spatial outliers”), descubren esquemas de asociación espacial, agrupamientos (“clusters”) o puntos calientes (“hot spots”) y sugieren estructuras espaciales u otras formas de heterogeneidad espacial (Anselin, 1999). Por tanto, el AEDE se correspondería con los métodos de estadística descriptiva espacial. (Yrigoyen, 2003)

3. ESTADO DEL ARTE

La historia, registra como primeros casos documentados, en el desarrollo de los Sistema de Información Geográfica en los principios de 1832 encabezado por el geógrafo francés Carlos Picquet cuando aplicó el análisis espacial en la epidemiología. Desde allí, John Snow usó el método geográfico para resolver el brote de cólera en 1854. En el siglo XX, se hace relevante la aplicación de las coordenadas geográficas a las diferentes disciplinas que se exploran en la época del florecimiento de los SIG. Lo anterior conlleva a implementar de forma definitiva el análisis espacial en los estudios de Salud Pública. La integración de las ciencias geográficas a los estudios de salud mediante sistemas de información geográfica es un fenómeno relativamente novedoso. “Conceptos básicos de información y análisis espaciales, asociados a componentes instrumentales para la elaboración de mapas auxiliados por la computación, han sido esenciales en este proceso” (OPS, 2002).

Los SIG han sido utilizados tradicionalmente para analizar la asociación entre medioambiente y enfermedad. En la década de los 90 se amplía las aplicaciones de los SIG en el análisis epidemiológico dada la necesidad de incrementar la eficiencia de los programas de salud en su toma de decisiones debido a la limitación de recursos. (OPS, 1996)

El estudio de la distribución geográfica y la asociación espacial de los eventos de salud puede denominarse epidemiología espacial. La incorporación de la perspectiva espacial a los estudios de salud lleva importantes contribuciones al entendimiento de los procesos de salud-enfermedad y que puede conducir a diferentes resultados de aquellos obtenidos en los estudios que no consideran el espacio geográfico.

Un estudio realizado en el 2013 en la ciudad de Medellín en donde se elabora un análisis de la distribución espacial de casos e incidencia del dengue entre los años 2007 a 2011 en donde mediante la dirección y utilizando Arcgis ubican los lugares o zonas con mayor prevalencia, los años endémicos y epidémicos que se presentaron en el periodo.

Una investigación realizada en Alfenas-Minas Gerais, Brasil en un periodo de 2001 a 2010, desarrollan un análisis y distribución espacial del dengue y la atención primaria en salud de los casos confirmados en la ciudad mediante unos datos secundarios notificados con la enfermedad. La mayor tasa de incidencia y concentración se denota en los años 2002, 2007, 2010 en donde se concluye que la distribución espacial es heterogénea por el territorio con densidad más elevada en las zonas desprovistas de APS (Atención Primaria en Salud) (Murillo de Nacimiento 2013)

Otra investigación realizada en el estado de São Paulo acerca de un análisis espacial de la mortalidad neonatal 2006-2010 llevando a cabo un estudio ecológico y exploratorio con datos en 63 microrregiones obtenidos de

(DATASUS) Departamento de Información e Informática del Sistema Unido de Salud. Utilizaron TerraView4.2.1 para el análisis espacial, se evaluó la autocorrelación espacial de las tasas de mortalidad por el Índice Global de Moran (I) utilizado para identificar las áreas de grupos con riesgos similares para la autocorrelación de cada área y las áreas vecinas como resultado en este periodo de tiempo se registraron 3.000.158 nacido vivos hubo 18.448 muertes tempranas neonatales (6,2 / 1000 nacidos vivos), 7.510 muertes neonatales tardías (2,5 / 1000 nacidos vivos. Se generaron mapas temáticos con las tasas de mortalidad neonatal, con los resultados de este análisis pretendían que los administradores de salud implementaran políticas para reducir le mortalidad neonatal. (Milena Cristina Silva Almeida, 2014)

A nivel mundial el departamento de Vigilancia de enfermedades transmisibles de la OMS y el UNICEF han diseñado un SIG denominado Health Mapper, aplicado en 1993 al programa de erradicación del gusano de guinea, que actualmente ya incluye la aplicación a otras enfermedades y a otros programas de salud pública.

El análisis espacial es el conjunto de procedimientos de estudio de los datos geográficos en los que se considera de alguna manera sus características espaciales (Bosque 1992). Para el desarrollo de este proyecto se utilizarán las herramientas técnicas que componen el análisis espacial “Cualitativas, Cuantitativas, Representaciones gráficas y Sistemas de Información Geográfica” (A. & ORTIZ).

Con base en el estudio de las variables en la provincia del Alto Magdalena se generará la autocorrelación existente entre los municipios que la conforman y la influencia que presenta cada uno en la propagación del virus.

4. BASES TEÓRICAS

4.1 Chikungunya

La Fiebre Chikungunya (CHIK) es una enfermedad emergente transmitida por mosquitos y causada por un alfavirus, el virus chikungunya (CHIKV). Esta enfermedad es transmitida principalmente por los mosquitos *Aedes aegypti* y *Ae albopictus*, las mismas especies involucradas en la transmisión del dengue.

Es un virus ARN que pertenece al género *Alfavirus* de la familia *Togaviridae*. El nombre chikungunya deriva de una palabra en *Makonde*, el idioma que habla el grupo étnico *Makonde* que vive en el sudeste de Tanzania y el norte de Mozambique. Significa a grandes rasgos “aquel que se encorva” y describe la apariencia inclinada de las personas que padecen la característica y dolorosa artralgia. (Paho, 2015)

4.2 Desarrollo Histórico

La enfermedad se da en África, Asia y el subcontinente indio. En África las infecciones humanas han sido relativamente escasas durante varios años, pero en 1999-2000 hubo un gran brote en la República Democrática del Congo, y en 2007 hubo un brote en Gabón.

En febrero de 2005, comenzó un importante brote en las islas del Océano Índico, con el cual se relacionaron numerosos casos importados en Europa, sobre todo en 2006 cuando la epidemia estaba en su apogeo en el Océano Índico. En 2006 y 2007 hubo un gran brote en la India, por el que también se vieron afectados otros países de Asia Sudoriental. Desde 2005, la India, Indonesia, las Maldivas, Myanmar y Tailandia han notificado más de 1,9 millones de casos. En 2007 se notificó por vez primera la transmisión de la enfermedad en Europa, en un brote localizado en el nordeste de Italia en el que se registraron 197 casos, confirmándose así que los brotes transmitidos por *Ae. albopictus* son posibles en Europa.

En diciembre de 2013, Francia notificó dos casos autóctonos confirmados mediante pruebas de laboratorio en la parte francesa de la isla caribeña de St. Martin. Este fue el primer brote documentado de fiebre chikungunya con transmisión autóctona en las Américas. Desde entonces se ha confirmado la transmisión local en más de 43 países y territorios de la Región de las Américas. Hasta abril de 2015 se habían registrado 1 379 788 casos sospechosos de chikungunya en las islas del Caribe, los países de América Latina y los Estados Unidos de América; en el mismo periodo se han atribuido 191 muertes a esta enfermedad. En Canadá, México y los Estados Unidos de América también se han registrado casos importados.

El 21 de octubre de 2014, Francia confirmó 4 casos adquiridos localmente en Montpellier. Desde finales de 2014 se han notificado brotes en las islas de Pacífico. En la actualidad hay un brote en las Islas Cook y las Islas Marshall; el

número de casos ha disminuido en la Polinesia francesa, Kiribati, Samoa y Samoa americana. (OMS, 2015)

4.3 Transmisión por el vector

Tanto *Ae. Aegypti* como *Ae. Albopictus* se han visto implicados en grandes brotes de fiebre chikungunya. Mientras que *Ae. Aegypti* está confinado a las zonas tropicales y subtropicales, *Ae. Albopictus* también está presente en regiones templadas, e incluso templadas-frías. En los últimos decenios *Ae. Albopictus* ha salido de Asia y se ha establecido en algunas zonas de África, Europa y las Américas.

En comparación con *Ae. Aegypti* la especie *Ae. Albopictus* prospera en una variedad más amplia de acumulaciones de agua que le sirven de criaderos. (OMS, 2015)

4.4 Forma de Transmisión

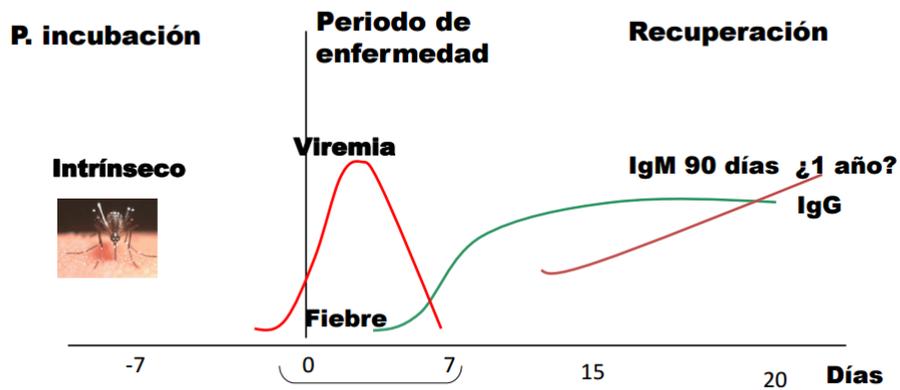
El virus se transmite de una persona a otras por la picadura de mosquitos hembra infectados. Generalmente los mosquitos implicados son *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* dos especies que también pueden transmitir otros virus, entre ellos el del dengue. Estos mosquitos suelen picar durante todo el periodo diurno, aunque su actividad puede ser máxima al principio de la mañana y al final de la tarde. Ambas especies pican al aire libre, pero *Ae. Aegypti* también puede hacerlo en ambientes interiores.

La enfermedad suele aparecer entre 4 y 8 días después de la picadura de un mosquito infectado, aunque el intervalo puede oscilar entre 2 y 12 días. (OMS, 2015)

4.5 Epidemiología

- Las tasas de ataque en epidemias recientes oscilaron entre 38%–63%.
 - Entre el 3% y el 28% tienen infecciones asintomáticas.
 - 0.3 % pueden hacer formas atípicas o severas
 - Hay transmisión vertical (transplacentaria) en 0.3% del total de nacimientos durante el periodo epidémico
- Letalidad estimada en 0.08% o 1 por cada mil habitantes. Grupos de riesgo: recién nacidos, adultos mayores y personas con enfermedades crónicas (OMS, 2015).

Ilustración 9 Curso clínico del virus



Fuente: Preparación y respuesta ante la introducción del virus chikungunya en las américas. PAHO/CDC (ahead of publication). 2011.

Tabla 2 Factores de riesgo para el virus.

Factor Determinante	Factores de Riesgo
Espacial	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento Global • Fenómeno de "El Niño" • Precipitaciones fluviales frecuentes • Latitud, Altitud y Temperatura • Humedad relativa de moderada a alta

En el plan Nacional de respuesta frente a la introducción del Virus del Chikungunya en Colombia definen los tipos de casos que se pueden presentar:

- Sin casos: ausencia de casos tanto importados como autóctonos.
- Casos importados: casos procedentes de otros países y que llegan al país durante el periodo de transmisibilidad y/o la fase clínica de la enfermedad.
- Casos autóctonos: casos originarios de Colombia en personas que no hayan salido del país mínimo quince días antes de presentar síntomas.

También definen los escenarios epidemiológicos para la transmisión del virus:

- Escenario pre Epidémico: Ausencia de circulación viral con presencia de factores de riesgo, que permiten la transmisión del virus y su receptividad. Presencia de casos importados aislados no virémicos.

- Escenario Epidémico: Presencia de transmisión viral autóctona y activa con presencia de más de un caso en personas que no hayan salido de Colombia.

- Escenario Endemo -epidémico: Presencia de transmisión viral autóctona y detección de circulación viral sostenida y activa con presencia de más de un caso en personas que no hayan salido de Colombia.

5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

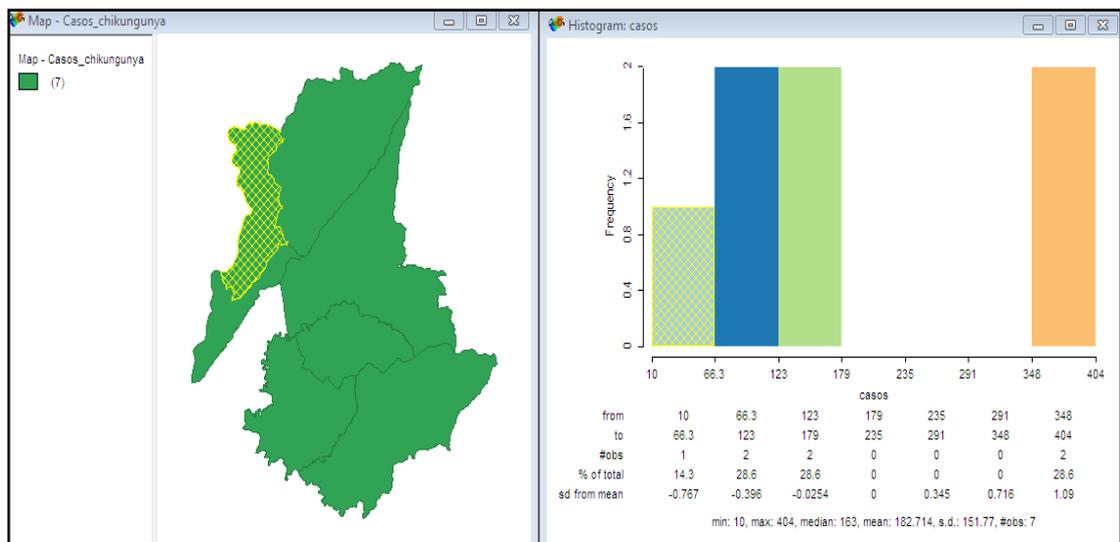
Se utiliza el software Geoestadístico Geoda y R 3.2 con el cual se generan una gráficas demostrando la distribución de los casos en cada Municipio.

Debido a que el Municipio de Girardot presenta gran cantidad de casos en comparación a los demás municipios se define como dato atípico lo cual para la representación gráfica y análisis estadístico se excluye. La provincia con los 7 Municipios hasta la semana 34 del 2015 registró 1279 casos notificados por los centros de salud al INS.

5.1 Gráfico de Histograma

- La distribución de los datos en el histograma se comporta de manera irregular debido a que no se presenta una agrupación en los rangos de la muestra.
- El Municipio de Guataquí es el que menor cantidad de casos presenta con un total de 10 y el Municipio de Tocaima con una mayor totalidad siendo de 404 casos.
- El eje vertical demuestra la cantidad de frecuencias y el eje horizontal la cantidad de casos distribuido en rangos de 56.3
- Demuestra el resumen gráfico de los valores producidos por las variaciones de casos presentes en cada uno de los 7 Municipios de la Provincia.

Ilustración 10 Histograma de los casos en la provincia en Geoda



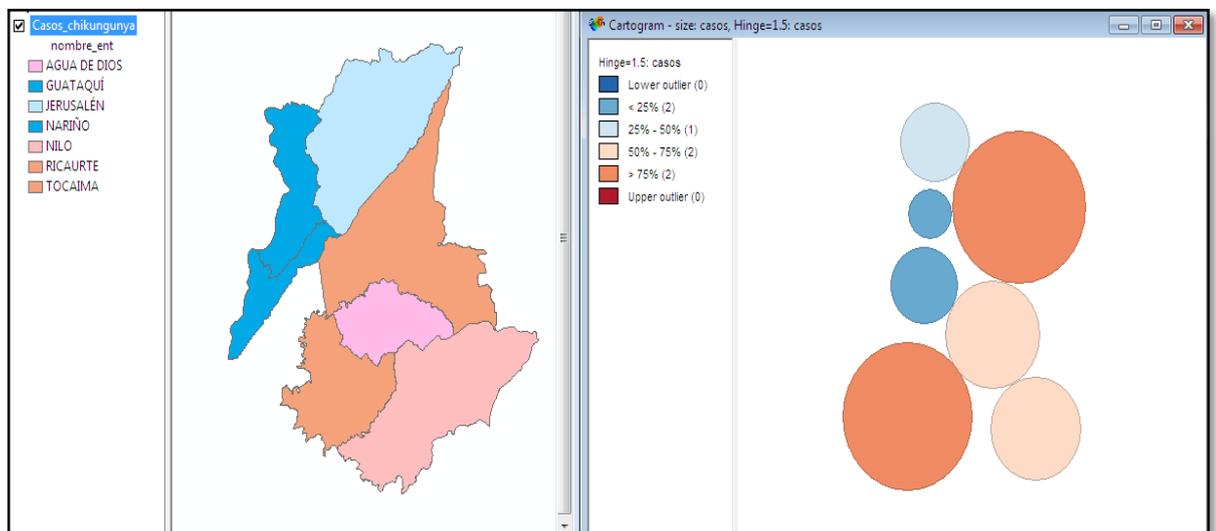
5.2 Cartograma de la provincia

El cartograma representa las unidades geográficas conservando sus posiciones relativas representadas mediante círculos, y la superficie es proporcional al número de casos que presenta cada Municipio.

Los círculos naranjas corresponden a los Municipios de Ricaurte y Tocaima que representan más del 75% del tamaño siendo los que mayor número de casos presentan.

Demuestra superficies en las cuales el tamaño y forma que representan las variables plasmadas es diferente a la cartografía que se tiene.

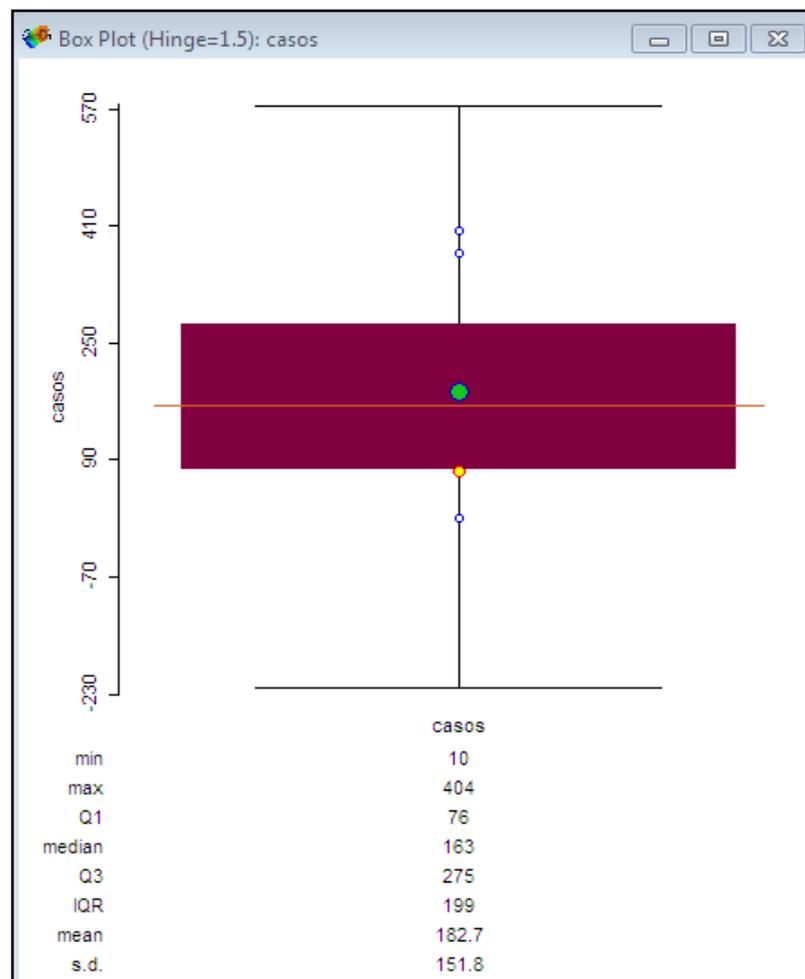
Ilustración 11 Cartograma de la provincia en Geoda



5.3 Diagrama de Caja Provincia.

- El valor mínimo de la muestra de datos es 10, el cual corresponde al municipio de Guataqui.
- El Valor máximo de la muestra es 404, que corresponde al Municipio de Tocaima.
- La Media de los datos es 182.7
- La Mediana de los datos es 163 que corresponde al valor medio de la muestra de datos.
- La caja contiene el 50% de los datos entre los cuales se encuentran los Municipios de Jerusalén, Nilo y Agua de Dios.
- La distribución de los datos es asimétrica, debido a que la mediana no se encuentra en el centro de la caja

Ilustración 12 Diagrama de Caja de la provincia



Fuente: Elaboración propia con información de la provincia.

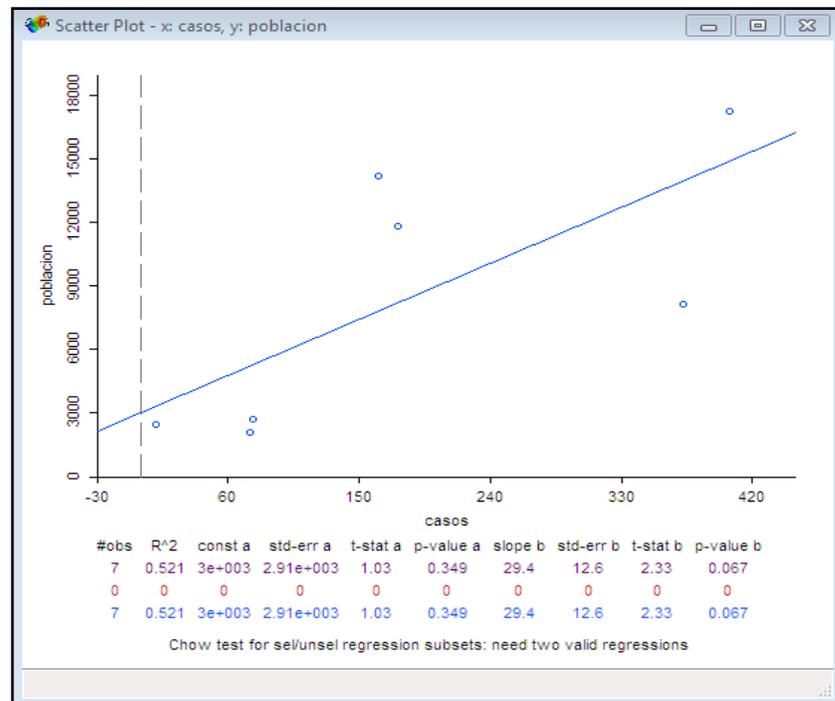
5.4 Diagrama de Dispersión de la provincia

El diagrama de dispersión muestra una línea perpendicular a una serie de puntos distribuidos de manera irregular que demuestran la totalidad de casos con respecto a la población.

La distribución de los casos muestra una correlación nula, debido a que los puntos no tienen relación en x e y.

Representa la relación gráfica entre dos variables cuantitativas (Población-casos) en donde se muestra la distribución de puntos no uniforme.

Ilustración 13 Diagrama de dispersión de la provincia

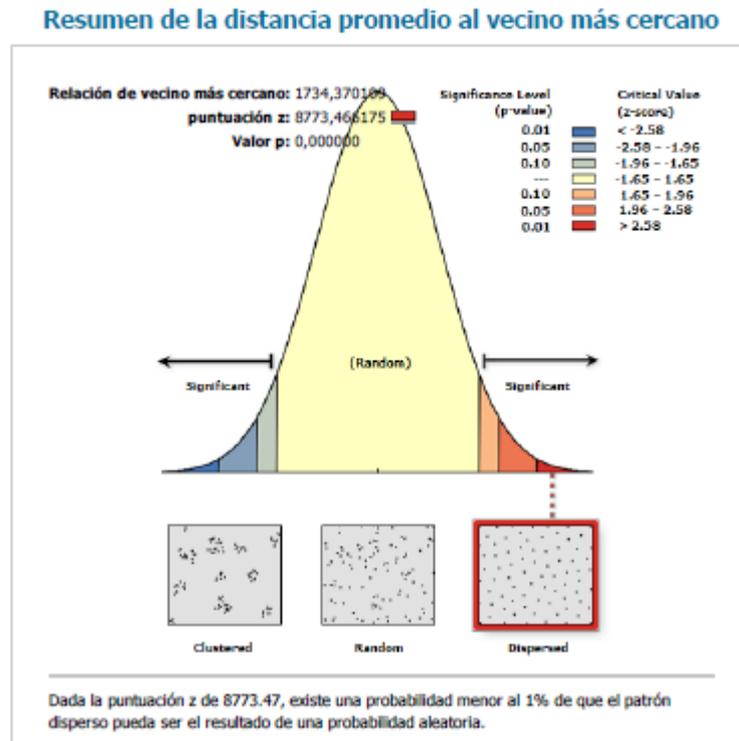


Fuente: Elaboración propia con información de la provincia.

5.5 Distancia Promedio al vecino más cercano

Los valores arrojados por la distribución, demuestran que los casos del Chikungunya se encuentran dispersos, ya que la cantidad de datos representada no tiene un valor considerable.

Ilustración 14 Resumen de la distancia promedio al vecino mas cercano Arcgis



Resumen de la distancia promedio al vecino más cercano

Distancia media observada:	10635,018639 Meters
Distancia media esperada:	6,131920 Meters
Relación de vecino más cercano:	1734,370109
puntuación z:	8773,466175
Valor p:	0,000000

Información de dataset

Clase de entidad de entrada:	provincia
Método de distancia:	EUCLIDEAN
Área de estudio:	1052,812377
Conjunto de selección:	True

file:///C:/Users/SEBAS/Documents/RcoGISNearestNeighbor_Result1.html

12

Fuente: Elaboración propia con información de la provincia.

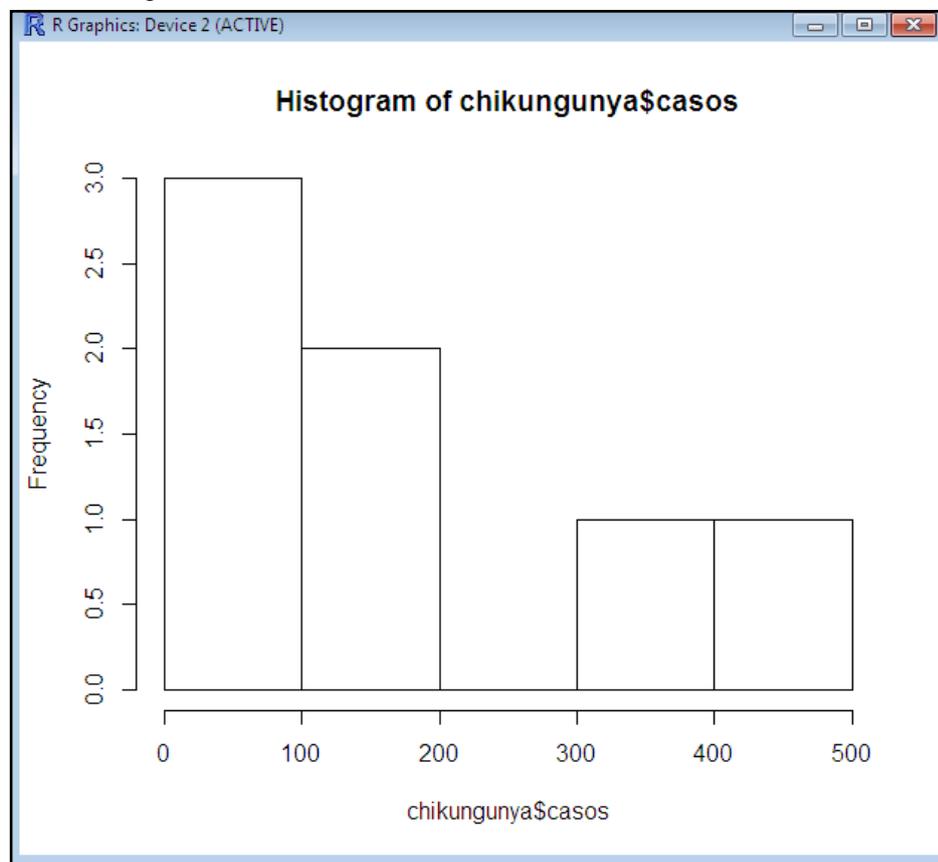
5.6 Histograma en R

La distribución en el histograma realizado en R (software estadístico) genera un gráfico en donde los casos se demuestran en rangos de 100 con frecuencia máxima de 3,0 y mínima de 0,0 para los 7 Municipios de la Provincia.

En el rango de 200 a 300 no se presenta frecuencia debido a que los Municipios no presentan tan cantidad de casos.

De 0 a 100 es donde se presenta la mayor de frecuencia, en la cual se encuentran los municipios con menor cantidad de casos.

Ilustración 15 Histograma en R



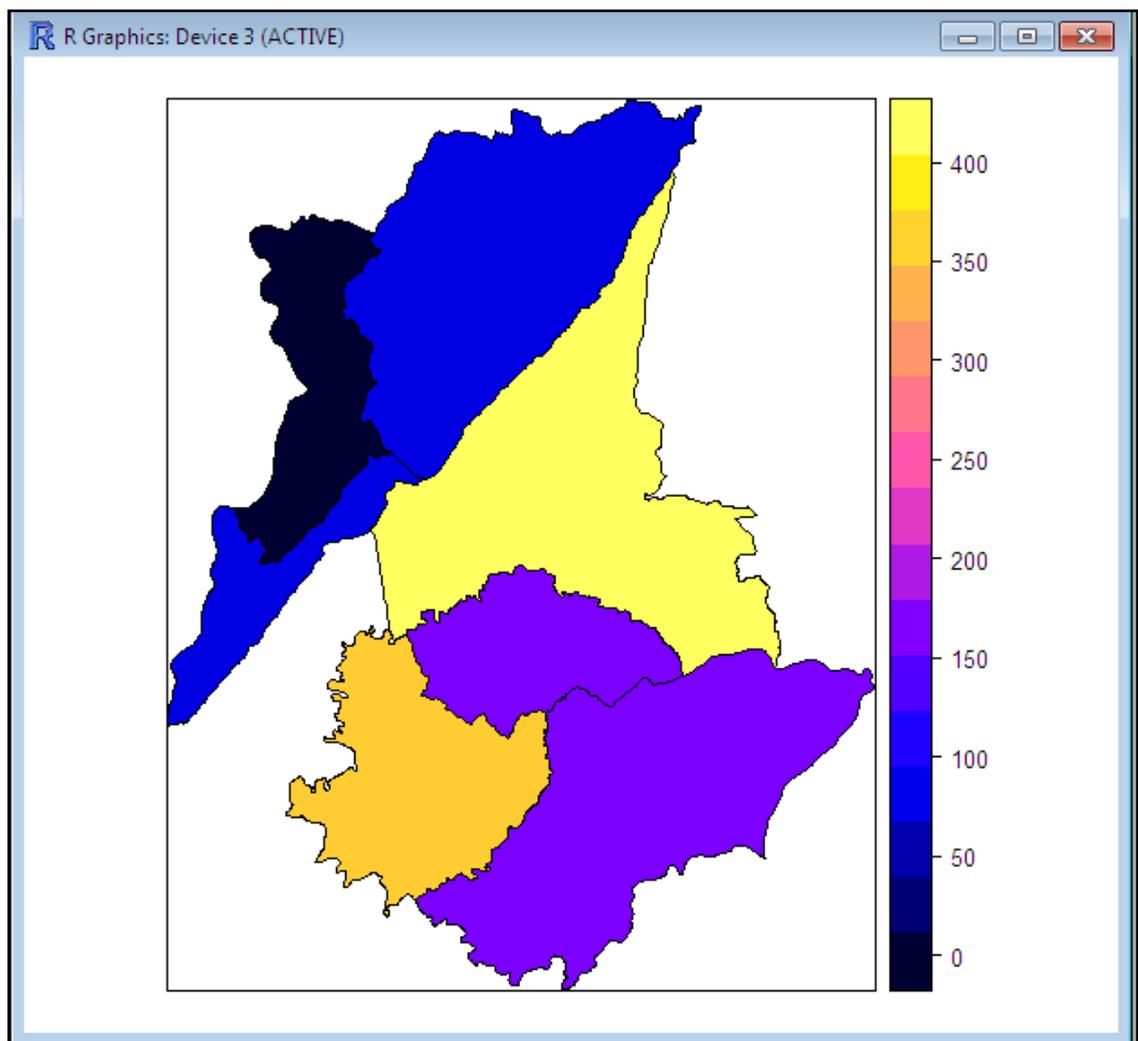
Fuente: Elaboración propia con información de la provincia.

5.7 Mapa de Coropletas de la provincia en R

El mapa de coropletas representa la superficie usando colores, los cuales corresponde al número de casos de cada municipio, aquellos de tonalidad oscura demuestran menor cantidad y los de que tienden a ser más claros presentan mayor cantidad.

El mapa de coropletas muestra una barra lateral en donde se divide por cantidad y asigna colores según corresponda.

Ilustración 16 Mapa de Coropletas



Fuente: Elaboración propia con información de la provincia

Ilustración 17 Resultado ejecución código R

```

      Moran's I test under randomisation

data:  lattice$casos
weights: knn2W1

Moran I statistic standard deviate = 0.28636, p-value = 0.7746
alternative hypothesis: two.sided
sample estimates:
Moran I statistic      Expectation      Variance
      -0.07668708      -0.16666667      0.09873215
```

Mediante un código ya determinado con sus respectivas formulas del Índice de Moran, el cual ingresamos en R, se obtiene como resultado de la autocorrelación espacial de la muestra de datos:

Índice de Moran: -0.07668708 lo que corresponde a una autocorrelación negativa por que la muestra está compuesta por valores altos y bajos no teniendo continuidad.

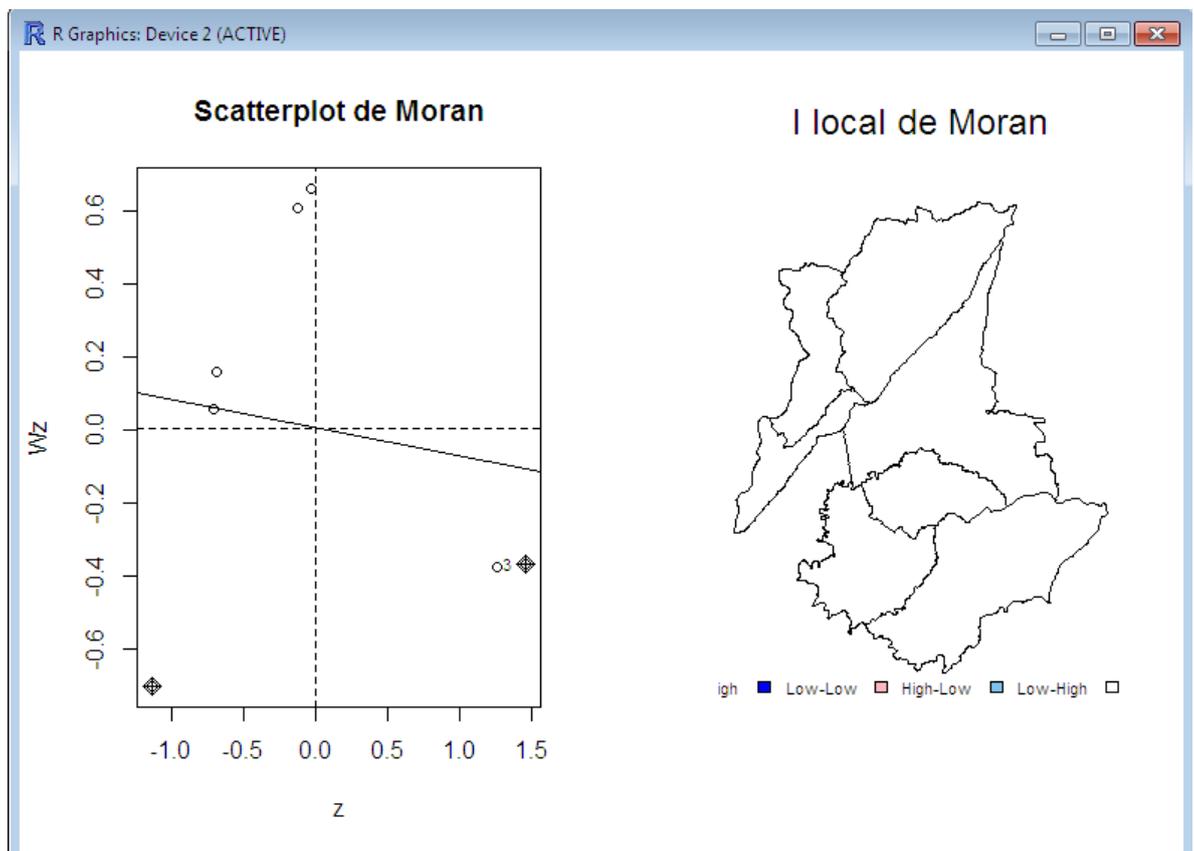
Varianza: 0.09873215

5.8 Gráfico Scatterplot de Moran y Mapa LISA

La mayor cantidad de localizaciones corresponden al cuadrante IV del gráfico; se encuentran en el cuadrante II una agrupación de tres entidades aglomeradas en una misma ubicación en el plano.

El mapa de LISA “Local Indicator of Spatial Association” (Indicador Local de Asociación Espacial) representa aquellas localizaciones con valores significativos en indicadores estadísticos de asociación espacial local (Getis y Ord, 1992; Anselin, 1995B; Ord y Getis, 1995; Unwin, 1996)

Ilustración 18 Gráfico de Scatterplot de Moran y Mapa Lisa



Fuente: Elaboración propia con información de la provincia

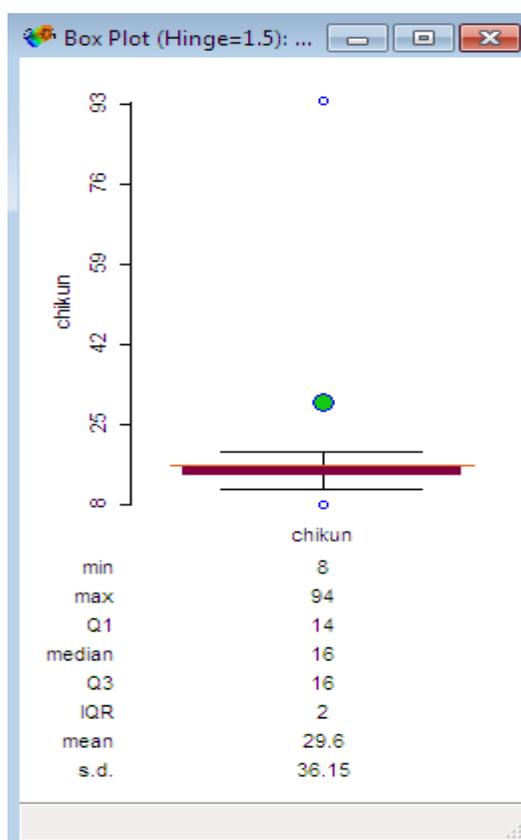
Como se mencionó anteriormente Girardot por ser un dato atípico en la muestra de datos de la provincia se decidió implementar los métodos estadísticos para el Municipio esta vez dividido en Comunas (5).

La base de datos que registra los casos de la enfermedad fueron solicitados a la secretaria de Salud del Municipio en la cual la mayoría no están sujetos a un componente espacial (Dirección), se tomó como muestra una cantidad de 148 datos los cuales fueron geocodificados en Google Earth Pro y cargados en ArcGIS para su respectiva demostración cartográfica y análisis estadístico.

5.9 Gráfico diagrama de caja comunas Girardot

- La distribución de la variable en el diagrama de caja demuestra que se presentan dos datos atípicos.
- La comuna que presenta mayor cantidad de casos es la centro, con un totalidad de 94.
- La comuna que presenta menor cantidad de casos es la Oriente, con una totalidad de 8.
- La variable se comporta de manera asimétrica, debido a que la media no se encuentra en el centro de caja.

Ilustración 19 Diagrama de Caja comunas Girardot

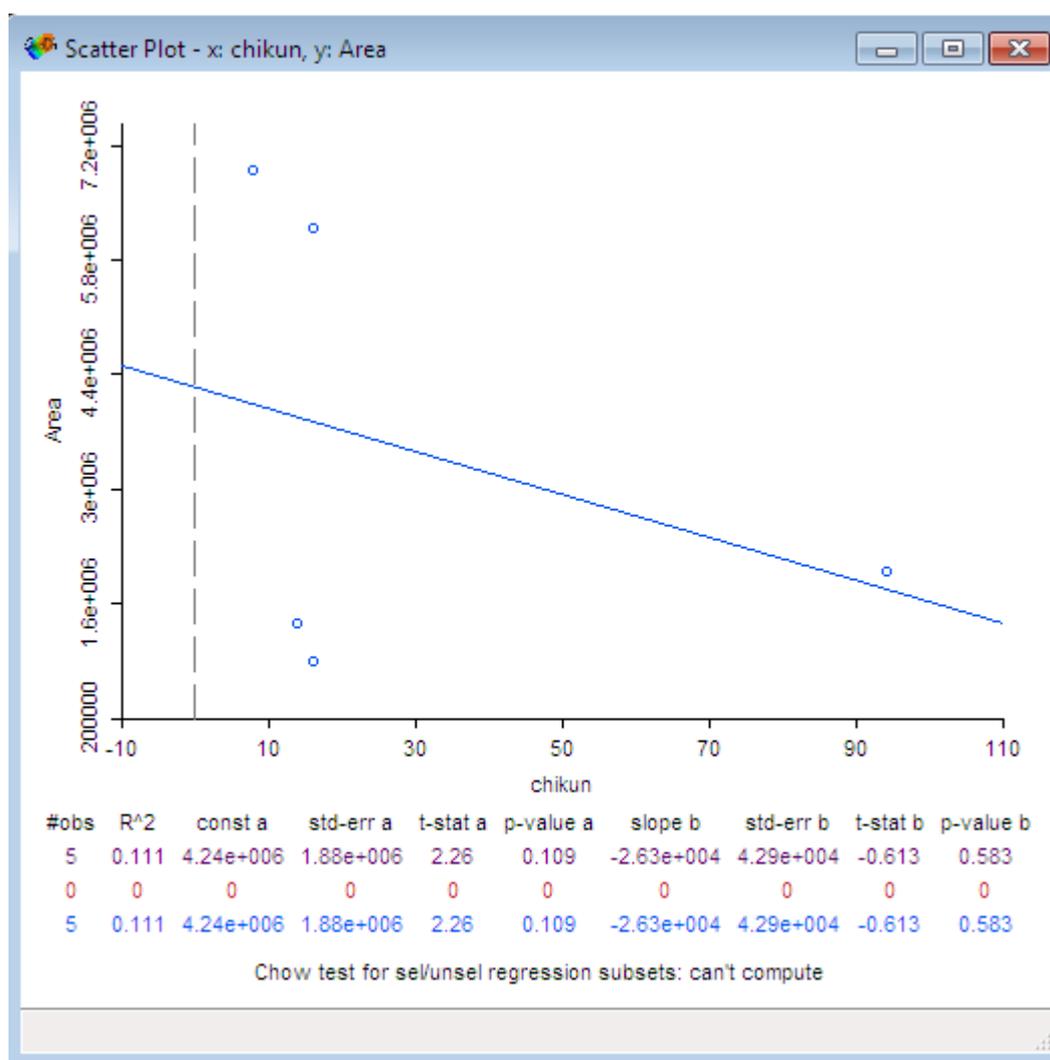


Fuente: Elaboración propia con información del Municipio de Girardot

5.10 Gráfico diagrama de dispersión de comunas Girardot

En el diagrama de dispersión se compara el área total de cada comuna con el número de casos el cual no representa una distribución agrupada, debido a que el área no es proporcional al número de casos.

Ilustración 20 Diagrama de Dispersión comunas Girardot



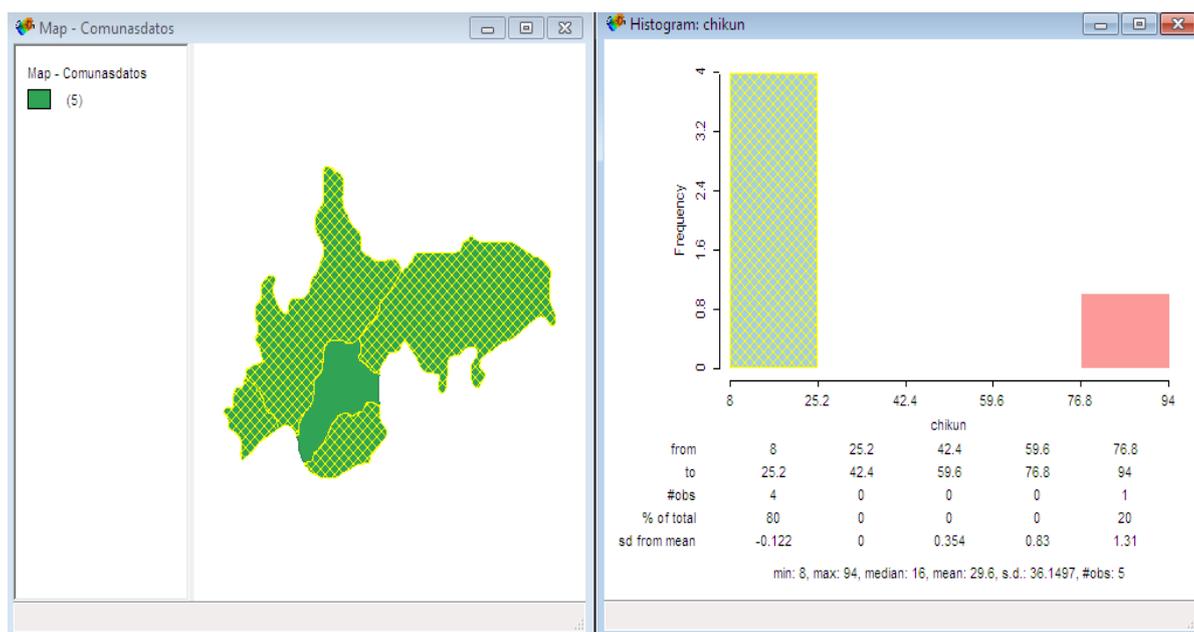
Fuente: Elaboración propia con información del Municipio de Girardot

5.11 Gráfico histograma comunas Girardot

El histograma demuestra que en el rango de 0 a 23,6 se acumulan 4 comunas de la muestra de 5.

La comuna centro es la que mayor cantidad de casos presenta, con un rango entre 76.8 y 94.

Ilustración 21 Histograma Comunas Girardot

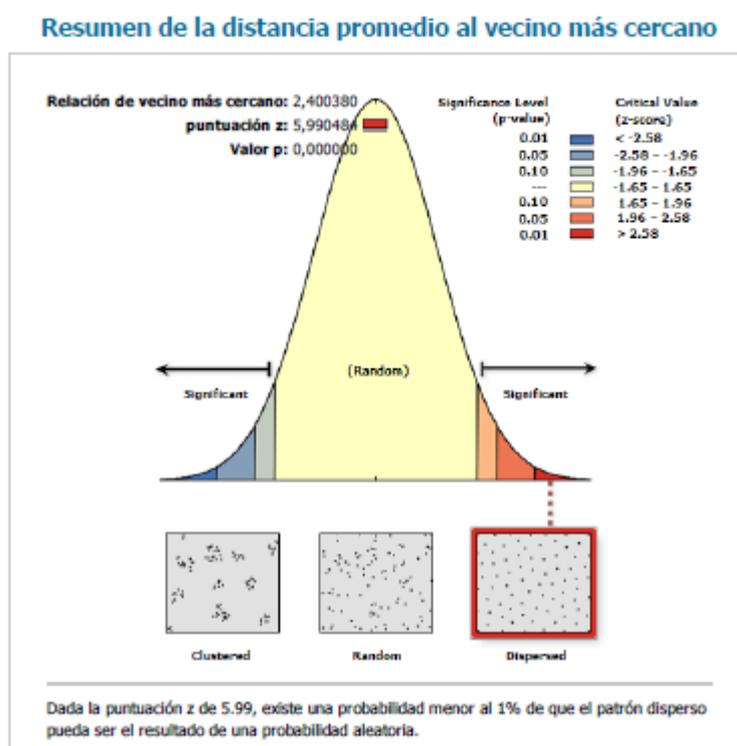


Fuente: Elaboración propia con información del Municipio de Girardot

5.12 Informe Distancia promedio vecino más cercano comunas Girardot (Arcgis)

El informe generado en ArcGIS mediante la caja herramienta ArcToolbox en la herramienta de análisis espacial. Se demuestra que la distribución de los datos es dispersa.

Ilustración 22 Distancia promedio vecino más cercano en Arcgis Comunas Girardot



Resumen de la distancia promedio al vecino más cercano

Distancia media observada:	1680,451617 Meters
Distancia media esperada:	700,077239 Meters
Relación de vecino más cercano:	2,400380
puntuación z:	5,990484
Valor p:	0,000000

Información de dataset

Clase de entidad de entrada:	COMUNAS
Método de distancia:	EUCLIDEAN
Área de estudio:	9802162,810758
Conjunto de selección:	False

Fuente: Elaboración propia con información del Municipio de Girardot

6. CONCLUSIONES

- Por medio del desarrollo de métodos y software estadísticos, se demuestra que la autocorrelación espacial de los datos en la provincia del Alto Magdalena es negativa debido a que la cantidad de casos de cada municipio presentan un comportamiento aleatorio con una significativa diferencia entre el mayor y menor valor.
- Se determina que los factores espaciales en los cuales se es posible la producción y transmisión del vector del virus se hace efectivo con criterios como: Altura inferior a los 2200 msnm y Temperatura, los cuales fueron demostrados con su respectiva cartografía temática.
- El municipio de Girardot es que mayor índice de casos presenta con un total de 8.973 hasta la semana 34 del año 2015, reportados por el SIVIGILA.
- El Municipio de Girardot cuenta con una población de 97.834 habitantes, además de los factores espaciales aptos para la proliferación del virus, lo cual hizo que el 9.2% de la población se viera afectada; su cercanía con los Ríos Magdalena y Bogotá influyó en la propagación.
- La comuna centro de Girardot es la que mayor presencia de casos registra, debido a que en esta es donde se concentra la mayor cantidad de población del Municipio.
- La cantidad de casos de la provincia corresponden al 3% de la totalidad Nacional.
- Los gráficos estadísticos demuestran el comportamiento y distribución del virus siendo de utilidad para la comprensión y análisis de los datos representados.

7. ANEXOS

Se anexan los mapas elaborados en el desarrollo del proyecto

8. BIBLIOGRAFÍA

- A. & ORTIZ, L. (s.f.). Análisis Espacial. *B digital Universidad Nacional Colombia*, 3-5.
- Bakieva, M. G.-B.-G.-J. (2010). SPSS: GRÁFICOS. 1-2.
- BUZAI, G. D. (2013). ANÁLISIS ESPACIAL CON SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. *Gesig*, 3-8.
- Celestino ordoñez, M. V. (2008). Desarrollo de un Sig para el analisis de patrones espaciales de incendios en viviendas. *SIGTE*, 3-5.
- Colombia, B. d. (s.f.). Analisis espacial. *Bdigital*, 1-3.
- Felicísimo, A. M. (2004). Mordelo Digital de Elevaciones . 23-26.
- Geomática, R. (2002). Cartogramas. 1-2.
- Gonzalez, V. (2011). Desarrollo de un SIG para el análisis de patrones espaciales de incendios en viviendas. *Revista internacional de ciencia y tecnología de la informacion geografica*, 6.
- Goodchild. (1987). A spatial analytical perspective on geographical information. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1, 327-334. .
- Goodchild. (22 de Mayo de 1987). Autocorrelación Espacial Territorial. *Sitios Items*, 3-5. Obtenido de Naciones Unidas Cepal.
- H.A, G. S. (2001). Sistemas de Información geografica para el análisis de Catastrofes Urbanas. *Universidad de las America Puebla*, 1-5.
- Henao, R. G. (2010). *Introduccion a la Geostadistica*. Bogota: Universida Nacional de Colombia.
- (s.f.). *Introducción a la Cartografía Temática*.
- Jhonny Moncada Mesa, D. H. (2013). Convergencia en calidad de vida en Medellín 2004–2011. Un análisis espacial no paramétrico. *Science Direct*, 1-4.
- Joan Carles Martori, K. H. (1999-2008). DIEZ AÑOS DE CAMBIOS EN EL MUNDO, EN LA GEOGRAFÍA Y EN LAS CIENCIAS SOCIALES. 4-6.
- Jose Enrique Priego, M. J. (2002). LA TRIANGULACIÓN DE DELAUNAY APLICADA A LOS MODELOS. *Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría*, 2.
- Libardo Londoño, D. H. (2007). SIG y teoría de percolación aplicados al estudio de fenómenos de propagación en epidemiología. 1-3.

- México, U. N. (2009). HISTOGRAMA . 1-4.
- Milena Cristina Silva Almeida, C. M. (2014). Análisis espacial de la mortalidad neonatal en São Paulo, 2006-2010. *Science Direct*, 1-7.
- Murillo do Nascimento, A. R. (2013). Análisis espacial del dengue y la atención primaria de salud en Alfenas, Minas Gerais, Brasil. *Science Direct*, 1-4.
- Nelson Enrique Arenasa, b. L.-Á.-M.-M. (2013). Análisis sociodemográfico y espacial de la transmisión de la tuberculosis en la ciudad de Armenia (Colombia). *Science Direct*, 1-5.
- OMS. (2015). *Organizacion Mundial de la Salud*. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs327/es/>
- OPS. (1996). *Uso de los Sistemas de Información Geografica en Epidemiologia*.
- Paho. (20 de 08 de 2015). *Organizacion Panamericana de la Salud*. Obtenido de <http://www.paho.org>
- Rosa Gisperta, J. G. (2008). Mortalidad por Cancer de estómago en Cataluña: distribución geográfica y evolución temporal entre 1986 y 2000. *Science Direct*, 1-3.
- Rosario, S. d. (2010). *Mortalidad Infantil: Análisis de Correlación Espacial*. Rosario Argentina.
- Salud, I. N. (2015). *Instituto Nacional de Salud*. Obtenido de <http://www.ins.gov.co/Paginas/inicio.aspx>
- Salud, M. d. (2014). *Plan de respuesta frente a la Fiebre por el Virus del Chikungunya*. Bogotá D.C.
- Salud, O. M. (20 de Agosto de 2015). OMS. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs327/es/>
- Salud, O. M. (2015). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <http://www.who.int/es/>
- Salud, O. P. (20 de 08 de 2015). *Paho*. Obtenido de <http://www.paho.org/>
- V. Gomez-Rubio, A. L.-Q. (2001). AEGIS: Herramienta de analisis epidemiológico en un SIG. 1-2.
- Verdejo, V. G.-A.-F. (2008). AEGIS: Herramienta de analisis epidemiológico en in SIG . 2-3.
- Yrigoyen, C. C. (2003). ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS ESPACIALES AL SERVICIO DEL GEOMARKETING . 4-5.

