

ANÁLISIS ESPACIAL DE FACTORES AMBIENTALES CONFORMES CON
EL CONTAGIO DEL VIRUS DEL CHIKUNGUNYA EN EL AÑO 2015 EN
COLOMBIA PARA EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

Andres Eduardo Peña Vargas
Código: 3101255

Trabajo de Grado Modalidad Artículo para optar al título de
Especialista en Geomática

Director: Camilo Alexander León Sánchez

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería
Especialización en Geomática
Bogotá D.C.
2015

DEDICATORIA

Para aquellas personas que hacen que mi vida sea diferente, Dios, mi hijo Juan Alejandro y mi esposa Nataly, gracias a ustedes que me dan fuerza cada día para salir a mundo y transformarlo para ustedes colocando mi granito de arena el cual esta aquí escrito.

CONTENIDO

1. RESUMEN	4
2. ABSTRACT	5
3. INTRODUCCIÓN	6
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	8
6. OBJETIVOS	9
7. DATOS Y MÉTODOS	10
7.1. SELECCIÓN Y DETERMINACION DE LA POBLACIÓN O MUESTRA	10
7.2. OBTENCIÓN DE LOS DATOS	10
7.3. CLASIFICACIÓN, TABULACIÓN Y ORGANIZACIÓN	11
7.4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA	15
7.4.1. I DE MORAN	16
7.4.2. DENSIDAD DE PUNTOS KERNEL	18
7.4.3. DENSIDAD DE PUNTOS	18
7.4.4. ANÁLISIS DE PUNTO CALIENTE O HOT SPOT (GI* DE GETIS-ORD)	19
7.4.5. KRIGING	20
8. RESULTADOS	22
9. CONCLUSIONES	27
10. BIBLIOGRAFÍA	28

ANÁLISIS ESPACIAL DE FACTORES AMBIENTALES CONFORMES CON EL CONTAGIO DEL VIRUS DEL CHIKUNGUNYA EN EL AÑO 2015 EN COLOMBIA PARA EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

SPATIAL ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL FACTORS CONFORM WITH VIRUS INFECTION OF CHIKUNGUNYA IN OF YEAR 2015 FOR COLOMBIA AND DEPARTMENT OF ANTIOQUIA

Andres Eduardo Peña Vargas
Ingeniero Topográfico U.D.

Grupo de Generación de Productos Cartográficos Dirección de Geoestadística DANE
Subdirección de Geografía y Cartografía Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC
Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada
Especialización en Geomatica
Bogotá D.C. Colombia
aepenav@dane.gov.co
sunige3@gmail.com

1. RESUMEN

El siguiente artículo proporciona información acerca del método para estructurar datos nacionales y realizar una espacialización de estos siendo un análisis para la toma de decisiones que mejor se acomode a los grupos de población afectada.

En este proyecto desea ver la dinámica y comportamiento Geoestadístico del vector y los casos reportados en los municipios de Antioquia, para que las políticas de prevención sean bien enfocadas y localizadas en los sitios de mayor población vulnerable, según los resultados del análisis espacial de los datos.

El chikungunya es una enfermedad viral que se adquiere por la picadura del mosquito *Aedes aegypti* o *Aedes albopictus* que hayan obtenido el virus, se indica que pertenece a la misma familia del virus del dengue, los síntomas en los

humanos son fiebre, fuertes dolores articulares, dolores musculares, dolores de cabeza, náuseas, cansancio y erupciones cutáneas.

En Colombia se ha tenido en cuenta las experiencias con la enfermedad de otros países, desde octubre de 2014 se conocen casos en donde se reportaron 8000 contagios y en total en 2014-2015 es de 115.000 incluyendo casos sospechosos los datos anteriormente mencionados corresponden a datos públicos del Ministerio de Salud y el Instituto nacional de Salud.

Palabras clave: Geoestadística, Vector, Virus, Análisis Espacial, Raster, Geodata base.

2. ABSTRACT

The author must be careful with the redaction of Title, Abstract and Keywords. We encourage the author to make review the text by a native English speaker.

The following article provides information about the method to structure national data and perform a spatialization of these being an analysis for taking decisions best suited to the populations affected.

In this project we want to see the dynamic behavior of the vector and Geostatistical cases reported in the municipalities of Antioquia, for prevention policies are well targeted and localized sites most vulnerable population, according to the results of the spatial analysis of data .

Chikungunya is a viral disease that is acquired by the bite of the *Aedes aegypti* or *Aedes albopictus* obtaining the virus, indicating that belongs to the same family of the dengue virus, symptoms in humans are fever, severe joint pain, muscle aches, headaches, nausea, fatigue and rash.

In Colombia it has been taken into account experiences with the disease in other countries, since October 2014 where 8,000 cases were reported infections and in total in 2014-2015 is 115,000 suspected cases including the above mentioned data correspond to known public data Ministry of Health and the National Institute of Health.

Keywords : Geostatistics , Vector, Virus , Spatial Analysis, Raster, Geodata base.

3 . INTRODUCCIÓN

Este trabajo está enfocado al análisis espacial de variables cualitativas y cuantitativas de fenómenos epidemiológicos como lo produce un insecto o vector, apoyado por el análisis estadístico y probabilístico de una muestra no aleatoria de datos reportados en campo, se quiere con el dar una herramienta a los administradores de los territorios nacionales alcaldes y gobernadores para enfocar sus esfuerzos en las zonas más vulnerables a estos episodios virales en la población como mandato de la constitución nacional y los derechos de todo ciudadano.

“El chikungunya es una enfermedad viral que se adquiere por la picadura del mosquito *Aedes aegypti* o *Aedes albopictus* que hayan obtenido el virus, se indica que pertenece a la misma familia del virus del dengue, los síntomas en los humanos son fiebre, fuertes dolores articulares, dolores musculares, dolores de cabeza, náuseas, cansancio y erupciones cutáneas” (MS, 2015)

“En África, Asia y Europa se han registrados casos de la enfermedad desde 1999 hasta la fecha con más 1.9 millones de casos, el primer brote fue notificado para América en la Isla francesa de St. Martin en 2013, 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. (OMS, 2015)

En Colombia se ha tenido en cuenta las experiencias con la enfermedad de otros países, desde octubre de 2014 se conocen casos en donde se reportaron 8000 contagios y en total en 2014-2015 es de 115.000 incluyendo casos sospechosos.

4 . PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este virus es transmitidos por insectos de tipo sancudo por medio de una picadura, en nuestro territorio no es novedad, lo que llama la atención que un fenómeno común en las regiones de Colombia se salga de proporciones y de las manos de los administrativos, en el año 2014 el gobierno nacional presento el plan de prevención del virus del chikungunya en donde evalúa varios factores de riesgo de contagio entre ellos video conferencias, educación a la población, publicar los boletines de contagio, comprar pruebas de laboratorio, cursos virtuales, seguir las políticas internacionales de prevención y mitigación entre la cuales está la georeferenciación del fenómeno, ítem en Colombia no se ha tenido en cuenta.

Por esta razón este proyecto se desea ver la dinámica y comportamiento del vector y los casos reportados en los municipios de Antioquia tomado como piloto para el análisis espacial, deseando que las políticas de prevención sean bien enfocadas y localizadas en los sitios de mayor población vulnerable, según los resultados del análisis espacial de los datos.

Los principales factores para el desarrollo de esta enfermedad son:

“Factores ambientales: varios de estos factores contribuyen al desarrollo del vector como es el calentamiento global, el fenómeno de El Niño, temperatura, humedad relativa, condiciones favorables para la distribución del vector y la regulación del ciclo viral”. (A.Z.A. 2015)

“Factores sociales: conductas inadecuadas de la población para la prevención de la aparición del mosquito vector como son: no tapar y lavar adecuadamente los recipientes de almacenamiento de agua, acumulación inadecuada de residuos sólidos que retienen agua, entre otros”. (A.Z.A. 2015)

“Factores económicos: Son las actividades económicas relacionadas con la extracción de oro, que generalmente se realizan a cielo abierto, dejando huecos y residuos de materiales sólidos en las superficies, que posteriormente se llenan de agua y constituyen un ambiente propicio para la reproducción del vector”. (A.Z.A. 2015)

“Factores políticos: La Corrupción y las debilidades en la organización, planificación y desarrollo de proyectos y/o programas de saneamiento ambiental, que con lleven a generar una eficiente participación de las diferentes instituciones de la comunidad para la ejecución de acciones tendientes a controlar la aparición del mosquito vector y al adecuado uso y almacenamiento del agua”. (A.Z.A. 2015)

5 . PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta la deficiente gestión de las políticas frente a los análisis espaciales de los fenómenos de las regiones se desea con resolver la siguiente pregunta.

¿Cómo procesar e interpretar de manera espacial los datos de las entidades gubernamentales frente al fenómeno del chikungunya?

Esta pregunta no solo se puede tomar para el este virus, si no también para cualquier fenómeno que se presente en el futuro bien sea ambiental, social, político o económico.

6 . OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Satisfacer la dificultad de la espacialización de datos para la toma de las decisiones administrativas para la planificación de cómo, donde y cuando administrar los recursos en la población más vulnerable.

6.2Objetivos específicos

- 6.2.1. Realizar una estimación estadística y geográfica de ocurrencia del virus en Antioquia.
- 6.2.2. Utilizar el método de análisis geoespacial conocido como PPDAC
- 6.2.3. Especializar la muestra aportada por el Instituto Nacional de Salud en su página oficial y tomarlo como insumo principal.
- 6.2.4. Realizar análisis espacial de los resultados obtenidos después de procesamiento de la información en forma vectorial y estadística.
- 6.2.5. Analizar por medio de graficas las relaciones entre Temperatura y MSNM.
- 6.2.6. Presentar los Mapas resultado de los análisis.
- 6.2.7. Concluir mediante los mapas de predicción cuales son los municipios en riesgo alto, medio y bajo para el departamento de Antioquia.

7 . DATOS Y MÉTODOS

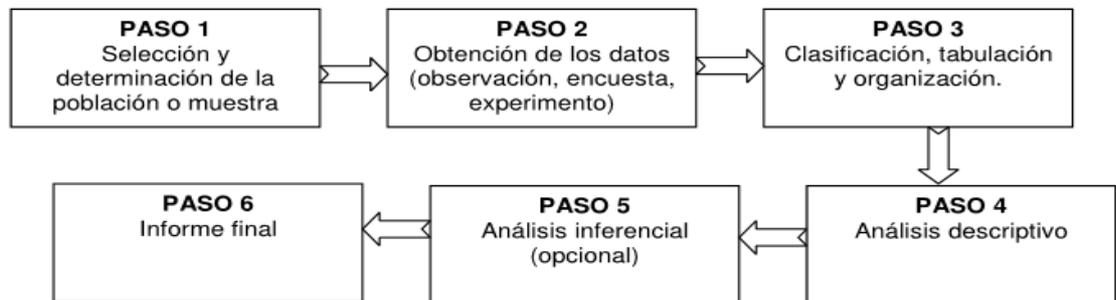
Los datos no espaciales fueron recolectados en los informes que presentan semanalmente el Instituto Nacional de Salud en su página oficial, los datos espaciales fueron tomados de los SHP del Instituto Geográfico Agustín Codazzi en su página oficial del SIGOT.

El software que se utilizó en este trabajo es el ArcGIS 10.2.2 de ESRI, que para efectos de este proyecto las licencias fueron facilitadas por la Universidad Nueva Granada.

PPDAC es una metodología analítica y flexible, desarrollada por Smith. (SGL, 2015).

Se utilizaran los pasos de la investigación estadística según esta metodología como lo muestra la figura.

FIGURA 1. PASOS DE LA INVESTIGACION



7.1. SELECCIÓN Y DETERMINACION DE LA POBLACIÓN O MUESTRA.

7.2. OBTENCIÓN DE LOS DATOS.

El procesamiento de los datos del Instituto Nacional de Salud los cuales originalmente en PDF fueron transformados a formato Excel, a partir de este punto se empezó a realizar la estructuración de los datos; cada municipio en Colombia cuenta con un código único nacional el cual es aportado por el DANE, el cual es un estándar numérico para todo el territorio llamado Divipola, para el departamento de Antioquia se asignó el código departamento 05 y municipio 000, el cual es el estándar nacional de codificación municipal, el 000 va cambiando según su número asignado por la Divipola a cada municipio.

7.3. CLASIFICACIÓN, TABULACIÓN Y ORGANIZACIÓN

Los datos se depuraron en el Excel de tal forma que cada municipio le correspondiera su código nacional de identificación como lo muestra la figura. La tabulación de los datos corresponde a las columnas de datos los cuales son; Código, Departamento, Municipio, Caso sospechoso, Caso confirmado por clínica, Caso confirmado por laboratorio, y Total General. Para nuestro interés se toma relevancia los campos Código, Departamento, Municipio, Caso confirmado por clínica y Total General, en los cuales se centró la investigación.

FIGURA 2. ESTRUCTURACION DE LA MUESTRA

	A	B	C	D	E	F	G
	Código	Departamento	Municipio	Casos confirmados	Casos Confirmados	Casos sospechosos	Total general
1	05001	ANTIOQUIA	MEDELLIN	395	3	0	398
2	05002	ANTIOQUIA	ABEJORRAL	0	0	3	3
3	05004	ANTIOQUIA	ABRIAGUI	0	0	0	0
4	05021	ANTIOQUIA	ALEJANDRIA	0	0	0	0
5	05030	ANTIOQUIA	AMAGA	4	0	0	4
6	05031	ANTIOQUIA	AMALFI	1	0	0	1
7	05034	ANTIOQUIA	ANDES	11	0	0	11
8	05036	ANTIOQUIA	ANGELOPOLIS	0	0	0	0
9	05038	ANTIOQUIA	ANGOSTURA	0	0	0	0
10	05040	ANTIOQUIA	ANORI	3	1	0	4
11	05042	ANTIOQUIA	SANTAFE DE ANTIOQUIA	311	1	0	312
12	05044	ANTIOQUIA	ANZA	35	0	0	35
13	05045	ANTIOQUIA	APARTADO	3,788	2	0	3,790
14	05051	ANTIOQUIA	ARBOLETES	244	0	0	244
15	05055	ANTIOQUIA	ARGELIA	0	0	0	0
16	05059	ANTIOQUIA	ARMENIA	11	0	0	11
17	05073	ANTIOQUIA	BARBOSA	2	0	0	2
18	05086	ANTIOQUIA	BELMIRA	0	0	0	0
19	05088	ANTIOQUIA	BELLO	53	2	0	55
20	05091	ANTIOQUIA	BETANIA	4	0	0	4
21	05093	ANTIOQUIA	BETULIA	5	0	0	5
22	05101	ANTIOQUIA	CIUDAD BOLIVAR	32	3	0	35
23	05107	ANTIOQUIA	BRICEÑO	0	0	0	0
24	05113	ANTIOQUIA	BURITICA	0	0	0	0
25	05120	ANTIOQUIA	CACERES	36	0	0	36
26	05125	ANTIOQUIA	CAICEDO	0	0	0	0
27	05129	ANTIOQUIA	CALDAS	21	0	0	21
28	05134	ANTIOQUIA	CAMPAMENTO	0	0	0	0
29	05136	ANTIOQUIA	CARASGORDAS	0	0	0	0
30	05142	ANTIOQUIA	CARACOLI	1	0	0	1
31	05145	ANTIOQUIA	CARAMANTA	0	0	0	0
32	05147	ANTIOQUIA	CAREPA	254	0	0	254
33	05148	ANTIOQUIA	EL CARMEN DE VIBORAL	6	1	0	7
34	05150	ANTIOQUIA	CAROLINA	0	0	0	0
35	05154	ANTIOQUIA	CAUCASIA	235	0	0	235
36	05172	ANTIOQUIA	CHIGORODO	1,777	3	0	1,780
37	05190	ANTIOQUIA	CISNEROS	0	0	18	18
38	05197	ANTIOQUIA	COCORNA	0	0	0	0
39	05206	ANTIOQUIA	CONCEPCION	0	0	0	0
40	05209	ANTIOQUIA	CONCORDIA	20	0	0	20

Fuente: Autor

Una vez con la muestra preparada de tal forma que los puntos, comas o espacios no interfieran con su especialización, se guarda el archivo como un documento txt.

Utilizando el software de Arcgis el módulo de arcmap, agregamos las capas SHP de Departamentos y Municipios de Colombia, los cuales se encuentra su sistema de referencia en Magna-Sirgas.

Abriendo la tabla de atributos observamos que ella comparte con el archivo txt preparado varias características del campo, pero uno en especial DANE.

Toda la información resultante se organizó en un archivo digital con una estructura de datos espaciales (FGDB).

FIGURA 3. ANALISIS DE CAMPOS

FID	Shape	NMG	NOMBREDEPT	DANE
166	Polygon	ARBOLETES	Antioquia	05051
171	Polygon	SAN JUANDE URABÁ	Antioquia	05659
175	Polygon	NECOCLÍ	Antioquia	05490
181	Polygon	SAN PEDRODE URABÁ	Antioquia	05665
192	Polygon	TURBO	Antioquia	05837
208	Polygon	NECHÍ	Antioquia	05495
215	Polygon	APARTADÓ	Antioquia	05045
217	Polygon	CAUCASIA	Antioquia	05154
222	Polygon	EL BAGRE	Antioquia	05250
226	Polygon	CÁCERES	Antioquia	05120
230	Polygon	CAREPA	Antioquia	05147
235	Polygon	CHIGORODÓ	Antioquia	05172
237	Polygon	TARAZA	Antioquia	05790
241	Polygon	ZARAGOZA	Antioquia	05895
249	Polygon	MUTATÁ	Antioquia	05480
254	Polygon	SEGOVIA	Antioquia	05736
256	Polygon	ANORÍ	Antioquia	05040
258	Polygon	VALDIVIA	Antioquia	05854
261	Polygon	ITUANGO	Antioquia	05361
267	Polygon	YONDÓ	Antioquia	05893
271	Polygon	AMALFÍ	Antioquia	05031
272	Polygon	REMEDIOS	Antioquia	05604
277	Polygon	YARUMAL	Antioquia	05887
278	Polygon	BRICEÑO	Antioquia	05107
279	Polygon	CAMPAMENTO	Antioquia	05134
281	Polygon	DABEIBA	Antioquia	05234
282	Polygon	PEQUÉ	Antioquia	05543
288	Polygon	TOLEDO	Antioquia	05819
291	Polygon	SABANALARGA	Antioquia	05628
295	Polygon	MURINDÓ	Antioquia	05475
296	Polygon	SAN ANDRÉS	Antioquia	05647
297	Polygon	URAMITÁ	Antioquia	05842
298	Polygon	CAÑASGORDAS	Antioquia	05138
300	Polygon	VEGACHI	Antioquia	05858

Fuente: Autor

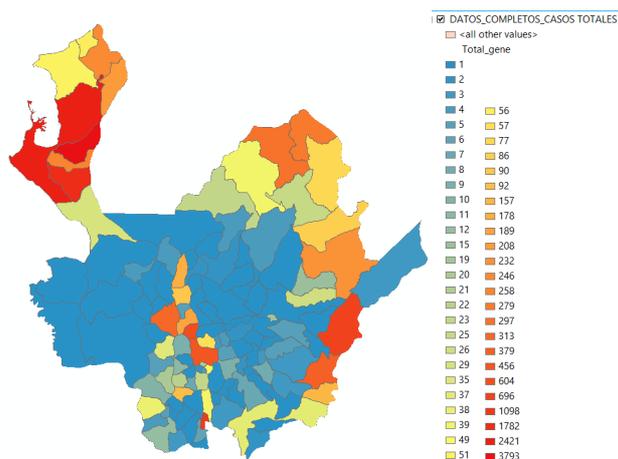
Con la caracterización física de los municipios obteniendo las alturas sobre el nivel del mar y las temperaturas medias, se realiza la siguiente grafica que nos ayuda a evidenciar las características del fenómeno según su número de casos confirmados totales , la temperatura y los msnm por ejemplo la relación entre temperatura y altura sobre el nivel del mar, en donde apreciamos los picos de casos confirmados totales más altos los cuales concuerdan con el proceso biológico de reproducción del que el vector se manifiesta en el caso en que la temperatura media de la región este entre 25°C y 30°C y en Alturas medias entre 0 a 200 msnm.

FIGURA 4. GRAFICA DE ANALISIS GRAFICO DE LA MUESTRA



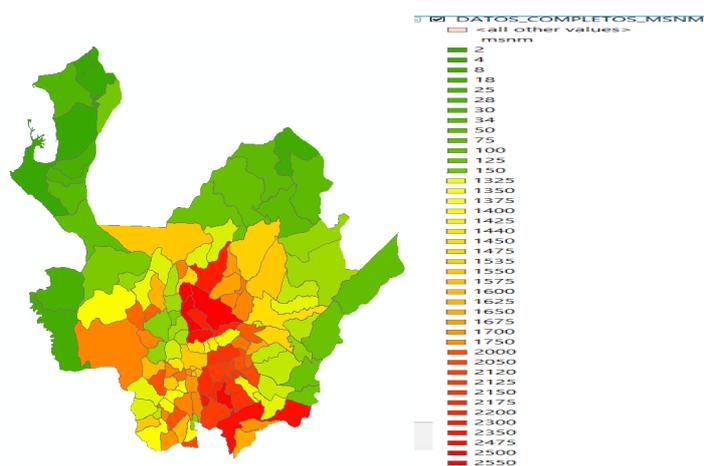
Fuente: Autor

FIGURA 5. TOTAL GENERAL DE CASOS



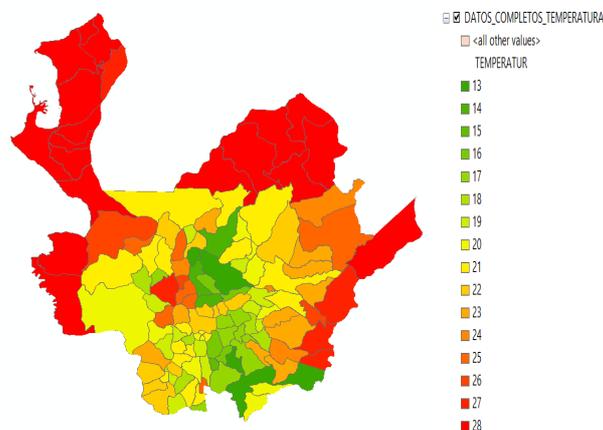
Fuente: Autor, Arcgis Spatial Statistics Tools.

FIGURA 6. MUNICIPIOS EN UN RANGO DE ALTURAS EXPRESADO EN MSNM



Fuente: Autor, Arcgis Spatial Statistics Tools.

FIGURA 7. MUNICIPIOS EN UN RANGO DE TEMPERATURAS EXPRESADA EN °C



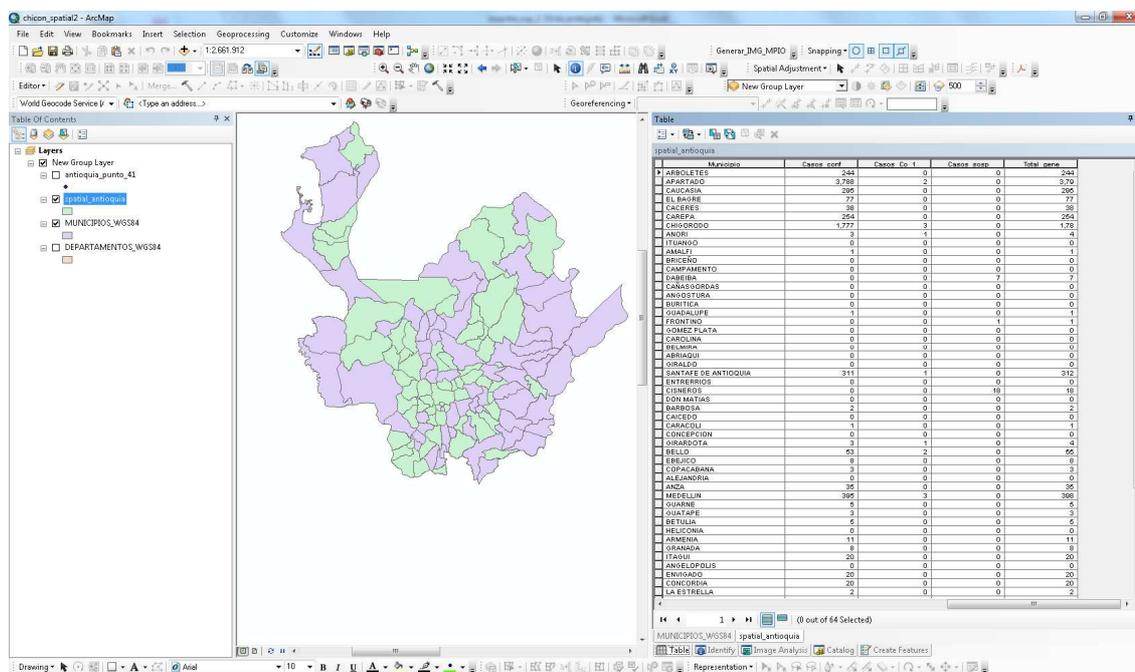
Fuente: Autor, Arcgis Spatial Statistics Tools.

7.4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA

Con la muestra organizada se inicia el proceso de espacialización de los datos por medio de la herramienta de Arcgis el Join. El cual nos ayuda a unir las tablas espaciales contra una tabla de valores como la que estructuramos anteriormente. Como producto tenemos un polígono que tiene los datos de interés código DANE, Departamento, Municipio, Caso sospechoso, Caso confirmado por clínica, Caso confirmado por laboratorio, y Total General el cual se le colocó el nombre de DATOS_COMPLETOS_CASOS_TOTALES.

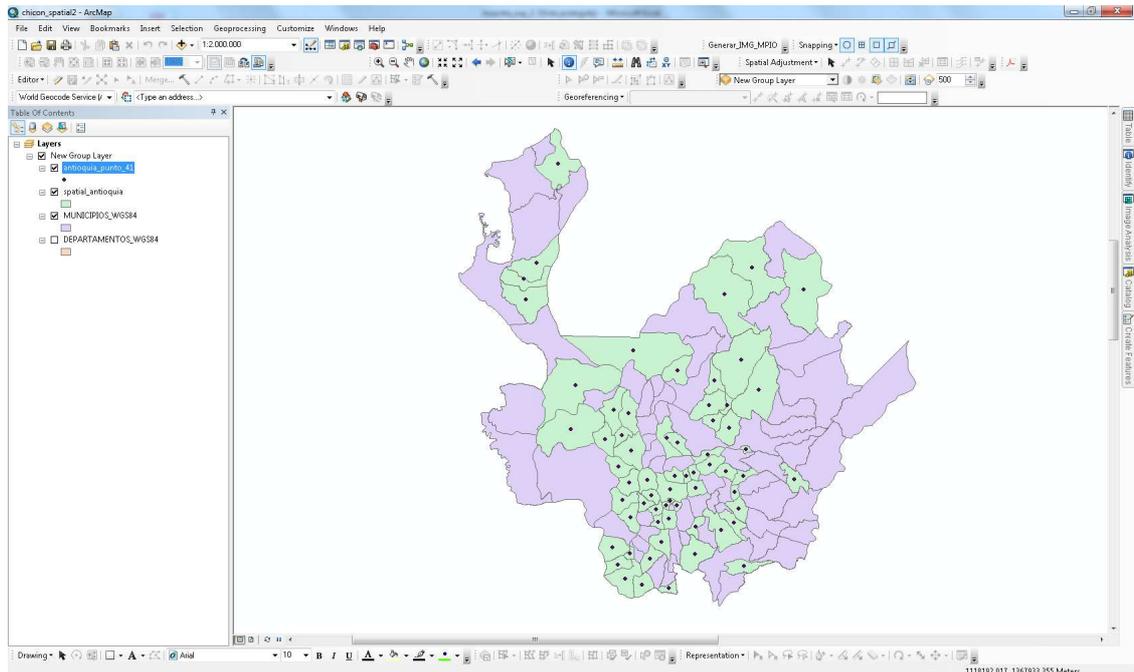
Para concebir el análisis espacial de estos datos, los polígonos resultado se deben convertir a punto, esto lo realizamos con la herramienta Feature to Point. Como resultado tenemos una nube de puntos ubicados como centroide de referencia el polígono utilizado DATOS_COMPLETOS_CASOS_TOTALES.

FIGURA 8. ESPACIALIZACIÓN DE LA MUESTRA EN POLÍGONOS



Fuente: Autor, Spatial Statistics Tools.

FIGURA 9. CONVERSIÓN A PUNTO LOS POLÍGONOS



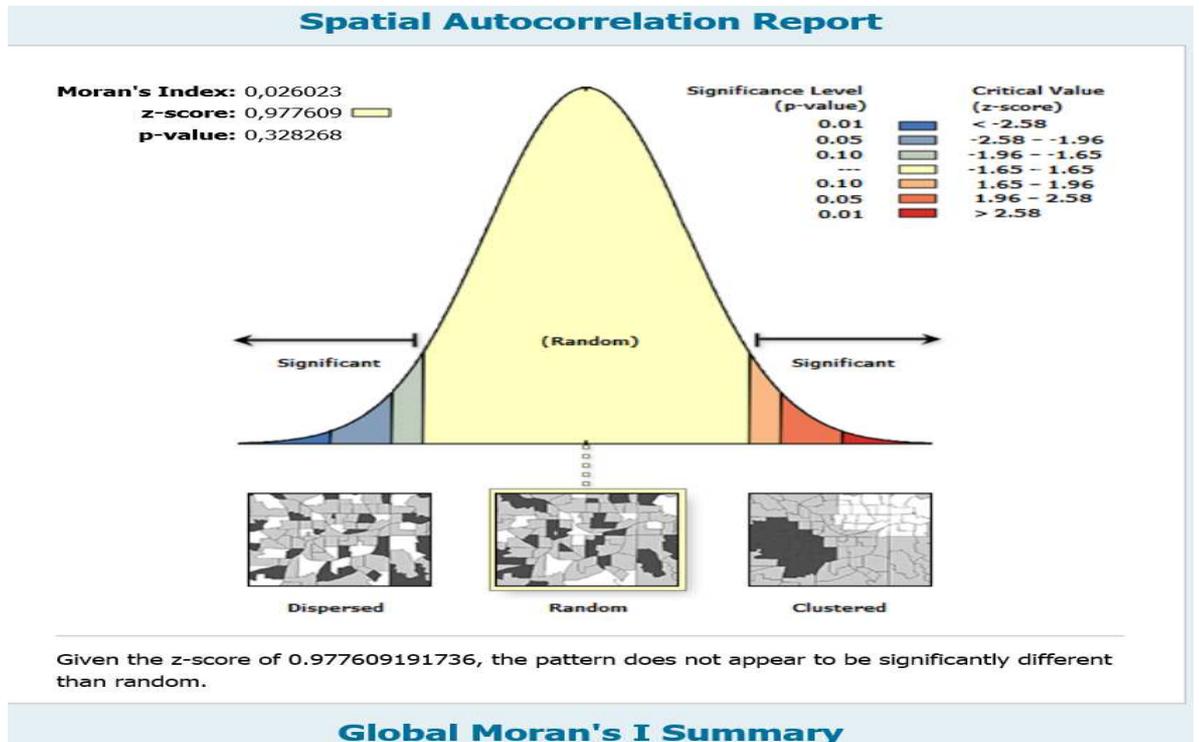
Fuente: Autor, Spatial Statistics Tools.

7.4.1. I DE MORAN

Procedemos a realizar el análisis descriptivo de la muestra, lo cual lo realizamos con la teoría de Autocorrelación espacial. “La cual mide la autocorrelación espacial basada en las ubicaciones y los valores de las entidades simultáneamente. Dado un conjunto de entidades y un atributo asociado, evalúa si el patrón expresado está agrupado, disperso o es aleatorio. La herramienta calcula el valor del Índice I de Moran y una puntuación z y un valor P para evaluar la significancia de ese índice. Los valores P son aproximaciones numéricas del área debajo de la curva de una distribución conocida, limitada por la estadística de prueba”. (I de Moran global) (ARCGIS HELP, 2013)

FIGURA 10. REPORTE DE ANÁLISIS DE AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL

puntuación z (Desviaciones estándar)	valor P (Probabilidad)	Nivel de confianza
< -1,65 o > +1,65	< 0.10	90%
< -1,96 o > +1,96	< 0.05	95%
< -2,58 o > +2,58	< 0.01	99%



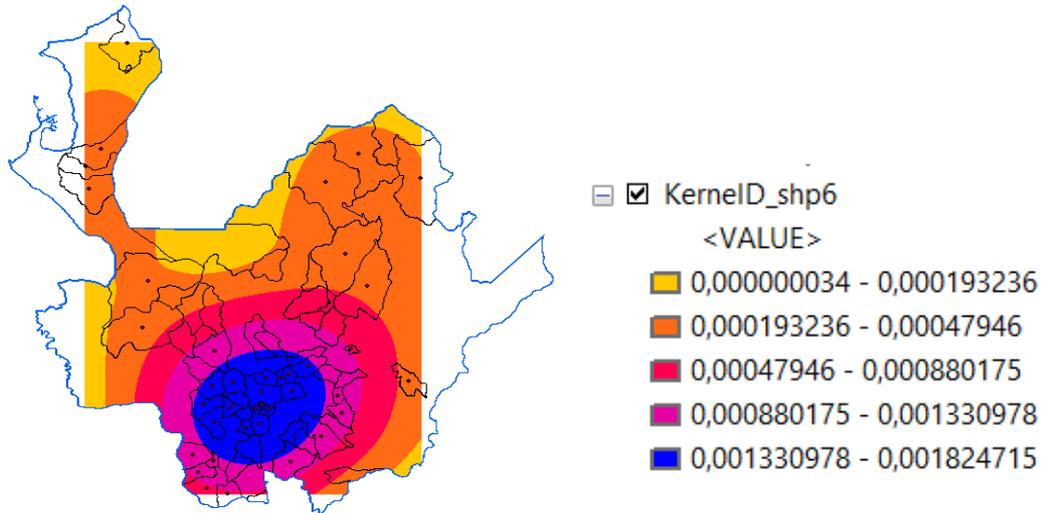
Fuente: Autor, Arcgis Spatial Statistics Tools.

Este resultado dado z -score de 0.977609191736, el patrón no parece ser significativamente diferente al azar. De manera que esto indica que no puede rechazar la hipótesis nula. "Es posible que la distribución espacial de los valores de entidades sea el resultado de procesos espaciales aleatorios. El patrón espacial observado de los valores de entidades podría ser cualquiera de las tantas versiones posibles de aleatoriedad espacial completa". (I de Moran global) (ARCGIS HELP, 2013) Esto indica que le método es viable.

7.4.2. DENSIDAD DE PUNTOS KERNEL

Realizando análisis espacial con la densidad de puntos de Kernel este “calcula una magnitud por unidad de área de punto característica utilizando una función para adaptarse a una superficie suavemente cónica a cada punto”. (SGL, 2015) (TOMLIN, C.D, 1990) (ARCGIS HELP, 2013)
Utilizándolo para la muestra Antioquia obtenemos el siguiente mapa

FIGURA 8. DENSIDAD DE PUNTOS KERNEL

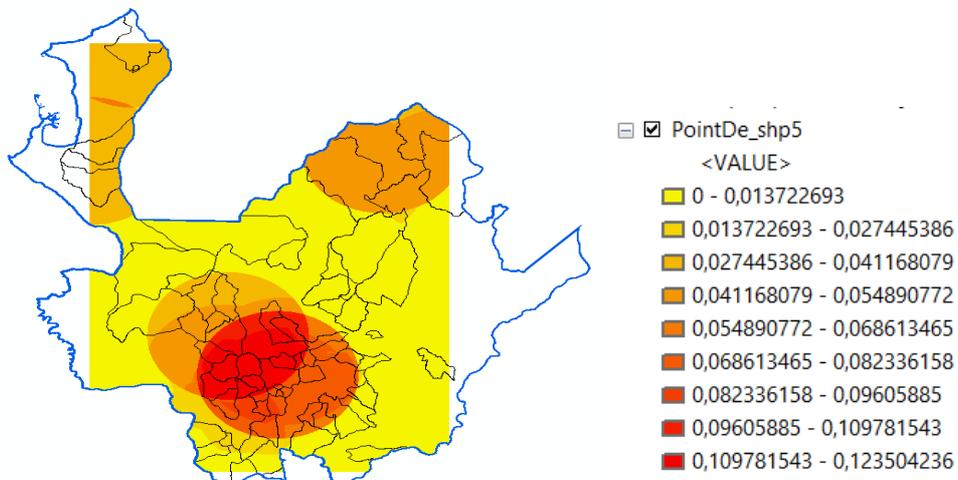


Fuente: Autor, Arcgis Spatial Statistics Tools.

7.4.3. DENSIDAD DE PUNTOS

Realizando análisis espacial con la densidad de puntos el cual “calcula una magnitud por unidad de área de entidades de puntos que caen dentro de un barrio alrededor de cada celda”. (SGL, 2015)(TOMLIN, C.D, 1990)(ARCGIS HELP, 2013)

FIGURA 9. DENSIDAD DE PUNTOS



Fuente: Autor, Arcgis Spatial Statistics Tools.

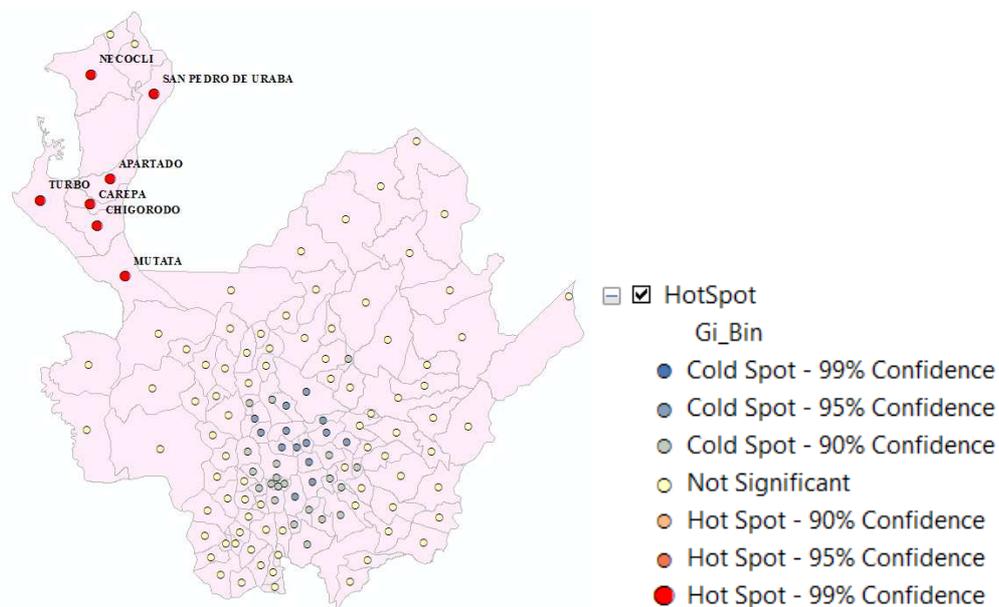
En este análisis por densidad de punto vemos que los mapas producto no concuerdan con los picos de las gráficas y los valores de los reportes del ministerio de salud, los parámetros estadísticos aplicados a esta muestra no reflejan los mayores casos del virus nos muestra la imágenes como una densidad de puntos , se descartó este análisis estadístico, aunque la teoría indicaba que se acoplaba a los datos pero no se tuvo en cuenta que los cada punto tenia variables que afectaban el resultado de la predicción.

7.4.4. ANÁLISIS DE PUNTO CALIENTE O HOT SPOT (GI* DE GETIS-ORD)

Dado un conjunto de entidades ponderadas, “identifica puntos calientes y puntos fríos estadísticamente significativos mediante la estadística Gi* de Getis-Ord”. (ARCGIS RESOURCES, 2015)

Es también un método de predicción de ocurrencia de eventos en un lugar. En este punto se tomó la muestra y se analiza indicando que los municipios de Necocli, San Pedro De Urabá, Turbo, Apartado, Carepa, Chigorodo, Mutata, los cuales son los puntos con casos confirmados más altos en Antioquia, en congruente con las gráficas de temperatura y altura media de los municipios.

FIGURA 10. ANÁLISIS DE PUNTO CALIENTE O HOT SPOT



Fuente: Autor, Arcgis Spatial Statistics Tools.

7.4.5. KRIGING

Kriging es la técnica de interpolación utilizada en Geoestadística. “Su fortaleza estriba en el conocimiento del comportamiento de la variable en el espacio. Así, la forma del semivariograma nos indica la capacidad predictora que tiene cada punto en función de la distancia que lo separa con otro punto. Los puntos más allá del rango, es decir cuando el semivariograma se vuelve plano, tienen la mínima capacidad predictora”. (SGL, 2015)(ARCGIS RESOURCES, 2015)

“A la hora de realizar un Kriging hay que, además de suministrar los parámetros del semivariograma isotrópico o los anisotrópicos, decidir la estrategia adecuada para la selección de puntos para la interpolación. Si el número de valores en el espacio es suficiente, disminuir el radio de búsqueda de puntos puede ser la mejor estrategia, ya que evita problemas de estacionalidad, aunque hay que procurar que el radio de búsqueda no sea inferior al rango, ya que no se utilizaría toda la información que proporciona el semivariograma”. (SGL, 2015)(ARCGIS RESOURCES, 2015)

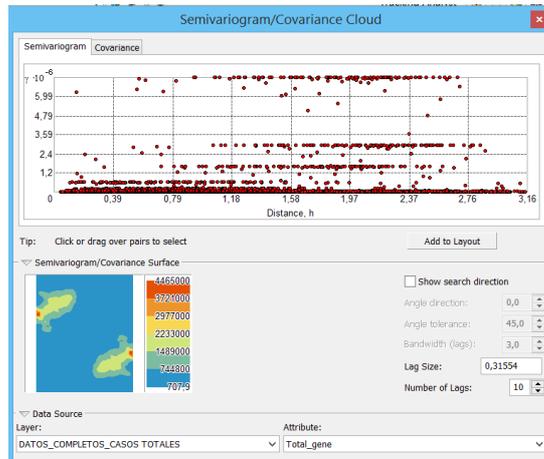
Se realiza el análisis por este algoritmo el cual nos da una imagen raster de los puntos en forma de contornos que nos visualiza la incidencia de la muestra en el espacio y en los casos confirmados por cada municipio.

La imagen resultado observamos como las zonas de mayor incidencia en los casos confirmados indica el algoritmo la predicción más alta.

“Las funciones semivariograma y covarianza cuantifica el supuesto de que las cosas cercanas tienden a ser más similares que las cosas que están más separadas. Semivariograma y covarianza sirve para medir la fuerza de correlación estadística como una función de la distancia”. (SGL, 2015)(ARCGIS RESOURCES, 2015).

Para poder realizar el proceso es necesario analizar las características de la cual se conforma el Kriging, El objetivo es lograr el mejor ajuste, y también incorporar su conocimiento del fenómeno en el modelo. El modelo se utilizará en sus predicciones.

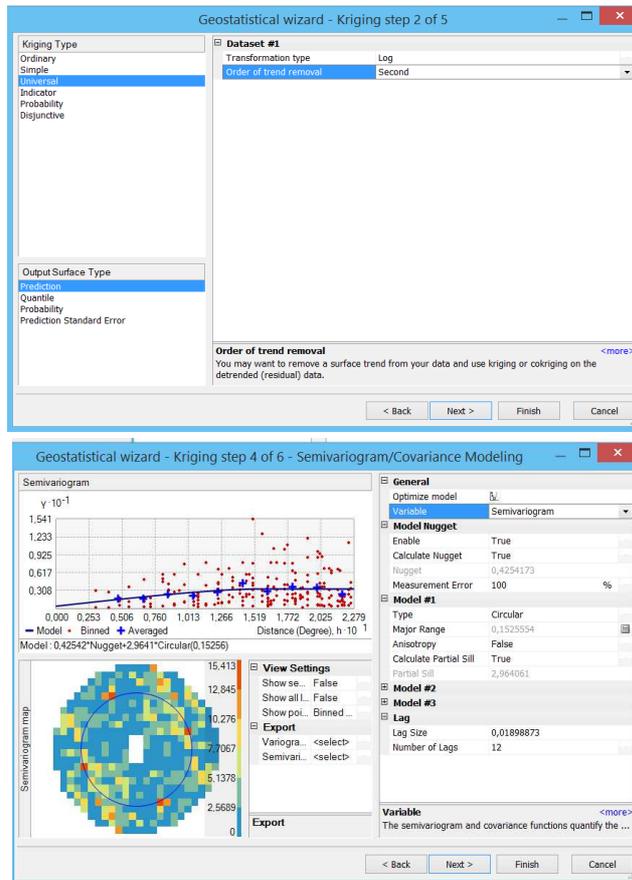
FIGURA 11. PARÁMETRO DE SEMIVARIOGRAMA



Fuente: Autor, Arcgis Spatial Statistics Tools.

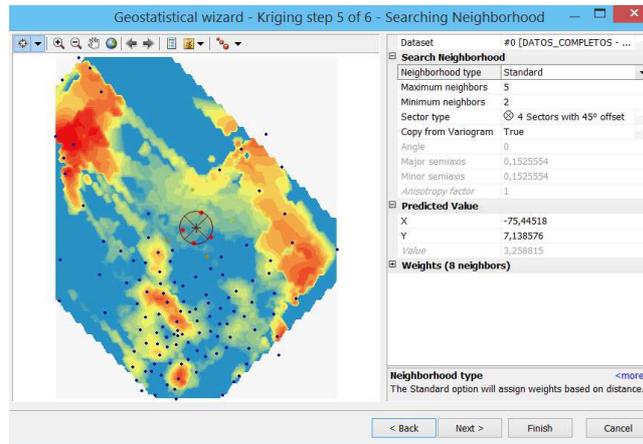
Kriging universal puede utilizar cualquiera de semivariograma o covarianza (que son las formas matemáticas que se utilizan para expresar autocorrelación), utilizan estas transformaciones para permitir el error de medición.

FIGURA 12. KRIGING UNIVERSAL Y MODELO CIRCULAR



Fuente: Autor, Arcgis Spatial Statistics Tools.

FIGURA 13. RESULTADO DE PREDICION DEL KRIGING UNIVERSAL

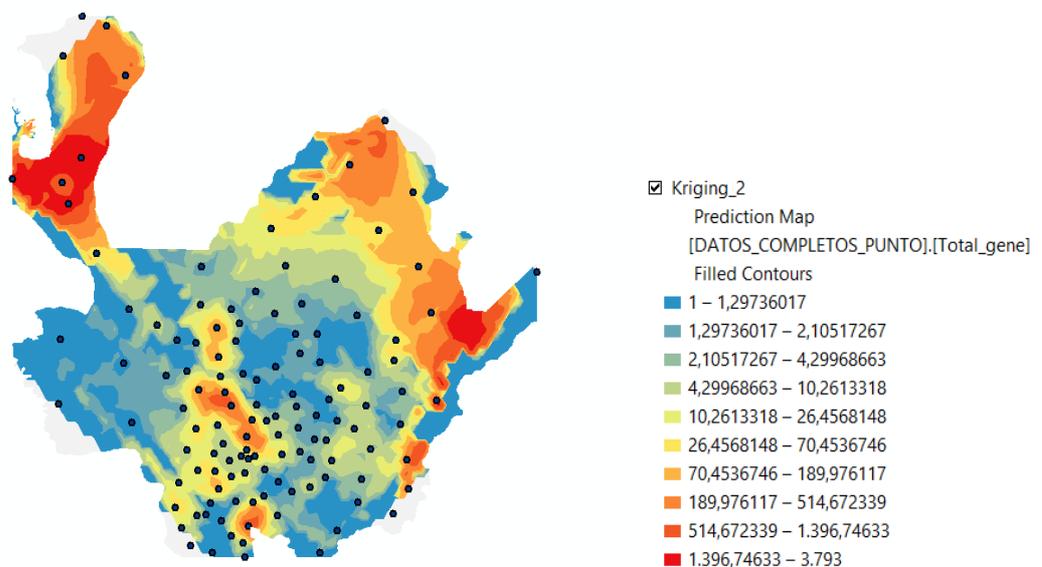


Fuente: Autor, Arcgis Spatial Statistics Tools.

8. RESULTADOS

8.1. La imagen resultado que observamos son las zonas de mayor incidencia en los casos confirmados indica el algoritmo la predicción más alta, podemos no perder de vista que los puntos rojos son las predicciones altas de ocurrencia del evento.

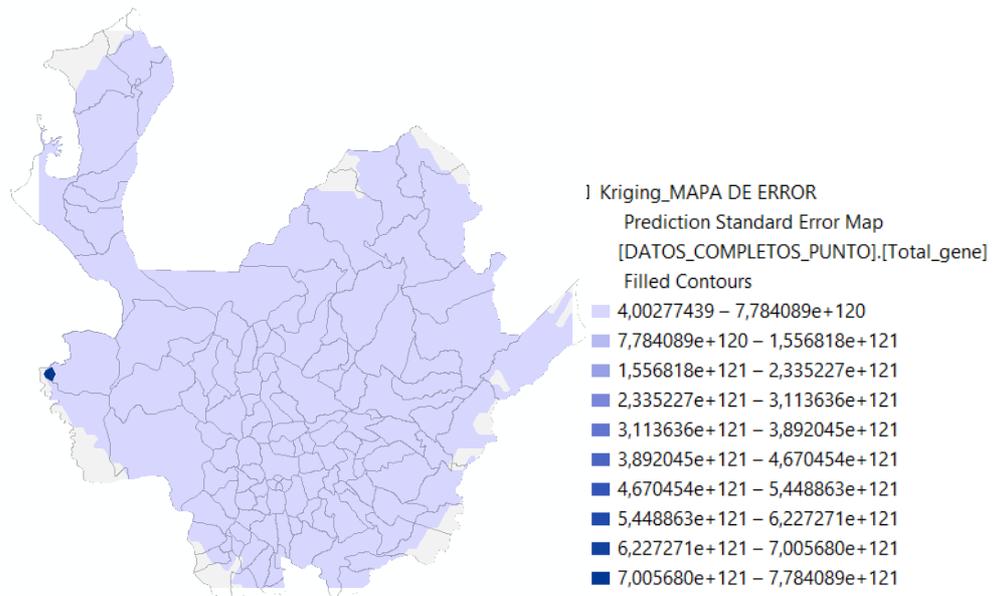
FIGURA 14. RASTER RESULTANTE KRIGING



Fuente: Autor, Arcgis Spatial Statistics Tools.

8.2. Para realizar la confirmación del mapa resultado el algoritmo tiene un método de error el cual la muestra en un mapa, su resultado es el siguiente, el cual indica en su azul más fuerte que su error probable estándar es en esa zona, lo que indica que es buena la predicción.

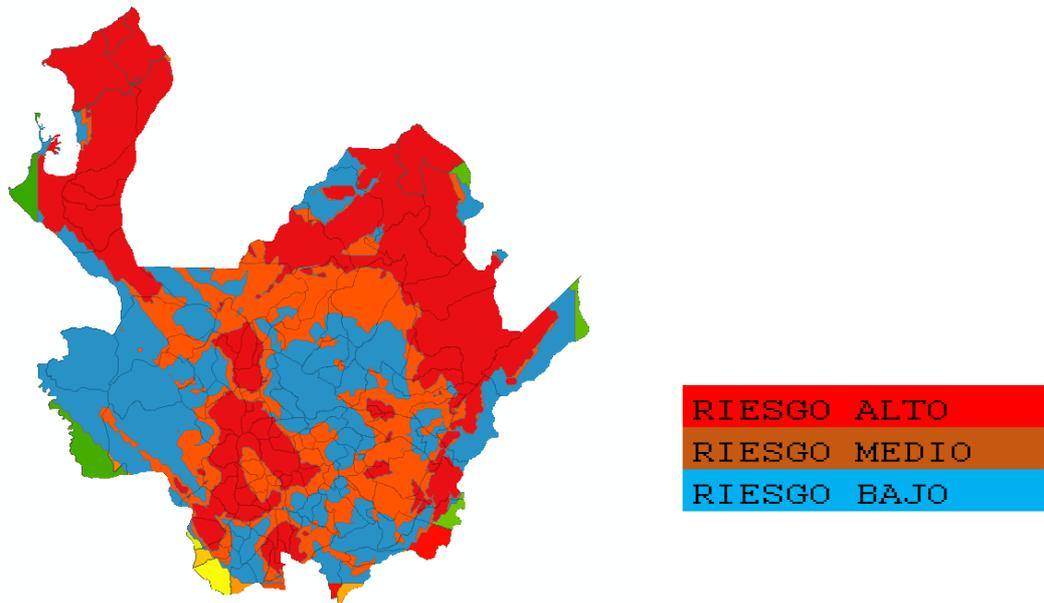
FIGURA 15. RASTER RESULTANTE ERROR PROBABLE KRIGING



Fuente: Autor, Arcgis Spatial Statistics Tools.

8.3. Como producto final extraemos las áreas las cuales corresponden al tipo de riesgo que los habitantes se encuentran dependiendo el color del mapa, estas áreas se extraen exportando el raster final e indicándole que lo guarde como tipo SHP.

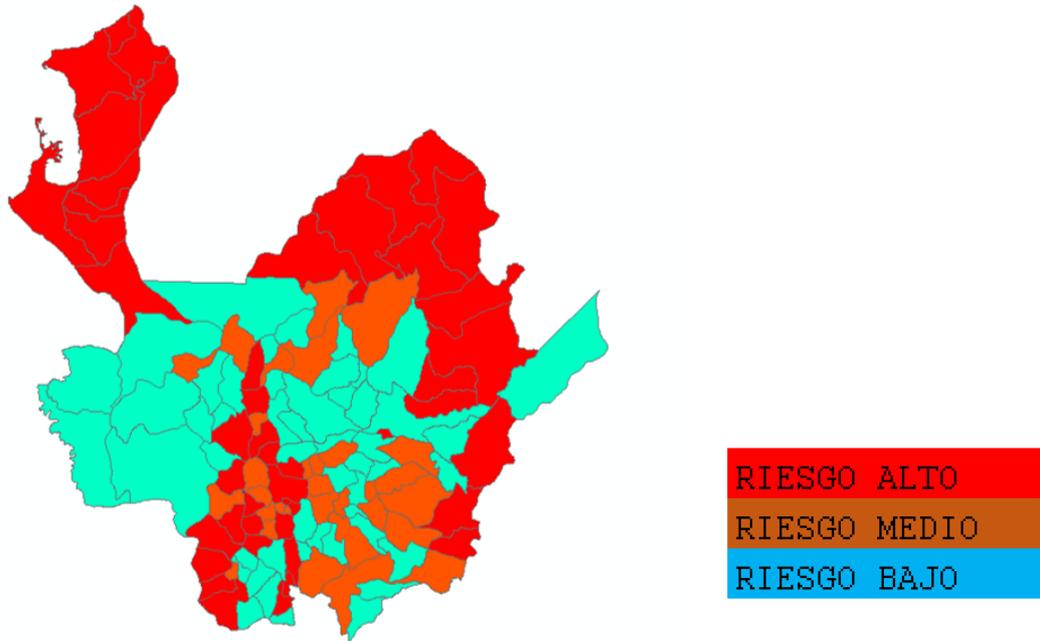
FIGURA 16. ÁREAS RESULTANTES DEL KRIGING



Fuente: Autor, Arcgis Spatial Statistics Tools.

8.4. Con las capas de áreas resultantes se extrajo los municipios que tenían vecindad con las áreas resultantes se utilizó una selección por localización la cual por medio de un query a la capa de áreas resultado nos mostraba los municipios según su riesgo.

FIGURA 16. MAPA FINAL DE RIESGO DE CONTAGIO DEL CHIKUNGUNYA



Fuente: Autor, Arcgis Spatial Statistics Tools.

8.4 Los municipios del siguiente listado muestran su riesgo de contraer el virus según la información suministrada por las autoridades de salud y el análisis Geoestadístico de la muestra analizada, siendo riesgo 1 la probabilidad más alta de contraerlo, riesgo 2 probabilidad media y riesgo 3 una probabilidad baja.

FIGURA 17. LISTADO FINAL DEL ANÁLISIS DEL RIESGO DE CONTAGIO DEL CHIKUNGUNYA

DANE	Municipio	RIESGO	DANE	Municipio	RIESGO	DANE	Municipio	RIESGO
05051	ARBOLETES	1	05040	ANORI	2	05361	ITUANGO	3
05659	SAN JUAN DE URABA	1	05854	VALDIVIA	2	05893	YONDO	3
05490	NECOCLI	1	05887	YARUMAL	2	05031	AMALFI	3
05665	SAN PEDRO DE URABA	1	05543	PEQUE	2	05107	BRICEÑO	3
05837	TURBO	1	05647	SAN ANDRES DE CUERQUIA	2	05134	CAMPAMENTO	3
05495	NECHI	1	05842	URAMITA	2	05234	DABEIBA	3
05045	APARTADO	1	05501	OLAYA	2	05819	TOLEDO	3
05154	CAUCASIA	1	05670	SAN ROQUE	2	05475	MURINDO	3
05250	EL BAGRE	1	05079	BARBOSA	2	05138	CAÑASGORDAS	3
05120	CACERES	1	05308	GIRARDOTA	2	05038	ANGOSTURA	3
05147	CAREPA	1	05240	EBEJICO	2	05113	BURITICA	3
05172	CHIGORODO	1	05212	COPACABANA	2	05315	GUADALUPE	3
05790	TARAZA	1	05667	SAN RAFAEL	2	05658	SAN JOSE DE LA MONTAÑA	3
05895	ZARAGOZA	1	05318	GUARNE	2	05284	FRONTINO	3
05480	MUTATA	1	05649	SAN CARLOS	2	05686	SANTA ROSA DE OSOS	3
05736	SEGOVIA	1	05321	GUATAPE	2	05310	GOMEZ PLATA	3
05604	REMEDIOS	1	05093	BETULIA	2	05150	CAROLINA	3
05628	SABANALARGA	1	05347	HELICONIA	2	05890	YOLOMBO	3
05858	VEGACHI	1	05440	MARINILLA	2	05873	VIGIA DEL FUERTE	3
05411	LIBORINA	1	05615	RIONEGRO	2	05086	BELMIRA	3
05885	YALI	1	05313	GRANADA	2	05004	ABRIAQUI	3
05579	PUERTO BERRIO	1	05036	ANGELOPOLIS	2	05306	GIRALDO	3
05042	SANTAFE DE ANTIOQUIA	1	05380	LA ESTRELLA	2	05264	ENTRERRIOS	3
05761	SOPETRAN	1	05631	SABANETA	2	05425	MACEO	3
05190	CISNEROS	1	05148	EL CARMEN DE VIBORAL	2	05847	URRAO	3
05656	SAN JERONIMO	1	05660	SAN LUIS	2	05237	DON MATIAS	3
05088	BELLO	1	05030	AMAGA	2	05690	SANTO DOMINGO	3
05044	ANZA	1	05002	ABEJORRAL	2	05125	CAICEDO	3
05001	MEDELLIN	1	05756	SONSON	2	05664	SAN PEDRO	3
05585	PUERTO NARE	1	05353	HISPANIA	2	05142	CARACOLI	3
05059	ARMENIA	1				05206	CONCEPCION	3
05360	ITAGUI	1				05021	ALEJANDRIA	3
05266	ENVIGADO	1				05674	SAN VICENTE	3
05209	CONCORDIA	1				05541	EL PEÑOL	3
05129	CALDAS	1				05607	RETIRO	3
05809	TITIRIBI	1				05697	EL SANTUARIO	3
05642	SALGAR	1				05197	COCORNA	3
05591	PUERTO TRIUNFO	1				05376	LA CEJA	3
05861	VENECIA	1				05400	LA UNION	3
05679	SANTA BARBARA	1				05652	SAN FRANCISCO	3
05101	CIUDAD BOLIVAR	1				05282	FREDONIA	3
05390	LA PINTADA	1				05467	MONTEBELLO	3
05091	BETANIA	1				05792	TARSO	3
05034	ANDES	1				05576	PUEBLO RICO	3
05856	VALPARAISO	1				05368	JERICO	3
						05789	TAMESIS	3
						05055	ARGELIA	3
						05483	NARIÑO	3
						05364	JARDIN	3
						05145	CARAMANTA	3

Fuente: Autor.

9. CONCLUSIONES

- Las características de los municipios en riesgo alto son directamente proporcionales a la altura media del nivel del mar y la temperatura del municipio.
- Este modelamiento es útil para ver el comportamiento que tuvo en los años 2014 – 2015, siendo este una medida espacial de alerta temprana de futuras epidemias de vectores.
- Queda claro que los métodos por densidad de puntos no son siempre efectivos porque dependen de características adicionales como en este caso la temperatura, MSNM y el número de casos confirmados.
- Este trabajo no solo es para implementarse con el virus de Chikungunya, también puede ser utilizado en Malaria, Fiebre amarilla, Dengue o nuevos virus como el Zika.
- Con esta información los recursos que van a ser destinados en municipios de riesgo bajo no necesitarán la misma partida económica para el desarrollo de su plan de mitigación.
- Con esta información un planificador del desarrollo puede implementar un programa de gobierno POT o EOT para mitigar los efectos en la población de los virus vectores que en estos climas se reproducen con más facilidad.
- En la implementación de los planes de mitigación se debe tener en cuenta las sequías o temporadas de lluvias.
- Las empresas prestadoras de servicios de salud deben estar atentas a los esfuerzos de gobierno local en la mitigación de este virus.

10. BIBLIOGRAFÍA

- SMITH GOODCHILD LONGLEY SGL (2015). GEOSPATIAL ANALYSIS. WINCHELSEA, UK. 5TH EDICIÓN. 784 p.
- TOMLIN, C.D. (1990). GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND CARTOGRAPHIC MODELLING. NEW JERSEY. 150 p.
- OMS (2015) Chikungunya, Nota descriptiva N°327, Mayo de 2015 <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs327/es/>
Consultado Noviembre del 2015.
- INSTITUTO NACIONAL DE SALUD INS. Lo que debes saber del Chikungunya (2015) <http://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Lo-que-debes-saber-sobre-la-fiebre-Chikungunya.aspx#.Vlj4znYvdD8> Consultado Noviembre de 2015.
- MINISTERIO DE SALUD MS. (2015). MEMORIAS DEL CHICONGUNYA. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/Memorias-chikunguna-bac.pdf>
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC. SIGOT <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/> Consultado Noviembre del 2015.
- ARCGIS HELP. (2013). Densidad Punto (Spatial Analyst) <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#//009z0000000v000000> Consultado Noviembre de 2015.
Autocorrelación espacial (I de Moran global) <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//005p0000000t000000> Consultado Noviembre de 2015.
- ALCALDÍA DE ZARAGOZA ANTIOQUIA A.Z.A. Plan de Contingencia (2015) <http://zaragoza-antioquia.gov.co/apc-aa-files/34363337303866353237323366306262/chicungunya.pdf> Consultado Noviembre de 2015.
- IDEAM.DOCUMENTACION CARACTERISTICAS DE MUNIPIOS DE ANTIOQUIA (2015) http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/PROMEDIOS+ACTUALES_71-00tablas.xls/fa837392-e28c-438b-819c-22770c6e03be/ Consultado Noviembre de 2015.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DANE. DIVIPOLA (2015) <http://geoportal.dane.gov.co:8084/Divipola/> Consultado Noviembre de 2015.
- ARCGIS RESOURCES (2015). UTILIZACION DEL JOIN <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1%20/index.html#//001700000064000000> Consultado Noviembre de 2015.
- HOT SPOT <https://doc.arcgis.com/es/arcgis-online/use-maps/find-hot-spots.htm> Consultado Noviembre de 2015.
- KRIGING <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//003100000036000000> Consultado Noviembre de 2015.