

UNIVERSIDAD DEL VALLE

**CORRELACIÓN ESPACIAL ENTRE LA INCIDENCIA DEL DENGUE Y
VARIABLES CLIMÁTICAS EN EL VALLE GEOGRÁFICO DEL RÍO CAUCA,
DURANTE LOS AÑOS 2000 Y 2013**

DIANA MARCELA MARTINEZ RUIZ

Estadística

Código 1404238-7689

FACULTAD DE SALUD

ESCUELA DE SALUD PÚBLICA

MAESTRÍA EN EPIDEMIOLOGÍA

SANTIAGO DE CALI

2017

**CORRELACIÓN ESPACIAL ENTRE LA INCIDENCIA DEL DENGUE Y
VARIABLES CLIMÁTICAS EN EL VALLE GEOGRÁFICO DEL RÍO CAUCA,
DURANTE LOS AÑOS 2000 Y 2013**

DIANA MARCELA MARTINEZ RUIZ

Estadística

Código 1404238-7689

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de:

Magíster en Epidemiología

Director

PhD. DANIEL CUARTAS

Docente Escuela de Salud Pública de la Universidad del Valle

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE SALUD

ESCUELA DE SALUD PÚBLICA

MAESTRÍA EN EPIDEMIOLOGÍA

SANTIAGO DE CALI

2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Santiago de Cali, junio de 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme los conocimientos, fuerza, paciencia y voluntad para lograr mis sueños y por permitirme a las personas que contribuyeron en este capítulo de mi vida.

A mis padres Luis Carlos y Leonor, a mis hermanos Angielly y Alejandro y a mi amor David Delgado por su incondicional apoyo, sacrificio, por sus palabras y actos que me fortalecieron en cada etapa de este proceso.

A mi director de trabajo de grado, el doctor Daniel Cuartas por sus valiosos y significativos aportes en este trabajo y por sus consejos de vida que me animaron a culminar esta investigación.

A todos mis profesores, amigas, compañeros de estudios y trabajo que me acompañaron y aportaron para culminar esta meta.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
2. ESTADO DEL ARTE.....	17
2.1 Dimensión del problema.....	17
2.2 Hallazgos de las relaciones de las variables climáticas con el dengue.....	18
2.3 Variaciones espaciales de las relaciones climáticas con el dengue	20
2.4 Aproximaciones metodológicas.....	22
2.5 Brecha del conocimiento y postura crítica.....	22
3 MARCO TEORICO.....	24
3.1 Panorama teórico de la relación entre variables climáticas y dengue	25
3.2 Panorama teórico de la heterogeneidad espacial del dengue	27
3.3 Argumentación de postura de la influencia de las variables climáticas en la distribución espacial del dengue	28
4 OBJETIVOS	33
4.1 General.....	33
4.2 Específicos	33
5 METODOLOGÍA.....	34
5.1 Tipo de estudio	34
5.2 Área de estudio.....	35
5.3 Población y muestra.....	36
5.4 Variables del estudio.....	37
5.5 Recolección de información	42
5.6 Análisis.....	44
Objetivo específico 1:.....	45
Objetivo específico 3.....	47
5.7 Consideraciones éticas.....	53
6 RESULTADOS.....	55
6.6 Tendencia temporal y espacial de los eventos extremos climáticos.....	55
6.6.1 Tendencia temporal.....	56
6.6.2 Tendencia espacial	61
6.2 Análisis espacial de los casos de dengue	65

6.3 Regresión Poisson ponderada geográficamente.....	72
6.3.1 Análisis por cada año de estudio	72
6.3.2 Análisis de tendencia temporal de los efectos de cada extremo climático en la incidencia de dengue	100
6.3.3 Análisis de tendencia espacial de los efectos de cada extremo climático en la incidencia de dengue	106
7 DISCUSIÓN.....	122
7.1 Hallazgos del estudio	122
7.1.1 Tasa de incidencia global y por municipio.....	122
7.1.2 Comportamiento de los extremos climáticos	123
7.1.3 Relación extremos climáticos y dengue.....	124
7.2 Fortalezas y limitantes del estudio	129
Fortalezas	129
Limitaciones.....	130
7.3 Implicaciones en salud pública de los resultados.....	132
8 CONCLUSIONES.....	135
8.1 Estudios futuros	136
9 BIBLIOGRAFÍA.....	137
ANEXOS.....	144

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Resumen variables globales	37
Tabla 2 Operacionalización de variables	40
Tabla 3 Significancia estadística de los potenciales confusores sobre el riesgo de dengue	52
Tabla 4 Análisis descripción de las variables climáticas y eventos climáticos extremos de las 14 estaciones meteorológicas en el valle geográfica del río Cauca	56
Tabla 5 Estadísticas descriptivas de los casos de dengue reportados al Sivigila según municipio de domicilio, durante los años 2000 a 2013.....	66
Tabla 6 Índice de Moran por año, en el valle geográfico del río Cauca	71
Tabla 7 Modelo global múltiple para explicar la relación entre TemMin, TN90P y CDD con la incidencia de dengue, año 2000.....	73
Tabla 8 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2000.....	74
Tabla 9 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMin, TN90P, DTR, MTMIN, CDD, CWD y TDD con la incidencia de dengue, año 2001.....	75
Tabla 10 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y diagnóstico del GWPR para el año 2001.....	76
Tabla 11 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMin, TN90P, DTR, MTMIIN, CDD, CWD y TDD con la incidencia de dengue, año 2002	77
Tabla 12 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2002.....	78
Tabla 13 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMin, TN90P, TX90P, CWD, RX5DAY y TDD con la incidencia de dengue, año 2003	79
Tabla 14 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2003.....	80
Tabla 15 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMin, TN90P, TX90P, CWD, RX5DAY y TDD con la incidencia de dengue, año 2004	81
Tabla 16 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2004.....	82
Tabla 17 Modelo global múltiple para explicar la relación de MTMIN, TX90P, CWD y PRCPTOT con la incidencia de dengue, año 2005	83
Tabla 18 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2005.....	83

Tabla 19 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMin, TemMax, TN90P, CDD y PRCPTOT con la incidencia de dengue, año 2006	85
Tabla 20 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2006	86
Tabla 21 Modelo global múltiple para explicar la relación de TN90P, DTR, MTMIN, TX90P y TWD con la incidencia de dengue, año 2007	87
Tabla 22 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2007	87
Tabla 23 Modelo global múltiple para explicar la relación de TN90P, DTR, TX90P, CDD, CWD y TDD con la incidencia de dengue, año 2008	88
Tabla 24 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2008	89
Tabla 25 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMin, TemMax, TN90P, TX90P, CDD, CWD, TWD y PRCPTOT con la incidencia de dengue, año 2009	90
Tabla 26 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2009	91
Tabla 27 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMin, TemMax, TN90P, DTR, TX90P, CDD y RX5DAY con la incidencia de dengue, año 2010	92
Tabla 28 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2010	93
Tabla 29 Modelo global múltiple para explicar la relación de CDD y RX5DAY con la incidencia de dengue, año 2011	94
Tabla 30 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2011	94
Tabla 31 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMax, TN90P, MTMAX, CWD y PRCPTOT con la incidencia de dengue, año 2012	95
Tabla 32 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2012	96
Tabla 33 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMax, TN90P, DTR, MTMIN, CDD, CWD, TDD y RX5DAY con la incidencia de dengue, año 2013	97
Tabla 34 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2013	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Modelo de transmisión del dengue. Fuente: elaboración propia.	24
Figura 2 Interacción de temperatura y precipitación con vector y virus DENV. Fuente: Basado en Morín ⁽⁴⁴⁾	27
Figura 3 Modelo teórico factores climáticos y distribución espacial del dengue. Fuente: Basado en Morín ⁽⁴⁴⁾ y OMS-WMO ⁽⁵⁵⁾	30
Figura 4 Mapa de la región de estudio con la ubicación de cada uno de los municipios. Fuente: elaboración propia.	37
Figura 5 Red Meteorológica Automatizada de Cenicaña. A la derecha municipios de influencia, izquierda ubicación estación. Fuente: Cenicaña ⁽⁶⁵⁾	39
Figura 6 Spline para tendencia temporal de eventos extremos de la temperatura en el valle geográfico del río Cauca, periodo 2000-2013.....	58
Figura 7 Spline para tendencia temporal de eventos extremos de la precipitación en el valle geográfico del río Cauca, periodo 2000-2013	61
Figura 8 Mapas de distribución de las variables de temperatura en el valle geográfico del río Cauca, 2000 a 2013	63
Figura 9 Mapas de distribución de las variables de precipitación en el valle geográfico del río Cauca, 2000 a 2013	65
Figura 10 Distribución de casos de dengue(a) y distribución de la incidencia dengue x 100.000 habitantes(b) en el valle geográfico del río Cauca, 2000-2013	68
Figura 11 Análisis de la autocorrelación espacial en el valle geográfico del río Cauca, 2000-2013.....	69
Figura 12 Análisis de la autocorrelación espacial de la incidencia de dengue en el valle geográfico del río Cauca, 2000-2013	70
Figura 13 Municipios que aportan significativamente al I Moran global de los años 2004 y 2009	72
Figura 14 Diagrama de cajas y alambres de los valores de RTI de los extremos climáticos de la temperatura por cada año de estudio.	102
Figura 15 Diagrama de cajas y alambres de los valores de RTI de los extremos climáticos de la precipitación por cada año de estudio.....	105
Figura 16 Distribución espacial del efecto de TemMin sobre el riesgo de dengue, según año.	106
Figura 17 Distribución espacial del efecto de TemMax sobre el riesgo de dengue, según año.	107

Figura 18 Distribución espacial del efecto de MTMIN sobre el riesgo de dengue, según año.....	108
Figura 19 Distribución espacial del efecto de TN90P sobre el riesgo de dengue, según año.....	109
Figura 20 Distribución espacial del efecto de TX90P sobre el riesgo de dengue, según año.....	110
Figura 21 Distribución espacial del efecto de DTR sobre el riesgo de dengue, según año.	111
Figura 22 Distribución espacial del efecto de CDD sobre el riesgo de dengue, según año.	112
Figura 23 Distribución espacial del efecto de TDD sobre el riesgo de dengue, según año.	113
Figura 24 Distribución espacial del efecto de CWD sobre el riesgo de dengue, según año.	114
Figura 25 Distribución espacial del efecto de TWD sobre el riesgo de dengue, según año.	115
Figura 26 Distribución espacial del efecto de PRCPTOT sobre el riesgo de dengue, según año.....	116
Figura 27 Distribución espacial del efecto de RX5DAY sobre el riesgo de dengue, según año.....	117
Figura28 Municipios con mayor riesgo en todo el periodo de estudio por incrementos en 1°C de la temperatura mínima	118
Figura29 Municipios con mayores incrementos de riesgo por cambios en los extremos climáticos TemMin, TN90P, CDD, CWD y TDD, durante el periodo de estudio	119
Figura 30 Autocorrelación espacial de los residuales del modelo de regresión Poisson ponderado geográficamente (I de Moran y p valor), años 2000 a 2011	120
Figura 31 Autocorrelación espacial de los residuales del modelo de regresión Poisson ponderado geográficamente (I de Moran y p valor), años 2012 y 2013	121

RESUMEN

Introducción: Entre las enfermedades transmitidas por vectores, el dengue es considerada la de más rápida propagación en el mundo, presentándose diferencias en la magnitud de su incidencia debido a la compleja interacción entre los factores de exposición como las condiciones climáticas que varían localmente.

Objetivo: Identificar la relación entre eventos climáticos extremos y la distribución espacial de la incidencia del dengue en el valle geográfico del río Cauca entre los años 2000 y 2013.

Metodología: estudio ecológico con unidad de análisis el municipio. Población de estudio 41 municipios del valle geográfico del río Cauca. Con Spline cúbicos se describió la tendencia temporal de los extremos climáticos; se calculó el índice de Moran para identificar la correlación espacial de la incidencia de dengue. Se realizaron 14 modelos de regresión Poisson ponderados geográficamente para identificar la correlación entre el riesgo dengue y los extremos climáticos, se usó como medida de efecto la razón de tasa de incidencia.

Resultados: Se está incrementando la tendencia de eventos extremos de precipitación y temperatura (significancia Test Mann-Kendall < 5%), sin embargo, en algunos municipios es decreciente evidenciando procesos heterogéneos en el área de estudio. Las incidencias de dengue se concentraron geográficamente. Los extremos climáticos que con mayor frecuencia tuvieron efecto significativo sobre la incidencia de dengue fueron: temperatura mínima-TemMin- en el 57% de los años (rango RTI= 1,97 – 0,47 con valores de la distribución $-8,4 < z > 9,4$), porcentaje de

días que temperatura mínima supera el percentil 90 -TN90P- fue significativo en el 71% de los años (rango RTI=2,13 – 0,57 con valores $-5,1 > z > 9,12$); máximo de días secos consecutivos- CDD- fue significativo en el 64% de los años (rango RTI=1,34 – 0,69 con valores $-7,83 > z > 9,85$); en el 43% de los años el total de días secos - TDD- fue significativo (rango RTI= 3,21-0,58 con valores $-9,43 > z > 8,27$) y el máximo de días húmedos consecutivos -CWD- fue significativo en el 64% de los años (rango RTI= 1,79 – 0,31 con valores $-4,9 > z > 2,3$).

Conclusiones: los principales eventos extremos climáticos que tuvieron efecto sobre la incidencia del dengue fueron TemMin, TN90P, CDD, TDD y CWD los cuales son potencialmente útiles como indicadores de sistemas de alerta temprana de epidemias particularmente en los municipios Marsella, Pereira, La Victoria, Toro, Bolívar, Roldanillo, Tuluá, Andalucía, Ginebra, Guacarí, Corinto, Miranda y Suárez.

Palabras Claves: *dengue fever, spatial regression, climatic variability*

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con la OMS, cerca de 390 millones de personas son infectados de dengue^(1, 2) y más de 100 países son considerados áreas de riesgo^(3, 4); en la región de las Américas la incidencia ha pasado de 50 casos en 1980 a más de 200 x 1000 habitantes(Hab) en el 2014 y en los años 2008 a 2012 más de 1.2 millones de casos fueron notificados^(5, 6).

En Colombia en la década de 1990 la incidencia fue de 5.2 casos por 100.000 Hab, entre 2011 a 2014 aumentó a 18.1 casos⁽⁷⁾ y el costo promedio estimado derivado de su atención en salud ha sido de 599 dólares aproximadamente⁽⁸⁾. Durante el periodo 2013 hasta la semana 13 de 2017 se han reportado 441.182 casos de dengue al SIVIGILA,^(7, 9-12) al finalizar el 2015 la incidencia fue de 355 x100 mil Hab, (94.916 casos), en 2016 de 366.2 x100 mil Hab (103.822 casos) y hasta la semana 13 de 2017 de 31.4 casos x 100millHab (8915 casos). En el Valle del Cauca se han registrado 10 brotes desde 1983 a 2010 presentándose una tasa de incidencia de 173,8 años-casos⁽¹³⁾, durante el 2013 hasta la semana 13 de 2017 se han reportado 81.211 casos lo que representa el 18.4% del acumulado nacional en el mismo periodo.^(7, 9-12)

El dengue se ha propagado rápidamente a distintas áreas geográficas en las que se han presentado variaciones de la incidencia. Aquellas variaciones pueden ser atribuidas a condiciones demográficas, económicas, políticas y climáticas (ej. humedad, viento, radiación solar, temperatura y precipitación) propias de cada área que se relacionan con la incidencia de la enfermedad⁽¹⁴⁻²⁷⁾

Respecto a la distribución espacial de los vectores transmisores de enfermedades infecciosas como la malaria, leishmaniasis y dengue, el clima es un importante determinante para ello^(28, 29) y particularmente su variabilidad ha contribuido con el aumento de los vectores y con la aparición en zonas no endémicas y reaparición en zonas ya controladas⁽²⁹⁾.

Esta relación entre la incidencia del dengue y las variables climáticas ha sido evaluada en estudios de diferentes países en los que se ha considerado los rezagos temporales y la dependencia espacial de los casos de dengue. Las variables más estudiadas fueron temperatura, precipitación, humedad relativa y el evento climático ENSO (por sus siglas en inglés El Niño Southern Oscillation)⁽¹⁴⁻²⁷⁾.

Un resultado común fue que la temperatura y precipitación con sus valores mínimos y máximos tienen una correlación positiva con la incidencia. Sin embargo, en cada país las asociaciones con las variables climáticas eran diferentes, como es el caso de la temperatura mínima que fue significativa en unos países y en otros no, además las asociaciones se dieron con diferentes rezagos temporales⁽¹⁴⁻²⁷⁾.

De manera similar, la influencia de factores climáticos sobre la incidencia de dengue se presentan de forma diferencial en Colombia, mientras en Montería se encontraron correlaciones con temperatura, precipitación y humedad relativa⁽³⁰⁾, en Cerete un municipio de la costa atlántica se encontraron relaciones con las mismas variables pero no con la temperatura⁽³¹⁾, en Medellín⁽²¹⁾ y Risaralda⁽²²⁾ la correlación se dio con la precipitación y solo en Risaralda se encontró relación con el índice oceánico del niño. Resultados preliminares de una investigación en el valle

geográfico del río Cauca, muestran correlaciones significativas con las variables climáticas, pero varían entre los municipios.

Esta heterogeneidad de las asociaciones entre las regiones pone de manifiesto que las particularidades climáticas de cada región impactan de distinta manera la incidencia y por tanto no hay un conocimiento claro de las interacciones espaciales por las que se esté presentando tal variabilidad.

Por lo cual es conveniente los análisis de las variaciones geográficas de la incidencia del dengue con respecto a las variables climáticas, involucrando características de contexto social como la urbanización, condiciones socioeconómicas y densidad poblacional^(16, 32-34) que permiten explicar la variabilidad total de la incidencia de dengue en una región⁽²³⁻²⁶⁾ de manera que se pueda mejorar el entendimiento de la compleja relación entre clima e incidencia de dengue.

Teniendo en cuenta que al interior del valle geográfico del río Cauca se presentan variaciones de los efectos de las variables climáticas sobre los casos de dengue y que en esta región han ocurrido cambios del clima⁽³⁵⁾; resulta importante realizar la presente investigación que plantea como pregunta ¿Cuál es la relación entre los eventos climáticos extremos con la distribución espacial de la incidencia del dengue en el valle geográfico del río Cauca entre los años 2000 y 2013?

La presente investigación se desarrolla en el marco de un macro proyecto¹ que tiene como objetivo identificar opciones de adaptación al cambio climático en la salud humana en dos cuencas de la región Andina, con un enfoque de Ecosalud, para incidir en las políticas públicas en el ámbito municipal y regional de Colombia. Por lo tanto, los resultados de esta investigación ofrece elementos para mejorar los sistemas de alerta temprana, de manera que contribuye en las decisiones de las estrategias de los programas de control y prevención del dengue; además aporta al desarrollo de métodos de detección y respuesta a brotes que es una de las prioridades de investigación establecidas por la OMS⁽⁶⁾.

¹Macro-proyecto “Cambio Climático, Vulnerabilidad y Salud, en el Valle Geográfico del Río Cauca en Colombia” realizado por el Grupo de Epidemiología y Salud Poblacional (GES) de la Escuela de Salud Pública de la Universidad del Valle.

2. ESTADO DEL ARTE

El dengue es una enfermedad infecciosa transmitida de manera vectorial por la picadura del mosquito hembra del genero *Aedes*, *Aedes Albopictus* y *Aedes Aegypti*, este es infectado con cualquiera de los cuatro serotipos del virus del dengue DEN-1, DEN-2, DEN-3 y DEN-4; en las Américas el *Aedes Aegypti* es el único vector del dengue, es diurno, domestico, se encuentra en las zonas urbanas por debajo de los 1800 msnm y su reservorio es el ser humano⁽¹⁵⁾.

2.1 Dimensión del problema

Según la OMS se producen 390 millones de infecciones por dengue cada año en el mundo de las cuales 96 millones se manifiestan clínicamente^(1, 2). La enfermedad es endémica en más de 100 países del mundo^(3, 4), está presente en las zonas urbanas y sub-urbanas de países ubicados en América, Asia Sur-oriental, pacifico occidental y en zonas rurales de África y representa un riesgo para 3900 millones de personas^(2, 15) y el aumento de su incidencia y distribución geográfica está relacionado con los cambios demográficos y sociales como el crecimiento poblacional y la urbanización^(3, 36). En las Américas se ha presentado un cambio temporal pasando de incidencias de 0.01-50 en 1980 a más de 200 casos x 100.000 Hab en algunos países durante el 2014⁽³⁷⁾.

En términos de morbilidad el dengue fue considera la enfermedad viral transmitida por vectores más importante del mundo debido a su gran expansión geográfica, número de casos y gravedad de la enfermedad ^(4, 36) y los impactos en la salud

pública de una epidemia de dengue son ocasionados por una escasa vigilancia y planes de respuesta⁽³⁶⁾.

Evaluar su consecuencia económica en la sociedad no ha sido posible, principalmente por la dificultad de asignar un valor monetario a una enfermedad que tiene una tasa de letalidad relativamente baja que causa trastornos sociales como pérdida de trabajo, reducción de productividad y ausentismo escolar⁽³⁶⁾.

En Colombia durante los años 2003 a 2013 la incidencia tuvo un comportamiento cíclico y se registraron brotes aproximadamente cada tres a cuatro años, la mayor incidencia fue en el año 2010 con 151.000 casos reportados y los brotes han ocurrido principalmente en los departamentos Norte de Santander, Santander, Huila, Tolima, Valle del Cauca y Antioquia⁽¹⁶⁾.

2.2 Hallazgos de las relaciones de las variables climáticas con el dengue

La relación entre las variables climáticas y la incidencia del dengue ha sido evaluada en estudios de diferentes países⁽¹⁴⁻²⁷⁾, en los cuales se ha considerado el fuerte comportamiento estacional de estas variables produciendo que las relaciones encontradas se vean rezagadas en el tiempo lo que da cuenta de una gran proporción de la variabilidad de la incidencia del dengue⁽²³⁾; en general las variables climáticas estudiadas han sido temperatura mensual mínima, máxima y promedio, precipitación, humedad relativa y algunos han incluido el ENSO⁽¹⁴⁻²⁷⁾.

En Taiwán se encontró que el rango de la temperatura (diferencia entre temperatura mínima y máxima) y la humedad relativa con rezagos de dos meses se asociaron negativamente con la incidencia de dengue⁽¹⁷⁾. En Brasil se tuvo una correlación

positiva con temperatura y precipitación acumulada pero no con la humedad relativa, la correlación con la incidencia del dengue fue más alta cuando nueve semanas atrás se había registrado incrementos de la temperatura y de la precipitación con más de nueve semanas⁽¹⁹⁾.

En Puerto Rico, México y Tailandia se evaluó la relación con ENSO, temperatura y precipitación encontrando que en México ninguna de estas tres variables fueron determinantes de la variabilidad multianual de la incidencia de dengue; en Puerto Rico con el ENSO y precipitación; en Tailandia el ENSO se asoció con cambios en la temperatura y precipitación, pero la incidencia se relacionó solo con la precipitación⁽¹⁸⁾.

En la Guayana Francesa la asociación con variables climáticas vario según periodos endémicos. En periodos endémicos la precipitación, temperatura, humedad relativa mínima cada una rezagada 4 a 6 semanas fue identificada una correlación positiva, en los periodos no endémicos la correlación fue positiva con 2 a 3 semanas de rezago de las mismas variables⁽²⁰⁾.

En Colombia el dengue se extiende por todo el territorio dificultando establecer una relación con los índices de desarrollo y condiciones de vida de cada región lo que hace que se reconozca que el clima juega un papel importante en la distribución espacio-temporal de la incidencia de la enfermedad, atribuyendo directa o indirectamente su aumento a las variaciones de la temperatura, precipitación y humedad relativa⁽¹⁶⁾. Como es el caso de Medellín donde la precipitación rezagada en 20 semanas fue la única variable meteorológica que influyó en los cambios de la

incidencia explicando un 34% de la variabilidad⁽²¹⁾. En Risaralda se presentó alta correlación con el índice oceánico del niño (ONI) y la precipitación⁽²²⁾.

2.3 Variaciones espaciales de las relaciones climáticas con el dengue

Las diferencias en las relaciones que se han encontrado entre variables climáticas e incidencia de dengue puede atribuirse a la heterogeneidad climática entre las regiones⁽²³⁾. A continuación, se citan estudios que han incluido el componente espacial para evaluar la relación entre el clima y el dengue.

En Brasil la incidencia se correlacionó positivamente con temperatura y precipitación rezagadas dos meses y negativamente con el índice 3.4 del Niño, con un modelo lineal generalizado se encontró que esto explicó una pequeña proporción de la variabilidad total de la incidencia en las microrregiones del país⁽²⁴⁾. En Puerto Rico se encontró una asociación con cambios en la temperatura y precipitación mensual y estas relaciones variaron espacialmente en los 77 municipios debido a las diferencias en el clima local de cada uno⁽²³⁾.

Las funciones no lineales de la temperatura rezagada un mes y precipitación rezagada 4 a 6 meses junto con la estructura espacial de la incidencia del dengue explicaron un 57% el riesgo relativo (RR) en 60 de 76 provincias de Tailandia⁽²⁵⁾.

En el sur de Taiwán incrementos en la temperatura mínima y cambios en el log de precipitación acumulada máxima en 24 horas a distintos rezagos temporales el RR aumento, estas variables explicaron un 20.5% de la variación total de la incidencia, mientras que las funciones espaciales un 24.9% y las predictores no lineales y lineales de las variables climáticas fue un 54.5%⁽²⁶⁾. Otro estudio en Taiwán logró

detectar correctamente las ubicaciones espaciales de los casos de dengue y se consideró que la tendencia de la enfermedad fue representada por las variables climáticas⁽¹⁴⁾.

La relación del ENSO sobre la incidencia del dengue es significativa en países de América central y el Caribe. No obstante, cuando el fenómeno del Niño es muy fuerte la distribución de la enfermedad se da en regiones andinas y en altas latitudes del continente Suramericano lo cual depende del ambiente local y las particularidades demográficas, sociales y económicas regionales⁽²⁷⁾.

En el Valle de Aburrá(Colombia) se estudió la distribución espacial del dengue identificando las áreas de mayor riesgo de transmisión y el estudio sugirió incluir variables ambientales como dirección del viento, calidad del aire, temperatura y zonas con aguas estancadas para tener más herramientas en la toma de decisiones para la prevención en la propagación del fenómeno⁽³⁸⁾.

Por otra parte, la ocurrencia del dengue también se relaciona con factores demográficos y socioeconómicos como la densidad poblacional, la urbanización no planificada, las migraciones y las condiciones de pobreza⁽¹⁶⁾. Zonas con bajos niveles socioeconómicos se asoció con mayor incidencia de dengue^(33, 35), así como el aumento de la densidad de población, mayor urbanización y la cercanía de los casos reportados⁽³²⁾, acceso limitado a servicios públicos⁽³³⁾ y proporción de viviendas de un solo nivel⁽³⁵⁾.

2.4 Aproximaciones metodológicas

En los estudios encontrados se ha incluido el componente autorregresivo de series de tiempo basado en que los casos actuales de dengue están explicados en función de los casos del pasado o de valores anteriores de la variables climáticas⁽²⁵⁾ como los modelos ARIMA multivariantes. También se han usado modelos de distribución log no-lineal⁽¹⁹⁾, modelos bayesianos para analizar diversos aspectos del riesgo de dengue en términos de probabilidades por medio de jerarquías de escalas espaciales⁽³⁹⁾ y modelo de regresión Poisson no lineal⁽²²⁾.

Para establecer las relaciones de variables climáticas con el dengue considerando la autocorrelación espacial de la incidencia se ha utilizado el índice I de Morgan y el coeficiente LISA⁽³²⁻³⁴⁾, métodos de suavizado de Bayes, multiplicadores de Lagrange para probar patrones de dependencia espacial en los datos⁽³²⁾. También regresión Poisson y esta misma con enfoque de modelos con efectos rezagados no lineales (DLNM) que incluyen términos temporales (debidos a las variaciones climáticas) y espacio-temporales (ubicación geográfica y la incidencia en el tiempo)^(14, 23).

2.5 Brecha del conocimiento y postura crítica

Según los estudios encontrados, la correlación de las variables climáticas con la incidencia varía entre los países y más aún entre las microrregiones de estos, los rezagos temporales son diferentes para las mismas variables; en algunos países la temperatura presentó correlación con la incidencia de dengue y en otros no, de

manera similar con la precipitación y humedad relativa, también se evidenció que diferentes niveles de estas variables en cada región presentaban correlación.

Lo anterior deja en evidencia que no es claro como es el comportamiento de las variables climáticas con respecto a la ocurrencia del dengue pues las características de las relaciones son altamente dependientes de las condiciones locales. En los estudios realizados en Colombia los resultados también fueron muy disímiles y no se tiene evidencia de estas correlaciones en el valle geográfico del río Cauca.

Por tanto, el desconocimiento de las interacciones espaciales por las que se está presentando tal variabilidad en las relaciones es necesaria incluirla dentro de los análisis y no solo el ajuste por la dependencia temporal de los casos de dengue, pues esta autocorrelación espacial por la que ocurren los casos afecta la probabilidad de rechazar la hipótesis de no correlación entre variables climáticas y dengue.

Por lo anterior, el presente estudio se enmarca en la epidemiología espacial pretendiendo analizar las variaciones geográficas de la incidencia del dengue en el valle geográfico del río Cauca con respecto a eventos extremos climáticos de la región, de manera que se mejora el entendimiento de la compleja relación entre esta enfermedad y las condiciones climáticas.

3 MARCO TEORICO

El dengue es una enfermedad transmisible que requiere de un vehículo o vector para infectar al ser humano⁽⁴⁰⁾. Para esto se requiere de cuatro componentes claves: agente causal de la enfermedad (virus DENV), transmisión (vector- *Aedes Aegypti*), huésped y ambiente. El mosquito hembra *Aedes Aegypti* adquiere el virus al picar a una persona infectada con el DENV que se encuentra en fase de viremia, la transmisión se mantiene gracias a que el mosquito al picar a una persona sana le transmite el virus y de esta manera se repite el ciclo, por tal motivo el mecanismo más conocido de transmisión es horizontal (humano-mosquito)⁽⁴¹⁾. El ambiente en que ocurre la transmisión es una compleja interacción de factores climáticos como temperatura, precipitación y factores de contexto social como la urbanización y condiciones socioeconómicas⁽⁴²⁾. Por lo tanto, el modelo de transmisión de la enfermedad se puede presentar gráficamente como lo muestra la Figura 1:

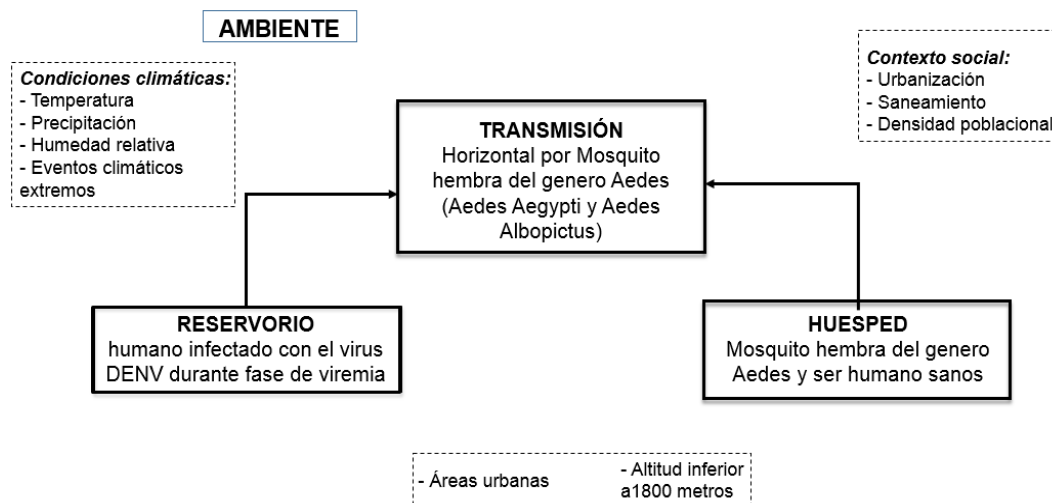


Figura 1 Modelo de transmisión del dengue. Fuente: elaboración propia.

La distribución geográfica de muchas enfermedades endémicas y epidémicas es afectada por cambios ambientales significativos. El cambio climático puede impactar en el desarrollo de los vectores y consecuentemente generan incrementos de la población de mosquitos transmisores de patógenos que enferman a la población humana, también impactan en los patrones de las epidemias cuando se producen anomalías climáticas⁽²⁹⁾.

En la región de las Américas y el Caribe se ha proyectado que el cambio climático global afectará de diversas maneras, bien sea con cambios en las condiciones climáticas de base o en los patrones de ocurrencia de eventos climáticos extremos como temperatura y precipitación extrema⁽⁴³⁾. Esta región se caracteriza por ser endémica de varias enfermedades infecciosas transmitidas por vectores como la malaria, dengue, leishmaniasis, fiebre amarilla, enfermedad de Carrión y la infección por filarias siendo todas ellas influenciadas por factores climáticos^(29, 43).

3.1 Panorama teórico de la relación entre variables climáticas y dengue

La temperatura es un componente clave en la ecología del virus DENV al considerar las interacciones que tiene con los demás elementos del sistema de la enfermedad; aumentos en la temperatura están asociados con una tasa de replicación del virus más rápida en el vector con periodos cortos de incubación extrínseco (EIP-periodo de incubación del virus en el mosquito desde el momento en que ingiere sangre contaminada con el virus y el momento en que es infeccioso)⁽⁴⁴⁾; se ha estimado que partir de temperaturas de 25°C el EIP decrece a menos de 15 días y a 6.5 cuando es de 30°C⁽⁴⁵⁾.

Esta misma variable también tiene efecto en la dinámica de la población de mosquitos rigiendo las diferentes etapas de su vida iniciando con la de huevo, el desarrollo de mosquitos inmaduros, desarrollo ovárico y finalizando con la supervivencia. La temperatura óptima para la vida del mosquito es de 28°C e incrementos de esta pueden ser desfavorables y pueden sobrevivir a los 36°C en cortas exposiciones, mientras que a temperaturas mayores de 40°C o menores de 0°C resulta mortal para estos⁽⁴⁶⁾. El ciclo de reproducción del Aedes es afectado a temperaturas inferiores a 20°C porque se reduce su fertilización, además cuando hay incrementos de la temperatura optima se produce aceleración del ciclo de ovoposición y puesta de huevos⁽⁴⁶⁾. Por tanto la temperatura influye directamente sobre los aspectos biofísico, replicación del virus, desarrollo y supervivencia del vector⁽⁴⁴⁾.

La viabilidad de los mosquitos, su actividad de alimentación y el desarrollo de huevos se favorece con una alta humedad relativa, especialmente cuando se tiene un 90% de humedad relativa y una temperatura óptima⁽⁴⁶⁾.

Por su lado la precipitación se encarga de propiciar el hábitat del vector para el desarrollo de sus fases acuáticas lo cual hace que tenga alta influencia en su distribución, pues dentro de estos hábitats la competencia por el espacio y los nutrientes es un componente clave para la población de mosquitos ya que al evaporarse el agua la densidad puede aumentar dejando como consecuencia un desarrollo más lento, mosquitos más pequeños y mayor mortalidad⁽⁴⁴⁾.

En la Figura 2 se resume esquemáticamente las interacciones entre las variables climáticas con el virus DENV y vector.

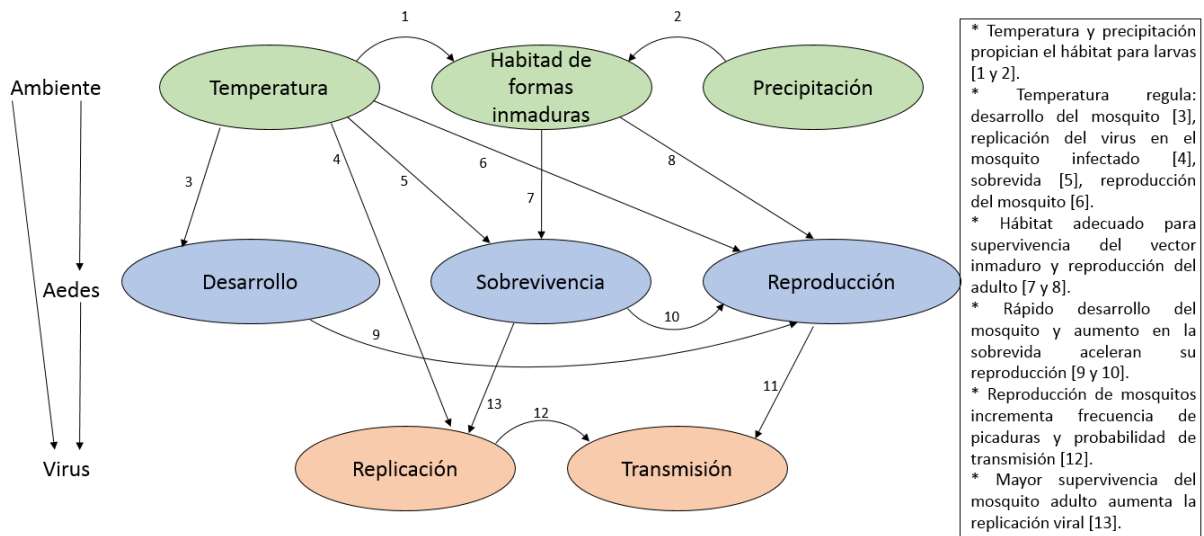


Figura 2 Interacción de temperatura y precipitación con vector y virus DENV.

Fuente: Basado en Morín⁽⁴⁴⁾.

3.2 Panorama teórico de la heterogeneidad espacial del dengue

Definir la distribución geográfica de una enfermedad en una región es fundamental para comprender su epidemiología e identifican zonas endémicas factores que puedan influir en la heterogeneidad de la distribución espacial de la enfermedad⁽⁴⁷⁾. En la investigación de la relación entre el medio ambiente y una enfermedad se debe tener en cuenta la variación espacial de la transmisión dado que la ocurrencia de casos y los factores que influyen actúan en escalas espaciales y temporales que generan complejos patrones en la incidencia de la enfermedad⁽⁴⁸⁾.

El patrón espacial de la enfermedades tiene incluido ciertos problemas de efectos como la autocorrelación espacial que afectan la validez y robustez de los análisis de los métodos estadísticos tradicionales⁽⁴⁹⁾; la autocorrelación espacial es atribuida a la proximidad que existen entre espacios geográficos, de manera tal que entre más cercanos sean los municipios tienden a ser similares sus características

comparado con municipios distantes^(48, 49). Por tanto, la ocurrencia de casos de dengue en una región están correlacionados con los casos de sectores más cercanos⁽⁵⁰⁾.

3.3 Argumentación de postura de la influencia de las variables climáticas en la distribución espacial del dengue

El dengue es considerada la enfermedad viral transmitida por mosquito de más rápida propagación en el mundo, lo cual puede ser atribuido a los recientes cambios socio-económicos⁽⁴²⁾ que impactan la densidad, distribución y epidemiología del vector, algunos de aquellos cambio son el crecimiento acelerado de la población humana y su rápida distribución a centros urbanos que cuentan con insuficiencia de agua potable y pobre saneamiento conllevando a un inadecuado almacenamiento de agua⁽⁵¹⁾.

Otros factores que debe considerarse para entender la propagación de la enfermedad es el número de población susceptible, niveles de inmunidad y presencia del vector y de serotipos del DENV, dispersión de mosquitos en nuevos territorios, vigilancia y control de vectores⁽²⁸⁾.

Además, la dinámica espacial del dengue está fuertemente influenciada por la estructura espacial y social de las poblaciones humanas, estas se encuentran agrupadas en países, municipios o agregaciones sociales, lo que puede influenciar en las tasas observadas de la enfermedad y permite considerar que el contacto entre el hospedero y el vector no es constante en las áreas geográficas^(52, 53).

Sin embargo, estos factores sociales y económicos deben estar acompañados de condiciones climáticas adecuadas en las que pueda establecerse la transmisión, de manera que la interacción de estos factores sobre la propagación de las epidemias puede tener diferencias entre una región y otra dependiendo de las condiciones climáticas, culturales y socioeconómicas específicas de cada una⁽⁴²⁾.

De acuerdo con la OMS las condiciones climáticas y sus cambios tienen gran influencia en las enfermedades transmitidas por vectores extendiendo sus periodos de transmisión, alterando su distribución y expansión geográfica⁽⁵⁴⁾. La temperatura, precipitación y humedad son determinantes de los límites geográficos de la transmisión de la enfermedad⁽²⁸⁾ pues como ya fue explicado anteriormente ellas impactan en todos los ciclos de vida del virus y el mosquito⁽⁴⁴⁾.

Por lo tanto, se puede considerar que la distribución espacial del dengue es resultado de una compleja interacción entre factores físicos, ecológicos, sociales y climáticos. Con base en el modelo teórico planteado en el año 2012 por OMS y organización mundial meteorológica que involucra los factores climáticos y no climáticos que influyen en la transmisión⁽⁵⁵⁾ y junto con el modelo planteado de la interacción entre temperatura, precipitación, vector y virus DENV el presente estudio se enmarca en el modelo teórico representado en la Figura 3:

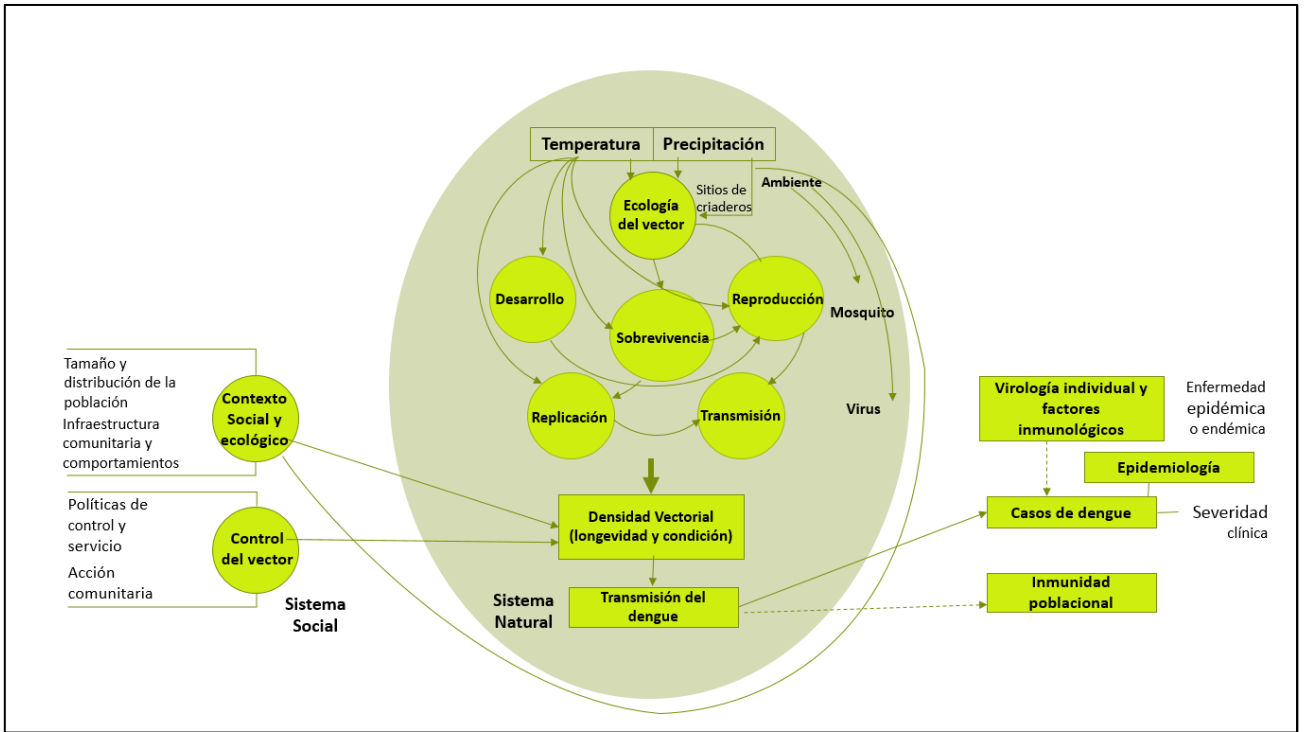


Figura 3 Modelo teórico factores climáticos y distribución espacial del dengue.

Fuente: Basado en Morín⁽⁴⁴⁾ y OMS-WMO⁽⁵⁵⁾.

El modelo teórico representado en la Figura 3 plantea que para estudiar la relación entre los extremos climáticos y la distribución espacial de la incidencia dengue, el dengue es una enfermedad infecciosa transmitida de manera horizontal que requiere de la interacción de cuatro componentes para su transmisión: del agente causal de la enfermedad que es el virus DENV con sus cuatro serotipos, 2. del reservorio (humano infectado con el virus), 3. Huésped (humano sano) y 4. ambiente en el cual ocurre la transmisión. Este último componente está conformado por aspectos climáticos como la temperatura y precipitación.

Específicamente la temperatura impacta sobre la ecología del vector y del virus. Respecto al virus, cuando hay incrementos de la temperatura la tasa de replicación del virus se acelera y se acorta el periodo en que el vector es infeccioso⁽⁴⁴⁾. En el

vector, cambios en la temperatura impacta en su desarrollo, reproducción, supervivencia y dinámica de la transmisión; la temperatura optima es de 28°C si hay incrementos el proceso de maduración es más rápido, hay mayor puesta de huevos y por tanto mayor densidad de mosquitos lo que aumenta la transmisión de la enfermedad. Sin embargo, temperaturas elevadas pueden causar la muerte del vector^(44, 49). Respecto a la precipitación, esta variable tiene un impacto sobre la densidad de vectores porque propicia su habitud para reproducirse y madurar⁽⁴⁴⁾. En este sentido los extremos climáticos tienen el potencial de causar mayores efectos debido a su condición de ser eventos agudos que se presentan en el corto plazo⁽⁵⁶⁾.

Sin embargo, la interacción entre aquellas variables climáticas y la incidencia del dengue no es completamente directa ni lineal, pues existen otros factores sociales- como la urbanización, niveles de educación de la población - factores económicos - como las condiciones de pobreza- y factores políticos -como la capacidad de los municipios de ejecutar e intensificar estrategias de control de vector- que actúan como moderadores de los efectos del cambio climático sobre el dengue.^(51, 56) Además, aquellos factores presentan heterogeneidad espacial representando características propias de la geografía local, impactando sobre la distribución espacial de la enfermedad.^(48, 56)

No obstante, esta investigación se enmarcó en estudiar el efecto de los extremos climáticos sobre la distribución espacial de la incidencia de dengue. Por lo cual es necesario definir que es un evento extremo climático y la distribución espacial.

Un evento extremo climático es la ocurrencia de un evento de una variable climática (temperatura, precipitación y humedad relativa) con un valor por fuera del rango de

observación histórico de ella⁽⁵⁷⁾, la importancia de estudiarlos está en términos de salud pública pues se debe identificar las comunidades más expuestas y vulnerables a ellos de manera que se mejoren los sistemas de alerta temprana para planificar eficaces actividades de contingencia cuando ocurra algún evento extremo climático^(57, 58).

La distribución espacial de la incidencia de dengue está relacionada con la ley de Tobler- primera ley de la geografía- la cual plantea que los objetos más próximos tienen mayor relación que con los distantes. De ahí la existencia de la heterogeneidad espacial que está determinada por la distancia entre unidades geográficas y en tal heterogeneidad está implícita la autocorrelación espacial de los eventos que se refiere a la dependencia entre pares de observaciones dada por la distancia, la cual debe ser considerada a la hora de estimar los efectos de extremos climáticos sobre la incidencia de la enfermedad de manera que los errores estándar no se subestimen⁽⁵⁹⁾.

4 OBJETIVOS

4.1 General

Identificar la relación entre eventos extremos climáticos y la distribución espacial de la incidencia del dengue en el valle geográfico del río Cauca entre los años 2000 y 2013.

4.2 Específicos

- Describir la tendencia temporal y espacial de eventos extremos climáticos de temperatura (temperatura mínima, temperatura máxima, promedio de temperatura mínima, promedio de temperatura máxima, rango medio de la temperatura, porcentaje de días que temperatura mínima supera el percentil 90 y porcentaje de días que temperatura máxima supera el percentil 90) y precipitación (máximo número de días secos consecutivos, total mensual de días secos, máximo mensual de días húmedos consecutivos, total mensual de días húmedos, precipitación total en días húmedos, precipitación máxima en un periodo de cinco días)
- Identificar la correlación espacial de la incidencia del dengue en el valle geográfico del río Cauca.
- Establecer la relación entre eventos extremos climáticos de temperatura y precipitación con la incidencia de dengue ajustada por la correlación espacial.

5 METODOLOGÍA

5.1 Tipo de estudio

Se realizó un estudio ecológico, en el cual la unidad de análisis fue el municipio. Este tipo de diseño se caracteriza por estudiar agrupaciones de individuos, es clasificado como de “grupos múltiples” ya que se realizaron comparaciones entre los municipios para evaluar la asociación de la información agregada de la incidencia de la enfermedad y la exposición⁽⁶⁰⁾.

En los estudios ecológicos por lo general las unidades de observación son áreas geográficas o diferentes periodos de tiempo en las mismas áreas y son útiles en los casos que no se cuenta con información a nivel individual de la enfermedad y la exposición⁽⁶⁰⁾.

Para cumplir con el objetivo de esta investigación se correlacionó información a nivel grupal de la incidencia de dengue con variables integrales de cada municipio que fueron los eventos extremos climáticos, por lo tanto la estrategia metodológica más adecuada fue el diseño ecológico pues éste permite estudiar cómo el contexto climático afecta la salud de las poblaciones^(60, 61).

Dado que los sistemas de vigilancia de Colombia suministran información epidemiológica del dengue a nivel de municipio este fue considerado como la unidad de análisis.

5.2 Área de estudio

El río Cauca se divide en tres tramos: el Alto, el Medio y el Bajo Cauca. El Alto Cauca comprende desde su nacimiento hasta el municipio La Virginia en Risaralda. El área de estudio de la presente investigación fue el valle geográfico del río Cauca el cual está ubicado dentro de la cuenca alta, iniciando en el municipio de Suárez en el departamento del Cauca, pasando por el Valle del Cauca y terminando en La Virginia. Cuenta con aproximadamente 225 km de norte a sur, en promedio tiene 12km de ancho y está conformado por 42 municipios⁽⁶²⁾.

Esta es una región con diversidad étnica y sociocultural generando diferentes formas de adaptación y uso del territorio. Respecto a la migración, la población se moviliza hacia los municipios con mayor desarrollo comercial y cuenta con la problemática del desplazamiento forzado, llevando a tener población vulnerable y en riesgo a diferentes condiciones de salud⁽⁶²⁾.

El área de estudio se localiza en un valle interandino, se sitúa entre los 900 y 1000 msnm en un piso térmico cálido-seco con una temperatura superior a 24°C, precipitación media anual de 1.300mmm y humedad promedio mensual entre el 70 a 75%⁽⁶²⁾. Se caracteriza por un régimen bimodal de precipitación atmosférica con dos temporadas secas y dos lluviosas más cuatro periodos de transición que es el número de días (promedio 30) transcurridos entre una temporada seca a lluviosa y viceversa⁽⁶³⁾.

El clima de esta región ha sido afectado por los fenómenos del “Niño” y la “Niña”, presentándose una correlación del “Niño” con la disminución de la precipitación y

humedad relativa, aumento de la temperatura y de oscilación diaria de temperatura. Respecto a la “Niña” se ha correlacionado con aumentos en la precipitación y humedad relativa, disminución de la evaporación y temperatura⁽³⁵⁾.

Estos cambios generados sobre el clima son factores de riesgo para la transmisión del dengue impactando directamente sobre la epidemiología de la enfermedad en el área de estudio. Considerando también, los otros factores de riesgo como la densidad poblacional, urbanización no planificada y migraciones del valle geográfico del río Cauca, hicieron que esta región fuera la apropiada para la presente investigación.

5.3 Población y muestra

Esta investigación tuvo en cuenta 41 municipios que conforman el valle geográfico del río Cauca se excluyó el Municipio de Guachané por no tener información de casos de dengue, en la Figura 4 se muestra el mapa:

Departamento del Cauca: Corinto, Caloto, Santander de Quilichao, Puerto Tejada, Villa Rica, Padilla, Miranda, Buenos Aires, Suarez.

Departamento Risaralda: Marsella, Pereira, Balboa, La Virginia.

Departamento del Valle del Cauca: Cali, Florida, Pradera, Palmira, Jamundí, Candelaria, Yumbo, Vijes, Cerrito, Ginebra, Tuluá, San Pedro, Trujillo, Guacarí, Yotoco, Buga, Río frío, Andalucía, Bugalagrande, Bolívar, Zarzal, Roldanillo, La Victoria, La Unión, Cartago, Ansermanuevo, Toro, Obando.

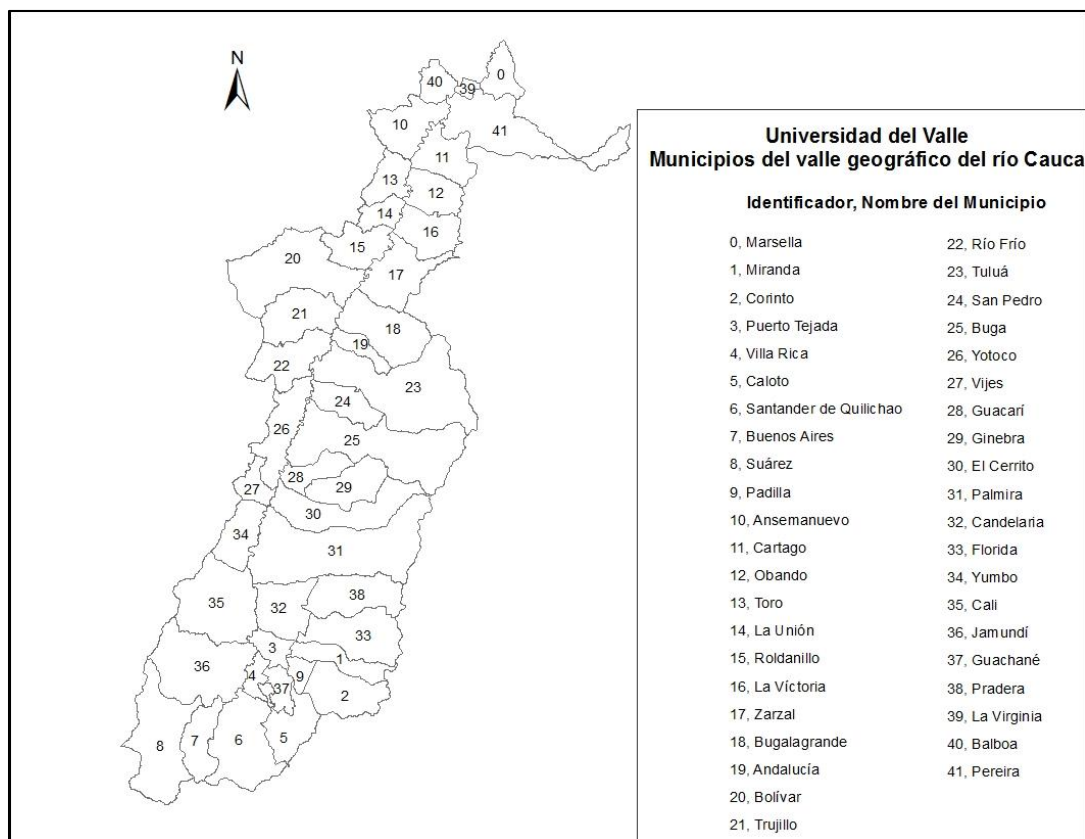


Figura 4 Mapa de la región de estudio con la ubicación de cada uno de los municipios. Fuente: elaboración propia.

5.4 Variables del estudio

En la Tabla 1 se presenta de manera resumida la fuente de información de las variables del estudio.

Tabla 1 Resumen variables globales

Tipo de variable	Nombre de la variable	Fuente (Periodo)
Dependiente	$Tasa\ Incidencia\ acumulada = \frac{N^{\circ}\ casos\ dengue}{Población\ mitad\ periodo} * 100.000$	N° casos dengue: SIVIGILA (2000-2013) Población: Dane (censo 2005)
Independiente	Eventos extremos de temperatura y precipitación	IDEAM Cenicaña

5.4.1 Variable dependiente

La variable respuesta del estudio fue la tasa de incidencia de dengue de cada municipio para el periodo 2000 a 2013, ésta se calculó como el cociente entre el número de casos de dengue de cada municipio (numerador) y la población total a riesgo de cada municipio (denominador).

El número de casos de dengue confirmados (confirmados por laboratorio y por nexo epidemiológico) de los municipios se obtuvieron del Instituto nacional de Salud (INS) a partir de la notificación obligatoria al SIVIGILA (Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública) que realiza las unidades primarias generadoras de datos, unidades notificadoras municipales y Departamentales o Distritales⁽⁶⁴⁾. La población a riesgo de cada municipio se obtuvo del DANE según proyecciones poblacionales a junio de cada año con base en el censo del 2005.

5.4.2 Variables independientes

Las variables independientes fueron los eventos extremos climáticos de la temperatura y precipitación. La información de estas variables fue suministrada por 21 estaciones meteorológicas de la red meteorológica automatizada de Cenicaña (Centro de investigación de la Caña de Azúcar de Colombia)⁽⁶⁵⁾, ver Figura 5. Estas 21 estaciones en funcionamiento suministraron datos para los 41 municipios con temporalidad mensual⁽⁶³⁾

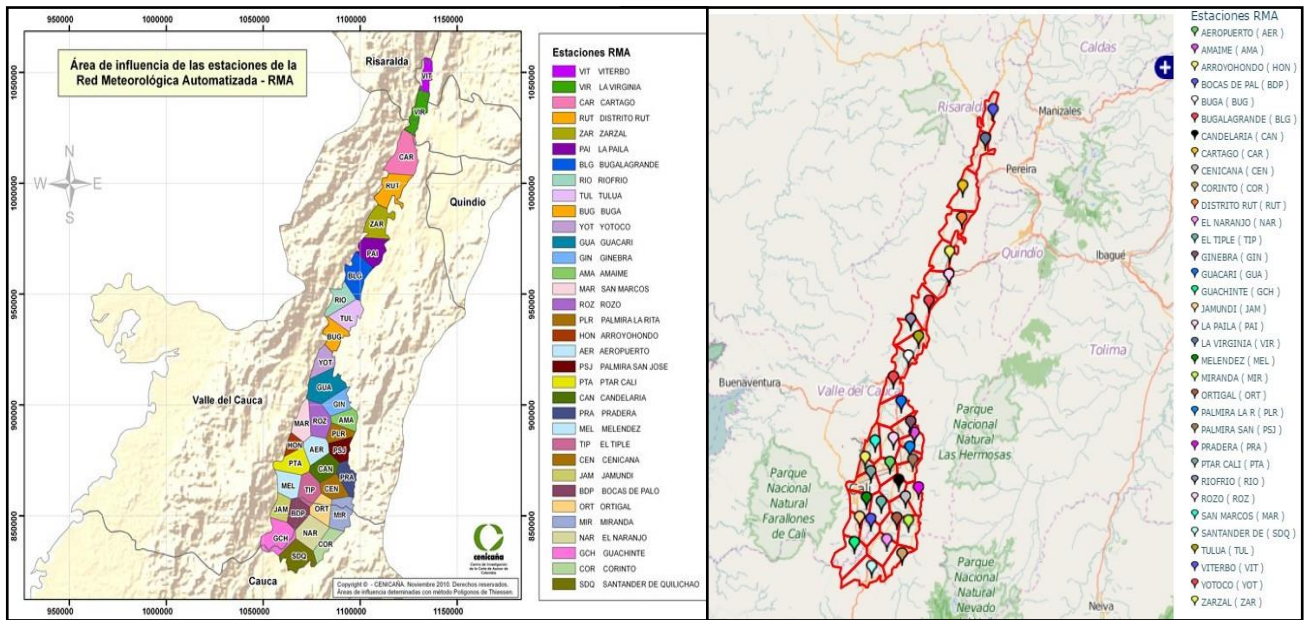


Figura 5 Red Meteorológica Automatizada de Cenicaña. A la derecha municipios de influencia, izquierda ubicación estación. Fuente: Cenicaña⁽⁶⁵⁾.

Aquellas estaciones que tenían pérdida de la información en más del 20% de los meses del periodo de estudio no fueron tenidas en cuenta. El municipio que no tenía estación meteorológica o en caso de contar una pero no cumplía con la condición anterior se le asignó la información de la estación más cercana (menor distancia en kilómetros).

No se tuvo en cuenta extremos climáticos de humedad porque se tenía pérdida de información en más del 20% de los meses y no todas las estaciones meteorológicas tenían mediciones de humedad.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) definió indicadores de eventos climáticos extremos con los que se evaluará en el país el impacto del cambio climático y su adaptación en diferentes sectores como la salud⁽⁶⁶⁾, de éstos se escogieron los que estaban más relacionados con la ecología

del vector y fueron incluidos en esta investigación (Tabla 2 identificados con el carácter asterisco (*)). Para los valores de estos índices de eventos extremos climáticos se utilizaron las variables temperatura mínima, máxima y la precipitación para cada uno de los municipios y fueron calculados con el software RGui.

En la Tabla 2 se describe cada una de las variables del estudio.

Tabla 2 Operacionalización de variables

Variable	Definición operacional	Tipo de variable	Valores posibles	Método recolección
Código	Código DANE del municipio de domicilio del caso de dengue	Categórica nominal	Total 41 códigos de 4 dígitos	DIVIPOLA
Municipio	Nombre del municipio de domicilio el caso del dengue	Categórica nominal		DIVIPOLA
Casos de dengue	Número de casos de dengue por municipio y semana epidemiológica reportados al SIVIGILA en el periodo 2000 a 2013	Cuantitativa discreta	0+	Registros del INS
Población	Número total de habitantes por cada municipio y por año del periodo 2000 a 2013	Cuantitativa discreta	>0	Proyecciones DANE a junio
Tasa de Incidencia Acumulada	Cociente entre casos de dengue y población x 100.000 Habitantes (Hab.) por cada municipio	Cuantitativa continua de razón	0+	Cálculo propio

Temperatura mínima**	Temperatura mínima del mes (°C)	Cuantitativa continua de intervalo	0+	Registros de Cenicaña
Temperatura máxima*	Temperatura máxima del mes (°C)	Cuantitativa continua de intervalo	0+	Registros de Cenicaña
TN90p**	Porcentaje de días del mes con temperatura mínima mayor al Percentil 90 (Noches calientes)	Cuantitativa continua de razón	0 a 100%	Cálculo propio a partir de registros de Cenicaña
DTR	Media mensual del rango de temperatura diario (°C)	Cuantitativa continua de intervalo	0+	Cálculo propio a partir de registros de Cenicaña
MTMIN**	Media mensual de la temperatura mínima diaria (°C)	Cuantitativa continua de intervalo	0+	Cálculo propio a partir de registros de Cenicaña
MTMAX*	Media mensual de la temperatura máxima diaria (°C)	Cuantitativa continua de intervalo	0+	Cálculo propio a partir de registros de Cenicaña
TX90p*	Porcentaje de días al mes con temperatura máxima mayor al Percentil 90 (Días calientes)	Cuantitativa continua de razón	0 a 100%	Cálculo propio a partir de registros de Cenicaña
CDD***	Mayor número de días secos consecutivos del mes RR>=1mm	Cuantitativa discreta	0 a 30	Cálculo propio a partir de registros de Cenicaña

CWD***	Número máximo mensual de días húmedos consecutivos del mes $RR \geq 1\text{mm}$	Cuantitativa discreta	0 a 30	Cálculo propio a partir de registros de Cenicaña
TWD***	Total mensual de días húmedos $RR > 1\text{mm}$	Cuantitativa discreta	0 a 30	Cálculo propio a partir de registros de Cenicaña
PRCPTOT***	Precipitación total en días húmedos del mes (mm)	Cuantitativa continua	>0	Cálculo propio a partir de registros de Cenicaña
RX5day***	Valor máximo de la precipitación en un periodo de 5 días en un mes (mm)	Cuantitativa continua	>0	Cálculo propio a partir de registros de Cenicaña
TDD***	Total mensual de días secos $RR < 1\text{mm}$	Cuantitativa discreta	0 a 30	Cálculo propio a partir de registros de Cenicaña

* Índice de evento climático extremo relacionado con temperatura máxima. ** Índice de evento climático extremo relacionado con temperatura mínima. *** Índice de evento climático extremo relacionado con precipitación.

5.5 Recolección de información

El Grupo Epidemiología y Salud Poblacional (GESP) de la Universidad del Valle facilitó a la investigadora los datos del proyecto denominado “Cambio Climático, Vulnerabilidad y Salud en Colombia” para realizar el presente estudio. Los datos epidemiológicos fueron recibidos en formato Excel con información de casos de

dengue por código de municipio de residencia de los casos, año y mes según inicio de síntomas. Los datos de población a riesgo se descargaron de la página del DANE y se creó una llave con el código de municipio y año para enlazar con los casos de dengue.

Para cada uno de los 41 municipios del valle geográfico del río Cauca se obtuvo la incidencia acumulada de dengue de cada mes según fecha de inicio de síntomas durante el periodo de estudio y se almacenó en una base de datos en Excel en la cual se le adicionó la información de las variables climáticas.

5.5.1 Control de calidad y manejo de bases de datos

Cada una de las variables se codificó en la base de datos en formato Excel y se creó un diccionario de variables que permitió identificar el código correspondiente de cada variable, así como su descripción y valores posibles. Se guardó una copia de seguridad de la base de datos original y se generó otra para el proceso de depuración de los datos. Se llevó a cabo una bitácora en la que se consignó los procesos realizados en la base de datos y los errores identificados en ella.

Para verificar la consistencia de la información por variable se realizó el análisis de valores mínimos, máximos y frecuencias de cada una para corroborar que los resultados estaban dentro de los rangos esperados y los valores que estaban por fuera del rango fueron corregidos, en el caso de una variable climática esto se hizo asignando la información de la estación meteorológica más cercana del municipio y si era un dato del conteo de casos de dengue se imputó con el promedio del año del municipio. En caso de encontrar datos faltantes se le asignó el valor “99999”.

Una vez realizado este proceso de depuración se guardó otra copia de seguridad y se creó otro archivo en formato txt. sobre la cual se realizaron los análisis. Se registraron todos los comandos para realizar los análisis estadísticos en un archivo en formato txt. la primera línea de estos comandos fue el de la lectura de la base de datos y la ruta en que fue guardada, pues de esta manera en cualquier momento de la investigación se logró identificar la base de datos de análisis. Las recodificaciones de las variables se realizaron sobre una nueva variable para no alterar las originales y se consignaron en el diccionario de variables.

5.6 Análisis

Inicialmente se realizaron análisis exploratorios de cada una de las variables para identificar sus posibles datos atípicos y faltantes para depurar la base de datos. Para describir las variables de los eventos extremos climáticos, se realizaron diagramas de cajas y alambres uno para cada uno de 12 meses con lo cual se observó la distribución inter-mensual de las variables, además como todas las variables del estudio son cuantitativas se calcularon las siguientes estadísticas de resumen y sus respectivas medidas de dispersión: media –desviación estándar, mediana – rango intercuartilico, coeficiente de variación, mínimo, máximo y los cuartiles uno, dos y tres.

Para describir la distribución de los casos de dengue en el área de estudio se calcularon el total, la media, mínimo y máximo para todo el periodo.

Los análisis estadísticos se ejecutaron con el software estadístico RGui.

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados en el presente estudio, se llevaron a cabo los siguientes análisis:

Objetivo específico 1:

La descripción temporal se realizó con el análisis gráfico de las tendencias temporales de las variables climáticas se usó la técnica no paramétrica de suavizadores Spline⁽⁶⁷⁾, el parámetro de suavización se estimó por medio del criterio de minimización de validación cruzada generalizada (CVCG)^(68, 69), el paquete usado en R para este fin fue *smooth.spline*. Esta técnica fue aplicada para obtener un valor resumen de la variable climática de todas las estaciones meteorológicas para cada unidad de tiempo.

Para identificar una tendencia temporal significativa de las series de tiempo de las variables climática en cada una de las estaciones meteorológicas se usó el test no paramétrico de Mann-Kendall(TMK)⁽⁷⁰⁾, este test considera como hipótesis nula una tendencia aleatoria o no existencia de tendencia⁽⁷¹⁾ y es rechazada bajo un nivel de significancia del 5%, adicionalmente se usa el método no paramétrico de la pendiente de Sen para estimar la pendiente de la tendencia^(72, 73) si las pendientes fueron positivas indicó tendencias crecientes de lo contrario fueron tendencias decrecientes. El paquete en R fue *zyp.trend.vector*.

Para disminuir el error tipo I (Test de MK detecte una tendencia cuando está realmente no existe) se realizó un proceso de prelavado (“pre-whitening”) de la correlación serial rezagando un periodo la serie de datos de cada estación(proceso AR(1))⁽⁷⁴⁾. Este proceso fue: 1) calcular el coeficiente de correlación serial lag-1

(proceso AR(1) autorregresivo); 2) si el coeficiente es significativo se calcula el test MK de la serie con el pre-lavado y se estimó la pendiente de Sen 3) si el coeficiente no era significativo se aplicó el test MK a la serie original^(71, 72). Finalmente se realizaron mapas que muestran en cada estación meteorológica la tendencia temporal de cada extremo climático.

Objetivo específico 2:

Se usaron diagramas-mapa de caja para describir la distribución espacial del número de casos dengue y la tasa de incidencia de dengue ajustada por población por municipio, este tipo de mapa no permite desviaciones al identificar áreas geográficas con valores extremos⁽⁷⁵⁾.

Para identificar la autocorrelación espacial se usó el estadístico I Moran, este índice expresa la intensidad de la relación “causal” existente entre los valores de una variable en una unidad territorial y los valores de la misma en las unidades vecinas^(75, 76) por tanto valores positivos del I Moran indican que municipios con valores altos/bajos están rodeados de municipios con valores altos/bajos de la variable, y una correlación negativa indica una coincidencia, en una zona, de valores altos de una variable rodeados por valores bajos de la misma, y viceversa^(75, 76).

Las variables analizadas fueron *número de casos de dengue reportados, incidencia acumulada x 100.000 Habitantes del todo el periodo y la incidencia acumulada anual x 100.000 habitantes en la cual el I Moran se analizó de manera independiente en cada año*. Estas variables fueron rezagadas una vez. Un rezago espacial es un promedio ponderado de los valores que adopta una variable en el subconjunto de

observaciones vecinas a una unidad dada. Este número de rezagos se eligió según el valor más alto del I Moran y con el criterio Queen se obtuvo la matriz de ponderación. Se manejó un nivel de significancia del 5%. Los análisis para este objetivo se realizaron en el software GeoDa v.1.6.7®.

Objetivo específico 3

Para cada año de estudio se evaluó la relación entre la incidencia de dengue y los extremos climáticos obteniendo 14 modelos de regresión múltiple. Para esto los datos de cada evento extremo climático se redujeron a un valor anual por municipio usando la mediana, dado que este indicador no es sensible a los valores muy grandes o muy pequeños de estas variables en cada año y de esta manera no se realizarían interpretaciones equivocadas con valores extremos de estas variables⁽⁷⁷⁾. La variable respuesta fueron los casos de dengue ajustados por tamaño de población de cada municipio (población a riesgo) multiplicada por 100.000 habitantes.

La presencia de multicolinealidad se determinó con el factor de inflación de varianza (VIF) obtenido desde un modelo lineal generalizado (GLM) para datos de conteo (Poisson), los predictores con un VIF mayor o igual a 10 no eran incluidos en el modelo y se mantenían sí su significancia superaba el 5%⁽⁷⁸⁾

Finalmente, los predictores seleccionados en el GLM se incluyeron en los modelos de regresión Poisson ponderados geográficamente (GWPR, geographically weighted Poisson regression), este tipo de regresión permite determinar cómo la fuerza de la relación entre los casos de dengue y los extremos climáticos difiere de

un municipio a otro. En esencia, esta técnica estima para cada municipio una regresión con los datos de municipios vecinos, y resulta estimando coeficientes de regresión locales para cada predictor⁽⁷⁹⁾. Estos coeficientes son calibrados por regresión kernel usando información de j vecindades cercanas, la importancia de cada vecino fue ponderado por la distancia que lo separa del municipio i que está siendo modelado- esta distancia se calcula considerando la longitud y latitud del municipio. El número de vecinos adecuados se determinó por minimización del criterio de información de Akaike(AIC)⁽⁷⁹⁾.

Para determinar si era más adecuado usar modelos lineales generalizados-Poisson, en el que se obtiene una estimación global del efecto de cada predictor, se comparó su AIC con el obtenido con el GWPR y el que tuviera el menor AIC se elegía como el más adecuado⁽⁷⁹⁾.

Para contrastar la hipótesis de no estacionariedad espacial de los parámetros, es decir que los efectos estimados no son constantes en el espacio y por tanto varían entre las unidades geográficas⁽⁷⁹⁾, se comparó el AIC de un modelo con el k –ésimo coeficiente variando espacialmente con el AIC del modelo que contiene aquel coeficiente como fijo. Valores positivos de esta diferencia, principalmente mayor a dos, indican estacionariedad espacial⁽⁷⁹⁾.

Una vez ajustados todos los modelos, los hallazgos de estos se analizaron en conjunto en términos de tiempo y espacio de manera independiente, es decir: 1) Se graficaron diagramas de box-cox del efecto de cada extremo climático según año del periodo de estudio, de manera que se observó cuál era el comportamiento del

efecto de cada extremo climático durante los años del periodo evaluado. 2) Se realizaron mapas anuales del efecto de cada evento extremo climático, el cual permitió observar la variabilidad del efecto en los municipios del área de estudio.

Los análisis de este estudio consideran la correlación espacial y no la dependencia temporal que existe en la relación de condiciones climáticas sobre la incidencia del dengue.

Evaluación de confusión

Se evaluó la presencia de dos potenciales confusores en la relación de los extremos climáticos y la incidencia de dengue, estos fueron porcentaje anual de población con educación media y porcentaje anual de desarrollo fiscal. Se verificó que los dos confusores cumplieran con la siguiente regla general para definir la presencia de confusión⁽⁸⁰⁾:

1. La variable confusora se asocia causalmente con la incidencia de dengue, y
2. Está asociada causalmente o no con los extremos climáticos, pero
3. No es una variable intermedia en la relación causal entre los extremos climáticos y la incidencia de dengue.

A continuación, se plantea la justificación sobre estas dos variables como potenciales confusoras:

La variable confusora se asocia causalmente con la incidencia de dengue: *El porcentaje de población con educación media* fue visto como un proxy del conocimiento de las poblaciones con respecto al dengue, se ha identificado que incrementos de puntajes de los conocimientos se relacionan con los años de

educación⁽⁸¹⁾. Los conocimientos, actitudes y prácticas de las poblaciones con respecto al dengue son un elemento crucial para el diseño de intervenciones preventivas en el manejo integrado de vectores, el cual es definido como un proceso racional de toma de decisiones para optimizar el uso de los recursos para el control vectorial y cuyo objetivo es contribuir significativamente a la prevención y el control de las enfermedades transmitidas por vectores⁽⁸²⁾.

El porcentaje anual de desarrollo fiscal visto como una variable *proxy* de la capacidad que tiene un municipio de ejecutar estrategias de prevención y control del dengue es potencial confusor al considerar que cuando hay una alta cobertura de las estrategias de control de vectores se ha comprobado que hay una reducción o interrupción en la transición de la enfermedad jugando un rol importante en la reducción de la carga de la enfermedad⁽⁸³⁾.

Está asociada causalmente o no con los extremos climáticos: las condiciones climáticas no es el único factor que afecta los resultados sociales y económicos, sin embargo, imponen cargas económicas y sociales a las poblaciones⁽⁸⁴⁾

No es una variable intermedia en la relación causal entre los extremos climáticos y la incidencia de dengue: de acuerdo con el marco teórico del presente estudio, en la complejidad de la ocurrencia del dengue están presentes diversos factores climáticos, sociales y económicos los cuales puede tener efectos de manera independiente, acentuando o debilitando el efecto de los demás. En términos de la ecología y biología del vector las variables climáticas -temperatura y precipitación- afectan los procesos de desarrollo del vector y consecuentemente la transmisión no dependen de condiciones sociales para que esto ocurra^(8, 23, 44), pero la presencia

de factores como la capacidad de ejecutar programas de control de vectores y el aumento de conocimientos y habilidades de las poblaciones para impactar la transmisión pueden disminuir o interrumpir la propagación del dengue⁽⁸³⁾ y por tanto confundir el efecto que tiene las variables climáticas sobre la incidencia del dengue.

La presencia de confusión también fue probada con los datos del presente estudio a través de un modelo simple Poisson de cada año y se incluyó en el modelo multivariado cuando el valor de significancia era inferior al 5% (Tabla 3). Por tanto, si en el modelo multivariado global el cambio proporcional (*Delta*) de la razón de tasa de incidencia cruda y la ajustada por esta variable ($\text{Delta} = 100 * (\text{RTI}_{\text{Ajustada}} - \text{RTI}_{\text{Cruda}}) / \text{RTI}_{\text{Cruda}}$) de cada extremo climático era menor a -10% o mayor a 10% se consideró presencia de confusión.

Para determinar el tipo de confusión se comparó el valor $\text{RTI}_{\text{Ajustada}}$ y $\text{RTI}_{\text{Cruda}}$, de manera que si $\text{RTI}_{\text{Cruda}} < \text{RTI}_{\text{Ajustada}}$ la confusión fue negativa debido a que el modelo no ajustado subestimó la fuerza de asociación. Por el contrario si $\text{RTI}_{\text{Cruda}} > \text{RTI}_{\text{Ajustada}}$ la confusión se consideró positiva debido a que el modelo no ajustado sobreestimó la fuerza de asociación⁽⁸⁰⁾

Tabla 3 Significancia estadística de los potenciales confusores sobre el riesgo de dengue

Año	% Desempeño fiscal	% Población con educación media
2000	<0.0001	Sin dato
2001	<0.0001	Sin dato
2002	<0.0001	Sin dato
2003	<0.0001	Sin dato
2004	<0.0001	Sin dato
2005	<0.0001	<0.0001
2006	<0.0001	<0.0001
2007	0.693	<0.0001
2008	<0.0001	<0.0001
2009	<0.0001	<0.0001
2010	0.0342	<0.0001
2011	0.0908	<0.0001
2012	0.454	0.00405
2013	<0.0001	<0.0001

Finalmente se elaboraron mapas para describir la tendencia espacial del efecto de cada extremo climático sobre el riesgo de dengue, de manera que los valores la RTI primero se dividieron en $RTI < 1$ y $RTI > 1$, seguido en cada una de estas secciones se obtuvo la mediana y finalmente se tienen cuatro sesiones de RTI con las que se puede observar el cambio en el gradiente del riesgo:

*Riesgo bajo-bajo: $RTI \text{ mínima} - \text{Mediana } (RTI < 1)$

*Riesgo bajo-medio: $\text{Mediana } (RTI < 1) - RTI = 1$

*Riesgo medio-alto: $RTI = 1 - \text{Mediana } (RTI > 1)$

*Riesgo alto-alto: $\text{Mediana } (RTI > 1) - RTI \text{ máxima}$.

Evaluación de los modelos de regresión ponderados geográficamente

Para evaluar si los errores estándar de los efectos de los eventos extremos climáticos estuvieron subestimados al usar la regresión ponderada geográficamente se analizó el grado de autocorrelación espacial de los residuales de cada modelo por medio del índice de Moran y su nivel de significancia comparándolo con un 5%.

5.7 Consideraciones éticas

Esta fue una investigación que utilizó bases de datos secundarias obtenidas por el proyecto “*Cambio Climático, Vulnerabilidad y Salud, en el Valle Geográfico del Río Cauca en Colombia*” el cuál cuenta con aval de comité de ética (Acta 06-013) y fue clasificado como una investigación de riesgo mínimo según el artículo 11 de la resolución N. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud y cuenta con autorización por parte del INS y Cenicaña para uso de la información.

Así mismo la presente investigación se realizó bajo la normatividad establecida por la resolución N. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud dado que prevaleció el criterio del respeto a la dignidad, protección de derechos y bienestar de los individuos. De acuerdo al Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas⁽⁸⁵⁾ se clasificó esta investigación como de riesgo mínimo puesto que se emplearon técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y no se realizó ninguna intervención sobre los individuos ya que se analizaron datos poblacionales del número total de casos reportados de dengue por lo que no se contó con información de los individuos que permitiera la identificación de las personas.

El presente trabajo de investigación fue aprobado por el Comité de revisión de ética humana de la Universidad del Valle, mediante Acta de aprobación 007-016 del 02 de noviembre de 2016 (*Anexo 1*)

Durante la ejecución de esta investigación no se presentaron pérdidas de la información ocasionada por daño o robo de equipo de cómputo, virus informáticos que afectaran la información o modificación intencionada de los datos originales. Con el objetivo de salvaguardar la información proporcionada se realizó un back up en disco duro extraíble que fue de uso exclusivo de la investigadora y se mantuvo en un lugar seguro.

6 RESULTADOS

6.6 Tendencia temporal y espacial de los eventos extremos climáticos

El valle geográfico del río Cauca presentó en el periodo 2000 a 2013 una temperatura mínima promedio de 16.7°C, temperatura máxima promedio de 32.5°C. En promedio se presentó 18.6 días secos mensuales (TDD) en algunos meses todos los días fueron secos. Respecto al total de días húmedos en todo el periodo de estudio se presentó un promedio de 11.8 días lluviosos y en el 50% de los meses en el valle geográfico del río Cauca la precipitación fue de 95 milímetros por metro cuadrado (*Tabla 4*).

Se evidencia alta variabilidad en la mayoría de los eventos extremos principalmente en TN90P y TX90P (*Tabla 4*) con presencia de valores atípicos, para TN90P esto se observó en los meses de enero a marzo y para TX90P ocurrió en todos los meses del año (*Anexo 2*). Esta variabilidad es esperada dado que en el área de estudio se tiene dos periodos secos y dos lluviosos en cada año lo que es conocido como variabilidad climática intra-anual.

En los eventos extremos de la precipitación se refleja el régimen bimodal de la precipitación atmosférica de la región, siendo marzo a mayo y octubre a diciembre los periodos con mayor precipitación (*Anexo 2-b*). Las temperaturas más altas ocurren entre julio y septiembre de cada año (*Anexo 2-a*).

Tabla 4 Análisis descripción de las variables climáticas y eventos climáticos extremos de las 14 estaciones meteorológicas en el valle geográfica del río Cauca

Evento extremo climático	Media	D.E*	Mínimo	Cuartil 1	Mediana	Cuartil 3	RIQ [†]	Máximo	C.V [‡]
TemMin (°C)	16,7	1	13	16,1	16,8	17,3	1,2	19,3	5,8
TemMax (°C)	32,5	1,3	29	31,6	32,4	33,3	1,7	39,2	4
TN90P (%)	9	10,1	0	0	6,3	13,3	13,3	60,5	112,6
DTR (°C)	10,9	1,1	8,1	10,2	10,8	11,5	1,3	15,7	9,9
MTMAX (°C)	29,7	1	26,8	29	29,6	30,4	1,4	33,3	3,5
MTMIN (°C)	18,8	0,6	15,6	18,5	18,8	19,2	0,7	20,7	3
TX90P (%)	9,4	12,4	0	0	3,6	13,4	13,4	79,6	132,7
CDD (Días)	8	4,9	0	5	7	10	5	31	61,7
TDD (Días)	18,6	5,1	1	15	19	22	7	31	27,5
CWD (Días)	4,2	2,7	0	3	4	5	2	28	64,7
TWD (Días)	11,8	5,2	0	8	12	15	7	29	44
PRCPTOT (mm)	109,8	77,4	0	49	95	153	104	512	70,4
RX5DAY (mm)	51,7	33,1	0	26	46	71	45	244	64,2

*D.E: desviación estándar; [†]RIQ: rango intercuartilico; [‡]C.V: coeficiente de variación

En el Anexo 3 se presentan las estadísticas descriptivas de cada estación meteorológica.

6.6.1 Tendencia temporal

Para la temperatura, de acuerdo con la tendencia temporal los últimos tres años son los de mayor temperatura en el período de análisis. La temperatura máxima presentó los valores más altos (mayor 34°C) en tres periodos, en el segundo semestre del 2006, entre el segundo semestre de 2009 hasta cerca del final del

primer cuatrimestre de 2010 y aproximadamente en el segundo semestre del 2012, ver *Figura 6*.

En este sentido, el promedio de la temperatura máxima diaria (MTMAX) presentó dos periodos de valores más altos (mayor a 31°C), entre mayo de 2009 a enero de 2010 y entre los meses de mayo y agosto de 2012, lo que contrasta que entre estos dos periodos se presenta un periodo con valores bajos de MTMAX oscilando entre los 29° y 30°C (*Figura 6*).

Por su parte, la temperatura mínima presentó tres picos con los valores más bajos sin superar los 16°C alrededor de los años 2002, 2007 y 2011. De manera similar ocurre con el promedio de la temperatura mínima diaria (MTMIN) que osciló entre los 18.5°C y 19.5°C, pero presentándose temperaturas más altas en primer semestre de 2004, en el 2010 y entre abril y agosto de 2013(*Figura 6*).

Se observa que el porcentaje de días en que la temperatura mínima supera el percentil 90 presentó una tendencia creciente en 2011 manteniéndose hasta el final del periodo evaluado con tres picos que superan el 20% de días y ocurrieron en junio 2011, junio de 2012 y febrero de 2013. No obstante, en el 2010 se presentó el mayor aumento del periodo (*Figura 6*).

El mayor porcentaje de días en que la temperatura máxima supera el percentil 90(TN90P) ocurrió entre el 2009 y mitad de 2010, también entre junio y septiembre de 2012. Sin embargo, después de este último periodo el porcentaje en promedio ha sido mayor al 10% siendo más alto que el nivel que se mantuvo anteriormente.

Finalmente, el promedio del rango mensual de temperatura diaria se mantiene en nivel entre 10°C y 12°C, presentándose dos picos con temperaturas mayores a 12°C que abarcan los periodos desde 2009 hasta junio de 2010 y el año 2012 (Figura 6).

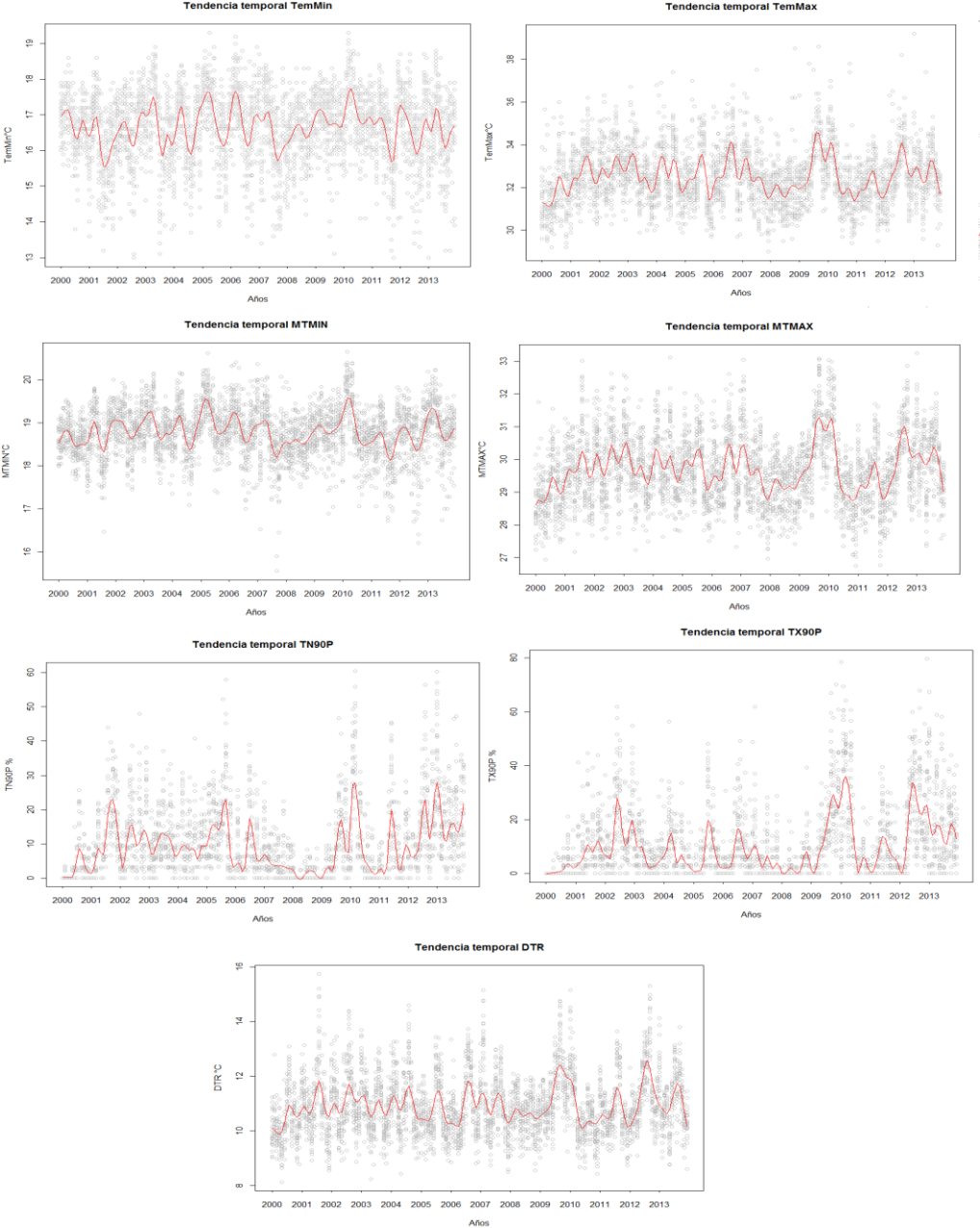


Figura 6 Spline para tendencia temporal de eventos extremos de la temperatura en el valle geográfico del río Cauca, periodo 2000-2013

Respecto a los extremos de precipitación, se identificó que hasta el año 2003 el número de días secos consecutivos(CDD) presentó una tendencia creciente oscilando entre 5 y 15 días, posteriormente se tiene una tendencia decreciente hasta el final del periodo evaluado en el cual ocurrieron tres picos que sobrepasan los 10 días, ver Figura 7.

Durante el periodo evaluado el comportamiento del total de días secos (TDD) tuvo alta variabilidad. Hasta el año 2003 la tendencia fue creciente superando los 20 días y después fue decreciente en la cual TDD osciló entre 15 y 20 días, sin embargo, ocurrieron tres picos que superaban los 25 días, esto ocurrió en 2005, 2007, entre junio de 2009 y junio 2010 y en 2012 (Figura 7).

El número máximo mensual de días húmedos consecutivos(CWD) tenía un comportamiento constante cuyo valor promedio oscilaba en los cinco días hasta mitad del año 2006, momento a partir del cual se presentó un periodo con gran variabilidad y presencia de picos por encima de los 5 días siendo lo más notorios a finales del 2010 y 2011(Figura 7).

Con relación al total mensual de días húmedos (TWD) se identificó un tendencia decreciente con valores inferiores a 10 días hasta 2002, momento a partir del cual la tendencia fue creciente presentándose cuatro picos en los que se superó los 15 días el primero en 2006, el segundo en todo el 2008 que coincide con el fenómeno La Niña, en 2009 se tuvo un decrecimiento de TWD en el que se tuvo menos de 10 días y coincidió con el fenómeno El Niño, el tercer y cuarto pico ocurrieron a finales del 2010 y finales del 2011 periodos que coinciden con el fenómeno La Niña (Figura 7).

La precipitación total en días húmedos (PCRTOT) presentó a partir del año 2010 hasta agosto del año 2011 aumentos aproximadamente de 200 mm en promedio, estos dos años se presentó el fenómeno de la Niña lo que explica este incremento, seguido ocurrió una disminución por debajo de 100 mm hasta el primer trimestre de 2012 que coincidió con una transición al fenómeno de El Niño y nuevamente aumentó a 200 mm pero no hubo presencia de este fenómeno(Figura 7).

El valor máximo de la precipitación en un periodo de cinco días (RX5DAY) presentó dos picos con valores por encima del 50 mm, estos ocurrieron aproximadamente en el segundo trimestre del 2008 y último trimestre de 2011(Figura 7).

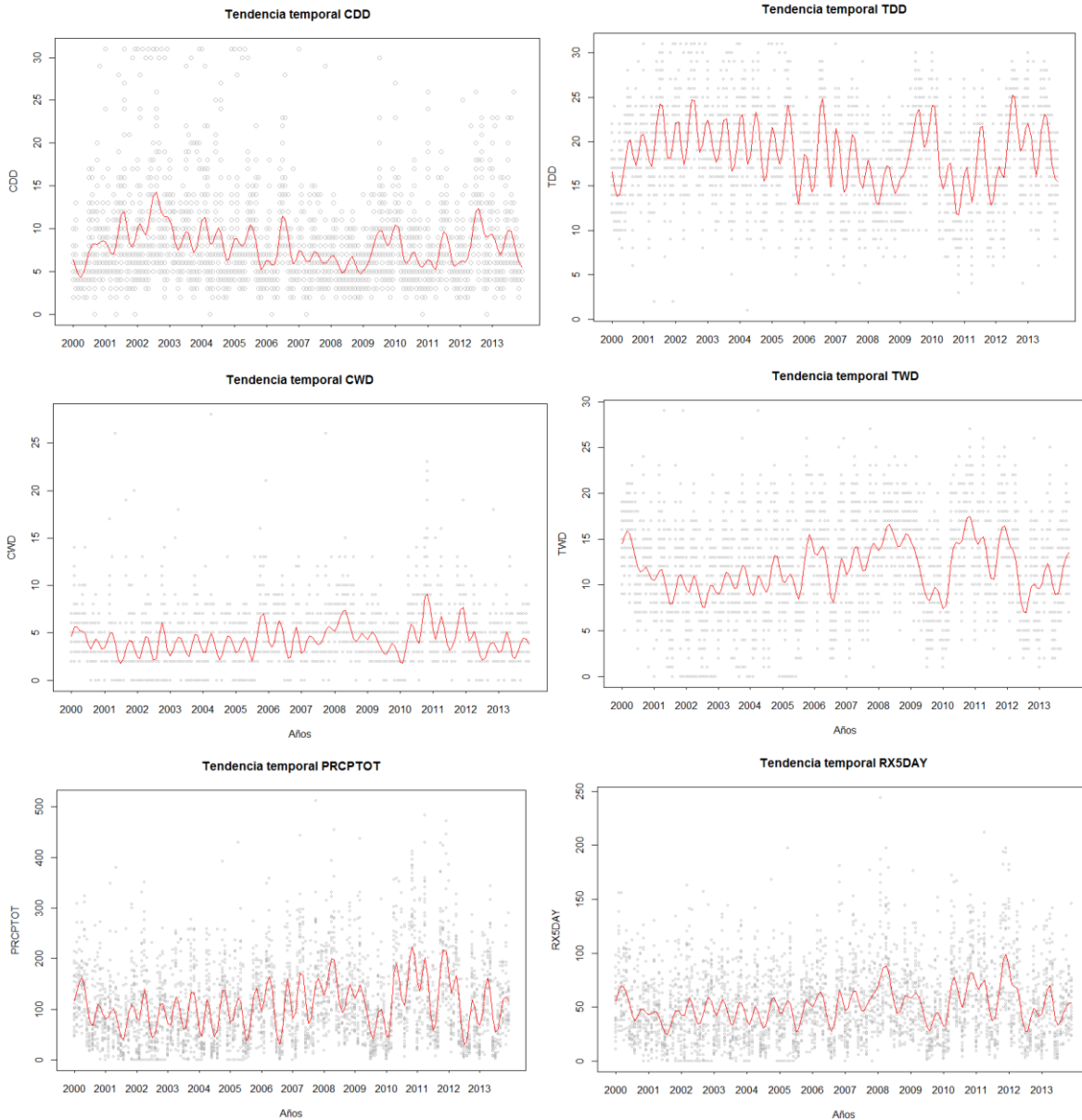


Figura 7 Spline para tendencia temporal de eventos extremos de la precipitación en el valle geográfico del río Cauca, periodo 2000-2013

6.6.2 Tendencia espacial

En el caso de los extremos climáticos de temperatura, se observa que los relacionados con temperatura mínima (TemMin y MTMIN) presentan heterogeneidad de las tendencias en las tres zonas: en el sur tienden a decrecer,

en el centro se dieron incrementos y en el norte se registraron decrementos pero en las estaciones de la Virginia y Viterbo (zona norte) se observaron incrementos(Figura 8), en el municipio de Zarzal se identificó que MTMIN presentó una tendencia decreciente estadísticamente significativa y en promedio esta disminución fue de $0,61^{\circ}\text{C}/10$ años(Figura 8 y Anexo 4).

En las estaciones de la zona norte se identificó una tendencia decreciente en los extremos relacionados a la temperatura máxima (TemMax y MTMAX) y del rango de la temperatura diaria (DTR),Figura 8 y Anexo 4.

Se observó una tendencia creciente de TX90P en la zona centro y sur, pero en el norte no se registraron cambios. Respecto a TN90P se observa un comportamiento constante a lo largo del área de estudio, pero en algunas estaciones del sur se reportaron incrementos (Figura 8 y Anexo 4).

En promedio la temperatura mínima decrece $0,069^{\circ}\text{C}/\text{año}$ y MTMIN decrece $0,068^{\circ}\text{C}$, esto reporta las estaciones de Miranda-Ortugal y Santander de Quilichao. Por otra parte, en las estaciones de Candelaria y Palmira la TemMin tiene un aumento promedio de $0.045^{\circ}\text{C}/\text{año}$ y solo en el primer municipio el promedio mensual de TemMin aumento $0.044^{\circ}\text{C}/\text{año}$. No obstante, en todas las estaciones la tendencia TN90P fueron crecientes, pero no estadísticamente significativas (Anexo 4).

Respecto a la TemMax menos de la mitad de las estaciones reportan tendencia creciente, solo dos de ellas -Candelaria y Yotoco- presentaron un aumento significativo de $0,075^{\circ}\text{C}/\text{año}$. Mientras MTMAX tuvo tendencia creciente en el 60%

de las estaciones, siendo estadísticamente significativa en El Cerrito, Candelaria, Cali y Yotoco cuyo aumento promedio fue de $0,67^{\circ}\text{C}/\text{año}$. Además, en las estaciones de Cali y Pradera se reportó una tendencia creciente del TX90P con un aumento promedio de $61\%/\text{año}$, además en tres municipios no se presentó tendencia, es decir, este índice fue constante y en las demás estaciones se tuvo una tendencia creciente pero no estadísticamente significativas (Anexo 4).

Finalmente, en las estaciones ubicadas en Aeropuerto, Bugalagrande, Cartago, Corinto, Guacarí, Jamundí, Miranda, San Marcos, Tuluá y La Virginia no se identificaron tendencias estadísticamente significativas de los eventos extremos de temperatura y precipitación.

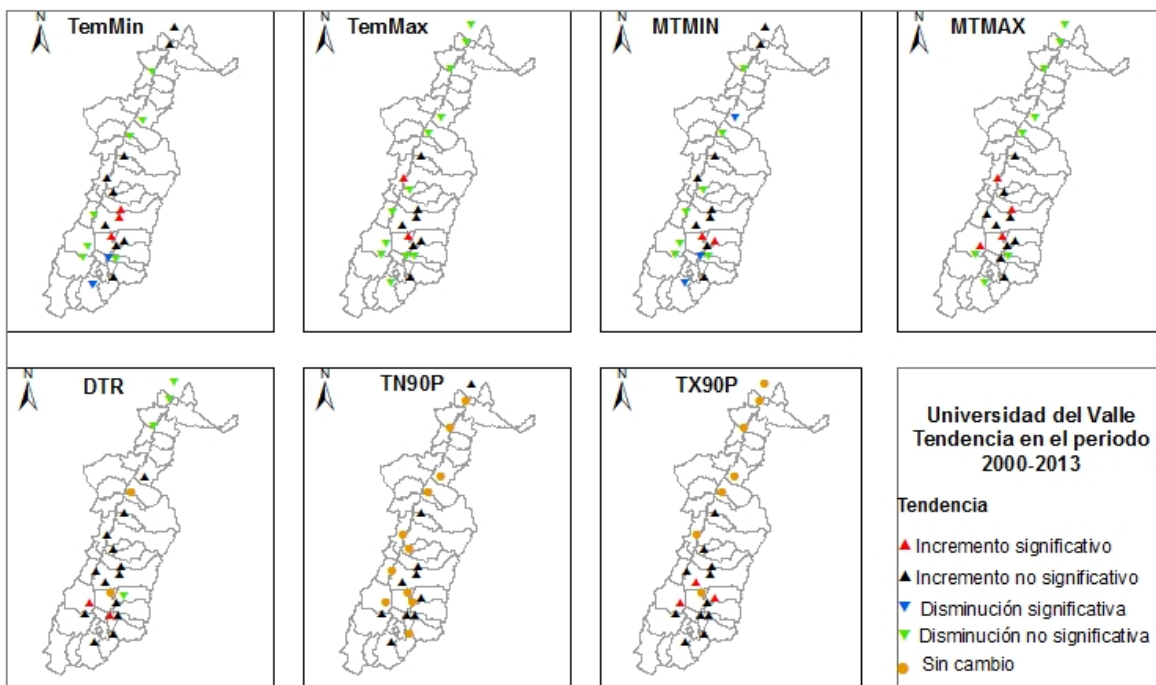


Figura 8 Mapas de distribución de las variables de temperatura en el valle geográfico del río Cauca, 2000 a 2013

En el caso de los eventos extremos de precipitación, se observa que a lo largo del valle geográfico del río Cauca se reportó disminución de días secos (CDD y TDD) y aumentos de días húmedos (CWD y TWD), sin embargo, en las estaciones de la zona centro del área de estudio no se identificaron cambios en CWD. Respecto a la precipitación total y la reportada en cinco días (PRCPTOT y RX5DAY) se reportaron incrementos en todas las estaciones meteorológicas (Figura 9; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Se observa en general en la región predomina una relación inversa entre los índices de días secos y húmedos, es decir, existe un incremento de días húmedos (tendencia creciente de CWD y TWD), que es coherente con el decremento de los días secos (CDD y TDD), ver Figura 9.

Particularmente en el municipio de Pradera se presenta una tendencia decreciente de: CDD en 0,8 días/año (una disminución de 10 días secos consecutivos en 13 años) y 0,41 días/año del TDD (una disminución de 5 días secos mensuales en 13 años) además de una tendencia creciente de 0,38 días/año de TWD (aumento de 5 días húmedos totales mensuales en 13 años). En los municipios de Pradera, Florida y Viterbo se tiene en promedio un incremento del 0,12 días/año de CWD (aumento de 1,68 días húmedos consecutivos en 13 años); estas tendencias fueron estadísticamente significativas (*Anexo 4*).

La distribución de las tendencias de PRCPTOT y RX5DAY es similares en el valle geográfico, ya que ambas presentan un crecimiento en sus tendencias en los 13 años de evaluación. Los municipios con una tendencia creciente estadísticamente significativa de estos índices fueron Palmira, Pradera y Santander de Quilichao, con

un incremento promedio de la precipitación durante los 13 años de 51,76mm (3,98mm/año) en PRCPTOT y 24,67mm (1,89mm/año) de RX5DAY (Anexo 4).

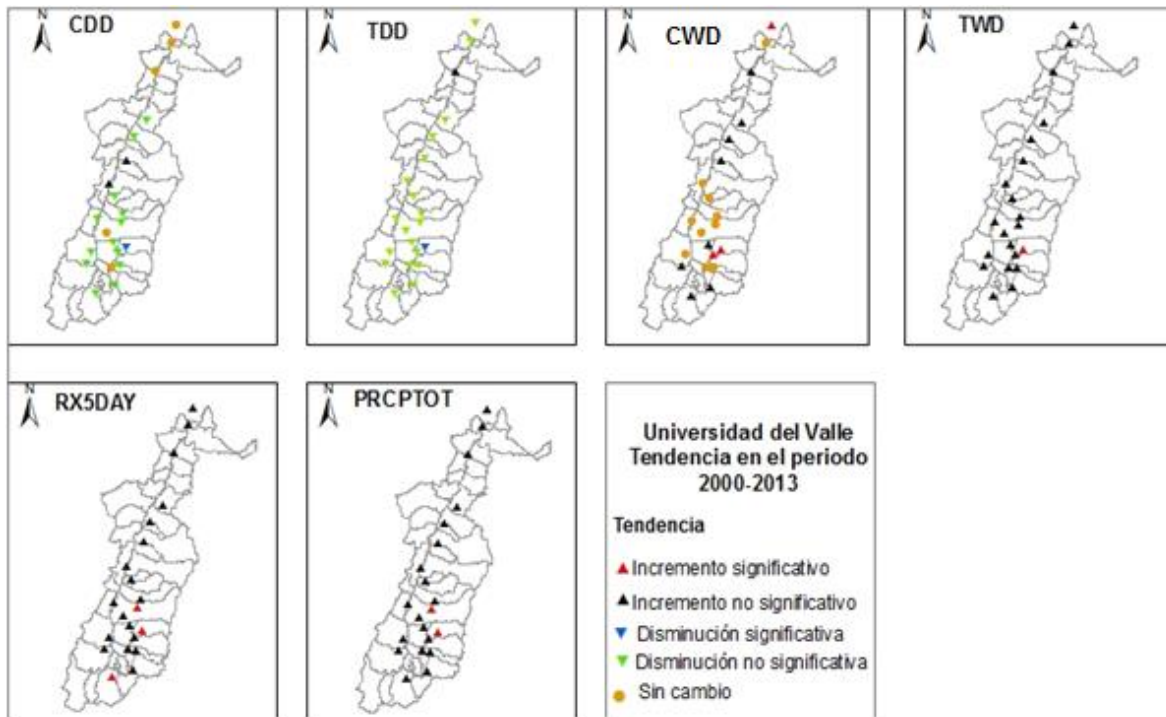


Figura 9 Mapas de distribución de las variables de precipitación en el valle geográfico del río Cauca, 2000 a 2013

6.2 Análisis espacial de los casos de dengue

Durante el periodo de estudio, un total de 13 años entre 2000 y 2013, ocurrieron 122.554 casos de dengue en el valle geográfico del río Cauca, lo que representa que por cada 100.000 habitantes 196 son casos notificados de dengue. El municipio con la incidencia más alta fue San Pedro, seguido Palmira y Buga, los municipios con la incidencia más baja fueron Buenos Aires y Suarez; los municipios donde se reporta el mayor promedio mensual de casos son Cali, Pereira y Palmira (Tabla 5).

Tabla 5 Estadísticas descriptivas de los casos de dengue reportados al Sivigila según municipio de domicilio, durante los años 2000 a 2013

Municipio	Total casos	Mínimo (mes)	Máximo (mes)	Promedio (mes)	Incidencia promedio anual x 100 mil Hab.
Andalucía	424	0	29	3	165,2
Ansermanuevo	399	0	28	2	136,3
Balboa	73	0	9	0	82,1
Bolívar	632	0	72	4	298,8
Buenos Aires	46	0	19	0	11,9
Buga	6252	0	428	37	383,8
Bugalagrande	547	0	25	3	181,3
Cali	51160	1	2868	305	169,4
Caloto	108	0	16	1	28,3
Candelaria	1281	0	60	8	127,2
Cartago	2972	0	213	18	168,4
Corinto	109	0	20	1	27,1
El Cerrito	644	0	75	4	83,7
Florida	1312	0	118	8	166,6
Ginebra	576	0	62	3	210,0
Guacarí	645	0	29	4	143,3
Jamundi	1084	0	41	6	77,7
La Unión	892	0	36	6	194,9
La Victoria	175	0	17	1	89,3
La Virginia	980	0	29	6	222,9
Marsella	240	0	39	1	78,8
Miranda	223	0	31	1	47,0
Obando	306	0	132	2	149,7
Padilla	65	0	16	0	55,7
Palmira	16002	0	691	95	398,4
Pereira	20811	2	2039	124	332,3
Pradera	1095	0	91	7	157,1
Puerto Tejada	370	0	23	2	59,4
Río frío	721	0	44	4	302,9
Roldaniño	1207	0	71	7	250,4
San Pedro	1635	0	111	10	722,4
Santander de Quilichao	969	0	96	6	84,1
Suarez	10	0	3	0	3,7
Toro	411	0	22	2	183,8
Trujillo	648	0	71	4	248,8
Tuluá	4379	0	236	26	163,9
Vijes	215	0	18	1	154,3

Villa Rica	91	0	18	1	44,5
Yotoco	398	0	61	2	181,3
Yumbo	1749	0	111	11	130,1
Zarzal	698	0	49	4	120,0
Total	122.554	0	2.868	18	196,4

Para identificar las características de la distribución espacial de los casos de dengue, se han usado técnicas de análisis de tendencia y evaluación de la autocorrelación espacial.

Para el análisis de la tendencia espacial (Figura 10-a) se usó el diagrama-mapa de caja. Se ha identificado como valores extremos seis municipios que se destacan por sus elevados números de casos (>2.657): Tuluá, Buga, Pereira, Cartago, Palmira y Cali. Sin embargo, no existe ningún municipio en el otro extremo de la distribución, es decir valores extremadamente bajos.

Además, el mapa de tendencia muestra cuatro municipios que tienen el 25% del número de casos más altos (Tercer cuartil=1.207): San Pedro, Yumbo, Candelaria y Florida. Once municipios se encuentran entre la mediana (644) y el cuartil tres: La Unión, Roldanillo, Zarzal, Trujillo, Río Frío, La Virginia, Guacarí, El Cerrito, Pradera, Jamundí y Santander de Quilichao. Un total de 20 municipios se encuentran por debajo de la mediana, de los cuales 10 tiene el 25% de los valores bajos (<240 casos): La Victoria, Balboa, Vijes, Miranda, Villa Rica, Padilla, Corinto, Caloto, Buenos Aires y Suarez.

No obstante, la distribución espacial de la incidencia por 100.000 habitantes (Hab.) (Figura 10-b) mostró que los municipios con incidencias más extremas o atípicas

(altas) fueron San Pedro, Buga y Palmira (>43,065). El 25% de las incidencias más altas pertenecen a Roldanillo, Bolívar, Trujillo, Río Frío, La Virginia, Pereira y Ginebra. El 25% de los municipios con incidencias más bajas ($\leq 21,45$) fueron los ubicados en el sur del área de estudio: Puerto Tejada, Jamundí, Miranda, Villa Rica, Padilla, Corinto, Caloto, Buenos Aires y Suarez, y Marsella en la zona norte.

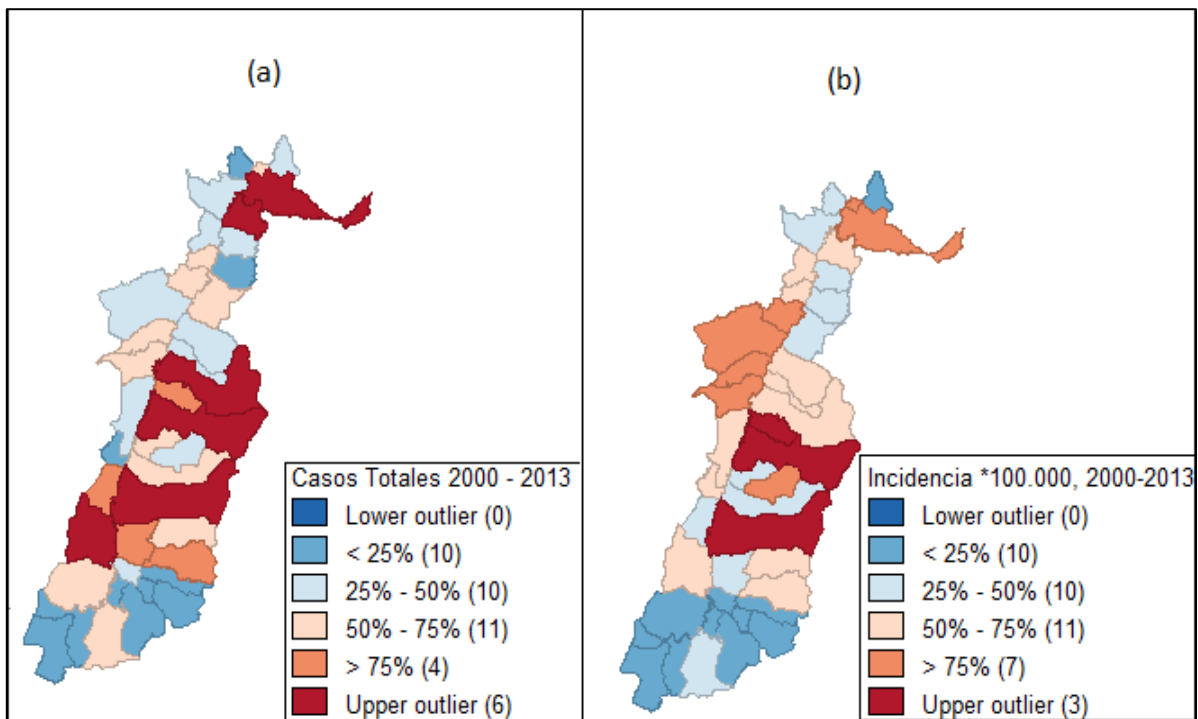


Figura 10 Distribución de casos de dengue(a) y distribución de la incidencia dengue x 100.000 habitantes(b) en el valle geográfico del río Cauca, 2000-2013

El análisis de asociación espacial permitió estimar el índice de Moran de 0,0279 para el número de casos por municipio(Figura 11), sugiriendo una autocorrelación (interacción) positiva, pero este valor al ser cercano a cero se interpreta como un bajo grado de dependencia espacial, donde las variaciones del número de casos de

un municipio no afecta el número de casos de municipios vecinos (criterio de Queen un rezago espacial). No obstante, se encontró una autocorrelación estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en los municipios de Suárez, Caloto, Corinto, Padilla, Yumbo y Candelaria, los primeros cuatro municipios tienen bajo número de casos de dengue y están próximos a municipios que tienen valores bajos (Low-Low), mientras que Yumbo y Candelaria son municipios con pocos casos y están cerca a Palmira un municipio con un número alto de casos (Low-High).

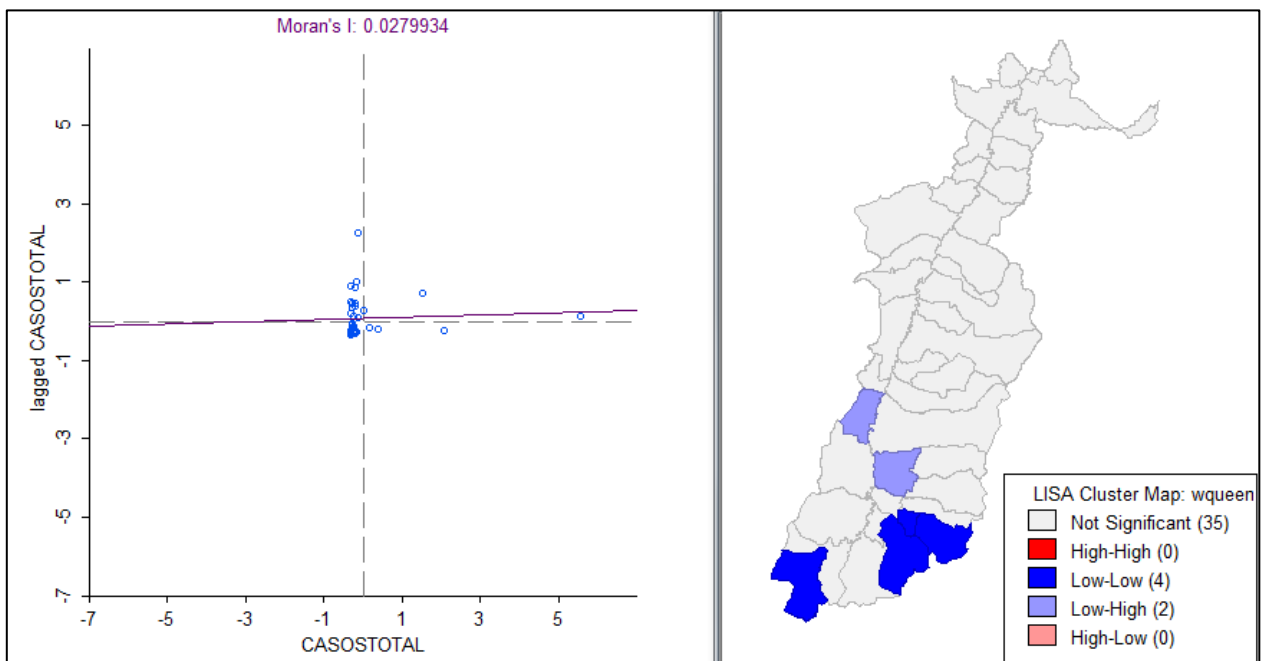


Figura 11 Análisis de la autocorrelación espacial en el valle geográfico del río cauca, 2000-2013

Al analizar la asociación espacial de la incidencia, se obtiene que con un rezago espacial (criterio queen) el I Moran fue 0,255 indicando una autocorrelación espacial positiva (Figura 12) es decir la incidencia de un municipio afecta en la misma dirección la incidencia de municipios vecinos. Los municipios de Yotoco y San Pedrocuys incidencias son altas están rodeados de municipios con incidencias

altas, mientras que los municipios de la zona sur que tiene incidencia baja estan rodeados de municipios incidencias de la misma magnitud ($p_valor < 0,05$). Es de notar que Tuluá mantiene una relación inversa con sus municipios vecinos, pues este tiene una incidencia baja y esta rodeado de municipios con altas incidencias como lo es San Pedro ($p_valor < 0,05$).

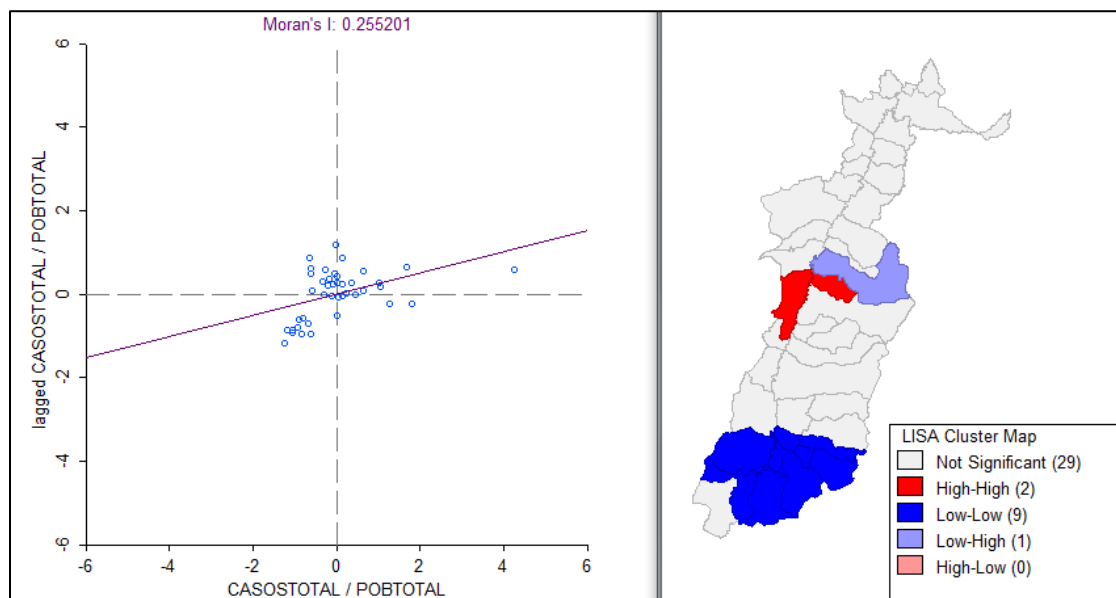


Figura 12 Análisis de la autocorrelación espacial de la incidencia de dengue en el valle geográfico del río Cauca, 2000-2013

La correlación espacial presentó grandes variaciones en el tiempo, ver Tabla 6, en los años 2004 y 2009 se tuvo una alta dependencia espacial positiva de la incidencia de dengue, mientras que en los años 2008 y 2012 se presenta una relación inversa de la incidencia entre los municipios vecinos pero esta dependencia fue débil, ninguno de estos cuatro años coincidió con años epidémicos.

Tabla 6 Índice de Moran por año, en el valle geográfico del río Cauca

Año	I_Moran	Tipo Año
2000	0,052	No Epidémico
2001	0,088	No Epidémico
2002	0,133	Epidémico
2003	0,208	No Epidémico
2004	0,259	No Epidémico
2005	0,058	Epidémico
2006	0,097	No Epidémico
2007	0,038	No Epidémico
2008	-0,042	No Epidémico
2009	0,241	No Epidémico
2010	0,144	Epidémico
2011	0,018	No Epidémico
2012	-0,024	No Epidémico
2013	0,080	Epidémico

Para el año 2004 doce municipios ubicados en la zona sur presentaron una relación del tipo Bajo-Bajo y dos municipios del norte -Ansermanuevo y Cartago- la relación fue Alta-Alta; por otra parte, los municipios en el 2009 que presentaron una relación Alta-Alta fueron Palmira, Yumbo, Pradera y Candelaria zona centro del área de estudio; aquellos que presentaron una relación Baja-Baja fueron Corinto y Suarez ubicados en la zona sur(Figura13).

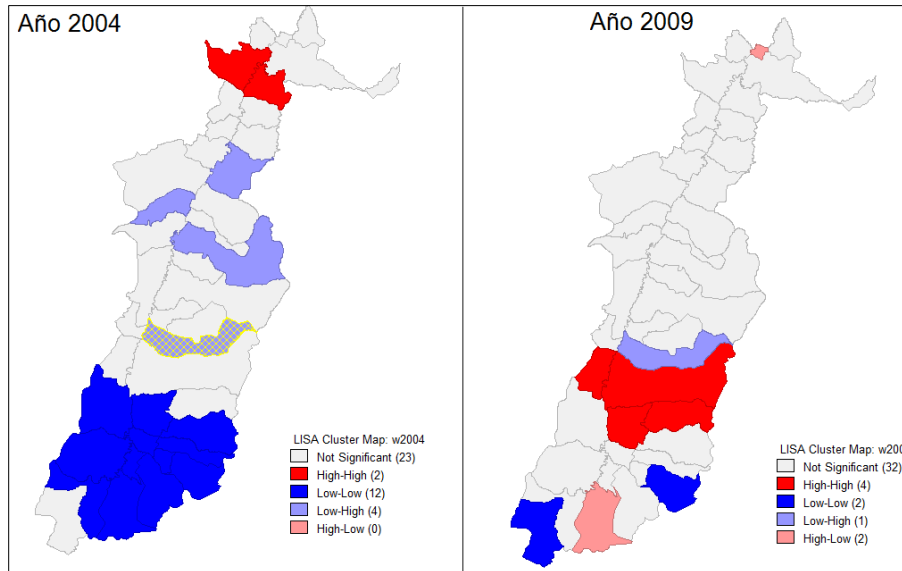


Figura13 Municipios que aportan significativamente al I Moran global de los años 2004 y 2009

6.3 Regresión Poisson ponderada geográficamente

Para lograr el tercer objetivo de la presente investigación se realizó el análisis por cada año de estudio.

6.3.1 Análisis por cada año de estudio

A continuación, se presentan 14 modelos (uno para cada año de estudio) que evalúan si la relación de los eventos extremos climáticos y la incidencia de dengue ajustada por población, no son estacionarios o varían espacialmente en el área de estudio. Estos modelos se ajustaron por los posibles confusores, en las tablas se muestra la RTI cruda, RTI ajustada y el valor delta que representa la diferencia en porcentaje entre estas dos que se compara con el valor crítico $\pm 10\%$.

Modelo de regresión para el año 2000

Con el modelo Poisson global (modelo lineal generalizado) se identificaron tres variables que tuvieron efecto significativo sobre la incidencia de dengue, estas fueron TemMin, TN90P y CDD.

La comparación del modelo global crudo y ajustado muestra que solo TN90P presentó un cambio proporcional superior al 10%, esta confusión fue negativa indicando que sin ajustar por el porcentaje de desarrollo fiscal el efecto de TN90P era sub-estimado. Además, en ambos modelos todas las variables fueron estadísticamente significativas (Tabla 7).

Tabla 7 Modelo global múltiple para explicar la relación entre TemMin, TN90P y CDD con la incidencia de dengue, año 2000

Variable	RTI cruda (IC 95%)	RTI Ajustada*(IC 95%)	Delta
TemMin	0,90 (0,86 - 0,93)	0,83 (0,80 - 0,87)	-7,07
TN90P	1,70 (1,63 - 1,77)	2,13 (2,04 - 2,22)	24,97
CDD	0,69 (0,65 - 0,73)	0,62 (0,59 - 0,65)	-9,68
%Desarrollo Fiscal	-	3,04 (2,85 - 3,17)	-

*Ajustada por porcentaje de desarrollo fiscal, TemMin, TN90P y CDD

Al incluir TemMin, TN90P y CDD en el modelo GWPR se encontró que este presentó mejor ajuste a los datos que el modelo global pues su AIC resultó ser menor (Tabla 8Tabla 8).

Tabla 8 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2000

Variable	$e^{\beta_{Min}}$	$e^{\beta_{max}}$	$e^{\beta_{Q1}}$	$e^{\beta_{Q2}}$	$e^{\beta_{Q3}}$	Diferencia AIC _c
TemMin	0,55	2,33	0,84	1,16	1,59	-300
TN90P	0,00	3,36	0,08	1,63	2,23	-791
CDD	0,20	1,34	0,40	0,61	1,17	-710
% Desarrollo Fiscal	1,0	5,37	1,26	1,46	1,77	-709
Diagnóstico del modelo						
AIC (global*)	6369					
AIC (GWPR*)	3892					

*Ajustada por porcentaje de desarrollo fiscal, TemMin, TN90P y CDD

Según el resumen de los parámetros locales estimados se puede identificar que hay variación espacial de los efectos de los extremos climáticos, esto se puede observar a través de la diferencia de AIC_c.

Respecto al efecto de un grado adicional en TemMin se tiene un incremento del 16% en la incidencia de dengue en más de la mitad de los municipios. Con relación al efecto de un día adicional de TN90P la incidencia de dengue incrementa un 69% en más de la mitad de los municipios y en algunos el riesgo llega a triplicarse. Finalmente, por cada día adicional del total de días secos (CDD) la incidencia dengue disminuyó un 39% en la mitad de los municipios y un 25% de los municipios la incidencia incrementó un 17%(Tabla 8).

Modelo de regresión para el año 2001

En el modelo global obtenido por una regresión Poisson se identificaron siete variables que tuvieron un efecto significativo sobre el riesgo de dengue. La comparación del modelo global crudo y ajustado muestra que no hubo presencia de confusión al ajustar por el porcentaje de desarrollo fiscal (Tabla 9).

Tabla 9 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMin, TN90P, DTR, MTMIN, CDD, CWD y TDD con la incidencia de dengue, año 2001

Variable	RTI Ajustada*		
	RTI cruda (IC 95%)	(IC 95%)	Delta
TemMin	1,97 (1,93 - 2,01)	1,97 (1,94 - 2,01)	0,15
TN90P	1,52 (1,45 - 1,60)	1,55 (1,48 - 1,63)	1,81
DTR	1,66 (1,62 - 1,71)	1,61 (1,55 - 1,66)	-3,15
MTMIN	0,67 (0,63 - 0,71)	0,69 (0,65 - 0,73)	3,02
CDD	10,25 (9,65 - 10,88)	10,20 (9,61 - 10,81)	-0,51
CWD	0,32 (0,30 - 0,33)	0,31 (0,29 - 0,32)	-3,12
TDD	0,58 (0,55 - 0,60)	0,58 (0,55 - 0,60)	0,08
%Desarrollo Fiscal	-	0,85 (0,82 - 0,88)	-

*Ajustado por el porcentaje de desarrollo fiscal, TemMin, TN90P, DTR, MTMIN, CDD, CWD y TDD

Al comparar el AIC del modelo global y el GWPR se tiene que el más adecuado fue el ponderado geográficamente. Las variables CDD y CWD fueron las únicas que tuvieron un efecto estacionario en el área de estudio, por tanto, cada día adicional de CDD el riesgo de dengue es 9.2 veces más en todos los municipios, mientras que por cada incremento en un día de CWD el riesgo de dengue se reduce un 69% en todos los municipios (Tabla 10).

Tabla 10 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple y diagnóstico del GWPR para el año 2001*

Variable	$e^{\beta_{Min}}$	$e^{\beta_{max}}$	$e^{\beta_{Q1}}$	$e^{\beta_{Q2}}$	$e^{\beta_{Q3}}$	Diferencia AIC _c
TemMin	0,95	4,20	1,68	1,97	3,08	-486
TN90P	0,47	9,21	1,02	1,63	1,99	-133
DTR	1,31	29,75	1,52	1,65	1,95	-14
MTMIN	0,05	3,33	0,31	0,54	1,26	-652
CDD	1,23	43,92	6,36	11,38	15,72	10
CWD	0,25	1,04	0,42	0,51	0,56	58
TDD	0,34	2,09	0,45	0,81	1,26	-467
Diagnóstico del modelo						
AIC (global*)	5322					
AIC (GWPR*)	2508					

*Ajustado por TemMin, TN90P, DTR, MTMIN, CDD, CWD y TDD

Según las estadísticas de resumen, el efecto de DTR varía en su magnitud teniendo que por cada aumentó en un grado en la media del rango de temperatura el riesgo de dengue tiende a aumentar en todos los municipios pasando de un aumento del riesgo del 31% a máximo 29 veces el riesgo. De manera similar el efecto de CDD tiende al aumento en toda el área de estudio. Mientras que por cada aumento del total de días secos (TDD) el riesgo de dengue disminuía un 19% en la mitad de los municipios.

Modelo de regresión para el año 2002

En el modelo global obtenido por una regresión Poisson, se identificaron siete variables que tuvieron un efecto significativo sobre el riesgo de dengue y estas se muestran la Tabla 11.

La comparación del modelo global crudo y ajustado por el porcentaje de desarrollo fiscal muestra que, TDD tuvo un cambio mayor al 10% presentándose confusión positiva, indicando que el efecto de TDD estaba sobreestimado. Todas las variables excepto DTR se mantuvieron como significativas en el modelo ajustado (Tabla 11).

Tabla 11 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMin, TN90P, DTR, MTMIIN, CDD, CWD y TDD con la incidencia de dengue, año 2002

Variable	RTI cruda (IC 95%)	RTI Ajustada*(IC 95%)	Delta
TemMin	1,73 (1,70 - 1,76)	1,65 (1,62 - 1,69)	-4,41
TN90P	1,15 (1,12 - 1,18)	1,25 (1,21 - 1,29)	8,63
DTR	0,95 (0,91 - 0,98)	<u>0,97</u> (0,93 - 1,01)	2,42
MTMIN	1,20 (1,17 - 1,24))	1,15 (1,12 - 1,19)	-4,37
CDD	1,25 (1,22 - 1,28)	1,34 (1,30 - 1,37)	6,81
CWD	1,66 (1,62 - 1,70)	1,79 (1,74 - 1,84)	7,68
TDD	1,28 (1,25 - 1,31))	1,14 (1,11 - 1,18)	-10,62
% Desarrollo Fiscal	-	1,11 (1,10 - 1,14)	-

*Ajustada por porcentaje desarrollo fiscal, TemMin, TN90P, DTR, MTMIIN, CDD, CWD y TDD. Nota: Las RTI subrayadas no son estadísticamente significativas.

Al comparar el AIC del modelo global y el GWPR se tiene que el más adecuado fue el ponderado geográficamente. Además, la diferencia de AIC_c indica que hay

suficiente evidencia para considerar que el efecto de estas variables no es estacionario en el área de estudio (Tabla 12).

Tabla 12 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2002

Variable	$e^{\beta_{Min}}$	$e^{\beta_{max}}$	$e^{\beta_{Q1}}$	$e^{\beta_{Q2}}$	$e^{\beta_{Q3}}$	Diferencia AIC _c
TemMin	0,91	4,36	1,22	1,70	1,95	-356
TN90P	0,16	2,03	0,70	0,84	0,96	-497
MTMIN	0,60	2,29	0,99	1,17	1,42	-353
CDD	0,70	2,06	1,23	1,41	1,50	-190
CWD	0,28	3,16	1,05	1,21	1,67	-702
TDD	0,53	13,70	0,79	1,71	2,85	-890
% Desarrollo Fiscal	0,96	1,82	1,16	1,35	1,44	-889
Diagnóstico del modelo						
AIC (global*)	11007					
AIC (GWPR*)	4785					

*Ajustada por porcentaje desarrollo fiscal, TemMin, TN90P, DTR, MTMIIN, CDD, CWD y TDD

Las estadísticas resumen de los efectos locales de cada variable muestran que cambios en la TemMin y TDD tienden a aumentar el riesgo de dengue. Mientras que por cada día adicional en TN90P el riesgo de dengue decrece desde un 4% a un 84% en el 75% de los municipios.

Modelo de regresión para el año 2003

En el modelo global obtenido por una regresión Poisson, identifiqué seis variables que tuvieron un efecto significativo sobre el riesgo de dengue y estas se muestran la (Tabla 13).

La comparación del modelo global crudo y ajustado muestra que el efecto de TemMin y de RX5DAY presentó cambios porcentuales superiores al 10% al ajustar por desarrollo fiscal siendo la confusión negativa en cada uno. Los efectos de las demás variables no estuvieron afectados por la confusión y fueron estadísticamente significativas (Tabla 13).

Tabla 13 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMin, TN90P, TX90P, CWD, RX5DAY y TDD con la incidencia de dengue, año 2003

Variable	RTI cruda (IC 95%)	RTI Ajustada*(IC 95%)	Delta
TemMin	1,51 (1,46 - 1,56)	1,68 (1,61 - 1,74)	10,84
TN90P	1,50 (1,43 - 1,56)	1,44 (1,38 - 1,51)	-3,41
TX90P	1,70 (1,63 - 1,77)	1,57 (1,51 - 1,63)	-7,49
CWD	1,22 (1,18 - 1,27)	1,27 (1,23 - 1,32)	4,39
RX5DAY	0,58 (0,56 - 0,60)	0,46 (0,44 - 0,48)	-20,62
TDD	3,12 (2,98 - 3,26)	3,21 (3,08 - 3,35)	2,97
% Desarrollo Fiscal	-	0,74 (0,72 - 0,77)	-

*Ajustado por porcentaje de desarrollo fiscal, TemMin, TN90P, TX90P, CWD, RX5DAY y TDD

Al incluir estas variables al modelo GWPR se identifica un mayor ajuste a los datos; la única variable que tuvo un efecto estacionario en el área de estudio fue el TX90P (Tabla 14)cuyo efecto global indicó que por cada aumento de una unidad del porcentaje de días en que la temperatura máxima supera el percentil 90, el riesgo de dengue incrementó un 57%.

Tabla 14 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2003

Variable	$e^{\beta_{\text{Min}}}$	$e^{\beta_{\text{max}}}$	$e^{\beta_{Q1}}$	$e^{\beta_{Q2}}$	$e^{\beta_{Q3}}$	Diferencia AIC _c
TemMin	1,35	3,06	1,46	1,60	1,83	-32
TN90P	0,79	1,66	0,96	1,19	1,35	-141
TX90P	0,42	1,87	0,74	1,40	1,65	149
CWD	0,51	5,03	1,06	1,30	1,42	-227
RX5DAY	0,12	1,04	0,34	0,47	0,74	-310
TDD	1,69	3,94	2,21	3,43	3,70	-325
% Desarrollo Fiscal	0,59	1,16	0,73	0,78	0,81	-324
Diagnóstico del modelo						
AIC (global*)	3415					
AIC (GWPR*)	1522					

*Ajustado por el porcentaje de desarrollo fiscal, TemMin, TN90P, Tx90P, CWD, RX5DAY y TDD

Según las estadísticas resumen de los efectos globales, TemMin presentó efectos positivos en toda el área de estudio pues se tuvieron incrementos en el riesgo de dengue llegando a tener el triple de riesgo en algunos municipios. De manera similar, por cada aumento en un día TDD el riesgo de dengue incrementó y en más de la mitad de los municipios el riesgo incremento más de tres veces.

Modelo de regresión para el año 2004

El modelo global obtenido por medio de la regresión Poisson, identificó seis variables que tuvieron un efecto significativo sobre el riesgo de dengue. La comparación del modelo global crudo y el ajustado muestra que no hubo presencia de confusión al ajustar por desarrollo fiscal en el año 2004 (Tabla 15).

Tabla 15 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMin, TN90P, TX90P, CWD, RX5DAY y TDD con la incidencia de dengue, año 2004

Variable	RTI cruda (IC 95%)	RTI Ajustada*(IC 95%)	Delta
TemMin	1,32 (1,25 - 1,40)	1,32 (1,25 - 1,40)	-0,06
TN90P	0,57 (0,52 - 0,63)	0,57 (0,52 - 0,62)	-0,34
TX90P	0,47 (0,43 - 0,51)	0,46 (0,43 - 0,51)	-0,15
CWD	0,79 (0,72 - 0,86)	0,79 (0,73 - 0,87)	0,76
RX5DAY	1,11 (1,04 - 1,20)	1,11 (1,04 - 1,19)	-0,07
TDD	0,75 (0,71 - 0,79)	0,76 (0,71 - 0,80)	0,68
% Desarrollo Fiscal	-	1,02 (1,01 - 1,07)	-

* Ajustados por porcentaje desarrollo fiscal, TemMin, TN90P, TX90P, CWD, RX5DAY y TDD

Al comparar el AIC del modelo global y el del GWPR se tiene que el más adecuado fue el ponderado geográficamente, lo cual permite plantear que la relación de los extremos climáticos y el riesgo de dengue no es estacionaria en el área de estudio (Tabla 16). Sin embargo, el efecto de TDD fue global indicando que, por cada aumento en día el riesgo de dengue disminuyó un 24% en todos los municipios.

Tabla 16 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2004

Variable	$e^{\beta_{Min}}$	$e^{\beta_{max}}$	$e^{\beta_{Q1}}$	$e^{\beta_{Q2}}$	$e^{\beta_{Q3}}$	Diferencia AIC _c
TemMin	0,71	1,67	0,93	1,26	1,41	-227
TN90P	0,36	1,35	0,42	0,48	0,89	-183
TX90P	0,29	1,46	0,38	0,44	0,80	-102
CWD	0,50	2,03	0,62	0,69	1,06	-138
RX5DAY	0,53	2,45	0,97	1,08	1,31	-44
TDD	0,70	3,74	0,82	1,01	1,41	31
Diagnóstico del modelo						
AIC (global)	2232					
AIC (GWPR)	1040					

* Ajustados por porcentaje desarrollo fiscal, TemMin, TN90P, TX90P, CWD, RX5DAY y TDD

Según las estadísticas resumen de los efectos globales, la TemMin tiene un efecto positivo sobre el riesgo de dengue en más del 50% de los municipios y en algunos se relaciona con una reducción hasta del 29%, el efecto de RX5DAY fue similar. Las demás variables (TN90P, TX90P y CWD) se relacionaron con una reducción del 52%, 56% y 31% del riesgo de dengue en la mitad de los municipios, respectivamente, pero también en algunos municipios el riesgo incrementó días adicionales de cada una.

Modelo de regresión para el año 2005

El modelo global obtenido por una regresión Poisson, identificó cuatro variables que tuvieron un efecto significativo sobre el riesgo de dengue. La comparación del modelo global crudo y ajustado muestra que no hubo presencia de confusión al realizar el ajuste por el porcentaje de desarrollo fiscal y porcentaje de población con educación media (Tabla 17).

Tabla 17 Modelo global múltiple para explicar la relación de MTMIN, TX90P, CWD y PRCPTOT con la incidencia de dengue, año 2005

Variable	RTI cruda (IC 95%)	RTI Ajustada*(IC 95%)	Delta
MTMIN	1,87 (1,70 - 2,05)	1,84 (1,68 - 2,03)	-1,33
TX90P	0,48 (0,45 - 0,52)	0,50 (0,46 - 0,54)	2,96
CWD	1,10 (1,06 - 1,13)	1,10 (1,06 - 1,14)	0,36
PRCPTOT	0,53 (0,52 - 0,55)	0,55 (0,53 - 0,58)	3,53
% Desarrollo Fiscal	-	1,23 (1,17 - 1,29)	-
% Población EducMed	-	1,02 (1,01 - 1,05)	-

*Ajustados por el porcentaje de desarrollo fiscal, porcentaje de población con educación media (% Población EducMed), MTMIN, TX90P, CWD y PRCPTOT

Al comparar el AIC del modelo global y el modelo GWPR se tiene que el más adecuado fue el ponderado geográficamente. Además, las diferencias de AIC_c indica que hay suficiente evidencia para considerar que el efecto de estas variables no es estacionario en el área de estudio (Tabla 18).

Tabla 18 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2005

Variable	$e^{\beta_{Min}}$	$e^{\beta_{max}}$	$e^{\beta_{Q1}}$	$e^{\beta_{Q2}}$	$e^{\beta_{Q3}}$	Diferencia AIC_c
MTMIN	1,56	4,62	1,82	2,01	2,91	-21
TX90P	0,16	0,81	0,38	0,43	0,59	-63
CWD	0,73	1,17	0,85	0,92	0,98	-26
PRCPTOT	0,42	0,97	0,48	0,60	0,83	-75
Diagnóstico del modelo						
AIC (global*)	1227					
AIC (GWPR*)	771					

*Ajustados por MTMIN, TX90P, CWD y PRCPTOT

Según las estadísticas resumen de los coeficientes locales, el efecto de MTMIN es positivo en toda el área de estudio, pues por cada aumento en un grado el riesgo de dengue tiene un incremento mínimo del 56%, en la mitad de los municipios el riesgo se duplica y en algunos se cuadruplica. Las demás variables se comportaron como protectoras presentándose reducciones en el riesgo de dengue en todos los municipios, la reducción máxima fue del 84% con TX90P, 27% con CWD y 58% con PRCPTOT, sin embargo, se presentó un incremento del riesgo del 17% en algunos municipios por cada día de lluvia en CWD.

Modelo de regresión para el año 2006

El modelo de global obtenido por medio de la regresión Poisson, identificó cinco variables que tuvieron un efecto significativo sobre el riesgo de dengue. La comparación del modelo global crudo y ajustado muestra que los efectos de los extremos climáticos TemMax, TN90P y CDD estaban afectados por la confusión originada por el porcentaje de desarrollo fiscal y el porcentaje de población con educación media (Tabla 19).

Para TemMax la confusión fue cualitativa pasando de ser un factor protector a uno de riesgo, para TN90P la confusión fue positiva siendo la reducción del riesgo menor al ajustar, pero estas dos variables dejaron de ser significativas en el modelo ajustado; respecto a CDD la confusión fue negativa porque se tenía una subestimación en la estimación del riesgo.

Tabla 19 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMin, TemMax, TN90P, CDD y PRCPTOT con la incidencia de dengue, año 2006

Variable	RTI cruda (IC 95%)	RTI Ajustada*(IC 95%)	Delta
TemMin	0,52 (0,48 - 0,56)	0,47 (0,44 - 0,51)	-8,42
TemMax	0,9 (0,83 - 0,98)	<u>1,02</u> (0,93 - 1,11)	12,82
TN90P	0,85 (0,80 - 0,90)	<u>0,95</u> (0,89 -1,01)	11,85
CDD	0,83 (0,79 - 0,87)	0,71 (0,68 - 0,75)	-13,97
PRCPTOT	1,44 (1,40 - 1,49)	1,51 (1,46 - 1,56)	4,64
% Desarrollo Fiscal	-	0,73 (0,69 – 0,78)	-
% Población EducMed	-	1,58 (1,45 – 1,73)	-

* Ajustados por el porcentaje de desarrollo fiscal, porcentaje de población con educación media, TemMin, TemMax, TN90P, CDD y PRCPTOT. Nota: coeficientes subrayados no son estadísticamente significativos

Al comparar el AIC del modelo global y el del GWPR se tiene que tiene mejor ajuste fue el ponderado geográficamente. Se identificó variación espacial en CDD y PRCPTOT, mientras que para TemMin es muy débil el criterio para determinar su variación espacial por lo que se consideró un efecto global (Tabla 20) indicando que por cada grado adicional en TemMin el riesgo de dengue decrece un 53%.

Tabla 20 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2006

Variable	$e^{\beta_{Min}}$	$e^{\beta_{max}}$	$e^{\beta_{Q1}}$	$e^{\beta_{Q2}}$	$e^{\beta_{Q3}}$	Diferencia AIC _c
TemMin	0,27	0,89	0,39	0,42	0,46	-1
TemMax [†]	0,46	2,30	0,71	1,00	1,84	-122
TN90P [†]	0,57	1,66	0,96	1,12	1,28	-17
CDD	0,51	1,92	0,60	1,10	1,27	-58
PRCPTOT	1,06	2,20	1,13	1,21	1,44	-26
% Desarrollo Fiscal	0,46	0,96	0,52	0,68	0,73	-25
% Población EducMed	0,69	5,84	1,36	1,65	2,80	-24
AIC (global*)	1000					
AIC (GWPR*)	335					

[†]No significativos. * Ajustados por el porcentaje de desarrollo fiscal, porcentaje de población con educación media, TemMin, TemMax, TN90P, CDD y PRCPTOT.

Según las estadísticas resumen de los coeficientes locales, por cada aumento en un milímetro de la precipitación total el riesgo de dengue incremento en toda la región llegando a tener el doble de riesgo en algunos municipios. Mientras que por cada día seco adicional de CDD el riesgo de dengue se redujo un 40% en un cuarto de los municipios y en más de la mitad de estos el incremento de riesgo fue del 10% al 92%.

Modelo de regresión para el año 2007

El modelo de global obtenido por medio de la regresión Poisson, identificó cinco variables que tuvieron un efecto significativo sobre el riesgo de dengue. La comparación del modelo global crudo y ajustado muestra que no hubo presencia de confusión al ajustar por el porcentaje de población con educación media (Tabla 21).

Tabla 21 Modelo global múltiple para explicar la relación de TN90P, DTR, MTMIN, TX90P y TWD con la incidencia de dengue, año 2007

Variable	RTI cruda (IC 95%)	RTI Ajustada*(IC 95%)	Delta
TN90P	0,94(0,85 - 1,04)	0,96 (0,86 - 1,07)	2
DTR	0,66 (0,55 - 0,79)	0,68 (0,57 - 0,82)	3
MTMIN	1,22 (1,13 - 1,31)	1,22 (1,13 - 1,32)	0,59
TX90P	1,74 (1,55 - 1,95)	1,78 (1,58 - 2,01)	2
TWD	2,36 (2,20 - 2,54)	2,36 (2,19 - 2,53)	-0,23
% Población EducMed	-	1,08 (1,01 – 1,22)	-

* Ajustada por porcentaje de población con educación media, TN90P, DTR, MTMIN, TX90P y TWD

Al comparar el AIC del modelo global y del GWPR se tiene que el mejor ajuste lo presentó el ponderado geográficamente. Además, las diferencias de AIC_c indica que hay suficiente evidencia para considerar que el efecto de estas variables no es estacionario en el área de estudio (Tabla 22).

Tabla 22 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2007

Variable	$e^{\beta_{Min}}$	$e^{\beta_{max}}$	$e^{\beta_{Q1}}$	$e^{\beta_{Q2}}$	$e^{\beta_{Q3}}$	Diferencia AIC _c
TN90P	0,39	1,75	0,83	0,96	1,05	-17
DTR	0,02	1,02	0,17	0,32	0,63	-2116
MTMIN	0,97	2,94	1,05	1,20	1,88	-51
TX90P	0,25	5,19	0,57	1,37	1,66	-84
TWD	1,04	3,60	1,43	1,74	1,85	-3
Diagnóstico del modelo						
AIC (global*)	1274					
AIC (GWPR*)	779					

* Ajustada por TN90P, DTR, MTMIN, TX90P y TWD

Según las estadísticas resumen de los efectos globales, los efectos de TN90P y DTR tienden a ser protectores en el área de estudio, pero en algunos municipios el riesgo incrementó por cada día adicional de estas variables. Mientras que los efectos de incrementos en una unidad de las demás variables tienden a generar aumentos sobre el riesgo de dengue en la mayoría de los municipios.

Modelo de regresión para el año 2008

En el modelo global obtenido por una regresión Poisson, se identificaron seis variables que tuvieron un efecto significativo sobre el riesgo de dengue. La comparación del modelo global crudo y ajustado -por el porcentaje de desarrollo fiscal y población con educación media- muestra que las variables TN90P, TX90P y TDD presentaron un cambio porcentual del 10%, pero el efecto de las dos primeras dejó de ser estadísticamente significativo, mientras que el efecto de TDD si lo fue y la confusión negativa (Tabla 23).

Tabla 23 Modelo global múltiple para explicar la relación de TN90P, DTR, TX90P, CDD, CWD y TDD con la incidencia de dengue, año 2008

Variable	RTI cruda (IC 95%)	RTI Ajustada*(IC 95%)	Delta
TN90P	0,85 (0,77 - 0,93)	<u>1,03</u> (0,93 - 1,15)	22,26
DTR	0,63 (0,54 - 0,74)	0,69 (0,59 - 0,81)	9,65
TX90P	0,79 (0,70 - 0,89)	<u>0,89</u> (0,78 - 1,00)	12,39
CDD	0,95 (0,91 - 0,99)	0,99 (0,95 – 0,99)	5
CWD	1,14 (1,05 - 1,24)	1,10 (1,01 - 1,20)	-3,59
TDD	1,19 (1,11 - 1,28)	1,42 (1,30 - 1,54)	18,87
% Desarrollo Fiscal	-	0,77 (0,71 – 0,84)	-
% Población EducMed	-	1,80 (1,61 – 2,02)	-

*Ajustados por el porcentaje de desarrollo fiscal, porcentaje de población con educación media, TN90P, DTR, TX90P, CDD, CWD y TDD. Nota: los RTI subrayados no son estadísticamente significativos.

Al comparar el AIC del modelo global y del GWPR se tiene que el mejor ajuste lo presentó el ponderado geográficamente. Todos los efectos presentaron variabilidad especial después del ajuste (Tabla 24).

Tabla 24 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2008

Variable	$e^{\beta_{\text{Min}}}$	$e^{\beta_{\text{max}}}$	$e^{\beta_{Q1}}$	$e^{\beta_{Q2}}$	$e^{\beta_{Q3}}$	Diferencia AIC _c
TN90P ^t	0,17	6,10	0,51	0,92	2,15	-220
DTR	0,47	1,89	0,52	0,73	0,99	-24
TX90P ^t	0,46	2,88	0,85	0,90	1,08	-11
CDD	0,24	1,08	0,62	0,94	1,01	-96
CWD	0,42	2,48	0,88	1,06	1,31	-82
TDD	0,48	5,49	0,97	1,34	2,31	-211
% Desarrollo Fiscal	0,59	0,99	0,76	0,81	0,85	-210
% Población EducMed	0,99	5,20	1,07	2,45	4,21	-209
Diagnóstico del modelo						
AIC (global*)	1171					
AIC (GWPR*)	523					

^tNo significativos. *Ajustados por el porcentaje de desarrollo fiscal, porcentaje de población con educación media, TN90P, DTR, TX90P, CDD, CWD y TDD.

Según las estadísticas resumen de los efectos globales, el efecto de un grado adicional en el rango medio de la temperatura tendió a ser negativo en los diferentes municipios. El efecto de CDD fue similar, pero en un cuarto de los municipios se presentaron incrementos mínimos en el riesgo. Respecto al efecto de cada día adicional de CWD y TDD el riesgo de dengue decreció un 12% y 3% respectivamente, en un cuarto de los municipios y en más de la mitad de estos el riesgo incremento desde un 6% y 34% respectivamente.

Modelo de regresión para el año 2009

En el modelo global obtenido por una regresión Poisson, se identificaron ocho variables que tuvieron un efecto significativo sobre el riesgo de dengue. La comparación del modelo global crudo y ajustado muestra que, para todas las variables excepto para TX90P y CDD, se observó un cambio porcentual superior al 10%. La confusión en TemMin, TemMax, TN90P fue negativa es decir antes del ajuste el efecto de estas variables estuvo sub-estimada, en todas las demás la confusión fue positiva. Sin excepción, los efectos de los extremos climáticos fueron estadísticamente significativos (Tabla 25).

Tabla 25 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMin, TemMax, TN90P, TX90P, CDD, CWD, TWD y PRCPTOT con la incidencia de dengue, año 2009

Variable	RTI cruda (IC 95%)	RTI Ajustada*(IC 95%)	Delta
TemMin	1,46 (1,42 - 1,49)	1,82 (1,76 - 1,88)	24,85
TemMax	0,85 (0,82 - 0,89)	0,72 (0,69 - 0,76)	-15,24
TN90P	1,41 (1,38 - 1,45)	1,61 (1,56 - 1,66)	13,68
TX90P	0,88 (0,85 - 0,93)	0,93 (0,89 - 0,97)	5,03
CDD	0,81 (0,85 - 0,93)	0,85 (0,82 - 0,89)	4,99
CWD	0,61 (0,59 - 0,63)	0,75 (0,72 - 0,78)	22,82
TWD	1,65 (1,60 - 1,70)	1,27 (1,22 - 1,32)	-22,93
PRCPTOT	0,63 (0,61 - 0,66)	0,79 (0,75 - 0,82)	23,98
% Desarrollo Fiscal	-	0,81 (0,79 - 0,84)	-
% Población EducMed	-	2,14 (2,03 - 2,27)	-

* Ajustados por el porcentaje de desarrollo fiscal, porcentaje de población con educación media, TemMin, TemMax, TN90P, TX90P, CDD, CWD, TWD y PRCPTOT

Al comparar el AIC del modelo global y del GWPR se tiene que el mejor ajuste lo presentó el ponderado geográficamente, la única variable sin variabilidad espacial fue CWD (Tabla 26) cuyo efecto global indicó que por cada día lluvioso adicional el riesgo de dengue disminuyó un 15%.

Tabla 26 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2009

Variable	$e^{\beta_{\text{Min}}}$	$e^{\beta_{\text{max}}}$	$e^{\beta_{Q1}}$	$e^{\beta_{Q2}}$	$e^{\beta_{Q3}}$	Diferencia AIC _c
TemMin	1,14	2,11	1,38	1,63	1,87	-27
TemMax	0,57	1,17	0,64	0,71	0,89	-90
TN90P	1,07	1,94	1,26	1,49	1,70	-30
TX90P	0,62	1,30	0,68	0,89	1,04	-134
CDD	0,56	1,33	0,65	0,82	1,18	-250
CWD	0,58	1,03	0,69	0,74	0,86	3
TWD	1,01	1,93	1,09	1,14	1,38	-12
PRCPTOT	0,45	0,98	0,72	0,79	0,81	-23
% Desarrollo Fiscal	0,71	0,88	0,74	0,79	0,84	-22
% Población EducMed	1,26	3,17	1,38	2,06	2,64	-21
AIC (global*)	2512					
AIC (GWPR*)	1139					

* Ajustados por el porcentaje de desarrollo fiscal, porcentaje de población con educación media, TemMin, TemMax, TN90P, TX90P, CDD, CWD, TWD y PRCPTOT

Según las estadísticas resumen de los efectos globales, incrementó en todos los municipios por cada grado adicional de TemMin, por cada día adicional en que la temperatura mínima supero el percentil 90 y por cada día húmedo adicional de TWD. Mientras que por cada milímetro cuadrado de lluvia adicional de PRCPTOT el riesgo de dengue disminuyó en toda el área de estudio. Respecto a los efectos

de las demás variables estos se relacionaron con reducción del riesgo en menos del 75% de los municipios.

Modelo de regresión para el año 2010

El modelo global obtenido por una regresión Poisson, identificó siete variables que tuvieron un efecto significativo sobre el riesgo de dengue. La comparación del modelo global crudo y ajustado muestra que no hubo presencia de confusión al ajustar por el porcentaje de población con educación media. Sin excepción, los efectos de los extremos climáticos fueron estadísticamente significativos (Tabla 27).

Tabla 27 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMin, TemMax, TN90P, DTR, TX90P, CDD y RX5DAY con la incidencia de dengue, año 2010

Variable	RTI cruda (IC 95%)	RTI Ajustada*(IC 95%)	Delta
TemMin	1,31 (1,29 - 1,33)	1,25 (1,22 - 1,27)	-4,69
TemMax	1,14 (1,11 - 1,16)	1,16 (1,14 - 1,19)	2,36
TN90P	1,08 (1,05 - 1,10)	1,12 (1,09 - 1,14)	3,63
DTR	0,64 (0,62 - 0,66)	0,79 (0,68 - 0,72)	8,85
TX90P	0,96 (0,94 - 0,98)	0,97 (0,95 - 0,99)	0,76
CDD	0,81 (0,79 - 0,83)	0,79 (0,77 - 0,81)	-2,07
RX5DAY	0,81 (0,80 - 0,83)	0,88 (0,86 - 0,90)	8,68
% Población EducMed	-	1,29 (1,26 - 1,34)	-

* Ajustada por porcentaje de población con educación media, TemMin, TemMax, TN90P, DTR, TX90P, CDD y RX5DAY

Al comparar el AIC del modelo global y el GWPR se tiene que el más adecuado fue el ponderado geográficamente. Al observar las diferencias de AIC_c de las variables TX90P y RX5DAY se concluye que sus efectos son estacionarios (Tabla 28), de

manera que en toda el área de estudio por cada incremento en el porcentaje de días en que la temperatura máxima supera el percentil 90 el riesgo de dengue disminuyó un 3% y por cada aumento en un milímetro cuadrado de lluvia en RX5DAY el riesgo decrece un 12%.

Tabla 28 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2010

Variable	$e^{\beta_{Min}}$	$e^{\beta_{max}}$	$e^{\beta_{Q1}}$	$e^{\beta_{Q2}}$	$e^{\beta_{Q3}}$	Diferencia AIC _c
TemMin	1,03	1,37	1,13	1,22	1,27	-39
TemMax	0,87	1,37	0,95	1,04	1,22	-166
TN90P	0,95	1,23	0,99	1,04	1,10	-6
DTR	0,63	0,94	0,69	0,72	0,78	-38
TX90P	0,87	1,08	0,93	0,97	1,00	30
CDD	0,62	1,05	0,65	0,78	0,95	-352
RX5DAY	0,74	0,97	0,85	0,89	0,90	68
Diagnóstico del modelo						
AIC (global*)	3482					
AIC (GWPR*)	2252					

* Ajustada por TemMin, TemMax, TN90P, DTR, TX90P, CDD y RX5DAY

Según las estadísticas resumen de los coeficientes locales, por cada aumento en un grado de la temperatura mínima el riesgo de dengue incrementa en todos los municipios (mínimo 3% y máximo 37%). Mientras que el riesgo de dengue disminuye en toda el área de estudio por cada grado adicional en el rango medio de la temperatura diaria (mínimo 6% y máximo 37%). Cada una de las demás variables tiene ambos efectos positivos y negativos en el valle geográfico del río Cauca.

Modelo de regresión para el año 2011

El modelo de global obtenido por medio de la regresión Poisson, identificó dos variables que tuvieron un efecto significativo sobre el riesgo de dengue. La comparación del modelo global crudo y ajustado muestra que, no hubo presencia de confusión al ajustar por porcentaje de población con educación media (Tabla 29).

Tabla 29 Modelo global múltiple para explicar la relación de CDD y RX5DAY con la incidencia de dengue, año 2011

Variable	RTI cruda (IC 95%)	RTI Ajustada (IC 95%)	Delta
CDD	1,16 (1,12 - 1,21)	1,22 (1,17 - 1,27)	5,11
RX5DAY	0,84 (0,81 - 0,87)	0,88 (0,85 - 0,92)	5,30
% Población EducMed	-	1,38 (1,29 - 1,48)	-

*Ajustados por porcentaje de población con educación media, CDD y RX5DAY

Al comparar el AIC del modelo global y el del GWPR se tiene que el más adecuado fue el ponderado geográficamente, al observar la diferencia de AIC_c de cada variable se tiene evidencia suficiente para considerar que los efectos varían espacialmente (Tabla 30).

Tabla 30 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2011

Variable	$e^{\beta_{\text{Min}}}$	$e^{\beta_{\text{max}}}$	$e^{\beta_{Q1}}$	$e^{\beta_{Q2}}$	$e^{\beta_{Q3}}$	Diferencia AIC _c
CDD	1,05	1,76	1,09	1,29	1,42	-53
RX5DAY	0,76	1,08	0,82	0,87	0,98	-35
Diagnóstico del modelo						
AIC (global*)	933					
AIC (GWPR*)	681					

*Ajustados CDD y RX5DAY

Según las estadísticas resumen de los efectos globales, el riesgo de dengue tiende a incrementar en toda el área de estudio (mínimo 5% y máximo 76%) por cada día adicional del mayor número de días secos consecutivos. Mientras que incrementos de un milímetro de la precipitación máxima en cinco días se relacionó con reducción del riesgo de dengue en la mayoría de los municipios.

Modelo de regresión para el año 2012

El modelo de global obtenido por medio de la regresión Poisson, identificó cinco variables que tuvieron un efecto significativo sobre el riesgo de dengue. La comparación del modelo global crudo y ajustado por el porcentaje de población con educación media muestra que, no hubo presencia de confusión en el año 2012 al ajustar por el porcentaje de población con educación media (Tabla 31) sin embargo la variable PRCPTOT no fue significativa.

Tabla 31 Modelo global múltiple para explicar la relación de *TemMax*, *TN90P*, *MTMAX*, *CWD* y *PRCPTOT* con la incidencia de dengue, año 2012

Variable	RTI cruda (IC 95%)	RTI Ajustada* (IC 95%)	Delta
TemMax	0,80 (0,74 - 0,87)	0,78 (0,71 - 0,85)	-3,14
TN90P	1,13 (1,05 - 1,21)	1,16 (1,08 - 1,24)	2,73
MTMAX	0,96 (0,92 - 1,00)	0,94 (0,90 - 0,98)	-2,04
CWD	1,07 (1,04 - 1,11)	1,08 (1,04 - 1,12)	0,28
PRCPTOT	<u>1,04</u> (0,99 - 1,10)	<u>1,01</u> (0,96 - 1,07)	-2,95
% Población EducMed	-	0,84 (0,79 - 0,90)	-

*Ajustados por porcentaje de población con educación media, TemMax, TN90P, MTMAX, CWD y PRCPTOT. Nota: las RTI subrayadas no son estadísticamente significativas.

Al comparar el AIC del modelo global y el del GWPR se tiene que el más adecuado fue el ponderado geográficamente. Al observar la diferencia de AIC_c de cada variable se tiene evidencia suficiente para considerar que los efectos varían espacialmente, exceptuando el de las variables TemMax y MTMAX (Tabla 32) cuyos efectos globales indicaron que, por cada aumento en un grado de la temperatura máxima y del promedio de la temperatura máxima, el riesgo de dengue disminuye un 22% y 6%, respectivamente.

Tabla 32 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2012

Variable	$e^{\beta_{\text{Min}}}$	$e^{\beta_{\text{max}}}$	$e^{\beta_{Q1}}$	$e^{\beta_{Q2}}$	$e^{\beta_{Q3}}$	Diferencia AIC _c
TemMax	0,60	0,91	0,71	0,80	0,86	4
TN90P	0,83	1,29	0,93	0,99	1,14	-23
MTMAX	0,78	6,41	0,87	0,91	0,94	6
CWD	0,55	1,35	0,66	1,05	1,16	-217
PRCPTOT	0,88	1,69	1,05	1,13	1,41	-33
Diagnóstico del modelo						
AIC (global*)	940					
AIC (GWPR*)	444					

*Ajustados por TemMax, TN90P, MTMAX, CWD y PRCPTOT

Según las estadísticas resumen de los efectos locales se identificó que el riesgo de dengue tiene una disminución leve en menos del 75% de los municipios y en un cuarto de ellos el riesgo incrementa desde un 14%. Por cada día lluvioso adicional de CWD el riesgo incrementa desde un 5% en más de la mitad de los municipios.

Respecto a la precipitación total, en más del 75% de los municipios el riesgo de dengue incrementa desde un 5% a 79% por cada milímetro de lluvia adicional.

Modelo de regresión para el año 2013

El modelo de global obtenido por medio de la regresión Poisson, identificó ocho variables que tuvieron un efecto significativo sobre el riesgo de dengue. La comparación del modelo global crudo y ajustado por el porcentaje de desarrollo fiscal y porcentaje de población con educación media muestra que la única variable que tuvo un leve cambio porcentual por encima del 10% fue DTR, pero no se consideró que estuviera el fenómeno de confusión (Tabla 33).

Tabla 33 Modelo global múltiple para explicar la relación de TemMax, TN90P, DTR, MTMIN, CDD, CWD, TDD y RX5DAY con la incidencia de dengue, año 2013

Variable	RTI cruda (IC 95%)	RTI Ajustada*(IC 95%)	Delta
TemMax	0,88 (0,86 - 0,90)	0,81 (0,79 - 0,83)	-7,55
TN90P	0,93 (0,89 - 0,98)	0,87 (0,83 - 0,91)	-6,94
DTR	0,50 (0,43 - 0,56)	0,44 (0,39 - 0,51)	-10,18
MTMIN	0,90 (0,87 - 0,94)	0,93 (0,89 - 0,97)	2,83
CDD	1,48 (1,43 - 1,53)	1,33 (1,28 - 1,39)	-9,70
CWD	1,34 (1,30 - 1,38)	1,35 (1,30 - 1,40)	0,98
RX5DAY	0,91 (0,88 - 0,93)	0,89 (0,87 - 0,91)	-1,76
TDD	0,75 (0,73 - 0,77)	0,71 (0,69 - 0,73)	-5,31
% Desarrollo Fiscal	-	1,02 (1,01 – 1,05)	-
% Población EducMed	-	1,44 (1,39 – 1,51)	-

*Ajustados por porcentaje de desarrollo fiscal, porcentaje de población con educación media, TemMax, TN90P, DTR, MTMIN, CDD, CWD, TDD y RX5DAY

Al comparar el AIC del modelo global y el del GWPR se tiene que el más adecuado fue el ponderado geográficamente; al observar la diferencia de AIC_c de cada variable se tiene evidencia suficiente para considerar que los efectos varían espacialmente, exceptuando el efecto de CWD indicando que, por cada día de lluvia adicional el riesgo de dengue incrementa un 35% en toda el área de estudio (Tabla 34).

Tabla 34 Estadísticas resumen del efecto de cada variable del modelo GWPR múltiple* y de diagnóstico del GWPR para el año 2013

Variable	$e^{\beta_{Min}}$	$e^{\beta_{max}}$	$e^{\beta_{Q1}}$	$e^{\beta_{Q2}}$	$e^{\beta_{Q3}}$	Diferencia AIC_c
TemMax	0,64	0,89	0,73	0,81	0,85	-9
TN90P	0,65	1,43	0,76	0,88	0,95	-52
DTR	0,15	1,02	0,43	0,67	0,90	-247
MTMIN	0,63	1,70	0,83	0,88	1,16	-165
CDD	1,21	1,68	1,33	1,43	1,53	-29
CWD	1,15	1,79	1,20	1,30	1,43	18
RX5DAY	0,63	1,32	0,73	0,91	1,17	-254
TDD	0,58	1,04	0,62	0,69	0,78	-91
Diagnóstico del modelo						
AIC (global)	2195					
AIC (GWPR)	879					

*Ajustados por TemMax, TN90P, DTR, MTMIN, CDD, CWD, TDD y RX5DAY

Según las estadísticas resumen de los efectos locales se identificó que el riesgo de dengue disminuye en todos los municipios (mínimo 11% y máximo 36%) por cada grado adicional de TemMax.

Mientras que el riesgo de dengue incrementa por cada día seco adicional de CDD (incremento: 21% y 68%) y día húmedo de CWD (incremento: 15% y 79%); el efecto

paralelo de estos extremos climáticos -inversos entre sí- ocurrió porque el 2013 fue considerado un año epidémico⁽⁹⁾ y tal fue su magnitud que ambas temporadas secas y lluviosas se relacionaran con incrementos del riesgo.

Respecto al efecto de las demás variables se identificó que tienden a reducir el riesgo del dengue en toda el área de estudio, pero en menos de un cuarto de los municipios se tuvieron incrementos del riesgo por cada unidad adicional de las variables.

En resumen, los análisis multivariados para evaluar confusión mostraron que, al ajustar el porcentaje población con educación media por sí sola no genera un efecto confusor sobre los efectos de los extremos climáticos en el riesgo de dengue. Al ajustar por el porcentaje de desarrollo fiscal se tuvo que, en los años 2001 y 2004 no se tenía presencia de confusión, pero en los años 2000, 2002 y 2003 los efectos de TN90P, TemMin, TDD o RX5DAY estaban afectados por el fenómeno.

Cuando se ajustó al mismo tiempo por ambos confusores, en los años 2006, 2008 y 2009 se presentaron cambios porcentuales mayores del 10% en los coeficientes de TemMin, TemMax, TN90P, TX90P, CDD, CWD, TDD, TWD o PRCPTOT (no todos presentes en los tres años).

6.3.2 Análisis de tendencia temporal de los efectos de cada extremo climático en la incidencia de dengue

Se presenta la distribución y tendencia en el tiempo del efecto que tuvo cada extremo climático sobre la incidencia de dengue, la Figura 14 muestra los extremos climáticos relacionados con la temperatura y la Figura 15 los relacionados con la precipitación.

Los extremos climáticos relacionados con temperatura mínima son lo que con mayor frecuencia tuvieron efectos significativos sobre el riesgo de dengue durante los años de estudio, estos fueron TemMin y TN90P (en el 50% y 71,5% de los años, respectivamente).

El efecto de un grado adicional de TemMin incrementó el riesgo de dengue en los años 2000 a 2004 y 2009 a 2010, los mayores aumentos se presentaron en el 2001 y en este mismo año se dio la mayor variabilidad de los efectos entre los municipios. El año con menor variabilidad fue el 2010 y en 2006 el efecto global de esta variable fue protector para el riesgo de dengue.

En cuatro años (2000, 2001, 2003 y 2009) el riesgo de dengue incrementó en más de un cuarto de los municipios por cada día adicional de TN90P. En los años 2002, 2004 y 2013 el efecto de esta variable fue protector. Frente a la variabilidad de los efectos en el área de estudio, la mayor heterogeneidad se dio en el 2000 seguido del 2001 y en los años 2002, 2007, 2010, 2012 y 2013 los efectos fueron más homogéneos.

El extremo climático MTMIN tuvo efecto significativo sobre el riesgo de dengue en cinco años. El mayor incremento del riesgo por cada grado adicional ocurrió en 2005. Mientras que en el año 2001 el efecto de esta variable fue protector en menos del 75% de los municipios. La mayor heterogeneidad de los efectos en el área de estudio ocurrió en los años 2001, 2005 y 2007.

El efecto de cada grado adicional de TemMax fue significativo en cuatro años (2009, 2010, 2012 y 2013), en el 2012 se tuvo un efecto protector y fue estacionario en el valle geográfico del río Cauca. El único año en que se tuvo un incremento del riesgo fue en el 2010 pero en la mitad de los municipios.

En los años 2003 a 2005, 2007, 2009 y 2010 se tuvo un efecto significativo de TX90P; en el primer y último año se tuvo un efecto estacionario por cada día adicional de TX90P relacionándose con incrementos en el riesgo de dengue. De los restantes años, esta variable tuvo un efecto protector en todos los municipios excepto en el 2007, en el cual se dio la mayor variabilidad de los efectos en el área de estudio.

Al analizar el efecto de los incrementos de un grado en el rango de la temperatura (DTR) se tuvo que este tiende a disminuir, en el año 2001 se presentaron los mayores incrementos del riesgo en todos los municipios y a partir del 2007 el riesgo disminuyó en todos los municipios. En cada año los efectos presentaron poca variabilidad entre los municipios (Figura 14).

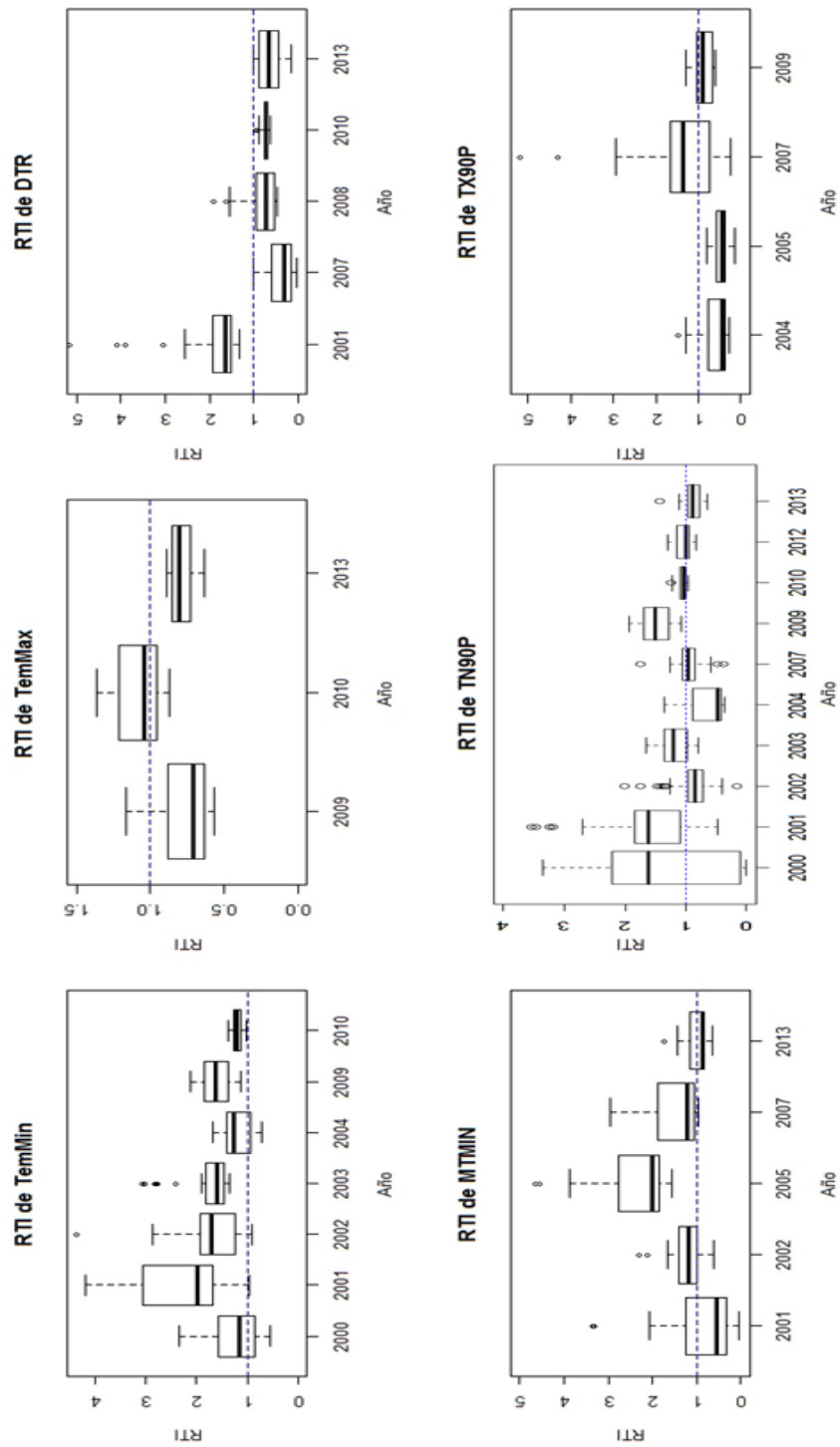


Figura 14 Diagrama de cajas y alambres de los valores de RTI de los extremos climáticos de la temperatura por cada año de estudio.

Respecto a los extremos climáticos de la precipitación los que tuvieron, con mayor frecuencia, efecto sobre el riesgo de dengue fueron CDD, CWD y TDD, los dos primero tuvieron efecto en el 64% de los años de estudio y el tercero en el 43%.

Se tuvo dos periodos con los mayores incrementos del riesgo, 2002 y 2011,2013, por cada día adicional de CDD. En 2000, 2006 y 2008-2010 el riesgo disminuyó en más de la mitad de los municipios, en los dos primeros años se tuvo la mayor variabilidad en los efectos, y en 2001 se dio un incremento global del riesgo. Además, en la Figura 15 se observa que la distribución de la RTI de este extremo climático en cada año es menor igual a dos.

Al evaluar el efecto de cada día adicional de CWD, se identificó que este fue significativo por nueve años, en tres de estos (2001, 2009 y 2013) el efecto fue estacionario y en los restantes años (2002-2005, 2008 y 2012) se tuvo poca heterogeneidad de los efectos entre los municipios. Los mayores incrementos del riesgo ocurrieron en los años 2002 y 2013. Es importante resaltar que el riesgo de dengue no fue más del doble en la mayor cantidad de los años

El efecto por cada día adicional del TDD fue significativo en seis años (2001-2004, 2008 y 2013). Hasta el año 2003 se tuvo una tendencia creciente en el riesgo de dengue y en este año se obtuvo el mayor incremento. En el año 2004 se dio una reducción global del riesgo y en los dos siguientes años (2008 y 2013) el riesgo tendió a reducirse y solo en el 2013 TDD fue un factor protector en todos los municipios presentándose la menor variabilidad en el área de estudio.

El total mensual de días húmedos consecutivos (TWD) tuvo efecto significativo en los años 2007 y 2009, en ambos fue positivo y con poca variabilidad.

Con relación al efecto PRCPTOT este fue significativo en los años 2005, 2006 y 2009. En el 2005 y 2009 el efecto fue negativo y en el 2006 el riesgo incrementó en todos los municipios por cada milímetro de lluvia por metro cuadrado adicional.

El efecto de cada milímetro de lluvia adicional de RX5DAY sobre el riesgo de dengue fue negativo en todos los municipios en el 2003 y 2011, solo en el 2004 en más del 25% de los municipios el riesgo incremento. En el año 2010 se dio una reducción global del riesgo (Figura 15).

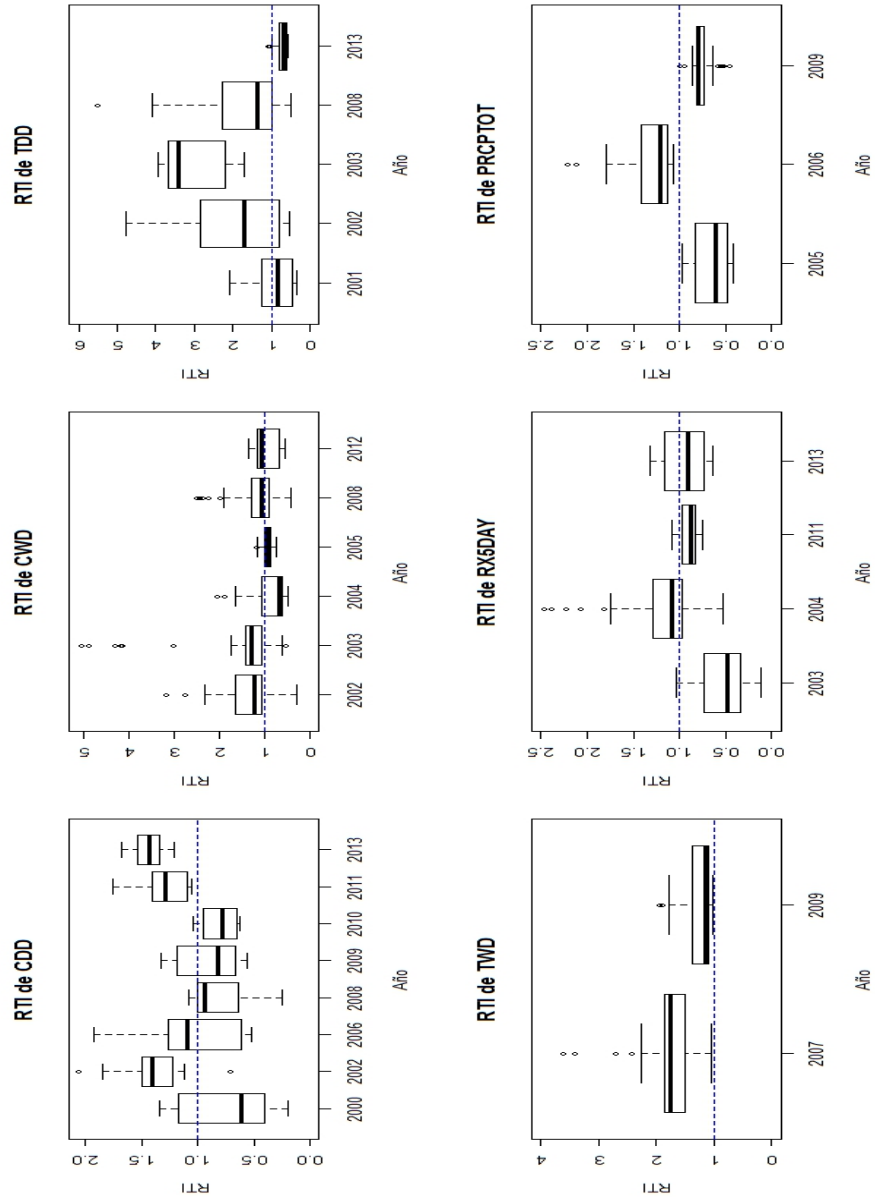


Figura 15 Diagrama de cajas y alambres de los valores de RTI de los extremos climáticos de la precipitación por cada año de estudio

6.3.3 Análisis de tendencia espacial de los efectos de cada extremo climático en la incidencia de dengue

A lo largo de toda el área de estudio, el riesgo de dengue incrementó por 1°C adicional de TemMin, solo en los años 2001 y 2004 en algunos municipios el riesgo decreció. Los municipios que con mayor frecuencia tuvieron riesgo alto-alto fueron en el sur Jamundí, Santander de Quilichao, Suarez, Caloto, Corinto y Cali; en el centro-occidente Yumbo, Palmira, Candelaria y Pradera; en el norte-centro Bolívar, Trujillo y Roldanillo; en el norte Toro, Cartago, Obando, Pereira, Balboa y Marsella (Figura 16).

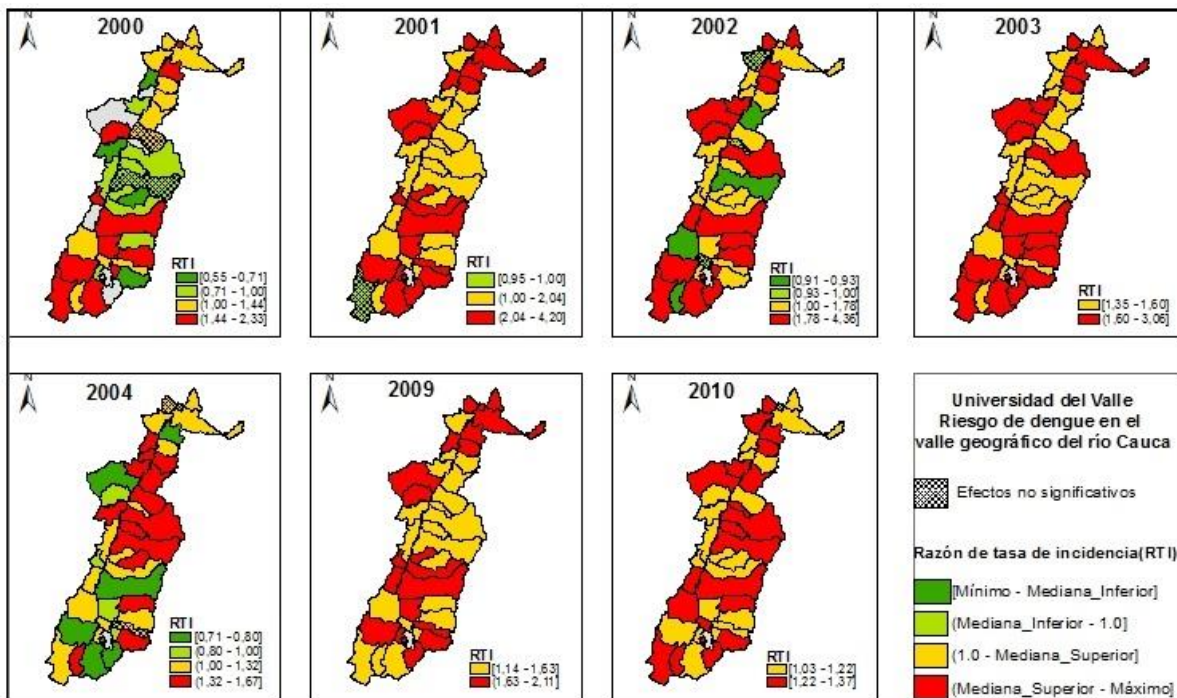


Figura 16 Distribución espacial del efecto de TemMin sobre el riesgo de dengue, según año.

Los municipios que tuvieron incrementos del riesgo de dengue por cada grado °C adicional de TemMax fueron en el sur: Buenos Aires, Corinto, Cali, Puerto Tejada y Pradera; en el centro: Buga, Tuluá, San Pedro y Andalucía; en el norte: Toro y Ansermanuevo, esto se observó solo en el año 2010 (Figura 17).

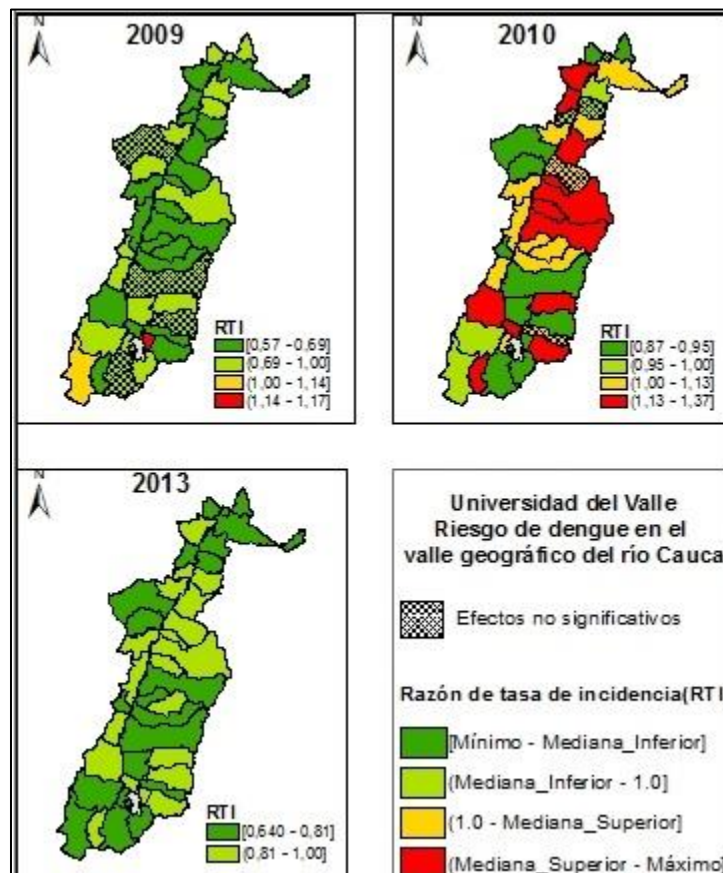


Figura 17 Distribución espacial del efecto de TemMax sobre el riesgo de dengue, según año.

Respecto al efecto de cada grado °C de MTMIN se observó que en los años 2001 y 2013 hay alta frecuencia de municipios con reducción del riesgo. En los demás años el riesgo incrementó a lo largo de toda el área de estudio siendo los municipios más

afectados Pereira, Obando, la Victoria, la Unión, Roldanillo; en el centro Tuluá, Bugalagrande, Andalucía y San Pedro, en el sur Miranda, Corinto y Caloto, ver (Figura 18).

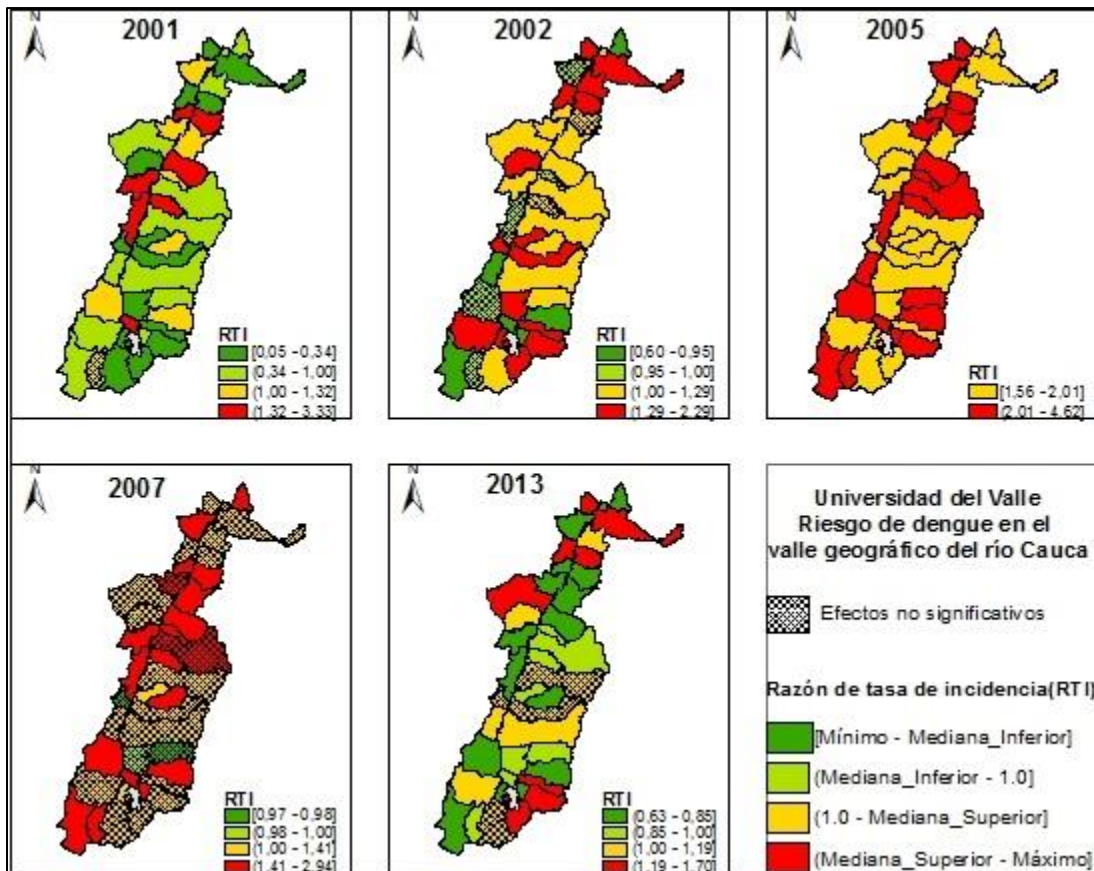


Figura 18 Distribución espacial del efecto de MTMIN sobre el riesgo de dengue, según año.

El efecto de TN90P fue variante entre los municipios en cada año (Figura 19). Sin embargo, el riesgo tiende a tener valores en el rango bajo-bajo y bajo-medio, pero en los años 2001, 2003, 2009 y 2010 se identificó una frecuencia alta de municipios con incrementos del riesgo siendo los más afectados: en el centro Tuluá, El Cerrito, Guacarí, Ginebra Vijos, en el sur Corinto, Candelaria, Miranda y Suárez; en el norte Toro, Marsella, Pereira.

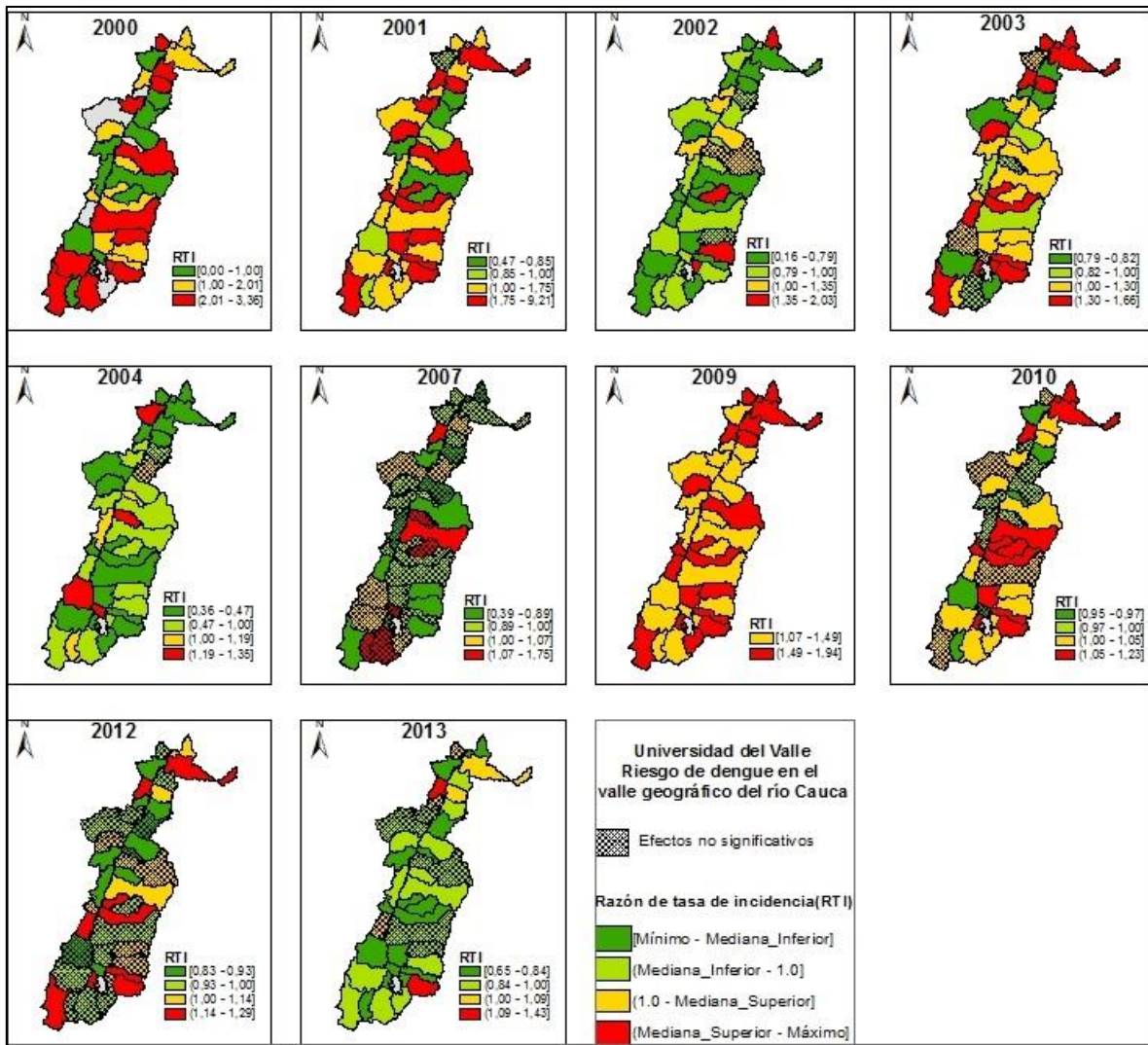


Figura 19 Distribución espacial del efecto de TN90P sobre el riesgo de dengue, según año.

Se observó que TX90P tuvo asociación negativa a lo largo del área de estudio (Figura 20), pero en los años con este efecto los municipios de Pereira, Ansermanuevo, Yotoco, Toro, Buga, El Cerrito, Guacarí, Corinto y Miranda presentaron un riesgo alto-alto de dengue. En el año 2007 se evidencio un mayor número de municipios con incrementos del riesgo.

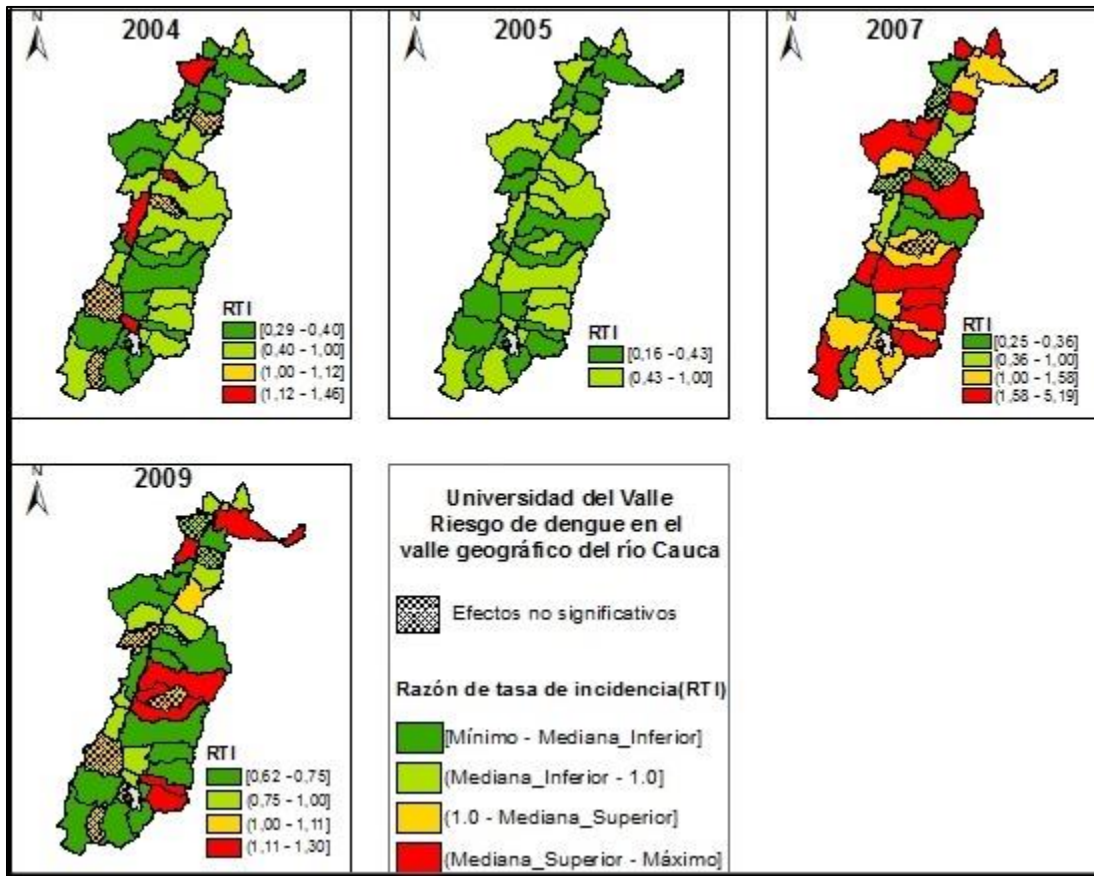


Figura 20 Distribución espacial del efecto de TX90P sobre el riesgo de dengue, según año.

El efecto de incrementos en 1°C de DTR fue negativo a lo largo del área de estudio, solo en el año 2001 se observan que el riesgo de dengue incremento con 18 municipios con riesgo alto-alto. En el año 2008 los municipios Pereira, Puerto tejada, Miranda y Vijes tenían un riesgo alto-alto de dengue (Figura 21).

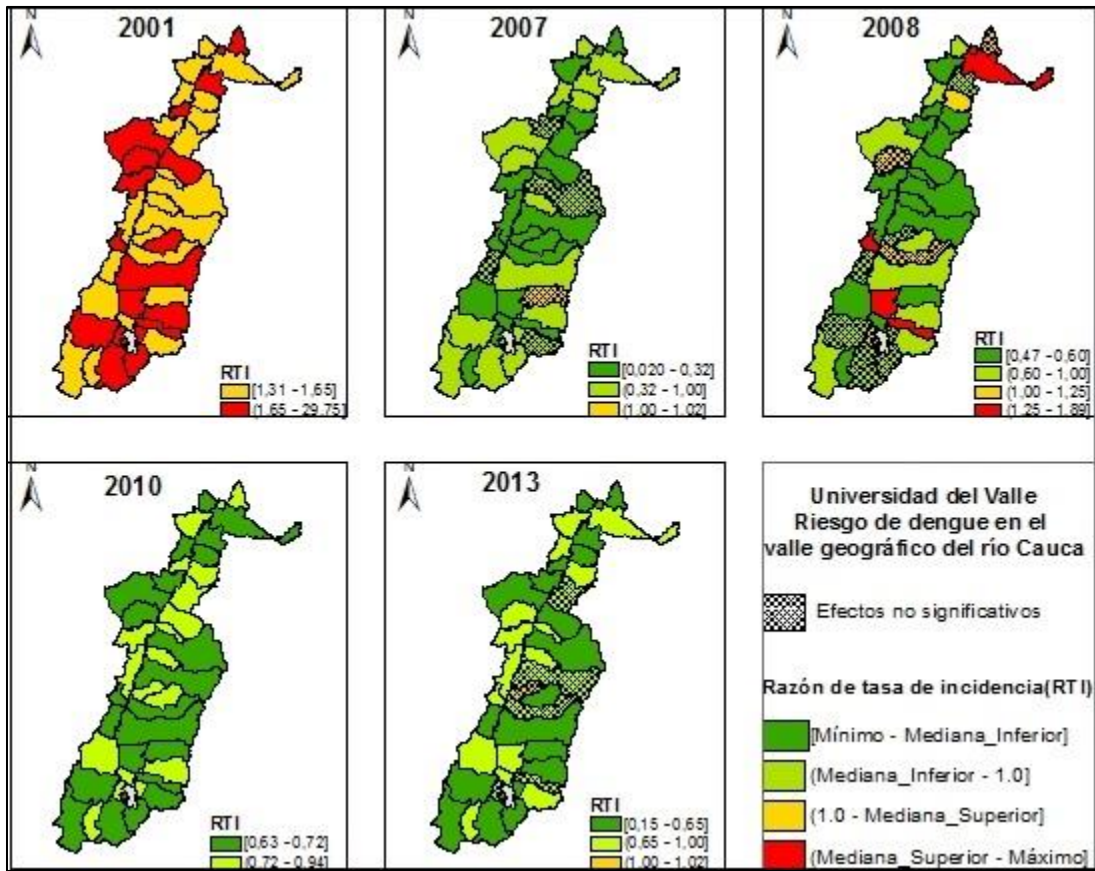


Figura 21 Distribución espacial del efecto de DTR sobre el riesgo de dengue, según año.

El efecto de CDD fluctuó entre los municipios, se identifican asociaciones positivas y negativas en un mismo año. En los años 2008 y 2010 el riesgo tendió a disminuir, pero en los municipios la Victoria y Buga se tuvo incremento significativo del riesgo. Mientras que, en los años 2002, 2011 y 2013 el riesgo de dengue incrementó en todos el área de estudio y los municipios con mayor incremento fueron en el norte Marsella, Roldanillo, Bolívar, RíoFrío; en el centro: Ginebra, Guacarí y Palmira; en el sur Santander de Quilichao, Caloto, Jamundí, Villa Rica, Padilla, Candelaria y Miranda (Figura 22).

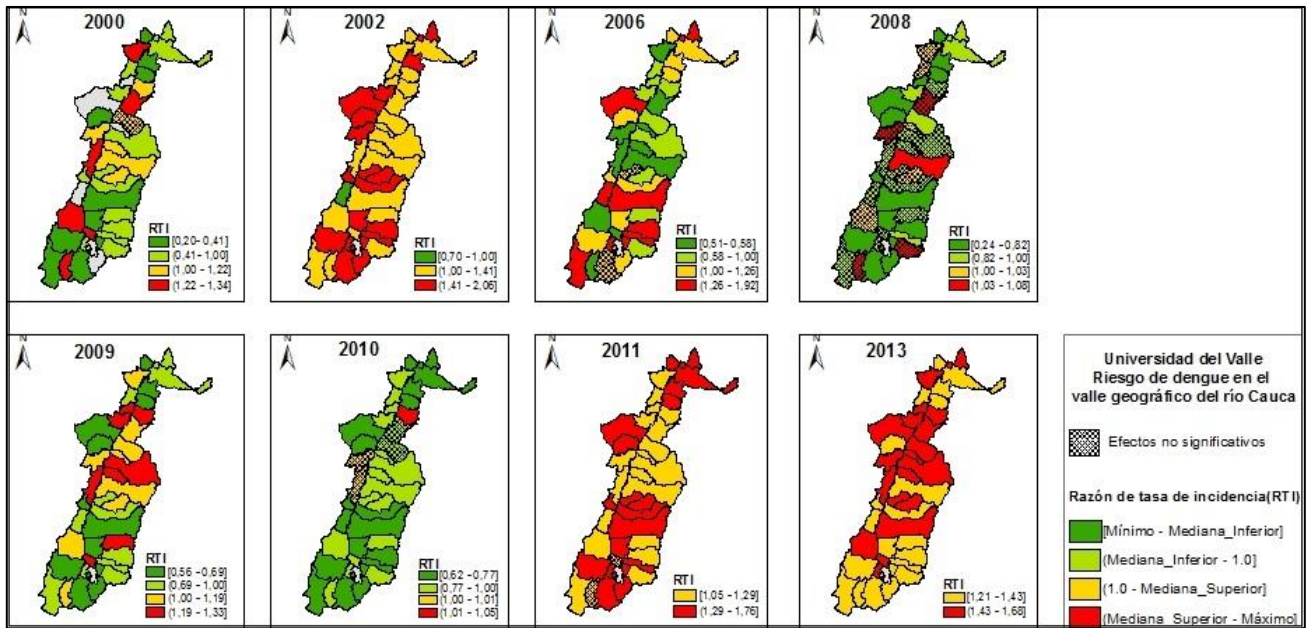


Figura 22 Distribución espacial del efecto de CDD sobre el riesgo de dengue, según año.

El efecto por cada día adicional de TDD sobre el riesgo de dengue fluctuó entre valores positivos y negativos en los municipios (Figura 23), pero en el año 2003 en todos los municipios el riesgo incremento y en el año 2013 el riesgo disminuyó a lo largo del área de estudio. Los de mayor riesgo en el norte Bolívar, Trujillo, Obando, Cartago, Pereira y Balboa; en el centro Vijes y Palmira; en el sur Candelaria, Jamundí, Suárez, Caloto, Santander de Quilichao.

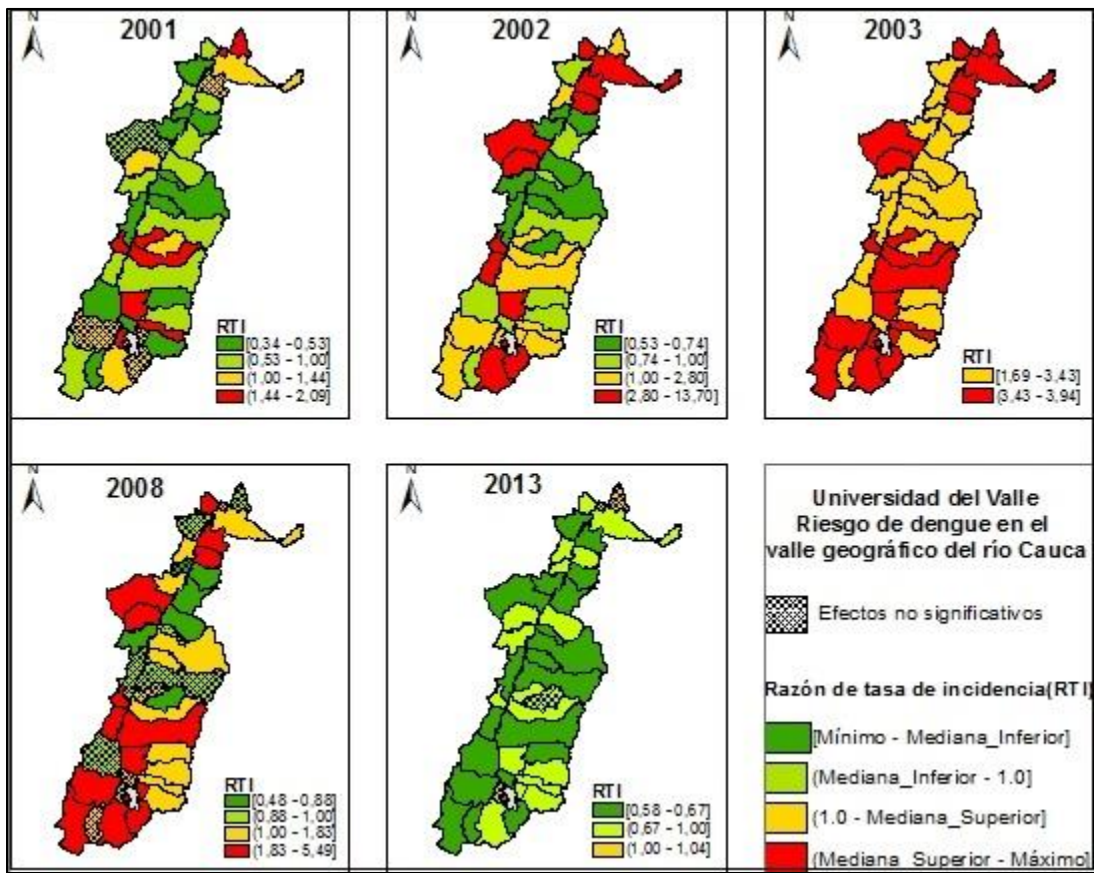


Figura 23 Distribución espacial del efecto de TDD sobre el riesgo de dengue, según año.

El efecto por cada día adicional de CWD sobre el riesgo de dengue fluctuó entre valores positivos y negativos a lo largo del área de estudio en cada año. Los municipios que con mayor frecuencia se les incrementó el riesgo fueron en el norte La Victoria, Zarzal; centro Tuluá, RíoFrío y Ginebra; en el sur Suárez y Cali (Figura 24).

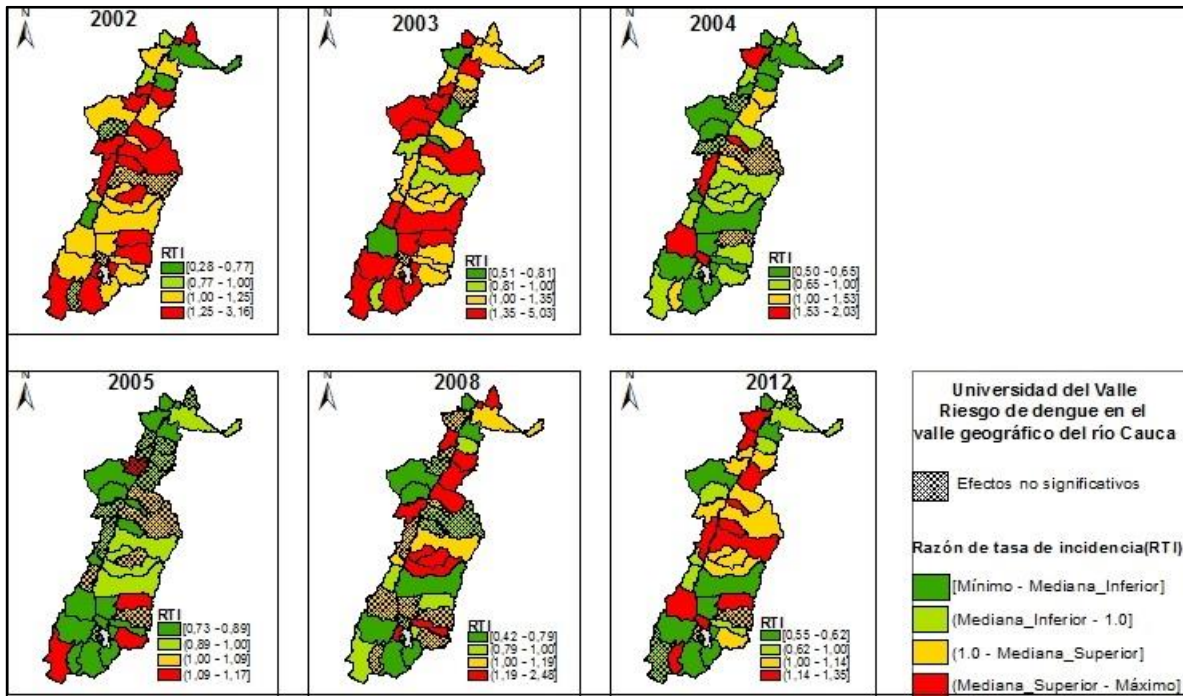


Figura 24 Distribución espacial del efecto de CWD sobre el riesgo de dengue, según año.

En toda el área de estudio el riesgo de dengue incrementó por cada día adicional de TWD, los municipios más afectados fueron en el norte Marsella, Balboa, la Unión, La Victoria, Roldanillo, Bolívar; en el centro Tuluá, Yumbo y Palmira; en el sur Pradera, Florida, Padilla, Santander de Quilichao y Suárez (Figura 25).

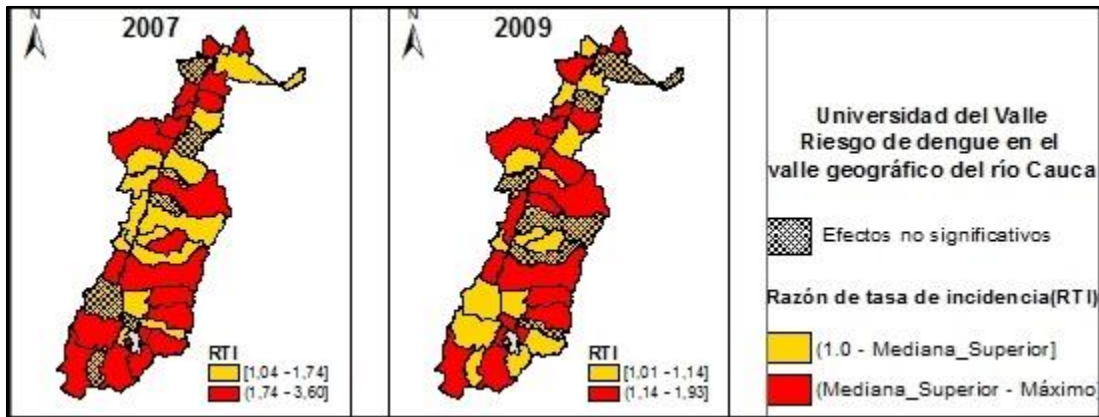


Figura 25 Distribución espacial del efecto de TWD sobre el riesgo de dengue, según año.

Por cada milímetro de lluvia adicional PRCPTOT el riesgo de dengue decreció en diferente magnitud en toda el área de estudio, pero en el año 2006 el riesgo incremento en todos los municipios siendo los más afectados en el norte Marsella, Toro, La Unión y La Victoria; en el centro Zarzal, Bugalagrande, Andalucía, Río Frío, Yotoco, Buga, Guacarí, Ginebra, El cerrito, Yumbo y Florida; en el sur Corinto, Padilla, Villa Rica y Buenos Aires(Figura 26).

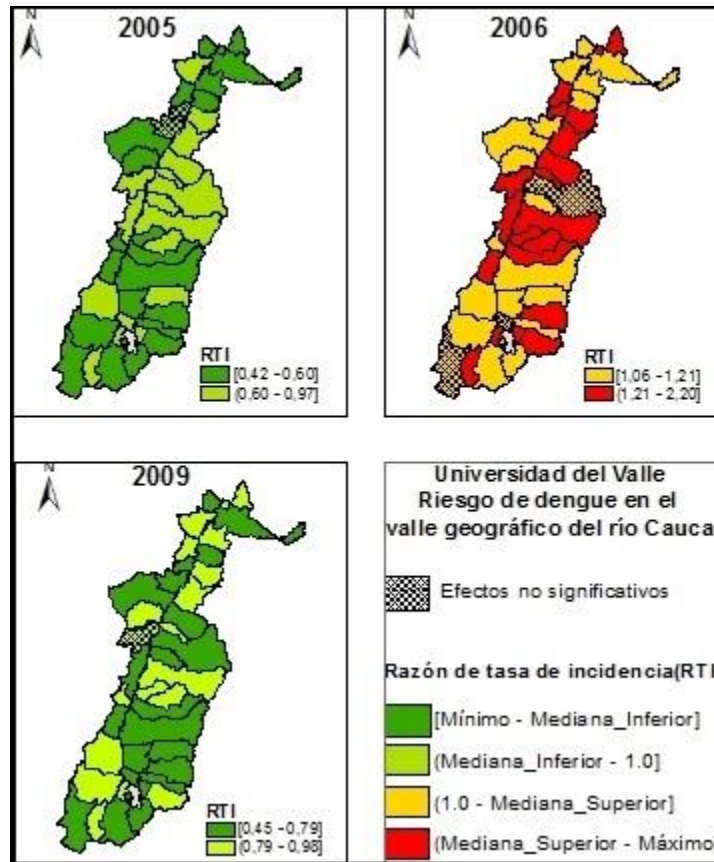


Figura 26 Distribución espacial del efecto de PRCPTOT sobre el riesgo de dengue, según año.

El efecto de cada milímetro cuadrado de lluvia adicional de RX5DAY el riesgo dengue decrece en los municipios. Sin embargo, en los años con esta tendencia se presentan incrementos significativos en el riesgo en Marsella, Ansermanuevo, la Victoria, Andalucía, Cali y Puerto Tejada. Además, en el año 2004 el riesgo fluctuó y los anteriores municipios también tuvieron un riesgo alto (*Figura 27*).

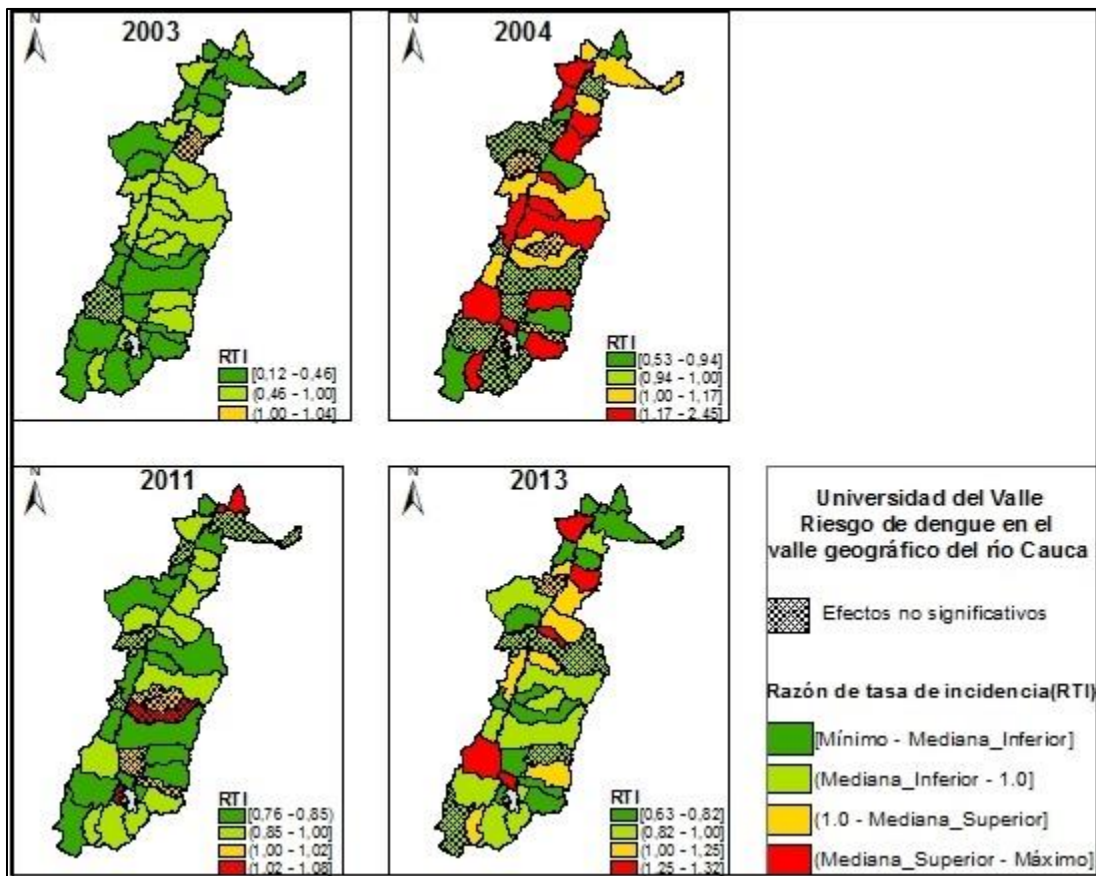


Figura 27 Distribución espacial del efecto de RX5DAY sobre el riesgo de dengue, según año.

Finalmente, se identifica que la variable que más influencia tiene sobre los incrementos de la incidencia de dengue es la temperatura mínima, siendo los municipios con mayor riesgo Jamundí, Santander de Quilichao, Suarez, Caloto, Corinto, Cali, Yumbo, Palmira, Candelaria, Pradera, Bolívar, Trujillo y Roldanillo, Toro, Cartago, Obando, Pereira, Balboa y Marsella, en *la Figura 28* se muestra el mapa con estos municipios.

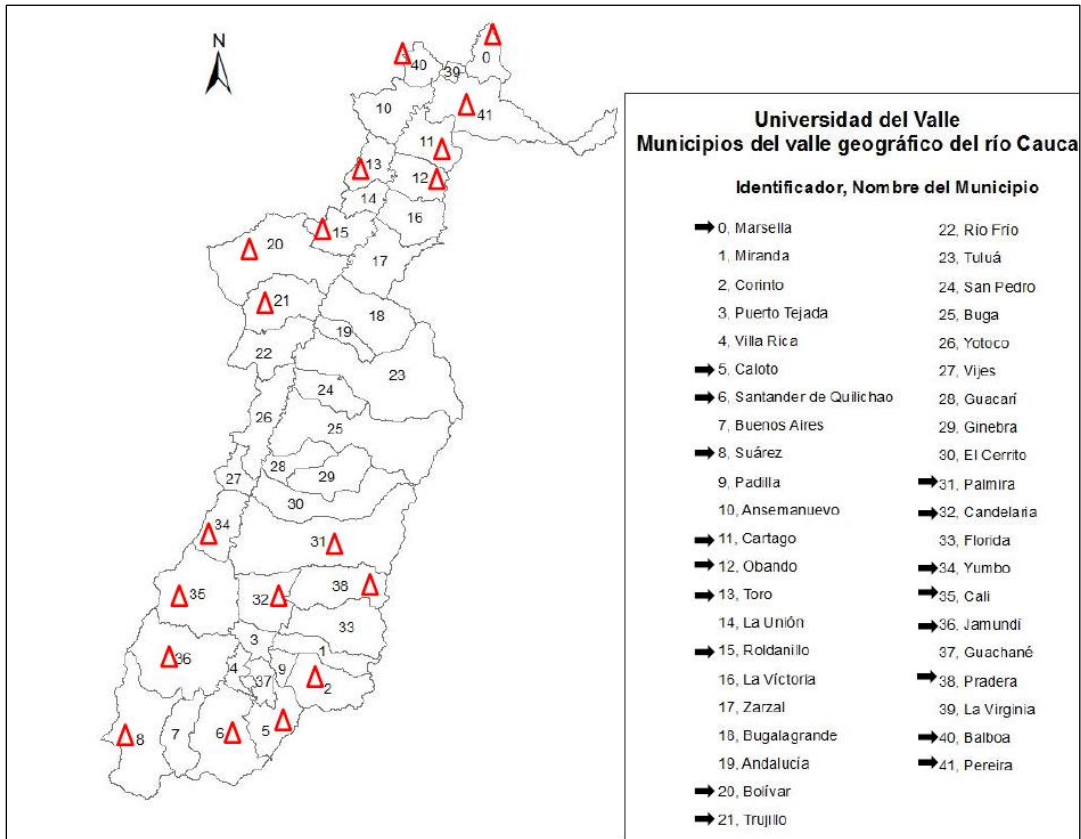


Figura28 Municipios con mayor riesgo en todo el periodo de estudio por incrementos en 1°C de la temperatura mínima

Adicional a TemMin, los extremos climáticos TN90P, CDD, TDD y TWD tuvieron una fuerte influencia sobre los cambios en la incidencia de dengue durante el periodo de estudio, siendo los principales municipios con mayor riesgo los que se muestran en la Figura29.

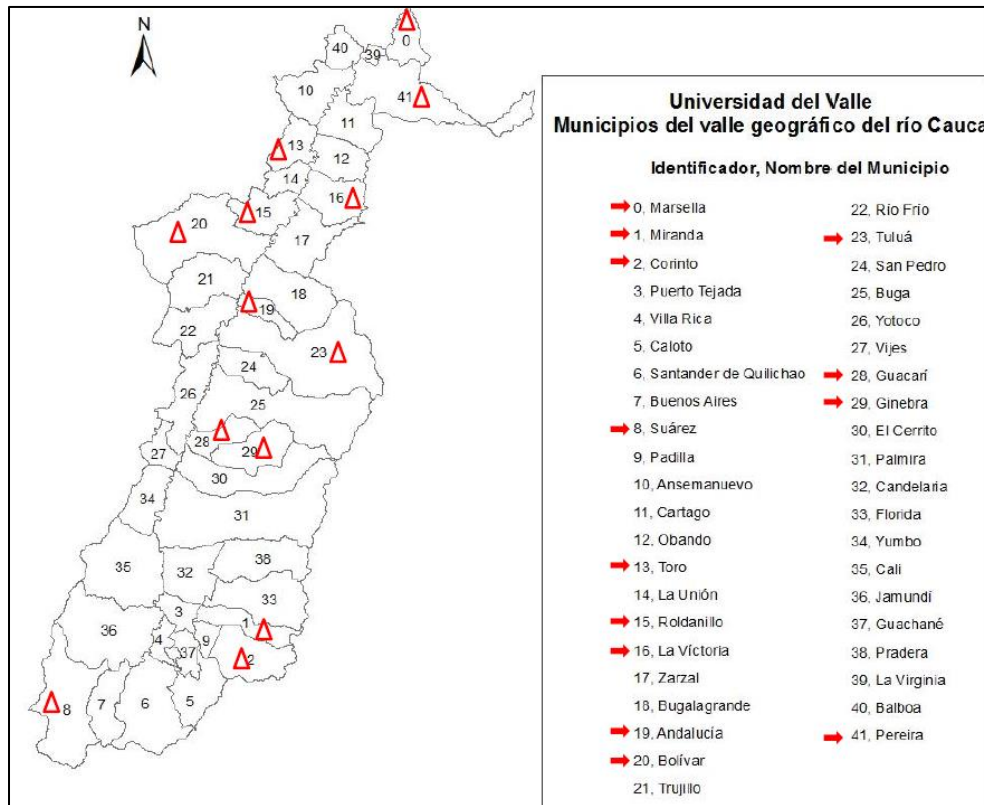


Figura29 Municipios con mayores incrementos de riesgo por cambios en los extremos climáticos TemMin, TN90P, CDD, CWD y TDD, durante el periodo de estudio

Autocorrelación espacial de los residuales

Los residuales de cada modelo de regresión ponderado geográficamente no presentaron autocorrelación espacial estadísticamente significativa, en los años 2006, 2009 y 2013 se presentaron valores altos del índice de Moran pero esto fueron estadísticamente significativos, ver Figura 30 y Figura 31.

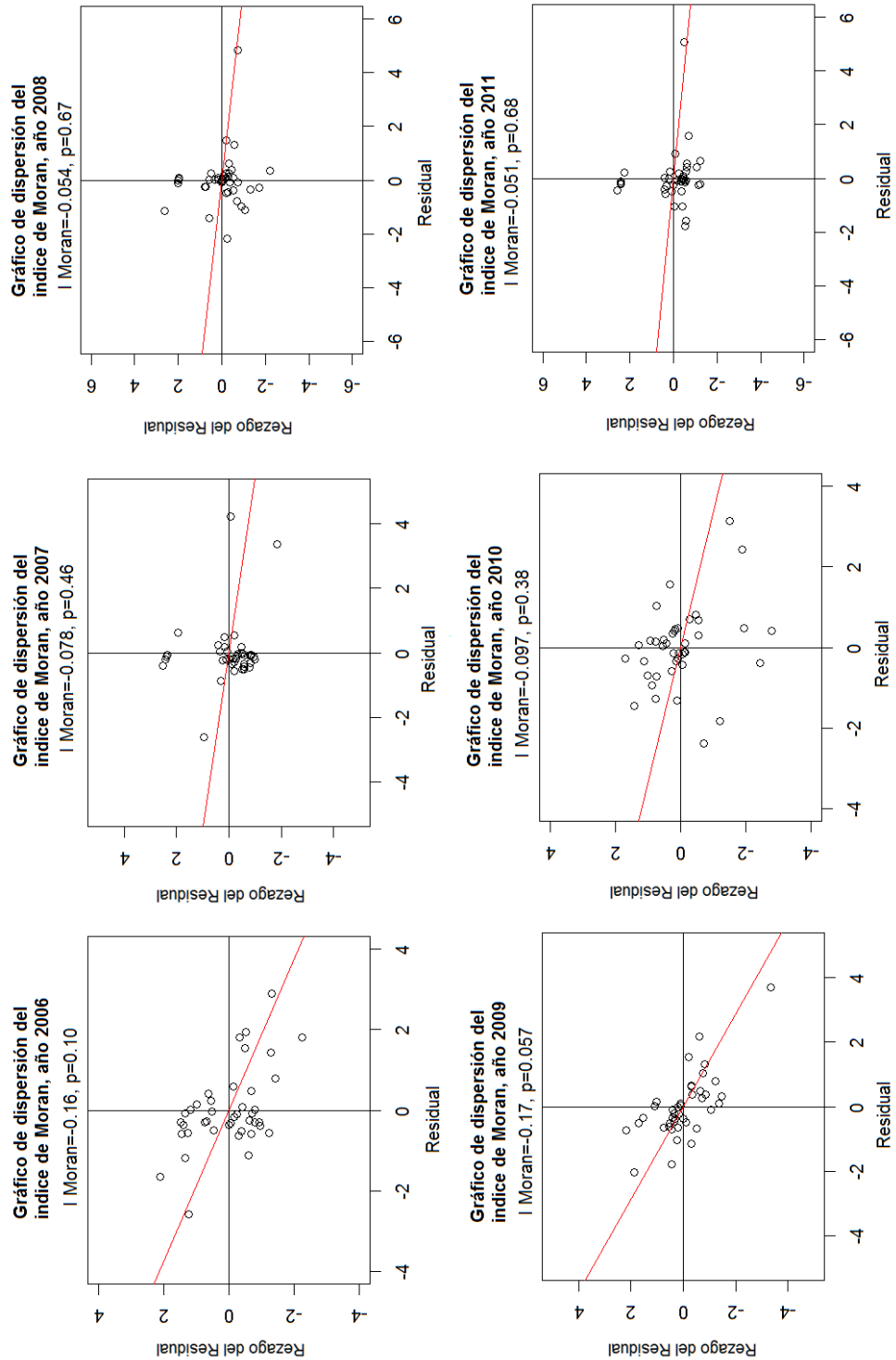


Figura 30 Autocorrelación espacial de los residuales del modelo de regresión Poisson ponderado geográficamente (I de Moran y p valor), años 2000 a 2011

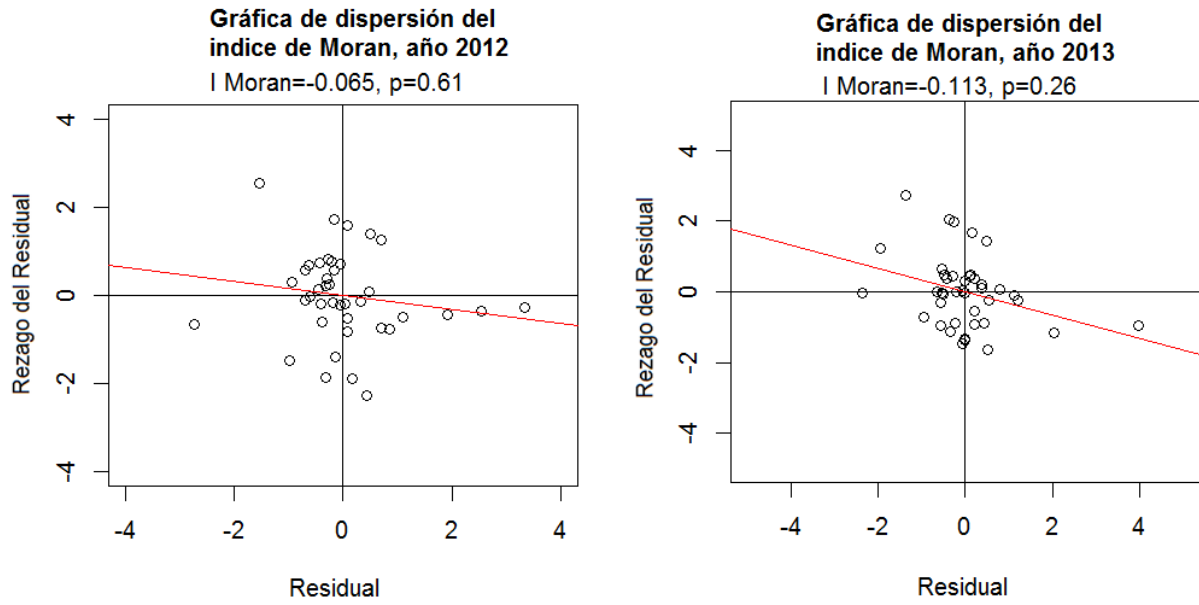


Figura 31 Autocorrelación espacial de los residuales del modelo de regresión Poisson ponderado geográficamente (I de Moran y p valor), años 2012 y 2013

7 DISCUSIÓN

7.1 Hallazgos del estudio

7.1.1 Tasa de incidencia global y por municipio

De los 849.852 casos de dengue reportados al SIVIGILA en Colombia durante los años 2000-2013 el 14,4% de ellos provenían de los 41 municipios del área de estudio; estimándose una tasa de incidencia de dengue global de 196 casos por cada 100.000 habitantes para el periodo 2000-2013 en el valle geográfico del río Cauca. La tasa de incidencia mediana por municipio fue de 154.3 por 100.00 habitantes para este periodo.

Al analizar la tendencia en el tiempo de los casos de dengue se observan coincidencia con brotes de la enfermedad reportados a nivel nacional (años 2000, 2005, 2010 y 2013)^(9, 86-88).

La información de los casos de dengue permitió observar la variabilidad de la tasa de incidencia entre los municipios y su cambio en el tiempo. En la zona sur algunos municipios tenían una tendencia al incremento: Santander de Quilichao, Cali y Florida, mientras que en Jamundí la tasa de incidencia tendía a reducirse y en los municipios del Cauca: Suarez, Caloto y Corinto se mantuvieron valores bajos. En el norte, Pereira presentó incrementos de la tasa a lo largo del periodo, mientras que Ansermanuevo y Yotoco la incidencia fluctuó. En el centro, los municipios de Buga, y Río Frio tenían incidencias superiores al tercer cuartil (194.8 x 100.00 habitantes) de la distribución de la tasa de incidencia de la región en todo el periodo.

Las incidencias de dengue (por cada 100.000 habitantes) en los 41 municipios del valle geográfico del río Cauca en los 13 años evaluados, se concentran geográficamente. No obstante, esta dependencia espacial presentó fluctuaciones en cada uno de los años evaluados, siendo 2004 y 2009 los años en que la autocorrelación espacial fue similar a la del periodo.

7.1.2 Comportamiento de los extremos climáticos

Durante el periodo de estudio los extremos climáticos tuvieron un comportamiento variante, identificándose que los tres últimos años fueron los más calurosos. Además, en los años 2010 y 2012 la mayoría de los extremos climáticos presentaban valores altos.

La temperatura mínima tuvo picos con valores extremos que se aproximaron a los 18° y también valores por debajo del primer cuartil (16°C). El número de días secos consecutivos (CDD) mantenía una tendencia creciente con cinco picos en los que se superaban los 10 días.

Con relación a la tendencia espacial de los extremos climáticos se identificó que las variables CWD, TWD, PRCPTOT y RX5DAY solo presentaron tendencia creciente en todas las estaciones meteorológicas, esta tendencia ha sido identificada en varias regiones de Colombia^(89, 90) y en Sur América⁽⁹¹⁾.

Los extremos climáticos de la precipitación con tendencia decreciente fueron CDD y TDD, principalmente en la zona sur. Los extremos climáticos de la temperatura tienden principalmente al aumento lo cual es consistente con otros estudios en Colombia, Suramérica y Argentina^(66, 89, 91, 92). Pero también se tuvo una tendencia

decreciente de TemMax, MTMIN, DTR y MTMAX en una baja proporción de las estaciones identificando que los dos primeros tenían esta tendencia en el sur y los otros dos en el norte.

7.1.3 Relación extremos climáticos y dengue

Este estudio demostró que el riesgo de dengue tiene una relación no estacionaria con los extremos climáticos en el valle geográfico del río Cauca, dando cuenta de que las particularidades de las condiciones climáticas de los municipios pueden tener diversos efectos locales sobre el riesgo de dengue, lo que no se hubiera logrado empleando modelos de regresión tradicionales que no incluyen la variación espacial. Por tanto, los hallazgos de este estudio aportan a la brecha del conocimiento de cómo los cambios de locales del clima pueden afectar el riesgo de dengue.

La heterogeneidad de la incidencia del dengue en el tiempo y espacio reflejan la complejidad de los factores de riesgo relacionados con la transmisión de la enfermedad como lo son los sociales, económicos y demográficos que influyen fuertemente en la distribución espacial y epidemiología de la enfermedad^(16, 32-34, 42, 51), también se refiere a las condiciones climáticas que permiten se pueda establecer la transmisión impactando directamente sobre el desarrollo, abundancia, comportamiento y distribución del vector^(44-46, 48, 54, 93). Por lo tanto, al evaluar los factores de riesgo para la ocurrencia del dengue en una región se debe realizar esfuerzos para considerar el efecto conjunto de estos.

Por lo anterior, se consideraron dos factores socioeconómicos como confusores en la relación de los extremos climáticos y el dengue, encontrando que el porcentaje de población con educación media por sí solo no generó confusión, mientras que al ajustar por porcentaje de desarrollo fiscal se identificó confusión sobre los efectos de algunos extremos climáticos y al ajustar al mismo tiempo por ambos confusores se identificaron cambios porcentuales mayores del 10% en los coeficientes de algunos extremos climáticos en los años 2006, 2008 y 2009 y el efecto de TN90P fue el único que estuvo afectado por la confusión en todos los años en los que estuvo presente el fenómeno excepto en el 2002 y 2003.

Los extremos climáticos basados en la temperatura mínima (TemMin y TN90P) presentaron tendencia al aumento y se identificó que son los factores que con mayor frecuencia se asociaron con incrementos en el riesgo de dengue durante el periodo de evaluado, la evidencia científica señala que la temperatura mínima está estrechamente relacionada con el desarrollo del vector⁽²⁶⁾ y en general incrementos de la temperatura se relacionan con una rápida replicación del virus e incrementos de la población de mosquitos^(44, 45).

La temperatura mínima fue uno de los determinantes climáticos más importantes sobre el riesgo de dengue con una asociación positiva por cada aumento en 1°C y esto es consistente con otros estudios han identificado esta misma asociación^(94, 95); en China el riesgo incrementó un 9.9% cuando el rango de esta variable era 11.2°C-23.7°C y en un meta-análisis se reportó que por cada aumento en 1°C de la temperatura mínima el incremento del riesgo de dengue se encontraba en el intervalo del 21% y 38%, el estudio incluyó investigaciones de regiones tropicales

del este y sudeste de Asia y Latino América⁽⁹⁶⁾. A nivel local, en un estudio realizado en Cali también se encontró una fuerte relación positiva con la TemMin⁽⁹⁷⁾. Esta asociación es explicada en parte por el efecto de incrementos de la temperatura sobre la aceleración de la tasa de replicación viral en el vector, el corto periodo de incubación intrínseca, aceleración del desarrollo del vector en su ciclo de vida y aumento de la frecuencia de picaduras^(46, 94).

Respecto al efecto de TemMax se identificó que fue negativo sobre el riesgo de dengue en tres de los cuatro años en que este fue significativo, esta asociación también fue encontrada en Tailandia identificando que la incidencia decrecía en el al incrementar TemMax⁽⁹⁸⁾ pero en otros estudios se ha evidenciado que incrementos en 1°C se han asociado con aumentos del riesgo⁽⁹⁴⁾ y en el meta-análisis se obtuvo que el riesgo incrementaba un 29% (IC95%: 10.3%-47.5%) pero identificaron que este empezaba a declinar a partir de una temperatura de 29°C⁽⁹⁶⁾; teniendo en cuenta que el valor mínimo obtenido de TemMax en el valle geográfico del río Cauca fue 29°C permite soportar la asociación negativa de esta variable sobre el riesgo de dengue.

El efecto encontrado por incrementos en DTR es consistente con otros estudios, en Sri Lanka se encontró una asociación negativa con valores altos de DTR, en algunos casos cuando es mayor a 7.5°C o 10°C^(98, 99), esto puede ser debido al efecto negativo sobre la competencia del vector (capacidad intrínseca de transmitir) y su sobrevivencia⁽¹⁰⁰⁾.

El efecto de PRCPTOT fue negativo en dos años y positivo en uno, lo cual es consistente con otros estudios que indican que el efecto puede tener ambas

direcciones^(20, 23, 95, 97, 98, 101). En Cali y en Tailandia esta asociación fue negativa con un rezago de cuatro semanas^(23, 97), en Medellín y el golfo de México e Indonesia fue positiva con un rezago de 20 semanas, 2-3 semanas y 1-3 meses, respectivamente^(21, 98, 101) y en la Guinea Francesa las epidemias de dengue se asociaron con niveles altos de precipitación⁽²⁰⁾. Estos efectos pueden deberse a que en condiciones normales de la precipitación se generaran contenedores de agua en las superficies del suelo que sirven de criaderos para los mosquitos y precipitaciones muy extremas pueden eliminar su hábitat y por tanto disminuye la población de vectores^(36, 95, 98).

Este estudio identificó que el efecto de TN90P fluctuó en los años evaluados pasando de asociaciones positivas y negativas, el único año donde el efecto fue positivo en todos los municipios fue el 2009. Respecto a MTMIN se identificó que la asociación tendió a ser positiva en todos los municipios y el máximo incremento del riesgo se presentó en el 2005. El año 2012 fue el único en el que MTMAX fue significativo y la asociación fue negativa.

El efecto del mayor número de días secos consecutivos (CDD) tendió a ser negativo en más de la mitad de los municipios, sin embargo, se identificaron asociaciones positivas, esto podría deberse a interrupciones del suministro de agua que conllevan a su almacenamiento incrementando la población de mosquitos. El efecto de CWD tiende a disminuir el riesgo de dengue, pero los efectos fueron muy homogéneos entre los municipios, mientras que el total de días húmedos TWD tuvo una asociación positiva con el riesgo de dengue. Respecto a RX5DAY el efecto negativo

sobre el riesgo de dengue tendió a decrecer esto puede deberse a la producción de criaderos resultantes de las lluvias.

Se encontraron pocos estudios que evaluaron el efecto de eventos extremos climáticos sobre el riesgo de dengue, pero no se identificó alguno que evaluará el efecto de TN90P, TX90P, CDD, CWD, TDD, TWD y RX5DAY^(98, 102-107).

En Brasil se encontró que por cada porción adicional en el porcentaje de días en un mes en que la temperatura promedio supera los 26°C el riesgo incrementó un 9.2%⁽¹⁰⁶⁾, en Cali se encontró una correlación positiva con el número de días en que la temperatura máxima superaba los 32°C⁽¹⁰⁷⁾, mientras que en este estudio el efecto de TX90P tendió a ser negativo en todos los municipios considerando que el percentil 90 de la distribución de TemMax en todo el periodo fue de 34,2°C.

En Indonesia se encontró que el total mensual de días lluviosos se asoció positivamente con la incidencia del dengue con un rezago de máximo tres meses⁽⁹⁸⁾, en este estudio también se encontró que el riesgo incrementaba por cada día adicional de TWD.

Otras investigaciones que han evaluado las anomalías climáticas relacionadas con el fenómeno El Niño han concluido que incrementos del riesgo de brotes de distintas enfermedades transmitidas por vectores se relacionan con condiciones climáticas cálidas y secas aumentan^(102, 103). En países asiáticos el aumento de transmisión del dengue se ha relacionado con condiciones de sequías y en la costa pacífica de Sur América el incremento del riesgo de malaria ocurrió cuando se pasó de un periodo de fuertes lluvias a uno de sequias^(103, 104) en este estudio se identificó que el total

de días secos consecutivos (TDD) se asoció con mayor frecuencia de manera positivamente con el riesgo de dengue.

7.2 Fortalezas y limitantes del estudio

En este estudio se usó un diseño “ecológico” para identificar la correlación espacial de la incidencia del dengue con extremos climáticos, estos diseños son ampliamente usados en la epidemiología ambiental para estudiar los factores de riesgo de enfermedades transmitidas por vectores^(18, 23, 34, 60).

Fortalezas

- Una ventaja de estudios ecológicos es que utiliza información disponible, lo que permite generar resultados en un corto tiempo y a menor costo que otros estudios que se hacen mediciones sobre individuos.
- Este estudio logró incluir información de los extremos climáticos debido a la disponibilidad de la información diaria meteorológica medida en estaciones locales.
- El estudio evalúa la relación del dengue con la ocurrencia de eventos extremos climáticos, normalmente los estudios evalúan esta relación con la temperatura y precipitación de manera general y muy pocos con extremos climáticos de estas variables.
- En este estudio se utilizaron técnicas de regresión espacial mediante una regresión Poisson ponderada geográficamente, usando un software de libre acceso GWR4.0. De esta manera se dio cuenta de la dependencia espacial de la incidencia del dengue que se ve afectada por los casos de dengue de

otros municipios además el riesgo de la enfermedad fue estimado considerando las diferentes condiciones climáticas locales y de otros municipios, lo que permite incluir la variabilidad espacial de la relación clima y dengue.

- La integración de sistemas de información geográfica, de información epidemiológica del SIVIGILA e información meteorológica de Cenicaña permitió construir mapas anuales del riesgo de dengue en el valle geográfico del río Cauca.
- En los modelos se incluyeron dos variables sociales de tipo ecológico una estructural y otra ambiental para ajustar por la confusión que podían ejercer sobre la relación clima dengue.

Limitaciones

En los estudios con diseños “ecológicos” no se puede establecer causalidad y los hallazgos son dependientes del nivel de agregación de la información, son más susceptibles a tener sesgos porque usan información secundaria que no provienen de un diseño epidemiológico:

Los hallazgos de este dependen de la calidad de la información por lo que pueden estar afectados por sesgos. En el caso de los casos de dengue suministrados por el INS se puede tener sesgo de mala clasificación debido a la capacidad que tiene el SIVIGILA de identificar los casos reales de dengue y depender de la sensibilidad de las pruebas diagnósticas. Respecto a la información meteorológica pudo haber cambios en el instrumento de medición de cada variable.

Un sesgo de información que se presentó fue que algunos municipios no tenían en su interior estaciones climatológicas y se les asignó los datos de la estación más cercana. No se realizaron análisis de sensibilidad en cada modelo sin los municipios que no tenían estaciones porque no se tendría continuidad espacial y no se podrían realizar análisis que dieran cuenta de la dependencia espacial de la incidencia del dengue y los extremos climáticos.

Otro sesgo de información fue representar los extremos climáticos con un solo valor (mediana) para cada año en cada municipio, de manera que la escala temporal de análisis no da cuenta de la variabilidad mensual de la ocurrencia del dengue y de los extremos climáticos, ignorando la estacionalidad de los fenómenos climáticos lo que se reconoce como una limitación.

Otra limitación fue no desarrollar análisis espacio-temporales simultáneamente que dieran cuenta de la variabilidad generada por estas dos escalas, sino que se realizaron análisis espaciales seccionados por años.

En el estudio no se evaluó la interacción entre los extremos climáticos debido a la escala temporal del análisis, pues era necesario considerar las variaciones estacionales de las condiciones climáticas.

Por el énfasis que se tenía en el estudio en términos de la variación espacial del dengue, de los extremos climáticos y de la variación de la relación clima-dengue no se incluyeron otras variables sociales que además son de difícil acceso, por lo que futuros estudios deberían enmarcar esos factores.

7.3 Implicaciones en salud pública de los resultados

Desde el componente de salud pública específicamente en la vigilancia en salud pública los resultados de este estudio contribuyen al objetivo de monitorear factores de riesgo ambientales para detectar brotes tempranamente e identificar áreas en que los factores tienen mayor impacto en la transmisión de la enfermedad⁽¹⁰⁸⁾.

La detección temprana de un brote de una enfermedad se logra mediante un sistema de alerta temprana(EWS-*por sus siglas en ingles Early Warning Systems*) el cual es un conjunto de herramientas y de capacidad de gestión que tienen las instituciones para difundir de manera temprana y efectiva información que permita a las comunidades expuestas a un riesgo tomar acciones para reducirlo y preparar una respuesta efectiva ante este⁽¹⁰⁹⁻¹¹¹⁾.

Los EWS están integrados por cuatro elementos⁽¹¹²⁾: 1. Conocimiento del riesgo; 2. Monitoreo y predicción; 3. Diseminación de la información y 4. Respuesta. El primer elemento busca conocer cuáles son los factores de riesgo y vulnerabilidades de ubicaciones geográficas particulares, identificar los patrones y tendencia de aquellos factores y tener mapas de riesgo⁽¹¹²⁾.

Por lo tanto, este estudio se enmarca en el primer elemento de los EWS, pues contribuye a la identificación de los factores de riesgo meteorológicos asociados con la incidencia de dengue, se identificaron cambios en el tiempo de estas asociaciones y las áreas geográficas con mayor incremento de la incidencia al presentarse aumentos de tales factores. Estos hallazgos se obtuvieron mediante análisis de

estadística espacial, ese tipo de análisis provee información relevante para el monitoreo de la tendencia en la ocurrencia del dengue y sus factores de riesgo⁽¹¹³⁾.

Los mapas de riesgos obtenidos en este estudio permiten identificar los municipios que su incidencia de dengue anual se ve más afectada por eventos climáticos extremos del mismo año. Se encontró que los principales extremos climáticos que se asociaron con la incidencia de dengue durante el periodo de estudio en el valle geográfico del río Cauca fueron temperatura mínima (TemMin), el porcentaje de días en que la temperatura mínima supera el percentil 90 (TN90P), el total de días secos consecutivos secos (CDD y TDD) y lluviosos (CWD). También se identificaron que los municipios con alto riesgo de dengue por incrementos de estos extremos climáticos durante todo el periodo de estudio fueron: en el norte Marsella, Pereira, La Victoria, Toro, Bolívar y Roldanillo; en el centro Tuluá, Andalucía, Ginebra y Guacarí; en el sur Corinto, Miranda y Suarez.

Por lo tanto, los hallazgos de este estudio pueden tenerse en cuenta en modelos predictivos que incluyan la dinámica temporal de la incidencia de dengue y de su relación con TemMin, TN90P, CDD, CWD y TDD de manera que con estos modelos se pueda conocer cuánto tiempo transcurre entre los cambios en los valores de los extremos climáticos y los incrementos actuales de la incidencia de dengue; de ahí que estos modelos podrían implementarse en los sistemas de alerta temprana para dengue en el valle geográfico del río Cauca. En particular se recomienda que el proceso de monitoreo de TemMin, TN90P, CDD, CWD y TDD en un posible sistema de alerta temprana se realice con más rigurosidad en los municipios con mayor riesgo identificados en este estudio.

No obstante, este estudio reflejó que la relación de los extremos TemMin, TN90P, CDD, CWD y TDD con la incidencia de dengue no es constante en el tiempo y en el espacio, mostrando que para mejorar las estimaciones de los efectos sobre la incidencia actual se deben considerar condiciones climáticas previas e incidencia anteriores en cada municipio, así como la interacción de condiciones sociales propias de cada municipio.

Por otra parte, se sugiere que para mejorar las estimaciones de los efectos de los extremos climáticos sobre la incidencia de dengue se debería contar con información de calidad y periódica de factores socioeconómicos que se hayan demostrado que tienen relación con el riesgo de dengue como por ejemplo el porcentaje de días con cortes de agua, practicas domesticas de almacenamiento de agua, deficiencia de servicio de alcantarillado y eliminación de desechos sólidos, debilidad institucional y capacidad de respuesta ante brotes^(108, 114).

8 CONCLUSIONES

Se está incrementando la tendencia de eventos extremos de precipitación y temperatura, sin embargo, en algunos municipios esta tendencia es decreciente evidenciando procesos heterogéneos a lo largo del área de estudio.

Se observó que los extremos climáticos que mayor frecuencia tuvieron un efecto significativo sobre el riesgo de dengue fueron los relacionados con temperatura mínima (TemMin y TN90P) y los relacionados con días secos y húmedos (CDD, TDD y CWD).

Este estudio evidenció que incrementos en la temperatura mínima se asoció positivamente con el riesgo de dengue, en particular los municipios con mayor riesgo fueron Jamundí, Santander de Quilichao, Suarez, Caloto, Corinto, Cali, Yumbo, Palmira, Candelaria, Pradera, Bolívar, Trujillo y Roldanillo, Toro, Cartago, Obando, Pereira, Balboa y Marsella.

La temperatura máxima, la temperatura máxima promedio y el rango de la temperatura (DTR) estuvieron asociadas con mayor frecuencia a la reducción del riesgo de dengue, pues la exposición a incrementos de la temperatura máxima altera el confort térmico del vector disminuyendo las poblaciones⁽⁴⁶⁾ y por tanto se reduce la transmisión del dengue.

Se observó que el riesgo de dengue fluctuó en el periodo de estudio al presentarse incrementos en un día de CDD, estas variaciones pueden deberse a condiciones sociales que propician la formación de criaderos.

El incremento de los días lluviosos en CWD y de la precipitación (RX5DAY) podría generar un aumento de la densidad vectorial y longevidad larval del vector relacionándose con incrementos en el riesgo del dengue.

Los municipios con alto riesgo de dengue por incrementos de los extremos climáticos TemMin, TN90P, CDD, TDD y TWD durante todo el periodo de estudio fueron: en el norte Marsella, Pereira, La Victoria, Toro, Bolívar y Roldanillo; en el centro Tuluá, Andalucía, Ginebra y Guacarí; en el sur Corinto, Miranda y Suarez.

8.1 Estudios futuros

Este estudio puede ser un punto de partida para mejorar los sistemas de alerta temprana para el dengue en el valle geográfico del río Cauca, de manera que los resultados encontrados se han incluidos en análisis que den cuenta de la estructura espacio-temporal de la incidencia del dengue.

Este tipo de estructuras, deben permitir la inclusión de otras variables sociales, económicas, demográficas, entomológicas, así como la interacción entre los extremos climáticos, factores inmunológicos, densidad vectorial que puedan dar cuenta de la complejidad de la enfermedad.

Se esperaría que con este tipo de análisis estadístico se logre identificar y predecir áreas con mayor riesgo de dengue u otra enfermedad de carga vectorial, de manera que se fortalezcan los sistemas de alerta temprana.

9 BIBLIOGRAFÍA

1. Bhatt S, Gething P, Brady O, Messina J, Farlow A, Moyes C, et al. The global distribution and burden of dengue. *Nature*. 2013;496.
2. WHO. Impact of Dengue 2015 (Available from: <http://www.who.int/csr/disease/dengue/impact/en/>).
3. Simmons C, Farrar J, Vinh N, Wills B. Dengue. *The New England Journal of Medicine*. 2012;366:1423-32.
4. Guzman M, Harris E. Dengue. *Lancet*. 2015;385:453-65.
5. WHO, PAHO. Number of Reported Cases of Dengue and Severe Dengue (SD) in the Americas, by Country. 2015.
6. OMS, OPS. State of the art in the control of dengue in the Americas Meeting report. Washington DC, USA; 2014.
7. Instituto Nacional de Salud. Informe Evento. informe final dengue, Colombia 2014.; 2014.
8. Bello S, Díaz E, Malagón J, Romero M, Salazar V. Medición del impacto económico del dengue en Colombia: una aproximación a los costos médicos directos en el periodo 2000-2010. *Biomédica*. 2011;31(3-315).
9. Instituto Nacional de Salud. Informe Evento informe final dengue Colombia 2013. 2013.
10. INS. Informe Evento dengue 2015. 2015.
11. Instituto Nacional de Salud. Boletín epidemiológico semanal, semana epidemiológica número 13 de 2017. Colombia; 2017.
12. Instituto Nacional de Salud. Informe Evento, informe final dengue Colombia 2016. 2016.
13. Padilla J, Rojas D, Saéñz R. Dengue en Colombia: epidemiología de la reemergencia a la Hiperendemia2012.
14. Yu H-L, Yang S-J, Yen H-J, Christakos G. A spatio-temporal climate-based model of early dengue fever warning in southern Taiwan. *Stoch Environ Res Risk Assess*. 2011;25:485–94.
15. OMS. Dengue y dengue grave: OMS; 2015 (Nota descriptiva No 117). Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/es/>.
16. Castrillón C, Castaño J, Urcuqui S. Dengue en Colombia: diez años de evolución. *Revista Chilena de Infectología*. 2015;32(2):142-9.
17. Wu P-C, Guoa H-R, Lungb S-C, Lin C-Y, Su H-J. Weather as an effective predictor for occurrence of dengue fever in Taiwan. *Acta Tropica*. 2007;103:50-7.
18. Johansson MA, Cummings DA, Glass GE. Multiyear climate variability and dengue--El Niño southern oscillation, weather, and dengue incidence in Puerto Rico, Mexico, and Thailand: a longitudinal data analysis. *PLoS Med*. 2009;6(11):e1000168.
19. Horta MA, Bruniera R, Ker F, Catita C, Ferreira AP. Temporal relationship between environmental factors and the occurrence of dengue fever *International Journal of Environmental Health Research* 2015;24(5):471-81.
20. Flamand C, Fabregue M, Bringay S, Ardillon V, Quénel P, Desenclos J-C, et al. Mining local climate data to assess spatiotemporal dengue fever epidemic

patterns in French Guiana. *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2014;21:232–40.

21. Rúa GL, Suárez C, Chauca J, Ventosilla P, Almanza R. Modelado del efecto de la variabilidad climática local sobre la transmisión de dengue en Medellín (Colombia) mediante análisis de series temporales. *Biomédica*. 2013;33(Suple 1):142-52.

22. Quintero L, Ramírez V, Bernal S, Cárdenas E, Guerrero E, Molina A, et al. Potential impact of climatic variability on the epidemiology of dengue in Risaralda, Colombia, 2010–2011. *Journal of Infection and Public Health*. 2015;8:291-7.

23. Johansson M, Dominici F, Glass G. Local and Global Effects of Climate on Dengue Transmission in Puerto Rico. *PLoS Neglected tropical diseases*. 2009;3(2).

24. Lowe R, Bailey T, Stephenson D, Graham R, Coelho C, Carvalho M, et al. Spatio-temporal modelling of climate-sensitive disease risk: Towards an early warning system for dengue in Brazil. *Computers & Geosciences*. 2011;37:371–81.

25. Lowe R, Cazelles B, Paul R, Rodó X. Quantifying the added value of climate information in a spatio-temporal dengue model *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 2015;pp 12.

26. Chien L-C, Yu H-L. Impact of meteorological factors on the spatiotemporal patterns of dengue fever incidence. *Environment International*. 2014;73:46-56.

27. Ferreira M. Geographical distribution of the association between El Niño South Oscillation and dengue fever in the Americas: a continental analysis using geographical information system-based techniques. *Geospatial Health*. 2014;9(1):141-51.

28. Thai K, Anders K. The role of climate variability and change in the transmission dynamics and geographic distribution of dengue *Experimental Biology and Medicine*. 2011;236:944-54.

29. Rodríguez-Morales A, Risquez A, Echezuria L. Impact of climate change on health and disease in Latin America, climate change and variability: INTECH Open Access Publisher; 2010.

30. Cassab A, Morales V, Mattar S. Factores climáticos y casos de dengue en Montería, Colombia 2003-2008. *Revista de Salud Pública*. 2011;13(1):115-28.

31. Mattar S, Morales V, Cassab A, Rodríguez A. Effect of climate variables on dengue incidence in a tropical Caribbean municipality of Colombia, Cerete, 2003–2008. *International Journal of Infectious Diseases*. 2013;17:358-9.

32. Wu P-C, Lay J-G, Guo H-R, Lin C-Y, Lung S-C, Su H-J. Higher temperature and urbanization affect the spatial patterns of dengue fever transmission in subtropical Taiwan. *Science of the total environment*. 2009;407:2224-33.

33. Castillo K, Körbl B, Stewart A, Gonzalez J, Ponce F. Application of spatial analysis to the examination of dengue fever in Guayaquil, Ecuador. *Procedia Environmental Sciences*. 2011;7:188-93.

34. Mondini A, Neto-Chiaravalloti F. Spatial correlation of incidence of dengue with socioeconomic, demographic and environmental variables in a Brazilian city *Science of the total environment*. 2008;393:241-8.

35. Peña A, Cortés E, Montealegre F. Incidencia de los fenómenos El Niño y La Niña sobre las condiciones climáticas en el Valle del río Cauca. Parte II: análisis de

correlaciones. *Meteorología Colombiana Universidad Nacional de Colombia*. 2001;3:119-28.

36. Gubler DJ. Epidemic dengue dengue hemorrhagic fever as a public health socialand economic problem in the 21st century. *TRENDS in Microbiology*. 2002;10(2):100-3.

37. PAHO, CHA, IR, ARO. *Incidencia del dengue en las Américas, 1980 -2014*. 2014.

38. Londoño L, Restrepo C, Marulanda E. Distribución espacial del dengue basado en herramientas del Sistema de Información Geográfica, Valle de Aburrá, Colombia. *Rev Fac Nac Salud Pública*. 2014;32(1):7-15.

39. Lowe R. Understanding the relative importance of global dengue risk factors. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 2015;109(10):607-8.

40. Webber R. *Communicable Disease Epidemiology and Control: a global perspective*. 2 ed. London2005.

41. Khan J, InamullahAmin, Ibne. A Comprehensive entomological, serological and molecular study of 2013 dengue outbreak of Swat, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *PLoS ONE*. 2016;11(2):1-18.

42. Teurlai M, Menkès C, Cavarero V, Degallier N, Descloux E, Grangeon J-P, et al. Socio-economic and climate factors associated

with dengue fever spatial heterogeneity: a worked example in New Caledonia. *PLoS Negl Trop Dis*. 2015;9(12):1-31.

43. Confalonieri E, Dutra F. Climate change and vector borne diseases in Latin America. *Environmental Deterioration and Human Health*2014. p. 315-24.

44. Morin CW, Comrie AC, Ernst K. Climate and Dengue Transmission: Evidence and Implications. *Environmental Health Perspectives*. 2013;121(11-12):1264-72.

45. Chan M, Johansson M. The Incubation Periods of Dengue Viruses. *PLoS ONE*. 2012;7(11).

46. Christopher SSR. *Aedes Aegyptis: The yellow fever mosquito. Its Life History, Bionomics and Structure.*: The syndics of the Cambriedge University Press; 1960.

47. Hope LK, Thomson MC. Chapter 3: Climate and Infectious Diseases. In: Media SSB, editor. *Seasonal Forecasts, Climatic Change and Human Health*. New York2003.

48. Graham A, Atkinson P, Danson F. Spatial analysis for epidemiology. *Acta Tropica*. 2004;91:219-25.

49. Griffith D. *What Is Spatial Autocorrelation. Spatial autocorrelation and spatial filtering: gaining understanding through theory and scientific visualization*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2003.

50. Carvalho R, Costa Nascimento L. Spatial distribution of dengue in the city of Cruzeiro, São Paulo State, Brazil: use of geoprocessing tools. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*. 2012;60(6).

51. Monath T. Dengue: the risk developed and developing countries. *Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America*. 1994;91:2395-400.

52. Elliot P, Wartenberg D. Spatial epidemiology: current approaches and future challenges Mini-monograph. *Environmental health perspectives*. 2004;112(9).

53. Favier C, Schmit D, Müller-Graf C, Cazelles B, Degallier N, Mondet B, et al. Influence of spatial heterogeneity on an emerging infectious disease: the case of dengue epidemics. *Proceedings of royal society B*. 2005;272:1171-7.
54. OMS. Cambio climático y salud: WHO; 2015 (Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/es/>).
55. WHO, WMO. Atlas of health and climate 2012. Available from: www.who.int/bookorders.
56. Cuartas D, Méndez F. Cambio Climático y salud: retos para Colombia. *Salud Revista de la universidad industrial de Santander*. 2016;48(4).
57. Intergovernmental panel on Climate Change. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2012.
58. Pascal M, Laaidi K, Ledrans M, Baffert E, Caserio-Schönemann C. France's heat health watch warning system *International Journal of Biometeorology*. 2006;50(3):144-53.
59. Diniz-Filho JAF, Bini LM, Hawkins BA. Spatial autocorrelation and red herrings in geographical ecology. *Global Ecology and Biogeography*. 2003;12(1):53-64.
60. Borja VH. *Estudios Ecológicos. Salud pública de México*. 2000;42(6):533-8.
61. Susser M. *The Logic in Ecological: I. The Logic of Analysis* 1994;84(5):825-9.
62. Univalle EdSp, IDRC. Cambio climático, Vulnerabilidad y Salud (Available from: <http://colombia.ecosaludycambioclimatico.org/index.php>).
63. Cortés-Betancourt E, Barrios-Pérez C. Nuevo calendario de temporadas secas y lluviosas en el valle del río Cauca. CENICANA2010.
64. SIVIGILA. Fichas de Notificación: Dengue F210 220-580 (Available from: <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/sivigila/Paginas/fichas-de-notificacion.aspx>).
65. CENICANA. Información meteorológica y climatológica 2010 (Available from: <http://www.cenicana.org/clima /index.php#>).
66. Armenta GE, Ruíz J. Indicadores de eventos extremos en los escenarios de cambio climático para el periodo 2011-2040. IDEAM2015. p. 1-33.
67. Reina J, Olaya J. Ajuste de curvas mediante métodos no paramétricos para estudiar el comportamiento de contaminación del aire por material particulado PM10. *EIA*. 2012(18):19-31.
68. Eubank R. *Nonparametric regression and spline smoothing*. 2 ed1999.
69. Bowman A, Azzalini A. *Applied smoothing techniques for data analysis The Kernel approach with S-Plus illustrations*1997.
70. Mann H. Nonparametric test against trend. *Econometrics*. 1945;13(3):245 - 59.
71. Khoi DN, Trang HT. Analysis of changes in precipitation and extremes events in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Procedia Engineering*. 2016;142:229-35.
72. Gocic M, Trajkovic S. Analysis of precipitation and drought data in Serbia over period 1980 - 2010. *Journal of Hydrology*. 2013;494:32-42.

73. Sen PK. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*. 1968;63(324):1379-89.
74. Yue S. Applicability of prewhitening to eliminate the influence of serial correlation on the Mann-Kendall test. *Water Resources Research*. 2002;38(6):1-7.
75. Chasco Y. Análisis estadístico de datos geográficos en geomarketing: el programa GeoDa. *Revista Distribución y Consumo*. 2006;131:35, 45.
76. Cuartas, Daniel, Ariza Y, Pachajoa H, Méndez F. Analysis of the spatial and temporal distribution of birth defects between 2004-2008 at a third-level hospital in Cali, Colombia. *Colombia Médica*. 2011;42(1).
77. Behar-Gutiérrez R, Yepes M. *Estadística: un enfoque descriptivo*: Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería.; 1996.
78. Montgomery D. Introducción al análisis de regresión lineal. In: CECSA, editor. 2006.
79. Fotheringham A, Brunson C, Charlton M. *Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships* 2003.
80. Szklo M, Nieto J. *Epidemiología intermedia. Conceptos y aplicaciones*. Santos Dd, editor. Madrid 2003.
81. Higuera-Mendieta DR, Cortés-Corrales S, Quintero J, González-Urbe C. KAP surveys and dengue control in Colombia: Disentangling the effect of sociodemographic factors using multiple correspondence analysis. *Neglected Tropical Diseases* 2016;10(9).
82. World Health Organization W. *HANDBOOK for Integrated Vector Management*. 1 ed 2012.
83. World Health Organization W. *WHO position statement on integrated vector management*. 2008.
84. Carleton TA, Hsiang SM. Social and economic impacts of climate. *Science*. 2016;353(6304).
85. CIOMS. *Pautas éticas internacionales para la investigación biomédica en seres humanos*. Ginebra 2002. p. 1-114.
86. INS. *Informe dengue 2005*. Instituto nacional de salud. Subdirección de vigilancia y control en salud pública; 2005.
87. INS. *Indicadores subnacionales*. 2001.
88. INS. *Comportamiento epidemiológico del dengue en Colombia año 2010*. 2010.
89. Mayorga R, Hurtado G, Benavides H. Evidencias de cambio climático en Colombia con base en información estadística. IDEAM; 2011.
90. Cardona-Guerrero F, Ávila-Díaz Á, Carvajal-Escobar Y, Jiménez-Escobar H. Tendencias en las series de precipitación en dos cuencas torrenciales andinas del Valle del Cauca (Colombia). *Tecno Lógicas*. 2014;17(32):85-95.
91. Skansi M, Brunet M, Sigró J, Aguilar E, Groening J, Bentancur O, et al. Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America. *Global and Planetary Change*. 2013;100 295-307.
92. Rusticucci M. Observed and simulated variability of extreme temperature events over South America. *Atmospheric Research*. 2012;106(1-17).

93. San-Martín JL, Brathwaite-Dick O. La estrategia de gestión integrada para el control y prevención del dengue en la región de las Américas. *Revista Panamericana de Salud Pública*. 2007;21(1):55-63.
94. Xiang J, Hansen A, Liu Q, Liu X, Tong MX, Sun Y, et al. Association between dengue fever incidence and meteorological factors in Guangzhou, China, 2005–2014. *Environmental Research*. 2017;153:17-26.
95. Atique S, Abdul SS, Hsu C-Y, Chuang T-W. Meteorological influences on dengue transmission in Pakistan. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. 2016;9(10):954-61.
96. Fan J, Wei W, Bai Z, Fan C, Shulan L, Liu Q, et al. A systematic review and meta-analysis of dengue risk with temperature change. *International journal of environmental research and public health*. 2015;12:1-15.
97. Eastin MD, Delmelle E, Casas I, Wexler J, Self C. Intra- and Interseasonal Autoregressive Prediction of Dengue Outbreaks Using Local Weather and Regional Climate for a Tropical Environment in Colombia. *The American Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 2014;91(3):598-610.
98. Siregar FA, M. R-A, Omar J, Sarumpaet SM, Supriyadi T, Makmur T, et al. Climate variability and a disease forecasting model for dengue hemorrhagic fever in North Sumatera Province, Indonesia. *Research Journal of Medical Sciences*. 2015;9(2):18-27.
99. Ehelepola N, Ariyaratne K. The interrelationship between dengue incidence and diurnal ranges of temperature and humidity in a Sri lanka city and its potential applications. *Glob Health Action*. 2015;8(29359).
100. Lambrechtsa L, Paaijimans K, Fansiria T, Carrington L, Kramere L, Thomasb M, et al. Impact of daily temperature fluctuations on dengue virus transmission by *Aedes aegypti*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2011;108(18):7460-5.
101. Hurtado-Díaz M, Riojas-Rodríguez H, Rothenberg SJ, Gómez-Dantés H, Cifuentes E. Impact of climate variability on the incidence of dengue in Mexico. *Tropical Medicine and International Health*. 2007;12(2):1327-37.
102. Chretien J-P, Anyamba A, Small J, Britch S, Sanchez JL, Halbach AC, et al. Global Climate Anomalies and Potential Infectious Disease Risks: 2014-2015. *PLoS Currents*. 2015;7.
103. Anyamba A, Chretien J-P, Small J, Tucker CJ, Linthicum KJ. Developing global climate anomalies suggest potential disease risks for 2006 – 2007. *International Journal of Health Geographics*. 2006;5(60).
104. Bouma M, Dye C. Cycles of malaria associated with El Niño in Venezuela. *JAMA*. 1997;278(21).
105. Chen M-J, Lin C-Y, Wu Y-T, Wu P-C, Lung S-C, Su H-J. Effects of extreme precipitation to the distribution of infectious diseases in Taiwan, 1994-2008. *PLoS ONE*. 2012;7(6).
106. Fagundes-Gomes A, Araújo-Nobre A, Gonçalves-Cruz O. Temporal analysis of the relationship between dengue and meteorological variables in the city of Rio de Janeiro, Brazil, 2001-2009. *Cadernos de Saúde Pública*. 2012;28(11):2189-97.

107. Kraemer M, German M, Creatore M, Kulkarni M, brownstein J, Mekaru S, et al. Anticipating the international spread of Zika virus from Brazil. *The Lancet*. 2016;387.
108. WHO WHO. Global strategy for dengue and prevention and control 2012-2020. 2012.
109. Domínguez-Calle E, Lozano-Báez S. Estado del arte de los sistemas de alerta temprana en Colombia. *Revista de la academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales*. 2014;38(148):321-32.
110. Birkmann J, Chang D, Setiadi N. Enhancing early warning in the light of migration and environmental shocks. *Environmental science and policy*. 2013;27.
111. Glantz M. Early warning systems: Do's and Dont'ts. 2003.
112. reduction Isfd. Developing early warning systems: A checklisi. 2006.
113. Cadavid Á, Baker P, Clements A. National spatial and temporal patterns of notified dengue cases, Colombia 2007-2010. *Tropical medicine and international Health*. 2014;19(7):863-71.
114. OMS, TDR. Dengue. Guías para el pronóstico, tratamiento, prevención y control. Bolivia; 2009.

ANEXOS

Anexo 1 Acta de aprobación Comité de revisión de ética Humana – Universidad del Valle

Comité Institucional de Revisión de Ética Humana
Facultad de Salud



ACTA DE APROBACIÓN N° 007 - 016

Proyecto: "CORRELACION ESPACIAL ENTRE LA INCIDENCIA DEL DENGUE Y VARIABLES CLIMATICAS EN EL VALLE GEOGRAFICO DEL RIO CAUCA, DURANTE LOS AÑOS 2000 – 2013"

Sometido por: DANIEL ELÍAS CUARTAS / DIANA MARCELA MARTINEZ RUIZ

Código Interno: 039 - 016 Fecha en que fue sometido: 18 04 2016

El Consejo de la Facultad de Salud de la Universidad del Valle, ha establecido el Comité Institucional de Revisión de Ética Humana (CIREH), el cual está regido por la Resolución 008430 del 4 de octubre de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud; los principios de la Asamblea Médica Mundial expuestos en su Declaración de Helsinki de 1964, última revisión en 2002; y el Código de Regulaciones Federales, título 45, parte 46, para la protección de sujetos humanos, del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos 2000.

Este Comité certifica que:

1. Sus miembros revisaron los siguientes documentos del presente proyecto:

- | | | | |
|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Resumen del proyecto | <input checked="" type="checkbox"/> | Protocolo de investigación |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Formato de consentimiento informado | <input checked="" type="checkbox"/> | Instrumento de recolección de datos |
| <input type="checkbox"/> | Folleto del investigador (si aplica) | <input checked="" type="checkbox"/> | Cartas de las instituciones participantes |
| <input type="checkbox"/> | Resultados de evaluación por otros comités (si aplica) | | |

2. El presente proyecto fue evaluado y aprobado por el Comité:

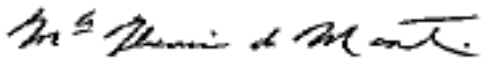
3. Según las categorías de riesgo establecidas en el artículo 11 de la Resolución N° 008430 de 1993 del Ministerio de Salud, el presente estudio tiene la siguiente **Clasificación de Riesgo**:

SIN RIESGO RIESGO MÍNIMO RIESGO MAYOR DEL MÍNIMO

4. Que las **medidas** que están siendo tomadas para proteger a los sujetos humanos son adecuadas.
5. La forma de obtener el **consentimiento** informado de los participantes en el estudio es adecuada.
6. Este proyecto será **revisado nuevamente** en la próxima reunión plenaria del Comité, sin embargo, el Comité puede ser convocado a solicitud de algún miembro del Comité o de las directivas institucionales para revisar cualquier asunto relacionado con los derechos y el bienestar de los sujetos involucrados en este estudio.
7. **Informará** inmediatamente a las directivas institucionales:
 - a. Todo desacato de los investigadores a las solicitudes del Comité.
 - b. Cualquier suspensión o terminación de la aprobación por parte del Comité.
8. **Informará** inmediatamente a las directivas institucionales toda información que reciba acerca de:
 - a. Lesiones a sujetos humanos.



- Problemas imprevistos que involucren riesgos para los sujetos u otras personas.
- b. Cualquier cambio o modificación a este proyecto que no haya sido revisado y aprobado por el Comité.
9. El presente proyecto ha sido **aprobado** por un periodo de **1 año** a partir de la fecha de aprobación. Los proyectos de duración mayor a un año, deberán ser sometidos nuevamente con todos los documentos para revisión actualizados.
10. El **investigador principal** deberá informar al Comité:
- a. Cualquier cambio que se proponga introducir en este proyecto. Estos cambios no podrán iniciarse sin la revisión y aprobación del Comité excepto cuando sean necesarios para eliminar peligros inminentes para los sujetos.
 - b. Cualquier problema imprevisto que involucre riesgos para los sujetos u otros.
 - c. Cualquier evento adverso serio dentro de las primeras 24 horas de ocurrido, al secretario(a) y al presidente (Anexo 1).
 - d. Cualquier conocimiento nuevo respecto al estudio, que pueda afectar la tasa riesgo/beneficio para los sujetos participantes.
 - e. cualquier decisión tomada por otros comités de ética.
 - f. La terminación prematura o suspensión del proyecto explicando la razón para esto.
 - g. El investigador principal deberá presentar un informe al final del año de aprobación. Los proyectos de duración mayor a un año, deberán ser sometidos nuevamente con todos los documentos para revisión actualizados.

Firma:  Fecha: 02 11 2016
Nombre: MARIA FLORENCIA VELASCO DE MARTINEZ
Capacidad representativa: PRESIDENTA Teléfono: 5185677

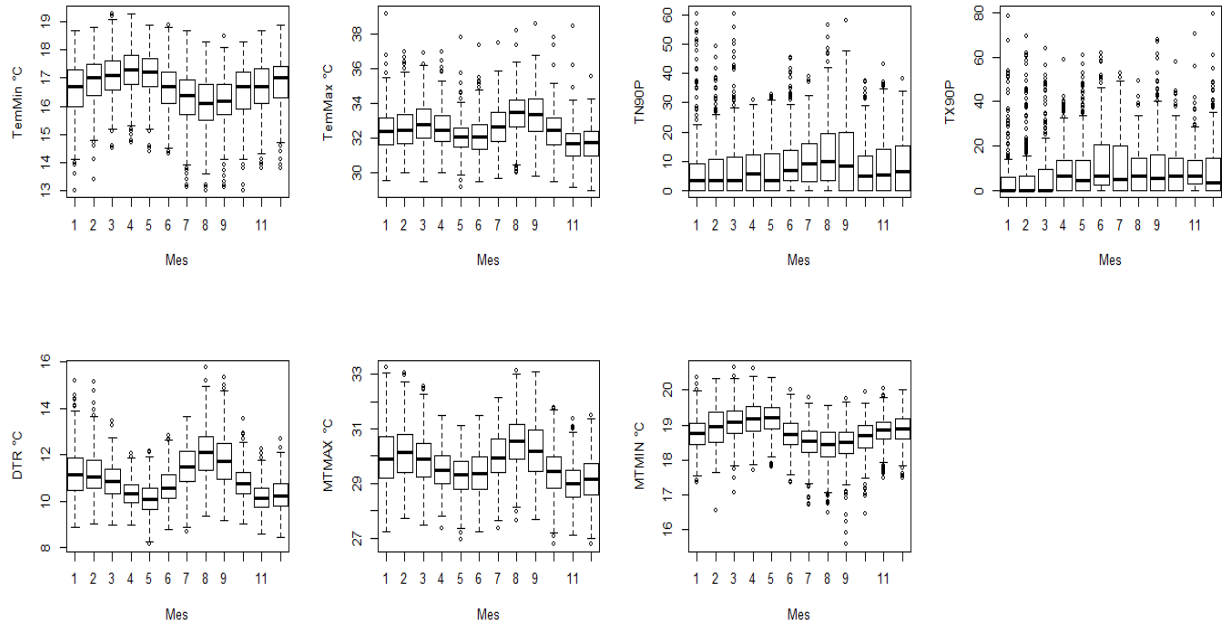
CERTIFICACIÓN DE LA FACULTAD DE SALUD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE

Por medio de la presente, certifico que la Facultad de Salud de la Universidad del Valle aprueba el proyecto arriba mencionado y respeta los principios, políticas y procedimientos de la Declaración de Helsinki de la Asamblea Médica Mundial, de la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud y de la reglamentación vigente en investigación de la Universidad del Valle.

Firma:  Fecha: 02 11 2016
Nombre: ADALBERTO SÁNCHEZ G.
Capacidad representativa: VICEDECANO DE LA FACULTAD DE SALUD Teléfono: 5185680

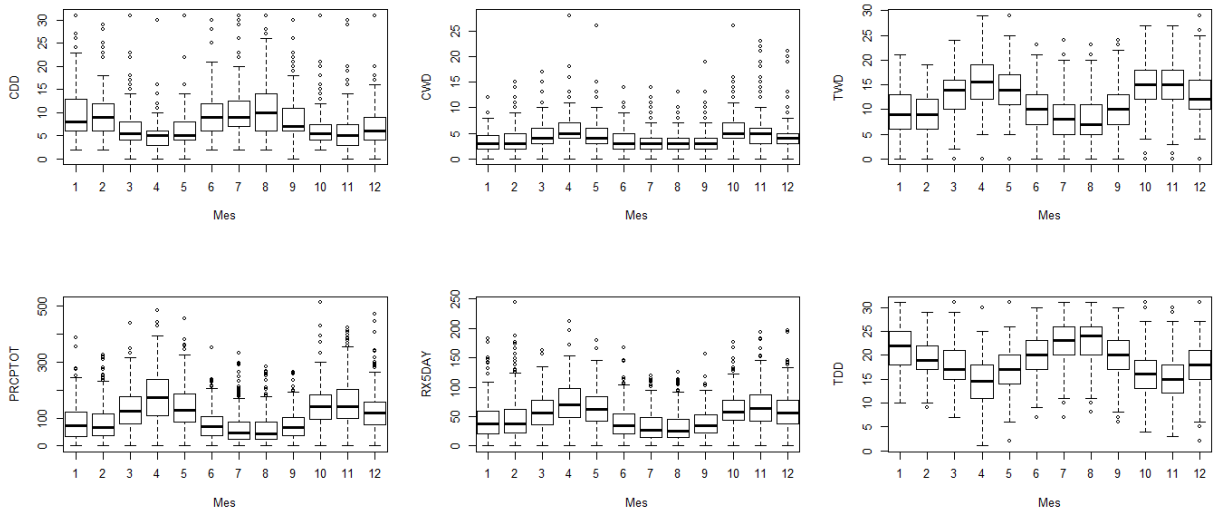
Anexo 2 Diagrama de cajas y alambre de los eventos extremos mensuales de temperatura y precipitación en las estaciones meteorológicas del Valle geográfico del río Cauca en el periodo 2000 a 2013.

a. Eventos extremos de la temperatura



b.

Eventos extremos de la precipitación



Anexo 3: estadísticas descriptivas de los eventos extremos climáticos *en cada una de las estaciones meteorológicas*

Estación	Estadística	Evento extremo climático												
		TemMin (°C)	TemMax (°C)	TN90P (%)	DTR (°C)	MTMAX (°C)	MTMIN (°C)	TX90P (%)	CDD (Días)	TDD (Días)	CWD (Días)	TWD (Días)	PRCPTOT (mm)	RX5DAY (mm)
Aeropuerto	Mínimo	14,0	30,3	0,0	9,7	28,3	17,7	0,0	2,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Media	16,4	32,6	7,8	11,2	29,9	18,7	7,6	9,4	20,5	3,6	9,9	74,4	36,7
	Mediana	16,3	32,5	5,3	11,1	29,9	18,7	3,3	8,0	21,0	3,0	10,0	60,0	29,0
	RIQ	1,3	1,5	12,4	1,3	1,2	0,6	12,0	6,5	7,0	2,0	7,0	72,5	33,5
	Máximo	18,4	38,6	44,8	14,2	32,9	20,0	45,3	29,0	30,0	18,0	22,0	378,0	138,0
	CV (%)	5,6%	3,5%	114,6%	8,2%	2,7%	2,5%	133,2%	57,3%	23,5%	72,9%	49,0%	77,6%	71,8%
Amaimé	Mínimo	14,4	29,5	0,0	9,0	27,3	17,5	0,0	2,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Media	16,7	32,2	10,0	10,6	29,3	18,7	11,6	8,7	19,3	4,0	11,1	91,8	43,0
	Mediana	16,8	32,1	6,6	10,5	29,2	18,7	6,7	7,0	19,0	4,0	11,0	79,5	40,5
	RIQ	1,0	1,5	13,2	1,2	1,3	0,7	15,6	6,0	7,0	3,0	7,5	86,5	38,5
	Máximo	18,5	36,4	57,1	13,2	31,9	20,0	58,5	31,0	31,0	21,0	27,0	406,0	136,0
	CV (%)	4,6%	3,5%	102,3%	7,9%	3,1%	2,4%	110,9%	64,1%	27,8%	67,5%	48,0%	74,4%	63,3%
Bugalagrande	Mínimo	14,7	31,3	0,0	9,3	28,5	17,8	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Media	16,9	33,4	8,0	11,5	30,4	18,9	3,6	7,5	18,7	4,3	11,8	106,4	53,2
	Mediana	16,9	33,2	5,8	11,3	30,3	18,9	0,0	6,0	19,0	4,0	12,0	98,5	46,0
	RIQ	1,2	1,6	12,7	1,3	1,1	0,6	3,5	4,0	7,0	3,0	7,0	97,0	41,0
	Máximo	18,8	38,2	42,9	14,6	33,0	20,2	34,7	31,0	31,0	26,0	29,0	483,0	212,0
	CV (%)	4,9%	3,9%	109,2%	9,1%	2,8%	2,4%	167,2%	60,7%	27,2%	76,0%	43,8%	67,3%	64,0%
Candelaria	Mínimo	13,7	30,5	0,0	9,5	28,1	17,7	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Media	16,6	32,8	7,6	11,2	30,0	18,9	6,0	9,2	20,5	3,5	9,9	86,8	44,4
	Mediana	16,7	32,7	5,1	11,0	29,8	18,8	3,1	8,0	21,0	3,0	10,0	78,0	39,0
	RIQ	1,1	1,7	11,8	1,0	1,3	0,7	8,8	6,0	7,0	2,0	7,0	89,5	40,0
	Máximo	18,5	36,8	45,6	14,1	32,8	20,0	44,6	31,0	31,0	20,0	29,0	276,0	166,0
	CV (%)	5,3%	3,5%	114,1%	8,2%	3,0%	2,5%	143,7%	57,5%	23,8%	70,1%	49,2%	70,1%	69,6%
Cartago	Mínimo	14,8	31,0	0,0	9,7	28,1	17,8	0,0	0,0	6,0	0,0	2,0	15,0	9,0
	Media	17,1	33,6	4,4	11,5	30,6	19,1	2,0	6,4	16,8	4,6	13,6	114,4	50,5
	Mediana	17,2	33,5	2,3	11,3	30,4	19,0	0,0	6,0	17,0	4,0	14,0	107,0	47,0
	RIQ	1,3	1,7	6,5	1,5	1,4	0,9	3,2	4,0	6,0	2,5	6,0	77,0	32,0
	Máximo	19,3	37,8	25,8	15,2	33,3	20,6	22,6	24,0	29,0	15,0	24,0	311,0	144,0
	CV (%)	5,4%	3,6%	135,5%	9,6%	3,5%	3,3%	197,0%	58,1%	26,7%	47,9%	33,3%	54,0%	50,6%
Cenicana	Mínimo	14,1	29,5	0,0	8,6	27,3	18,0	0,0	2,0	5,0	0,0	1,0	4,0	2,0
	Media	17,0	31,8	5,1	10,1	29,1	19,0	15,4	8,7	20,0	3,7	10,4	99,1	49,7
	Mediana	17,1	31,7	3,2	9,9	28,9	19,0	9,7	8,0	20,0	3,0	10,0	90,0	46,0
	RIQ	0,9	1,4	8,9	1,2	1,3	0,5	18,8	6,0	7,0	3,0	7,0	105,0	43,5
	Máximo	18,6	35,7	35,3	12,9	32,0	20,2	60,7	25,0	30,0	23,0	25,0	331,0	187,0
	CV (%)	4,4%	3,5%	131,0%	8,6%	3,0%	2,1%	96,9%	51,9%	23,6%	73,5%	45,8%	68,9%	63,3%
Corinto	Mínimo	15,0	29,0	0,0	8,1	26,8	17,7	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Media	17,1	31,3	11,0	9,7	28,5	18,8	25,1	7,3	17,0	5,1	13,4	151,0	69,2
	Mediana	17,2	31,1	9,0	9,6	28,3	18,8	21,0	6,0	17,0	4,0	14,0	149,0	63,5
	RIQ	0,7	1,7	13,2	1,1	1,2	0,5	27,0	5,0	8,0	3,0	9,0	134,5	55,5
	Máximo	18,8	34,5	47,4	12,6	31,5	20,1	79,6	31,0	31,0	26,0	27,0	437,0	244,0
	CV (%)	3,6%	3,9%	94,5%	8,2%	3,1%	2,1%	76,0%	64,1%	33,1%	63,8%	41,8%	64,2%	62,2%
El Naranjo	Mínimo	13,0	30,0	0,0	8,5	27,4	17,7	0,0	2,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Media	16,8	32,4	7,8	10,6	29,5	18,9	10,7	8,1	18,3	4,5	12,1	119,8	57,1
	Mediana	16,9	32,2	3,3	10,4	29,5	18,9	6,5	7,0	18,5	4,0	12,0	110,0	54,5
	RIQ	1,5	1,8	12,8	1,2	1,4	0,7	15,6	5,0	7,0	3,0	8,0	110,5	45,5
	Máximo	18,7	37,8	41,1	13,6	32,1	20,2	51,4	31,0	31,0	21,0	25,0	359,0	166,0
	CV (%)	6,3%	4,2%	115,3%	9,3%	3,2%	2,8%	114,3%	62,4%	28,9%	69,7%	43,6%	65,0%	60,1%
Guacari	Mínimo	14,3	30,3	0,0	9,1	28,1	18,0	0,0	2,0	7,0	0,0	2,0	6,0	3,0
	Media	16,8	32,6	4,1	10,8	29,9	19,1	7,5	8,1	19,6	3,8	10,9	72,2	35,4
	Mediana	16,9	32,5	2,3	10,6	29,8	19,1	3,2	7,0	19,5	3,0	11,0	64,5	30,5
	RIQ	0,9	1,3	6,5	1,1	1,1	0,6	12,0	5,0	5,5	1,5	6,0	57,5	26,0
	Máximo	19,1	37,0	28,8	13,2	32,8	20,7	44,6	27,0	29,0	11,0	24,0	262,0	163,0
	CV (%)	4,9%	3,1%	142,4%	7,5%	2,9%	2,4%	132,0%	51,9%	21,8%	55,2%	39,0%	63,2%	61,0%
Jamundi	Mínimo	13,0	29,9	0,0	9,0	26,8	15,9	0,0	2,0	4,0	0,0	2,0	4,0	3,0
	Media	15,9	32,4	12,0	11,2	29,6	18,3	10,0	7,6	18,4	4,3	12,0	130,2	59,3
	Mediana	16,2	32,2	8,7	10,9	29,6	18,4	6,1	7,0	18,0	4,0	12,0	122,0	58,5
	RIQ	2,0	2,0	16,3	1,5	1,6	1,1	14,9	5,0	7,0	2,0	7,0	121,0	48,0
	Máximo	18,3	37,4	47,9	15,7	32,4	20,1	48,0	24,0	29,0	16,0	26,0	446,0	193,0
	CV (%)	8,1%	4,2%	92,8%	10,7%	3,3%	4,4%	120,8%	50,8%	27,2%	63,4%	41,9%	64,4%	56,2%
La Paila	Mínimo	13,9	30,2	0,0	9,2	27,5	17,3	0,0	2,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Media	17,0	32,7	6,0	11,1	30,1	19,0	5,0	7,2	18,2	4,2	12,2	110,2	50,9
	Mediana	17,1	32,6	3,3	10,8	30,0	19,1	2,3	6,0	18,0	4,0	12,0	94,0	48,5
	RIQ	1,3	1,6	9,9	1,5	1,5	0,7	6,7	5,0	7,5	2,0	7,0	88,5	38,5
	Máximo	18,8	36,3	36,5	14,5	32,6	20,4	40,3	30,0	30,0	11,0	24,0	341,0	130,0
	CV (%)	5,0%	3,5%	120,1%	9,7%	3,3%	3,0%	148,6%	58,3%	27,3%	54,3%	40,8%	63,1%	55,3%

Continuación Anexo 3 estadísticas descriptivas de los eventos extremos climáticos
en cada una de las estaciones meteorológicas

Estación	Estadística	Evento extremo climático												
		TemMin (°C)	TemMax (°C)	TN90P (%)	DTR (°C)	MTMAX (°C)	MTMIN (°C)	TX90P (%)	CDD (Días)	TDD (Días)	CWD (Días)	TWD (Días)	PRCPTOT (mm)	RX5DAY (mm)
La Virginia	Minimo	15,1	31,2	0,0	9,5	28,7	17,5	0,0	0,0	5,0	0,0	3,0	9,0	6,0
	Media	17,2	33,4	5,5	11,3	30,5	19,2	2,8	5,7	15,0	5,4	15,4	167,1	68,9
	Mediana	17,3	33,3	3,2	11,0	30,3	19,2	0,0	5,0	15,0	5,0	16,0	161,5	65,0
	RIQ	1,1	1,6	8,7	1,7	1,2	0,6	3,3	2,0	7,0	3,5	7,0	102,5	45,0
	Máximo	19,3	37,0	27,2	14,8	33,1	20,2	22,6	24,0	28,0	16,0	25,0	428,0	167,0
	CV (%)	5,0%	3,4%	124,3%	9,7%	3,0%	2,4%	179,8%	64,5%	32,2%	49,7%	31,5%	48,9%	45,2%
Melendez	Minimo	13,2	30,3	0,0	9,1	28,1	17,1	0,0	2,0	8,0	0,0	1,0	1,0	1,0
	Media	16,6	32,5	8,3	11,0	29,8	18,8	8,4	7,9	18,9	4,1	11,5	114,5	55,0
	Mediana	16,8	32,4	5,7	10,8	29,6	18,9	3,3	7,0	19,0	4,0	11,5	109,5	52,5
	RIQ	1,4	1,6	13,0	1,6	1,3	0,7	13,1	5,0	8,0	3,5	7,5	114,5	47,5
	Máximo	18,9	39,2	37,1	15,3	32,9	20,1	48,2	23,0	30,0	15,0	23,0	316,0	182,0
	CV (%)	6,7%	4,0%	106,7%	11,1%	3,1%	3,0%	129,9%	54,9%	25,6%	59,1%	42,0%	63,0%	61,6%
Miranda	Minimo	14,2	30,0	0,0	8,7	27,6	17,6	0,0	2,0	5,0	0,0	1,0	1,0	1,0
	Media	16,5	32,2	11,5	10,6	29,3	18,7	12,9	8,0	18,7	4,3	11,7	117,1	58,6
	Mediana	16,6	32,1	9,5	10,4	29,1	18,6	9,1	7,0	19,0	4,0	12,0	103,0	55,0
	RIQ	1,1	1,5	15,3	1,3	1,2	0,5	16,6	5,0	6,5	2,0	7,0	110,5	51,0
	Máximo	18,6	36,3	51,6	13,5	32,3	19,8	51,8	26,0	30,0	22,0	25,0	429,0	197,0
	CV (%)	4,9%	3,6%	91,9%	8,9%	3,0%	2,2%	103,0%	52,6%	26,2%	61,9%	41,8%	66,6%	62,2%
Ortigal	Minimo	13,2	29,9	0,0	8,8	27,9	16,5	0,0	2,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Media	16,1	32,4	13,8	11,3	29,6	18,3	10,0	8,4	19,5	4,2	11,0	104,5	51,2
	Mediana	16,2	32,3	10,0	11,1	29,4	18,3	5,8	7,0	20,0	4,0	11,0	88,0	47,0
	RIQ	1,3	1,4	18,0	1,2	1,2	0,8	15,5	5,0	6,0	2,5	6,0	107,5	51,0
	Máximo	18,3	38,5	60,3	15,2	32,6	20,0	45,6	31,0	31,0	19,0	24,0	393,0	197,0
	CV (%)	6,4%	3,6%	88,3%	9,0%	2,9%	3,3%	117,4%	57,0%	24,0%	65,0%	42,8%	78,1%	71,0%
Palmira la Rita	Minimo	14,1	29,8	0,0	9,0	27,4	17,4	0,0	2,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Media	16,5	32,2	11,7	10,9	29,5	18,6	10,2	8,7	19,4	4,2	11,0	88,2	43,1
	Mediana	16,6	32,2	9,5	10,6	29,4	18,7	6,5	8,0	19,0	4,0	11,0	80,0	40,0
	RIQ	0,9	1,4	15,2	1,2	1,4	0,7	15,5	6,0	7,5	3,0	8,0	90,0	37,5
	Máximo	18,3	35,2	53,8	13,7	31,9	19,8	56,9	31,0	31,0	17,0	22,0	281,0	133,0
	CV (%)	5,0%	3,3%	92,5%	8,5%	3,0%	2,3%	118,4%	56,0%	24,0%	63,9%	42,0%	69,2%	65,8%
Pradera	Minimo	14,0	29,4	0,0	8,7	27,2	17,5	0,0	2,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Media	16,6	31,9	12,3	10,5	29,1	18,6	16,0	11,6	20,8	3,6	9,7	90,1	45,4
	Mediana	16,7	31,8	9,5	10,3	28,9	18,6	10,0	9,0	21,0	3,0	9,5	70,0	37,0
	RIQ	1,0	1,6	16,0	1,1	1,2	0,7	22,0	7,0	9,0	3,0	8,0	121,5	57,0
	Máximo	18,2	36,9	51,2	13,0	31,4	19,8	61,5	31,0	31,0	15,0	26,0	396,0	156,0
	CV (%)	4,5%	3,7%	91,1%	8,1%	3,0%	2,5%	96,4%	74,4%	29,4%	81,6%	62,8%	90,9%	86,6%
San Marcos	Minimo	13,9	30,3	0,0	9,0	28,2	18,2	0,0	2,0	10,0	0,0	1,0	1,0	1,0
	Media	17,0	32,6	3,6	10,8	30,0	19,2	7,6	9,1	21,1	3,1	9,4	69,7	35,8
	Mediana	17,1	32,5	0,0	10,7	29,9	19,1	3,2	8,0	21,0	3,0	9,0	61,5	32,0
	RIQ	1,1	1,3	6,0	1,2	1,2	0,6	12,0	5,5	6,0	2,0	6,0	69,5	32,5
	Máximo	18,9	36,5	27,6	13,4	32,6	20,3	45,0	27,0	30,0	10,0	21,0	284,0	119,0
	CV (%)	5,0%	3,3%	148,5%	7,8%	2,7%	2,2%	135,4%	52,3%	20,9%	64,0%	46,7%	72,9%	64,2%
Santander de Quilichao	Minimo	13,1	29,4	0,0	8,7	27,0	16,4	0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	8,0	3,0
	Media	16,1	31,9	16,9	10,8	29,1	18,3	15,1	8,1	18,1	4,9	12,4	140,8	66,4
	Mediana	16,2	31,7	14,5	10,5	29,0	18,3	10,4	7,0	18,0	4,0	12,0	126,5	66,0
	RIQ	1,8	1,6	18,6	1,3	1,1	1,0	19,9	6,5	7,5	3,0	8,0	126,0	54,5
	Máximo	18,5	36,4	60,5	14,5	32,1	20,0	57,7	26,0	29,0	28,0	29,0	512,0	177,0
	CV (%)	7,0%	4,0%	82,9%	10,5%	3,1%	3,6%	96,1%	59,3%	29,8%	69,4%	43,0%	63,0%	56,2%
Tulua	Minimo	13,8	30,3	0,0	8,8	27,7	17,3	0,0	2,0	7,0	0,0	1,0	11,0	8,0
	Media	16,6	32,6	10,5	10,9	29,7	18,7	8,4	7,4	18,2	4,2	12,2	99,9	48,1
	Mediana	16,7	32,6	8,4	10,7	29,5	18,7	3,3	6,5	18,0	4,0	12,0	90,0	44,0
	RIQ	1,0	1,4	14,4	1,3	1,1	0,6	13,1	4,0	6,0	2,0	7,0	74,5	35,0
	Máximo	18,5	36,8	49,6	13,9	32,7	19,8	45,2	26,0	30,0	12,0	23,0	297,0	150,0
	CV (%)	5,0%	3,2%	98,8%	9,0%	2,9%	2,3%	126,4%	54,9%	25,5%	55,5%	38,0%	59,7%	55,6%
Viterbo	Minimo	13,6	31,1	0,0	9,6	28,3	17,3	0,0	0,0	3,0	0,0	2,0	6,0	6,0
	Media	16,4	33,2	14,1	11,6	30,2	18,6	4,5	5,3	14,1	5,9	16,4	179,5	71,2
	Mediana	16,4	33,1	12,4	11,4	30,0	18,6	0,0	4,0	13,0	5,0	17,0	176,5	70,5
	RIQ	1,2	1,7	18,6	1,6	1,2	0,6	6,5	3,0	7,5	3,0	7,0	114,0	44,0
	Máximo	18,6	36,7	55,8	15,2	33,0	19,7	38,5	24,0	29,0	19,0	27,0	472,0	197,0
	CV (%)	5,6%	3,6%	84,7%	9,9%	3,1%	2,5%	159,6%	68,1%	34,7%	51,9%	30,1%	48,2%	43,8%
Yotoco	Minimo	13,8	29,8	0,0	9,5	27,7	15,6	0,0	2,0	8,0	0,0	2,0	2,0	2,0
	Media	16,8	32,8	4,9	11,0	30,0	19,0	5,6	7,6	19,0	3,8	11,4	88,4	43,4
	Mediana	16,9	32,7	2,8	10,9	29,9	19,1	2,3	7,0	19,0	3,0	11,0	82,0	40,0
	RIQ	1,1	1,5	8,2	1,1	1,2	0,6	8,6	4,0	6,0	3,0	6,0	65,0	32,0
	Máximo	19,0	36,0	34,7	13,4	32,7	20,4	41,7	24,0	29,0	10,0	22,0	383,0	127,0
	CV (%)	5,4%	3,2%	133,7%	7,6%	3,0%	2,9%	152,3%	51,6%	21,9%	51,9%	36,4%	61,3%	54,7%

Anexo 4 Tendencia de los eventos extremos de precipitación y temperatura en el valle geográfico del río Cauca, 2000 – 2013

Estación meteorológica	Estadística	TEMPERATURA							PRECIPITACIÓN							Zona	Municipio
		TemMin	TemMax	TN90p	TN90P	DTR	MTMAX	MTMIN	CDD	CWD	TWD	PRCPTOT	IR5DAY	TDD			
Aeropuerto	p_valor	0.93	0.38	0.56	0.099	0.19	0.13	0.96	0.99	0.96	0.72	0.66	0.76	0.64	Sur	PALMIRA	
	The intercept of the Sen's slope (trend)	16.32	16.5	4.07	-0.04	10.72	29.56	18.76	7.55	3	8.9	53.35	28.76	21.63			
	The Sen's slope (trend) per unit time	0.00015	0.002	0.0035	0.02	0.0034	0.003	0.000053	0	0	0.003	0.051	0.016	-0.0051			
	The Sen's slope (trend) over the time period	0.025	0.38	0.59	3.51	0.511	0.505	0.000089	0	0	0.56	8.72	2.71	-0.87			
Amame	p_valor	0.04	0.42	0.78	0.077	0.11	0.047	0.097	0.32	0.77	0.66	0.34	0.168	0.68	Sur	EL CERRITO	
	The intercept of the Sen's slope (trend)	16.53	32.01	5.45	0.92	10.23	28.87	18.53	7.78	3.51	9.78	69.12	34.76	20.74			
	The Sen's slope (trend) per unit time	0.0029	0.0023	0.002	0.047	0.0035	0.0048	0.0019	-0.009	0	0.0059	0.13	0.069	-0.0048			
	The Sen's slope (trend) over the time period	0.493	0.397	0.343	7.94	0.64	0.81	0.32	-1.51	0	0.99	21.91	11.61	-0.81			
Bugalagrande	p_valor	0.43	0.1	0.72	0.32	0.98	0.74	0.16	0.2	0.21	0.09	0.077	0.1	0.066	Centro	BUGALAGRANDE	
	The intercept of the Sen's slope (trend)	17.09	33.53	4.47	0	11.13	30.43	19.05	6.64	3.13	9.83	77.21	34.75	20.45			
	The Sen's slope (trend) per unit time	-0.0016	-0.003	0	0	0	-0.0007	-0.0015	-0.007	0.0044	0.018	0.25	0.098	-0.019			
	The Sen's slope (trend) over the time period	-0.27	-0.62	0	0	0	-0.13	-0.25	-1.19	0.74	3.066	42.08	16.5	-3.35			
Candelaria	p_valor	0.024	0.0085	0.64	0.28	0.11	0.0021	0.003	0.64	0.2	0.35	0.48	0.39	0.45	Sur	CANDELARIA	
	The intercept of the Sen's slope (trend)	0.16	32.06	3.52	0	10.68	29.36	18.56	7.99	2.65	8.3	68.76	33.92	21.98			
	The Sen's slope (trend) per unit time	0.0036	0.0064	0	0	0.003	0.0063	0.0034	-0.034	0.0048	0.0095	0.0862	0.045	-0.008			
	The Sen's slope (trend) over the time period	0.609	1.091	0	0	0.59	1.072	0.574	-0.579	0.813	1.59	14.49	7.85	-1.3557			
Cartago	p_valor	0.21	0.36	0.65	0.095	0.95	0.14	0.12	0.34	0.64	0.2	0.17	0.35	0.13	Norte	CARTAGO	
	The intercept of the Sen's slope (trend)	17.36	33.81	0.0308	0	11.35	30.89	19.3	6	4.05	12.6	93.42	43.43	17.55			
	The Sen's slope (trend) per unit time	-0.003	-0.0028	0	0	-0.0018	-0.004	-0.0038	0	0.0009	0.012	0.16	0.042	-0.013			
	The Sen's slope (trend) over the time period	-0.45	-0.48	0	0	-0.031	-0.74	-0.64	0	0.15	2.05	27.53	7.2	2.27			
Cenicaria	p_valor	0.52	0.68	0.99	0.06	0.55	0.43	0.74	0.48	0.047	0.19	0.43	0.19	0.23	Sur	FLORIDA	
	The intercept of the Sen's slope (trend)	16.98	31.61	0.33	4.01	9.8	28.86	19.02	8.12	2.37	9.05	73.6	38.36	21.61			
	The Sen's slope (trend) per unit time	0.00091	0.0012	0	0.068	0.0012	0.0017	0.00034	-0.0055	0.007	0.013	0.103	0.089	-0.013			
	The Sen's slope (trend) over the time period	0.154	0.21	0	11.53	0.2	0.29	0.057	-0.929	1.213	2.3	17.32	38.36	-2.29			
Corinto	p_valor	0.19	0.41	0.61	0.07	0.76	0.26	0.82	0.6	0.13	0.33	0.36	0.27	0.311	Sur	CORINTO	
	The intercept of the Sen's slope (trend)	17.32	19.73	38.5	51.04	80.33	70.7	81.7	5.81	3.91	12.32	115.44	53.85	17.83			
	The Sen's slope (trend) per unit time	0.016	0.03	0	0.15	0.027	0.13	0.035	-0.0039	0.007	0.015	0.2	0.08	-0.015			
	The Sen's slope (trend) over the time period	2.85	5.13	0	26.22	4.68	22.8	5.9	-0.65	1.28	2.55	35.27	13.6	-2.64			
Guacari	p_valor	0.8	0.97	0.82	0.069	0.28	0.5	0.5	0.65	0.92	0.35	0.3	0.43	0.22	Centro	GUACARI	
	The intercept of the Sen's slope (trend)	16.88	32.6	0	-0.081	10.49	29.7	19.16	6.8	3.08	10	55.28	28.8	20.09			
	The Sen's slope (trend) per unit time	0.00035	-0.0007	0	0.021	0.0021	0.0016	-0.009	-0.003	0	0.01	0.08	0.025	-0.011			
	The Sen's slope (trend) over the time period	0.06	-0.013	0	3.67	0.36	0.27	-0.15	-0.53	0	1.68	13.52	4.29	-1.95			
Jamundi	p_valor	0.43	0.32	0.38	0.16	0.86	0.17	0.052	0.48	0.34	0.35	0.41	0.44	0.34	Sur	JAMUNDI	
	The intercept of the Sen's slope (trend)	16.24	32.32	5.49	1.7	10.81	29.7	18.8	6.92	3.69	10.78	108.7	53.1	19.27			
	The Sen's slope (trend) per unit time	-0.0025	-0.003	0.017	0.028	0.00045	-0.0038	-0.0048	0.0034	0.0034	0.01	0.14	0.043	-0.01			
	The Sen's slope (trend) over the time period	-0.428	-0.52	2.95	4.86	0.075	-0.63	-0.8	-0.81	0.57	1.79	24.28	7.23	-1.77			
La Peila	p_valor	0.13	0.33	0.52	0.26	0.5	0.4	0.022	0.53	0.63	0.29	0.15	0.12	0.31	Norte	ZARZAL	
	The intercept of the Sen's slope (trend)	17.34	32.94	3.05	0	10.78	30.28	19.5	6.32	3.63	10.87	79.9	39.44	19.26			
	The Sen's slope (trend) per unit time	-0.003	-0.003	0	0	0.0016	-0.002	-0.004	-0.0034	0.0014	0.012	0.18	0.084	-0.011			
	The Sen's slope (trend) over the time period	-0.57	-0.54	0	0	0.27	-0.48	-0.8	-0.58	0.24	2.05	30.71	14.2	-1.94			

Continuación Anexo 4 Tendencia de los eventos extremos de precipitación y temperatura en el valle geográfico del río Cauca, 2000 – 2013

Estación meteorológica	Estadística	TEMPERATURA					PRECIPITACIÓN					Zona	Municipio	
		TemMin	TemMax	TmDIP	Txsp	DIR	MTMAX	MTMIN	CCD	CWD	TWID			PRECPTOT
Melebe	p_valor	0.78	0.16	0.86	0.947	0.946	0.05	0.15	0.64	0.82	0.46	0.12	0.32	0.42
	The intercept of the Sen's slope (trend)	16.88	31.91	4.3	-0.12	10.1	29.2	19.16	6.62	3.62	11.05	91.5	47.83	19.74
	The Sen's slope (trend) per unit time	-0.0072	0.004	0	0.024	0.0065	0.0045	-0.0021	-0.003	0	0.007	0.22	0.058	-0.0084
	The Sen's slope (trend) over the time period	-0.12	0.69	0	4.13	1.09	0.75	-0.35	-0.5	0	1.28	36.1	9.9	-1.4
Miranda	p_valor	0.84	0.53	0.63	0.08	0.99	0.8	0.68	0.28	0.21	0.36	0.18	0.17	0.29
	The intercept of the Sen's slope (trend)	16.57	32.22	7.39	4.9	10.4	29.2	18.7	7.4	4	10.2	82.8	47.4	20.33
	The Sen's slope (trend) per unit time	-0.0032	-0.0015	0.0093	0.051	0.00004	-0.00055	-0.00042	-0.006	0	0.01	0.18	0.08	-0.01
	The Sen's slope (trend) over the time period	-0.63	-0.26	1.57	8.73	0.064	-0.092	-0.07	-1.12	0	1.77	31.17	13.59	-1.7
Ortgal	p_valor	0.03	0.9	0.61	0.078	0.089	0.56	0.016	0.93	0.28	0.57	0.19	0.18	0.6
	The intercept of the Sen's slope (trend)	16.64	32.34	8.5	1.15	10.55	29.36	18.63	7.4	4	10.25	62.37	38.2	19.8
	The Sen's slope (trend) per unit time	-0.0052	-0.0003	0.01	0.038	0.0055	0.0013	-0.004	0	0	0.0055	0.17	0.09	-0.005
	The Sen's slope (trend) over the time period	-0.88	-0.06	1.73	6.44	0.93	0.22	-0.72	0	0	0.96	28.68	15.2	-0.89
Palma_LaSha	p_valor	0.02	0.15	0.66	0.11	0.37	0.089	0.09	0.17	0.93	0.55	0.005	0.039	0.54
	The intercept of the Sen's slope (trend)	1.63	31.8	7.77	1.12	10.43	28.98	18.46	8.6	3.6	10.6	58.37	31.34	20.45
	The Sen's slope (trend) per unit time	0.0033	0.0037	0.006	0.031	0.0019	0.0039	0.0019	-0.011	0	0.063	0.23	0.087	-0.005
	The Sen's slope (trend) over the time period	0.56	0.62	1.01	5.36	0.32	0.66	0.32	-1.8	0	1.87	39.17	14.67	-1.1
Pradera	p_valor	0.12	0.18	0.22	0.05	0.68	0.51	0.047	0.01	0.004	0.023	0.006	0.004	0.02
	The intercept of the Sen's slope (trend)	16.47	31.52	6.24	5.57	10.41	28.82	18.3	14.91	1.68	5.29	22.4	17.46	25.44
	The Sen's slope (trend) per unit time	0.0025	0.0033	0.022	0.07	-0.0006	0.0015	0.0026	-0.062	0.012	0.029	0.038	0.19	-0.02
	The Sen's slope (trend) over the time period	0.42	0.558	3.8	11.9	-0.11	0.26	0.45	-10.57	2.08	4.98	64.42	32.84	-5.41
SanMarcos	p_valor	0.8	0.74	0.78	0.12	0.65	0.89	0.34	0.55	0.92	0.72	0.41	0.34	0.72
	The intercept of the Sen's slope (trend)	17.07	32.53	0	-0.021	10.66	29.9	19.27	8.18	3	8.9	55.95	29.04	21.4
	The Sen's slope (trend) per unit time	-0.0004	-0.0062	0	0.007	0.00397	0.0027	-0.0011	-0.003	0	0.0033	0.07	0.034	-0.003
	The Sen's slope (trend) over the time period	-0.07	-0.1	0	1.18	0.16	0.046	-0.18	-0.61	0	0.56	12.009	6.13	-0.52
SananderQuilich	p_valor	0.04	0.16	0.63	0.064	0.5	0.18	0.0039	0.33	0.38	0.59	0.098	0.047	0.51
	The intercept of the Sen's slope (trend)	16.7	32.21	13.24	5.2	10.41	29.25	18.99	7.36	3.8	11.27	90.66	47.63	18.7
	The Sen's slope (trend) per unit time	-0.005	-0.004	0.013	0.066	0.002	-0.003	-0.006	-0.008	0.0026	0.063	0.31	0.157	-0.079
	The Sen's slope (trend) over the time period	-0.93	-0.81	2.26	11.2	0.34	-0.56	-1.055	-1.36	0.44	1.06	53.63	26.5	-1.33
Tulua	p_valor	0.47	0.43	0.47	0.1	0.34	0.16	0.58	0.76	0.21	0.45	0.21	0.12	0.46
	The intercept of the Sen's slope (trend)	16.6	32.37	4.8	0.67	10.5	29.24	18.7	6.1	3.38	10.9	79.7	36.6	18.8
	The Sen's slope (trend) per unit time	0.0012	0.0017	0.0087	0.025	0.0024	0.0033	0.0006	0.002	0.005	0.0076	0.16	0.063	-0.007
	The Sen's slope (trend) over the time period	0.21	0.28	1.46	4.2	0.41	0.55	0.1	0.35	0.84	1.28	27.91	10.82	-1.26
Viterro	p_valor	0.15	0.18	0.41	0.42	0.26	0.54	0.03	0.1	0.025	0.17	0.37	0.63	0.77
	The intercept of the Sen's slope (trend)	16.2	33.2	10.36	0	11.52	30.09	18.43	4	4.4	15.5	159.4	65.5	14.5
	The Sen's slope (trend) per unit time	0.002	-0.0036	0.017	0	-0.003	-0.0014	0.0016	0	0.0005	0.012	0.14	0.027	-0.013
	The Sen's slope (trend) over the time period	0.48	-0.61	2.95	0	-0.5	-0.24	0.28	0	1.77	21.7	25.02	4.66	-2.22
Virginia	p_valor	0.83	0.82	0.56	0.31	0.79	0.8	0.82	0.82	1	0.74	0.3	0.46	0.8
	The intercept of the Sen's slope (trend)	17.26	33.4	2.34	0	11.006	30.3	19.21	4.7	4.7	15.53	146.2	62.5	14.65
	The Sen's slope (trend) per unit time	0.0043	-0.0069	0	0	-0.0081	-0.0058	0.00029	0	0	0.0041	0.17	0.039	-0.003
	The Sen's slope (trend) over the time period	0.73	-1.17	0	0	-0.13	-0.097	0.049	0	0	0.7	28.58	6.68	-0.508
Yotoco	p_valor	0.06	0.04	0.76	0.86	0.26	0.039	0.096	0.83	0.68	0.66	0.41	0.19	0.68
	The intercept of the Sen's slope (trend)	16.69	32.3	0	0	10.7	29.56	18.9	6.22	3	10.96	74.78	37.8	19.53
	The Sen's slope (trend) per unit time	0.0031	0.00514	0	0	0.0021	0.0032	0.00021	0.0004	0	0.043	0.66	0.047	-0.003
	The Sen's slope (trend) over the time period	0.534	0.86	0	0	0.359	0.88	0.36	0.07	0	0.73	11.25	8.01	-0.55