

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS CLIMATOLOGICO
ANTE EVENTOS EXTREMOS EN EL MUNICIPIO DE ABREGO NORTE DE
SANTANDER

Autor:

Raúl Eduardo Jácome Torrado
1094577735

Programa de Ingeniería Ambiental
Departamento de ingeniería ambiental, civil y química
Facultad de ingenierías y arquitectura



Universidad de Pamplona
2016

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS CLIMATOLOGICO
ANTE EVENTOS EXTREMOS EN EL MUNICIPIO DE ABREGO NORTE DE
SANTANDER

Autor:

Raúl Eduardo Jácome Torrado
1094577735

Director:

Jacipt Alexander ramón valencia
PhD Química

Programa de Ingeniería Ambiental
Departamento de ingeniería ambiental, civil y química
Facultad de ingenierías y arquitectura



Universidad de Pamplona
2016

Dedicatoria

A Dios, mis padres y mi Familia

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primera instancia a Dios por permitirme superar cada obstáculo de esta ardua carrera, a mis padres y familiares por ser el motivo de seguir adelante, aun cuando las cosas no fueron color de rosas.

A mis maestros por ser una inspiración y por compartir sus conocimientos de una manera grata. Y en general a todas esas personas que entraron en mi vida y me apoyaron en este camino.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|--------------------------------------|
| 1. INTRODUCCION..... | 9 |
| 2. Generalidades | ¡Error! Marcador no definido. |
| 2.1 Planteamiento del problema y justificación..... | 10 |
| 2.2 Objetivo General..... | 11 |
| 2.3 Objetivos específicos | 11 |
| 3. Marco referencial..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| 3.1 Marco Contextual | 13 |
| 3.2 Antecedentes..... | 14 |
| 3.3 Estado del arte..... | 16 |
| 3.3.1 Nivel internacional:..... | 16 |
| 3.3.2 Nivel nacional: | 18 |
| 3.4 Marco Legal..... | 19 |
| 3.5 Marco teórico..... | 23 |
| 3.5.1 Sistema de alerta temprana | 23 |
| 3.5.2 Clasificación y zonificación climática del municipio de Abrego Norte de Santander | 26 |
| 3.5.3 Incendios forestales..... | 30 |
| 3.5.4 Curvas de variación estacional..... | 35 |
| 3.5.5 Curvas de intensidad duración y frecuencia (IDF) | 35 |
| 3.5.6 Preparativos para la respuesta a emergencias (incendios forestales, deslizamientos e inundaciones)..... | 40 |
| 4. METODOLOGIA..... | 48 |
| 4.1 Procesamiento y análisis de datos climatológicos | 48 |
| 4.1.1 Procesamiento y Método Racional | 49 |
| 4.1.2 Curvas de variación estacional..... | 49 |
| 4.1.3 Construcción de las Curvas IDF. | 50 |
| 4.1.4 Análisis de las variables climáticas..... | 51 |
| 4.2 Diseño del montaje institucional y operativo del sistema de alerta temprana. | 51 |
| 5. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS | 54 |
| 5.1 Diagnostico técnico preliminar de la zona de estudio | 54 |
| 5.1.1 Descripción Geográfica | 54 |
| 5.1.2 Entorno departamental y provincial..... | 55 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.1.3 | Jurisdicción municipal | 56 |
| 5.1.4 | Organización y división territorial | 57 |
| 5.2 | Antecedentes de eventos naturales o antrópicos del municipio de Abrego..... | 62 |
| 5.3 | Procesamiento y análisis de datos climatológicos | 64 |
| 5.3.1 | Curvas de intensidad, duración y frecuencia | 64 |
| 5.3.2 | Curvas de variación estacional..... | 73 |
| 5.4 | Graficas de comportamiento de las variables | 78 |
| 5.5 | Lineamientos de pronóstico y predicción climática | 80 |
| 5.5.1 | Primer paso: Observar la situación meteorológica actual..... | 81 |
| 5.5.2 | Segundo paso: Observar la situación meteorológica actual..... | 82 |
| 5.6 | Elaboración de boletines..... | 83 |
| 5.6.1 | Revisión del estatus general del evento ENSO:..... | 83 |
| 5.6.2 | Revisión de la predicción trimestral IDEAM | 85 |
| 5.6.3 | Revisión de pronósticos meteorológicos de corto plazo:..... | 86 |
| 5.6.4 | Revisión de las condiciones meteorológicas reportadas por las estaciones del SATC | 87 |
| 5.6.5 | Emisión de boletín | 87 |
| 5.7 | Creación y puesta en marcha de la red de monitoreo del municipio de Abrego Norte de Santander en apoyo con es satc. | 88 |
| 5.8 | Protocolo de seguimiento y monitoreo | 89 |
| 5.8.1 | Protocolo simplificado de incendios forestales..... | 89 |
| 5.8.2 | Protocolo simplificado de inundaciones | 92 |
| 5.8.3 | Protocolo simplificado de deslizamientos | 93 |
| 5.9 | Siguientes líneas de acción para el sistema de alerta climatológico del municipio de Abrego | 94 |
| 6. | CONCLUSIONES..... | 98 |
| 7. | RECOMENDACIONES | 100 |
| 8. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 101 |
| 9. | ANEXOS..... | 106 |

LISTA DE FIGURAS.

| | |
|--|----|
| Figura 1 Ubicación geográfica del municipio de Abrego..... | 13 |
| Figura 2: Interacción entre aire, fuego y vegetación..... | 30 |
| Figura 3: Herramientas del Ministerio del ambiente y desarrollo. | 31 |
| Figura 4: Programas a nivel local. | 32 |
| Figura 5: Ejes de la gestión del riesgo ante incendios. | 33 |
| Figura 6: Planes de articulación, municipal, regional y departamental. | 34 |
| Figura 7: Curvas IDF | 35 |
| Figura 8. Flujo de Información en un SATC | 47 |
| Figura 9. Datos de área de estudio. | 48 |
| Figura 10. Ubicación, Municipio de Abrego Norte de Santander. | 54 |
| Figura 11. Regresión Potencial. | 70 |
| Figura 12. Precipitación Acumulada..... | 72 |
| Figura 13. Curvas de variación Estacional. | 77 |
| Figura 14. Precipitación (mm/día) vs Días. | 78 |
| Figura 15. Precipitación (mm/hora)..... | 79 |
| Figura 16. Presión vs Precipitación. | 79 |
| Figura 17. Insumos para pronosticar..... | 80 |
| Figura 18. Combinación de imágenes GOES y METEOSATC | 81 |
| Figura 19. Carta de Superficie. | 83 |
| Figura 20. Distribución de la Red meteorológica del sistema de Alerta temprana del Municipio de Abrego en Norte de Santander. | 88 |
| Figura 21. Protocolo SATC. | 95 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: División político-administrativa | 14 |
| Tabla 2. Estados de alerta. | 43 |
| Tabla 3. Límites del Municipio de Abrego. | 57 |
| Tabla 4. Relación de veredas. | 58 |
| Tabla 5. Eventos ocurridos en el municipio de Abrego..... | 62 |
| Tabla 6. Datos mensuales de precipitación máxima en 24 hrs. (mm) | 64 |
| Tabla 7. Datos de cálculo..... | 64 |
| Tabla 8. Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel..... | 65 |
| Tabla 9. Coeficientes. | 66 |
| Tabla 10. Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias. | 66 |
| Tabla 11. Intensidad según el periodo de Retorno..... | 67 |
| Tabla 12. Resumen Regresión Potencial | 68 |
| Tabla 13. Regresión Potencial. | 69 |
| Tabla 14. Datos grafica 11. | 70 |
| Tabla 15. Intensidades – Tiempos de duración..... | 71 |
| Tabla 16. Precipitación acumulada. | 72 |
| Tabla 17. Datos figura 12..... | 73 |
| Tabla 18. Series de Enero. | 73 |
| Tabla 19. Ajuste CHI cuadrado | 75 |
| Tabla 20. Prueba de CHI- Cuadrado para el método de Gumbel. | 75 |
| Tabla 21. Prueba de CHI-Cuadrado para el método de Log Normal..... | 75 |
| Tabla 22. CHI cuadrado teórico..... | 76 |
| Tabla 23. Variación Estacional para el mes de enero. | 76 |
| Tabla 24. Probabilidad de excedencia. | 77 |
| Tabla 25. Propósitos, alcances y prioridades según el protocolo para incendios forestales. Municipio de Abrego en Norte de Santander. | 90 |
| Tabla 26. Propósitos, alcances y prioridades según el protocolo para inundaciones del Municipio de Abrego en Norte de Santander | 92 |
| Tabla 27. . Propósitos, alcances y prioridades según el protocolo para deslizamientos del Municipio de Abrego en Norte de Santander. | 93 |

1. INTRODUCCION

Con el presente trabajo, se busca crear el diseño de un Sistema De Alerta Temprana Climatológico (SATC) en el municipio de Abrego Norte de Santander, la importancia de un SATC consiste básicamente en enviar datos de una manera inmediata con el fin de activar mecanismos de alarma los cuales alerten a una población ante la probabilidad de un evento extremo (inundaciones, sequias e incendios forestales). Un SATC cuenta con herramientas como el monitoreo y vigilancia de los eventos, sistema de comunicaciones, sistema de alarmas y un plan de evacuación ante cualquier eventualidad.

El diseño del SATC cuenta con una primera etapa la cual consiste en la realización un diagnóstico técnico preliminar en la zona de estudio, para recolectar información primaria y secundaria que sirva como línea base en el SATC, seguidamente se procede a estimar el comportamiento del clima ante eventos como: Inundaciones, sequias e incendios forestales por medio de datos climatológicos.

El presente estudio permite realizar el montaje institucional y operativo del Sistema de Alertas Tempranas en el Municipio de Abrego Norte de Santander, y de esta manera mejor El Plan Municipal para la Gestión del Riesgo con el objetivo de convertirlo en una herramienta eficaz y preventiva.

2. GENERALIDADES

2.1 Planteamiento del problema y justificación

En el departamento de Norte de Santander se conjugan condiciones físicas complejas con alta probabilidad a la ocurrencia de desastres naturales, inducidos en su gran mayoría por eventos climáticos extremos asociados a fenómenos de variabilidad climática como el Niño y la Niña. Sin embargo, no se cuenta con un sistema de monitoreo permanente que permita tener información en tiempo real para alertar de manera oportuna a la comunidad sobre la posibilidad de ocurrencia de un evento que pueda causar daño. El monitoreo, el pronóstico, la generación de alertas y la puesta en marcha de los Planes Municipales de Gestión del Riesgo son indispensables y vitales para el desarrollo de cualquier municipio.

El municipio de Abrego, Norte de Santander, se ha visto afectado en los últimos seis años por una serie de eventos extremos como fenómenos de sequías, precipitaciones intensas, desbordamiento de ríos, granizadas; amenazando la vida de la comunidad y colocando en alto peligro su economía. Gran parte de las actividades que se realizan en el municipio son de carácter agrícola y eventos como la Ola invernal del año 2010, las granizadas que en momentos esporádicos arrasan con todo a su paso y la sequía que se presentan actualmente por acción del fenómeno del niño; han destruido hectáreas enteras de cultivos viéndose perjudicadas las familias campesinas y todo el casco urbano que se abastece de estos alimentos.

Estas calamidades han forzado que los campesinos de las veredas de Abrego, emigren hacia el casco urbano del municipio, generando una sobrepoblación en la cabecera municipal;

aumentando de esta manera los niveles de pobreza, altos costos en los precios de productos cultivados en las veredas y el incremento de desempleo.

Al implementar SATC en el municipio de Abrego tendría información idónea y en cortos lapsos para realizar planes de acción, con el fin prevenir y reducir el riesgo en las comunidades ante una amenaza y de manera análoga se reduce considerablemente el grado de vulnerabilidad que se pudiese presentar.

2.2 Objetivo General

- Diseñar un sistema de alerta temprano climatológico ante eventos extremos en el municipio de Abrego Norte de Santander, para actualizar el plan municipal de gestión del riesgo.

2.3 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico técnico preliminar de la zona de estudio, como línea base para obtener información primaria y secundaria en la investigación.
- Estimar el comportamiento del clima ante inundaciones sequias e incendios forestales, por medio de datos climatológicos (Precipitaciones y Presión).
- Diseñar el montaje institucional y operativo del Sistema de Alertas Tempranas en el Municipio de Abrego, ante inundaciones, incendios forestales y sequias, por medio de la plataforma del SATC del Norte de Santander.
- Plantear las mejoras necesarias al Plan Municipal para la Gestión del Riesgo para articular las políticas y acciones de Gestión Ambiental, Ordenamiento Territorial,

Planificación del desarrollo y Adaptación al cambio climático en el Municipio de Abrego
Norte de Santander.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1 Marco Contextual

Abrego es uno de los cuarenta municipios que conforman el departamento de Norte de Santander. Está ubicado en la subregión occidental, limitando al Norte con los municipios de Ocaña, La Playa y Hacarí; al oriente con los municipios Sardinata, Bucarasica y Villacaro; al sur con el municipio de Cáchira y al occidente con los municipios La esperanza y San Alberto, este último perteneciente al departamento del Cesar. Entorno Departamental y Provincial.(Secretaria de Planeación, 2001)



*Figura 1 Ubicación geográfica del municipio de Abrego
Fuente: Secretaria de Planeación del Municipio, 2001*

Por tamaño, Abrego es el segundo municipio más grande de la provincia de Ocaña con un total de 1.372 kilómetros cuadrados, equivalentes al 18% de la superficie departamental, como se aprecia en la Tabla 1.(Secretaria de Planeación, 2016)

Tabla 1: División político-administrativa

| MUNICIPIO | CANT. VEREDAS | EXT.KM2 POT | EXT. KM2 IGAC | % PARTICIPACION TERRITORIAL |
|-----------|---------------|-------------|---------------|-----------------------------|
| ABREGO | 128 | 1372,147 | 1381,67 | 18% |

Fuente: Secretaria de Planeación, 2001

3.2 Antecedentes

Los Sistemas de Alerta Temprana Climatológico han tomado un gran auge en la actualidad, se establecen como una herramienta eficaz y confiable para prevenir diversos tipos de catástrofes naturales. Un SATC tiene por objetivo principal alertar a la comunidad con anterioridad ante un evento extremo, permitiendo que se ponga en marcha las políticas fijadas en el Plan Municipal de Gestión del Riesgo. Debido a esto, es prioritario que todo municipio del país cuente con su respectivo SATC.

- En el año 2006, se organizó la tercera conferencia internacional sobre Alerta Temprana Titulada “del concepto a la acción”, está brindando la oportunidad de presentar nuevos e innovadores proyectos de alertas tempranas y discutir las diferentes amenazas de todo el mundo, así como la forma de reducir al mínimo sus impactos mediante la aplicación de alertas tempranas centradas en la población. (Tercera Conferencia Internacional sobre Alerta Temprana, 2006)
- En el año 2010, es implantado en Colombia la Guía Plan para La Gestión del Riesgo, que tiene como propósito orientar a la comunidad educativa en la formulación e implantación de planes para la gestión del riesgo (Ministerio del Interior y de Justicia, 2010)

- El Ministerio de educación de panamá, UNESCO, Comisión Europea en el año 2011, publicaron un manual llamado “MANUAL SOBRE SISTEMAS DE ALERTAS TEMPRANAS 10 Preguntas- 10 Respuestas” el cual brinda información que ayuda a resolver algunas de las preguntas más frecuentes que surgen con el tema (Ministerio de Educación de Panamá & UNESCO, 2011)
- En el año 2012, la comisión del Banco mundial Colombia publicó el “Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia, un aporte para la construcción de políticas públicas”, el cual muestra cuatro factores por los cuales el riesgo está aumentando, destacando que esto se debe más a la inadecuada gestión territorial, sectorial y privada, que por factores externos como el cambio climático. (Banco Mundial Región de América Latina y El Caribe, 2012)
- La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres Sistema Nacional de Gestión del Riesgo público en el año 2013 la Guía Metodológica para la Elaboración de la Estrategia de Respuesta Municipal “Preparación para el Manejo de Emergencias y Desastres”, la cual es una herramienta primordial y muy útil a la hora de generar un plan de gestión del riesgo, debido a que brinda una guía y ayuda para su elaboración.(Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres UNGRD, 2013)
- En el año 2015 se publicó en la revista de la Universidad de Pamplona, Bochalema – Sistema de Alerta Temprana, el objetivo del proyecto es diseñar el Sistemas de Alerta Temprana debido que el municipio no cuenta con acciones de prevención y mitigación

del riesgo.(Laverde & Rivera, 2015)

3.3 Estado del arte

3.3.1 Nivel internacional:

The next generation of NWP: explicit forecasts of convection using the weather research and forecasting (WRF) model: The performance of daily convection forecasts from 13 May to 9 July 2003 using the Weather Research and Forecast (WRF) model is investigated. Although forecasts using 10-km grid spacing and parameterized convection are not lacking in prediction of convective rainfall, fully explicit forecasts with a 4-km grid spacing more often predict identifiable mesoscale convective systems (MCSs) that correspond to observed systems in time and space. Furthermore, the explicit forecasts more accurately predict the number of MCSs daily and type of organization (termed convective system mode). The explicit treatment of convection in NWP does not necessarily provide a better point specific-forecast, but rather a more accurate depiction of the physics of convective systems.

El sistema de pronóstico experimental del Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA): Este trabajo documenta las características del Sistema de Pronóstico Experimental del para ello se describen no sólo las componentes de este sistema, sino también se presentan genéricamente cuáles son los productos que se proveen a través de Internet. Asimismo, se discuten diversas alternativas que tienden a que el usuario obtenga más información acerca de la confiabilidad y/o la certeza de los pronósticos. En particular se discuten dos de los productos recientemente incorporados, que son la verificación operativa de la calidad de los pronósticos y los pronósticos probabilísticos de precipitación. Esta divulgación se realiza con el objeto de

informar a la comunidad de usuarios potenciales, cuáles son las posibilidades que ofrece una herramienta como ésta y para reflexionar acerca de cuáles son las perspectivas para el desarrollo del pronóstico numérico en la Argentina.

La Universidad Nacional de La Plata, Argentina (UNLP) desarrolla un sistema de alerta temprana por lluvias: Instalan una red de pluviómetros que permite anticipar el riesgo de inundaciones en la ciudad. Investigadores de la Facultad de Informática, con el apoyo de un equipo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, desarrollan un sistema de alerta por precipitaciones, conformado por una red de pluviómetros que plasman datos en tiempo real sobre una plataforma web.(Universidad de la Plata, 2016)

Sistemas de Alerta Temprana, salvaguardan a población, Ciudad de México: Ciudad de México.- Los Sistemas de Alerta Temprana funcionan como herramientas que avisan en tiempo y forma sobre los riesgos a los que se expone la población, a fin de protegerla y disminuir los daños ocasionados por diversos fenómenos. Por su ubicación geográfica, México está expuesto a diferentes fenómenos perturbadores, que pueden ser hidrometeorológicos, geológicos, químico-tecnológicos, y sanitario-ecológicos, por lo que es relevante un sistema de aviso, expone la Cámara de Diputados en su página de Internet.(Sistema Nacional de Protección Civil, 2016)

Un sistema de alerta sísmica temprana para el sur de la Península: Por primera vez, un equipo de investigadores ha demostrado la viabilidad de un sistema de alerta temprana para detectar terremotos en el sur de la península ibérica, incluyendo las aguas colindantes, la costa de Portugal y el norte de África. Precisamente entre el cabo de San Vicente y el golfo de Cádiz se

han producido los mayores terremotos conocidos de la historia: el de Lisboa de 1755 y el de las costas de Huelva en 1969. “Es el primer estudio que se ha hecho para esta zona y supone la base de un sistema EEWS (de alerta sísmica temprana, por sus siglas en inglés) si se deseara implementar en España”, afirma Elisa Buform, catedrática de Geofísica y Meteorología de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y una de las autoras de la investigación.(Carranza, Buform, & Zollo, 2015)

3.3.2 Nivel nacional:

Validación De Los Pronósticos De Precipitación Con Los Modelos Gfs, Mm5, Wrf, Cmm5

Y Cwrf Sobre El Territorio Colombiano: Con el objeto de identificar y establecer cuál de los modelos operacionales disponibles en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM logra identificar de manera aceptable los patrones de comportamiento de las variables precipitación, se realiza la validación estadística de los resultados obtenidos por los modelos de simulación numérica del tiempo GFS, MM5 y WRF y los modelos de Clima CMM5 y CWRF sobre el territorio Colombiano durante los años 2010, 2011 y 2012. Para lo cual se cuenta con los datos de observaciones de las estaciones meteorológicas que conforman la red operativa de alertas hidrometeorológicas. A través de diagramas de Taylor se muestran los estadísticos RMSE, desviación estándar y correlación. En particular, el modelo GFS, para pronóstico de tiempo y el CWRF para predicción climática, presentaron los menores errores en la representación de la precipitación analizada.

El Cambio Climático Global Y Su Manifestación En Colombia: Con base en análisis del comportamiento de largo plazo en diferentes componentes del sistema climático (particularmente

de la atmósfera y océano) se presenta la manifestación del cambio climático en Colombia; se presenta igualmente los resultados preliminares de la construcción simulada de las condiciones de clima que se podrían observar a finales del siglo XXI sobre el territorio colombiano bajo el escenario de una duplicación del dióxido de carbono atmosférico. (Pabón, 2009)

3.4 Marco Legal

- Trayendo a colación ley 99 de 1993, enfocados en el régimen ambiental
 - La biodiversidad debe ser protegida
 - Las zonas de páramo, subpáramo, los nacimientos de agua y las zonas de recarga acuífera serán objeto de protección especial
 - El paisaje por ser patrimonio común deberá ser protegido
 - La Prevención de desastres será materia de interés colectivo y las medidas tomadas para evitar o mitigar los efectos de su ocurrencia serán de obligatorio cumplimiento

- En Colombia se cuenta con normativa ambiental como es el artículo 3° de la Ley 387 de 1997, es responsabilidad del Estado colombiano formular las políticas y adoptar las medidas para la prevención del desplazamiento forzado (Congreso de la República de Colombia, 1997).

- Que el Decreto 250 de 2005, por el cual se expide el Plan Nacional para la Atención Integral a la Población Desplazada por la Violencia y se dictan otras disposiciones, establece que para la coordinación, verificación de los informes de riesgo emanados de la

Defensoría del Pueblo y la orientación de recomendaciones integrales pertinentes a las diferentes autoridades estatales nacionales o locales, el CIAT debe diseñar protocolos y rutas de acción para coordinar las medidas preventivas y protectoras, así como poner en marcha mecanismos de seguimiento a las respuestas generadas ante la situación de riesgo y vulnerabilidad de las zonas objeto de alerta (Ministerio del Interior y de Justicia, 2005).

- Que de acuerdo con el artículo 5° de la Ley 1106 de 2006, los Gobernadores y Alcaldes deberán atender de manera urgente las recomendaciones y alertas tempranas emanadas del Gobierno Nacional, especialmente del Ministerio del Interior y de Justicia, tendientes a prevenir, atender y conjurar las situaciones de riesgo que alteren el orden público, y las posibles violaciones a los Derechos Humanos o el Derecho Internacional Humanitario (Congreso de la República de Colombia, 2006).
- En el año 2010 el Decreto 2780 establece el Comité Interinstitucional de Alertas Tempranas, CIAT, como un grupo de trabajo interinstitucional encargado de coordinar una respuesta ordenada y oportuna frente a los Informes de Riesgo (Focalizados y de Alcance Intermedio) y las Notas de Seguimiento provenientes del Sistema de Alertas Tempranas, SAT de la Defensoría del Pueblo (Ministerio del Interior y de Justicia, 2010).
- Que mediante el Decreto 2862 del 27 de julio de 2007, se conforma y reglamenta el Comité Interinstitucional de Alertas Tempranas (CIAT) (Ministerio del Interior y de Justicia, 2007).

- Que el Decreto 4530 de 2008 le asigna al Ministerio del Interior y de Justicia (artículo 1°), la función de formular la política de Gobierno en materias relativas al orden público interno en coordinación con el Ministro de Defensa Nacional en lo que a este corresponda; a los asuntos políticos; la convivencia ciudadana y los Derechos Humanos; así como (artículo 3°) formular, coordinar, evaluar y promover la política de Estado en materia de seguridad, convivencia ciudadana y la protección de los Derechos Humanos en coordinación con las demás entidades del Estado competentes; (artículo 6°, numeral 16) Impartir instrucciones a la Policía Nacional para la conservación y el restablecimiento del orden público interno en aquellos asuntos cuya dirección no corresponda al Ministro de Defensa Nacional (Ministerio del Interior y de Justicia, 2008).
- Que la Honorable Corte Constitucional en el Auto 08 de 2009, de seguimiento a la sentencia T-025 de 2004, se refiere en el numeral III.5.1, a los vacíos protuberantes en la política de prevención del desplazamiento y particularmente en lo que compete al CIAT, señala... "continúa faltando el desarrollo de un sistema nacional de prevención del desplazamiento propiamente dicho que, entre otras cosas... (iv) supere el análisis puramente coyuntural activado por los informes de riesgo presentados por la Defensoría del Pueblo; (v) establezca mecanismos y protocolos técnicos para desvirtuar objetivamente los informes de riesgo; (vi) permitan mantener por un tiempo prudencial las medidas de protección a bienes y personas, así no se declare la alerta temprana; (vii) cuente con un sistema de información adecuado para valorar los riesgos, que tenga en cuenta otros sistemas de seguimiento existentes sobre la evolución del conflicto armado y el orden público y sobre violaciones de derechos humanos, de tal manera que sea posible

establecer mecanismos adicionales para la prevención del desplazamiento... (ix)

Retroalimente el sistema de protección individual a líderes y personas desplazadas a cargo del Ministerio del Interior y de Justicia; y (x) dé una respuesta estatal oportuna, coordinada y efectiva ante los informes de riesgo señalados por la Defensoría del Pueblo y ante las declaratorias de alerta temprana que emita el CIAT"(Ministerio del Interior y de Justicia, 2010).

- En la ley 1551 de 2012 se dictan normas para la modernización, organización y el funcionamiento de los municipios (Congreso de la República de Colombia, 2012).
 - Uno de los principios rectores de la administración municipal: o Promover la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.
 - Una de las funciones que corresponden al municipio: o Planificar el desarrollo económico, social y ambiental de su territorio, de conformidad con la Ley y en coordinación con otras entidades. o Velar por el adecuado manejo de los recursos naturales y del medio ambiente, de conformidad con la Ley.

- Ley. 1523 de 2012 por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones (Congreso de la República de Colombia, 2012a).
 - La gestión del riesgo es responsabilidad de todas las autoridades y habitantes del territorio Colombiano.

En cumplimiento de esta responsabilidad, las entidades públicas, privadas y comunitarias desarrollarán y ejecutarán los procesos de gestión del riesgo,

entiéndase: conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres, en el marco de sus competencias, su ámbito de actuación y su jurisdicción, como componentes del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

3.5 Marco teórico

3.5.1 Sistema de alerta temprana

La importancia al implementar un SAT subyace en la posibilidad de conocer anticipadamente y con un nivel confiable, algún evento adverso y consiguientemente una amenaza que pueda afectar potencialmente la integridad de la comunidad. Por ende es vital que las alertas se anuncien con un lapso adecuado y sinérgicamente contar con la ayuda de la comunidad, debido a que el éxito de un SAT radica considerablemente en la colaboración y el grado de compromiso que refleje la población.

En Colombia se han venido presentando, en los últimos años, eventos de precipitaciones con alta intensidades y corta duración; los cuales han venidos aumentando significativamente y como resultado se ha disparado la frecuencia de eventos como: Deslizamientos e inundaciones, afectando a la comunidad más de vulnerable.

En vista de la problemática presentada en el municipio de Abrego Norte de Santander, se ve la necesidad de crear y poner en marcha el SAT, el cual ayuda a identificar y prevenir amenazas de riesgo que conllevan a ruinas, pérdidas humanas, hambres; convirtiéndose en una estrategia muy valiosa para monitorear, vigilar, comunicar, activar alarmas y diseñar un plan de evacuación ante

cualquier eventualidad. Con la creación y activación del SAT el municipio tendría un mecanismo de cómo solventar las amenazas que se identificaran.

La materialización de estos riesgos en desastres, afectan el desarrollo del país e impiden y retrasan el logro de las metas de bienestar social trazadas por el Gobierno. Como consecuencia de las grandes pérdidas sufridas por la ocurrencia del fenómeno de La Niña 2010 – 2011 y en el ámbito de la agenda que en materia de Gestión del riesgo de desastres que el Banco Mundial ha mantenido desde 1999 con el Gobierno colombiano, el Departamento Nacional de Planeación solicitó el apoyo de la institución para llevar a cabo una evaluación integral de las políticas de gestión del riesgo, así como en la formulación de recomendaciones estratégicas a corto y largo plazo, que contribuyan a reducir la afectación de la población y el impacto económico de los desastres. (Banco Mundial Región de América Latina y El Caribe, 2012)

La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres Sistema Nacional de Gestión del Riesgo, publicó en el año 2013 la Guía Metodológica para la Elaboración de la Estrategia de Respuesta Municipal “Preparación para el Manejo de Emergencias y Desastres”, la cual es una herramienta fundamental y muy útil debido a que brinda una guía y ayuda para la elaboración de los planes de gestión del riesgo.

3.5.1.1 Los cuatro pasos de los SATs

Según la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), “Los sistemas de alerta temprana incluyen tres elementos, a saber: conocimiento y mapeo de amenazas; monitoreo y pronóstico de eventos inminentes; proceso y difusión de alertas comprensibles a las autoridades

políticas y población, así como adopción de medidas apropiadas y oportunas en respuesta a tales alertas”(UGRD, 2015)

El primer paso de conocimiento y mapeo de amenazas se debe hacer de forma regular y mantenerlo actualizado. Para saber de qué nos tiene que alertar el sistema, hemos de tener un mapa de amenazas claro y ponderado que nos permita identificar el tamaño del peligro que se acerca. Generalmente, los sistemas multiamenaza no suelen ser muy efectivos, así que si un territorio se encuentra dentro de una zona de riesgos múltiples, es conveniente que cuente con diversos sistemas de alerta temprana (ONU, 2007)

El cambio climático está dificultando este primer componente para todas las amenazas relativas a fenómenos hidro-meteorológicos. El cambio de los patrones térmicos trastorna el conocimiento de ciclones y sequías, y exige una revisión continua de su evolución y nuevos mapeos.

El segundo componente, relativo al monitoreo y pronóstico de eventos, es el que requiere la mayor dedicación de recursos humanos y financieros. Una vez identificada la amenaza, la vigilancia no cesa. Los diferentes tipos de eventos hacen muy diversa la forma de actuar en esta fase. Para las amenazas climáticas de implementación lenta (sequías fundamentalmente), el monitoreo es un factor básico. Para otras, de implementación rápida, generalmente asociadas a lluvias y ciclones, el pronóstico meteorológico es fundamental. Para eventos sísmicos, el margen de incertidumbre suele ser mayor, aunque se están realizando buenos avances en lo relativo a monitoreo.

En el tercer paso, el de alerta, vira del ámbito científico al político. Con la información en la mano y nunca con un grado de certeza del 100%, se tiene que decidir si se alerta a la población y en qué grado.

El miedo a que un SAT se convierta en el “Sistema del Pastorcillo Mentiroso” motiva a ser comedido en la alerta. La EIRD hace bien en citar la toma de medidas como un cuarto componente de los SAT, o primero de una siguiente fase. Esta conexión que parece obvia es muy difícil de conseguir. No se trata sólo de la decisión política, sino que también incluye el desarrollo y mantenimiento de sistemas de preparación para respuesta. Lo caro no son las sirenas que avisan ante un desastre (aunque detrás de la sirena esta todo el SAT y la decisión de activarla); lo costoso es tener preparada una evacuación en proporción a la amenaza y poder ejecutarla. De nada sirve lo primero si no se desarrolla y mantiene en el tiempo lo segundo (ONU, 2007).

3.5.2 Clasificación y zonificación climática del municipio de Abrego Norte de Santander

El clima es el principal condicionante en el crecimiento y desarrollo de las plantas, además juega un papel importante en todas las actividades humanas. Se convierte en un elemento a tener en cuenta en todos los procesos de planificación; ya que condiciona la explotación técnica y el aprovechamiento de los suelos. Exige de una agrupación de las regiones que presentan condiciones climáticas similares, y en lo posible que suministre datos sobre la disponibilidad de humedad presente en el suelo para el uso de la vegetación.(Secretaria de Planeación, 2001)

3.5.2.1 Aspectos Generales del Clima en el Departamento de Norte de Santander

3.5.2.1.1 Distribución Espacial de la Lluvia

Las zonas de mayor pluviosidad se presentan en ambas vertientes de la cordillera Oriental, con valores que superan los 2500 mm como promedio anual, corresponden al noreste, en la cuenca del Catatumbo (municipio de Tibú, sureste, en la cuenca del Margua (municipio de Toledo), y al extremo occidental, en la cuenca de los ríos San Alberto del Espíritu Santo y Cáchira del Espíritu Santo (municipio de Cáchira).

Esta alta pluviometría está relacionada con el efecto de estancamiento, generado a uno y otro lado de la cordillera, particularmente por el costado oriental, o sea por la fachada Catatumbo - Maracaibo. El citado efecto se refiere a la acumulación de nubes en determinados niveles altimétricos, donde producen abundantes lluvias. El efecto es menos marcado, por la vertiente que da al Magdalena, de manera especial a comienzos de año, cuando son más intensos los vientos alisios del noreste, por la posición del relativo abrigo. (Secretaría de Planeación, 2001)

Las zonas de menor lluvia (menos de 1000 mm de promedio anual) están diseminados en tres centros: alrededores de Cúcuta, norte de Abrego y Serranía de Santurbán. En las dos primeras domina un sistema general de vientos locales de tipo valle - montaña, en depresiones a altitudes baja y media; en la Serranía Santurbán el carácter de baja pluviometría lo imprimen los vientos divergentes con mayor acción a altitudes superiores a 3500 msnm.

3.5.2.1.2 Distribución Temporal de las Lluvias

El estudio del régimen pluviométrico o distribución temporal de las lluvias complementa el de la distribución espacial. Como el resto de Colombia, Norte de Santander recibe los efectos de los vientos que influyen en el continente y que son los responsables del régimen pluviométrico del país; los vientos son los alisios del noreste, que soplan de diciembre a marzo, originando la época de sequía, especialmente en la región Caribe, y los alisios del sureste, que dejan sentir su influencia en julio y agosto, hasta los 8° de latitud norte, con mayor impacto en la vertiente exterior de la cordillera Oriental.

Entre los sistemas de los vientos se encuentra la zona de convergencia intertropical (CIT) cuyo desplazamiento en las latitudes bajas de Suramérica a lo largo del año marca un tiempo ciclónico, nublado y lluvioso, y con ello su estacionalidad, relacionada con la duración de las épocas lluviosas. Se puede así establecer dos regímenes diferenciados: el bimodal o ecuatorial, dominante en Norte de Santander caracterizado por la ocurrencia de dos períodos de mayores lluvias, y el monomodal o tropical en el cual a una época de mayores lluvias sigue una de menores lluvias.

En el régimen bimodal la primera época de mayores lluvias se extiende, por lo general, de marzo a junio y la segunda lo hace de septiembre a noviembre. Se pueden apreciar, no obstante, algunas diferencias espaciales en cuanto a la iniciación y duración de las épocas lluviosas; así por ejemplo, en Pamplona, Cúcuta, Sardinata y Tibú, la primera temporada de lluvias está centrada en el mes de abril, mientras que en Abrego y San Calixto está en mayo y julio, respectivamente. En términos de la segunda temporada, en la mayor parte del departamento se encuentra centrada en octubre, con excepción de San Calixto donde se presenta en diciembre. (Secretaría de Planeación, 2001)

3.5.2.1.3 Distribución Espacial de la Temperatura

Los pisos térmicos son consecuencia de la distribución territorial de la temperatura, expresada por una variación vertical, esto es, que a cada nivel altimétrico corresponde una temperatura específica que depende, además, del grado de la pendiente y del contenido de humedad del lugar. Como en Norte de Santander se diferencian las regiones de tierras bajas y las de montañas, son evidentes los efectos de los elementos y factores climáticos, que generan los pisos cálido, templado, frío y paramuno. (Secretaria de Planeación, 2001)

Piso térmico cálido: Localizado entre los 0 y 1000 msnm, con una zona de transición hasta 400 metros. La temperatura media anual es superior a 24°C. Predomina en el norte y noreste del departamento, o sea en la parte baja de las subcuencas que integran la cuenca del Catatumbo, y en proporción al occidente del departamento, en la cuenca del San Alberto y Cáchira del Espíritu Santo. (Secretaria de Planeación, 2001)

Piso térmico templado: Comprende la faja altitudinal entre los 1000 y 2000 msnm, con una zona de transición de unos 400 metros. La temperatura media anual está entre 18°C y 24°C.

Piso térmico frío: Comprendido entre los 2000 y 3000 msnm, con una zona de transición de 300 metros. La temperatura media anual va de los 12°C a los 18°C.

Piso térmico paramuno: Este piso se encuentra a partir de los 3000 msnm, con una zona de transición de 400 metros, la temperatura media anual es inferior a los 12°C.

3.5.3 Incendios forestales

Fuego que se extiende sin control, cuyo combustible principal es la vegetación viva o muerta. En Colombia los incendios forestales en su gran mayoría los produce el hombre, por irresponsabilidad, en el uso del fuego, que al existir vegetación (cultivos, bosques, pastos o residuos vegetales) en presencia de vientos, se generan incidentes que afectan la naturaleza y el hombre, esto eventos se pueden PREVENIR.(Alcaldía de Abrego, 2012)



Figura 2: Interacción entre aire, fuego y vegetación

Fuente: cartilla orientadora para la gestión del riesgo en incendios forestales en el marco de la ley 1523 de 2012

3.5.3.1 Ministerio del ambiente y desarrollo sostenible vs incendios forestales

En el marco de la Constitución, formula políticas, leyes, normas reglamentarias, estrategias, fija criterios y orientaciones técnicas, para evitar la presencia de los incendios forestales, que los servidores públicos y los particulares deben cumplir. Igualmente hace seguimiento y evaluación, de los factores de riesgo.

En coordinación con La Unidad Nacional para Gestión del Riesgo de Desastres, se trabaja coordinadamente desde 1991 en ese entonces con el INDERENA y posteriormente con el Ministerio de Ambiente, en el marco del DL.919 de 1989 y a la fecha con los mandatos de la nueva Ley 1523 de 2012, a través de la Comisión Nacional Asesora para la Prevención y Mitigación de Incendios Forestales, que ha permitido desarrollos importantes, como base para continuar en el proceso de PREVENIR los Incendios forestales.(Alcaldía de Abrego, 2012a)



Figura 3: Herramientas del Ministerio del ambiente y desarrollo.

Fuente: cartilla orientadora para la gestión del riesgo en incendios forestales en el marco de la ley 1523 de 2012

3.5.3.2 Elementos básicos del plan nacional de prevención, control de incendios forestales restauración de áreas afectadas-pncifra del año 2002:

Tiene como objetivo establecer los lineamientos de orden nacional para la prevención, control y restauración de las áreas afectadas por los incendios forestales, mitigando su impacto y

fortaleciendo la organización nacional, regional y local con programas a corto (3 años), mediano (10 años) y largo plazo (25 años)(Alcaldía de Abrego, 2012a)

Es un documento de política que orienta las acciones a nivel nacional en materia de incendios forestales. Tiene 4 programas, bases para desarrollar acciones a nivel local, regional o nacional, de parte de todas las entidades, cada una en su competencia en materia de gestión del riesgo en incendios forestales.



Figura 4: Programas a nivel local.

Fuente: Cartilla orientadora para la gestión del riesgo en incendios forestales en el marco de la ley 1523 de 2012

3.5.3.3 Elementos básicos de la estrategia de corresponsabilidad social en la lucha contra los incendios forestales-eclif de 2011

Activar la participación de actores sectoriales e institucionales y comunidad en general, para generar la cultura de la prevención, sensibilizando, capacitando, divulgando, sobre las causas y

consecuencias de los incendios forestales así como comprometiendo acciones que eviten la presencia de los incendios forestales, con el fin de proteger los recursos naturales, en especial la biodiversidad como lo indican las políticas de estado.

Se constituye en un documento guía de cómo hacer gestión para la prevención de los incendios forestales y como se pueden vincular todos los actores tanto del sector público como privado, la comunidad en general y ONG, como un principio fundamental de la política ambiental de Colombia.

3.5.3.3.1 Ejes de la estrategia:

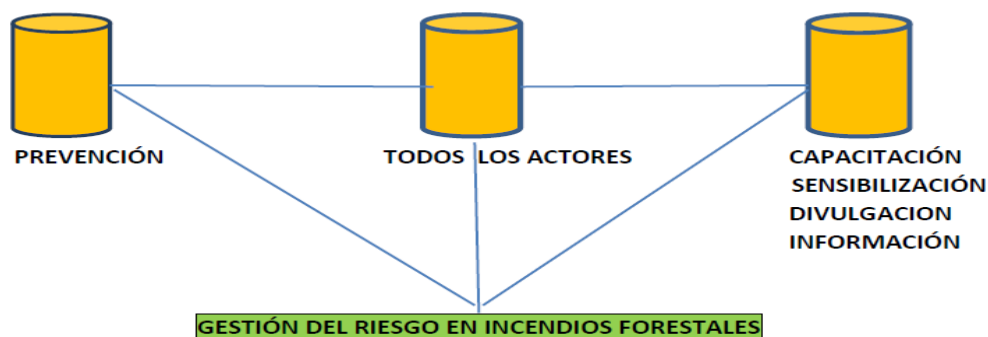


Figura 5: Ejes de la gestión del riesgo ante incendios.

Fuente: Cartilla orientadora para la gestión del riesgo en incendios forestales en el marco de la ley 1523 de 2012

3.5.3.3.2 Prevención

Implica el conocimiento de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo en incendios forestales, la preparación para evitarlos y estar preparados cuando se presentan estos eventos.

Los planes de contingencia en incendios forestales (hoy planes de gestión del riesgo en incendios forestales, en el marco de la Ley 1523 de 2012), se constituyen, en un pilar fundamental en la

gestión del riesgo en incendios forestales y deben estar involucrados en los Planes de gestión del riesgo de los municipios, gobernaciones y el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres(Alcaldía de Abrego, 2012)



Figura 6: Planes de articulación, municipal, regional y departamental.

Fuente: cartilla orientadora para la gestión del riesgo en incendios forestales en el marco de la ley 1523 de 2012

3.5.3.3.3 Todos los actores:

En la estrategia se enumeran los roles principales de cada actor, aquí se indica únicamente el del alcalde municipal, y las acciones más importantes, como primera autoridad local para evitar la presencia de los incendios forestales en el municipio

- Elaborar los Planes de gestión del riesgo para incendios forestales e involucrarlos en los planes de gestión del riesgo de desastres del municipio.
- Implementar medidas de vigilancia y alerta en épocas de condiciones secas. Para lo cual se pueden conformar las redes de vigía rural-RVR, que son miembros de la comunidad rural, los cuales pueden detectar a nivel de predio y vereda la presencia de fuego y

comunicarla inmediatamente a la alcaldía; para de esta manera activar las medidas de control y extinción.

- Diseñar y ejecutar programas de sensibilización, concientización, divulgación e información a la comunidad en general, sobre las causas, consecuencias y como evitar los incendios forestales.
- Conocer las causas de los incendios forestales en el municipio y una vez conocidas generar acciones para eliminarlas.

3.5.4 Curvas de variación estacional

Estas curvas representan la variación de la precipitación durante los meses del año y brindan una idea clara de cuáles serían las probabilidades de excedencia de precipitación en estos meses, estas se realizaron para probabilidades de excedencia (%) de 5,10, 20, 50, 85, 90 y 95.

3.5.5 Curvas de intensidad duración y frecuencia (IDF)

En la figura 7. Se pueden observar un ejemplo de curvas IDF.

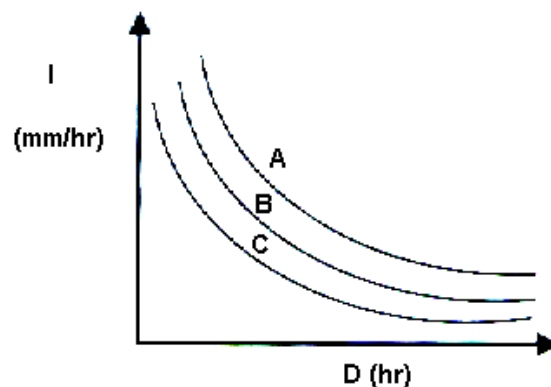


Figura 7: Curvas IDF

Fuente: Modulo 2. Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia, Sociedad Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos LTDA.

Con;

D = Duración en horas.

I = Intensidad de precipitación en mm/hr.

A, B y C = representan distintos períodos de retorno en años.

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno (Témez, 1978). Junto con la definición de las curvas, surgen otros elementos a considerar, como son la intensidad de precipitación, la frecuencia o la probabilidad de excedencia de un determinado evento. Por ello, es de suma importancia tener claro el concepto de cada una de estas variables, de modo de tener una visión más clara de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia.(Pizarro, Flores, Sangüesa, & Martínez, 2003)

En este sentido, se debe destacar que la intensidad, según Chow *et al* (1994), se define como la tasa temporal de precipitación, o sea, la profundidad por unidad de tiempo (mm/hr), y ésta (Ecuación 1) se expresa como:

$$i = \frac{P}{Td}$$

Donde P es la profundidad de lluvia en mm o pulg, y Td es la duración, dada usualmente en hr.

Es importante señalar, que cuando sólo se dispone de un pluviómetro en una estación, sólo se puede conocer la intensidad media en 24 horas. Esta información puede inducir a grandes errores

por defecto, por cuanto las lluvias de corta duración son en general las más intensas.(Pizarro et al., 2003)

Es natural entonces que las determinaciones de intensidades de lluvia se hagan a partir de los registros proporcionados por los pluviógrafos.(Pizarro et al., 2003)

Algunos conceptos claves:

- **Intensidad (I).** Se puede definir como el volumen de precipitación o altura equivalente de precipitación por unidad de tiempo (mm/hora) y se expresa como $I = P / Td$ (Ven TeChow, 1994), donde P = Lámina de agua lluvia (mm) y Td = Duración (horas)
- **Duración (Td):** Es el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la precipitación considerado como evento.
- **Frecuencia (F):** Se considera como una medida de la probabilidad de ocurrencia de que un evento sea igualado o excedido por lo menos una vez al año, expresada en función del periodo de retorno
- **Periodo de retorno:** Es la probabilidad de que un suceso ocurra por término una vez en un periodo de N años
- **Probabilidad:** Es la posibilidad de que un evento se efectúe o de que no se realice y se expresan como fracciones o decimales que se encuentran en el rango de cero a uno; donde una probabilidad de cero significa que algo nunca va a suceder, una probabilidad de uno indica que algo va a suceder siempre.

- **Pluviograma:** Curvas dos direcciones elaborados por los pluviógrafos que presentan una escala en el eje “x” que indica el tiempo, en divisiones por horas y subdivisiones cada 10 minutos, en el eje .y. se encuentra una escala de 0 a 10 que indica la cantidad de precipitación en mm de cada evento.
- **Método Gumbel:** La distribución Gumbel se utiliza para el cálculo de los valores extremos de variables meteorológicas (entre ellas precipitaciones y caudales máximos) y es uno de los métodos más empleados para estudiar precipitaciones máximas de 24 horas.
- **Asimetría:** El concepto de asimetría se refiere a si la curva que forman los valores de una serie presenta la misma forma a izquierda y derecha de un valor central (media aritmética) y se determina mediante el coeficiente Fisher de simetría.

3.5.5.1 Construcción de las Curvas IDF.

La construcción de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), según diversos autores, plantean distintas formas o métodos para su construcción. Para Aparicio (1997) existen dos métodos; el primero, llamado de intensidad - período de retorno, relaciona estas dos variables para cada duración por separado, mediante alguna de las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología.(Pizarro et al., 2003)

El otro método relaciona simultáneamente la intensidad, la duración y el período de retorno en una familia de curvas, cabe resaltar que se basa en la ecuación dada por Bernard, 1932, cuya ecuación es:

$$I = \frac{K * T^m}{(d)^n}$$

Donde k, m, n y c son constantes que se calculan mediante un análisis de correlación lineal múltiple, y en tanto que I y d corresponden a la intensidad de precipitación y la duración, respectivamente. Por otra parte, Chow et al (1994), plantean dos formas de trabajar con las curvas. La primera, utiliza un análisis de frecuencia de la lluvia, considerando para ello una función de distribución de probabilidad de valor extremo como la función Gumbel. El segundo método, expresa las curvas IDF como ecuaciones, con el fin de evitar la lectura de la intensidad de lluvia de diseño en una gráfica. Wenzel (1982), citado por Chow et al (1994), dedujo para algunas ciudades de los Estados Unidos, algunos coeficientes para utilizarlos en una ecuación (3) de la forma:

$$I = \frac{c}{(Td^e + f)}$$

Donde I es la intensidad de lluvia de diseño, y Td la duración, en tanto c, e y f son coeficientes que varían con el lugar y el período de retorno. Por otro lado, Varas y Sánchez, citado por EULA (1993), han propuesto otra metodología para el diseño de las curvas IDF. Dicho procedimiento plantea la siguiente expresión (4) para estimar las intensidades máximas, para distintos períodos de retorno y duraciones:

$$P_{t,T} = K * P_{10,D} * C_{d,t} * C_{f,T}$$

Dónde:

$P_{t,T}$ = Lluvia con período de retorno de T años y duración t horas en (mm).

K = Coeficiente para obtener la lluvia máxima absoluta en 24 horas en función del valor máximo diario (k= 1,1).

$P_{10,D}$ = Lluvia Máxima diaria con 10 años de período de retorno.

$C_{d,t}$ = Coeficiente de duración para t horas.

$C_{f,T}$ = Coeficiente de frecuencia para T años de período de retorno.

Entonces, la intensidad máxima de precipitación queda dada:

$$I_{t,D} = \left(\frac{\text{mm}}{\text{hr}} \right) = \frac{P_{t,D}}{d}$$

Dónde: d = Duración en hr.

Siguiendo esta metodología, se pueden diseñar las curvas IDF en aquellas ciudades o zonas en que sólo exista información pluviométrica, para lo cual se deberán seleccionar los coeficientes de duración y frecuencia de la estación pluviográfica más cercana.

3.5.6 Preparativos para la respuesta a emergencias (incendios forestales, deslizamientos e inundaciones)

Alerta: Nivel de alistamiento en el cual se deben encontrar las entidades que por sus funciones son responsables de la gestión del riesgo de los incendios forestales, las inundaciones y/o los deslizamientos en cada una de sus tres etapas, correspondientes al conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastre.

Para el caso de los tres eventos de que trata este protocolo se abarcara la prevención, preparativos, atención, control, liquidación y/o recuperación de las zonas afectadas.

3.5.6.1 Niveles de Alerta

Alerta roja: Para tomar acción. Advierte a los sistemas de prevención y atención de desastre sobre la amenaza que puede ocasionar un fenómeno con efectos adversos sobre la población, el cual requiere la atención inmediata por parte de la población y de los cuerpos de atención y socorro. Se emite una alerta sólo cuando la identificación de un evento extraordinario indique la probabilidad de amenaza inminente y cuando la gravedad del fenómeno implique la movilización de personas y equipos, interrumpiendo el normal desarrollo de sus actividades cotidianas.

Alerta naranja: Para prepararse: Indica la presencia de un fenómeno. No implica amenaza inmediata y como tanto es catalogado como mensaje para informarse y prepararse. El aviso implica vigilancia continua ya que las condiciones son propicias para el desarrollo de un fenómeno, sin que se requiera permanecer alerta.

Alerta amarilla: Para informarse: Este es un mensaje oficial por el cual se difunde información. Por lo cual se requiere a eventos observados, reportados o registrados y pueden contener algunos elementos de pronóstico a manera de orientación. Por sus características pretéritas y futuras difieren del aviso y de la alerta, y por lo general no está encaminado a alertar sino a informar.(Ministerio de Ambiente, 2012)

Detección: Sistema que involucra personal, equipamiento y métodos, con el propósito de descubrir, localizar, clasificar y comunicar la presencia de un fuego, agua, tierra o probable incendio forestal, inundación y deslizamiento a la organización responsable de su atención, control, liquidación y recuperación.

Detección Fija: La detección fija permanente estaba a cargo del personal de Voluntarios de la Defensa Civil de Abrego ubicados en el Municipio, llevaran un registro de las novedades presentadas; reportando novedades a la línea de Emergencias ubicada en el Palacio Municipal (Piso 13) de manera periódica, estos reportes y demás información será registrada en el formato de actividades diarias.

Detección Móvil : La detección o verificación móvil se realizará mediante vehículos (camionetas, maquinas, motos, semovientes) asignadas a cada una de las dependencias o según la disposición del CMGRD – a través de la Secretaria de Gobierno, las cuales serán activadas de conformidad a las necesidades, disponibilidad, niveles de alerta o condiciones de tiempo atmosférico del día.(Ministerio de Ambiente, 2012)

Alarma:

Consiste en el aviso oportuno (en el menor tiempo posible) y eficaz (ubicación) relacionado con el avistamiento o evidencia de la existencia de columnas de humo o focos de fuego, movimientos de tierra y aumentos de caudales de distinta procedencia que pueden originar los incendios forestales, las inundaciones o los deslizamientos y obligan a la activación y movilización de

recursos de las entidades responsables del control, extinción, liquidación y recuperación.
(Ministerio de Ambiente, 2012)

Tabla 2. Estados de alerta.

| STATUS | MEDIDAS |
|------------|---|
| Favorable | <ul style="list-style-type: none"> - Seguimiento de las condiciones climatológicas suministradas por el IDEAM y la CORPONOR. - Seguimiento por parte del punto de detección fijo - Plan Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastre y la Estrategia de Respuesta a Emergencias - Capacitación y formación del personal en operaciones básicas para el control de I.F., Inundaciones y Deslizamientos. - Programas de entrenamiento y coordinación de funciones inter-institucionales. - Diseño de campañas para el conocimiento del riesgo |
| Pre-Alerta | <ul style="list-style-type: none"> - Seguimiento de las condiciones climatológicas suministradas por el IDEAM y la CORPONOR - Seguimiento por parte del punto de detección fijo - Activación preventiva de planes de contingencia para la entidades del SGRD - Diseño de campañas para el conocimiento del riesgo |
| Alerta | <ul style="list-style-type: none"> - Seguimiento de las condiciones climatológicas suministradas por el IDEAM y la CAR - Seguimiento por parte del punto de detección fijo y móvil por parte de la Secretaria de Gobierno y Bomberos Oficiales. |

| | |
|--------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Activación preventiva y ejecución de los planes de contingencia de cada una de las dependencias del SGRD - Desarrollo de las campañas para el conocimiento del riesgo |
| Alarma | <ul style="list-style-type: none"> - Seguimiento de las condiciones climatológicas suministradas por el IDEAM y la CAR - Seguimiento por parte del punto de detección fijo y móvil por parte de la Secretaria de Gobierno y Bomberos Oficiales. - Ejecución de los planes de contingencia de cada una de las dependencias del SGRD - Activación del SGRD - Desarrollo continuo de las campañas para el conocimiento del riesgo |

Fuente: formulación de protocolos en incendios forestales, inundaciones y deslizamientos para la adecuada gestión administrativa(Díaz, 2014)

3.5.6.2 Recursos Y Organización Para La Respuesta

Humano: Para los propósitos de este protocolo, es entendido como los individuos o conjunto de personas con el que cuenta cada una de las entidades que componen el SGRD del municipio de Abrego, el cual está debidamente capacitado y entrenado en la atención y control de incendios forestales, deslizamientos e inundaciones.

Dotación: Para los propósitos del presente protocolo, entiéndase como el conjunto de elementos de protección personal “EPP” y/o elementos de protección complementarios “EPC”, que permiten al personal que atiende los eventos ingresar, combatir, controlar, extinguir y liquidar la emergencia en forma segura.

Equipamiento: Para los propósitos del presente protocolo, entendido como el conjunto de herramientas, equipos y accesorios “HEA” que son empleados por el personal de atención para realizar el ataque directo o indirecto del fuego, el agua o la tierra, implementar maniobras ya sea con agua, motobomba o equipos de remoción de tierra y demás labores inherentes a la atención de los eventos.(Ministerio de Ambiente, 2012)

Activación: La activación inicial de los recursos del SMGRD es a partir de la activación del Cuerpo de Bomberos Voluntarios del Municipio de acuerdo con los niveles de intervención y las necesidades de atención del incidente; en el primer nivel de intervención se desarrolla de forma interna del Cuerpo de Bomberos conforme a los procedimientos institucionales establecidos a través de su central de comunicaciones y a nivel del SMGRD-Secretaria, pero de dos fuentes de información claramente definidas, externa e interna.

Externa: Activación por parte de la Línea de Emergencias denominada “Mercurio” línea 320 4395781 donde se recibe el aviso del incidente por parte de cualquier ciudadano, mediante aviso personal o haciendo uso de medios de comunicación (teléfonos fijo, móvil, radio entre otros) mediante los cuales un ciudadano o entidad reporta la existencia de un Incendio Forestal, deslizamiento o Inundación a la línea de Emergencias y posteriormente a la central de comunicaciones del Cuerpo de Bomberos Voluntarios para la activación de los recursos o unidad operativa de respuesta.

Interna: Activación por diferentes medios o sistemas de comunicación particulares o proporcionados por la entidad, mediante los cuales se genera el aviso de una situación potencial

de incidente forestal, inundación o deslizamiento o de cualquier procedencia, por parte del personal operativo, funcionarios o contratistas de la Dirección de Gestión del Riesgo de Desastre (Secretaría de Gobierno) hacia la central de comunicaciones para la activación de los recursos de respuesta en los distintos niveles.

Dentro de la fase de activación inicial se debe obtener del solicitante la mayor cantidad de información, con claridad y detalles, sobre lugar, hora de inicio, vías de posible acceso, tipo de vegetación, viviendas en riesgo, entre otros detalles, lo cual aunado al número de llamadas que ingresen al sistema puede prever la complejidad y avance del fuego, para determinar la(s) estación(es) a activar de acuerdo con la ubicación y la cantidad de recursos a despachar con el propósito de lograr la mayor oportunidad (atender en el menor tiempo posible) y contundencia (con la mayor cantidad de recursos disponibles para lograr la mejor efectividad). (Ministerio de Ambiente, 2012)

Para garantizar el correcto funcionamiento y establecer un lineamiento a seguir se determinó unos pasos los cuales, se deberán cumplir para determinar un pronóstico fiable para la comunidad.

Todo SATC debe cumplir con un diagrama de flujo, secuencia operativa que garantiza el correcto uso de la información

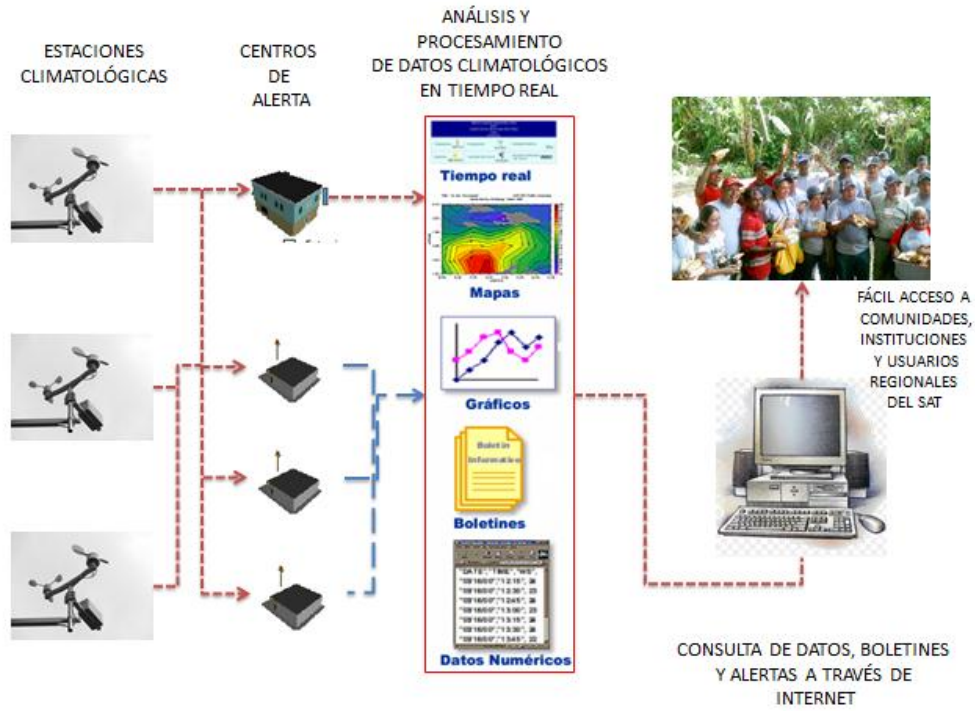
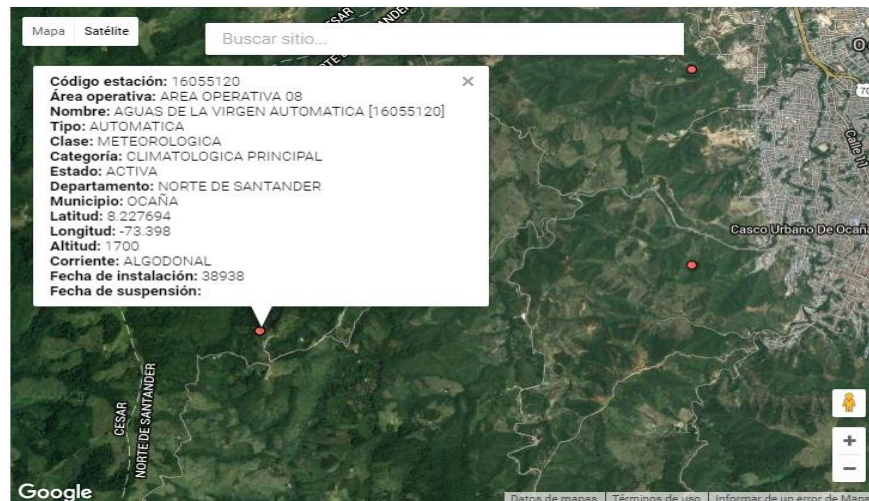


Figura 8. Flujo de Información en un SATC
Fuente: Autor

4. METODOLOGIA

Para poder determinar el comportamiento de variables climatológicas, se realizó la obtención de la serie de datos de seis (6) años, se aplicó un filtrado con el fin de eliminar cualquier error presente en la serie. Una vez filtrado los datos, se empleó el método racional para completar datos de meses faltantes, consecuentemente teniendo en cuenta la serie de datos completa, se implementaron los métodos de estimación de comportamiento de datos: Las Curvas IDF, Las Curvas de Variación Estacional y El método Grafico.

4.1 Procesamiento y análisis de datos climatológicos



*Figura 9. Datos de área de estudio.
Fuente: Google, 2016*

Los Datos climatológicos fueron obtenidos de la estación la virgen, se eligió dicha estación por ser la cercana al municipio de Abrego. Emite los datos en tiempo real.

Se obtuvo variables de: Precipitación, Radiación Solar, Presión, Temperatura, Velocidad y Dirección de los vientos. El tiempo de estudio fue de 6 años de estas variables, el número de

datos que se maneja fue de 151.633 se contó con la ayuda de software como Excel para realizar los diversos cálculos y manipulación de la información.

4.1.1 Procesamiento y Método Racional

Se obtuvieron los datos climatológicos, estos datos fueron ordenados en Excel, para una mejor visualización. Se realizó un filtrado de datos, en cual se eliminaron aquellos que presentaban anomalías.

Obtenidos la serie de datos con espacios en blanco, se procedió a aplicar el método Racional, el cual permite partir desde una secuencia de datos completos de algunos años y estimar los valores faltantes, como se observa en la tabla 2.

4.1.2 Curvas de variación estacional

Se partió de los datos completos, obtenidos en el método racional y que se puede observar en la tabla 4.

1. Se aplicaron dos modelos de distribución: Gumbel y Log normal y a través de la prueba de chi cuadrado se determinó cuál es la distribución que mejor se ajusta a los datos.
2. Se tomaron valores del mes de Enero para aplicarle las distribuciones y realizar la prueba de ajuste y se determinara promedio y varianza de estos datos.
3. Procedió a encontrar los parámetros de las Distribuciones Gumbel y Log normal.
4. Primero se hallaron los parámetros de la función Gumbel: θ (teta) y λ (Landa) necesarios para la realización del método.

5. Se obtuvieron los parámetros de la función Log Normal como se muestran a continuación.
6. Una vez teniendo los resultados de las ecuaciones se procedió a resolver y encontrar las variables:
7. Se aplicó la prueba de bondad de ajuste chi-Cuadrado para determinar que método se ajustaba de mejor manera a la serie de datos.
8. Se realizó la prueba chi- cuadrado para la distribución Log normal.
9. Una vez realizados los chi-cuadrado experimentales, se halló el teórico para comparar cual es la distribución que mejor se ajustó a los datos.
10. Se encontraron los valores de las probabilidades de excedencia para el mes de enero.
11. Se repitió el procedimiento con los demás meses para obtener las curvas de variación estacional.

4.1.3 Construcción de las Curvas IDF.

Para la realizar las curvas IDF se obtuvieron los datos de las precipitaciones máximas en cada uno de los meses de los años. Con el objetivo de hallar el máximo valor de cada año. Una vez obtenidos los valores máximos, se determinaron las variables estadísticas necesarios para realizar la corrección de la lámina, para ello se determinaron el promedio de los valores extremos, la varianza, alfa y el factor miu.

Luego se determinó las precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias basados en los coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración de 24 horas como resultado se obtuvieron los valores de precipitaciones máximas para 2, 5, 10, 25, 50, y 500 años.

Contando con los valores de precipitación máxima, se hallaron seguidamente los valores de intensidad de la lluvia según el periodo de retorno

Con el fin de poder determinar las curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF), se determinaron las variables k y m por medio de una regresión potencial, con el fin de poder determinar estas variables de la ecuación de Bernard (1932)

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

4.1.4 Análisis de las variables climáticas

Luego de contar con la información procedente de la estación climática, el siguiente paso fue determinar el comportamiento de estas variables, con el objetivo de poder prevenir calamidades que afecten a la población Abreguense.

Estas predicciones se pueden realizar por medio del análisis de comportamiento de dichas variables, para este proceso lo más óptimo y recomendable es realizarlo por medio de gráficas, donde relacionen variables entre si y en donde se pueda obtener una idea clara de cómo interactúan y como es su dependencia la una de la otra.

4.2 Diseño del montaje institucional y operativo del sistema de alerta temprana.

El municipio de Abrego Norte de Santander reglamento la Ley 1523 de 2012 (Congreso de la República de Colombia, 2012), definiendo al Sistema Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre como el conjunto de entidades públicas, privadas y comunitarias, de políticas, normas,

procesos, recursos, planes, estrategias, instrumentos, mecanismos, información, que se aplica de manera organizada para garantizar la gestión del riesgo en el municipio. Que el mencionado decreto creo el Consejo Municipal De Gestión Del Riesgo de Desastre en el Municipio de Abrego , como instancia de coordinación, asesoría, planeación y seguimiento, destinados a garantizar la efectividad y articulación de los procesos de conocimiento del riesgo, de reducción del riesgo y de manejo de desastres el cual estará integrado por:

1. Alcalde o su delegado, quién lo preside.
2. Director Municipal de gestión del Riesgo y Desastres.
3. Jefe de la Secretaria de Obras Públicas
4. Jefe de la Secretaria de Planeación
5. Jefe de la Secretaria de Salud y Protección Social
6. Gerente o delegado de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de ABREGO
7. Representante de la Corporación Autónoma Regional Nororiental- CORPONOR.
8. Director o quién haga sus veces de la Defensa Civil
9. Director o quién haga sus veces de la Cruz Roja
10. Comandante de la Estación de Policía.

La formulación de protocolos en Incendios Forestales, Deslizamientos e Inundaciones para la adecuada gestión administrativa del riesgo de desastre se desarrolla de acuerdo a los lineamientos establecidos por el Gobierno Nacional a través de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre, aplicando los criterios estipulados en la Ley 1523 de 2012, el Plan Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastre -PMGRD, la Estrategia de Respuesta a

Emergencias-ERE(Ministerio del Interior y de Justicia, 2009)(Ministerio de vivienda, 2014)(Alcaldía de Abrego, 2012)(Alcaldía de Abrego, 2012)

Se elaboraron los procedimientos respectivos para cada uno de los eventos priorizados en el Plan de Ordenamiento Territorial –POT: Incendios Forestales, Deslizamientos e Inundaciones, definiendo el sistema de detección y alerta, las acciones para la respuesta, los recursos a emplear y movilizar, las actividades para cada entidad participante, la estrategia de intervención y el control y cierre del incidente.(Ministerio de Ambiente, 2012)

5. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Se realizaron las actividades propuestas en la metodología y se obtuvieron los siguientes resultados.

5.1 Diagnostico técnico preliminar de la zona de estudio

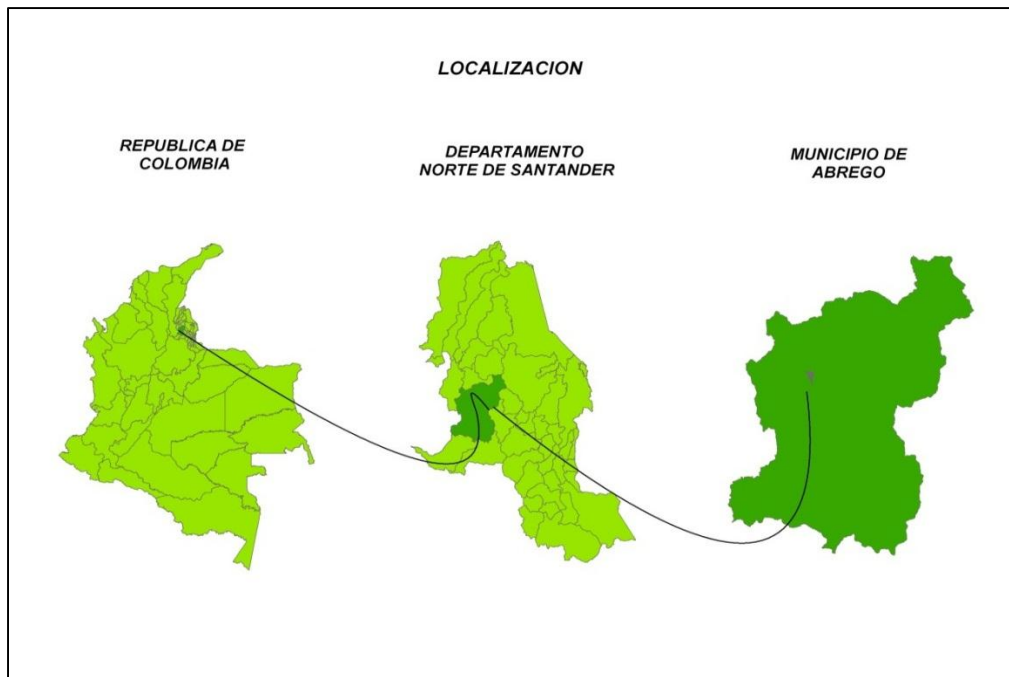


Figura 10. Ubicación, Municipio de Abrego Norte de Santander.
Fuente: (Consejo municipal, 2012)

5.1.1 Descripción Geográfica

El municipio de Abrego Norte de Santander, se ubica en la parte occidente del departamento de Norte de Santander. Cuenta con un área total de 1413.41 Kilómetros cuadrados, goza de una gran variedad de pisos térmicos como lo son: Cálido, Templado, Frío y Páramo. Su temperatura aproximada es de 21° C. Y su precipitación media anual es de 1100 mm. La cabecera municipal se encuentra ubicada aproximadamente en las coordenadas: 08°0'00'' latitud norte y

73°14′00″ Longitud. Se encuentra a una altura aproximada de 1398 m sobre el nivel del mar.(Secretaria de Planeación, 2001)

El municipio de Abrego Norte de Santander, presenta una Topografía quebrada, en la cual se encuentran altos desniveles los más significativos son los del Alto de las Cruces a 3450 msnm y el extremo suroriental, en límites con el departamento del Cesar donde se presenta 300 msnm. Presenta laderas abruptas, profundas disecciones, controlada principalmente por la composición litológica de las rocas aflorantes, por lo que además de sistemas montañosos, aparecen sistemas colinados y depósitos fluviales. Las superficies son muy irregulares y en general es un municipio muy montañoso. El sistema hídrico está compuesto principalmente por los ríos Oroque, Frío, Algodonal, Tarra, Borra y San Alberto.(Secretaria de Planeación, 2001)

5.1.2 Entorno departamental y provincial

Abrego es un municipio que pertenece al Departamento de Norte de Santander, dicho departamento se ubica en la esquina nororiental del país, El departamento reúne una superficie de 21.658 Km² y el 77% de su área se sitúa en la cuenca del Catatumbo. Según el PIB (producto interior bruto) el mayor aporte del departamento de Norte de Santander es en el renglón económico, representado especialmente por el subsector de la construcción y el comercio. Le sigue en importancia el sector primario, representado en las actividades agropecuarias, cuya participación en el PIB ha venido disminuyendo en los últimos años, especialmente a los altos costos en los insumos y a la no tecnificación de diversas actividades.(Secretaria de Planeación, 2001)

En el Departamento Norte de Santander, se identifican tres grandes ciudades en donde surge la mayoría de las actividades económicas, estos son: Cúcuta, Pamplona Y Ocaña. Estos centros se constituyen como ejes sobre los cuales se dinamizan las actividades socioeconómicas del departamento y actualmente son receptores de población rural que se desplaza hacia ellos en búsqueda de seguridad pública, servicios y mejores condiciones de vida, pues el departamento enfrenta gravísimos problemas de orden público por la presencia en su territorio de grupos armados que buscan controlar la zona. ABREGO es el séptimo municipio con mayor población en el departamento.(Secretaria de Planeación, 2001)

Norte de Santander es uno los pocos departamentos en Colombia en los cuales se refleja una identidad sociocultural en torno a las provincias., pese a que estas no son entidades territoriales políticas ni administrativas. ABREGO es un municipio cuyos habitantes poseen un sentido de pertenencia respecto a su provincia. Dicha identidad es un factor de gran importancia por cuanto permite la aceptación social respecto y deviene de un proceso histórico de formación sociocultural.

5.1.3 Jurisdicción municipal

Limites Oficial

Los límites oficiales del Municipio de ABREGO se establecen con las siguientes ordenanzas, como se observan en la tabla 3:

Tabla 3. Límites del Municipio de Abrego.

| ENTIDAD TERRITORIAL | ORDENANZA O NORMA |
|---|---|
| Departamento del Cesar (municipio San Alberto) | Aún no ha sido dictado ningún decreto u ordenanza que limite la zona |
| La Esperanza | Decreto N° 000243 de 1994 |
| Ocaña | Acta de deslinde N°27-05-70 |
| La Playa | Acta de deslinde N°18-05-70 |
| Hacarí | Acta de deslinde N°9-04-70 |
| Sardinata | Acta de deslinde N°10-04-70 |
| Bucarasica | Acta de deslinde N°21-02-70 |
| Villacaro | Acta de deslinde N°16-03-70 |
| Cáchira | Acta de deslinde N° 30-08-73 |

Fuente: (Secretaria de Planeación, 2001)

5.1.4 Organización y división territorial

El municipio de ABREGO, administrativamente está conformado por el perímetro urbano y el sector rural. El sector rural estaba dividido en 7 corregimientos, no obstante estos no cuentan con centros poblados que puedan determinar un corregimiento según la normatividad vigente, de tal forma que la administración municipal decidió no registrar dentro de POT corregimientos propiamente dichos. Por tal motivo se expone en la tabla 4. Las 126 veredas que hacen parte del municipio, agrupadas en áreas cuyos nombres corresponden a los antiguos corregimientos.

(Secretaria de Planeación, 2001)

Tabla 4. Relación de veredas.

| AREA CASITAS | | | AREA EL TABACO | | |
|----------------------|----------|------|------------------------|----------|------|
| VEREDA | EXT. KM2 | % | VEREDA | EXT. KM2 | % |
| 1.Canoas | 23.38 | 1.65 | 63. San José de Belén. | | 0.00 |
| 2. Casitas | 35.24 | 2.49 | 64. San Juan Bautista | 7.69 | 0.54 |
| 3. Cuesta Boba | S.I. | 0.00 | 65. Santa Helena | | 0.00 |
| 4. Primavera | 43.57 | 3.08 | 66. Las Taguas | 19.19 | 1.36 |
| 5. El Roble | 19.87 | 1.41 | 67.La Paz | S.I. | 0.00 |
| 6. El Tigre | 12.22 | 0.86 | AREA CAPITAN LARGO | | |
| 7. El Trapiche | 15.33 | 1.08 | VEREDA | EXT. KM2 | % |
| 8. Loma Verde | 32.13 | 2.27 | 68. Bellavista | 5.28 | 0.37 |
| 9. Nuevo Sol | 26.33 | 1.86 | 69.Capitanlargo | 5.05 | 0.36 |
| 10. Paez | 11.69 | 0.83 | 70. Chapinero | 7.64 | 0.54 |
| 11. Paramito | 16.83 | 1.19 | 71. El Anicillo | 1.87 | 0.13 |
| AREA LA PAZ | | | 72. El arado | 9.21 | 0.65 |
| VEREDA | EXT. KM2 | % | 73. El Higueron | 9.32 | 0.66 |
| 12. Brisas del Tarra | 10.89 | 0.77 | 74. El Potrero | 2.75 | 0.19 |
| 13. El Remolino | 18.00 | 1.27 | 75. El Rosario | 2.85 | 0.20 |
| 14. El Tarra | 26.44 | 1.87 | 76. El Salado | 2.53 | 0.18 |
| 15. La Aguada | 13.58 | 0.96 | 77.Gallinetas | 3.77 | 0.27 |
| 16. La Sierra | 14.73 | 1.04 | 78. La Labranza | 5.17 | 0.37 |
| 17. Urama | 37.36 | 2.64 | 79. La Rojas | 8.64 | 0.61 |
| 18. Los Cedros | 24.21 | 1.71 | 80. Los Asientos | 5.78 | 0.41 |
| 19. Los Osos | 1.62 | 0.11 | 81. Los Llanitos | 5.95 | 0.42 |

| | | | | | |
|------------------------------------|----------|------|--------------------------|----------|------|
| 20. Palmira | 29.98 | 2.12 | 82. Oropoma | 4.08 | 0.29 |
| 21. Paramillo | 33.67 | 2.38 | 83. Sitio Nuevo | 9.17 | 0.65 |
| 22. Quebrada de Paramillo | 11.93 | 0.84 | 84. Uvita Paloquemao | 4.31 | 0.30 |
| 23. San Vicente | 13.43 | 0.95 | 85. Los Curos | 3.54 | 0.25 |
| | | | 86. Maciegas | 5.53 | 0.39 |
| AREA UNION CAMPESINA | | | AREA EL SOLTADERO | | |
| VEREDA | EXT. KM2 | % | VEREDA | EXT. KM2 | % |
| 24. Bajo Pavez | 15.42 | 1.09 | 87. Borra Parte alta | 12.74 | 0.90 |
| 25. Bellavista | 4.33 | 0.31 | 88. Borra Parte Baja | 20.24 | 1.43 |
| 26. Canutillo | 9.89 | 0.70 | 89. El Hoyo | 6.94 | 0.49 |
| 27. El Guamal | 5.14 | 0.36 | 90. El Molino | 6.66 | 0.47 |
| 28. El Llanon | 4.25 | 0.30 | 91. El Rincón | 3.68 | 0.26 |
| 29. Filo de San Luis | 14.39 | 1.02 | 92. El Soltadero | 66.78 | 4.72 |
| 30. Fracción Pavez o Alto Pavez | 15.14 | 1.07 | 93. La Estancia | 5.13 | 0.36 |
| 31. Hoyo Pilon | 12.85 | 0.91 | 94. La Teja | 8.00 | 0.57 |
| 32. La Arenosa | 10.82 | 0.77 | 95. Los Piñitos | 6.11 | 0.43 |
| 33. La Motilona | 7.81 | 0.55 | 96. Llano Alto | 3.34 | 0.24 |
| 34. La Trocha | 8.08 | 0.57 | 97. Represa de Oroque | 11.84 | 0.84 |
| 35. Las Vegas | 4.30 | 0.30 | 98. Río Frío | 3.90 | 0.28 |
| 36. Loma de Tarra o Pavez | 5.88 | 0.42 | 99. San Miguel | 2.40 | 0.17 |

| | | | | | |
|-----------------------|----------|------|----------------------------------|----------|------|
| 37. Los Higuerones | 6.08 | 0.43 | 100. San Miguel del Otro Lado | 5.68 | 0.40 |
| 38. Los Milagros | 7.32 | 0.52 | 101. Santa Rita | 5.79 | 0.41 |
| 39. San Juan | 9.97 | 0.71 | 102. Villanueva | 7.71 | 0.55 |
| 40. Vega del Tigre | 19.82 | 1.40 | AREA EL CHORRO | | |
| 41. Potrero Nuevo | 6.09 | 0.43 | VEREDA | EXT. KM2 | % |
| 42. El Doce | 4.82 | 0.34 | 103. Brisas del Páramo | 27.66 | 1.96 |
| AREA EL TABACO | | | 104. El Arbolito | 9.82 | 0.69 |
| VEREDA | EXT. KM2 | % | 105. El Campanario | 3.27 | 0.23 |
| 43. Casa de teja | 3.14 | 0.22 | 106. El Castillo | 9.19 | 0.65 |
| 44. El Morron | 9.74 | 0.69 | 107. El Chorro | 31.16 | 2.20 |
| 45. El Tabaco | 4.32 | 0.31 | 108. El Loro | 12.44 | 0.88 |
| 46. Jesús de Belén | | 0.00 | 109. El Pozo | 8.87 | 0.63 |
| 47. La Calera | 4.83 | 0.34 | 110. El Ramo | 10.75 | 0.76 |
| 48. La Isla | 8.64 | 0.61 | 111. El Rodeo | 7.49 | 0.53 |
| 49. La Palmita | 12.08 | 0.85 | 112. El Tirol | 2.19 | 0.15 |
| 50. La Soledad | 9.31 | 0.66 | 113. El Uvito | 3.26 | 0.23 |
| 51. Loma de Paja | 13.73 | 0.97 | 114. Gaira | 45.29 | 3.20 |
| 52. Los Indios | 18.62 | 1.32 | 115. Haraganazo | 10.97 | 0.78 |
| 53. Los Jardines | | 0.00 | 116. La Curva | 0.97 | 0.07 |
| 54. Llano Suarez | 6.76 | 0.48 | 117. La María | 8.38 | 0.59 |
| 55. Mata de Fique | 4.78 | 0.34 | 118. La Vuelta de María | 9.79 | 0.69 |
| 56. Montebello | 10.96 | 0.78 | 119. las Guamas | 8.33 | 0.59 |
| 57. Montecristo | 10.36 | 0.73 | 120. Las Lajas | 3.11 | 0.22 |
| 58. Montenegro | | 0.00 | 121. Oroque Parte Alta | 8.87 | 0.63 |

| | | | | | |
|----------------------------------|-------|------|-------------------|-------|------|
| 59. Perico | 6.17 | 0.44 | 122. Río Caliente | 6.80 | 0.48 |
| 60. Quebrada de Playoncitos S.I. | 13.41 | 0.95 | 123. San Javier | 4.58 | 0.32 |
| 61. Quebrada del Páramo | 11.36 | 0.80 | 124. Santa Lucia | 8.93 | 0.63 |
| 62. Quebraditas | 9.53 | 0.67 | 125. Tarra Viejo | 34.62 | 2.45 |
| | | | 126. El Páramo | 22.74 | 1.61 |

Fuente: (Secretaria de Planeación, 2001)

Como se observa en el cuadro anterior, existe una distribución del territorio más o menos homogénea en lo que a veredas respecta, la mayor parte de ellas representa entre el 0.01 y 2 % del área total. Las veredas más grandes son El Soltadero, Gaira y La Primavera que representan el 4.72%, 3.20% y 3.08% respectivamente, del territorio total del municipio.(Secretaria de Planeación, 2001)

Por otra parte, existen actualmente 3 sectores que están tramitando personería para constituirse como veredas independientes. No obstante estas aun no son veredas. Estos sectores son:

El Doce, perteneciente a la vereda Brisas del Tarra

Los Mortiños, perteneciente a la vereda Los Cedros.

Berlín, perteneciente a la Vereda Paramillo.

5.2 Antecedentes de eventos naturales o antrópicos del municipio de Abrego.

En el municipio de Abrego se han presentado eventos climáticos, antrópicos que a su vez ocasionaron efectos en los diferentes ámbitos, económicos, sociales, naturales y culturales. Las cuales se evidencian en la tabla siguiente.

Tabla 5. Eventos ocurridos en el municipio de Abrego

| EVENTOS OCURRIDOS EN EL MUNICIPIO DE ABREGO | | | | |
|---|-----------|------------|--|---|
| VEREDAS | FECHA | EVENTO | CAUSAS | EFEKTOS |
| El Hoyo | 2010-2011 | Inundación | Topografía plana y por construcción de vivienda en zonas de riesgo | 42 viviendas o fincas afectadas |
| | | | | 220 habitantes afectados |
| | | | | Daños en cultivos (maíz, frijol, lulo, yuca, plátano y tomate) |
| | | | | Centro educativo rural el hoyo |
| | | | | puente- maca |
| El Soltadero | | | topografía plana, ubicación de viviendas en zonas de riesgo, expansión de la frontera agrícola y pecuaria hacia el cauce del río, tala de árboles en riberas del río | Daños en cultivos (maíz, frijol, lulo, yuca, plátano y tomate) |
| | | | | 4 viviendas o fincas y ganado |
| | | | | 17 habitantes |
| El Rincón | | | Topografía plana, ubicación de viviendas en zonas de riesgo, expansión de la frontera agrícola y pecuaria hacia el cauce del río, tala de árboles en riberas del río, desviación del cauce | Daños en cultivos (maíz, frijol, lulo, yuca, plátano y tomate, pimentón) |
| | | | | 3 viviendas |
| | | | | 20 habitantes |
| | | | | ganado |
| Santa Rita | | | Topografía plana, ubicación de viviendas en zonas de riesgo, expansión de la frontera agrícola y pecuaria hacia el cauce del río, tala de árboles en | Daños en cultivos (maíz, frijol, lulo, yuca, plátano y tomate, pimentón) |
| | | | | 5 viviendas |
| | | | | 30 habitantes |

| | | | | |
|---|-----------|------------------|--|---|
| | | | riberas del rio, desviación del cauce | Centro educativo rural Santa Rita Ganado |
| Llano Alto | | | Topografía plana, ubicación de viviendas en zonas de riesgo, expansión de la frontera agrícola y pecuaria hacia el cauce del rio, tala de árboles en riberas del rio, desviación del cauce | 13 viviendas 40 habitantes Daños en cultivos (maíz, frijol, lulo, yuca, plátano y tomate, habichuela, etc.) ganado |
| la Vuelta de la María, El Tarra, El Ubito, Brisas del Tarra, San Luis, Remolinos, Los Cedros, La Sierra, Paves, El Guamal, Casa de Teja, Oroque, Potrero Nuevo, La Aguada, Los Osos, San Vicente, Capitan Largo, Rio Frio, San Javier, El Tabaco, Canutillo, El Páramo y Los Asientos | 2011 | Remoción en masa | Se deben a la estabilidad de taludes y laderas que pueden estar propensas a movimientos como caídas, volcamientos, deslizamiento y flujos. | Las hectáreas afectadas en el municipio de Abrego se distribuyen así: no hay: 10.6, baja: 4.7, media: 30.9, alta: 59.3, muy alta 32.8. en total existe un área total: 132.8 |
| Abrego | 2003-2010 | incendios | Incendios no intencionales y humana y por altas temperaturas. | Daño maderable, daños al suelo (propiedades físicas, propiedades hídricas superficiales), erosión, reducción de hectáreas de bosques, degradación de la flora, daños al pastoreo y al fauna silvestre. El Abrego durante los años 2003 hasta 2010 se generó 92 incendios. |

Fuente:(Arévalo, 2012)

5.3 Procesamiento y análisis de datos climatológicos

5.3.1 Curvas de intensidad, duración y frecuencia

Para la realización de las curvas fue necesario contar con los valores máximos de precipitación, observados en la tabla 6.

Tabla 6. Datos mensuales de precipitación máxima en 24 hrs. (mm)

| Año | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Máximo |
|------|-------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|---------|-----------|-----------|--------|
| 2006 | 1.27 | 3.58 | 8.31 | 21.82 | 35.14 | 20.47 | 26.79 | 11.40 | 0.00 | 7.00 | 9.20 | 16.30 | 35.14 |
| 2007 | 4.60 | 5.80 | 28.60 | 51.40 | 180.20 | 74.50 | 85.30 | 57.80 | 33.80 | 48.60 | 19.10 | 10.40 | 180.20 |
| 2008 | 1.04 | 2.94 | 6.83 | 0.00 | 0.20 | 0.00 | 22.00 | 12.24 | 60.70 | 17.10 | 7.80 | 1.59 | 60.70 |
| 2009 | 6.65 | 18.79 | 43.61 | 114.47 | 184.38 | 19.10 | 32.70 | 78.90 | 210.60 | 72.90 | 55.80 | 8.30 | 210.60 |
| 2010 | 2.80 | 16.70 | 31.90 | 112.10 | 93.80 | 128.00 | 253.00 | 73.20 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 1.30 | 253.00 |
| 2011 | 12.70 | 35.50 | 65.90 | 172.60 | 235.00 | 81.70 | 1.30 | 83.00 | 114.00 | 183.10 | 56.80 | 17.80 | 235.00 |
| MAX | 12.70 | 35.50 | 65.90 | 172.60 | 235.00 | 128.00 | 253.00 | 83.00 | 210.60 | 183.10 | 56.80 | 17.80 | 253.00 |

Fuente: Autor

A continuación se procedió a hallar el valor de las variables probabilísticas y el cálculo de las precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias, como se observa en la tabla 7.

Tabla 7. Datos de cálculo.

| Cálculo variables probabilísticas | Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|------|----|---------|-------|---------|---|--------|----------|--------|----------|---|--------|----------|--------|----------|----|--------|----------|--------|----------|----|--------|----------|--------|----------|----|--------|----------|--------|----------|-----|--------|----------|--------|----------|-----|--------|----------|--------|----------|
| $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 162.44 \text{ mm}$ | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Periodo Retorno</th> <th>Variable Reducida</th> <th>Precip. (mm)</th> <th>Prob. de ocurrencia</th> <th>Corrección intervalo fijo</th> </tr> <tr> <th>Años</th> <th>YT</th> <th>XT'(mm)</th> <th>F(xT)</th> <th>XT (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>0.3665</td> <td>147.2669</td> <td>0.5000</td> <td>166.4116</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1.4999</td> <td>228.8932</td> <td>0.8000</td> <td>258.6494</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>2.2504</td> <td>282.9370</td> <td>0.9000</td> <td>319.7188</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>3.1985</td> <td>351.2214</td> <td>0.9600</td> <td>396.8802</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>3.9019</td> <td>401.8787</td> <td>0.9800</td> <td>454.1229</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>4.6001</td> <td>452.1620</td> <td>0.9900</td> <td>510.9430</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>6.2136</td> <td>568.3589</td> <td>0.9980</td> <td>642.2455</td> </tr> </tbody> </table> | Periodo Retorno | Variable Reducida | Precip. (mm) | Prob. de ocurrencia | Corrección intervalo fijo | Años | YT | XT'(mm) | F(xT) | XT (mm) | 2 | 0.3665 | 147.2669 | 0.5000 | 166.4116 | 5 | 1.4999 | 228.8932 | 0.8000 | 258.6494 | 10 | 2.2504 | 282.9370 | 0.9000 | 319.7188 | 25 | 3.1985 | 351.2214 | 0.9600 | 396.8802 | 50 | 3.9019 | 401.8787 | 0.9800 | 454.1229 | 100 | 4.6001 | 452.1620 | 0.9900 | 510.9430 | 500 | 6.2136 | 568.3589 | 0.9980 | 642.2455 |
| Periodo Retorno | Variable Reducida | Precip. (mm) | Prob. de ocurrencia | Corrección intervalo fijo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Años | YT | XT'(mm) | F(xT) | XT (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0.3665 | 147.2669 | 0.5000 | 166.4116 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 1.4999 | 228.8932 | 0.8000 | 258.6494 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 2.2504 | 282.9370 | 0.9000 | 319.7188 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 3.1985 | 351.2214 | 0.9600 | 396.8802 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 3.9019 | 401.8787 | 0.9800 | 454.1229 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | 4.6001 | 452.1620 | 0.9900 | 510.9430 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 500 | 6.2136 | 568.3589 | 0.9980 | 642.2455 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 92.37 \text{ mm}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 72.02 \text{ mm}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 120.87 \text{ mm}$ | $F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Autor

Como factor de corrección de la lámina de agua (intervalo fijo), teniendo en cuenta las observaciones de Hershield (1961) y Hargreaves (1988) citados por (Erazo, 2011), se empleó 1.13 un valor admisible a nivel mundial para R, y corroborando esta información se comparó con estudios realizados en la región en el que el valor del índice de corrección de lámina de agua es estipulado por el mismo valor. (Laverde & Rivera, 2015)

Una vez obtenidas las variables probabilísticas y los cálculos de probabilidades para distintas frecuencias se procedió a aplicar la distribución de Gumbel para probabilidades pluviométricas, como se observa en la tabla 8.

Tabla 8. Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel

| N° | AÑO | MES | PRECIPITACIÓN (MM) | |
|----|------|--------------|--------------------|---------------------|
| | | Max. Precip. | x_i | $(x_i - \bar{x})^2$ |
| 1 | 2006 | mayo | 35.14 | 16205.29 |
| 2 | 2007 | mayo | 180.20 | 315.42 |
| 3 | 2008 | septiembre | 60.70 | 10351.03 |
| 4 | 2009 | septiembre | 210.60 | 2319.39 |
| 5 | 2010 | julio | 253.00 | 8201.11 |
| 6 | 2011 | mayo | 235.00 | 5264.95 |
| | | <i>Suma</i> | 974.6 | 42657.2 |

Fuente: Autor

Se toman los coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración de 24 horas existentes, para obtener las precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvia, como se observa en la tabla 9.

Tabla 9. Coeficientes.

| Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas | | | | | Fuente: D. F. Campos A., 1978 | | | | |
|---|------|------|------|------|-------------------------------|------|------|------|------|
| Duraciones, en horas | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 12 | 18 | 24 |
| 0.30 | 0.39 | 0.46 | 0.52 | 0.57 | 0.61 | 0.68 | 0.80 | 0.91 | 1.00 |

Fuente: D.F. Campos A., 1978

Una vez tomado los coeficientes se halló la precipitación máxima para diferentes periodo de tiempo, como se observa en la tabla 10.

Tabla 10. Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.

| Tiempo de Duración | Cociente | Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración | | | | | | |
|--------------------|-----------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 2 años | 5 años | 10 años | 25 años | 50 años | 100 años | 500 años |
| 24 hr | X24=100% | 166.4116 | 258.6494 | 319.7188 | 396.8802 | 454.1229 | 510.9430 | 642.2455 |
| 18 hr | X18 = 91% | 151.4345 | 235.3709 | 290.9441 | 317.5042 | 413.2519 | 464.9581 | 584.4434 |
| 12 hr | X12 = 80% | 133.1293 | 206.9195 | 255.7750 | 317.5042 | 363.2984 | 408.7544 | 513.7964 |
| 8 hr | X8 = 68% | 113.1599 | 175.8816 | 217.4088 | 269.8785 | 308.8036 | 347.4412 | 436.7269 |
| 6 hr | X6 = 61% | 101.5111 | 157.7761 | 195.0285 | 242.0969 | 277.0150 | 311.6752 | 391.7698 |
| 5 hr | X5 = 57% | 94.8546 | 147.4301 | 182.2397 | 226.2217 | 258.8501 | 291.2375 | 366.0799 |
| 4 hr | X4 = 52% | 86.5340 | 134.4977 | 166.2538 | 206.3777 | 236.1439 | 265.6904 | 333.9677 |
| 3 hr | X3 = 46% | 76.5493 | 118.9787 | 147.0707 | 182.5649 | 208.8966 | 235.0338 | 295.4329 |
| 2 hr | X2 = 39% | 64.9005 | 100.8733 | 124.6903 | 154.7833 | 177.1080 | 199.2678 | 250.4757 |
| 1 hr | X1 = 30% | 49.9235 | 77.5948 | 95.9156 | 119.0641 | 136.2369 | 153.2829 | 192.6737 |

Fuente: Autor

Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma

$$I = \frac{P \text{ [mm]}}{t_{\text{duración}} \text{ [hr.]}}$$

Se realizó el cálculo de la intensidad de lluvia según el periodo de retorno, como se observa en la tabla 11.

Tabla 11. Intensidad según el periodo de Retorno.

| Tiempo de duración | | Intensidad de la lluvia (mm/hr) según el Periodo de Retorno | | | | | | |
|--------------------|------|---|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| Hr | min | 2 años | 5 años | 10 años | 25 años | 50 años | 100 años | 500 años |
| 24 hr | 1440 | 6.9338 | 10.7771 | 13.3216 | 16.5367 | 18.9218 | 21.2893 | 26.7602 |
| 18 hr | 1080 | 8.4130 | 13.0762 | 16.1636 | 17.6391 | 22.9584 | 25.8310 | 32.4691 |
| 12 hr | 720 | 11.0941 | 17.2433 | 21.3146 | 26.4587 | 30.2749 | 34.0629 | 42.8164 |
| 8 hr | 480 | 14.1450 | 21.9852 | 27.1761 | 33.7348 | 38.6005 | 43.4302 | 54.5909 |
| 6 hr | 360 | 16.9185 | 26.2960 | 32.5047 | 40.3495 | 46.1692 | 51.9459 | 65.2950 |
| 5 hr | 300 | 18.9709 | 29.4860 | 36.4479 | 45.2443 | 51.7700 | 58.2475 | 73.2160 |
| 4 hr | 240 | 21.6335 | 33.6244 | 41.5634 | 51.5944 | 59.0360 | 66.4226 | 83.4919 |
| 3 hr | 180 | 25.5164 | 39.6596 | 49.0236 | 60.8550 | 69.6322 | 78.3446 | 98.4776 |
| 2 hr | 120 | 32.4503 | 50.4366 | 62.3452 | 77.3916 | 88.5540 | 99.6339 | 125.2379 |
| 1 hr | 60 | 49.9235 | 77.5948 | 95.9156 | 119.0641 | 136.2369 | 153.2829 | 192.6737 |

Fuente: Autor

Representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

En la cual:

I = Intensidad (mm/hr)

t = Duración de la lluvia (min)

T = Período de retorno (años)

K, m, n = Parámetros de ajuste

Realizando un cambio de variable:

$$d = K \cdot T^m$$

Con lo que de la anterior expresión se obtiene:

$$I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$$

Tabla 12. Resumen Regresión Potencial

| RESUMEN DE APLICACIÓN DE REGRESIÓN POTENCIAL | | |
|---|------------------------|----------------------|
| Periodo de | Término cte. De | Coef. de |
| Retorno (años) | regresión (d) | regresión [n] |
| 2 | 629.12317410901 | -0.61638608809 |
| 5 | 977.83046273490 | -0.61638608809 |
| 10 | 1208.70502982756 | -0.61638608809 |
| 25 | 1637.40491210366 | -0.63362500463 |
| 50 | 1716.82326509780 | -0.61638608809 |
| 100 | 1931.63295300427 | -0.61638608809 |
| 500 | 2428.02534938459 | -0.61638608809 |
| Promedio = | 1504.22073518026 | -0.61884879045 |

Fuente: Autor

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación, como se observa en la tabla 15 y dicha grafica se muestra a continuación en la gráfica 1:

Tabla 13. Regresión Potencial.

| REGRESIÓN POTENCIAL | | | | | | |
|---------------------|--------|------------|----------|---------|-----------|---------|
| Nº | x | Y | ln x | ln y | ln x*ln y | (lnx)^2 |
| 1 | 2 | 629.1232 | 0.6931 | 6.4443 | 4.4669 | 0.4805 |
| 2 | 5 | 977.8305 | 1.6094 | 6.8853 | 11.0815 | 2.5903 |
| 3 | 10 | 1208.7050 | 2.3026 | 7.0973 | 16.3421 | 5.3019 |
| 4 | 25 | 1637.4049 | 3.2189 | 7.4009 | 23.8225 | 10.3612 |
| 5 | 50 | 1716.8233 | 3.9120 | 7.4482 | 29.1377 | 15.3039 |
| 6 | 100 | 1931.6330 | 4.6052 | 7.5661 | 34.8433 | 21.2076 |
| 7 | 500 | 2428.0253 | 6.2146 | 7.7948 | 48.4418 | 38.6214 |
| 7 | 692 | 10529.5451 | 22.5558 | 50.6370 | 168.1358 | 93.8667 |
| $Ln (K) =$ | 6.4780 | $K =$ | 650.6399 | $m =$ | 0.2346 | |

| | |
|--------------------------------------|----------|
| Termino constante de regresión (K) = | 650.6399 |
| Coef. de regresión (m) = | 0.234588 |

Fuente: Autor

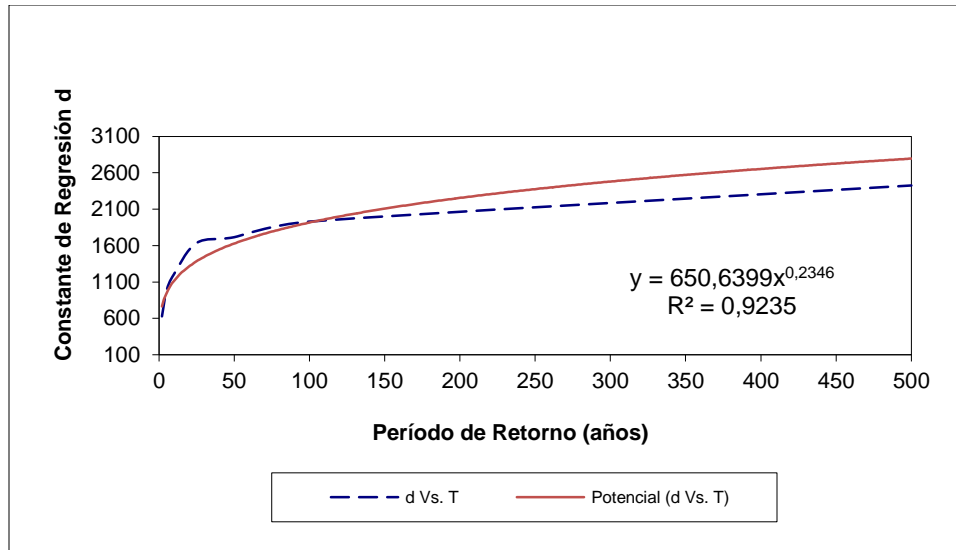


Figura 11. Regresión Potencial.
Fuente: Autor

Datos de la gráfica:

Tabla 14. Datos grafica 11.

| X | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 |
|---|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Y | 6.291.232 | 9.778.305 | 12.087.050 | 16.374.049 | 17.168.233 | 19.316.330 | 24.280.253 |

Fuente: Autor

La ecuación 5 de intensidad válida para la precipitación resulta:

$$I = \frac{650.6399 * T^{0.234588}}{t^{0.61885}}$$

Dónde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Después de aplicar la ecuación anterior, se obtiene como resultados la tabla 15, en donde se encuentra la relación Intensidad – Tiempo de duración y se obtienen las curvas IDF (Ver anexo 1)

Tabla 15. Intensidades – Tiempos de duración.

| Tabla de intensidades - Tiempo de duración | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Frecuencia años | Duración en minutos | | | | | | | | | | | |
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| 2 | 282.75 | 184.12 | 143.26 | 119.90 | 104.43 | 93.29 | 84.80 | 78.08 | 72.59 | 68.01 | 64.11 | 60.75 |
| 5 | 350.55 | 228.28 | 177.62 | 148.65 | 129.48 | 115.66 | 105.14 | 96.80 | 90.00 | 84.32 | 79.49 | 75.32 |
| 10 | 412.45 | 268.58 | 208.98 | 174.90 | 152.34 | 136.09 | 123.70 | 113.89 | 105.89 | 99.20 | 93.52 | 88.62 |
| 25 | 511.36 | 332.99 | 259.09 | 216.84 | 188.87 | 168.72 | 153.37 | 141.20 | 131.28 | 122.99 | 115.95 | 109.87 |
| 50 | 601.65 | 391.79 | 304.84 | 255.13 | 222.22 | 198.51 | 180.45 | 166.14 | 154.46 | 144.71 | 136.42 | 129.27 |
| 100 | 707.88 | 460.96 | 358.67 | 300.18 | 261.46 | 233.56 | 212.31 | 195.47 | 181.73 | 170.26 | 160.51 | 152.09 |
| 500 | 1032.59 | 672.42 | 523.19 | 437.87 | 381.39 | 340.70 | 309.70 | 285.14 | 265.09 | 248.36 | 234.13 | 221.86 |

Fuente: Autor

En la gráfica se puede observar la línea de tendencia que conforma cada una de las curvas, en la parte superior se encuentra la curva IDF de 500 años, y en forma decreciente se encuentran las de 100, 50, 25, 10, 5 y 2 años.

A continuación se procedió a realizar la curva masa de la precipitación de estos años para determinar cómo fue el comportamiento de esta, se observa en la tabla 16 y dicha grafica se encuentra a continuación en la figura 12.

Tabla 16. Precipitación acumulada.

| AÑOS | SUMA TOTAL | PRECIPTACION ACUMULADA |
|------|---------------|---------------------------|
| 2006 | 161.272 | 161.272 |
| 2007 | 600.1 | 761.372 |
| 2008 | 132.431 | 893.803 |
| 2009 | 846.196 | 1739.999 |
| 2010 | 712.9 | 2452.899 |
| 2011 | 1059.4 | 3512.299 |

Fuente: Autor

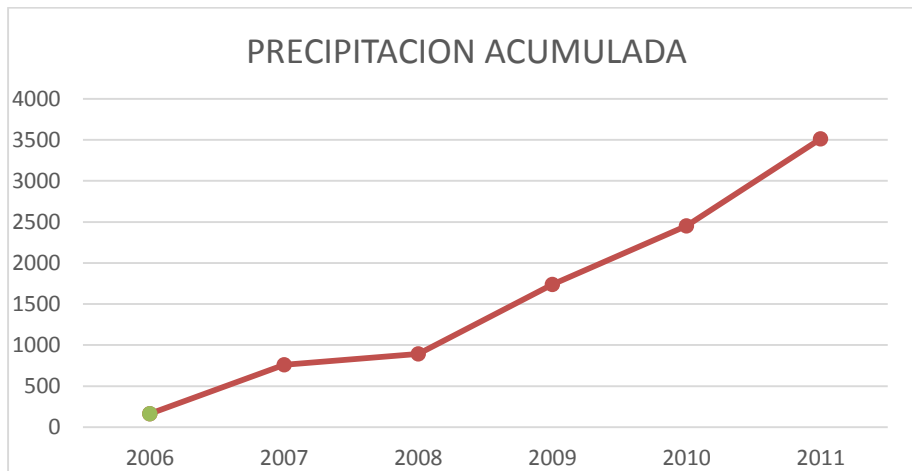


Figura 12. Precipitación Acumulada.

Fuente: Autor

De la anterior grafica se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 17. Datos figura 12.

| | |
|----------------|--------------------------|
| R ² | 0.957109418 |
| A | -1299686.467 |
| B | 647.8832 |
| y=A+BX | -1299686,467+647,8832(X) |

5.3.2 Curvas de variación estacional

Se partió de los datos completos obtenidos en el método racional, observados en la tabla 4.

1. Se aplicaron dos modelos de distribución: Gumbel y Log normal y a través de la prueba de chi cuadrado se determinó cuál es la distribución que mejor se ajusta a los datos.
2. Se tomaron valores del mes de Enero para aplicarle las distribuciones y realizar la prueba de ajuste y se determinó promedio y varianza de estos datos, como se en la tabla 18.

Tabla 18. Series de Enero.

| AÑO | mm/mes |
|------|--------|
| 2006 | 1.268 |
| 2007 | 4.6 |
| 2008 | 1.041 |
| 2009 | 6.651 |
| 2010 | 2.8 |

| | |
|----------|------------|
| 2011 | 12.7 |
| Promedio | 4.84333333 |
| Varianza | 19.2940079 |

Fuente: Autor

- Se procede a encontrar los parámetros de las Distribuciones Gumbel y Log normal.
- Primero se hallan los parámetros de la función Gumbel: θ (teta) y λ (Landa) necesarios para la realización del método.

$$\theta = 0.29198667$$

$$\lambda = 2.30940233$$

- Se obtuvo los parámetros de la función Log Normal como se muestran a continuación.

$$\text{Ecuación 1 } 1.57760319$$

$$\text{Ecuación 2 } 3.7554133$$

- Una vez teniendo los resultados de las ecuaciones se procedió a resolver y encontrar las variables:

$$\sigma^2y \quad 0,600206925$$

$$\sigma y \quad 0,774730227$$

$$\mu y \quad 1,277499726$$

7. Se aplicó la prueba de bondad de ajuste chi-Cuadrado para determinar que método se ajustaba de mejor manera a la serie de datos, como se observa en la tabla 19.

Tabla 19. Ajuste CHI cuadrado

| INTERVALOS | | Amplitud de intervalo | | valor maximo- valor minimo/#intervalos | |
|-------------------------|------------|-----------------------|--|--|--|
| m=1+1,33*ln(n) | | | | 2.91475 | |
| m= numero de intervalos | | | | | |
| n= Numero de datos | | | | | |
| m | 3.38304009 | 4 | | | |

Fuente: Autor

Tabla 20. Prueba de CHI- Cuadrado para el método de Gumbel.

| | | Prueba de Chi-Cuadrado (Gumbel) | | | | | | | |
|--------------|---------|---------------------------------|----------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|--|
| | | Intervalo | | | | | | | |
| N Intervalos | Menor | Mayor | Marca de clase | Frecuencia | fs(xi) | F(X) | PI(X) | Chi-Cuadrado | |
| 1 | 1.041 | 3.95575 | 3.95575 | 3 | 0.5 | 0.48307879 | 0.483078794 | 0.00355628 | |
| 2 | 3.95575 | 6.8705 | 6.8705 | 2 | 0.33333333 | 1 | 0.516921206 | 0.391214443 | |
| 3 | 6.8705 | 9.78525 | 9.78525 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 4 | 9.78525 | 12.7 | 12.7 | 1 | 0.16666667 | 0.20646937 | 0.7935306 | 2.971215559 | |
| | | | | 6 | 1 | | SUMA | 3.365986281 | |

Fuente: Autor

8. Se realizó la prueba chi- cuadrado para la distribución Log normal, como se observa en la tabla 21.

Tabla 21. Prueba de CHI-Cuadrado para el método de Log Normal.

| | | Prueba de Chi-Cuadrado (Log Normal) | | | | | | | |
|--------------|---------|-------------------------------------|----------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|--------------|
| | | Intervalo | | | | | | | |
| N Intervalos | Menor | Mayor | Marca de clase | Frecuencia | fs(xi) | Z | F(X) | PI(X) | Chi-cuadrado |
| 1 | 1.041 | 3.95575 | 3.95575 | 3 | 0.5 | 0.12607032 | 0.550167426 | 0.550167426 | 0.027447324 |
| 2 | 3.95575 | 6.8705 | 6.8705 | 2 | 0.33333333 | 0.83866246 | 0.799125488 | 0.248958062 | 0.171575557 |
| 3 | 6.8705 | 9.78525 | 9.78525 | 0 | 0 | 1.29513008 | 0.902372114 | 0.103246626 | 0.619479753 |
| 4 | 9.78525 | 12.7 | 12.7 | 1 | 0.16666667 | 1.63166767 | 0.948583444 | 0.04621133 | 1.883887112 |
| | | | | 6 | 1 | | | Suma | 2.702389746 |

Fuente: Autor

9. Una vez realizados los chi-cuadrado experimentales se halló el teórico para comparar cual es la distribución que mejor se ajustó a los datos.

Tabla 22. CHI cuadrado teórico.

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| (v) grado de libertad= | m-P-1 |
| m= | # intervalos |
| P= | Parametros |
| v= | 1 |
| Nivel de Confianza(1- alfa) = 95% | |
| Chi- Cuadrado Teorico= | 3.84 |

Fuente: Autor

10. Se obtuvo que la mejor distribución fue la de Gumbel, debido a que esta es más óptima a la hora de trabajar con valores extremos.

11. Se encontraron los valores de las probabilidades de excedencia para el mes de enero, como se observa en la tabla 23.

Tabla 23. Variación Estacional para el mes de enero.

| Enero | | | F(X) | Probabilidad de no excedencia | |
|-------------------------------|----|--------------------------------|-------------|-------------------------------|----------------------------|
| Probabilidad de no excedencia | | Probabilidad de excedencia (%) | mm/mes | 1- F(x) | Probabilidad de excedencia |
| 0.95 | 95 | 5 | 13.0388967 | | |
| 0.9 | 90 | 10 | 10.5736201 | | |
| 0.8 | 80 | 20 | 8.00354607 | | |
| 0.5 | 50 | 50 | 4.12176929 | | |
| 0.15 | 15 | 85 | 0.6734959 | | |
| 0.1 | 10 | 90 | 0.01012483 | | |
| 0.05 | 5 | 95 | -0.89113637 | | |

Fuente: Autor

12. Se repitió el procedimiento con los demás meses para obtener las curvas de variación estacional de los demás meses como se puede observar en la tabla 24 y la figura 4.

Tabla 24. Probabilidad de excedencia.

| PROB. De excedencia (%) | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
|-------------------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|
| 5 | 13.03889674 | 37.3447133 | 72.4337907 | 200.757781 | 294.9256957 | 145.0688645 | 245.2202804 | 114.0355116 | 221.186548 | 182.795107 | 71.72535423 | 22.3936683 |
| 10 | 10.57362006 | 30.2876844 | 59.9274329 | 164.051262 | 242.7441754 | 117.6633505 | 192.5670704 | 95.6026026 | 175.668582 | 144.288365 | 57.60490106 | 18.4493459 |
| 20 | 8.003546071 | 22.9306658 | 46.8894378 | 125.784374 | 188.3444525 | 89.09284575 | 137.6756066 | 76.38612256 | 128.215677 | 104.144728 | 42.88419657 | 14.3373529 |
| 50 | 4.121769294 | 11.8188052 | 27.1971696 | 67.9870029 | 106.1804441 | 45.94065553 | 54.7688848 | 47.36202201 | 56.5439725 | 43.5127607 | 20.65040524 | 8.12669941 |
| 85 | 0.673495895 | 1.94787873 | 9.70406561 | 16.6442422 | 33.19222736 | 7.607552375 | -18.87910164 | 21.57923243 | -7.12368479 | -10.3480382 | 0.899606676 | 2.60963019 |
| 90 | 0.010124831 | 0.04893213 | 6.3387817 | 6.76703762 | 19.15091874 | 0.233116393 | -33.04733527 | 16.61919748 | -19.3719252 | -20.7096573 | -2.900007434 | 1.54826885 |
| 95 | -0.89113637 | -2.5309918 | 1.76668023 | -6.65221106 | 0.074285219 | -9.785850964 | -52.29641012 | 9.88045457 | -36.012482 | -34.7870354 | -8.062193373 | 0.1062949 |

Fuente: Autor

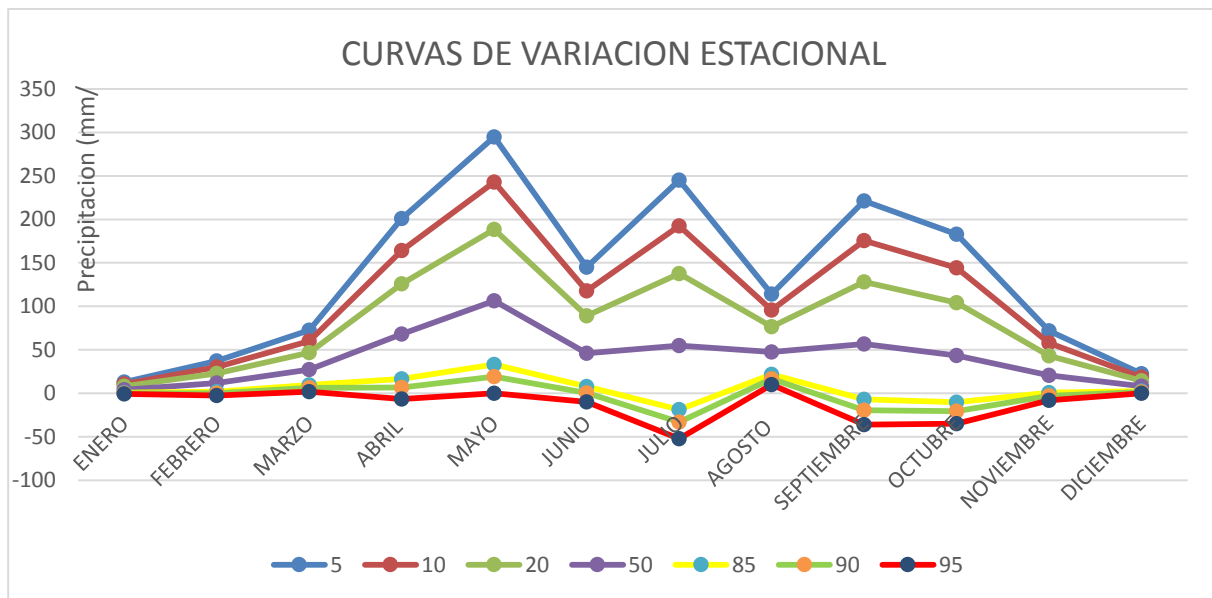


Figura 13. Curvas de variación Estacional.

Fuente: Autor

De las anteriores curvas se pudo determinar que las máximas precipitaciones del año se presentaron durante los meses de mayo, julio y septiembre; en los cuales alcanzaron valores máximos de 300 mm. Por otra parte los meses más secos del año fueron los de Enero y Noviembre, en donde las precipitaciones solo alcanzaron valores entre los 10mm y 20 mm. En la

gráfica se puede observar el comportamiento de los valores medios que es representado por la curva de 50% de probabilidad de excedencia.

5.4 Graficas de comportamiento de las variables

Se estudió el comportamiento de las variables de la estación meteorológica; donde se contó con las más representativas, como fue el caso de la precipitación y la presión. Se pudo observar el comportamiento de la precipitación en comparación a otras variables y observar cual era el patrón que seguía a lo largo del tiempo de estudio, como se observa en la figura 14, figura 15 y figura 16.

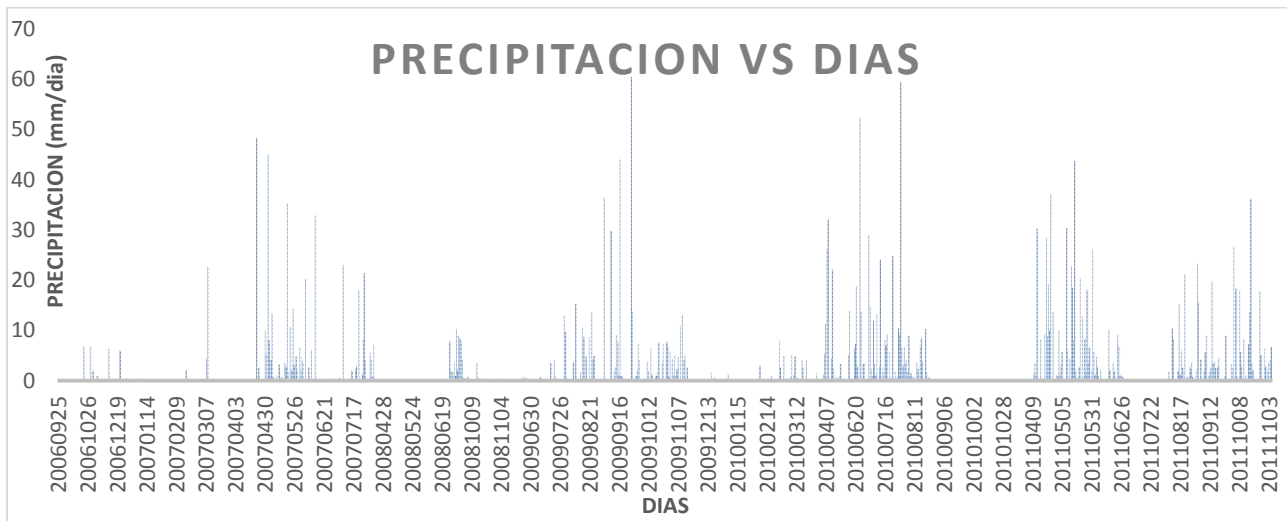


Figura 14. Precipitación (mm/día) vs Días.

Fuente: Autor

La Grafica 5, representa los valores de precipitación acumulados, durante los diferentes días de estudios, se han grafico los valores más representativos.

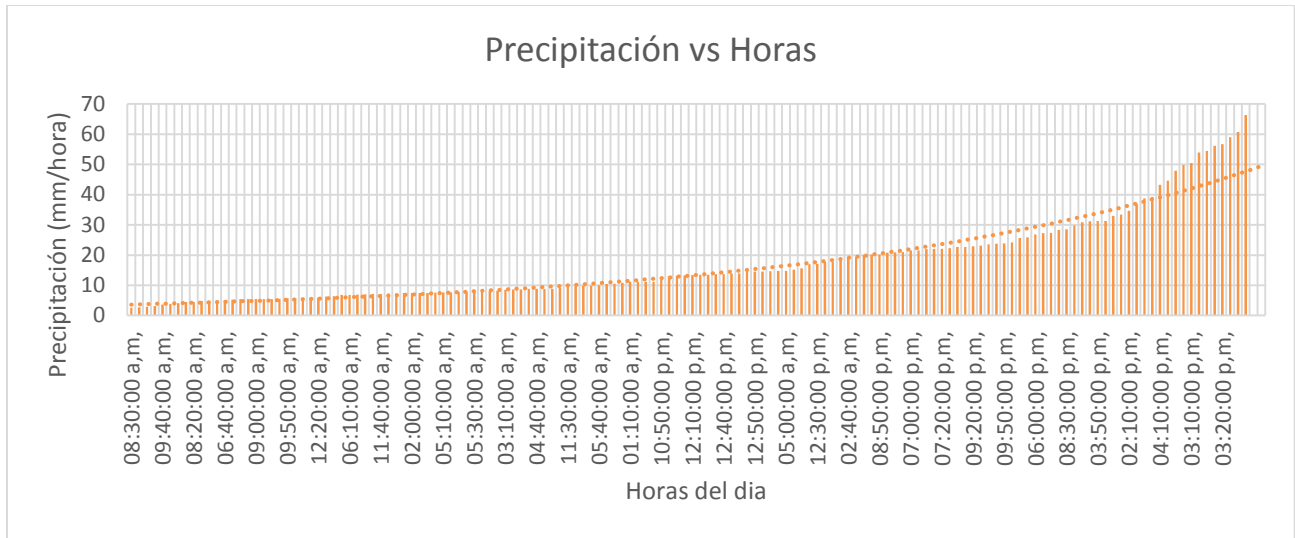


Figura 15. Precipitación (mm/hora).
Fuente: Autor

La figura 16. Representa las horas del día en las cuales se generaron las precipitaciones, obtenido como resultados que en las horas de la tarde se presentaron los mayores datos de precipitación durante el periodo de estudio

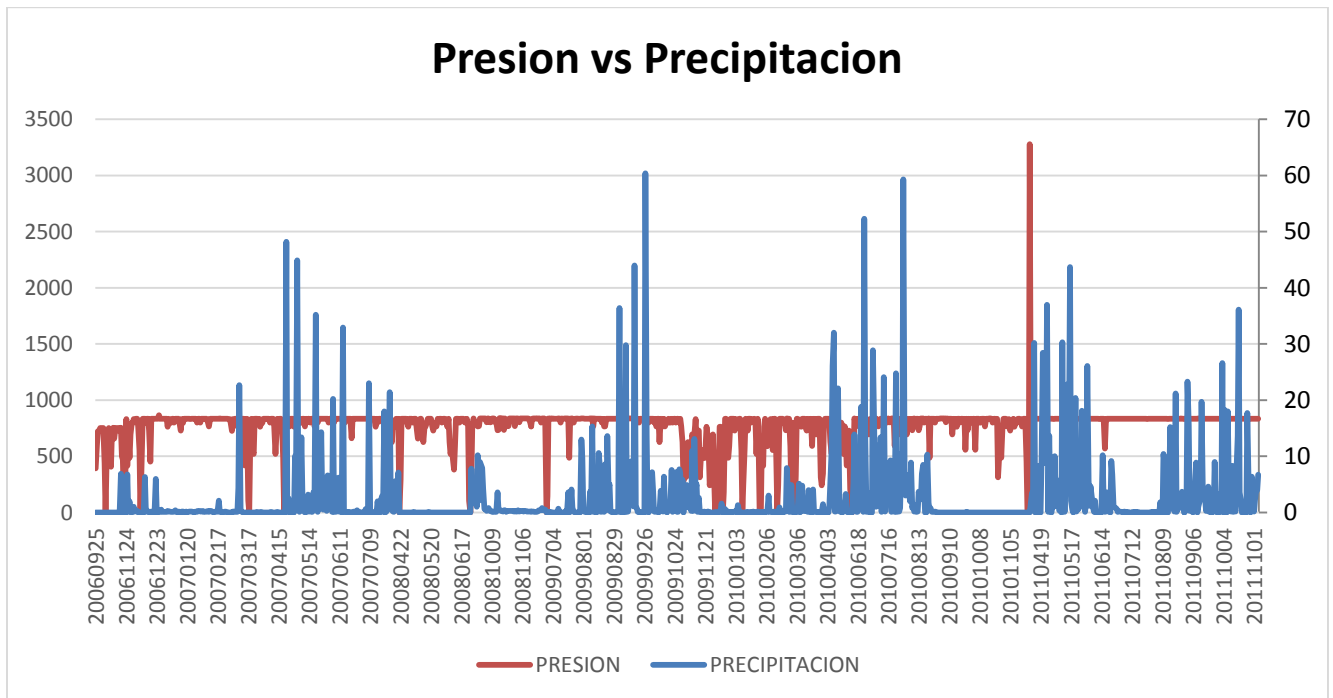


Figura 16. Presión vs Precipitación.
Fuente: Autor

En la gráfica 16. Se presentan las variables de presión y precipitación, las cuales presentan un comportamiento inversamente proporcional debido a que se necesitan bajas presiones para generar precipitación.

5.5 Lineamientos de pronóstico y predicción climática

Con el fin de unificar los conceptos para estimar un pronóstico acertado del clima, el SATC norte de Santander ha creado una secuencia de pasos que ayudaran a realizar la predicción, como se muestra en la figura 17:

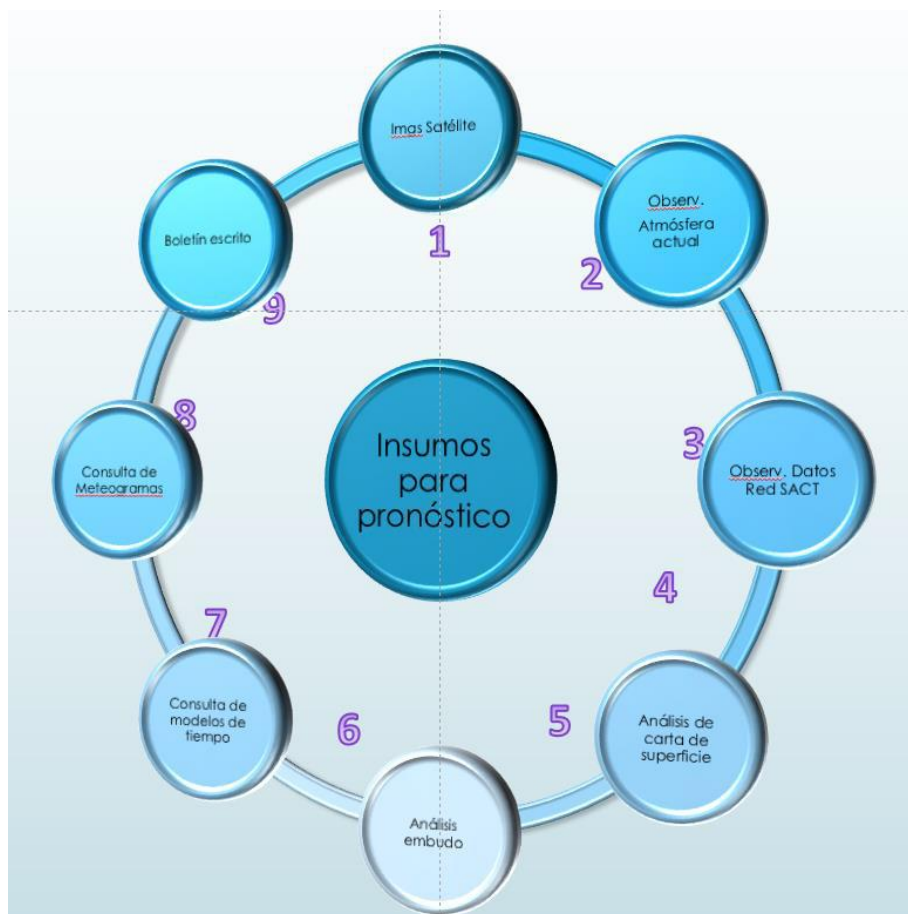


Figura 17. Insumos para pronosticar.
Fuente: (SAT, n.d.)

5.5.1 Primer paso: Observar la situación meteorológica actual

Con imágenes satelitales meteorológicas según las imágenes GOES y METEOSATC como se muestra en la figura 18.

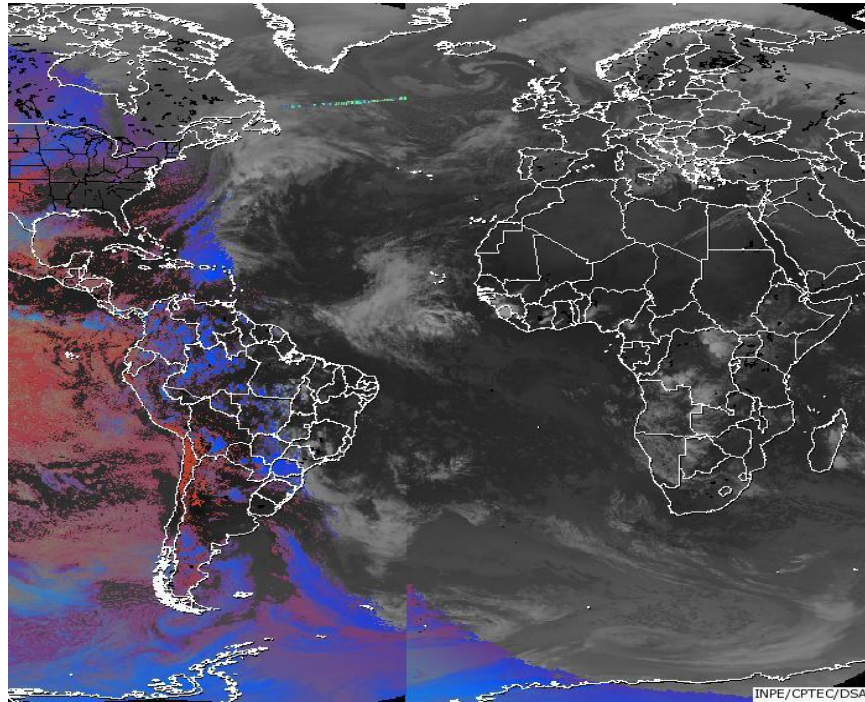


Figura 18. Combinación de imágenes GOES y METEOSATC

Fuente: (SAT, n.d.)

- **Análisis de las imágenes de vapor de agua**

Las imágenes en WV2 son representativas de la humedad de la media y alta tropósfera. En definitiva el canal de WV2 se utiliza en la banda de absorción de $6\mu\text{m}$ dentro de la radiación IR y en general las imágenes representan la humedad media de la tropósfera. Una baja humedad en la troposfera por lo general muestra tonos más oscuros y una alta humedad asociada a un contenido alto de vapor de agua se indica en tonos grises y blancos brillantes.(Arévalo, 2012)

- **Análisis de las imágenes infrarrojas**

Los componentes de las imágenes IR se expresan en °Kelvin o °C y se le relaciona diferentes tonos, dependiendo de la empresa que determine la escala. Las imágenes en IR, se utilizan principalmente para la observación de las estructuras cuando no hay radiación solar, es decir de noche y en donde, los puntos cálidos aparecen oscuros y los fríos blancos o más claros.(Arévalo, 2012)

- **Análisis de las imágenes visibles**

Las zonas de alta reflectividad aparecen blancas y las de menor más oscuras hasta el negro. A esta radiación se la asocia un albedo de 1 a 100 y los componentes de una imagen METEOSATC se expresan en albedos relacionados con un tono de gris. Mediante la utilización de los contrastes es posible definir la forma de los objetos en estas imágenes principalmente las nubes por lo que la banda visible es útil especialmente en la meteorología sinóptica. Estas imágenes son utilizadas para identificar la nubosidad baja que no se poder ver ni en las imágenes infrarrojas ni en las de vapor de agua. También se pueden identificar el tipo de nubes dependiendo de la forma en el momento que se observen.(Arévalo, 2012)

5.5.2 Segundo paso: Observar la situación meteorológica actual

Los datos en superficie son importantes, ya que da una idea de lo que está aconteciendo en un momento determinado. Para esto, las cartas de superficie brinda esta información como se muestra en la figura 19:

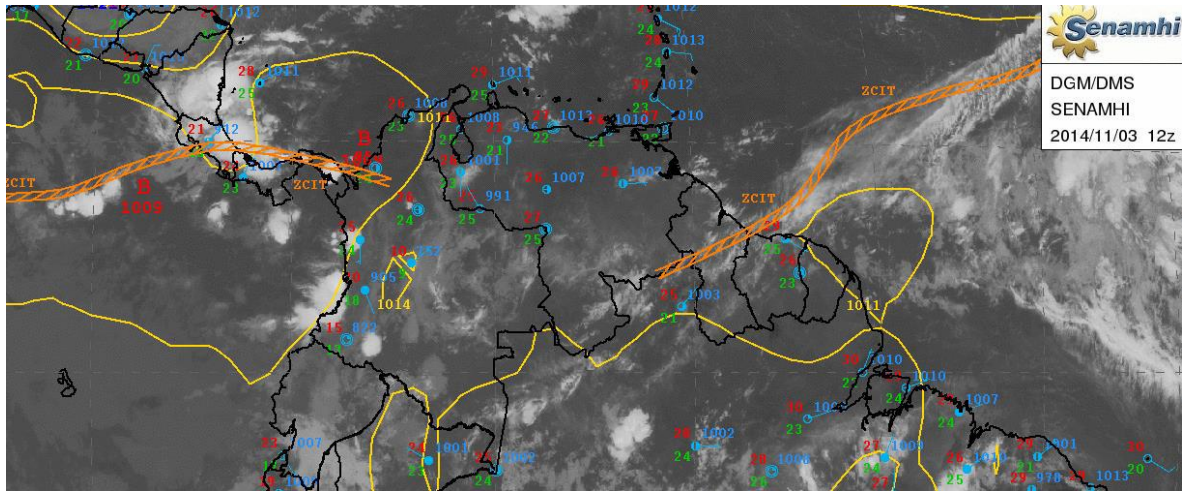


Figura 19. Carta de Superficie.
Fuente: (SAT, n.d.)

La observación de la variación en la presión atmosférica en un lugar determinado, es muy importante para los pronósticos del tiempo. Se realiza la medición utilizando un instrumento llamado barómetro. Estas variaciones están estructuralmente ligadas a las perturbaciones atmosféricas. Los días de buen tiempo se caracterizan por una presión atmosférica elevada y constante, y los de mal tiempo por presiones bajas y variables.

Teniendo en cuenta que la presión puede dar una orientación de cómo puede estar el estado del tiempo, es importante hacer seguimiento de esta variable.(Arévalo, 2012)

5.6 Elaboración de boletines

5.6.1 Revisión del estatus general del evento ENSO¹:

Para la zona andina, y por ende, para el área de las cuencas Zulia y Pamplonita se cumplen, en general, los siguientes supuestos:

¹ Disponible en http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.pdf

- **Evento el niño:** O fase cálida del enso, genera alteraciones el comportamiento atmosférico, disminuye la nubosidad lo que genera que las temperaturas en el día sean más altas, disminuyen las lluvias por el debilitamiento que se genera a la zcit. En zonas por encima de los 2500 msnm puede aumentar la incidencia de heladas, principalmente en las temporadas secas, donde las sequías pueden ser más intensas también, así como el aumento en la incidencia de incendios forestales.
- **Fase neutral:** En general, en fase neutral se espera que las condiciones climáticas en las cuencas se encuentren cercanas a la normalidad, es decir, a lo que se conoce o sabe del clima para cada territorio de las cuencas. Sin embargo se han documentado fases neutrales tendientes a la sequía o al exceso de lluvias, por ende no siempre se deben esperar condiciones normales.
- **Evento la niña:** O fase fría del enso, general alteraciones en el comportamiento atmosférico principalmente por el refuerzo a la zcit, aumentando precipitaciones (que en algunos casos pueden ser extremas), disminuyendo temperaturas en el día y aumentando la humedad relativa. En general, debido a la mayor y casi constante nubosidad, el brillo solar es menor. Durante estos eventos, especialmente aquellos que coinciden con las temporadas lluviosas normales, es común que se presenten inundaciones y deslizamientos.

Una vez se revisa el estatus general del ENSO, es decir, la predicción para el ENSO en los próximos 6 meses, se tiene un marco general de cómo puede estar el clima para las cuencas, anticipando de forma general las posibilidades de eventos extremos y de impactos en el territorio.(SAT, n.d.)

5.6.2 Revisión de la predicción trimestral IDEAM²

Esta predicción es hecha a través de la técnica de terciles y básicamente indica las condiciones más probables para la precipitación y temperatura con base a la siguiente escala:

- **Por encima de lo normal:** significa que la variable (temperatura color naranja o precipitación color azul) va a tener un comportamiento por encima de lo normal, es decir, comparado con el promedio de los últimos 30 años, se espera que los valores de la variable sean superiores.(SAT, n.d.)
- **Dentro de lo normal:** se expresa en el mapa de color blanco e indica que se espera que las variables meteorológicas registren valores muy cercanos o ligeramente diferentes a los valores normales o promedio para esas zonas.
- **Por debajo de lo normal:** significa que la variable (temperatura color violeta o precipitación color rojo) va a tener un comportamiento por debajo de lo normal, es decir, comparado con el promedio de los últimos 30 años, se espera que los valores de la variable sean inferiores.

² Se puede consultar en el siguiente link: <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/1696>

La magnitud de las variaciones puede ser: ligera, moderada o fuerte, y esto se determina con base al color y la intensidad.

- **Precipitación:** de color rojo intenso (fuertemente por debajo de lo normal) a azul intenso (fuertemente por encima de lo normal)
- **Temperatura:** de color violeta intenso (fuertemente por debajo de lo normal) a naranja intenso (fuertemente por encima de lo normal).

Con esta predicción se reduce la escala temporal de predicción, pasando de 6 meses con la predicción del ENSO a entre 1 y 3 meses con la predicción del IDEAM. Con la combinación de estas predicciones se tiene un conocimiento más detallado de lo más probable que podría ocurrir con el clima en los próximos 1 a 6 meses en la cuenca.

5.6.3 Revisión de pronósticos meteorológicos de corto plazo:

Una vez se tiene el marco de mediano y largo plazo de predicción climática, se revisa el pronóstico de corto plazo, el cual se encuentra entre 1 y 15 días. Para efectos de este protocolo se van a consultar 2 fuentes(SAT, n.d.)

- Pronostico IDEAM³:

Cuenta con información de condiciones meteorológicas de 1 a 3 días, indicando probabilidad de lluvia y comportamiento diario de la temperatura, el cual se centra principalmente en ciudades capitales.

- **Pronóstico Best Forecast⁴:**

Cuenta con pronóstico de 1 a 10 días de las variables meteorológicas: precipitación, temperaturas, humedad relativa y vientos. Es visible de forma gráfica y en texto y se pueden consultar versiones detalladas y/o resumidas.

5.6.4 Revisión de las condiciones meteorológicas reportadas por las estaciones del SATC

Finalmente, para conocer en tiempo real e informar o generar avisos/alertas/boletines, se debe revisar la información reportada por las estaciones y reportar cualquier incidencia anómala con el clima.⁵

5.6.5 Emisión de boletín

Partiendo de la información suministrada por el SATC, norte de Santander y la UNGRD, se realizó un boletín informativo con pronóstico de dos años, para el municipio de Abrego norte de Santander, en donde se evidencia los posibles eventos climáticos que se puedan presentar durante este periodo de tiempo y la afectación que tendrá en la comunidad (ver anexo 2).

³ Disponible en: <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/jsp/index.jsf#>

⁴ Disponible en <http://www.wunderground.com/cgi-in/findweather/hdfForecast?query=cucuta> y en www.SATCnortedesantander.org

⁵ Estas estaciones se pueden visualizar y consultar en la plataforma: www.satnortedesantander.org

5.7 Creación y puesta en marcha de la red de monitoreo del municipio de Abrego Norte de Santander en apoyo con es satc.

Con el objetivo de brindar una red meteorológica completa del sistema de Alerta Temprana climatológico en el municipio de Abrego, se van a instalar 5 estaciones de monitoreo de las cuales Dos (2) serán Hidrológicas y estarán sobre los ríos Algodonal y Frio. Las otras tres (3) serán de tipo climatológico principal, como se muestra en la figura 20.

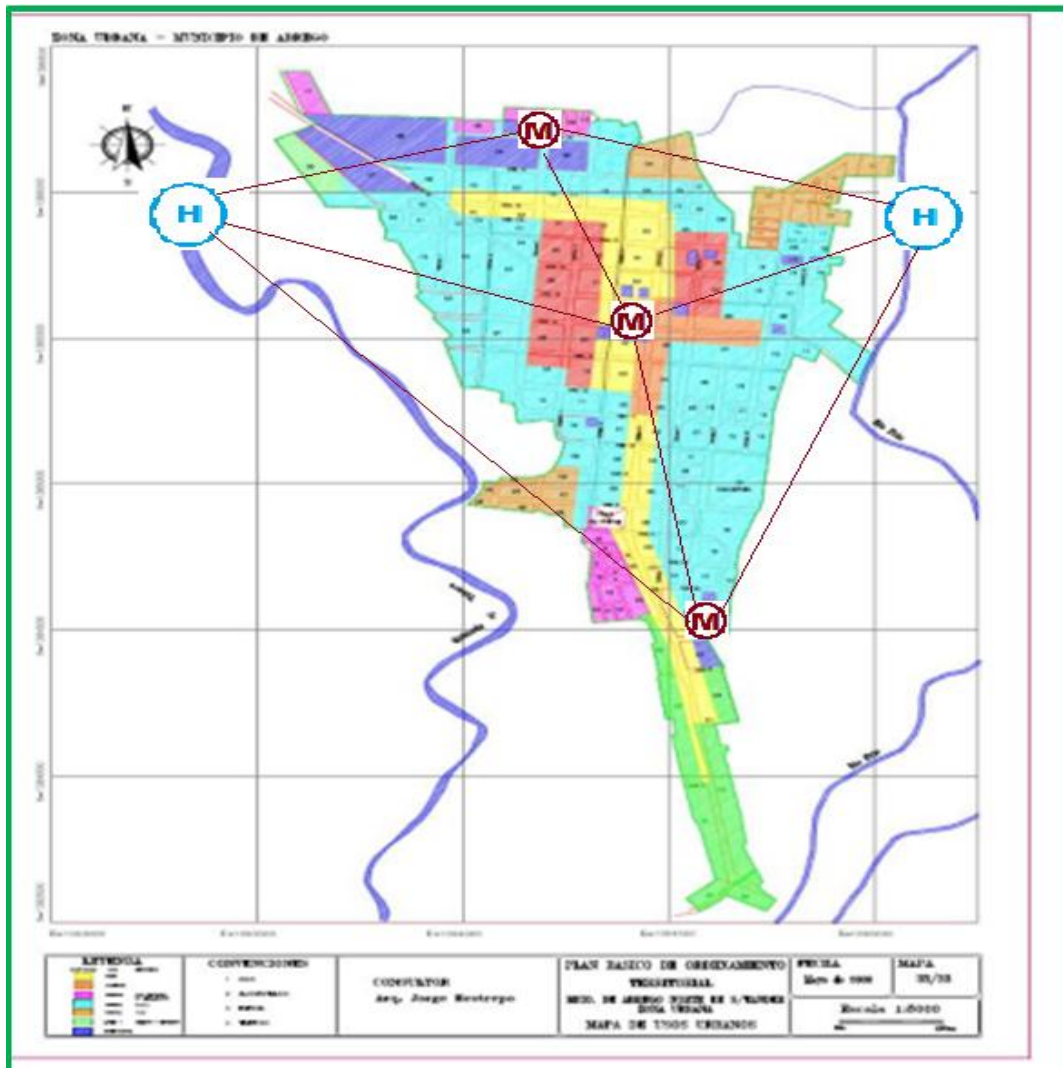


Figura 20. Distribución de la Red meteorológica del sistema de Alerta temprana del Municipio de Abrego en Norte de Santander.

Fuente: Plan Básico de Ordenamiento, Abrego Norte de Santander

Para la ubicación de los puntos de las estaciones se tuvo en cuenta:

- Ubicación de Fácil acceso.
- Las estaciones Meteorológicas, fueron ubicadas estratégicamente con el fin de abarcar la extensión del casco urbano.
- La ubicación de las estaciones hidrológicas, se realizó determinando tramos uniformes dentro de los cauces de los ríos algodonal y rio frio. En los cuales se pudiera brindar una protección a estas estaciones y fuera de fácil acceso para el operario.

5.8 Protocolo de seguimiento y monitoreo

Una vez instalado el Sistema de Alerta Temprana es necesario realizar un protocolo de seguimiento, el cual garantizara que se esté preparado ante cualquier eventualidad y poder generar la alarma a tiempo, con el fin de preservar la vida humana. Con el fin de optimizar los protocolos de monitoreo se involucraran las áreas en las cuales se presenta el mayor riesgo, tanto en el área urbana como en la rural con la ayuda de los mapas de amenazas presentes en el municipio. (Ver anexos 3 y 4)

5.8.1 Protocolo simplificado de incendios forestales

En la Tabal 25 se puede observar los propósitos, alcances y prioridades según el protocolo para incendios forestales.

Tabla 25. Propósitos, alcances y prioridades según el protocolo para incendios forestales. Municipio de Abrego en Norte de Santander.

| PROPÓSITO | ALCANCE | PRIORIDADES |
|--|--|--|
| <p>El protocolo fue elaborado para ser implementado por el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre. No supe capacitación ni entrenamiento es una guía para establecer el proceso y procedimiento para la atención de los Incendios Forestales.</p> | <p>El presente protocolo es para ser implementado por las entidades que hagan parte de la respuesta a emergencias por Incendios Forestales del SMGRD</p> | <ul style="list-style-type: none"> -Garantizar la seguridad del personal de las brigadas forestales. - Evacuar la población en el área de influencia. - No actuar de manera independiente, siempre mantenerse con la brigada o grupo. |

Fuente: Díaz, Ángela, Formulación De Protocolos En Incendios Forestales, Inundaciones Y Deslizamientos Para La Adecuada Gestión Administrativa Del Riesgo De Desastre

5.8.1.1 Normas generales de seguridad para los incendios forestales

1. Efectúe el aislamiento del área del incendio forestal y controle el acceso al mismo.
2. Establezca puestos de observación, identifique y utilice los medios de comunicación y defina rutas de escape y zonas de seguridad.
3. Realice el reconocimiento del terreno, revise el estado del tiempo atmosférico del momento y el pronosticado, tipo de vegetación y características del sitio.
4. Pronostique la evolución del incendio y planifique todos los pasos hasta su extinción con todos los recursos necesarios.

5. Identifique caminos conocidos teniendo presente las rutas de escape. Si camina en la noche use linterna, tenga cuidado o absténgase de subir rocas acorrier ladera abajo.
6. Este pendiente de troncos, árboles secos o debilitados. Pase por la parte superior de la pendiente y vigile la situación. Ponga especial atención a los hoyos formados por la combustión.
7. Lleve la herramienta hacia el lado de la pendiente. No corra con la herramienta.
8. Las acciones para la actuación deben ser claras e identificables sobre la cartografía que reproduce el terreno en el que se está trabajando.
9. Conozca perfectamente el uso de cada equipo e ingrese al área los equipos y herramientas que realmente considere necesarios.
10. Nunca pierda contacto visual o acústico con sus compañeros y absténgase de participar en la operación si no se siente en óptimas condiciones físicas y psicológicas.
11. Si se emplea apoyo aéreo y no se puede retirar tumbese en el suelo, boca abajo.
12. Use siempre el equipo de protección personal compuesto por: Uniforme que cubra todo el cuerpo, casco (min 3 ptos de sujeción), monografías, guantes de carnaza, botas de cuero ajustadas a los tobillos y con suela de goma labrada, monja y tapa-bocas.
13. Disponer del recurso humano necesario para atender la operación.
14. Utilice los procedimientos operativos normalizados.
15. Mantenga las vías de evacuación libre y segura. Establezca señales de evacuación.
16. Nombre un responsable de la seguridad.(Ministerio de Ambiente, 2012)

5.8.1.2 Flujograma simplificado para incendios(Díaz, 2014) ver anexo 5

5.8.2 Protocolo simplificado de inundaciones

Tabla 26. Propósitos, alcances y prioridades según el protocolo para inundaciones del Municipio de Abrego en Norte de Santander

| PROPÓSITO | ALCANCE | PRIORIDADES |
|--|---|--|
| El protocolo fue elaborado para ser implementado por el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre. No supe capacitación ni entrenamiento es una guía para establecer el proceso y procedimiento para la atención de Inundaciones | El presente protocolo es para ser implementado por las entidades que hagan parte de la respuesta a emergencias por Inundaciones del SMGRD | -Garantizar la seguridad del personal de rescate y la comunidad afectada. - Garantizar la seguridad de las personas en operaciones de evacuación. - Reducir al máximo la pérdida de los bienes |

Fuente: Autor

5.8.2.1 Normas generales de seguridad ante inundaciones

1. Efectúe el aislamiento del área de impacto y cumpla con las normas de bioseguridad.
2. Asegure la escena
3. Conozca perfectamente las limitaciones y la forma correcta de empleo de cada equipo; úselos de acuerdo a las normas establecidas.
4. Nunca ingrese a una zona con presencia de MATPEL sin el equipo y/o el conocimiento de la operación

5. Defina el sistema de monitoreo de la inundación, establezca alarmas que le permitan evacuar de emergencia.
6. Nunca actúe solo y absténganse de participar en rescate si no está en condiciones.
7. Use siempre el equipo de protección personal.
8. En el área de trabajo debe haber siempre personal necesario para la operación.
9. Utilice los procedimientos operativos normalizados –PON
10. Mantenga las vías de evacuación libre y segura
11. Mantenga comunicación permanente
12. Nombre un responsable de la seguridad
13. Establezca señales de evacuación

5.8.2.2 Flujograma simplificado para inundaciones(Díaz, 2014) ver anexo 5

5.8.3 Protocolo simplificado de deslizamientos

Tabla 27. . Propósitos, alcances y prioridades según el protocolo para deslizamientos del Municipio de Abrego en Norte de Santander.

| PROPÓSITO | ALCANCE | PRIORIDADES |
|---|---|---|
| El protocolo fue elaborado para ser implementado por el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre. No sule capacitación ni entrenamiento es una guía para establecer el proceso y | El presente protocolo es para ser implementado por las entidades que hagan parte de la respuesta a emergencias por Deslizamientos del SMGRD | -Garantizar la seguridad del personal de rescate y la comunidad afectada. - Garantizar la seguridad de las personas, bienes y ambiente en operaciones de evacuación. |

| | | |
|--|--|---|
| procedimiento para la atención de Inundaciones | | - Dar respuesta oportuna y eficiente al evento. |
|--|--|---|

Fuente: Díaz, Angela, Formulación De Protocolos En Incendios Forestales, Inundaciones Y Deslizamientos Para La Adecuada Gestión Administrativa Del Riesgo De Desastre

5.8.3.1 Normas generales de seguridad para deslizamientos

1. Nombrar un responsable para verificar las condiciones del lugar como para la seguridad operacional en el lugar del evento.
2. Efectuar el aislamiento de la zona de impacto y controlar el acceso y salida al mismo.
3. Definir vías de evacuación
4. Usar el equipo de protección personal
5. Mantener estrictamente el número de personal que sea requerido
6. Utilizar los procedimientos operativos normalizados
7. Garantizar comunicación permanentemente

5.8.3.2 Flujograma simplificado para deslizamiento (Díaz, 2014) ver anexo 5

5.9 Sigüientes líneas de acción para el sistema de alerta climatológico del municipio de Abrego

Basado en el Protocolo del SATC norte de Santander se presentan las sigüientes líneas de acción para el sistema de alerta climatológico del municipio de Abrego como se muestra en la figura 21.

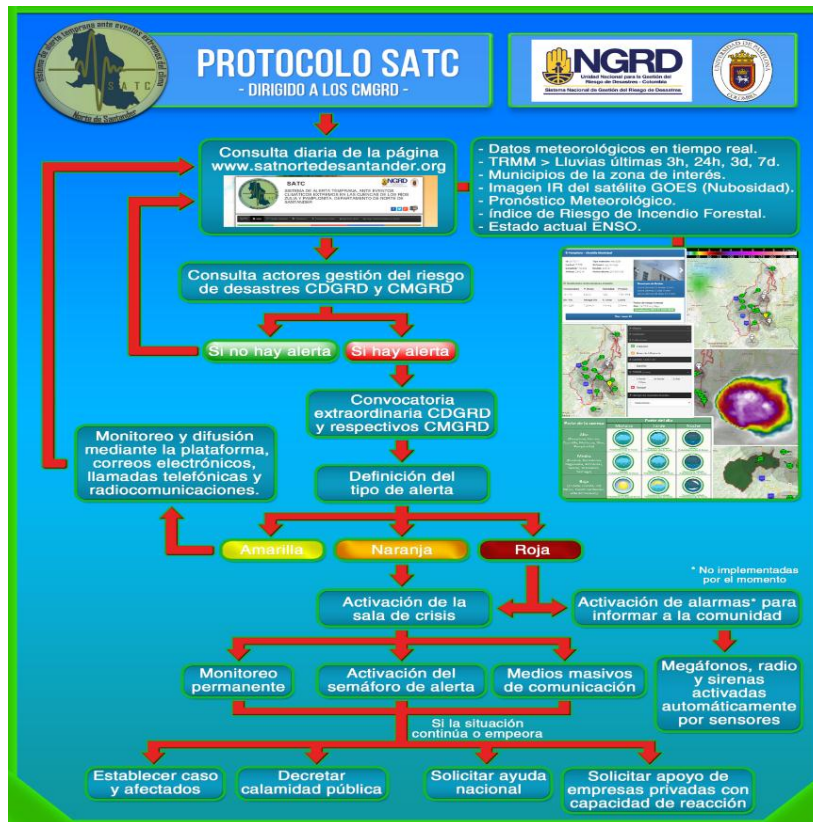


Figura 21. Protocolo SATC.
Fuente: SATC, UNGRD

Con la elaboración del Diagnostico preliminar se obtuvo información de gran importancia, la cual brinda una idea de la necesidad que presenta la comunidad Abbriguense y lo útil que sería realizar el proyecto.

Se ha dejado en claro que la inversión en este proyecto es vital para la seguridad de los habitantes, debido a que en la actualidad no se cuenta con ningún tipo de herramienta de Alerta Temprana. El SATC funcionara en conjunto con otras políticas presentes en el municipio como lo es el Plan de Gestión del Riesgo y EL Plan Municipal de Estrategia para la Respuesta a Emergencia.

En la actualidad en el municipio de Abrego ha venido siendo afectado por diversos fenómenos naturales, granizadas inundaciones y sequías. Las cuales se hubieran podido mitigar al contar con una herramienta como el SATC.

Es de mucha utilidad contar con las Curvas IDF, debido a que ellas manejan una información confiable de la intensidad y precipitación y nos brinda una idea de cuantos años demoraría en retornar una fuerte precipitación del mismo modo las curvas de variación estacional nos brindan una idea de cómo está distribuida la precipitación a lo largo de los años de estudio y el uso más significativo es que nos ofrece unas curvas de probabilidad de excedencia, en las cuales podemos determinar cada mes cual sería la probabilidad de que se sobrepasara la precipitación y de este modo poder estar preparados ante un evento extremo. Las gráficas de las variables indicaran el comportamiento de las mismas y servirán como método herramienta de pronóstico ante cualquier anomalía.

Todas estas herramientas son muy útiles a la hora de prevenir, por tal razón se ha instalado una metodología de predicción la cual, es veraz y confiable a la hora de ofrecer un pronóstico, debido a que se basa en herramientas satelitales las cuales funcionan en tiempo real y está desarrollado en base Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), pero estos pronósticos no serían de mucha utilidad si no llegan a los lugares en que se necesitan, Por tal razón se instauró el sistema de Boletines los cuales tienen la funcionalidad de brindar información concreta, en el momento indicado, a los municipios que conforman la red departamental del SATC.

Todo este Sistema no sería de utilidad, si no se cuenta con un protocolo de seguimiento, el cual marca las pautas necesarias a la hora de determinar la importancia y el alcance de una amenaza de la forma nos indica cual es el paso a seguir para poder controlarla y prevenirla a tiempo.

6. CONCLUSIONES

- Con el presente trabajo se cumple con el Diseño del Sistema de alerta temprana en el municipio de Abrego norte de Santander, y se indican cuáles son los pasos a seguir ante una Incendios Forestales, Deslizamientos e Inundaciones como medida de adaptación a la variabilidad y cambio climático para la adecuada gestión administrativa del riesgo de desastre
- La información existente en el diagnostico técnico preliminar, brinda la información necesaria para que no se presente ningún percance durante la instalación del SATC, también proporciona información de la extensión del municipio y esto permitirá a la correcta ubicación de las Estaciones.
- Con las herramientas presentes en el trabajo, como lo son las Curvas IDF, las Curvas de Variación Estacional, el Análisis Grafico y las imágenes satelitales, el SATC se encuentra en la capacidad de predecir cualquier amenaza de incendio forestal, inundación y sequía que se pueda presentar en el municipio.
- A través de los protocolos presentados se ofrece los elementos básicos para la implementación de los procesos fundamentales del conocimiento, reducción y manejo de Incendios Forestales, Deslizamientos e Inundaciones, cómo emergencias priorizadas en el Plan de Ordenamiento Territorial. Además, se definió un conjunto de acciones para establecer los procedimiento por medio de sistemas de alerta Tempranas, capacitación de las entidades de socorro, equipamiento, entrenamiento; con el propósito de optimizar la

ejecución de los servicios de respuesta considerando las acciones específicas acordes al contexto de amenaza, exposición y capacidades del municipio de Abrego.

- Con el acompañamiento del Sistema de Alerta Temprana Climatológico del Departamento de Norte de Santander SATC, se logró la articulación del SAT de Abrego al sistema departamental; por medio de la orientación, formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres. Con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible, bajo el esquema de precaución y de oportuna información, de que trata la Ley 1523 de 2012.

7. RECOMENDACIONES

- La implementación del sistema de alerta temprana del municipio de Abrego y la administración de las emergencias, dependerá del desempeño de la Alcaldía Municipal frente a la Gestión del Riesgo de Desastre por parte de todas las entidades que conforman el Sistema Municipal, Departamental y Nacional.
- Una vez realizado el Diseño del SATC se buscara articular políticas municipales, con las acciones presentes en el sistema de alerta, que no se encuentran en el actual Plan de Gestión del Riesgo. Es decir se buscara dejar de un lado tanto protocolo y generar una información palpable y fácil de entender y de aplicar ante cualquier evento extremo.
- Es recomendable para futuras investigaciones realizar caudales máximos y determinar la planicie de inundación, durante el transcurso de los ríos: Rio Frio y Rio Algodonal, con el fin de corroborar las zonas de inundación presentes en los mapas de amenazas.
- Realizar los pronósticos con base en mapas satelitales para verificar lo existente en la metodología, y contar con un reporte en tiempo real de la situación climática del municipio.
- A la hora de estimar un comportamiento climático es recomendable que el tiempo de estudio de datos sea mayor a diez años, para validar la información presente.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía de Abrego, N. de S. (2012a). Estrategia Municipal de Respuesta a Emergencias. Abrego.
- Alcaldía de Abrego, N. de S. (2012b). Plan Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastre. Abrego.
- Arévalo, W. (2012). *Seguimiento a los escenarios de inundación en la veredas El hoyo, El soltadero, El rincón, Santa Rita y llano alto para actualización de la información del plan municipal de gestión del riesgo del municipio de Abrego*. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.
- Banco Mundial Región de América Latina y El Caribe. (2012). *Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia. Un aporte para la construcción de políticas públicas*. (M. Godoy & L. Arango, Eds.) (Primera Ed). Colombia.
- Carranza, M., Buforn, E., & Zollo, A. (2015). Testing the Earthquake Early-Warning Parameter Correlations in the Southern Iberian Peninsula - Springer. *Pure and Applied Geophysics*, 2435–2448. Retrieved from DOI: 10.1007/s00024-015-1061-6.
- Congreso de la República de Colombia. Ley 387 de 1997 (1997). Colombia: Ley 387. Retrieved from http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioVivienda/Ley_387_de_24-7-1997_Personas_desplazadas_-_Colombia.pdf
- Congreso de la República de Colombia. Ley 1106 de 2006, 490 Chemistry & ... 1–7 (2006). Colombia. Retrieved from http://www.elabedul.net/San_Alejo/Leyes/Leyes_2006/ley_1106_2006.php
- Congreso de la República de Colombia. Ley 1523 Por el cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres y se dictan otras disposiciones, Pub. L. No. 1523 (2012). Colombia: Ley 1523.

Congreso de la República de Colombia. Ley 1551 de 2012, por el cual se dictan las normas para modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios (2012). Colombia: Ley 1551.

Consejo municipal, de G. del R. de D. (2012). Estrategia para la Respuesta a Emergencias, Abrego Norte de Santander.

Díaz, A. V. (2014). *FORMULACIÓN DE PROTOCOLOS EN INCENDIOS FORESTALES , INUNDACIONES Y DESLIZAMIENTOS*. Universidad Militar Nueva Granada. Retrieved from [http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/13393/2/Formulacion de Protocolos en incendios forestales, inundaciones y deslizamientos para la adecuada gestion administrativa del riesgo de desastre..pdf](http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/13393/2/Formulacion%20de%20Protocolos%20en%20incendios%20forestales,%20inundaciones%20y%20deslizamientos%20para%20la%20adecuada%20gestion%20administrativa%20del%20riesgo%20de%20desastre..pdf)

Erazo, A. M. (2011). Relacion entre láminas de lluvia para determinacion de hietogramas de diseño de diferentes duraciones en el salvador, 22. Retrieved from http://www.snet.gob.sv/estudios/uploads/Relacion_entre_laminas_de_lluvia.pdf

Google. (2016). Estacion Climatologica, area de estudio.

Laverde, L. A., & Rivera, M. E. (2015). Bochalema Sistema de alerta temprana, *13*(2), 91–111.

Ministerio de Ambiente, V. Y. D. T. (2012). *Cartilla orientadora para la gestión del riesgo en incendios forestales*. Colombia. Retrieved from https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Los-Incendios-Forestales/250414_cart_incendios_forestales.pdf

Ministerio de Educación de Panamá, & UNESCO. (2011). Manual: Sistemas de Alerta Temprana. 10 Preguntas y 10 Respuestas. Retrieved March 2, 2016, from [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/pdf/Panama MANUAL INFORMATIVO.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/pdf/Panama%20MANUAL%20INFORMATIVO.pdf)

Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. Decreto 1807 de 2014 Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones, Pub. L. No. 1807 (2014). Colombia.

Ministerio del Interior y de Justicia. Decreto 250 de 2005, por el cual se expide el Plan nacional para la Atención Integral a la Población Desplazada por la Violencia y se dictan otras disposiciones, Jueves 29 de Marzo 1–10 (2005). Colombia: Decreto 250. Retrieved from <http://www.mij.gov.co/econtent/newsdetailmore.asp?id=1286&idcompany=2&idmenucategory=27>

Ministerio del Interior y de Justicia. Decreto 2862 De 2007, Por el cual se conforma y reglamenta el Comité Interinstitucional de Alertas Tempranas, CIAT. (2007). Colombia: Decreto 2862. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Ministerio del Interior y de Justicia. Decreto 4530 de 2008, Por el cual se modifica la estructura del Ministerio del Interior y de Justicia y se dictan otras disposiciones. (2008). Colombia: Decreto 4530. Retrieved from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=36773>

Ministerio del Interior y de Justicia. (2009). *Guía Municipal para la Gestión del Riesgo*. Colombia. Retrieved from <http://www.gestiondelriesgo.gov.co/snigrd/archivos/GMGRColombia.pdf>

Ministerio del Interior y de Justicia. Decreto 2780 De 2010, por el cual se crea y reglamenta la Comisión Intersectorial de Alertas Tempranas (CIAT). (2010). Colombia: Decreto 2780. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Ministerio del Interior y de Justicia. (2010b). *Guía Plan Escolar para la Gestión del Riesgo* Guía Plan Escolar para la Gestión del Riesgo. Retrieved March 1, 2016, from

- <http://cedir.gestiondelriesgo.gov.co/dvd/archivospdf/4-GPEGRColombia.pdf>
- ONU. (2007). Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. Retrieved June 1, 2016, from <http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>
- Pabón, J. D. (2009). El cambio climático global y su manifestación en Colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, (12), 111–119. Retrieved from <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/10277>
- Pizarro, R., Flores, J. P., Sangüesa, C., & Martínez, E. (2003). Módulo 2: Curvas intensidad duración frecuencia. *EIAS*. Retrieved from http://eias.utalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/b_modulo_IDF.pdf
- SAT, N. de S. (n.d.). *Lineamientos de pronóstico y predicción climática satc norte de santander*. Colombia.
- Secretaria de Planeación. (2001). Plan basico de ordenamiento territorial 2001-2009. Abrego.
- Secretaria de Planeación. (2016). Plan de Desarrollo Municipal. Abrego.
- Sistema Nacional de Protección Civil, M. (2016). Sistemas de Alerta Temprana, salvaguardan a población. Retrieved May 25, 2016, from <http://www.zocalo.com.mx/seccion/articulo/sistemas-de-alerta-temprana-salvaguardan-a-poblacion-1461165604>
- Tercera Conferencia Internacional sobre Alerta Temprana, (EWC III). (2006). Desarrollo de Sistemas de Alerta temprana: Lista de comprobación. Retrieved from http://www.unisdr.org/files/608_spanish.pdf
- UNGRD. (2015). *Sistema de Alerta Temprana, ante eventos climáticos extremos en las Cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita*, (SATC). Norte de Santander.
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres UNGRD. (2013). Guía Metodológica

para la Elaboración de la Estrategia de Respuesta Municipal, 67. Retrieved from http://cedir.gestiondelriesgo.gov.co/dvd/archivospdf/Guia_metodologica_para_la_Estrategia_de_Respuesta_Municipal.pdf

Universidad de la Plata, A. (2016). La UNLP desarrolla un sistema de alerta temprana por lluvias - Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Retrieved May 10, 2016, from http://www.unlp.edu.ar/articulo/2016/4/4/alerta_temprana_lluvias_abril_2016

9. ANEXOS

Anexo 1: Curvas IDF

Anexo 2: Emisión de Boletines

Anexo 3: Mapa de Amenazas Rural

Anexo 4: Mapa de Amenazas Urbanas

Anexo 5: Flujograma incendios deslizamiento e inundaciones

Anexo 6: Visitas a la comunidad