

**EVALUACION DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE ALERTA TEMPRANA EN TIEMPO REAL DIRIGIDOS A DISMINUIR LOS RIESGOS QUE REPRESENTAN LAS AMENAZAS POR INUNDACIONES Y AVENIDAS TORRENCIALES EN LA SUBCUENCA RIO MOLINO, MUNICIPIO DE POPAYÁN, DEPARTAMENTO DEL CAUCA.**



**LUIS CARLOS BOLAÑOS MARTINEZ  
FRANCISCO JULIAN CASTRO CAICEDO**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE MANIZALES  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESPECIALIZACION EN PREVENCION, ATENCION, REDUCCION DE  
DESASTRES EPARD  
MANIZALES- CALDAS  
2016**

**EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE ALERTA TEMPRANA EN TIEMPO REAL DIRIGIDOS A DISMINUIR LOS RIESGOS QUE REPRESENTAN LAS AMENAZAS POR INUNDACIONES Y AVENIDAS TORRENCIALES EN LA SUBCUENCA RIO MOLINO, MUNICIPIO DE POPAYÁN, DEPARTAMENTO DEL CAUCA.**



**LUIS CARLOS BOLAÑOS MARTINEZ  
FRANCISCO JULIAN CASTRO CAICEDO**

**Monografía de estudio de caso como requisito parcial para optar al título de Especialista en Prevención, Atención y Reducción de Desastres, EPARD.**

**Director:  
Msc. ROGELIO PINEDA MURILLO**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE MANIZALES  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESPECIALIZACION EN PREVENCION, ATENCION, REDUCCION DE  
DESASTRES EPARD  
MANIZALES- CALDAS  
2016**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Manizales, Caldas. 08 de Abril de 2016**

*"Gracias a mi Dios, a la Virgen María, a mis hijos Lorena y Carlitos por el apoyo que me han dado, a mi esposa Claudia Delgado por su comprensión y por la paciencia que me ha tenido y un especial agradecimiento al Geólogo Rogelio Pineda M. por su incansable respaldo en el desarrollo de este documento que hoy culminamos como aporte al Conocimiento y uso de las generaciones presentes y venideras con el fin de ser menos vulnerables ante los desastres"*

*Luis Carlos Bolaños Martínez.*

*"Una meta alcanzada por la cual doy gracias a Dios y se la dedico a mi hija Luciana, quien con su ternura y amor es el motor de mi vida, también agradezco al Geólogo Rogelio Pineda Murillo con quien contamos incondicionalmente para el logro de nuestro propósito que esperamos sea una valiosa contribución para la Universidad Católica de Manizales".*

*Francisco Julián Castro Caicedo*

**Dedicatoria**

## ***Agradecimientos***

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	10
INTRODUCCION .....	11
1 CONTEXTO TERRITORIAL .....	13
1.1 LOCALIZACION DE LA SUB CUENCA DEL RIO MOLINO .....	13
1.2 ASPECTOS POLITICO ADMINISTRATIVOS .....	14
1.3 ASPECTOS SOCIALES.....	14
1.4 ASPECTOS BIOFISICOS. ....	15
1.4.1 Geomorfología. ....	15
1.4.2 Geología.....	16
1.4.3 Depósitos aluviales.....	16
1.4.4 Vegetación.....	16
1.4.5 Fauna.....	17
1.4.6 Climatología.....	17
1.5 ASPECTOS ECONOMICOS.....	18
2 MARCO REFERENCIAL, NORMATIVO Y TEORICO. ....	19
2.1 MARCO REFERENCIAL.....	19
2.1.1 Reducción y prevención de desastres .....	19
2.1.2 Ejemplos de sistemas de alerta temprana en Colombia.....	20
2.2 MARCO NORMATIVO .....	21
2.3 MARCO TEORICO.....	24
2.3.1 Ordenamiento territorial.....	24
2.3.2 Ordenamiento territorial y desarrollo sostenible. ....	25
2.3.3 Sistema de alerta temprana.....	26
2.3.4 Conocimiento de riesgo.....	26
2.3.5 Reducción del riesgo.....	26
2.3.6 Manejo de desastres. ....	27
2.3.7 Aplicaciones disponibles para la consulta de información en el sistema SIGPAD.....	27
2.3.8 Definiciones para efectos de la ley 1523 de 2012. ....	27

2.3.9	Resiliencia .....	30
2.3.10	Avenidas torrenciales .....	30
2.3.11	Particularidades de los flujos torrenciales .....	31
2.3.12	Amenaza por inundaciones lentas .....	33
2.3.13	Prevención de destres.....	34
3	DISEÑO METODOLÓGICO .....	35
3.1	FASE 1. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA DE INFORMACION ASOCIADA A LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA Y GESTION DEL RIESGO.....	35
3.2	FASE 2. EVALUACIÓN DEL ESTUDIO DE CASO.....	35
3.2.1	Evaluación de eficacia .....	35
3.2.2	Evaluación de eficiencia .....	37
3.2.3	Evaluación de efectividad .....	38
3.3	FASE 4. RECOMENDACIONES PARA EL FORTALECIMIENTO SAT RIO MOLINO.....	38
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	39
4.1	LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA EN COLOMBIA .....	39
4.2	EVALUACION DE LA EFICACIA, EFICIENCIA Y EFECTIVIDAD DEL SAT RIO MOLINO .....	47
4.2.1	Descripción del proyecto (Generalidades).....	47
4.2.2	Operaciones relativas al proyecto.....	51
4.2.3	Evaluación de Eficacia con base a los objetivos del proyecto .....	56
4.2.4	Evaluación de Eficiencia con base a los objetivos del proyecto .....	61
4.2.5	Evaluación de efectividad .....	62
4.3	IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS RELEVANTES DEL SAT RIO MOLINO 64	
4.3.1	Debilidades y aspectos críticos del SAT rio Molino .....	64
4.3.2	Oportunidades del SAT rio Molino .....	64
4.3.3	Fortalezas del SAT rio Molino.....	65
5	RECOMENDACIONES PARA EL FORTALECIMIENTO DEL SAT RIO.....	66
6	CONCLUSIONES .....	68
7	BIBLIOGRAFIA.....	68

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Rangos y puntuación de eficacia.....	36
Tabla 2. Rangos y puntuación de eficiencia.....	37
Tabla 3. Avances, limitaciones y retos de los SAT en diferentes ciudades del país .....	40
Tabla 4 . Analisis de eficacia por cumplimiento de metas. ....	58
Tabla 7. Análisis de eficiencia por cumplimiento de metas .....	63

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización geográfica sub cuenca del río molino .....	13
Ilustración 2. Puente peatonal vereda Pueblillo, afectado por la creciente del río Molino en Diciembre de 2013.....	48
Ilustración 3 Panorámica de deslizamientos del río Molino, año 2013 .....	49
Ilustración 4. Efectos de deslizamiento Sub cuenca del río Molino, año 2013 .....	50
Ilustración 5. Labores de instalación del Receptor hob de señal sobre el Km 10 río Molino.....	53
Ilustración 6. Labores de instalación de equipos.....	53
Ilustración 7. Ubicación geografica de los puntos de monitoreo.....	54
Ilustración 8. Comportamiento promedio mensual de temperatura y nivel generados mediante monitoreo, punto Bocatoma.....	55
Ilustración 9. Comportamiento promedio mensual de temperatura y nivel generados mediante monitoreo, punto Km 6 .....	55
Ilustración 10. Comportamiento promedio mensual de temperatura y nivel generados mediante monitoreo, punto Km 10.....	56
Ilustración 11. Áreas de análisis de Eficacia .....	57
Ilustración 12.Árbol de objetivos.....	60



## RESUMEN

Para realizar la evaluación de la implementación de sistemas automatizados de alerta temprana en tiempo real dirigidos a disminuir los riesgos que representan las amenazas por inundaciones y avenidas torrenciales en la subcuenca río Molino, municipio de Popayán, se tuvieron en cuenta aspectos relacionados con el cumplimiento de objetivos de la propuesta y alcance de metas, esto asociado a indicadores de eficacia, eficiencia y efectividad. Se tomó como base para el cálculo de estos índices la metodología planteada por la empresa Planning en sus publicaciones periódicas coleccionables.

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica, la cual se empleó para conocer el avance y limitaciones en algunos aspectos de los Sistemas de Alerta Temprana -SAT localizados en las principales ciudades de nuestro país

Se contó con la información consignada en 12 reportes mensuales elaborados por la empresa de consultoría JPT CONSULTING AND SERVICES, en donde se presentaron datos de nivel y temperatura en cada uno de los tres puntos de monitoreo. También se identificaron aspectos los cuales se deben de fortalecer y mejorar teniendo en cuenta una serie de recomendaciones planteadas para el SAT río Molino.

Palabras clave: SAT, Río Molino, Efectividad, avenidas torrenciales, inundaciones.

## ABSTRACT

For the evaluation of the implementation of automated real-time early warning aimed at reducing the risks posed by floods and threats torrential floods in the river sub Molino, municipality of Popayan, were taken into account aspects related to compliance objectives and scope of the proposed goals, this associated with indicators of effectiveness, efficiency and effectiveness. It was taken as basis for the calculation of these indices the methodology proposed by the company in their collectibles Planning periodicals.

It conducted a literature review, which was used to learn about the progress and limitations in some aspects of SAT located in major cities of our country

It featured the information contained in 12 monthly reports prepared by the consulting firm CONSULTING AND SERVICES JPT, where level and temperature data in each of the three monitoring points were presented. aspects which should strengthen and improve taking into account a number of recommendations made to the SAT Mill River were also identified.

Keywords: SAT, Rio Molino, Effectiveness, torrential floods, flood.

## INTRODUCCION

La 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 el cual es un proceso social orientado a la 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.

De acuerdo a lo anterior, La Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC, en el desarrollo del programa de Gestión del Riesgo, ha venido implementando una serie de iniciativas articuladas al componente de **Conocimiento del riesgo** de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo, al Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2015 y al Plan de Acción de la CRC 2012 – 2015 en la línea estratégica Gestión del Riesgo y Cambio Climático.

Una de las iniciativas desarrolladas fue la implementación de un sistema de alerta temprana en la sub cuenca del río Molino, esto debido que se han registrado inundaciones en varias oportunidades, entre los que se tienen reportes de los ocurridos en el año 1928, 1938, 1996, 2004, dos en el 2011 y 2013. <sup>1</sup>Esta última con grandes impactos ambientales, económicos y sociales. Debido a ello, se desarrolló el proyecto denominado “Contratar los servicios tecnológicos de monitoreo inalámbrico en tiempo real, mediante la instalación de un sistema de alerta temprana SAT, para nivel de agua en el río Molino - Municipio de Popayán.”

1

El objetivo principal de la presente monografía se enfocó en evaluar la implementación de sistemas automatizados de alerta temprana en tiempo real dirigidos a disminuir los riesgos que representan las amenazas por inundaciones y avenidas torrenciales en la subcuenca río Molino, municipio de Popayán, Departamento del Cauca, para ello se realizó una evaluación de eficacia, eficiencia y efectividad de la propuesta, se generaron una serie de recomendaciones y estrategias para fortalecer el SAT Río Molino como también una revisión bibliográfica de temas asociados a la gestión del riesgo y los sistemas de alerta temprana.

---

<sup>1</sup> CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Proyecto “Contratar los servicios tecnológicos de monitoreo inalámbrico en tiempo real, mediante la instalación de un sistema de alerta temprana SAT, para nivel de agua en el río Molino - municipio de Popayán”. Colombia. 2015.

Uno de los resultados más importantes fue el obtenido de la evaluación de eficacia, eficiencia y efectividad ya que revelo que el sistema es eficaz en un 93,98%, es eficiente en un nivel medio y la efectividad es del 80%, lo cual sugiere que se deben realizar ajustes para obtener mejores resultados respecto a la generación de alertas tempranas.

## 1 CONTEXTO TERRITORIAL

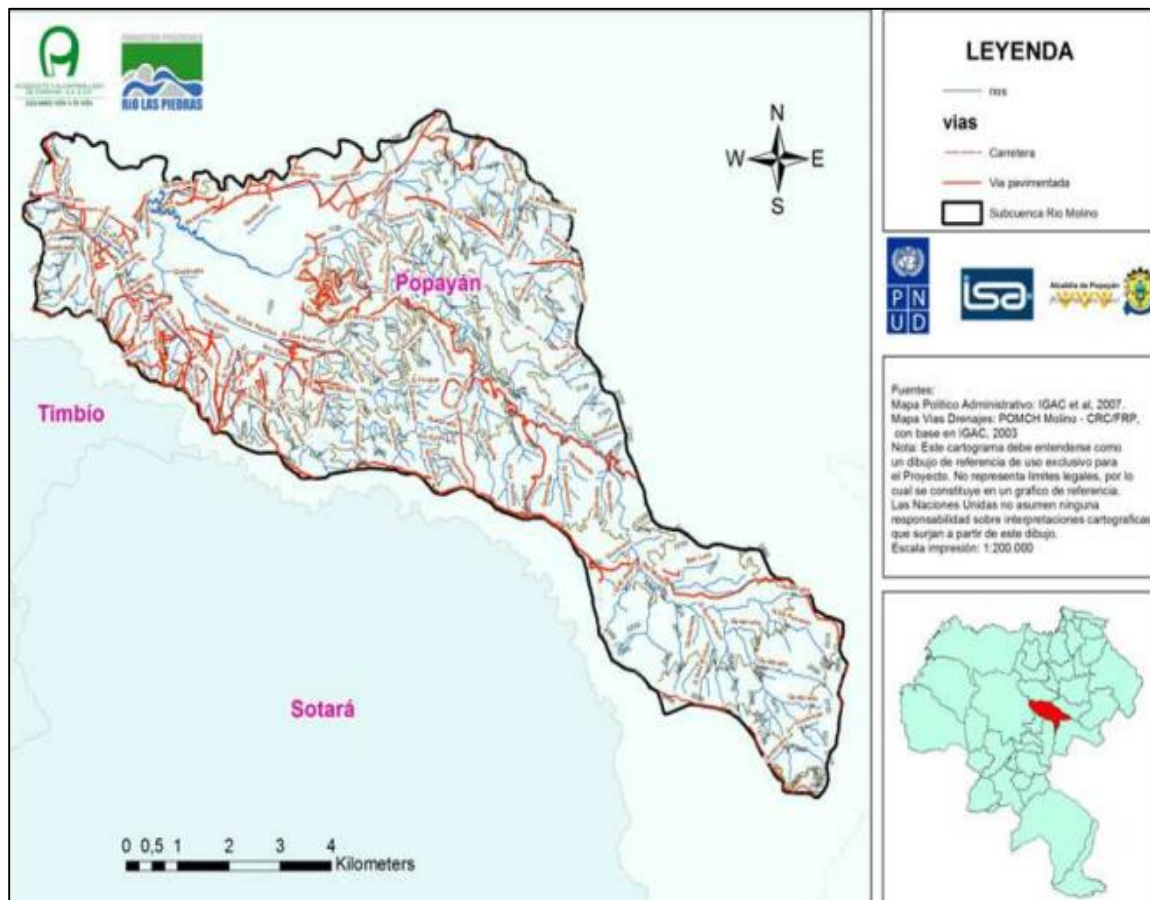
### 1.1 LOCALIZACION DE LA SUB CUENCA DEL RIO MOLINO

La sub-cuenca Río Molino se encuentra localizada al sur occidente de Colombia, en el centro del departamento del Cauca y al oriente del municipio de Popayán en las coordenadas: Oriente 1063000; Norte 752880. El nacimiento del río Molino es en la vereda de Santa Elena la cual presenta las siguientes coordenadas al Oriente 1063100 y al Norte 752900.<sup>2</sup>

Ilustración 1. Localización geográfica sub cuenca del río molino

---

<sup>2</sup> CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Implementación de acciones de restauración ecológica, como aporte a la gestión del riesgo para la prevención de desastres, en la cuenca río Molino – Municipio de Popayán – Departamento del Cauca. Popayán, Colombia, 2014.



Fuente: Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático En la Parte Media y Alta de la Subcuenca Rio Molino, Municipio de Popayán

## 1.2 ASPECTOS POLITICO ADMINISTRATIVOS

Según la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), la sub cuenca del río Molino ubicada en el municipio de Popayán, cuenta con 8 corregimientos, 10 veredas y 4 comunas urbanas, con un estimado de 53.329 habitantes. En la actualidad se cuenta con un sistema piloto de monitoreo y seguimiento, el cual se implementó teniendo en cuenta la afectación generada por avenidas torrenciales ocurridas en el año 2013.<sup>3</sup>

## 1.3 ASPECTOS SOCIALES

<sup>3</sup> CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Implementación de acciones de restauración ecológica, como aporte a la gestión del riesgo para la prevención de desastres, en la cuenca río Molino – Municipio de Popayán – Departamento del Cauca. Popayán, Colombia, 2014.

En la sub cuenca existen diferentes grupos poblacionales asentados: campesinos e indígenas en la zona rural y comunidades urbanas, quienes dependiendo de su sentido de pertenencia y necesidades satisfechas degradan, en mayor o menor medida, los recursos de los que dependen. No obstante, dado el contexto social actual, sobresalen los grupos de migrantes y desplazados quienes presentan niveles demográficos muy fluctuantes, viven procesos de readaptación que les permita comprender los territorios a los cuales llegan por periodos cortos o estacionarios. Además, son centro de exclusión de los otros grupos poblacionales presentes en la zona, con quienes no se identifican y a quienes señalan como ajenos o extraños en el contexto y quienes en la actualidad, en un porcentaje considerable ejercen influencia especialmente sobre la Quebrada. Pubús. Por su parte, la población indígena se encuentra representada por el Cabildo Yanacona en la zona urbana y el Resguardo de Poblazón en la zona rural, quienes han manifestado y enfatizan en su interés por que la subcuenca siga viva. Para ello han adelantado algunas estrategias ambientales para evitar su contaminación como la canalización de las aguas residuales y otras, orientadas a generar procesos internos que integren a las nuevas generaciones con la protección de la naturaleza. <sup>4</sup>

#### **1.4 ASPECTOS BIOFISICOS.**

##### **1.4.1 Geomorfología. La cuenca se encuentra dividida en dos unidades geomorfológicas:**

- *Unidad A.* Debido a los rasgos estructurales se aprecian cuchillas alargadas en la dirección N-E controladas normalmente por la tectónica, con drenaje dendrítico espaciado a subparalelo con alta densidad. Corresponden a la parte Oriental de la cuenca y se ubica entre las cotas de los 2200 y los 2800 m.s.n.m.; constituida por rocas de la Formación Popayán, Miembro La Venta.
- *Unidad B.* Relieve de colinas redondeadas, en ocasiones con pendientes empinadas, mesetas y planicies inclinadas hacia el occidente y disectadas por las actuales corrientes de agua, drenaje paralelo a subparalelo con direcciones E-W, con densidad baja al igual que la disección. A esta unidad corresponde la planicie de Popayán o Valle del Pubenza.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Plan de ordenación y manejo de la subcuenca río Molino - quebrada Pubús. Popayán, Colombia, 2006

<sup>5</sup> CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Plan de ordenación y manejo de la subcuenca río Molino - quebrada Pubús. Popayán, Colombia, 2006

#### 1.4.2 Geología.

La sub cuenca del río Molino está constituida por diferentes unidades geológicas, que comprenden edades desde el Paleozoico hasta la actualidad y son descritas a continuación. <sup>4</sup>

- *Complejo Arquía.* El nombre de Complejo Arquía, fue propuesto por Núñez (1990) y posteriormente retomado por Maya y González (1995), para referirse a una unidad litodémica conformada por rocas metamórficas de origen ígneo que afloran en el flanco oeste de la Cordillera Central desde la localidad de Santafé de Antioquia hasta la localidad de Buesaco en el Departamento de Nariño. Al norte de la cuenca del río Molino se observa un cuerpo de Anfibolitas y Metagabros relacionado al sistema de fallas N-NE, en algunos sectores carbonosos, en contacto con Esquistos cuarzo-micáceos, apareciendo de manera aislada en la parte medio-alta de la cuenca. <sup>4</sup>
- *Formación Popayán.* La Formación Popayán fue definida por Hubach y Alvarado (1932), subdividida en siete miembros por Torres et al, (1992) denominados Miembros Polindara, Sombrerillo, Julumito, Cajibío, Palacé, Caldon y La Venta. En la zona de estudio se encuentran depósitos de los Miembros Sombrerillo, Julumito y La Venta. <sup>4</sup>

#### 1.4.3 Depósitos aluviales.

Los depósitos aluviales están constituidos por materiales clásticos muy heterogéneos en tamaños, conformados por gravas y arenas bien seleccionadas hacia la parte alta de la cuenca, decreciendo a arenas y lodos hacia la desembocadura de los drenajes principales. Los principales depósitos aluviales en la cuenca se localizan a todo lo largo del río Molino en la parte baja de la Quebrada Pubus y a lo largo del río Ejido.<sup>6</sup>

#### 1.4.4 Vegetación.

Es importante identificar los tipos de cobertura encontrados en la sub-cuenca del río molino. De acuerdo a las metodologías y estudios hechos por la Corporación Autónoma Regional del Cauca, donde tuvo en cuenta las dinámicas físico-bióticas, socioeconómicas y culturales de los individuos que la habitan. En la composición florística de la sub-cuenca Río Molino- Quebrada. Pubús se encuentra 173 especies, 114 géneros y 58 familias, de las cuales las más representativas son; Melastomataceae con 17 especies, Solanaceae con 13 especies, Rubiáceae con 12 especies, Asteraceae con 12 especies, Bignoniaceae con 8 especies, Euphorbiaceae con 7 especies y Mimosaceae con 6 especies; En cuanto al género los más representativos son; Miconia con 11 especies, Palicourea con 7 especies,

---

<sup>6</sup> CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Plan de ordenación y manejo de la subcuenca río Molino - quebrada Pubús. Popayán, Colombia, 2006



Meriania con 3 especies y Solanum , Cestrum , Piper con 4 especies cada una. En síntesis, estos resultados determinan que las familias y géneros predominantes son los característicos de bosques andinos y sub-andinos que imprimen gran parte de la dinámica florística de la sub-cuenca. Las especies predominantes con su nombre común que pertenecen a estas familias y géneros son el aliso, guarango, lechero, encenillo, chilco, arboloco, pandere, yuco, nacedero, roble mandur, motilón, galvis, palo bobo, cedro blanco, arrayán, caspe y totocal.<sup>7</sup>

#### 1.4.5 Fauna.

.En la subcuenca Río Molino-Quebrada. Pubús se reportan 31 familias con 107 especies, de avifauna, de las cuales 3 no poseen definida su ubicación dentro de una familia estas son Pachyramphus polychopterus, Tiaris bicolor y Tiaris olivaceus. Del total de las especies registradas, dos se encuentran en la categoría de amenaza En Peligro (EN) Penelope perspicax y Harpyhaliaetus solitarius, una es Vulnerable (VU) Andigena hypoglauca y una es Casi Amenazada (NT) Eriocnemis derbyi. Además se registró una especie endémica de Colombia Ramphocelus flammigerus y una especie de hábitos acuáticos Aramides cajanea. Estos registros determinan la necesidad de tomar medidas para la conservación de estas especies y de ampliar áreas boscosas que les brinden un mejor hábitat.<sup>6</sup>

.En la subcuenca Río Molino-Quebrada. Pubús se reportan 31 familias con 107 especies, de avifauna, de las cuales 3 no poseen definida su ubicación dentro de una familia estas son Pachyramphus polychopterus, Tiaris bicolor y Tiaris olivaceus. Del total de las especies registradas, dos se encuentran en la categoría de amenaza En Peligro (EN) Penelope perspicax y Harpyhaliaetus solitarius, una es Vulnerable (VU) Andigena hypoglauca y una es Casi Amenazada (NT) Eriocnemis derbyi. Además se registró una especie endémica de Colombia Ramphocelus flammigerus y una especie de hábitos acuáticos Aramides cajanea. Estos registros determinan la necesidad de tomar medidas para la conservación de estas especies y de ampliar áreas boscosas que les brinden un mejor hábitat.<sup>8</sup>

#### 1.4.6 Climatología.

El clima del municipio de Popayán es templado húmedo. El promedio de lluvia total anual es de 2121 mm. Durante el año se presenta una temporada seca muy definida durante los meses de junio. Julio y agosto. En septiembre las lluvias aumentan paulatinamente y en octubre, noviembre y diciembre se registran las mayores lluvias

---

<sup>7</sup> CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Implementación de acciones de restauración ecológica, como aporte a la gestión del riesgo para la prevención de desastres, en la cuenca río Molino – Municipio de Popayán –Departamento del Cauca. Popayán, Colombia, 2014.

<sup>8</sup> CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Implementación de acciones de restauración ecológica, como aporte a la gestión del riesgo para la prevención de desastres, en la cuenca río Molino – Municipio de Popayán –Departamento del Cauca. Popayán, Colombia, 2014

del año. Los meses de enero a mayo, son de lluvias aunque no alcanzan la intensidad de los correspondientes al último trimestre del año.<sup>9</sup>

.En los meses secos llueve alrededor de 10 días al mes. Durante el primer semestre llueve 16 y 20 días y en los meses más lluviosos, la frecuencia de días con lluvia es de 22 a 27 días. La temperatura promedio es de 18.7 °C. Al medio día la temperatura máxima media oscila entre 24 y 25°C. En la madrugada la temperatura mínima está entre 12 y 14°C. El sol brilla cerca de 4 horas diarias en los meses lluviosos; en los meses secos, la insolación es levemente inferior a a 6 horas diarias/día. La humedad relativa del aire oscila durante el año entre 70 y 83 %, siendo mayor en la época lluviosa del segundo semestre. <sup>8</sup>

## 1.5 ASPECTOS ECONOMICOS

La zona urbana basa su economía en actividades derivadas del turismo, la oferta educativa y en muy baja proporción la actividad comercial e industrial. La zona rural se caracteriza por el desarrollo de actividades de subsistencia, principalmente ganaderas y agrícolas, utilizando técnicas insostenibles sin tener en cuenta la vocación de los suelos. Predomina, por su historia de ocupación, la ganadería extensiva, seguido de los monocultivos con incorporación de fertilizantes químicos en exceso. <sup>10</sup>

La ganadería extensiva se ubica principalmente en la parte alta, con cultivos de pastos con algunos pequeños sembrados de pan coger como mora, arveja, algunas hortalizas y papa. La leche, principal producto de comercialización, es vendida como “leche cruda” en la zona a intermediarios con gran desequilibrio en los precios a favor del comerciante, solo unas pocas familias fabrican derivados de la leche que los comercializan puerta a puerta en Popayán; el ganado es comercializado en Popayán, Cali y veredas vecinas de la parte alta. <sup>9</sup>

La actividad forestal se reduce a un cultivo industrial comercial de pinos-eucalipto de propiedad de Cartón de Colombia en la vereda Claridad. Veredas como Bosques de Molino, al igual que otras de la parte baja, centran su actividad económica el saque de material de río y explotación de minas de arcilla para producción de ladrillos. <sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> IDEAM. Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos. Colombia 2012

<sup>10</sup> FONDO PARA EL LOGRO DE LOS ODM. Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático En la Parte Media y Alta de la Subcuenca Rio Molino Municipio de Popayán. Popayán, Colombia, 2010.

## **2 MARCO REFERENCIAL, NORMATIVO Y TEORICO.**

### **2.1 MARCO REFERENCIAL**

#### **2.1.1 Reducción y prevención de desastres**

En la conferencia mundial sobre la reducción de los desastres, realizada en Kobe, Hyogo, Japón 18 a 22 de enero de 2005, se aprobó dentro de la resolución N° 2, “Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres”, en donde se destaca la importancia de crear sistemas de alerta temprana centrados en la población, en particular sistemas que permitan alertar a tiempo y en forma clara a las personas expuestas, teniendo en cuenta las características demográficas, el género, la cultura y el modo de vida de los destinatarios, que den orientación sobre la forma de actuar en caso de alerta y que contribuyan a la eficacia de las intervenciones de los encargados de la gestión de las situaciones de desastre y otras autoridades. <sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> NACIONES UNIDAS. Informe de la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres. Hyogo, Japón 18 al 22 de Enero de 2005

Para marzo de 2006 se celebró en Bonn (Alemania) la III Conferencia Mundial en Alerta Temprana (EWS III), dentro de la sesión titulada “SAT: Gente, Política y Economía” en donde se utilizaron expresiones como “SAT de extremo a extremo” para referirse a la necesidad de que estos sistemas puedan conectar la primera detección del evento con un alcance efectivo a todas las comunidades que puedan estar en riesgo N°3. <sup>12</sup>

## **2.1.2 Ejemplos de sistemas de alerta temprana en Colombia**

### **2.1.2.1 Sistema de Alerta Temprana por movimientos en masa inducidos por lluvia para el Valle de Aburrá, Colombia**

En el Valle de Aburrá las complejas condiciones físicas del territorio, sumadas a los altos índices de vulnerabilidad, han propiciado escenarios con un alto potencial de pérdidas humanas y económicas ante la ocurrencia de fenómenos de origen natural tales como movimientos en masa, los cuales representan el 35 % de los eventos que ocurren en el valle y el 77 % de las víctimas mortales. Debido a esta grave problemática, desde el año 2008 se ha venido utilizando un sistema de alerta temprana por movimientos en masa inducidos por lluvia soportada en umbrales de lluvia empíricos. Estos sistemas proporcionan un rápido medio para monitorear y comunicar información sobre amenazas a una comunidad vulnerable, por lo que se usan para proteger vidas, señalando con anterioridad la posibilidad de un evento, lo que proporciona tiempo para tomar acciones que pueden reducir las condiciones de riesgo. Este artículo describe la definición y ajuste del modelo, al igual que presenta los resultados de la validación de los umbrales para el periodo 2004-2008. Los resultados encontrados indican que, aunque el modelo ajustado predice la ocurrencia de un alto porcentaje de eventos para la ciudad de Medellín, existe aún un gran número de eventos que se presentan en condiciones normales, lo cual indica que se requiere la definición de umbrales que se ajusten a las condiciones locales del valle y reduzcan los niveles de incertidumbre propios de un modelo estocástico. <sup>13</sup>

### **2.1.2.2 Diseño de un SAT en la Sierra Nevada de Santa Marta, Guajira**

La Corporación Autónoma Regional de La Guajira, desarrolla el proyecto para el diseño, instalación y operación de un sistema de alerta temprano para inundación y deslizamientos; este proyecto plantea la instalación de una red de estaciones automáticas hidrometeorológicas que permita conocer el comportamiento de la

---

<sup>12</sup> NACIONES UNIDAS; GOBIERNO ALEMAN. Tercera Conferencia Internacional sobre Alerta Temprana (EWC III). Bonn, Alemania 27 al 29 de marzo de 2006

<sup>13</sup> ARISTIZABAL E; GAMBOA F y LEOZ F. Sistema de alerta temprana por movimientos en masa inducidos por lluvia para el Valle de Aburrá, Colombia. Colombia, 2010

precipitación y de los niveles de la superficie del agua en los drenajes en tiempo real, para prevenir o disminuir mediante la detección y emisión de alertas tempranas la pérdida de vidas humanas y/o bienes materiales, como también las actividades económicas (agricultura), anticipándose a la ocurrencia de inundaciones y fenómenos de remoción en masa. Es importante señalar que el SAT que se propone forma parte de una serie de medidas que buscan prevenir o mitigar problemas que pueden generar los fenómenos de inundación y deslizamientos de tierra en el sector proyectado, y que son detonados principalmente por intensas lluvias y/o actividades antrópicas como la tala y quema de la cobertura de la cuenca, por tanto el SAT no representa una solución definitiva a los problemas del sector pero si una primera aproximación, que una vez calibrada permitirá la toma de decisiones oportunas en criterios mejor sustentados. <sup>14</sup>

## 2.2 MARCO NORMATIVO

Desde la Ley N° 46 del 2 de Noviembre de 1998, “POR LA CUAL SE CREA Y ORGANIZA EL SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES, SE OTORGA FACULTADES EXTRAORDINARIAS AL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES” en su Artículo 3, menciona la elaboración de un Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, el cual, una vez aprobado por el Comité Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, será adoptado mediante decreto del Gobierno Nacional. <sup>15</sup>

A través del Decreto Ley 919 de 1989 "POR EL CUAL SE ORGANIZA EL SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES". En donde en su ARTICULO 1°, indica; El Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres está constituido por el conjunto de entidades públicas y privadas que realizan planes, programas, proyectos y acciones específicas, para alcanzar los siguientes objetivos... <sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> CORPORACION AUTÓNOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA .Diseño de un sistema de alerta temprana por inundación y deslizamiento en el flanco nororiental de la Sierra Nevada de Santa Marta – departamento de la Guajira. Colombia, 2011

<sup>15</sup> CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA. Ley 46 de 1988, “por la cual se crea y organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, se otorga facultades extraordinarias al Presidente de la República, y se dictan otras disposiciones”. Magdalena, Colombia. 1998

<sup>16</sup> ALCALDIA DE BOGOTÁ. Decreto Ley 919 de 1989 "por el cual se organiza el sistema nacional para la prevención y atención de desastres y se dictan otras disposiciones". Bogotá, Colombia 1 de Mayo de 1989

a) Definir las responsabilidades y funciones de todos los organismos y entidades públicas, privadas y comunitarias, *en las fases de prevención*, manejo, rehabilitación, reconstrucción y desarrollo a que dan lugar las situaciones de desastre o de calamidad.<sup>15</sup>

b) Integrar los esfuerzos públicos y privados para la *adecuada prevención* y atención de las situaciones de desastre o de calamidad;<sup>15</sup>

c) Garantizar un manejo oportuno y eficiente de todos los recursos humanos, técnicos, administrativos y económicos que sean indispensables para la prevención y atención de las situaciones de desastre o calamidad.<sup>15</sup>

En el Artículo N° 3, La Oficina Nacional para la Atención de Desastres elaborará un Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, el cual, una vez aprobado por el Comité Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, será adoptado mediante decreto del Gobierno Nacional. El Plan incluirá y determinará todas las políticas, acciones y programas, tanto de carácter sectorial como del orden nacional, regional y local que se refieran, entre otros, a los siguientes aspectos<sup>16</sup>:

c) La educación, capacitación y participación comunitaria;

d) Los sistemas integrados de información y comunicación a nivel nacional, regional y local

f) La investigación científica y los estudios técnicos necesarios;

g) Los sistemas y procedimientos de control y evaluación de los procesos de prevención y atención,

Artículo 10, sistemas y equipos de información. La Oficina Nacional para la Atención de Desastres señalará orientaciones y criterios sobre los sistemas y equipos de información que deben utilizarse para el diagnóstico y la prevención de los riesgos y, en especial, los métodos de medición de variables, los procedimientos de análisis y recopilación de datos, y los demás factores que aseguren uniformidad.<sup>17</sup>

Mediante el Decreto 93 del 13 de Enero de 1998 “POR EL CUAL SE ADOPTA EL PLAN NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES” y la Ley 46 de 1988, fijó como uno de los objetivos del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, el garantizar un manejo oportuno y eficiente de todos los recursos humanos, técnicos, administrativos, económicos que sean indispensables para la prevención y atención de desastres. Que el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres debe incluir y determinar todas las

---

<sup>17</sup> ALCALDIA DE BOGOTÁ. Decreto Ley 919 de 1989 "por el cual se organiza el sistema nacional para la prevención y atención de desastres y se dictan otras disposiciones". Bogotá, Colombia 1 de Mayo de 1989

políticas, acciones y programas, tanto de carácter sectorial como del orden nacional, regional y local que se refieren, entre otros, a los siguientes aspectos: la educación, capacitación y participación comunitaria; los sistemas integrados de información y comunicación a nivel Nacional, regional y local; la investigación científica y los estudios técnicos necesarios. Los sistemas y procedimientos de control y evaluación de los procesos de prevención y atención. Que esta norma tiene como objetivo principal la reducción de riesgos y prevención de desastres. <sup>18</sup>

Con la LEY 388 DE 1997 “POR LA CUAL SE MODIFICA LA LEY 9 DE 1989, Y LA LEY 2 DE 1991 Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES”. Tiene como objetivos y principios los siguientes<sup>19</sup>:

Artículo 1º.- *Objetivos*. La presente Ley tiene por objetivos:

1. Armonizar y actualizar las disposiciones contenidas en la Ley 9 de 1989 con las nuevas normas establecidas en la Constitución Política, la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo, la Ley Orgánica de Áreas Metropolitanas y la Ley por la que se crea el Sistema Nacional Ambiental. <sup>18</sup>

2. El establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes. <sup>18</sup>

3. Garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres. <sup>18</sup>

4. Promover la armoniosa concurrencia de la Nación, las entidades territoriales, las autoridades ambientales y las instancias y autoridades administrativas y de planificación, en el cumplimiento de las obligaciones constitucionales y legales que prescriben al Estado el ordenamiento del territorio, para lograr el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. <sup>18</sup>

5. Facilitar la ejecución de actuaciones urbanas integrales, en las cuales confluyan en forma coordinada la iniciativa, la organización y la gestión municipales con la

---

<sup>18</sup> ALCALDIA DE BOGOTÁ. Decreto 93 de 1998, Por el cual se adopta el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres”. Bogotá Colombia, 1998.

<sup>19</sup> COLOMBIA HUMANITARIA. Ley 1523 de 2012, Sobre la primera Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia. Colombia 2012

política urbana nacional, así como con los esfuerzos y recursos de las entidades encargadas del desarrollo de dicha política.<sup>20</sup>

Artículo 2º.- *Principios*. El ordenamiento del territorio se fundamenta en los siguientes principios:

1. La función social y ecológica de la propiedad.
2. La prevalencia del interés general sobre el particular.
3. La distribución equitativa de las cargas y los beneficios. (Alcaldía de Bogotá, 1997)

Ley 1523 de 2012, Sobre la primera política Nacional de gestión del riesgo de desastres en Colombia, la cual se estructura en ocho capítulos desde el nivel nacional al territorial , modifica la estrategia de asistencia a personas afectadas, permite tomar decisiones oportunas y ejecutar presupuestos necesarios para la atención de las emergencias , donde participan los sectores públicos, privados y comunitarios, =SE ENFOCA A QUE LAS POLITICAS PUBLICAS NO ESTAN DIRIGIDAS A LA ATENCION DE DESATRES =SNPAD) SI NO ESPECIALMENTE A LA GESTION DEL RIESGO.)SNGR<sup>19</sup>.

## 2.3 MARCO TEORICO

### 2.3.1 Ordenamiento territorial.

Las nociones de ordenamiento territorial –OT- son abundantes y diversas y se refieren directa o indirectamente asuntos como los siguientes: la reducción de los desequilibrios en las condiciones de desarrollo espacial; la restructuración del territorio para facilitar la localización y movilidad de las fuerzas del mercado; el carácter interdisciplinario y prospectivo de los procesos territoriales; la necesidad de la transformación óptima del espacio regional; la importancia del territorio como medio que permiten articular las intervenciones públicas sectoriales y generar sinergias; el rol de la planificación física para expresar y armonizar espacialmente los usos y ocupación del territorio por parte de las actividades humanas; la consideración de las tendencias de desarrollo a largo plazo de los fenómenos e intervenciones económicas, ecológicas, sociales, culturales y ambientales y su expresión física territorial. Todos estos posibles significados tienden a converger hacia la necesidad de contar con instrumentos que permitan orientar y regular la expresión espacial de las políticas sociales, económicas, culturales y ambientales, teniendo en cuenta las múltiples escalas interrelaciones de tales políticas y el

---

<sup>20</sup> COLOMBIA HUMANITARIA. Ley 1523 de 2012, Sobre la primera Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia. Colombia 2012



reconocimiento de la diversidad regional y del territorio como factor activo de desarrollo.<sup>21</sup>

### **2.3.1.1 La gestión del riesgo y el ordenamiento territorial**

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en el marco de sus competencias y en especial con el fin de apuntar a los objetivos planteados en el Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres (decreto 93 de 1998), ha venido desarrollando un programa orientado al manejo de los asentamientos humanos precarios y la gestión del riesgo, cuyo fin es la incorporación del tema de riesgo en los procesos de planificación y ordenamiento territorial. Este programa contempla la asistencia técnica a municipios, el desarrollo de políticas y herramientas metodológicas que permitan fortalecer y orientar la gestión en los entes territoriales del nivel regional y local. En el año 2005, este Ministerio publicó la guía metodológica para la incorporación de la prevención y reducción del riesgo en los procesos de Ordenamiento Territorial, la cual contiene los insumos jurídicos, conceptuales y técnicos, que requiere cada municipio y las entidades de nivel regional, para establecer los parámetros técnicos que orientan la adecuada incorporación de este tema, dando así cumplimiento a lo establecido en la normatividad vigente.<sup>22</sup>

### **2.3.2 Ordenamiento territorial y desarrollo sostenible.**

El desarrollo territorial es un proceso dinámico y complejo, si se tiene en cuenta que sus componentes (naturales, económicos, culturales, políticos, sociales, tecnológicos, etc.) se transforman permanentemente y transcurren en el territorio de manera interrelacionada, por lo cual los efectos de desarrollo emergen de la compleja y continua interacción y sinergia, entredichos elementos, y el balance de tales interrelaciones es el que da lugar a la calidad de vida propia de cada espacio. En tal sentido, es importante tener presente que en última instancia el gestor y sujeto del desarrollo es el hombre, por acción u omisión, y de él depende la evolución de las condiciones de desarrollo. De ahí que el concepto de Desarrollo Sostenible sea inherente al ordenamiento territorial y hace alusión a aquel que satisface las necesidades humanas del presente, sin comprometer la capacidad para que las futuras generaciones logren satisfacer sus propias necesidades. Al tener el desarrollo territorial como foco la satisfacción de las condiciones de vida del ser

---

<sup>21</sup> DNP (Departamento Nacional de Planeación). Elementos para la formulación de la política nacional de ordenamiento territorial y alcances de las directrices departamentales. Colombia, 2013.

<sup>22</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. La Gestión de Riesgos, un tema de Ordenamiento Territorial. Serie Ambiente y Ordenamiento Territorial Guía No. 3. Colombia, 2005

humano, la planificación y gestión requiere responder a un proceso de construcción social, que implica la participación activa de los actores y organizaciones del territorio, con el fin de que se constituyan en autogestores de su desarrollo.<sup>23</sup>

### 2.3.3 Sistema de alerta temprana.

Un Sistema de Alerta Temprana (SAT), se puede definir como un sistema de colección de información variada que, mediante monitoreo constante, permite advertir sobre situaciones amenazantes a la seguridad alimentaria y a la seguridad civil.<sup>24</sup>

El objetivo principal de un sistema de alerta temprana (SAT) es dar el poder a personas y comunidades amenazadas de actuar a tiempo y de manera apropiada para reducir la posibilidad de heridas, pérdida de vida, daño a la propiedad y al ambiente y pérdida del sustento. Cada una de las agencias gubernamentales (en particular los servicios meteorológicos nacionales, las agencias nacionales y locales de gestión de desastres), las organizaciones no gubernamentales, las empresas, las instituciones académicas, los socios internacionales y las comunidades locales juegan un papel esencial en el diseño y la implementación exitosa de la mayoría de los sistemas de alerta temprana de amenazas naturales.<sup>25</sup>

### 2.3.4 Conocimiento de riesgo.

Proceso de la gestión del riesgo compuesto por la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes y la comunicación para promover una mayor conciencia del mismo que alimenta los procesos de reducción del riesgo y de manejo de desastre.<sup>26</sup>

### 2.3.5 Reducción del riesgo.

Proceso de la gestión del riesgo, está compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, entiéndase: mitigación del riesgo y a evitar nuevo riesgo en el territorio, entiéndase: prevención del riesgo. Son medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir

---

<sup>23</sup> DNP (Departamento Nacional de Planeación). Elementos para la formulación de la política nacional de ordenamiento territorial y alcances de las directrices departamentales. Colombia, 2013.

<sup>24</sup> SISTEMA NACIONAL DE PROTECCION CIVIL PANAMA (SINAPROC). Sistema de alerta temprana desde la perspectiva del sistema Nacional de protección civil. Panamá 2009.

<sup>25</sup> NATIONAL WEATHER SERVICE INTERNATIONAL ACTIVITIES (NOAA). Guía de referencia para sistemas de alerta temprana de crecidas repentinas. EE.UU, 2012.

<sup>26</sup> UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES (UNGRD). Implantación del sistema integrado de información para la prevención y atención de desastres. Colombia, 2014.

la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos. La reducción del riesgo la componen la intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera.<sup>27</sup>

### 2.3.6 Manejo de desastres.

Proceso de la gestión del riesgo compuesto por la preparación para la respuesta a emergencias, la preparación para la recuperación pos desastre, la ejecución de dicha respuesta y la ejecución de la respectiva recuperación, entiéndase: rehabilitación y recuperación.<sup>26</sup>

### 2.3.7 Aplicaciones disponibles para la consulta de información en el sistema SIGPAD.

El sistema de información SIGPAD (Sistema Nacional de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres), se ha desarrollado por aplicaciones (apoyados en diferentes productos tecnológicos) bajo diferentes tecnologías especializadas en diferentes temáticas (recolección de datos, información geográfica, componentes web, etc.), se proyecta mantener y ampliar las capacidades tecnológicas de las aplicaciones disponibles en el Sistema de Información Actual, como el Sistema de Información Geográfica, el Sistema de diseminación de alertas, el Sistema de alertas públicas con Google (PublicAlerts), el Mapa de crisis con Google (Crisis Maps), el App móvil “Yo Reporto” y la aplicación de reporte de emergencias.<sup>26</sup>

### 2.3.8 Definiciones para efectos de la ley 1523 de 2012.

Se tuvieron en cuenta las siguientes definiciones:

- *Adaptación.* Comprende el ajuste de los sistemas naturales o humanos a los estímulos climáticos actuales o esperados o a sus efectos, con el fin de moderar perjuicios o explotar oportunidades beneficiosas, En el caso de los eventos hidrometeorológicos la Adaptación al Cambio Climático Corresponde a la gestión del riesgo de desastres en la medida en que está encaminada a la reducción de la vulnerabilidad o al mejoramiento de la

---

<sup>27</sup> UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES (UNGRD). Implantación del sistema integrado de información para la prevención y atención de desastres. Colombia, 2014.

resiliencia en respuesta a los cambios observados o esperados del clima y su variabilidad.<sup>28</sup>

- *Alerta.* Estado que se declara con anterioridad a la manifestación de un evento peligroso, con base en el monitoreo del comportamiento del respectivo fenómeno, con el fin de que las entidades y la población involucrada activen procedimientos de acción previamente establecidos.<sup>27</sup>
- *Análisis y evaluación del riesgo.* Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades. Se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de seguridad establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación.<sup>27</sup>
- *Conocimiento del riesgo.* Es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes y la comunicación para promover una mayor conciencia del mismo que alimenta los procesos de reducción del riesgo y de manejo de desastre.<sup>27</sup>
- *Desastre.* Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la

---

<sup>28</sup> CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS NEGRO Y NARE (CORNARE). Criterios proyectos de ordenamiento ambiental del territorio y gestión del riesgo. Colombia. 2014

sociedad, que exige del Estado y del sistema nacional ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción.<sup>29</sup>

- *Emergencia*: Situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, causada por un evento adverso o por la inminencia del mismo, que obliga a una reacción inmediata y que requiere la respuesta de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general.<sup>28</sup>
- *Vulnerabilidad*: Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.<sup>28</sup>
- *Gestión del riesgo*: Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.<sup>28</sup>
- *Reducción del riesgo*. Es el proceso de la gestión del riesgo, está compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, entiéndase: mitigación del riesgo y a evitar nuevo riesgo en el territorio, entiéndase: prevención del riesgo. Son medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos. La reducción del riesgo la componen la intervención

---

<sup>29</sup> CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS NEGRO Y NARE (CORNARE). Criterios proyectos de ordenamiento ambiental del territorio y gestión del riesgo. Colombia. 2014

correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera.<sup>30</sup>

### 2.3.9 Resiliencia

La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básica. (UNISDR, 2009)<sup>31</sup>

### 2.3.10 Avenidas torrenciales

Las avenidas o flujos torrenciales muchas veces denominadas crecientes, avalanchas, crecidas, borrasca o torrentes, son una amenaza muy común en cuencas de alta montaña y debido a sus características pueden causar gran des daños en infraestructura y pérdida de vidas humanas. El término avenida torrencial enmarca un gran número de flujos torrenciales como lo son flujos de lodos y/o escombros, avalanchas, lahares, lavas, flujos híper concentrados o súper concentrados, lava torrencial, entre otros<sup>32</sup>

Estos fenómenos se originan comúnmente en ríos de montaña o en ríos cuyas cuencas presentan fuertes vertientes por efecto de fenómenos hidrometeorológicos intensos cuando en un evento de lluvias se superan valores de precipitación pico en pocas horas. Esto genera la saturación de los materiales de las laderas facilitando el desprendimiento del suelo, produciéndose de esta manera numerosos desgarres superficiales y deslizamientos cuyo material cae al cauce y es transportado inmediatamente aguas abajo o queda inicialmente represado y luego, una vez que se rompe el represamiento, es transportado violentamente de forma repentina<sup>33</sup>

---

<sup>30</sup> CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS NEGRO Y NARE (CORNARE). Criterios proyectos de ordenamiento ambiental del territorio y gestión del riesgo. Colombia. 2014

<sup>31</sup> NACIONES UNIDAS. UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Ginebra, Suiza. 2009

<sup>32</sup> DÍAZ O. Fundamentos de la Hidráulica de Huaycos. Alemania, 2008

<sup>33</sup> RENDON , G. La hidráulica torrencial. Revista DYNA volumen 22. Colombia. 1997

Aunque la duración de estos eventos varía entre pocos minutos a varios días, su rápida manifestación y altas velocidades le confieren una alta peligrosidad debido a que no dan tiempo de reacción a las personas que se encuentran en el área de influencia del evento generando así situaciones desastrosas con pérdidas de vidas humanas y destrucción de viviendas, estructuras, cultivos, carreteras, etc. <sup>34</sup>

Las avenidas torrenciales modifican la morfología del cauce; incluyendo cambios en el ancho y profundidad del canal, así como de la competencia y el transporte de los sedimentos <sup>35</sup>

Las avenidas constituyen un fenómeno ligado a la dinámica geológica que desde un punto de vista integrado, permite la renovación del agua subterránea y de nutrientes de los suelos de las áreas inundables (Morisawa, 1985). Según Durán et al. (1985), la crecida y el desbordamiento de un río no suponen en general, desde el punto de vista geológico, ningún acontecimiento fuera de lo normal. Lo que para el hombre constituye un hecho catastrófico, no tiene el mismo sentido dentro de la evolución del relieve, sino que la catástrofe en geología forma parte de la dinámica natural. <sup>34</sup>

### 2.3.11 Particularidades de los flujos torrenciales

Un flujo torrencial se caracteriza por contener un alto porcentaje de material sólido (que incrementa considerablemente la viscosidad y densidad del flujo, disminuyendo su velocidad), recorrer cauces de altas rugosidades y altas pendientes (superior al 1%). Estos flujos presentan un problema hidráulico complejo que no puede ser resuelto adecuadamente con las ecuaciones clásicas de hidráulica fluvial <sup>36</sup>

Una de las razones por las cuales es tan difícil definir los flujos torrenciales de manera precisa es que a lo largo del cauce del río y dependiendo de la pendiente del mismo y del material disponible, una avenida torrencial puede cambiar sus características hidráulicas e hidrológicas y por ende recibir diferentes nombres <sup>37</sup>

---

<sup>34</sup> URREA, H. y VÁSQUEZ, G. Caracterización, cartografía y estrategias de manejo de las cuencas hidrográficas torrenciales del municipio de Guatapé. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 1996.

<sup>35</sup> DURÁN, J.J; ELÍZAGA, y otros. Geología y prevención de daños por inundaciones. Instituto Geológico Minero de España. España, 1985.

<sup>36</sup> RENDÓN, G. La Hidráulica Torrencial. Revista DYNA, vol. 22. Colombia, 1997

<sup>37</sup> COSTA, J. Rheologic, Geomorphic and sedimentologic differentiation of water floods, hyperconcentrated flows, and debris flow. Editores: Baker, V. R., Kochel, R. C. y Patton, John Wiley & Sons. Nueva York, Estados Unidos, 1988

Cuando se presentan avenidas torrenciales las corrientes aumentan la capacidad para transportar sedimentos gruesos donde además se incorporan restos vegetales y lodo con una zona de influencia amplia de gran potencial destructivo y un área afectada que se ubica paralelamente al flujo principal y otra que corresponde a la zona donde grandes depósitos de flujos de escombros se acumulan. Estos eventos son impredecibles y ocurren de manera rápida, en periodos de tiempo muy cortos, con largos periodos de retorno para un mismo lugar y presentan una distribución temporal y espacial errática, razones que contribuyen al gran desconocimiento que hay sobre ellos, lo cual es muy delicado debido a su alto poder destructivo <sup>38</sup>

#### 2.3.11.1 Factores que inciden en un flujo torrencial

Para los eventos de carácter torrencial, y con base en estudios realizados en áreas donde han ocurrido fenómenos similares, se ha podido reconocer la influencia de factores geológicos y geomorfológicos (Parra et al., 1995; Rúa & Marín, 2006; Aristizabal, 2007; Castro, 2007). Entonces, las causas de las avenidas torrenciales son la combinación de factores geológicos y geomorfológicos de la cuenca (forma, pendiente, masa o material disponible) con factores meteorológicos de lluvias de alta intensidad. <sup>39</sup>

#### 2.3.11.2 Aspectos importantes de la definición de una cuenca torrencial

Vásquez (1993) <sup>40</sup>, mediante el estudio del desastre generado por una avenida torrencial define algunas características de cuencas torrenciales, dentro de las cuales se precisa:

- Cuencas relativamente pequeñas en las cuales los eventos de lluvia pueden cubrir completamente toda al área de captación;
- Cuencas situadas en regiones montañosas fuertemente escarpadas;
- Pendientes escarpadas del lecho o canal del río principal y de sus afluentes;
- Gran capacidad del río para socavar y profundizar su propio lecho;
- Alta capacidad de transporte de rocas y materiales;
- Presencia de valles estrechos en forma de “V” con laderas muy pendientes, propio de drenajes jóvenes;

---

<sup>38</sup> PIEDRAHÍTA, I. Estudio preliminar por eventos torrenciales en la vertiente occidental del Río San Juan, suroeste antioqueño. Colombia, 1996.

<sup>39</sup> CASTRO, J. Deslizamientos y Avenidas Torrenciales. Cosmos, No. 41. 2010

<sup>40</sup> VÁSQUEZ, G. El problema constante de las cuencas torrenciales, a propósito del desastre del río Tapató (Antioquia). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 1993.



- Gran variabilidad entre los caudales máximos y mínimos, hasta el punto de que una creciente puede presentar un caudal 100 veces mayor al caudal medio de la corriente.

Adicional a lo anterior, Riedl y Zachar (1984)<sup>41</sup> destacan el tamaño de la cuenca, afirmando que estos eventos sólo se presentan en cuencas pequeñas, de entre 0,3 y 150 km<sup>2</sup>, para que ésta pueda ser afectada por una sola lluvia al mismo tiempo, puesto que para áreas más grandes la probabilidad es muy baja de que sean cubiertas en su totalidad por un solo aguacero. Por su parte González y Hermelin (2004)<sup>42</sup>, amplían este rango hasta 300 km<sup>2</sup>.

Varios autores afirman que la forma de la cuenca también es un factor importante, siendo las cuencas circulares las más propensas a presentar avenidas torrenciales.<sup>43</sup> Estos mismos autores sostienen, que una red densa de drenaje o altamente desarrollada, contribuye significativamente a la reducción del tiempo de concentración favoreciendo la generación de avenidas torrenciales.

Para tener en cuenta, las masas removidas se convierten en flujos de suelo y roca, donde el material sólido puede constituir hasta el 80% del peso total de la mezcla, que caen pendiente abajo hasta encontrar los cauces donde unidos a otros, aumentan el caudal de la corriente y se convierten en una avenida torrencial.<sup>44</sup>

### 2.3.12 Amenaza por inundaciones lentas

Las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se producen por lluvias persistentes y generalizadas que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas

<sup>45</sup>

---

<sup>41</sup>RIEDL, O. y ZACHAR, D.. Forest amelioration. Elsevier. Holanda, Amsterdam,1984

<sup>42</sup> GONZÁLEZ, J., HERMELIN, M. Aspectos Geomorfológicos de la Avenida Torrencial del 31 de Enero de 1994 en la cuenca del río Fraile y sus fenómenos asociados. Grupo de Geología Ambiental e Ingeniería Sísmica, Universidad EAFIT. Medellín, Colombia, 2004

<sup>43</sup> CHORLEY, R. y SCHUMM. Geomorphology. Methuen, S.A. & Sugden. London. Inglaterra, 1984.

<sup>44</sup> RENDÓN, G. La Hidráulica Torrencial. Revista DYNA, vol. 22. Colombia, 1997

<sup>45</sup> FLÓREZ, A. y SUAVITA, M. Génesis y manifestación de las inundaciones en Colombia. Cuadernos de Geografía, Vol. VI, No. 1 -2. Colombia, 1997

Las condiciones topográficas, la dominancia de materiales finos (características litológicas que induzcan baja permeabilidad en las capas infrayacentes) y un nivel freático alto conforman las características propias de un área inundable <sup>46</sup>

Para definir la amenaza por inundación en una cuenca determinada, es necesario considerar varios factores dentro de los que se destacan la pendiente, la geología, la geomorfología, intervenciones antrópicas, uso del suelo y la zona de ocurrencia del evento, la cual puede ser zona de montaña o de cabeceras, zona de transición (que incluye el cono o abanico aluvial) y la planicie o llanura aluvial <sup>47</sup>

En las zonas de transición, al llegar a la planicie aluvial desde las montañas aledañas, las corrientes cambian de régimen, su velocidad disminuye al igual que la carga transportada y la capacidad de arrastre, por lo que las zonas de deposición aumentan y con ello su área (González y Hermelin, 2004). Esto se genera porque la pendiente disminuye hasta 1 a 10% (Rendón, 1997) y se presenta una distribución de la lámina de agua hacia sus márgenes, ocupando una llanura de inundación de algunos metros, de tal forma que la lámina adquiere una forma ovalada, conformando abanicos o conos aluviales, que se ensanchan en el centro <sup>48</sup>

### 2.3.13 Prevención de desastres

La prevención de desastres, expresa el concepto y la intención de evitar por completo los posibles impactos adversos mediante diversas acciones que se toman con anticipación. Entre los ejemplos se incluyen la construcción de represas y de muros de contención para eliminar el riesgo de las inundaciones; reglamentaciones sobre el uso de los suelos que no permiten el establecimiento de asentamientos en zonas de alto riesgo; y diseños de ingeniería sísmica que velan por la supervivencia y el funcionamiento de los edificios que se consideren como vitales en caso de un terremoto. Con mucha frecuencia, no es posible evitar por completo las pérdidas y las tareas se transforman en aquellas relativas a la mitigación. Por esta razón, al menos en parte, algunas veces los términos de prevención y 26 de mitigación se utilizan de forma indistinta en su acepción informal. <sup>49</sup>

---

<sup>46</sup> FLÓREZ, A. y SUAVITA, M. Génesis y manifestación de las inundaciones en Colombia. Cuadernos de Geografía, Vol. VI, No. 1 -2. Colombia, 1997

<sup>47</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL; CORANTIOQUIA. Formulación de planes integrales de ordenamiento y manejo de microcuencas -PIOM. Medellín, Colombia, 2003

<sup>48</sup> FLÓREZ, A. y SUAVITA, M. Génesis y manifestación de las inundaciones en Colombia. Cuadernos de Geografía, Vol. VI, No. 1 -2. Colombia, 1997

<sup>49</sup> NACIONES UNIDAS. UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Ginebra, Suiza. 2009

### **3 DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1 FASE 1. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA DE INFORMACION ASOCIADA A LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA Y GESTION DEL RIESGO.**

Se consultaron diversas fuentes bibliográficas con el objeto de obtener información de calidad asociada a los SAT, teniendo en cuenta la normatividad vigente, la implementación de los sistemas de alerta temprana en Colombia y en otros países, como también las instituciones encargadas de promover políticas de Gestión del Riesgo.

#### **3.2 FASE 2. EVALUACIÓN DEL ESTUDIO DE CASO.**

En esta fase se realizó una evaluación de eficacia y eficiencia del proyecto denominado “Contratar los servicios tecnológicos de monitoreo inalámbrico en tiempo real, mediante la instalación de un sistema de alerta temprana SAT, para nivel de agua en el río molino - municipio de Popayán”, Iniciativa que fue desarrolla durante 12 meses.

##### **3.2.1 Evaluación de eficacia**

Para realizar la evaluación de eficacia del SAT rio Molino, se tomaron como referencias las siguientes publicaciones:

- ✓ Monografía-Manual para expertos “Como medir resultados de proyectos de desarrollo”, preparado por la UNESCO en el año de 1960.
- ✓ *Memorias del curso “Gestión Pública para Resultados y Evaluación de Programas Públicos” realizado en Paraguay en el año 2010*
- ✓ Publicación periódica coleccionable Documentos Planning “Indicadores de efectividad y eficacia”

De acuerdo a las pautas obtenidas con el material bibliográfico, se generó una metodología, la cual se acondiciono a la información contenida en el proyecto del SAT rio Molino.

### 3.2.1.1 Generalidades del proyecto

- ✓ *Descripción del proyecto:* se realizó una descripción detallada la cual contiene información referente a la tipología del proyecto, organización o empresa encargada de la ejecución, área de estudio, lugar, población objetivo y cronología.
- ✓ *Operaciones relativas al proyecto:* hace referencia a las metas planteadas y las actividades desarrolladas para cumplir con los objetivos del proyecto
- ✓ *Evaluación de eficacia con base a los objetivos del proyecto:* se tuvieron en cuenta tres áreas de análisis relacionadas con el cumplimiento de los objetivos del proyecto
- ✓ *Análisis de eficacia por cumplimiento de metas:* se empleó la metodología propuesta en el documento “indicadores de efectividad y eficacia”, publicación periódica coleccionable de documentos Planning,<sup>50</sup> la cual se describe a continuación:

. Tabla 1. Rangos y puntuación de eficacia

EFICACIA	
RA/RE	
RANGOS	PUNTOS
0 – 20%	0
21 – 40%	1
41 – 60%	2
61 – 80%	3

<sup>50</sup> MEJIA C. Indicadores de efectividad y eficacia. Documentos coleccionables Planning. Colombia, 2000.

81 – 90%	4
>91%	5

Fuente. Indicadores de efectividad y eficacia. Documentos Planning. Planning SA

Dónde:

RA: Resultados alcanzados

RE: Resultados esperados

Para interpretar el los datos, se entiende que a mayor nivel eficacia, mayor porcentaje de ejecución y cumplimiento de metas del proyectos. La puntuación obtenida será una variable a tener en cuenta en el análisis de efectividad.

### 3.2.2 Evaluación de eficiencia

Inicialmente se realizó un análisis relacionado con las siguientes áreas de evaluación:

- ✓ Los insumos se proveyeron de manera organizada, oportuna y al mínimo costo posible.
- ✓ Las actividades se ejecutaron al menor costo en los plazos establecidos
- ✓ Los costos administrativos fueron lo más bajo posible

#### 3.2.2.1 Evaluación de eficiencia con base al cumplimiento de objetivos del proyecto

La eficiencia se determinó teniendo en cuenta los lineamientos planteados en el documento “indicadores de efectividad y eficacia”, publicación periódica coleccionable de documentos Panning,<sup>51</sup> la cual se describe a continuación:

Tabla 2. Rangos y puntuación de eficiencia

EFICIENCIA	
$((RA/CA*TA)/(RE/CE)*TE)$	
RANGOS	PUNTOS
Muy eficiente >1	5
Eficiente =1	3
Ineficiente <1	1

<sup>51</sup> MEJIA C. Indicadores de efectividad y eficacia. Documentos coleccionables Planning. Colombia, 2000.

*Fuente. Indicadores de efectividad y eficacia. Documentos Planning. Planning SA*

Dónde:

*R: resultado T: tiempo C: costo E: esperado A: alcanzado*

### **3.2.3 Evaluación de efectividad**

La efectividad involucra la eficiencia y la eficacia, es decir, el logro de los resultados programados en el tiempo y con los costos más razonables posibles. Supone hacer lo correcto con gran exactitud. (Mejía, 2000) <sup>50</sup>. De acuerdo a este concepto se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Efectividad} = (\text{Puntaje de eficiencia} + \text{puntaje de eficacia})$$

## **3.3 FASE 3. RECOMENDACIONES PARA EL FORTALECIMIENTO SAT RIO MOLINO**

Se plantearon estrategias que ayuden a fortalecer los procesos de gestión del riesgo asociados a los SAT, a nivel regional local. Se elaboraron una serie de conclusiones y recomendaciones las cuales serán de gran utilidad al momento de generar una nueva etapa, la cual será la continuidad del proceso evaluado.

## **4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La implementación del monitoreo en tiempo real, mediante la instalación de un sistema de alerta temprana en el Río Molino, se proyectó inicialmente para ser desarrollado en un periodo de seis meses, desde el 21 de Julio de 2014 hasta el 20 de Enero de 2015. Posteriormente se logró realizar otra fase dando continuidad al seguimiento por seis meses adicionales desde 21 de Enero de 2015 hasta el 20 de Julio de 2015, logrando así un monitoreo constante por doce (12) meses (1 año). Actualmente no se cuenta con monitoreo constante, situación que responde condiciones administrativas de la de las instituciones responsables de ejecutar los diferentes programas de gestión del Riesgo de Desastres como lo son las CAR's y los entes territoriales acorde a lo estipulado en el artículo 31 de la Ley 1523 del 2012.

### **4.1 LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA EN COLOMBIA**

En el marco del taller “Intercambio de experiencias de ciudades colombianas en gestión del riesgo de desastres” realizado en la ciudad de Bogotá en el año 2012, se generó un espacio en el cual los representantes de las ciudades participantes compartieron las experiencias desarrolladas en cada región y se concluyó de manera global que el riesgo de desastres se concentra en las áreas urbanas, situación generada debido a que el 75% de la población del país se concentra en dichas áreas.

Los aspectos más relevantes que se evaluaron en el taller se enfocan en los avances, limitaciones y retos frente al monitoreo y los sistemas de alerta temprana en las ciudades en donde se presenta la mayor concentración demográfica.

En la siguiente tabla, se consigna la información asociada a los SAT en las cinco ciudades evaluadas: Barranquilla, Bogotá, Manizales, Cali y Medellín

Tabla 3. Avances, limitaciones y retos de los SAT en diferentes ciudades del país

CIUDAD	AVANCES	LIMITACIONES Y RETOS
<b>Barranquilla</b>	El Distrito de Barranquilla cuenta con dos estaciones hidrometeorológicas (Estación Las Flores y Estación Aeropuerto) que no son suficientes para el monitoreo de las precipitaciones, niveles y caudales, entre otros, y por lo tanto para el avance en el conocimiento de las amenazas por inundaciones, avenidas torrenciales y monitoreo de laderas. En la actualidad, la Alcaldía se encuentra analizando propuestas para la creación y fortalecimiento de una red que permita no sólo el registro de la precipitación y caudales en algunos puntos estratégicos, sino que apoye la realización de pronósticos locales, como base para la consolidación de un Sistema de Alerta Temprana. Además una de las funciones que se propone el Comité Local de Prevención de Desastres (CLOPAD), de reciente creación, es implementar los sistemas de monitoreo y alarma para amenazas específicas. Dicha actividad está incluida en el plan de desarrollo. Se reconoce el apoyo técnico que la Universidad de Norte	La ciudad tiene limitaciones de información (datos reales) y estudios parciales para hacer modelaciones hidrometeoro-lógicas precisas para evaluar el tema de los arroyos. Además, es necesario definir umbrales para emisión de alertas (modelamiento y pronóstico). Otra de sus limitaciones es que la cobertura actual de las redes no permite un monitoreo integral de la ciudad. De ahí la importancia de ampliar los instrumentos, alimentar las bases de datos, y tener conocimiento de la precipitación y de los niveles de las corrientes en la ciudad. El reto es conocer en tiempo real la precipitación registrada en diferentes puntos de la ciudad, para su integración con un SAT. Frente a la alerta, los principales retos se refieren a: (i) definir un sistema de alerta temprana para la activación inmediata de las instituciones; ii) definir un sistema idóneo de comunicación instantánea y simultánea que permita respuesta coordinada y efectiva de las instituciones, y iii) establecer las funciones y responsabilidades de las



	brinda al Distrito en relación con el conocimiento de amenazas y monitoreo hidrológico. Otras acciones como el Proyecto Laderas de Barranquilla (participación de comunidades para seguimiento de laderas), tendrá resultados positivos frente al monitoreo y alerta temprana frente a deslizamientos.	entidades que intervienen en la respuestas de emergencias/desastres.
CIUDAD	AVANCES	LIMITACIONES Y RETOS
<b>Bogotá</b>	La red de monitoreo hidrometeorológico de Bogotá Tiene como objetivo conocer el comportamiento de la precipitación y de los niveles de las principales corrientes en tiempo real, para mejorar el conocimiento de la distribución espacio – temporal de la precipitación, variación de los niveles de las corrientes, caracterización de eventos extremos y su relación con las emergencias ocurridas. Además, apoya permanentemente los Sistemas de Alerta Temprana (SAT). La red transmite en tiempo real los registros obtenidos en las 22 estaciones (próximamente 33) de campo a las dos bases receptoras ubicadas en las instalaciones del IDEAM y de la DPAE, en donde se alimenta la base de datos y se tiene un sistema de visualización (módulo de monitoreo del SIRE). Los registros en tiempo real son utilizados como parte integral del SAT desarrollados. El SAT del FOPAE es el conjunto de equipos, mecanismos de generación y transmisión de información; procedimientos y planes de respuesta; y recursos humanos, cuyo funcionamiento integrado incrementa el tiempo de anticipación con el cual puede emitirse una alerta, frente a inundaciones y avenidas torrenciales, permitiendo que las autoridades y la comunidad puedan actuar para reducir el daño y proteger sus vidas. La información hidrometeorológica es evaluada, y se realiza un proceso de comunicación para activación de alertas entre actores institucionales y comunitarios: activación de monitoreo intensivo por precipitaciones o	Entre las principales limitaciones se tiene la necesidad de definir umbrales (modelación y predicciones) para emisión de alertas. Se considera fundamental la integración con la academia para la generación de modelos. Además, la ciudad requiere la actualización de la caracterización de las cuencas monitoreadas; así como la implementación de los SAT y monitoreo en otros cuerpos de agua. Requiere de la modernización de la tecnología utilizada en los SAT (modernización de pluviógrafos, y radar meteorológico). También se propone la creación de un centro de pronósticos y alertas para la ciudad, y del fortalecimiento de la coordinación técnica interinstitucional.

cambios de nivel (alerta amarilla); nivel de advertencia por precipitaciones o cambios de nivel (alerta naranja); emisión de alerta por fuente técnica – precipitaciones y niveles o por observación en terreno (alerta roja). Posteriormente se despliega el protocolo de respuesta frente a la situación de alerta (evacuación, preparación de apoyos institucionales). El SAT tiene un componente importante de trabajo comunitario, con capacitación y preparación para observaciones en el terreno y la transmisión de la información al FOPAE.

CIUDAD	AVANCES	LIMITACIONES Y RETOS
<b>Cali</b>	La ciudad dispone de un conocimiento aceptable sobre inundaciones en términos de amenaza, aunque se requiere que estos análisis sean a escala detallada, incluyendo otros fenómenos como las avenidas torrenciales. Si bien los ríos Cali y Aguacatal son monitoreados por estar involucrados en el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Cali, que adelanta la Comisión Conjunta conformada por Parques Nacionales, CVC y el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA); dicho monitoreo se refiere más a variables de calidad y no a la distribución espacio – temporal de la precipitación, y variación de los niveles de las corrientes, que permitan su articulación a un sistema de alerta temprana.	Cali no dispone de un sistema que permita la identificación y estudio de las diferentes variables que influyen en el comportamiento de los fenómenos a monitorear. Por lo tanto, el reto es: Diseño de las redes; adquisición, instalación y puesta en funcionamiento de las estaciones de campo y de las bases de recepción; operación y mantenimiento de la red y; adquisición, procesamiento y análisis de la información. Esto debe apoyar a un Sistema de Alerta Temprana, sobre el cual también la ciudad debe trabajar. Recientemente el DAGMA presentó ante el Concejo Municipal de GRD, un proyecto que incluye la implementación del SAT para avenidas torrenciales.
CIUDAD	AVANCES	LIMITACIONES Y RETOS
<b>Manizales</b>	Manizales cuenta desde el 2003 con la Red de Estaciones Hidrometeorológicas para la Prevención de Desastres, que es un sistema interinstitucional Coordinado por la OMPAD. El sistema de monitoreo se conforma por una Red meteorológica (13 estaciones), y red hidrometeorológica (1 estación), distribuidas espacialmente en el área de la ciudad, con transmisión de datos vía radio a un centro de acopio localizado en las instalaciones del	Los retos para la ciudad se refieren a la necesidad de garantizar la operación de la Red por vía de convenios interadministrativos e institucionales con el municipio que a la vez, permitan ampliar la cobertura Red. A mediano plazo se espera disponer de una base de datos sólida para caracterizar la dinámica de las lluvias y los deslizamientos de forma detallada para la ciudad.

Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) de la Universidad Nacional, que por un software especializado, permite registrar y procesar los datos en tiempo real, para ser evaluados, ya sea mediante software o por personal especializado capaz de interpretar, procesar, analizar y dar uso a los datos meteorológicos. Las variables monitoreadas en las estaciones meteorológicas son: temperatura, precipitación, radiación solar, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, presión barométrica, y evapotranspiración. La información es actualizada en un periodo de tiempo (que puede ser variable) de 5 minutos, suficiente para lograr una cobertura temporal satisfactoria de la serie de datos. Los instrumentos usados para su medición son sensores de radiación solar, de velocidad y dirección del viento, de precipitación y de temperatura y humedad relativa. Las estaciones hidrometeorológicas registran la temperatura del aire, nivel y caudal. Los instrumentos usados para su medición son sensores de precipitación, sensores de nivel por ultrasonido y sensores de temperatura. Para el procesamiento de datos se usa una Unidad de Comunicación Remota con protocolo digital de comunicaciones, que permite la comunicación bidireccional desde sitios apartados, cuando se realizan actividades de monitoreo y de control de procesos. El software de Adquisición de Datos trabaja con un ambiente Windows, que permite conocer el estado actual de todas las variables monitoreadas. A su vez el software permite realizar una consulta en forma instantánea de cada estación meteorológica. Con la información recolectada se elaboran boletines diarios, mensuales y anuales del comportamiento de las diferentes variables, esto para fines didácticos y de difusión de la información. Estos boletines también se publican periódicamente en la página web del

IDEA. La información se utiliza actualmente para la generación de alertas tempranas por parte de la OMPAD haciendo uso de indicadores que relacionan lluvia (antecedente de 25 días) y deslizamientos de laderas y taludes. Manizales, se caracteriza por ser una de las ciudades del país con mejor monitoreo del clima en tiempo real, como un esfuerzo entre la academia, la empresa pública y el sector privado. Se resalta la importancia del desarrollo y adaptación tecnológica nacional y local, aplicado a sistemas de monitoreo y telemetría, garantizando sistemas funcionales pero de bajo costo en comparación con los importados.

CIUDAD	AVANCES	LIMITACIONES Y RETOS
<b>Medellín</b>	<p>El Área Metropolitana del Valle de Aburrá cuenta con el Sistema de Alerta Temprana (SIATA), coordinado por el Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo (DAGRED) de la Alcaldía de Medellín, con la participación de EPM e ISAGEN. El objetivo del SIATA es alertar de manera oportuna a los organismos de respuesta y a la comunidad sobre la probabilidad de ocurrencia de un evento hidrometeorológico (inundaciones, avenidas torrenciales, deslizamientos) que puedan generar una situación de emergencia. Comprende el monitoreo en tiempo real, pronóstico meteorológico e hidrológico, y generación de alertas; aportando tanto a la efectividad de capacidad de respuesta, el conocimiento de los fenómenos y la actualización de los planes de emergencia. El monitoreo permite generar información constante y confiable de las variables atmosféricas, las cuencas y las laderas de la región a través de la Red Pluviométrica, Red Meteorológica, Red de Sensores de Nivel, Red de Humedad del suelo, Red Acelerográfica, y el Radar Hidrometeorológico. Las estaciones que componen las redes están</p>	<p>EL SIATA tiene como reto principal dar continuidad al trabajo interinstitucional, y disponer del apoyo técnico y político para su desarrollo. Garantizar el apoyo económico por parte de entidades público privadas es fundamental para la sostenibilidad del sistema. Con el conocimiento y la información se espera consolidar y ajustar los modelos que permitan caracterizar la dinámica de las lluvias y los deslizamientos de forma detallada para la ciudad.</p>

distribuidas en el Valle de Aburrá y operan bajo un estricto proceso de calibración, y mantenimiento correctivo y preventivo que garantiza su funcionamiento constante. Con el conocimiento del comportamiento de las lluvias, la temperatura, la humedad relativa del ambiente, la dirección y velocidad del viento, el nivel de las quebradas y el nivel de saturación del suelo, se pueden generar alertas mucho más confiables para la comunidad. El principio de comunicación que opera para las estaciones es el mismo para las tres redes. Una comunicación en tiempo real tipo GPRS (Servicio General de Paquetes Vía Radio, por sus siglas en inglés), garantiza el flujo constante de información desde las estaciones hasta el servidor del SIATA. (i) La Red Hidrometeorológica está conformada por 70 pluviómetros en total; (46 en Medellín), 15 de las cuales monitorean además variables meteorológicas. La transmisión de información es en tiempo real (1 a 5 minutos). La información es actualizada continuamente y desplegada a las entidades y a la comunidad a través de una plataforma web (Geoportal) y de las demás herramientas diseñadas para diseminar la información (Twitter, SMS, correos automáticos). (ii) La Red de Estaciones de Nivel está compuesta por 25 estaciones tipo radar, ubicadas sobre las principales quebradas de la ciudad. Permite conocer las fluctuaciones de los niveles de las principales quebradas de Medellín y el área metropolitana. (iii) La Red de Humedad y Temperatura del Suelo. Conformada por aproximadamente 30 sensores de humedad ubicados en las laderas de la ciudad. Indican el nivel de saturación de los suelos y determinan, bajo estudios y modelos hidrológicos en los cuales se está trabajando, el nivel de riesgo de las diferentes laderas. Adicional a las 3 redes principales, el Sistema se consolida como un centro de monitoreo, pues

también se opera la Red Acelerográfica de Medellín (31 acelerómetros) e integra información la Red de Calidad de Aire del área Metropolitana y de Red Rio. En cuanto a los sensores remotos, el Radar meteorológico que opera SIATA, fue el primero en su clase en instalarse en el país. Es un Radar Tipo C que hace barridos permanentes sobre el valle y la región para obtener información sobre las nubes y la precipitación. Para la modelación, el SIATA trabaja en modelos de pronóstico atmosférico, un modelo de respuesta hidrológica de la cuenca del Valle de Aburrá, y modelo de avenidas torrenciales, con el fin de garantizar un modelo de predicción acorde a las condiciones propias de la topografía. Además, está trabajando en un modelo experimental de movimientos de masa. EL SIATA constituye una de las principales estrategias de gestión de riesgo con las que cuenta el DAGRED y los CLOPAD de los diferentes municipios de la región y se utiliza actualmente para la generación de alertas tempranas, que en caso de ser necesario, generan acciones de respuesta según plan de emergencias. Además, dispone de una red comunitaria de prevención y atención de desastres. El SIATA se considera un sistema exitoso porque ha permitido la generación de conocimiento detallado para la región donde se ha venido haciendo investigación y aplicación sobre la marcha. Es un sistema que tiene redundancia, y permite mantenimientos electrónicos y mecánicos. Es el resultado de un trabajo interinstitucional con un importante apoyo técnico y político; además de contar con la participación de entidades no gubernamentales que le dan continuidad por el apoyo económico al proyecto. Igualmente se ha logrado reducir el vandalismo sobre los instrumentos, gracias al trabajo

con las comunidades. Se resalta la importancia del desarrollo y adaptación tecnológica nacional y local, aplicado a sistemas de monitoreo y telemetría, garantizando sistemas funcionales pero de bajo costo en comparación con los importados.

*Fuente. Generando sinergias para la reducción del riesgo de desastres en el nivel local. Memoria del taller “Intercambio de experiencias de ciudades colombianas en gestión del riesgo de desastres”. Bogotá, 2012.<sup>52</sup>*

## **4.2 EVALUACION DE LA EFICACIA, EFICIENCIA Y EFECTIVIDAD DEL SAT RIO MOLINO**

El contrato de prestación de servicios denominado “CONTRATAR LOS SERVICIOS TECNOLÓGICOS DE MONITOREO INHALAMBRICO EN TIEMPO REAL, MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA SAT, PARA NIVEL DE AGUA EN EL RÍO MOLINO - MUNICIPIO DE POPAYÁN” tuvo tres (3) objetivos específicos, los cuales serán objeto de la evaluación de eficacia del SAT.

Para lograr una evaluación de eficacia del SAT Rio Molino, se desarrollaron los siguientes ámbitos, los cuales fueron contemplados en el planteamiento y desarrollo de la propuesta de monitoreo.

### **4.2.1 Descripción del proyecto (Generalidades)**

El río Molino ha registrado inundaciones en varias oportunidades, entre los que se tienen reportes de los ocurridos en el año 1928, 1938, 1996, 2004, dos en el 2011 y 2013,<sup>53</sup> esta última con grandes impactos ambientales, económicos y sociales, que requieren ser atendidos de manera inmediata y oportuna mediante la implementación de medidas a corto plazo, que impidan que se presente un desastre en la zona urbana del municipio de Popayán. Así mismo El 24 de Diciembre del 2013 se presentó una creciente súbita del río Molino, afectando principalmente la zona urbana de Popayán, en sectores de la vereda Pueblillo, barrio Bolívar y plaza

---

<sup>52</sup> DICKSON E; DIAZ C; RUBIANO D Y CAMPOS A. Memorias del Taller “intercambio de experiencias de ciudades colombianas en gestión del riesgo de desastres”. Bogotá – Colombia. Junio 2012.

<sup>53</sup> CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Implementación de acciones de restauración ecológica, como aporte a la gestión del riesgo para la prevención de desastres, en la cuenca río Molino – Municipio de Popayán –Departamento del Cauca. Popayán, Colombia, 2014.

de mercado, lo que conllevó al municipio a decretar la calamidad pública. Dicha avalancha se generó por represamiento en el flujo, fruto de múltiples procesos de fenómenos de remoción en masa por evento de lluvias concentradas e intensidad fuerte en la parte media de la subcuenca del Río Molino, fenómeno que generó empalizadas por transporte de cobertura boscosa y transporte de sedimentos de diferentes tamaños, que posteriormente fueron arrastrados hasta la zona suburbana y urbana del Municipio de Popayán.<sup>54</sup>

Ilustración 2. Puente peatonal vereda Pueblillo, afectado por la creciente del río Molino en Diciembre de 2013.



*Fuente. Implementación de acciones de restauración ecológica, como aporte a la gestión del riesgo para la prevención de desastres, en la cuenca río molino – municipio de Popayán –Departamento del Cauca. CRC, 2014*

---

<sup>54</sup> CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Proyecto “Contratar los servicios tecnológicos de monitoreo inalámbrico en tiempo real, mediante la instalación de un sistema de alerta temprana SAT, para nivel de agua en el río Molino - municipio de Popayán”. Colombia. 2015.



La emergencia ocasionada por el evento del 24 y 25 de diciembre de 2013 impulsó al CMGRD para acompañar a la Administración Municipal en la decisión de declarar la Calamidad Pública y al ser la Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC uno de sus componentes asesores en el conocimiento y la reducción, procediendo a realizar visita técnica en sectores de las zona alta y media, suburbana y urbana. Adicionalmente la intensidad de las lluvias que se presentaron en el segundo semestre de 2013 y primer trimestre de 2014, afectaron sectores de la zona urbana del Municipio de Popayán.<sup>55</sup>

### Ilustración 3 Panorámica de deslizamientos del río Molino, año 2013



*Fuente. Implementación de acciones de restauración ecológica, como aporte a la gestión del riesgo para la prevención de desastres, en la cuenca río molino – municipio de Popayán –Departamento del Cauca. CRC, 2014*

---

<sup>55</sup> CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Implementación de acciones de restauración ecológica, como aporte a la gestión del riesgo para la prevención de desastres, en la cuenca río Molino – Municipio de Popayán –Departamento del Cauca. Popayán, Colombia, 2014.

Por lo anteriormente referenciado es factible adelantar acciones que permitan contribuir a prevenir riesgos de desastres y lograr obtener información que permita establecer alertas tempranas, para ello es necesario realizar de manera permanente un monitoreo del Río Molino, es decir realizar medición y observación continua y estandarizada del cauce de la fuente hídrica, lo cual permitirá conocer los cambios de nivel y temperatura ambiente que presentan los fenómenos Enos (fenómenos oceánicos-atmosféricos). De esta manera, se espera que el monitoreo contribuya en la toma de decisiones sobre acciones necesarias para poder establecer sistemas de alertas tempranas minimizando el riesgo y establecer medidas de prevención. El monitoreo se realizó a través de un sistema inalámbrico (Wireless), el cual permitió enviar datos a la nube en tiempo real y los cuales fueron visibles a través de un enlace web donde se mostró el histórico y real de la recolección de datos, servicio que fue prestado durante las 24 horas del día, y con ello se puede permitir la toma de decisiones e implementaciones de alarmas tempranas a la comunidad en caso de riesgo por inundación.<sup>56</sup>

El sistema que permitió la transmisión de la información en tiempo real por telemetría o el almacenamiento en memoria para registros de larga duración, la transmisión de la información a la superficie se hizo mediante cable estándar y los datos almacenados en memoria fueron presentados en un software de visualización y almacenamiento.

Ilustración 4. Efectos de deslizamiento Sub cuenca del río Molino, año 2013



<sup>56</sup> CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Proyecto "Contratar los servicios tecnológicos de monitoreo inalámbrico en tiempo real, mediante la instalación de un sistema de

*Fuente. Implementación de acciones de restauración ecológica, como aporte a la gestión del riesgo para la prevención de desastres, en la cuenca río molino – municipio de Popayán –Departamento del Cauca. CRC, 2014<sup>57</sup>*

Finalmente al realizar el monitoreo, la Corporación podrá ejecutar acciones preventivas y mitigar los impactos causados frente a los efectos invernales que se presenten en la zona de influencia del Rio Molino en donde se beneficiaran de forma directa e indirecta alrededor de 53.329 habitantes del área de la sub cuenca. El proyecto de desarrollo en un periodo de 12 meses con una inversión de \$16'260.000.

#### **4.2.2 Operaciones relativas al proyecto**

El desarrollo de las actividades inherentes al proyecto estuvo a cargo JPT CONSULTING AND SERVICES, empresa que presta servicios de consultoría, soporte y asistencia técnica, desarrollo de proyectos servicios logísticos, transporte y generadores eléctricos.

Se empleó una metodología, en la cual se desarrolló una herramienta tecnológica para la medición de temperatura y niveles de la sub cuenca del río Molino en la parte media y alta, lo cual permitió encontrar los niveles máximos y mínimos de temperatura y nivel, con el fin de generar alertas tempranas ante una potencial emergencia por fenómenos de inundación y avenida torrencial.

El contratista dispuso de los siguientes elementos para cumplir el objeto de la prestación de servicios:

- Equipo de monitoreo para fuentes hídricas con tecnología WIRELESS y en tiempo real, que consta de tres equipos con sensores ultrasónicos de nivel y temperatura ambiente en tres (3) diferentes puntos sobre la rívera del río Molino donde se considerara con amenaza alta de inundación, los cuales se definieron teniendo en cuenta la distancia y el tiempo suficiente para disminuir los daños

---

<sup>57</sup> CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Implementación de acciones de restauración ecológica, como aporte a la gestión del riesgo para la prevención de desastres, en la cuenca río Molino – Municipio de Popayán –Departamento del Cauca. Popayán, Colombia, 2014.

causados por eventos de inundación en la zona urbana y rural clasificada con alto riesgo de inundación.<sup>58</sup>

- La transmisión de parámetros de nivel de río y temperatura de forma inalámbrica.
- Sistema de comunicación con internet a través de cualquiera de las siguientes opciones: Ethernet, GSM, 3G, internet satelital o 4G.
- Monitoreo en Tiempo Real y gestión de alarmas desde la web.
- Sistema de alta eficiencia energética. (baterías y/o celdas solares).
- Soporte técnico especializado constante.
- Capacitación técnica para personal de la CRC.
- Módulo de adquisición y procesamiento de señales de alta velocidad y un módulo de transmisión de la información hacia la superficie por telemetría FSK, con la opción de almacenar información en memoria de alta capacidad. El sistema de recepción de la información interface con el computador (panel de superficie) y posterior almacenamiento virtual (archivo Excel o txt).
- Software de visualización que facilitó el proceso de recepción de la información en forma gráfica. La siguiente tabla se muestra la cantidad de actividades ejecutadas para el desarrollo del proyecto.

---

<sup>58</sup> CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Proyecto “Contratar los servicios tecnológicos de monitoreo inalámbrico en tiempo real, mediante la instalación de un sistema de alerta temprana SAT, para nivel de agua en el río Molino - municipio de Popayán”. Colombia. 2015.

Ilustración 5. Labores de instalación del Receptor hob de señal sobre el Km 10 río Molino

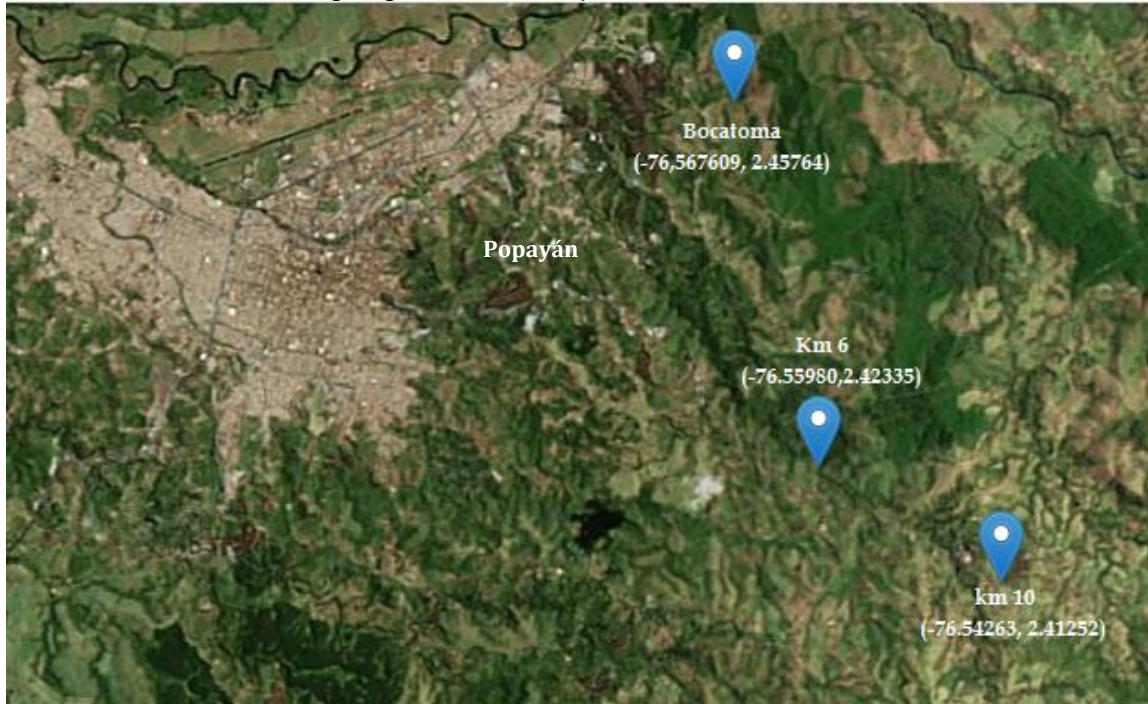


Ilustración 6. Labores de instalación de equipos



Los reportes mensuales contienen información de los parámetros temperatura y nivel, (Ilustración 2, 3 y 4) información obtenida en cada uno de los tres puntos de monitoreo. Los puntos de monitoreo llamados Bocatoma, Km 6 y Km 10 han sido ubicados en las zonas observadas en la siguiente imagen

Ilustración 7. Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo



La empresa JPT CONSULTING AND SERVICES, generó reportes en tiempo real, los cuales se consolidaron mes a mes para generar la base de datos de monitoreo que recopila información de los 12 meses de seguimiento. En las ilustraciones 2, 3 y 4, se observa el comportamiento promedio mensual de nivel y temperatura en cada uno de los puntos de monitoreo.

Respecto al informe final de monitoreo, la empresa contratista generó las siguientes conclusiones teniendo como base los datos :de monitoreo durante los doce meses:

- Con respecto a todo el año monitoreado, el promedio de nivel para el punto bocatoma es 17,22 cm, y para el km 6 es de 19,95 cm. El punto km10 no puede promediarse debido a que se realizó una reubicación del sensor, consecuencia del hurto del aparato
- Los niveles del rio molino tienden a la baja durante el 12 mes monitoreado.
- La tendencia de la temperatura fue levemente a la baja para los 3 puntos monitoreados.
- Se generaron alertas tempranas en los periodos 4, 5 y 7.

- Los valores de nivel en el punto bocatoma y km 6 se encuentran en el punto más bajo de todos los meses monitoreados.
- El sistema safewireless ha funcionado en un 90% del tiempo en promedio.
- El promedio de nivel de todo el año para el punto bocatoma es 17,22 cm, y para el km 6 es de 19,95 cm.
- El promedio anual de temperatura para el punto bocatoma es 16,2 C, para el Km 6 es 16,6 C y para el Km 10 es 17,4 C.

Ilustración 8. Comportamiento promedio mensual de temperatura y nivel generados mediante monitoreo, punto Bocatoma

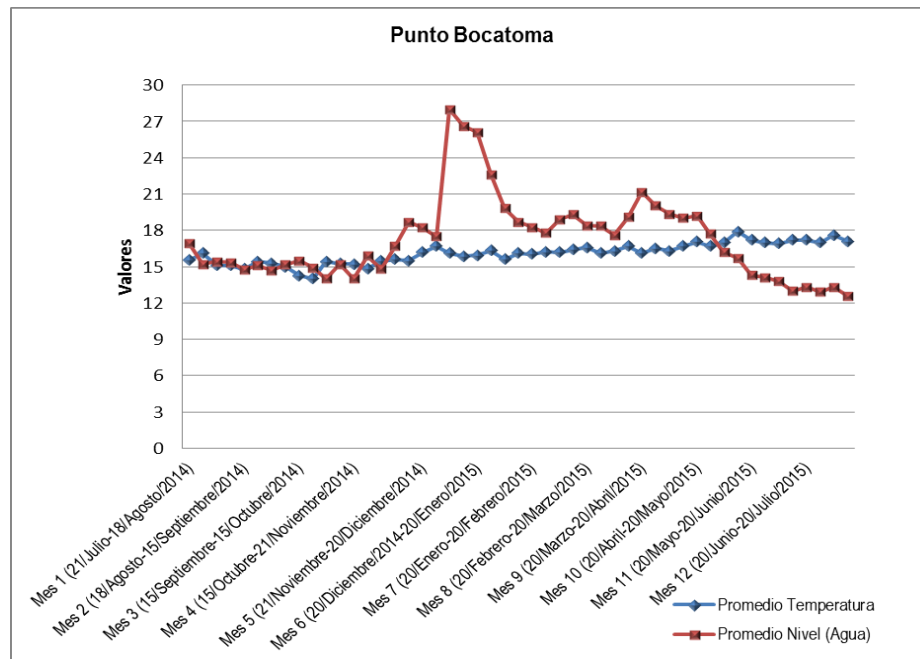


Ilustración 9. Comportamiento promedio mensual de temperatura y nivel generados mediante monitoreo, punto Km 6

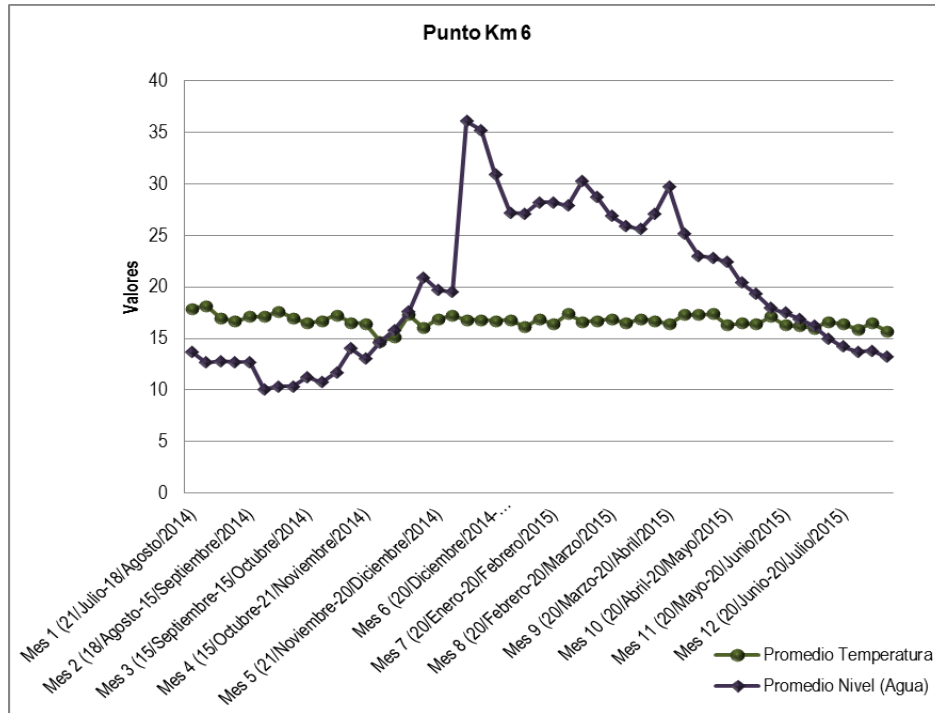
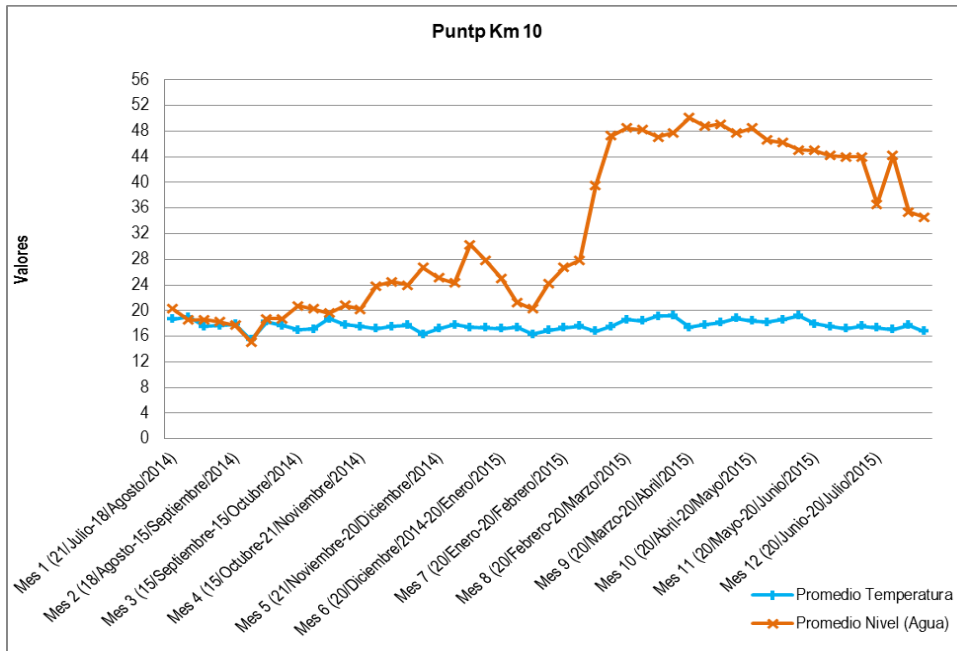


Ilustración 10. Comportamiento promedio mensual de temperatura y nivel generados mediante monitoreo, punto Km 10

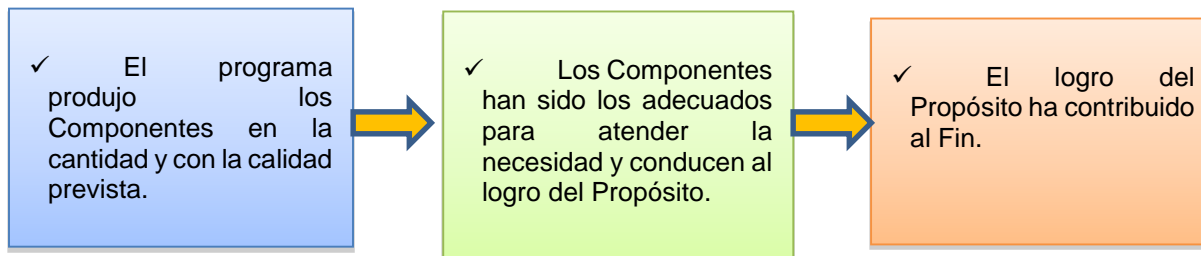


#### 4.2.3 Evaluación de Eficacia con base a los objetivos del proyecto



De acuerdo al curso de Gestión pública y evaluación de programas públicos, llevado a cabo en Paraguay en el año 2010 <sup>59</sup>, el cual fue orientado por las Naciones Unidas, la eficacia se relaciona con el logro del Propósito y el Fin Después de terminado el proyecto al cabo de algún tiempo de Operación del programa. Se ocupa del grado hasta el cual se cumpla lo planteado en las áreas de análisis que se muestran a continuación:

Ilustración 11. Áreas de análisis de Eficacia



Fuente. Curso "Gestión Pública para Resultados y Evaluación de Programas Públicos" Asunción, Paraguay. Noviembre de 2010. Lucy Winchester

#### 4.2.3.1 Áreas de análisis de eficacia

- *El programa produjo los Componentes en la cantidad y con la calidad prevista:* En esta área se encontró que en el siguiente componente no se obtuvo la meta que se planteó <sup>59</sup>

✓ Evaluación mensual de funcionamiento del sistema de monitoreo (conectividad y energía): No se reportó a la Corporación continuamente el porcentaje de funcionamiento del sistema., situación que obedece a lo siguiente:

- a) Existieron fallas en el sistema eléctrico empleado en los puntos de monitoreo
- b) La conexión a internet presentó fluctuaciones lo cual fue generado por las fallas en el sistema eléctrico, generando así lapsos de tiempo en donde no se obtuvieron reportes en tiempo real.
- c) En el mes 06, fue hurtado el sensor que se encontraba ubicado en el punto denominado Km 6, situación que generó la falta de reportes por dos semanas.

<sup>59</sup> CEPAL; ILPES y ONU. Evaluación de programas, Eficacia – Eficiencia. Curso Gestión Pública para Resultados y Evaluación de Programas Públicos". Paraguay, Asunción, 2010.

- *Los Componentes han sido los adecuados para atender la necesidad y conducen al logro del Propósito:* El propósito se enmarca básicamente en “Monitorear las variaciones de los niveles máximos y mínimos del río Molino en la parte alta y media con el fin de generar alertas tempranas ante una posible amenaza relacionada con avenida torrencial e inundación”. Para atender este propósito se plantearon una serie de objetivos que llevaron al su cumplimiento, obteniendo así el reporte de 3 alertas tempranas, las cuales fueron reportadas teniendo en cuenta el conducto establecido por la Corporación. Estas alertas se presentaron en los periodos 4, 5 y 7, como se evidencian en los reportes mensuales. Por fortuna las alertas no desencadenaron eventos de mayor importancia.

- *El logro del Propósito ha contribuido al Fin:* Alcanzando el propósito se alcanzaron los siguientes fines (Ilustración 4).

- ✓ Disminuir el grado de vulnerabilidad ante una potencial emergencia por eventos de inundación y avenida torrencial.
- ✓ Aumentar el conocimiento sobre la dinámica fluvial de la Sub cuenca del río Molino
- ✓ Disminuir pérdidas socioeconómicas y ambientales

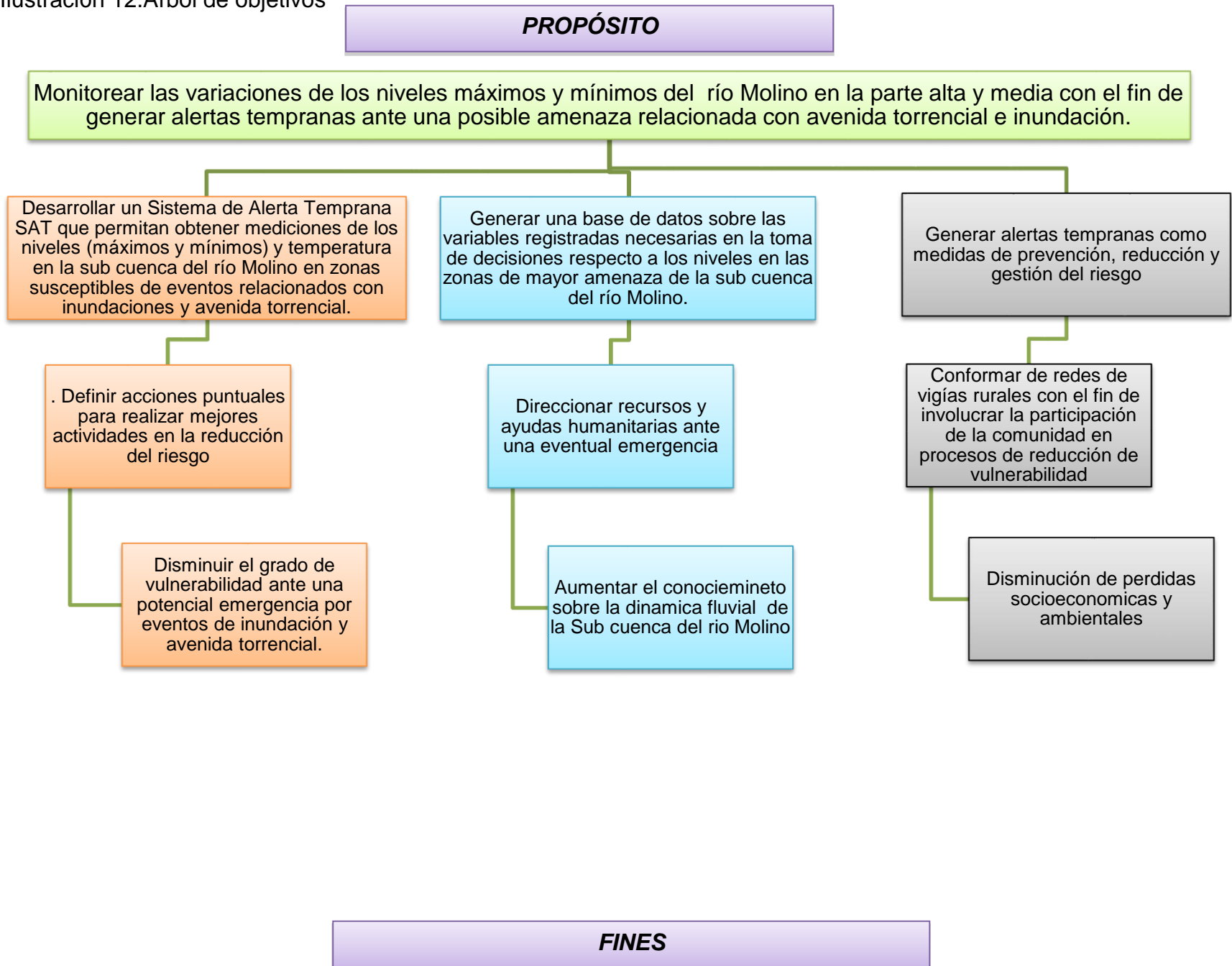
Para realizar la evaluación de eficacia, es necesario tener claridad respecto a las actividades desarrolladas y su árbol de objetivos (ilustración 4) en el marco del proyecto y posteriormente se obtiene la eficacia promedio como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 4 . Analisis de eficacia por cumplimiento de metas.

OBJETIVO	ACTIVIDADES	UNIDAD	META (M)	RESULTADO ALCANZADO (RA)	EFICACIA (RA/M)*100

<b>DESARROLLAR UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA “SAT” QUE PERMITAN OBTENER MEDICIONES DE LOS NIVELES (MÁXIMOS Y MÍNIMOS) Y TEMPERATURA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO MOLINO EN ZONAS SUSCEPTIBLES DE EVENTOS RELACIONADOS CON INUNDACIONES Y AVENIDA TORRENCIAL.</b>	Instalación en campo y calibración de equipos y sensores para el sistema de monitoreo remoto en los tres puntos de seguimiento (Km10-Km6 y Bocatoma)	Jornada	1	1	100
	Puesta en marcha del sistema de monitoreo remoto y bases de datos en la web site <a href="http://safewirelessmonitor.com:8000/live_dashboard">http://safewirelessmonitor.com:8000/live_dashboard</a> .	Jornada	1	1	100
	Definición de los valores máximos y mínimos de alertas para los 3 puntos de monitoreo.	Reunión	1	1	100
	Definición de contactos en caso de generación de alertas tempranas	Reunión	1	1	100
	Evaluación mensual de funcionamiento del sistema de monitoreo (conectividad y energía)	Periodo/mes	12	6	50
<b>GENERAR UNA BASE DE DATOS SOBRE LAS VARIABLES REGISTRADAS NECESARIAS EN LA TOMA DE DECISIONES RESPECTO A LOS NIVELES EN LAS ZONAS DE MAYOR AMENAZA DE LA SUB CUENCA DEL RÍO MOLINO.</b>	Reportes semanales que consolidado información diaria del monitoreo	reporte	48	46	95,83
	Informes mensuales	Documento	12	12	100
	Resultados de monitoreo cargados al website	Reporte	12	12	100
<b>GENERAR ALERTAS TEMPRANAS COMO MEDIDAS DE PREVENCIÓN, REDUCCIÓN Y GESTIÓN DEL RIESGO.</b>	Comunicación de las alertas al Contactos definidos	Reporte	3	3	100
			<b>PROMEDIO</b>		<b>93,98%</b>

Ilustración 12.Árbol de objetivos



De acuerdo a procedimiento planteado en la tabla 1 se realizaron los respectivos cálculos para obtener un valor promedio de eficacia. Como se observa en la tabla 4 se obtuvo un porcentaje de eficacia del 93,98%, obteniendo así cinco (5) puntos de calificación en la evaluación (Tabla 1). Los niveles superiores de eficacia corresponden a porcentajes de ejecución muy altos, cuya calificación es cada vez más difícil de obtener (Mejía, 2000) <sup>60</sup>, acorde a lo anterior y teniendo en cuenta las metas planteadas para el desarrollo e implementación del SAT río Molino, se evidenció una buena dinámica de ejecución y desarrollo de la metodología, así mismo, al estudiar experiencias similares, se observaron situaciones que debe mejorar el sistema, las cuales se detallan en el capítulo de recomendaciones.

#### 4.2.4 Evaluación de Eficiencia con base a los objetivos del proyecto

La eficacia se denomina como el logro de un objetivo al menor costo unitario posible. En este caso estamos buscando un uso óptimo de los recursos disponibles para lograr los objetivos deseados <sup>60</sup>

La eficiencia verifica el grado en que:

- Los insumos se proveyeron de manera organizada, oportuna y al mínimo costo posible.
- Las actividades se ejecutaron al menor costo en los plazos establecidos
- Los costos administrativos fueron lo más bajo posible

Al realizar la evaluación de eficiencia de cada uno de los objetivos se aplicó la fórmula de eficiencia que se encuentra en la Tabla 2 en el capítulo de metodología.

Se obtuvo un promedio de eficiencia del proyecto igual a 1, (Tabla 2), con una puntuación de 3, esto indica que el proyecto fue eficiente al cumplir las metas en los tiempos planteados con los menores costos. Una alta eficiencia presupone una alta eficacia <sup>60</sup>

##### 4.2.4.1 Áreas de evaluación de eficiencia

- *Los insumos se proveyeron de manera organizada, oportuna y al mínimo costo posible:* los insumos se constituyeron básicamente en los equipos de monitoreo instalados en los tres puntos sobre la sub cuenca del río Molino, como también el cargue de los reportes al web site. En este aspecto, la Corporación realizó de forma adecuada el proceso de licitación eligiendo al contratista que cumpliera con lo requerido en los estudios previos y al menor costo. Las actividades de instalación de equipos y monitoreo constante se

---

<sup>60</sup> MEJIA C. Indicadores de efectividad y eficacia. Documentos coleccionables Planning. Colombia, 2000.

realizaron al 100% y al 96% respectivamente. Por razones de inseguridad en el punto denominado km 6, fue hurtado el sensor y por consiguiente no se obtuvieron reportes completos durante dos semanas.

- *Las actividades se ejecutaron al menor costo en los plazos establecidos:* se evidenció cumplimiento oportuno de las actividades acorde al cronograma de trabajo acordado, siguiendo el protocolo planteado y los costos establecidos.
- *Los costos administrativos fueron lo más bajo posible:* por ser un proyecto de menor cuantía, no se generaron costos administrativos altos, ya que esta actividad era asumida por el supervisor encargado por parte de la CRC.

#### 4.2.5 Evaluación de efectividad

La efectividad se evaluó teniendo en cuenta el planteamiento metodológico de la publicación *Indicadores de eficacia y efectividad*” propuestos por la compañía Planning,<sup>61</sup> se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Efectividad} = (\text{Puntaje de eficiencia} + \text{puntaje de eficacia})$$

Puntaje de eficacia = 5

Puntaje de eficiencia = 3

Reemplazando obtenemos

$$\text{Efectividad} = (3 + 5) = 8$$

Se obtuvo una puntuación de 8 (80%), lo cual indica que existen aspectos por mejorar en cuanto eficiencia se refiere. Esta circunstancia se deriva de la ausencia de monitoreo por hurto del sensor en un punto (Km 10) en el periodo 07 de evaluación.

---

<sup>61</sup> MEJIA C. Indicadores de efectividad y eficacia. Documentos coleccionables Planning. Colombia, 2000.

Tabla 5. Análisis de eficiencia por cumplimiento de metas

OBJETIVO	ACTIVIDADES	UNIDAD	META (RE)	(TE) /mes	(TA) /mes	(RA)	COSTO UNITARIO \$	(CE) \$	(CA) \$	EFICIENCIA
<b>Desarrollar un Sistema de Alerta Temprana SAT que permitan obtener mediciones de los niveles (máximos y mínimos) y temperatura en la subcuenca del río Molino en zonas susceptibles de eventos relacionados con inundaciones y avenida torrencial.</b>	Instalación en campo y calibración de equipos y sensores para el sistema de monitoreo remoto en los tres puntos de seguimiento (Km10-Km6 y Bocatoma)	Jornada	1	1	1	1	3252000	3252000	3252000	1
	Puesta en marcha del sistema de monitoreo remoto y bases de datos en la web site <a href="http://safewirelessmonitor.com:8000/live_dashboard">http://safewirelessmonitor.com:8000/live_dashboard</a> .	Jornada	1	1	1	1	500000	500000	500000	1
	Definición de los valores máximos y mínimos de alertas para los 3 puntos de monitoreo.	Reunión	1	1	1	1	200000	200000	200000	1
	Definición de contactos en caso de generación de alertas tempranas	Reunión	1	1	1	1	100000	100000	100000	1
	Evaluación mensual de funcionamiento del sistema de monitoreo (conectividad y energía)	Periodo/mes	12	12	12	12	100000	1200000	1200000	1,00
<b>Generar una base de datos sobre las variables registradas necesarias en la toma de decisiones respecto a los niveles en las zonas de mayor amenaza de la subcuenca del río Molino.</b>	Reportes semanales que consolidan información diaria del monitoreo	reporte	48	12	12	46	47058,33	2258800	2258800	0,96
	Informes mensuales	Documento	12	12	12	12	416600	4999200	4999200	1
	Resultados de monitoreo cargados al website	reporte	12	12	12	12	300000	3600000	3600000	1
<b>Generar alertas tempranas como medidas de prevención, reducción y gestión del riesgo.</b>	Comunicación de las alertas al Contactos definidos	Reporte	3	12	12	3	50000	150000	150000	1
<b>Promedio proyecto</b>							<b>4965658</b>	16260000	16260000	1,00

Donde R: Resultado T: Tiempo C: Costo E: Esperado A: Alcanzado

### 4.3 IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS RELEVANTES DEL SAT RIO MOLINO

Para complementar la evaluación de eficacia, eficiencia y efectividad, es necesario crear un panorama global de diferentes aspectos del proyecto, este panorama genera pautas las cuales deben tenerse en cuenta para el fortalecimiento y mejoramiento del SAT rio molino.

#### 4.3.1 Debilidades y aspectos críticos del SAT rio Molino

- ✓ No cuenta con un programa de monitoreo constante
- ✓ El mecanismo que surte de energía para funcionamiento de los sensores presento fallas que generaron interrupción en la trasmisión de datos en tiempo real
- ✓ La conexión a internet ha presentado algunas fluctuaciones
- ✓ No se cuenta con un sistema de información geográfico (SIG), el cual sirve como herramienta en la toma de decisiones oportunas y también para transmitir información a la comunidad interesada mediante una plataforma virtual a la cual se pueda tener acceso las 24 horas del día y los ocho días a la semana
- ✓ No se tiene una alternativa de trasmisión en caso de que se llegaran a presentar fallas en el servicio de internet.

#### 4.3.2 Oportunidades del SAT rio Molino

- ✓ Se debe gestionar los recursos económicos necesarios proyectados a desarrollar un proceso de monitoreo constante que garantice la trasmisión de datos de forma continua y prolongada
- ✓ Se pueden incluir otras herramientas de medición, las cuales ayudan en la predicción de avenidas torrenciales e inundaciones como lo son los pluviómetros, apoyándose en las estaciones meteorológicas
- ✓ A mediano y largo plazo se puede realizar un análisis multitemporal para comparar datos históricos del comportamiento de la sub cuenca y así generar un modelamiento del comportamiento futuro de la misma.
- ✓ Para que la comunidad se informe en cualquier momento es importante desarrollar un SIG, el cual genere reportes de nivel y temperatura con frecuencias cortas (cada hora), el cual podría transmitirse en línea y sin restricción de acceso.
- ✓ La comunidad debe capacitarse en aspectos fundamentales como lo son: Interpretación de información asociada a niveles y temperaturas, sistemas de trasmisión y alarmas, rutas de evacuación y puntos de encuentro.



#### 4.3.3 Fortalezas del SAT rio Molino

- ✓ La CRC, cuenta con el personal idóneo para llevar a cabo diferentes capacitaciones y monitoreos en el marco del desarrollo del SAT rio Molino.
- ✓ La implementación del SAT rio Molino, es una iniciativa que se ha convertido en un instrumento de toma de decisiones en el desarrollo de programas de gestión del riesgo.
- ✓ A raíz del evento sucedido en el año 2013, la población objetivo del proyecto SAT rio Molino, se encuentra dispuesta a conocer lo relacionado a diferentes programas de gestión del riesgo

## 5 RECOMENDACIONES PARA EL FORTALECIMIENTO DEL SAT

De acuerdo a la situación actual en las zonas con riesgo o amenaza respecto a avenidas torrenciales, inundaciones y otras fenómenos de tipo catastrófico, en Colombia ya se viene aplicando diferentes métodos para crear un SAT, por lo tanto hay suficiente base de aprendizaje para poder implementar diferentes procesos con mayores características en la zona de la subcuenca del río Molino, para obtener un mejor resultado. Entendiendo que los retos para su puesta en práctica son inmensos.

Considerar la creación de SAT involucrando a las entidades territoriales frente a estos temas, en conjunto con la comunidad asentada en zonas de riesgo por posibles eventualidades de carácter catastrófico respecto a las avenidas torrenciales e inundaciones.

Sensibilizar a los diferentes integrantes de la comunidad beneficiaria del SAT, generando estrategias para salvaguardar los elementos e instrumentos que hacen parte vital para el procesamiento, recepción y transmisión de alertas, para efectos reales y se implemente como una SATP.

Buscar una mayor integración de esta herramienta (SAT), de acuerdo a protocolos enmarcados en programas de nivel internacional, nacional y local, teniendo en cuenta que un SAT debe ir muy bien articulado a fin de obtener los productos que se esperan de un proceso, integrado de la mejor manera a un sistema de gestión de riesgos referente a una adecuada respuesta humanitaria, que sea coherente entre el momento de alerta y la reacción a la misma, en pocas palabras, el antes y el después, teniendo en cuenta las características sociales, económicas, ambientales, culturales, entre otras, en la zona de influencia.

Implementar y adecuar un sistema de avisos, a través de sirenas, el cual permita la comunicación entre entes territoriales dedicados a la prevención de desastres y de socorro en el municipio de Popayán de manera consistente, con un debido y adecuado mantenimiento, buscando para este fin una alianza económica pública y privada.

Diseñar distintas metodologías que permitan una transmisión y cimentación para sensibilizar a la población sobre el conocimiento de un SAT, entendiéndose que esta herramienta se plantea y se orienta a la práctica para su servicio a la comunidad, cuyos objetivos son diversos, siendo uno de los más importantes, el prevenir las afectaciones de vidas; ya que un sistema puede ser preciso, pero si la población no está lo suficientemente preparada, la mayoría hará caso omiso a estas prácticas.

Gestionar los recursos necesarios para la implementación de una SAT, con la ejecución correcta de los mismos, debido a que todo el sistema debe poder

mantenerse en el tiempo y generar confianza en sus mediciones y posibles predicciones.

Integrar otros elementos fundamentales en la predicción de avenidas torrenciales e inundaciones, como es el caso de pluviómetros, apoyándose de estaciones meteorológicas y propios instrumentos, a razón de obtener bases de datos organizadas y datos reales de la fuerza y volúmenes de las precipitaciones, como también fortalecer el sistema ya implementado en aspectos relacionados con la conectividad a internet y el fluido eléctrico constante, esto en busca que los reportes se realicen en tiempo real, de manera oportuna y con datos de calidad.

Es importante realizar el ejercicio de construir y analizar SIG, a través de cartografía detallada que encierre diferentes elementos, como análisis de suelos, principalmente los situados entorno a los márgenes de los cuerpos de agua, mejorando el registro de características respecto a mapas y ubicación de zonas con diferentes niveles de riesgo para determinar amenazas por inundaciones y avenidas torrenciales, para así tomar y tener en cuenta análisis y posibles acciones en las ubicaciones, como la construcción de obras hidráulicas y el mejoramiento de las implementadas si es el caso.

Procesar una base de datos con los diversos comportamientos y los eventos registrados a través de la historia, para disponer de una base de la dinámica que presenta la zona involucrada, para los estudios de eventos de riesgo.

Dar a conocer de primera mano, la información sobre la existencia de elementos a través de insumos que permitan establecer una proyección de amenazas por inundaciones y avenidas torrenciales a los actores involucrados en la zona de incidencia de las mismas.

Para el reporte de datos en tiempo real se debe incluir una alternativa de transmisión en caso de presentar interrupción en la conectividad de internet, para lo cual se sugiere integrar equipos de transmisión de ondas tipo radio, situación que está en proceso de implementación.

Involucrar mediante el desarrollo de convenios interinstitucionales a universidades y otros centros de educación para generar investigaciones que aporten en el fortalecimiento del SAT rio Molino.

Para efectos de que el SNGRD de respuesta en tiempo real y de manera oportuna, es necesario que los presupuestos vinculados a la GRD tengan un sistema de contratación especial en tratándose de los procesos de conocimiento, reducción y atención de emergencias, calamidades públicas y desastres, desvinculándose de la Ley de contratación (Ley 80 de 1993). Actualmente este manejo se da solamente para la atención de la emergencia.

## 6 CONCLUSIONES

Al realizar la evaluación de eficacia del SAT río Molino, se obtuvo una puntuación de 5, lo cual indica que el desarrollo del proyecto tuvo un alto porcentaje de ejecución dando cumplimiento a los objetivos planteados. Con respecto a la evaluación de eficiencia se generó una calificación de 3 puntos, esto cataloga al proyecto como eficiente, es decir que se cumplieron las metas en el tiempo estipulado y sin exceder costos. Posterior a la evaluación de eficacia y eficiencia se obtuvo la efectividad la cual arrojó un porcentaje del 80%, este porcentaje es indicador que existen aspectos para evaluar y mejorar.

Para obtener una base de datos completa y generar alertas tempranas oportunas, es necesario contar con la totalidad de la información de los monitoreos, para ello es necesario que se realicen revisiones y ajustes a los sistemas eléctricos y la conexión a internet, de este modo se evitará la NO generación de la información en tiempo real.

Varias de las principales cuencas del municipio de Popayán y sus alrededores presentan zonas con alta susceptibilidad a las inundaciones y avenidas torrenciales, situación generada por aspectos topográficos y también de ordenamiento territorial.

El SAT río Molino no cuenta con el desarrollo de un sistema de información geográfico (SIG), el cual es necesario para evaluar diferentes situaciones y tomar decisiones acertadas en momentos oportunos.

Teniendo como base la información de monitoreo que se empleó para el presente estudio, se hace necesario realizar un nuevo análisis el cual debe incluir más periodos de monitoreo donde se involucre más años de seguimiento y de este modo se podrá generar un análisis multitemporal del comportamiento de la subcuenca.

No se evidencia una óptima articulación inter institucional, la cual es indispensable para garantizar el continuo y óptimo funcionamiento del SAT río Molino.

La comunidad cuenta con bajo conocimiento con respecto al sistema de alerta temprano implementado en el río Molino, para lo cual se hace necesario realizar talleres informativos y de capacitación.

## 7 BIBLIOGRAFIA

ALCALDIA DE BOGOTA. Decreto 93 de 1998, Por el cual se adopta el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres”. Bogotá Colombia, 1998. [Revisado 10 de Septiembre de 2015]. Disponible en internet en <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=3454>, decreto 93 de 1998>

ALCALDIA DE BOGOTA. Ley 388 de 1997, “Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones”. Ibagué Colombia, 18 de julio de 1997. [Revisado 10 de Septiembre de 2015]. Disponible en internet en <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>>

ALCALDIA DE BOGOTÁ. Decreto Ley 919 de 1989 "por el cual se organiza el sistema nacional para la prevención y atención de desastres y se dictan otras disposiciones”. Bogotá, Colombia 1 de Mayo de 1989. [Revisado 5 Septiembre de 2015]. Disponible en internet en <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13549>

ARISTIZABAL, J. Estudio de los factores geológicos y geomorfológicos que inciden en la generación de avenidas torrenciales, en la cuenca de la quebrada “El Barro”, Municipio de Bello. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Colombia, 2007.

ARISTIZABAL E; GAMBOA F y LEOZ F. Sistema de alerta temprana por movimientos en masa inducidos por lluvia para el Valle de Aburrá, Colombia. Colombia, 2010. [Revisado el 15 de noviembre de 2015]. Disponible en internet en <<http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n13/n13a12.pdf>

CASTRO, J. Deslizamientos y Avenidas Torrenciales. Cosmos, No. 41. 2010,

CEPAL; ILPES y ONU. Evaluación de programas, Eficacia – Eficiencia. Curso Gestión Pública para Resultados y Evaluación de Programas Públicos”. Paraguay, Asunción, 2010.

CHORLEY, R. y SCHUMM. Geomorphology. Methuen, S.A. & Sugden. London. Inglaterra, 1984.

COLOMBIA HUMANITARIA. Ley 1523 de 2012, Sobre la primera Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia. Colombia 2012. [Revisado 10 de

Septiembre de 2015]. Disponible en internet en <[http://www.colombiahumanitaria.gov.co/FNC/Documents/2011/especiales/ley\\_1523.pdf](http://www.colombiahumanitaria.gov.co/FNC/Documents/2011/especiales/ley_1523.pdf)>

COSTA, J. Rheologic, Geomorphic and sedimentologic differentiation of water floods, hyperconcentrated flows, and debris flow. Editores: Baker, V. R., Kochel, R. C. y Patton, John Wiley & Sons. Nueva York, Estados Unidos, 1988

COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo) ; INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). Inundaciones Fluviales, Mapas de Amenazas, Recomendaciones Técnicas para su elaboración. Proyecto MET-ALARN. P.71 Nicaragua, 2005. Disponible en <http://www.crid.or.cr/crid/idrc/documentos/MA1/inundaciones.pdf>.

CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Proyecto “Contratar los servicios tecnológicos de monitoreo inalámbrico en tiempo real, mediante la instalación de un sistema de alerta temprana SAT, para nivel de agua en el río Molino - Municipio de Popayán”. Colombia. 2015.

CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Implementación de acciones de restauración ecológica, como aporte a la gestión del riesgo para la prevención de desastres, en la cuenca río Molino – Municipio de Popayán – Departamento del Cauca. Popayán, Colombia, 2014.

CRC (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA). Plan de ordenación y manejo de la subcuenca río Molino - quebrada Pubús. Popayán, Colombia, 2006. [Revisado el 15 de enero de 2016] Disponible en internet en <<http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH/Rio%20Molino-Pubus/Plan%20de%20Ordenacion%20y%20Manejo.pdf>>

CORPORACION AUTÓNOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA .Diseño de un sistema de alerta temprana por inundación y deslizamiento en el flanco nororiental de la Sierra Nevada de Santa Marta – departamento de la Guajira. Colombia, 2011. [Revisado el 11 de Diciembre de 2015]. Disponible en internet en <[http://www.corpoguajira.gov.co/web/attachments\\_Joom/category/105/SAT.pdf](http://www.corpoguajira.gov.co/web/attachments_Joom/category/105/SAT.pdf)>

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA. Ley 46 de 1988, “por la cual se crea y organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, se otorga facultades extraordinarias al Presidente de la República, y

se dictan otras disposiciones”. Magdalena, Colombia. 1998 [Revisado el 12 de Diciembre de 2015]. Disponible en internet en <[http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Ley46\\_19881102.htm](http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Ley46_19881102.htm)>

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS NEGRO Y NARE (CORNARE). Criterios proyectos de ordenamiento ambiental del territorio y gestión del riesgo. Colombia. 2014. [Revisado el 12 de Diciembre de 2015]. Disponible en internet en <[http://www.cornare.gov.co/banco-proyectos/documentos/Anexo\\_Criterios\\_proyectos\\_Gestion\\_Riesgo\\_V.01.pdf](http://www.cornare.gov.co/banco-proyectos/documentos/Anexo_Criterios_proyectos_Gestion_Riesgo_V.01.pdf)>

COUSSOT, P. y MEUNIER, M. Recognition, classification and mechanical description of debris flows. Earth-Science Reviews, vol. 40. Francia, 1996.

DÍAZ O. Fundamentos de la Hidráulica de Huaycos. Alemania, 2008 [Revisado el 10 de enero de 2016]. Disponible en internet en <<http://www.es.geocities.com/donpedro10/huayco/huaycosi.pdf>>

DICKSON E; DIAZ C; RUBIANO D Y CAMPOS A. Memorias del Taller “intercambio de experiencias de ciudades colombianas en gestión del riesgo de desastres”. Bogotá – Colombia. Junio 2012. . [Revisado el 12 de Diciembre de 2015]. Disponible en internet en <[http://siteresources.worldbank.org/INTLACREGTOPURBDEV/Resources/840343-1335817365701/8617891-1351690462179/Memoria\\_Taller\\_GRD.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTLACREGTOPURBDEV/Resources/840343-1335817365701/8617891-1351690462179/Memoria_Taller_GRD.pdf)>

DNP (Departamento Nacional de Planeación). Elementos para la formulación de la política nacional de ordenamiento territorial y alcances de las directrices departamentales. Colombia, 2013. [Revisado el 12 de Diciembre de 2015]. Disponible en internet en <<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/Documento%20PNOT-LOOT.%20DDTS%20-%20SODT.%2011%20junio%202013.pdf>>

DURÁN, J.J; ELÍZAGA, y otros. Geología y prevención de daños por inundaciones. Instituto Geológico Minero de España. España, 1985.

ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES DE LAS NACIONES UNIDAS (UNISDR). Terminología sobre reducción del riesgo de desastres. Panamá, 2009. [Revisado 7 Septiembre de 2015]. Disponible en internet en <[http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf)>

FLÓREZ, A. y SUAVITA, M. Génesis y manifestación de las inundaciones en Colombia. Cuadernos de Geografía, Vol. VI, No. 1 -2. Colombia, 1997

FONDO PARA EL LOGRO DE LOS ODM. Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático En la Parte Media y Alta de la Subcuenca Rio Molino Municipio de Popayán. Popayán, Colombia, 2010. [Revisado el 18 de Diciembre de 2015]. Disponible en internet en <<http://acueductopopayan.com.co/wp-content/uploads/2012/08/analisis-vulnerabilidad-cuenca-molino.pdf>>

GONZÁLEZ, J., HERMELIN, M. Aspectos Geomorfológicos de la Avenida Torrencial del 31 de Enero de 1994 en la cuenca del río Fraile y sus fenómenos asociados. Grupo de Geología Ambiental e Ingeniería Sísmica, Universidad EAFIT. Medellín, Colombia, 2004.

IDEAM. Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos. Colombia 2012. [Revisado el 20 de enero de 2016]. Disponible en internet en <<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee9151ddd>>

LAVIGNE, F. y SUBA, H. Contrasts between debris flows, hyperconcentrated flows and stream flows at a channel of Mount Semeru. Geomorphology, vol. 61. Java, Indonesia, 2004.

MEJIA C. Indicadores de efectividad y eficacia. Documentos coleccionables Planning. Colombia, 2000.

MEDINA, J. Fenómenos Geodinámicos: estudio y medidas de tratamiento. Tecnología Intermedia, Lima Perú, 1991.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. La Gestión de Riesgos, un tema de Ordenamiento Territorial. Serie Ambiente y Ordenamiento Territorial Guía No. 3. Colombia, 2005. [Revisado el 20 de noviembre de 2015]. Disponible en internet en <<http://www.minvivienda.gov.co/POTPresentacionesGuias/Gu%C3%ADa%20Gesti%C3%B3n%20de%20Riesgos.pdf>>



MORISAWA, M. River forms and process. Longman. Londres, Inglaterra, 1985

NACIONES UNIDAS. UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Ginebra, Suiza. 2009. [Revisado 7 Septiembre de 2015]. Disponible en internet en [http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf)>

NACIONES UNIDAS. Informe de la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres. Hyogo, Japón 18 al 22 de Enero de 2005. [Revisado 7 Septiembre de 2015]. Disponible en internet en [http://www.unisdr.org/files/1037\\_finalreportwcdspanish1.pdf](http://www.unisdr.org/files/1037_finalreportwcdspanish1.pdf)>

NACIONES UNIDAS; GOBIERNO ALEMAN. Tercera Conferencia Internacional sobre Alerta Temprana (EWC III). Bonn, Alemania 27 al 29 de marzo de 2006. [Revisado 6 Septiembre de 2015]. Disponible en internet en [http://www.unisdr.org/files/608\\_spanish.pdf](http://www.unisdr.org/files/608_spanish.pdf)>

NATIONAL WEATHER SERVICE INTERNATIONAL ACTIVITIES (NOAA). Guía de referencia para sistemas de alerta temprana de crecidas repentinas. EE.UU, 2012. [Revisado 7 Septiembre de 2015]. Disponible en internet en [http://www.meted.ucar.edu/communities/hazwarnsys/ffewsrge/FFG\\_completas.pdf](http://www.meted.ucar.edu/communities/hazwarnsys/ffewsrge/FFG_completas.pdf)>

OSSO. Guía metodológica de DesInventar. Sistema de Inventario de Desastres. La Red. Colombia, 2003. [Revisado el 15 de enero de 2016]. Disponible en internet en <http://www.desinventar.org/sp/metodologia/DesInventar-MethodologicalGuideSpanish.pdf>.>

PARRA, E., VIANA, R., GONZÁLEZ, M. Metodología para la evaluación de la torrencialidad caso oriente antioqueño. Colombia, 1995

PIEDRAHÍTA, I. Estudio preliminar por eventos torrenciales en la vertiente occidental del Río San Juan, suroeste antioqueño. Colombia, 1996.

RED JURISTA. Ley N° 46 de 1998, “Por la cual se crea y organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, se otorga facultades extraordinarias al Presidente de la República y se dictan otras disposiciones”. Bogotá, Colombia 2 de Noviembre de 1998. [Revisado 7 Septiembre de 2015].

RENDÓN, G. La Hidráulica Torrencial. Revista DYNA, vol. 22. Colombia, 1997.

RIEDL, O. y ZACHAR, D.. Forest amelioration. Elsevier. Holanda, Amsterdam,1984.

RÚA, D.E., y MARÍN, M.J. Estudio de la susceptibilidad a los movimientos en masa en la cuenca de la quebrada “El Barro”, Municipio de Bello. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Colombia, 2006

SAMUEL, P y HAYES, J. Como medir resultados de los proyectos de desarrollo. UNESCO. Francia, Paris, 1960

SISTEMA NACIONAL DE PROTECCION CIVIL PANAMA (SINAPROC). Sistema de alerta temprana desde la perspectiva del sistema Nacional de protección civil. Panamá 2009. [Revisado 7 Septiembre de 2015]. Disponible en internet en <<http://www.rimd.org/advf/documentos/4b63443692fe3.pdf>>

SMITH, K. y WARD, R. Floods: Physical Processes and Human Impacts. Ed Wiley. Chichester, Inglaterra, 1998

UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES (UNGRD). Implantación del sistema integrado de información para la prevención y atención de desastres. Colombia, 2014. [Revisado 10 de Septiembre de 2015]. Disponible en internet en <[www.rimd.org/advf/documentos/4b63443692fe3.pdf](http://www.rimd.org/advf/documentos/4b63443692fe3.pdf)>

UNIVERSIDAD NACIONAL; CORANTIOQUIA. Formulación de planes integrales de ordenamiento y manejo de microcuencas -PIOM. Medellín, Colombia, 2003

URREA, H. y VÁSQUEZ, G. Caracterización, cartografía y estrategias de manejo de las cuencas hidrográficas torrenciales del municipio de Guatapé. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 1996.

VÁSQUEZ, G. El problema constante de las cuencas torrenciales, a propósito del desastre del río Tapartó (Antioquia). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 1993.

