

**ESTADO ACTUAL DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE TENDENCIA DE  
CAUDALES EN LA CUENCA DEL RIO MAGDALENA**

**LUISA FERNANDA PEREZ PACHON**

**RAÚL ESTEBAN SIERRA USMA**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**BOGOTA DC**

**2016**

**ESTADO ACTUAL DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE TENDENCIA DE  
CAUDALES EN LA CUENCA DEL RIO MAGDALENA**

**LUISA FERNANDA PEREZ PACHON**

**RAÚL ESTEBAN SIERRA USMA**

**ALBERTO SANCHEZ DE LA CALLE**

**ASESOR DISCIPLINAR**

**ROY W. MORALES PEREZ**

**ASESOR METODOLOGICO**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**BOGOTA DC**

**2016**

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	7
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
2. OBJETIVOS .....	9
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	9
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
3. JUSTIFICACION.....	10
4. METODOLOGIA .....	11
5. DESARROLLO .....	14
5.1 Análisis de graficas de caudales máximos anuales .....	14
5.2 Análisis anual por grupo de estaciones, desde el nacimiento hasta la desembocadura.....	25
6. CONCLUSIONES.....	29
7. RECOMENDACIONES .....	30
8. REFERENCIAS .....	31

## LISTA DE IMAGENES

Imagen 1.....	13
---------------	----

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.....	12
Tabla 2.....	13

## LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1.....	14
Grafica 2.....	15
Grafica 3.....	16
Grafica 4.....	17
Grafica 5.....	18
Grafica 6.....	19
Grafica 7.....	20
Grafica 8.....	21
Grafica 9.....	22
Grafica 10.....	23

## INTRODUCCION

El río Magdalena como principal río del país, una de las principales fuentes de navegabilidad en Colombia e importante fuente de abastecimiento de agua ha venido presentando alteraciones críticas en los últimos años en cuanto a las variaciones y tendencias de sus caudales, por lo cual se hace necesarias las investigaciones para analizar los caudales en las cuencas a lo largo del río Magdalena y así obtener datos exactos que caractericen el comportamiento del río, y a partir de allí realizar deducciones ya sean comerciales así como inversiones sobre su cauce hidráulico.

A partir de datos hidrológicos suministrados por el IDEAM sobre las tendencias máximas anuales de caudales en la cuenca del río Magdalena se realiza un análisis gráfico y analítico sobre el comportamiento del caudal para cada estación limnigráfica durante cierto periodo de tiempo.

Durante el desarrollo del trabajo fueron encontradas tres zonas críticas de estudio principales, cuenca alta, cuenca media y cuenca baja, en estas se observó que las distribuciones de las estaciones limnigráficas no son ideales, dado el caso claro que en la zona de la cuenca alta se encuentran numerosas estaciones limnigráficas (5 exactamente), mientras que en las zonas media y baja el número de estaciones es menor, por lo cual al ser desequilibrada la distribución, esto se evidencia a lo largo del río.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy por hoy se evidencian notorias afectaciones climáticas que desencadenan un sin número de fallas y desordenes ambientales producidos por factores que incluyen responsabilidades humanas y que repercuten en el cambio climatológico actual y futuro, y este a su vez genera modificaciones considerables en los patrones geo climáticos que alteran las épocas de lluvia y sequias considerables.

En este sentido el problema de abastecimiento en el país es irremediable al desencadenarse problemas climáticos mencionados anteriormente, el tema de sequía claramente se asocia con estos problemas ambientales que finalmente perjudican a la población en general al ser este un recurso vital para vivir.

Teniendo en cuenta estos aspectos importantes que afectan la población colombiana, y para fines de tipo informativo se estudiara la cuenca del rio Magdalena desde su nacimiento hasta su desembocadura a partir de los resultados construidos en investigaciones anteriores y sus tendencias a lo largo de los últimos años a partir de información generada por algunas estaciones limnigraficas (11 estaciones estudiadas) para hallar el comportamiento presentado durante el trayecto de los años mediante el ajuste de la gráfica tiempo vs caudal.

Se sabe que la cuenca Magdalena-Cauca presenta la mayor vulnerabilidad del país, atribuyéndosele el mayor porcentaje de los daños y pérdidas humanas y materiales, así como actividades industriales y agropecuarias que son las más afectadas debido a consecuencias climatológicas críticas.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar el estado actual de las investigaciones sobre tendencia de caudales en la cuenca del río Magdalena.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Resumir la información encontrada que sea necesaria para el proceso investigativo.

Analizar la tendencia que presentan los caudales de la cuenca del Río Magdalena.

Relacionar las causas más importantes que trae como resultado la alteración sobrenatural de los caudales en Colombia.

### 3. JUSTIFICACION

Debido a las diferentes alteraciones en los caudales de distintos ríos de Colombia, que a propósito serán definidos durante el desarrollo de este trabajo investigativo, se han generado posibles causas, como por ejemplo a resaltar el regular abastecimiento hídrico en las diferentes zonas del país y provocando simultáneamente a través del tiempo cambios climáticos que han venido afectando el medio ambiente. La búsqueda será generada para cumplir con la finalidad panorámica de este trabajo que es elaborar un análisis documental de las causas que ocasionan las tendencias de caudales en los ríos de Colombia de donde involucraremos específicamente cuencas hidrológicas, características detalladas y concisas, y así lograr la exploración completa de toda la información.

Con el fin de establecer el principio de estas tendencias se hará una síntesis de toda la indagación del tema, se resumirá en categorías de los causales más extremos a los más moderados y así concluir y obtener el objeto principal de esta monografía documental. La información propuesta registrada en este trabajo podrá resultar útil y efectiva para el desarrollo de investigaciones académicas posteriores que podrán encontrar en éste trabajo una síntesis de los avances realizados en ésta temática en la Universidad La Gran Colombia.

## 4. METODOLOGIA

### **Desarrollado bajo las siguientes etapas:**

Se realizó una consulta detallada a partir de las bases de datos de la biblioteca de la Universidad la Gran Colombia sobre el tema de investigación “Tendencia de caudales en la cuenca del río Magdalena”, en la cual solo se encontró un trabajo investigativo sobre dicha cuenca, y para finalizar se realizó una síntesis minuciosa del mismo documento y se entregaron recomendaciones y conclusiones propias de acuerdo al análisis.

**Línea investigativa:** Hidrotecnia.

**Tipo de investigación:** Documental.

Se estipula así porque evalúa el nivel relación entre las variables en estudio entre ellas: la tendencia de caudales (medios anuales, medios mensuales, máximos instantáneos y medios diarios mínimos) contra el periodo de tiempo establecido (30 años desde 1981 hasta 2010).

**Muestra:** Trabajo de grado “Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del río Magdalena, periodo 1981-2010”

Para el desarrollo de la presente monografía – documental se analizaran datos obtenidos a partir de estudios anteriores realizados en la universidad La Gran Colombia acerca de comportamientos y tendencias de caudales en la cuenca hidrográfica del río Magdalena.

Las estaciones que fueron analizadas en la cuenca hidrográfica del río Magdalena fueron las siguientes:

**Tabla No 1. Estaciones limnigráficas analizadas**

<b>Estación</b>	<b>Municipio</b>
Puerto salgar automática	Puerto salgar (Cundinamarca)
Banco el automática	El banco (magdalena)
Pericongo	Altamira (Huila)
Puente balseadero automática	Agrado (Huila)
Cascada simón bolívar	San Agustín (Huila)
Puente Santander automática	Palermo (Huila)
Purificación automática	Purificación (Tolima)
La esperanza	Palermo (Huila)
Vichecito	Yaguara (Huila)
Nariño automática	Nariño (Cundinamarca)
Puerto inmarco	La magdalena (Antioquia)
Puerto Berrio automática	Puerto Berrio (Antioquia)
Angostura automática	Natagaima (Tolima)
Plato magdalena autom	Plato (magdalena)
Arrancaplumas automat	Guaduas (Cundinamarca)

**Fuente: Sierra<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del río Magdalena, periodo 1981-2010

Se tomaron las estaciones limnigráficas y se ordenaron desde el nacimiento hasta la desembocadura:

A continuación se muestran las ubicaciones de las estaciones de aforo sobre el río Magdalena:

**Imagen No 1. Ubicación de estaciones de aforo sobre el río Magdalena**



**Fuente: Sierra<sup>2</sup>**

---

<sup>2</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del río Magdalena, periodo 1981-2010

## 5. DESARROLLO

### 5.1 Análisis de graficas de caudales máximos anuales

**Grafica No 1. Tendencia máxima anual de caudales. Estación la Magdalena, San Agustín (Huila), corriente del rio Magdalena**



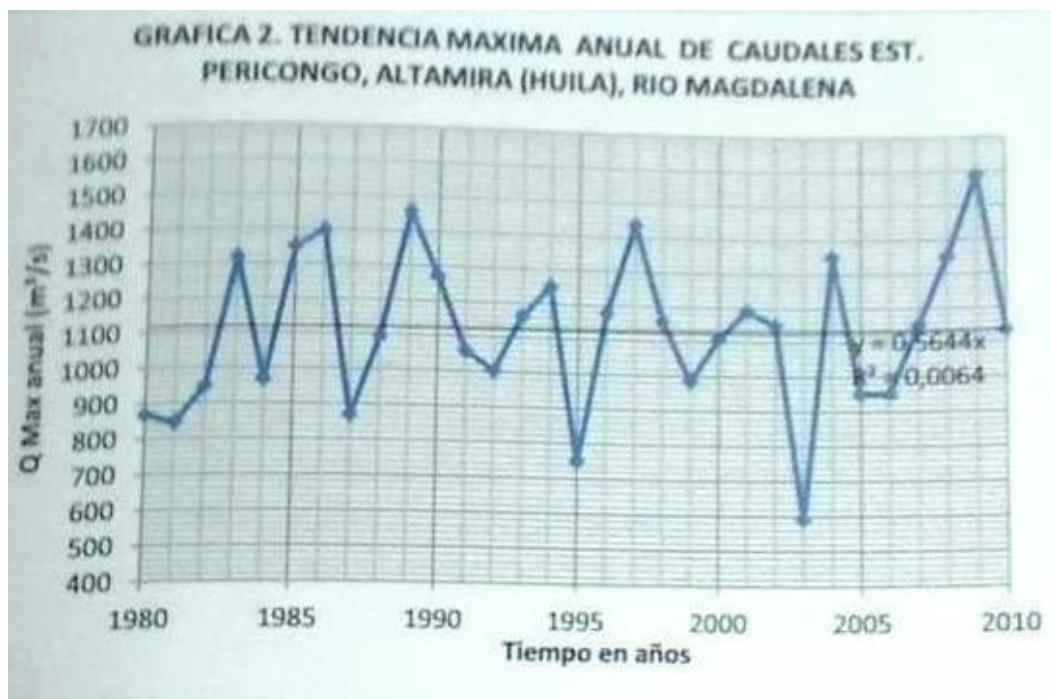
Fuente: Sierra<sup>3</sup>

Grafica que representa una tendencia de caudales uniforme y poca alteracion.

Presenta maxima elevacion en el año 2007 por elevadas precipitaciones en el departamento del huila, y descenso de caudal en los ultimos años, estando todos dentro del promedio en los ultimos 20 años.

<sup>3</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del rio Magdalena, periodo 1981-2010

**Grafica No 2. Tendencia máxima anual de caudales. Estación Pericongo, Altamira (Huila), rio Magdalena**



**Fuente: Sierra<sup>4</sup>**

Tendencia con alteración altamente variable, se aprecia aumento de precipitación en los últimos 4 años. En esta estación se observan caudales bajos por ser estación de nacimiento, la cual no ha tomado caudal suficiente por ausencia de vertientes en cercanía.

<sup>4</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del rio Magdalena, periodo 1981-2010

**Grafica No 3. Tendencia máxima anual de caudales. Estación puente Balseadero, Agrado (Huila), rio Magdalena**



**Fuente: Sierra<sup>5</sup>**

Grafica con representacion de picos irregulares a raiz de lluvias intensas entre los años 2000 y 2010 siendo influenciado tambien por aportes de caudales de la estacion La Magdalena en San Agustin. Según el estudio que se realizo en esta tesis, en los proximos años se podria ver perjudicada por el proyecto hidroelectrico la represa del Quimbo que utilizara parte del caudal del Magdalena para produccion de energia hidroelectrica.

<sup>5</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del rio Magdalena, periodo 1981-2010



**Grafica No 4. Tendencia máxima anual de caudales. Estación puente Santander, Palermo (Huila), rio Magdalena**

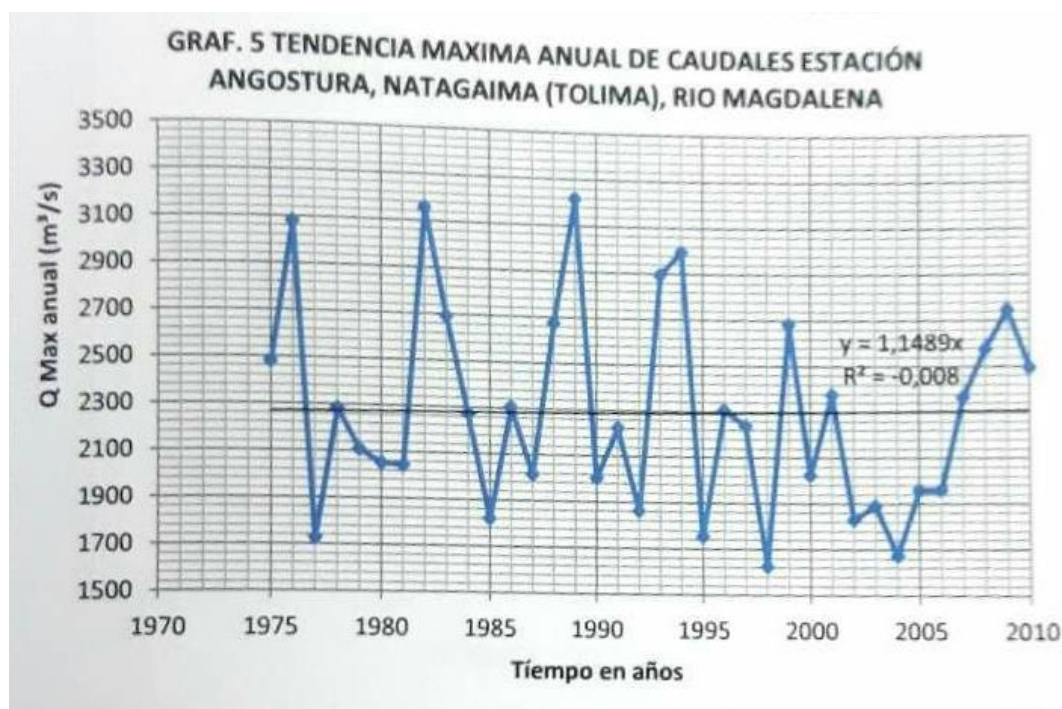


**Fuente: Sierra<sup>6</sup>**

Grafica con presencia de caudales costantes en su linea de tiempo, en los ultimos 9 años (2001 a 2010) se observan caudales en descenso. A partir de informacion obtenida en base a datos obtenidos anteriormente, la disminucion de los ultimos 25 años se debe a mecanismos de reguacion que ejerce el embalse de Betania sobre el rio.

<sup>6</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del rio Magdalena, periodo 1981-2010

**Grafica No 5. Tendencia máxima anual de caudales. Estación Angostura, Natagaima (Tolima), rio Magdalena**

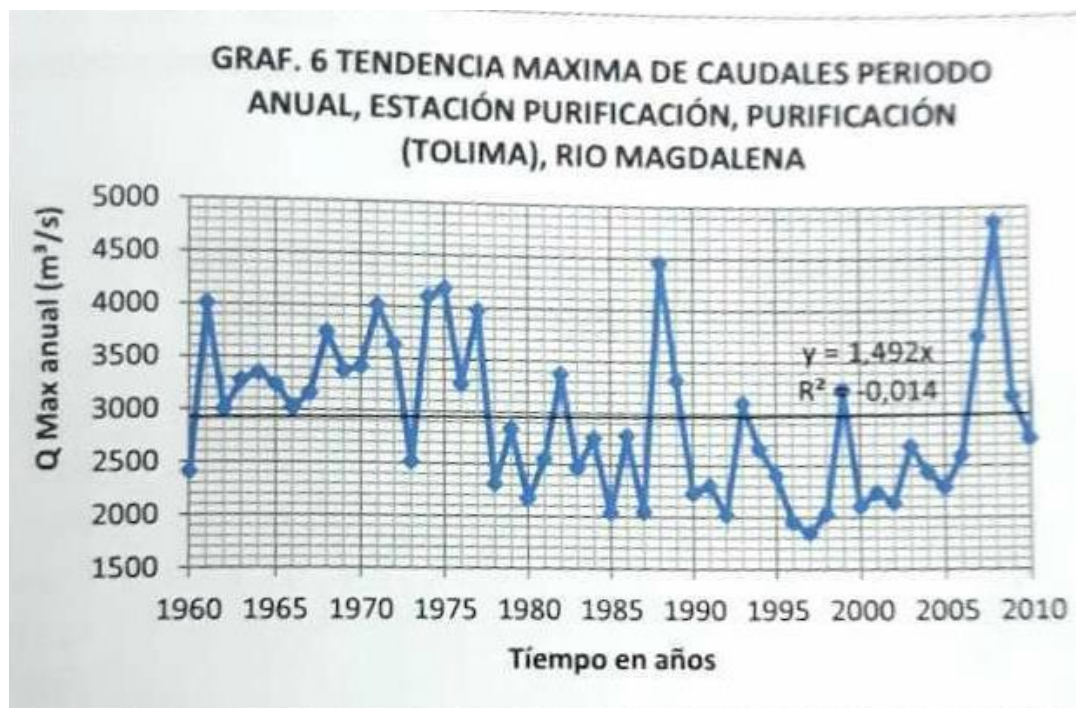


**Fuente: Sierra<sup>7</sup>**

Grafica con propensión a crecimiento de caudal entre años 1975 y 2010, los cuales varían año tras año hasta en 2300 m<sup>3</sup>/s, se observan bajos caudales entre los años 2002 y 2007 aparentemente debidos a mecanismos de regulación de la gobernación del Tolima y bajas precipitaciones a diferencia de años pasados.

<sup>7</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del rio Magdalena, periodo 1981-2010

**Grafica No 6. Tendencia máxima anual de caudales. Estación Purificación, Purificación (Tolima), rio Magdalena**

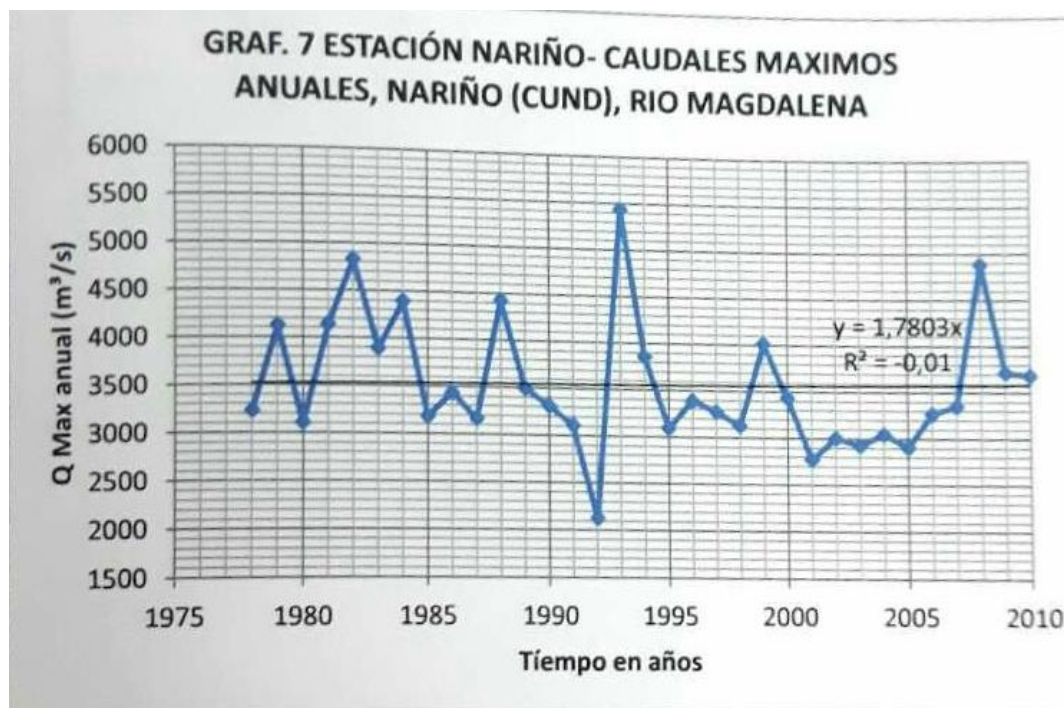


**Fuente: Sierra<sup>8</sup>**

Estación con registros de aumento en sus tendencias de caudal entre los años 1960 y 2010 con aumento promedio de 120 m<sup>3</sup>/s, se estima que las lluvias intensas se dan cada 25 años en promedio, por lo cual es de alta importancia tener en cuenta estos datos para prevenir amenazas próximas y controlarlas a tiempo.

<sup>8</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del rio Magdalena, periodo 1981-2010

**Grafica No 7. Tendencia máxima anual de caudales. Estación Nariño (Cundinamarca), rio Magdalena**

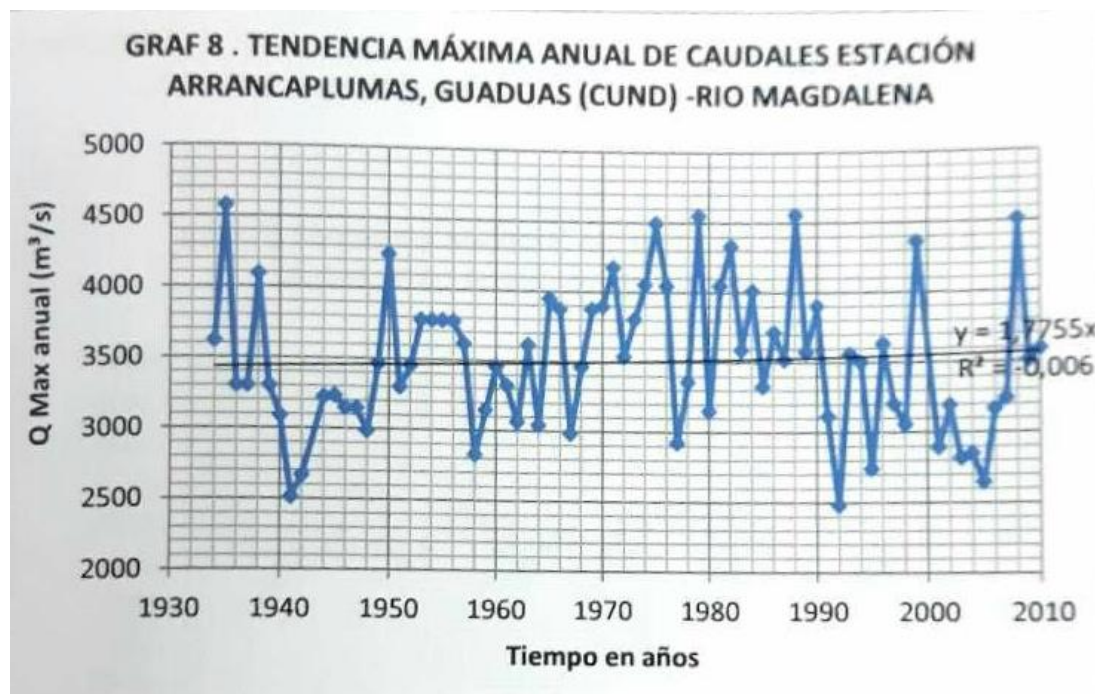


**Fuente: Sierra<sup>9</sup>**

Grafica con línea de tendencia constante, con registro de picos en descenso entre los periodos 2001 y 2007, con lo cual es fácil deducir que no ocurrieron problemas de gravedad en cuanto a inundación, en este punto no hay que dejar de lado que es importante el refuerzo estructural todo el tiempo, puesto que se deduce que el aumento del año 2007 causo sorpresas y estragos entre los habitantes de la región.

<sup>9</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del rio Magdalena, periodo 1981-2010

**Grafica No 8. Tendencia máxima anual de caudales. Estación Arrancaplumas, Guaduas (Cundinamarca), rio Magdalena**

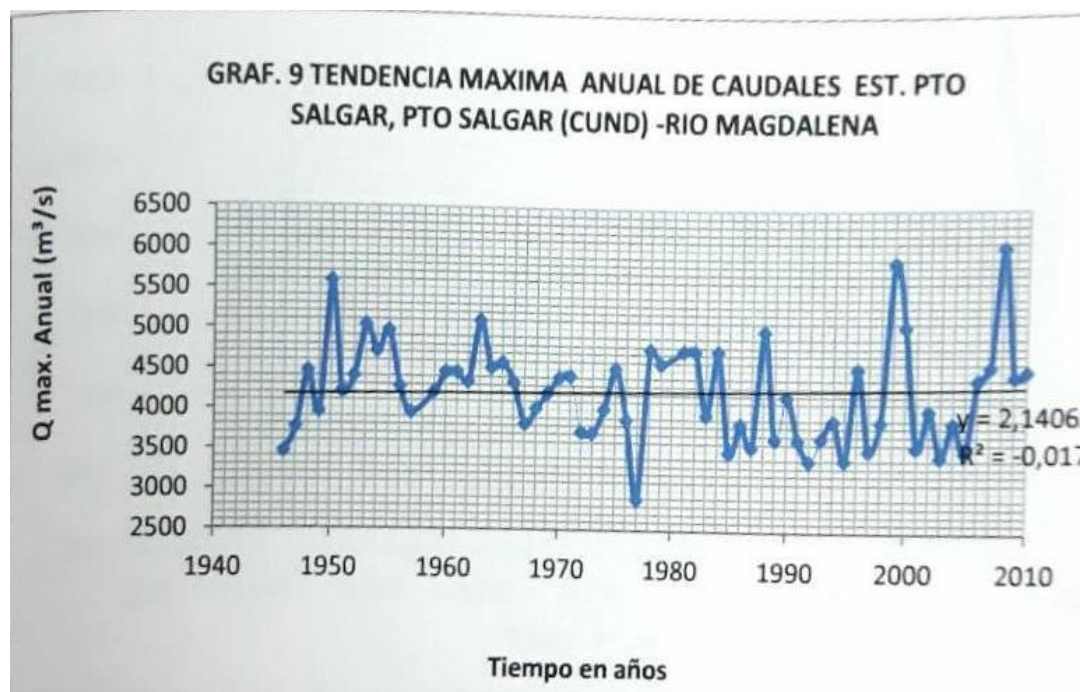


**Fuente: Sierra<sup>10</sup>**

Grafica con tendencia de caudal en aumento, en esta zona varios ríos desembocan hacia el rio Magdalena, de allí se observan caudales promedios grandes (3500 m<sup>3</sup>/s), zona con alta precipitación.

<sup>10</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del rio Magdalena, periodo 1981-2010

**Grafica No 9. Tendencia máxima anual de caudales. Estación puerto Salgar, Puerto Salgar (Cundinamarca), rio Magdalena**

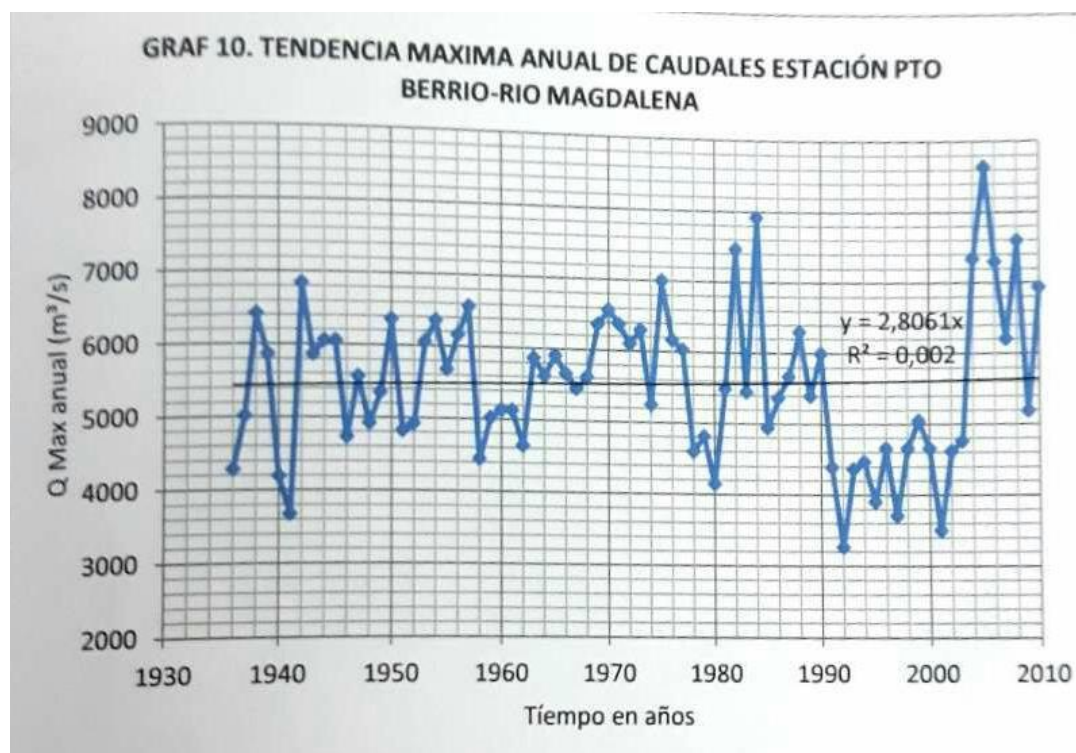


**Fuente: Sierra<sup>11</sup>**

Grafica con estabilidad en su tendencia de caudal, con pequeños aumentos, entre 1946 y 2010 se aumenta 150 m<sup>3</sup>/s. En esta estación el aporte de caudal es moderado, causado por la estación anterior ubicada en Guaduas, y sumado a esto las vertientes cercanas y sus precipitaciones aunque no tan elevado.

<sup>11</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del rio Magdalena, periodo 1981-2010

**Grafica No 10. Tendencia máxima anual de caudales. Estación Puerto Berrio, rio Magdalena**

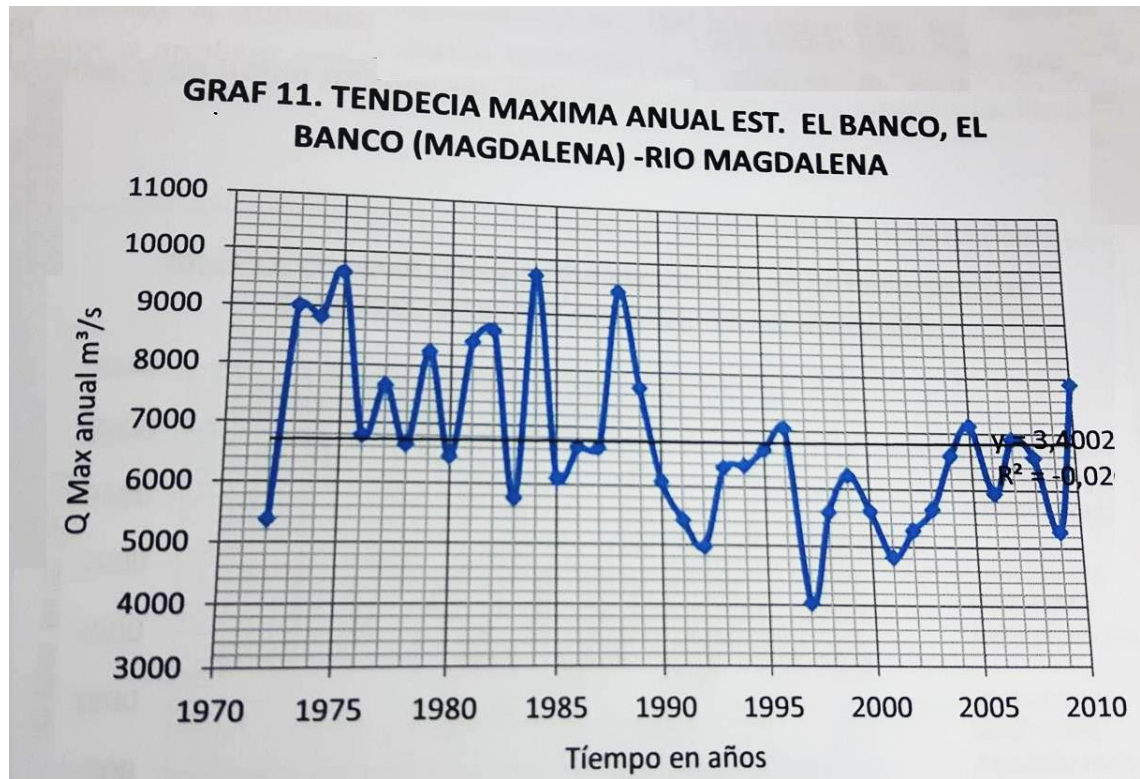


**Fuente: Sierra<sup>12</sup>**

Grafica con disminución de tendencia de caudal en general entre los periodos 1991 y 2002 debido a bajas en la precipitación que alteran el flujo natural del agua en general. Gracias a los inviernos registrados en los últimos años se ha recuperado el alto caudal.

<sup>12</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del rio Magdalena, periodo 1981-2010

**Grafica No 11. Tendencia máxima anual de caudales. Estación el banco, el banco (Magdalena), rio Magdalena**



**Fuente: Sierra<sup>13</sup>**

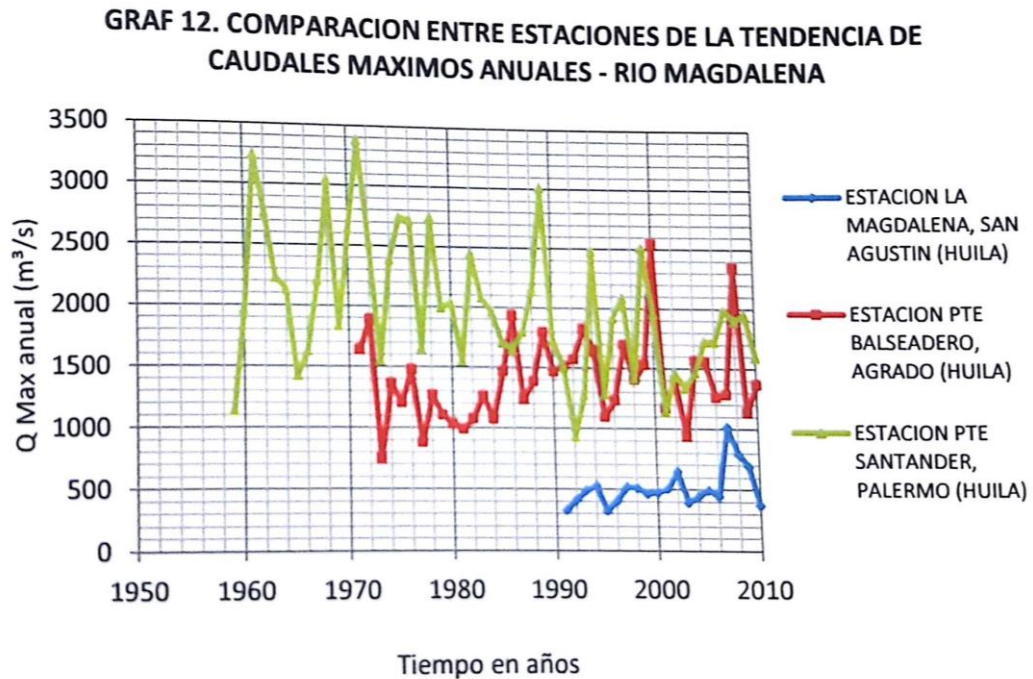
A partir de la gráfica anterior se puede observar que la tendencia de caudales no varía entre los periodos 1971-2010. También se puede observar que existió una disminución de caudal en el periodo comprendido entre 1990 y 2002, con una estabilización en los últimos años aproximadamente de 6800 m<sup>3</sup>/s. En esta estación se puede denominar que hubo una pérdida significativa del caudal generando así precipitaciones bajas en el periodo 1990 y 2002.

<sup>13</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del rio Magdalena, periodo 1981-2010



## 5.2 Análisis anual por grupo de estaciones, desde el nacimiento hasta la desembocadura.

**Grafica No 12. Comparación entre estaciones de la tendencia de caudales máximos anuales.**

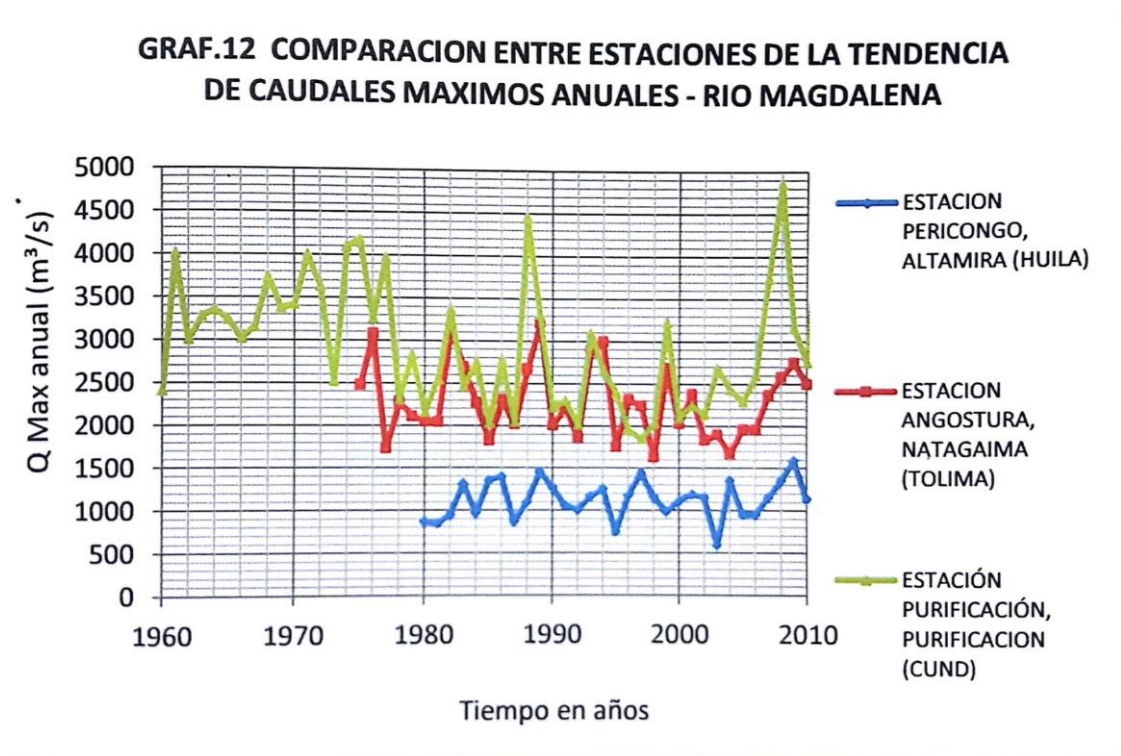


**Fuente: Sierra<sup>14</sup>**

Se observa de la gráfica anterior que los niveles de agua son bastante bajos en la estación magdalena, mientras en los últimos 20 años se observa una variedad de caudales entre la estación Puente Balseadero y la estación Puente Santander aguas abajo, en el periodo de 1989 se registra un pico de caudal irregular entre la estación de San Agustín y la de Agrado (Huila).

<sup>14</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del río Magdalena, periodo 1981-2010

**Grafica No 13. Comparación entre estaciones de la tendencia de caudales máximos anuales.**

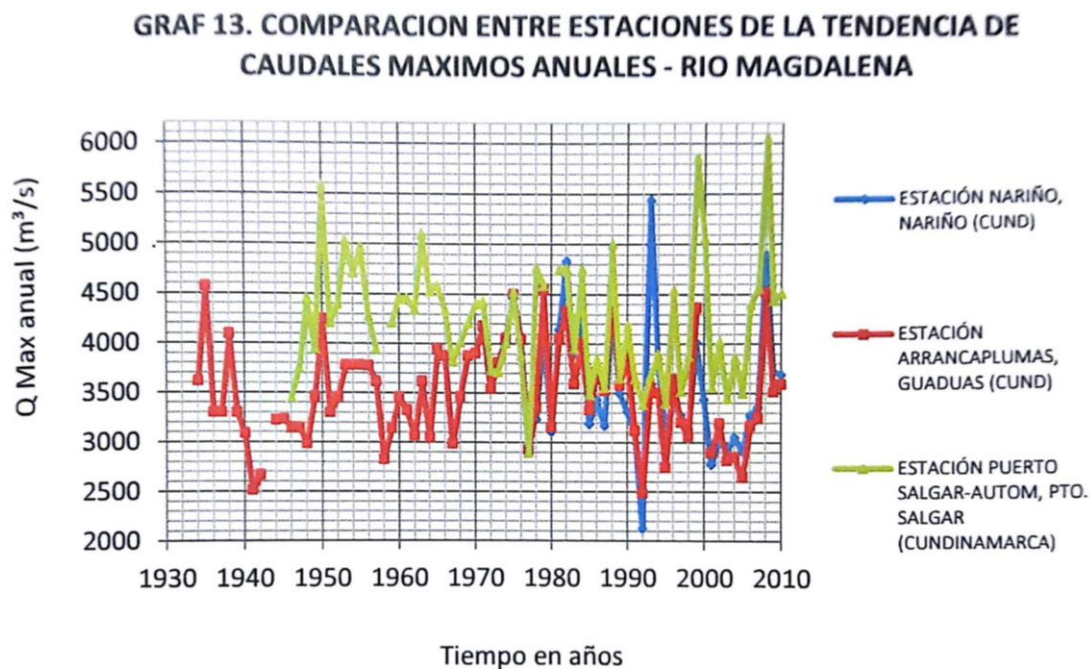


**Fuente: Sierra<sup>15</sup>**

Se observa una tendencia lineal en las tres estaciones analizadas, sobre todo en la estación de purificación y la estación de angostura. La varianza de caudales es bastante baja en la estación de pericongo. En general en este tramo del río el flujo del caudal no tiene grandes interrupciones, este es el motivo por el cual existen caudales con mucha uniformidad a través del tiempo.

<sup>15</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del río Magdalena, periodo 1981-2010

**Grafica No 14. Comparación entre estaciones de la tendencia de caudales máximos anuales.**

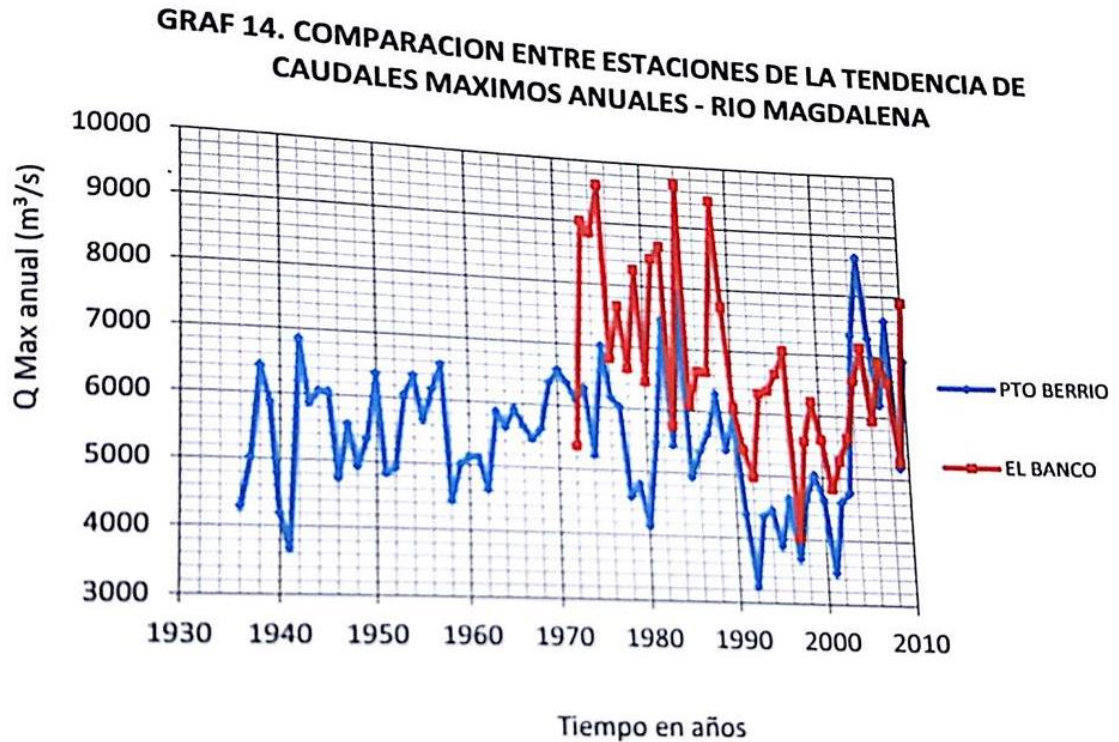


**Fuente: Sierra<sup>16</sup>**

Se puede observar que en las anteriores estaciones existe un caudal promedio de 3900 m<sup>3</sup>/s, entre el año 2000 y 2008 se aprecia una disminución de caudales y para finalizar en 1993 se observa un pico irregular en la estación Nariño.

<sup>16</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del río Magdalena, periodo 1981-2010

**Grafica No 15. Comparación entre estaciones de la tendencia de caudales máximos anuales.**



**Fuente: Sierra<sup>17</sup>**

Se puede analizar variedad de caudales en los últimos años entre las dos estaciones anteriores, lo que significa que se pudo haber implementado algún mecanismo regulador en la cuenca en los últimos diez años, el cual se presentó muy cerca a la desembocadura del río, esto para prevenir inundaciones ya que se han presentado casos anteriores por el fenómeno del Niño en temporadas largas del año.

<sup>17</sup> Tendencia de los caudales en la cuenca hidrográfica del río Magdalena, periodo 1981-2010

## 6. CONCLUSIONES

- ✓ Se detalla que los datos registrados son muy recientes en la mayoría de las estaciones, se estima que el año inicial de su toma en promedio fue en 1975 (35 a 40 años de datos aproximados) lo que conlleva a que muchos registros de caudales extremos no se van a reflejar, de allí se deduce la conveniencia de establecer un factor de seguridad en las obras a realizar para que no resulte imposible predecir a futuro el comportamiento de los caudales y se pueda establecer a tiempo por ejemplo un caudal demasiado grande y por lo mismo el peligro que este conlleva a pueblos rivereños y estabilidad en las obras.
  
- ✓ Se examina una alteración de alta importancia en los caudales, esto dados los embalses que nacen en los últimos 30 años, tomando como crítico el embalse de Betania ya que ha alterado el régimen hídrico y ha generado disminución en los caudales registrados en la estación de Palermo, Huila, concluyendo que estas obras poseen ventajas desde el punto de vista energético pero desventajas ambientales, que se pueden modificar con un mayor precaución en el manejo del embalse.
  
- ✓ Gracias a los análisis se detalló que entre los años 1991 y 2002 se presentó una disminución de caudal en las estaciones de estudio, lo cual denota las complicaciones que puede traer el río como medio de navegabilidad. Se replantea el refuerzo de jarillones y diques de contención para que se logre una resistencia de gran cantidad de agua sobre el río por lo cual se evitarían inundaciones y erosiones que a la larga podrían afectar comunidades.
  
- ✓ Básicamente los caudales máximos fueron constantes en cuanto a su comportamiento durante el tiempo, con tendencias mínimas de incrementos en las estaciones ubicadas antes del embalse de Betania (San Agustín, Altamira, Agrado) mientras que las estaciones ubicadas aguas abajo del embalse presentaron pequeñas tendencias decrecientes.

## 7. RECOMENDACIONES

- ✓ En la ejecución de este trabajo se refleja la necesidad de realizar mayores investigaciones y análisis sobre la cuenca del río Magdalena debido a su carencia en la parte investigativa y así obtener un comparativo entre los mismos y proceder a deducciones más puntuales.
- ✓ Se ve necesario no solamente realizar un análisis anual de los picos máximos y mínimos, si no que realizar análisis de variaciones de caudales mes a mes a través del tiempo.

## 8. REFERENCIAS

SIERRA CORTES, Joselin. Tendencias de los caudales en la cuenca hidrográfica del río Magdalena. Bogotá: Universidad la Gran Colombia, 2012. 148 p.