

## “SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA PREVENIR INUNDACIONES DEL RIO ARAUCA”

### "EARLY WARNING SYSTEM TO PREVENT FLOODS IN ARAUCA RIVER"

Sorangela Cardenas Rodríguez

Programa de maestría en control industrial. Grupo de investigación automatización y control,  
Universidad de pamplona, Grupo de investigación GITI, Universidad Cooperativa de Colombia,  
Colombia, scardenas@unipamplona.edu.co.

#### RESUMEN

Arauca es un departamento con gran cantidad de ríos, en época de invierno entre los meses de Mayo a Agosto, es usual que se presenten inundaciones, generando emergencias para los habitantes de las riveras de los ríos, perdidas en los cultivos (plantaciones de yuca, plátano, cacao, maíz, frutales entre otros) pérdida de ganado entre otros animales, el alto riesgo por desbordamiento del río e inundaciones se afectan los pobladores de las riveras del río. Es importante conocer el nivel de agua de los ríos, especialmente en temporadas de invierno, para prevenir pérdidas humanas y económicas Existen diferentes sistemas que permiten medir el nivel de agua de los ríos en el mercado, pero son costosos y de difícil manipulación. La tendencia mundial es implementar sistemas que permitan conocer el nivel de los ríos, para salvar vidas y prevenir desastres, ddebidos a los altos costos de la adquisición de estos equipos de monitoreo y otras variables pluviales, es necesario diseñar un sistema de alerta temprana para el municipio de Arauca, el sistema de alerta temprana puede brindar la información necesaria en tiempo real para prevenir y dar mayor tiempo para desalojos y poner a salvo la vida de las personas.

**Palabras clave:** Aplicativo web, datos, prototipo, sensor.

#### ABSTRACT

Arauca is a department with a large number of rivers, during the winter months between May and August, it is usual for floods to occur, generating emergencies for river dwellers, lost crops (cassava plantations, bananas, cacao, corn, fruit trees), the high risk of river overflowing and flooding affect the people living on the banks of the river. It is important to know the water level of rivers, specially in winter seasons, to prevent human and economic losses. There are different systems to measure the water level of the rivers in the market, but they are expensive and difficult to handle. The world trend is to implement systems that allow river level awareness, to save lives and prevent disasters, due to the high costs of acquiring these monitoring equipment and other rainfall variables, it is necessary to design an early warning system for the Arauca municipality, the early warning system can provide the necessary information in real time to prevent and give more time for evictions and to save the lives of people.

Keywords: Web application, data, prototype, sensor.

#### I. INTRODUCCIÓN

El Departamento de Arauca se localiza en el sector norte de la Orinoquía colombiana en el límite con Venezuela, la población total del departamento de Arauca es de 262.315 habitantes. (DANE,



2010). La diversidad geográfica de pie de monte y sabanas inundables hacen una región rica en ríos, todo el sistema fluvial desagua en dirección occidente - oriente hacia el Orinoco a través de los ríos Arauca, Casanare, Toco ragua, Tame, Cravo Norte, Ele, Lipa, San Miguel y el conjunto Negro - Cinaruco, además cuenta con numerosas quebradas, caños y lagunas; en temporada de invierno los ríos se inundan generando emergencias por los altos niveles de los ríos.

En el año 2015 las inundaciones del río Arauca dejaron más de 9000 familias afectadas en el estado Apure – Venezuela (EL TIEMPO, 2015), en el departamento de Arauca hubo más de 6000 damnificados para el mismo año de acuerdo al reporte realizado por la voz del cinaruco en junio del 2015 (LA VOZ DEL CINARUCO 1, 2015). Para el 2016 las inundaciones dejaron nuevamente 3000 damnificados en todo departamento de Arauca (RADIO CARACOL, 2016).

En el siglo XXI los cambios climáticos, el fenómeno de la niña, requieren que los entes gubernamentales asuman retos tecnológicos, no da lugar a continuar con los anteriores procedimientos de medición de nivel de los ríos, procedimientos manuales los cuales generan demoras en entregar la información a la población aledaña a los ríos.

Una solución a la problemática podría ser a través del diseño de un sistema de alerta temprana, con el fin de tener la información precisa y continua de parámetros hidrológicos; como variación del nivel, caudal del agua, pluviosidad, a través de una estación hidrométrica automática, que remitirá la información en tiempo real y esta se visualiza mediante un aplicativo web, siendo flexible y de fácil acceso desde cualquier lugar del mundo, para tener un constante monitoreo del nivel de agua del río Arauca en temporada de invierno (Ruben Dario Sanchez Dams, 2013).

## II. DESARROLLO

En la Orinoquia predominan las lluvias altas de 2000 a 3500 mm en su parte central y Oriental, aun cuando hacia el piedemonte pueden observarse hasta 7000 mm y por el contrario en el extremo Norte de Arauca las lluvias pueden ser menores de 1500 mm. A nivel mensual, este patrón se conserva relativamente constante, variando únicamente algunas cantidades (Arango, 2010).

Las fuentes hídricas son todas las corrientes de agua ya sea subterránea o sobre la superficie; de las cuales nosotros los seres humanos podemos aprovecharlas ya sea para la generación de energía o el uso personal. Las fuentes hídricas pueden ser: los ríos, manantiales, pozos, ríos subterráneos (Arias, 2010).

Las fuentes hídricas pueden ser monitoreadas por equipos especializados; una unidad de monitoreo es un equipo o sistema electrónico que supervisa o vigila las acciones que se realizan en lugares determinados, y se le llama monitoreo porque estas acciones se proyectan como imágenes en un monitor (Definiciones, 2016). Se construyen hoy en día dispositivos capaces de realizar monitorios a variables físicas como temperatura, presión, nivel.

En el departamento de Arauca opera Corporinoquia (Corporación autónoma regional de la Orinoquia) de acuerdo al artículo 30 de la ley 99 de 1993, tiene como objeto la ejecución de las políticas planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el ministerio del medio ambiente (Corporinoquia, 2015).



## a. Contexto internacional

La tendencia mundial es implementar sistemas que permitan conocer el nivel de los ríos, para salvar vidas y prevenir desastres, por ejemplo el gobierno de Salvador, tiene implementado el monitoreo hidrológico para:

- a) Alerta temprana para control de inundaciones y manejo de embalses
- b) Ordenamiento y Desarrollo Territorial
- c) Balances Hídricos y gestión integrada de los recursos
- d) Usos para el Desarrollo productivo: carreteras, puentes, riego, agua potable, generación hidroeléctrica
- e) Impacto en los recursos hídricos a sequías y cambio climático (MMARN, 2009)

La medición de la cantidad y la calidad de aguas superficiales (canales descubiertos, ríos, embalses, lagos y estuarios) es uno de los pilares fundamentales del monitoring hidrológico y ha sido uno de los ámbitos clave de OTT Hydromet desde que empezó con los primeros molinetes en 1875.

El Arroyo Mendrano es el segundo caudal más grande de agua que atraviesa Buenos Aires. En caso de fuertes lluvias, desborda sus riberas y causa daños materiales considerables. Cuando la cuenca de retención especialmente construida para recoger grandes cantidades de agua durante fuertes precipitaciones también se desbordó, el gobierno decidió instalar un sistema de alarma para monitorear el nivel de agua en la cuenca. OTT Hydromet los fabricantes proveyeron del sistema para medir el nivel del arroyo utilizando sensores de radar para medir el nivel del agua, con el sistema completo para ser visualizado desde la web (OTTO, 2014).

En Bolivia se realizó un primer ejercicio, mediante programa GeoSUR, la Institución financiera generará mapas, disponibles por Internet, de las inundaciones en curso e históricas en América Latina y el Caribe, mediante el cual se mapearon diariamente las inundaciones utilizando sensores remotos para medir el caudal de los ríos y verificar que el nivel de inundación alcanzó valores históricos (PORTAL BOLIVIANO DE GANADERIA, 2014).

En Ecuador se implementa el Radar Meteorológico de Medición de Lluvias (CAXX) forma parte del proyecto regional de Transferencia de Conocimiento Alemán “Monitoreo y vigilancia de la lluvia en el sur del Ecuador – encaminado hacia una red de radares lluvia en el sur del Ecuador” <http://www.radarnetsur.gob.ec/>, financiado por la Philipps-Universidad de Marburg/Alemania y la Fundación Alemana de Investigación (DFG). El radar “CAXX”, que tiene un alcance de 100 kilómetros de radio, se encuentra instalado en el cerro Paraguillas, ubicado en el límite norte del Parque Nacional Cajas a una altura de 4450 m s.n.m., considerado el radar meteorológico más alto del mundo. Con esta estación se monitorea las lluvias sobre las provincias de Azuay y Cañar, y cobertura parcial en El Oro y Guayas (ETAPA, 2015).

## b. En Colombia

El IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales tiene el proyecto con la plataforma Delft-Fews donde participan DELTARES, UNESCO-IHE, DNP, IDEAM, CAR y CVC. El propósito de establecer los niveles de alerta se ha configurado en FEWS los diferentes umbrales para las alertas Amarilla, Naranja y Roja de las estaciones que cuentan con esta información, para que el usuario pueda identificar los puntos donde se sobrepasa dicho umbral, ya sea por un evento ocurrido o pronosticado (Gelves Diaz John Freddy, Sanchez Molina, Jorge, 2012). Teniendo en cuenta este panorama nacional de las cinco grandes regiones hidrológicas: Andina, Orinoquia, Amazonia, Atlántica y Pacífica, se establecieron siete criterios para la selección de las cuencas piloto para la implementación de este proyecto establecidos

conjuntamente entre IDEAM, DNP y Deltares. Las cuencas priorizadas conjuntamente fueron las siguientes:

- Cuenca alta del río Cauca hasta La Virginia
- Cuenca alta del río Bogotá hasta Puente La Virgen.
- Cuenca media del río Magdalena entre Puerto Salgar y El Barrancabermeja (Bernal, 2014)

### c. Ubicación y Características de geográficas del departamento de Arauca

El departamento de Arauca se localiza en el sector norte de la Orinoquía colombiana en el límite con Venezuela y está compuesto por siete municipios: Arauca (ciudad capital), Arauquita, Cravo Norte, Fortul, Puerto Rondón, Saravena y Tame; su superficie es de 23.818 km<sup>2</sup> que corresponde al 2,1% del total nacional. El departamento limita por el norte con el río Arauca, que lo separa de la República de Venezuela; por el este, con la República de Venezuela; por el sur, con los ríos Meta y Casanare, que lo separan de los departamentos del Vichada y Casanare; y por el oeste, con el departamento de Boyacá (Figura 1) (FUPAD, 2013).

El municipio se encuentra dividido político administrativamente en cinco comunas que agrupan 31 barrios “LEGALES” y 27 urbanizaciones. El sector rural está conformado por cinco corregimientos que albergan 65 veredas (Cuella, 2014).



Base: Mapa digital Integrado. IGAC, 2002. Fuente: Sociedad Geográfica de Colombia. Atlas de Colombia, IGAC, 2002. Fuente Barimetría: Prof. José Agustín Blanco Barros

**Figura 1: Mapa de Colombia.**

Fuente: (Sociedad geográfica de Colombia, 2002)

Las características fisiográficas del departamento, según el documento de los mapas de situación nutricional en Colombia 2010, son:

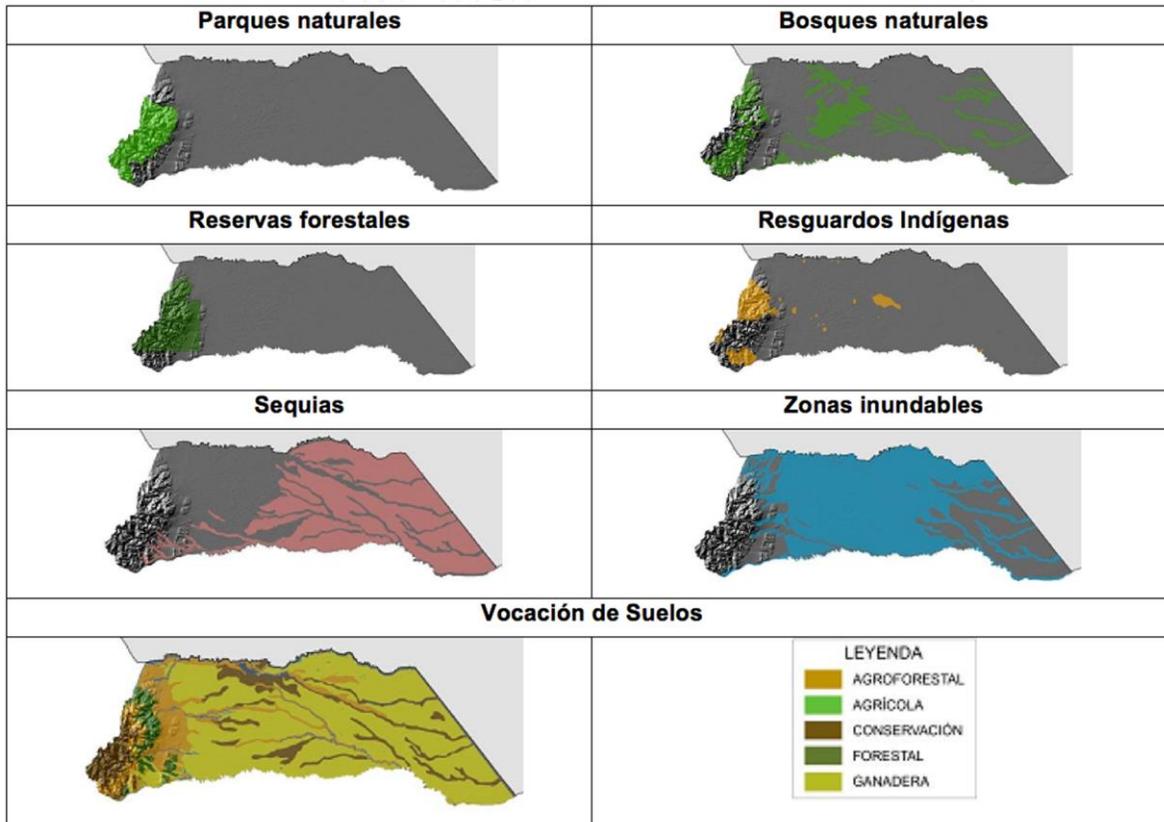
- El 58,0% es susceptible a inundaciones (Figura 2).
- Un 42,0% es vulnerable a sequías.
- El 19,5% del territorio presenta bosques naturales.

Un 11,5% corresponde a reservas forestales.

Un poco más del 7,0% pertenece a parques nacionales naturales.

Y los suelos tienden a ser viejos, con tendencia a la acidez, y de baja fertilidad natural que desfavorecen el desarrollo de varios proyectos agrícolas y moldean la ganadería que tiene que hacerse de forma extensiva” (FUPAD, 2013).

**Caracterización del territorio del departamento de Arauca**



**Figura 2: Mapa de inundaciones de Arauca.**

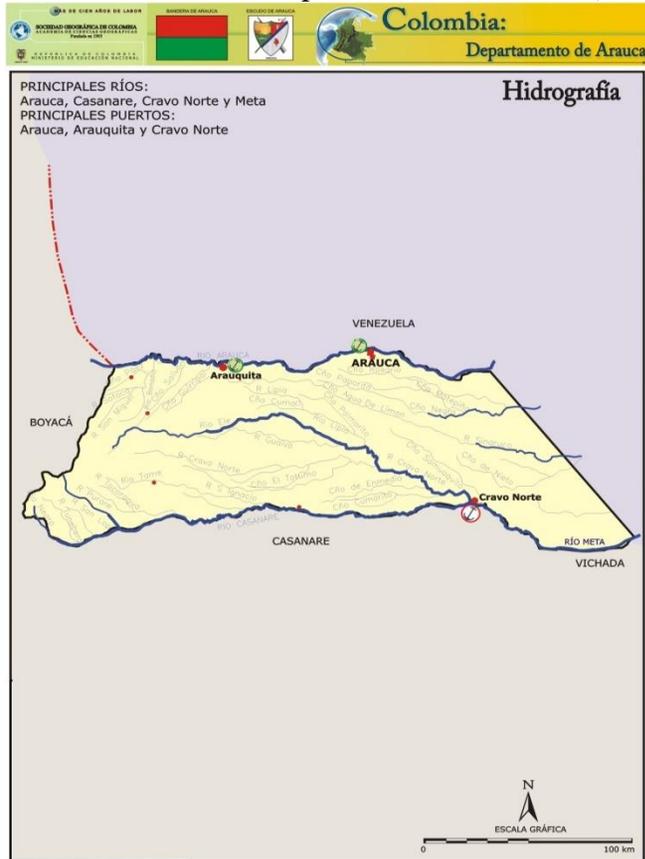
Fuente: Mapas de situación nutricional en Colombia 2010

**Zona Hidrográfica del río Arauca**

El río Arauca nace en el páramo del Almorzadero (Santander), desemboca en el río Orinoco, atraviesa cuatro Departamentos en Colombia (Santander, Norte de Santander, Boyacá y Arauca) y el Estado Venezolano de Apure con el que forma el límite internacional; y alcanza una longitud aproximada de 1000 km, de los cuales 700 km son navegables.

Al río Arauca le vierten sus aguas los ríos de cordillera: el (Cubujón) Bojabá con un área de 900 km<sup>2</sup> aproximadamente y una longitud de 80 km, Banadía, Covaría con un área aproximada de 410 km<sup>2</sup> y una longitud de 85 km, Oirá, Valegrá, y los caños Chitagá, Caranal, Jujú, Salibón y el río Cutufí en Venezuela; Además, se encuentran considerables áreas con amplios planos de inundación, que junto con numerosas lagunas y humedales como la Barrialosa, El Lipa, La Erica, Venero, Grimonero, La Rodriguera, y la Madre Vieja, son de suma importancia para la fauna de la zona y aves migratorias. En el territorio del municipio de Arauca la zona hidrográfica del río Arauca (Figura 3) presenta las subzonas hidrográficas principales de caño Jesús, caño picure y los

afluentes directos al río Arauca con sus correspondientes niveles hidrográficos como la del caño Chaparrito (el Ruano), los afluentes directos a caño Jesús (Caño los Arrecifes, caño. el Martinero, caño. Curitero, caño Caballero, caño. Aguaita, caño. Sto. Domingo), afluentes directos al caño Picure (caño Materrosa) y caños menores afluentes del río Arauca caño Bartoleto, caño. Villanueva, caño. Matapalo, caño. Juan Brito (Salazar, 2014)



**Figura 3: Mapa hidrográfico del departamento de Arauca.**

Fuente: Sociedad geográfica de Colombia.

El incremento de las lluvias en la cordillera oriental genera que los ríos del pie de monte incrementen de nivel, llevando grandes cantidades de agua en su caudal hasta la desembocadura y finamente generando inundaciones en el río Arauca, el cual recorre los límites entre Colombia y Venezuela a lo largo de 296 Km de frontera, el cual tiene un caudal medio de 485 m<sup>3</sup>/s, teniendo en cuenta que a medida que incrementa de nivel también incrementa su caudal. (Hernandez, 2009).

### III. Reflexiones y Consideraciones finales

El río Arauca es de gran caudal (Figura 4) y define el límite entre Colombia y Venezuela, las inundaciones se propagan a través de las extensas sabanas de los dos países.



**Figura 5. Rio Arauca**

Fuente: Propiedad del autor.

Los sistemas de alerta temprana previenen y dan un lapso de tiempo para que los pobladores de las riveras de los ríos puedan desalojar aquellas zonas susceptibles de inundaciones. En el departamento de Arauca no existen sistemas de alerta temprana para la inundaciones, en la actualidad se hace a través de boletines que CORPORINOQUIA entrega a gestión de riesgo para prevención desastres. Es dispensable que el rio Arauca cuente con un sistema de alerta temprana para prevenir inundaciones, el cual permita dar a conocer los niveles del rio y emita las alertas necesarias (naranja, roja y amarilla). La autonomía del sistema permitirá que a cualquier hora del día, aún en la oscuridad o altas horas de la noche se emitan las alertas, mediante sistemas de comunicación; bocinas, páginas web, mensajes de texto, y de forma rápida informara a los órganos competentes como: Oficina de gestión del riesgo, Corporinoquia, defensa civil y medios de comunicación para que informe a la población aledaña a las riberas del río.

Con un sistema de alerta temprana se visualizaría la información de nivel del rio Arauca a través de una página web de libre acceso, para que las comunidades de las riveras del río se mantengan informados y puedan tomar medidas en caso de presentarse una alerta, generando con el sistema un impacto de carácter internacional al favorecer a una parte de la población de Colombia y Venezuela.

## Referencias bibliográficas

Arango, C. (2010). <http://www.ideam.gov.co>. Recuperado el 11 de julio de 2016, de IDEAM: [http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/Climatolog%C3%ADa+Trimestral+para+Colombia+\(Ruiz,+Guzman,+Arango+y+Dorado\).pdf/c2825963-c373-449a-a7cb-8480874478d9](http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/Climatolog%C3%ADa+Trimestral+para+Colombia+(Ruiz,+Guzman,+Arango+y+Dorado).pdf/c2825963-c373-449a-a7cb-8480874478d9)

Arias, C. (2010 ). *Politica nacional del recurso hidrico*. Bogota.

Bernal, F. A. (8 de Mayo de 2014). IDEAM. Recuperado el 15 de Noviembre de 2016, de <http://fews.ideam.gov.co/Proyecto%20FEWS-Colombia.pdf>

CARACOL RADIO. (12 de julio de 2016). *caracol radio*. Recuperado el 3 de junio de 2017, de [http://caracol.com.co/radio/2016/07/12/regional/1468279736\\_381493.html](http://caracol.com.co/radio/2016/07/12/regional/1468279736_381493.html)

LA VOZ DEL CINARUCO. (5 de julio de 2015). *La voz del cinaruco*. Recuperado el 3 de junio de 2017, de <https://lavozdelcinaruco.com/?id=12567>

LA VOZ DEL CINARUCO. (3 de julio de 2015). *La voz del cinaruco*. Recuperado el 3 de junio



- de 2017, de <https://lavozdelcinaruco.com/index.php?id=12570>
- Corporinoquia. (15 de Abril de 2015). *corporinoquia.gov.co*. Recuperado el 2 de Junio de 2016, de [corporinoquia.gov.co: http://www.corporinoquia.gov.co/index.php/home/corporinoquia.html](http://www.corporinoquia.gov.co/index.php/home/corporinoquia.html)
- Cuella, V. T. (2014). *ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA DE INUNDACIÓN URBANA EN EL MUNICIPIO DE ARAUCA, ARAUCA EN EL MARCO DE LA REVISIÓN Y AJUSTE DE PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. Bogota: UNAD.
- DANE. (29 de Diciembre de 2010). *DANE*. Recuperado el 11 de Julio de 2016, de <http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/series-de-poblacion>
- Definiciones*. (2016). Recuperado el 15 de noviembre de 2016, de <http://definicionyque.es/monitoreo/>
- EL TIEMPO. (3 de Julio de 2015). *EL TIEMPO*. Recuperado el 3 de junio de 2017, de <http://eltiempo.com.ve/venezuela/lluvias/ya-van-9000-familias-afectadas-por-las-lluvias-en-guasdalito/187018>
- Gelves Diaz John Freddy, Sanchez Molina Jorge. (2012). "Implementación de un sistema tipo SCADA para mejorar los procesos de secado y cocción de la ladrillera sigma LTDA". RCTA, ISSN 1692-7257, v.2 fasc.20 p.80 - 85 ,2012.
- Periodico El Tiempo. (26 de Mayo de 2015). Periodico El Tiempo. (C. e. tiempo, Editor) Recuperado el 2 de Junio de 2016, de Periodico El Tiempo: <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/lluvias-generan-desbordamientos-en-arauca-y-boyaca/15828117>
- ETAPA. (Junio de 2015). *ETAPAEP.COM*. Recuperado el 15 de noviembre de 2016, de <http://www.etapa.net.ec/Productos-y-servicios/Gesti%C3%B3n-ambiental/Radar-de-Medici%C3%B3n-de-Lluvias>
- FUPAD, M. d. (2013). Documento Diagnostico del departamento de Arauca. Bogota: Talleres de Opciones Gráficas Editores Ltda.
- Hernández, L. A. (4 de Noviembre de 2009). *Hidrografia Colombiana*. Recuperado el 25 de Julio de 2016, de <http://amazonasinteractivo.blogspot.com.co/>
- Lourdes. (s.f.). *Las lluvias*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2016, de <http://www.doslourdes.net/monogr%C3%A1ficos-la-lluvia.pdf>
- MMARN. (Mayo de 2009). *Ministerio de medio ambiente y recursos naturales*. Recuperado el 15 de noviembre de 2016, de <http://www.snet.gob.sv/ver/hidrologia/monitoreo+hidrologico/>
- OTTO. (Mayo de 2014). *OTTO HIDROMET*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2016, de <http://www.ott.com/es-es/proyectos/flood-water-protection-in-the-city-of-buenos-aires-339/>
- PORTAL BOLIVIANO DE GANADERIA*. (25 de marzo de 2014). Recuperado el 30 de mayo de 2017, de <http://www.pbg.com.bo/index.php/espacio-tecnico/miscelaneas-ganaderas/1280-caf-presenta-innovador-sistema-web-para-monitoreo-de-inundaciones-y-sus-impactos-en-latinoamerica-y-el-caribe>
- Salazar, A. M. (2014). *Diagnostico físico biotico 2014*. Arauca.
- Sociedad geografica de colombia. (1 de Marzo de 2002). *Escuela nacional de geografia*. Recuperado el 2 de junio de 2017, de [http://sogeocol.edu.co/dptos/arauca\\_02\\_ubicacion.jpg](http://sogeocol.edu.co/dptos/arauca_02_ubicacion.jpg)