

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
VICERRECTORÍA ACADÉMICA GENERAL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

7ª Convocatoria interna de Proyectos de Investigación 2012-2013
“Sede Principal y Vicerrectoría Universidad Abierta y a Distancia”

I. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Denominación de la línea Modular (máximo 5 renglones)	Grupo de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil GIFIC (Bogotá) Grupo ACI “Ambiental y civil en Investigación” (Tunja)
Denominación de la línea(s) Activa(s) (máximo 10 renglones)	Línea de Investigación en Modelado, Simulación, y Manejo de Datos en Problemas en Ingeniería Civil (Bogotá) Hidráulica e Hidrología (Tunja)
Pertinencia del proyecto dentro de la línea(s) Activa(s) (máximo 10 renglones)	El proyecto está claramente enmarcado dentro de la línea ya que corresponde al manejo y modelado de datos de tipo hidrológico.
Programa académico o unidad académica que sustenta la línea: Ingeniería Civil (GIFIC) en Bogotá e Ingeniería Civil en Tunja	

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Título del proyecto: Estructuración primaria de protocolos de modelación hidrológica en Boyacá (Proyecto Fase 1: Caracterización Climática de Boyacá)		
Investigador Principal: José Luis Díaz Arévalo (GIFIC USTA Bogotá) Víctor Manuel Peñaranda Vélez (ACI USTA Tunja) Correo electrónico: jluisdiaz@usantotomas.edu.co vpenaranda@ustatunja.edu.co Teléfono: 5878797 ext 1591		
Dirección de correspondencia: Carrera 9 51-11		
Nombre del Grupo de Investigación: Grupo de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil GIFIC (Bogotá); Ambiental y Civil en Investigación (ACI) (Tunja)		Total de Investigadores: (número) 2
Investigadores que componen el grupo	Dirección electrónica	Calidad
1. Estudiantes ¹ 2. 3. 4. 5. 6.		Auxiliares

Facultad y Programa Académico en el que presta servicios el investigador principal: Facultad de Ingeniería Civil en Bogotá y Facultad de Ingeniería Civil en Tunja Línea de Investigación: Línea de Investigación en Modelado, Simulación, y Manejo de Datos en Problemas en Ingeniería Civil; Línea de investigación en Hidráulica e Hidrología	
Lugar de Ejecución del Proyecto: Ciudad: Bogotá D.C. Departamento:	
Duración del Proyecto (en meses): 10 primer año, 30 en total	
Tipo de Proyecto: (marque con x) Investigación Aplicada(x) Desarrollo Tecnológico () Investigación Básica () Desarrollo productivo o empresarial ()	
Tipo de Financiación solicitada: ² Financiamiento Total: 21,596,612 (primer año) 104,971,612 (total) Valor solicitado a la Universidad (FODEIN): 12,721,612 (primer año) 38,721,612 (Total) Valor Contrapartida/Unidad Académica: 8,875,000 (primer año) 66,250,000 (Total) Valor Contrapartida/Convenio entidad externa: Valor total del Proyecto: 21,596,612 (primer año) 104,971,612 (total)	
Descriptor / Palabras claves: Hidrología, modelación hidrológica, minería de datos	

¹ El perfil de los estudiantes será publicado en el momento de hacer convocatoria de auxiliares para el proyecto.

² El presupuesto para FODEIN es el de la primera fase y los demás so de referencia

2. RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO

La variabilidad climática repercute en el desarrollo social y económico de un país, por lo tanto, es necesario comprender esta variación del clima con el ánimo de prevenir y mitigar los efectos adversos, y obtener los mayores beneficios para la sociedad a través de su predicción (Mesa, et al., 1997). La disponibilidad del recurso hídrico debe ser estudiada dado que su utilización exige de una planificación en diversas escalas de tiempo y espacio (Poveda, 2004). Las decisiones en planificación y operación de sistemas hídricos se basan en la información histórica de las variables hidrológicas; tal información debe ser procesada y entendida para el buen diseño y funcionamiento de los mismos.

Establecer protocolos de modelación hidrológica se enmarca dentro de los planes del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y de la comunidad científica internacional, los cuales buscan proveer al país de guías técnicas y científicas que faciliten la producción de conocimiento acerca de los procesos hidrológicos y la identificación de las mejores decisiones en el aprovechamiento de los recursos naturales y la prevención de desastres.

Teniendo como zona de estudio el Departamento de Boyacá esta investigación consiste fundamentalmente en la caracterización de patrones climatológicos, el análisis estadístico de series de tiempo, la verificación de la calidad de la red hidrológica actual de que se dispone para el pronóstico y monitoreo hidrometeorológico, y la definición de protocolos de modelación hidrológica para el Departamento. De acuerdo con esto, la investigación propenderá por definir procedimientos objetivos de modelación hidrológica a partir del entendimiento de las características hidroclimatológicas y regímenes hidrológicos predominantes de las cuencas boyacenses.

Ciertamente, esta investigación es una carta de navegación en el diagnóstico y valoración del estado actual del recurso hídrico de la región, estableciendo un primer alcance en los protocolos de modelación, manejo y gestión del recurso hídrico en la región.

3. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

3.1 – 3.2 – 3.3 Planteamiento de la pregunta o problema de investigación y su justificación:

Problema de Investigación:

La variabilidad hidrológica forma parte de la vida cotidiana, y aunque por lo general es benigna, de vez en cuando y en sitios determinados se ha convertido en fenómenos arrasadores de nuestra riqueza económica, social y ambiental (Poveda & Alvarez, 2011; IDEAM, 2005). De acuerdo con las estadísticas de las Organización Meteorológica Mundial, se revela que nueve de cada diez desastres naturales acaecidos en el mundo están relacionados con el tiempo, el clima o el agua. Además, en el último decenio los desastres naturales han tenido mayor repercusión en las economías de los países en desarrollo que en la de los países desarrollados. Colombia es un país cuya posición geográfica le ofrece una gama diversa de bosques, flujos de aire y suelos, también se aprecia en su extensión una dinámica meteorológica compleja la cual, se desarrolla por factores de carácter planetario, como por factores regionales y locales, convirtiendo su previsión en un reto científico que exige esfuerzos logísticos, económicos y de fuerte investigación (IDEAM, 2005).

Colombia se ha adherido de tiempo atrás a las metas sobre cobertura de servicios de agua que la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha fijado para que toda la población del continente tenga un suministro de agua aceptable y un nivel de saneamiento adecuado (Marín, 1992). Así mismo, el estado colombiano, durante más de cien años, mediante leyes y decretos se ha esforzado, a través de principios y entidades diversas (e.g. Corporaciones Autónomas, IDEAM, entre otros), por implementar el manejo adecuado de los recursos naturales renovables. En Colombia se han construido cerca de 2200 puentes, más de 15000 kilómetros de vías terrestres, parte de los cuales cada año se someten a reparaciones por problemas relacionados con el agua, cerca de 600 municipios han experimentado inundaciones locales, el desabastecimiento de agua, las pérdidas de cultivos y la proliferación de enfermedades de origen hídrico que ocurren tanto en épocas de crecidas como de sequías hidrológicas (e.g., los daños en Colombia por efecto del El Niño – Oscilación del Sur (ENOS) de 1997 – 1998 caracterizado por sequías en gran parte del país, cuyos daños ascendieron a 564 millones de dólares). Por otra parte, la fase fría del fenómeno ENOS: La Niña, está estrechamente asociada con el aumento de lluvias y caudales en Colombia, que también juega un rol fundamental en la planificación y en las decisiones energéticas (Lu, et al., 2011; Poveda

& Alvarez, 2011; Mesa et al., 1997). Como se puede apreciar, las inundaciones y las sequías afligen de manera significativa a la sociedad; causan grandes pérdidas en la producción agrícola, energética, infraestructura, maquinarias y viviendas, que suelen opacar los resultados benéficos para la sociedad y naturaleza de las crecidas, desbordamientos y periodos de estiaje; como son el enriquecimiento en minerales de las tierras, el mantenimiento de ciclos naturales de reproducción de especies, el mantenimiento del ciclo natural de liberación de energía y el transporte natural de sedimentos. Como consecuencia de lo anterior, la situación de Colombia, sin dejar de lado el marco regional en Boyacá, se caracteriza por un desconocimiento parcial sobre el buen aprovechamiento de los recursos naturales. Para responder ante estas dificultades, es preciso hacer un gran esfuerzo por identificar, desarrollar, seleccionar, aplicar y evaluar nuevas tecnologías, sin dejar de lado el intercambio y divulgación de la información.

De acuerdo con Beven (2001) la mayoría de los hidrólogos serán usuarios de modelos en vez de desarrolladores de modelos. El futuro prescribe que son los usuarios de los sistemas de recursos hídricos, u operadores de los mismos, quienes emplearán las herramientas adecuadas para la interpretación de escenarios hidrológicos, no obstante, la evolución científica en este campo será relegado a aquellos quienes fortalecen el campo conceptual a través de la investigación avanzada.

Es inherente en los modelos de hoy, que sus aproximaciones no son cercanas a un 100% de confianza y en algunas ocasiones, sus resultados permiten acercamientos en la caracterización de un evento real en función del patrón climático de la zona de estudio. Ahora bien, reconociendo que existe un amplio rango de modelos y procedimientos para el análisis hidrológico en la literatura, la investigación propuesta se centra en responder a las siguientes preguntas fundamentales: ¿cuáles son los protocolos de modelación más adecuados y confiables para la modelación hidrológica en el departamento de Boyacá? ¿Cuál es el nivel de incertidumbre en la predicción hidrológica de los sistemas de cuencas en Boyacá? ¿Es necesario fortalecer la red de medición hidrometeorológica actual en Boyacá y en qué proporción?

Justificación:

Colombia cuenta con una gran riqueza hídrica, tanto superficial como subterránea; aunque no está distribuida espacial y temporalmente de forma homogénea, en la mayoría de su territorio las condiciones hidrológicas, climáticas y topográficas garantizan una buena oferta de agua y una densa red hidrográfica. Sin embargo, en varias regiones y municipios, en la mayoría de los casos no se tienen políticas claras de ordenamiento para el uso de los recursos hídricos. Los grandes asentamientos humanos y los polos de desarrollo industrial, agrícola, pecuario, e hidroenergético del país, se han dado en regiones donde la oferta hídrica es menos favorable (IDEAM, 1998), lo que ha generado presiones sobre el recurso hídrico y señales preocupantes por los problemas de disponibilidad de agua en algunos municipios y áreas urbanas, en especial, durante periodos con condiciones climáticas extremas, como las épocas secas y aquellas con presencia del fenómeno cálido de El Niño – Oscilación del Sur (ENSO).

La oferta hídrica experimenta en la actualidad una reducción progresiva a causa de las limitaciones de uso que implica la alteración de la calidad del agua por contaminación debida a los procesos de la actividad socioeconómica e industrial, los cuales vierten por lo general sus efluentes sin

tratamiento previo; además, a estos mismos cuerpos receptores llegan, en muchos casos, volúmenes altos de sedimentos, como resultado de procesos de erosión natural o derivados de la acción antrópica.

Por otra parte, la disponibilidad del agua está afectada por los procesos de degradación de las cuencas, con la disminución progresiva de la regulación natural del régimen hidrológico que hace más prolongados los periodos de estiaje y mayores las crecientes. Muchos de los sistemas hídricos que actualmente abastecen a la población colombiana evidencian una vulnerabilidad alta para mantener su disponibilidad de agua. Según los estimativos generales para condiciones hidrológicas medias, cerca del 50% de la población de las áreas urbanas municipales está expuesta a sufrir problemas de abastecimiento de agua a causa de las condiciones de disponibilidad, regulación y presión que existen sobre los sistemas hídricos que las atienden (IDEAM, 1998). Esta situación se hace aún más crítica cuando las condiciones son las de un año seco, periodo durante el cual esta cifra puede llegar hasta el 80%. Puesto que más del 80% de las cabeceras municipales se abastece de fuentes pequeñas (e.g., arroyos, quebradas, riachuelos con bajas condiciones de regulación y alta vulnerabilidad), que no garantizan una disponibilidad adecuada, es imprescindible conocer en profundidad el estado y la dinámica de estos sistemas para ordenar su uso y realizar un manejo sostenible del recurso.

Por esta razón, es preciso evaluar la disponibilidad real de agua en los sistemas hídricos del país y en particular, en las pequeñas fuentes que abastecen a las poblaciones, así como también racionalizar el uso del recurso, partiendo para ello desde las más pequeñas cuencas hidrográficas municipales hasta las de mayor tamaño. Esto permitiría conocer la disponibilidad real de las cuencas, pues en un buen número de ellas se observa hoy la fuerte presión a que son sometidas por las poblaciones asentadas en sus cercanías y por la industria; el grado de deterioro presente en algunas de ellas puede explicarse, en cierto modo, por los resultados de la oferta neta, una vez aplicados los factores respectivos de reducción.

Según los resultados del IDEAM (1998), de no tomarse medidas de conservación y manejo adecuadas, para 2015 y 2025, respectivamente el 66% y el 69% de los colombianos podrían estar en riesgo alto de desabastecimiento en condiciones hidrológicas secas. Una vez identificada la problemática general del recurso hídrico a nivel nacional, se requiere ordenar el uso de los recursos naturales de manera sostenible, así como proteger y manejar en forma integral las cuencas hidrográficas a partir de los procesos naturales, en particular, de los hidrológicos y de oferta de agua superficial y subterránea.

Dado que los sistemas y procesos naturales están siendo intervenidos y alterados desordenadamente, se hace necesario generar el conocimiento y la información que apoyen la toma de decisiones, la planificación, la gestión y el uso sostenible del recurso agua. Para ello es necesario contar con una red de monitoreo hidrológico, meteorológico y ambiental lo suficientemente representativa, así como también desarrollar sistemas de información que soporten en forma dinámica y actualizada la toma de decisiones.

3.4 Los objetivos:

Objetivo general:

Describir y caracterizar los patrones hidrometeorológicos del Departamento de Boyacá con el propósito final de establecer los protocolos de modelación hidrológica adecuados en el marco geoespacial de estudio.

Objetivos específicos:

Para la primera fase del proyecto se disponen los siguientes objetivos:

1. Describir las características físicas generales geomorfológicas, fisiográficas, de cobertura, de usos del suelo de la región delimitada por el departamento de Boyacá.
2. Presentar una caracterización estadística de los patrones espacio – temporales de las variables hidroclimáticas principales y disponibles sobre la región de estudio.

Para la segunda fase del proyecto de investigación se disponen los siguientes objetivos:

3. Determinar el grado de calidad de la red de medición hidrometeorológica dispuesta sobre el departamento de Boyacá y definir la red de medición óptima.
4. Identificar la influencia de las anomalías climáticas asociadas a eventos tipo ENSO en el comportamiento de las variables hidrometeorológicas en la zona de estudio.

Para la tercera fase del proyecto de investigación se disponen los siguientes objetivos:

5. Analizar las bondades y dificultades de la aplicación de algunos modelos hidrológicos, en función de la información hidrológica disponible y las características inherentes hidroclimáticas de las cuencas de estudio.

3.5 Metodología Propuesta (máximo 3000 palabras):

En concordancia con los objetivos propuestos y las características que conforman la presente propuesta de investigación, se describe a continuación la metodología de trabajo, tal como:

1. Identificación, recolección, clasificación, consolidación y síntesis de la información básica del estado de arte mediante resúmenes bibliográficos y categorización de la información obtenida por medios físicos y electrónicos. Alternamente al procedimiento indicado, se desarrollará un análisis de la información e interpretación de los conceptos que permitan la simplificación del lenguaje formal y la descripción sencilla de los modelos conceptuales y matemáticos que se analizarán en el proyecto en las fases subsiguientes.
2. Clasificación de 200 estaciones hidrometeorológicas para el presente estudio, seleccionando de

entre ellas, aquellas que presenten datos o información representativa de los patrones hidrológicos y que conserve una longitud mínima de 30 años continuos de los registros a la escala de medición media mensual.

Dando revisión de la actual de red de medición con que cuenta el departamento de Boyacá (Figura 1.), en Boyacá se han instalado 453 estaciones hidrometeorológicas, de las cuales solo 267 están activas, y de este grupo de estaciones se espera tomar una muestra superior al 70% para los propósitos del estudio, para así disponer de un muestreo representativo.

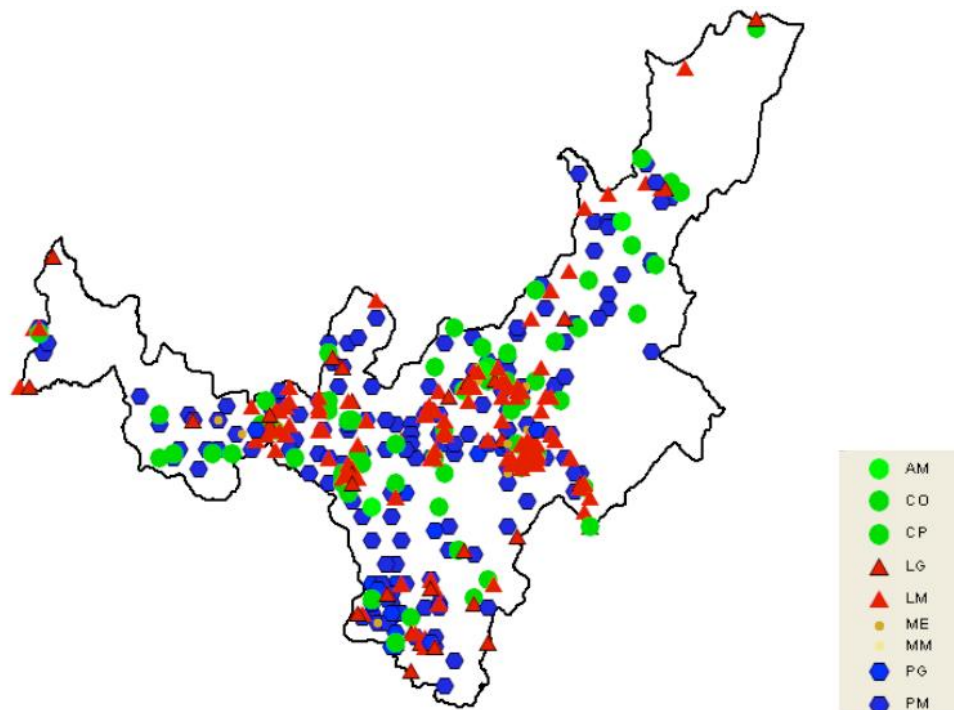


Figura 1. Localización general de las estaciones hidrometeorológicas en el Dpto. de Boyacá.

3. Caracterización estadística de patrones espacio – temporales de las variables: temperatura, humedad, brillo solar, radiación solar, evaporación, presión atmosférica, precipitación, velocidad del viento y caudales líquidos. Esta caracterización se basará en las técnicas fundamentales de estadística descriptiva univariada y multivariada para el Análisis Exploratorio de series de tiempo. Así mismo, se verificarán en las variables algunas otras propiedades no-lineales en las series de tiempo mediante técnicas procedentes de la geometría fractal y la teoría del caos. Por otra parte, como aporte a la investigación aplicada se hará uso de herramientas de técnicas avanzadas en el manejo de datos correspondiente a lo que se ha denominado Minería de Datos (Data Mining), lo cual permite extraer tendencias y características de la información.

4. Identificación de anomalías climáticas por eventos ENSO basado en indicadores, como son el Índice de Oscilación del Sur (del Inglés, SOI) y la Temperatura Media del Océano Pacífico (del Inglés, SST). La información de estos indicadores será descargada del enlace web del Centro de Predicción Climática de la Administración Oceano – Atmosférico Nacional de los Estados Unidos

(CPC, NOAA). Para determinar las relaciones entre los indicadores del ENSO y las variables hidrometeorológicas de estudio, se desarrollarán análisis de correlaciones cruzadas para diferentes rezagos temporales, análisis de tendencias en las series de tiempo definidas por las variables hidrometeorológicas, análisis de persistencia y análisis espectral.

5. Parametrización y desarrollo de la estructura del sistema de inferencia del modelo conceptual, empleando como ayudas diagramas de flujo y esquemas de referencia que permitan agrupar las características del problema y el planteamiento de la solución. Esta etapa del proyecto, considerada altamente compleja, indicará las líneas de trabajo que permitirán el enlace entre la formulación del modelo y la aplicación del mismo para la comprensión física de los procesos hidrológicos sobre la región boyacense. Durante esta etapa de la investigación se establecerán los tipos de modelos (i.e. físicos o estocásticos; agregados o distribuidos, etc) que serán implementados en función de las características y representatividad estadística de la información disponible en la zona de estudio.

6. Diseño, codificación y construcción de algoritmos de cálculo dentro de un sistema de procesamiento y simulación de la información, mediante diagramas de flujo y procesamiento sistemático de los algoritmos en un lenguaje de programación que permitan el desarrollo interactivo de las tareas y la diagramación clara de los resultados. Inicialmente se procesará los algoritmos en el lenguaje de programación de MATLAB, que por sus características de ambiente GUI (Graphic User Interface), permite al usuario el desarrollo dinámico de las tareas y un claro entendimiento de los resultados; sin embargo, en el transcurso de la investigación podrá implementarse algunas rutinas en lenguajes de programación tales como C o Fortran, que por sus características de estabilidad en la plataforma operacional las tareas pueden ejecutarse de manera más eficiente cuando los rangos de información son altamente grandes.

El diseño de los algoritmos incluirá la implementación del sistema directo e inverso del modelo, para lo cual se requerirá de la formulación de la función objetivo para el ajuste de parámetros y la aplicación de herramientas matemáticas y/o heurísticas en el proceso de optimización de ajuste de datos al modelo. Actualmente se tiene identificado los métodos Simplex Multidimensional, Simulated Annealing y Shuffled Complex Evolution como las técnicas de optimización para implementar en el modelo, dado que por el gran número de parámetros y medidas derivadas que pueden ser generadas en la implementación del modelo, el problema numérico puede ser altamente complejo y herramientas basadas en gradientes pueden ser insuficientes en el proceso de optimización; por tal motivo estas herramientas serán utilizadas ya que se destacan por sus características de estabilidad y precisión numérica en complejos sistemas.

7. El proceso de simulación y validación debe entenderse como el desarrollo del proceso inverso de la estructura de los modelos, lo cual implicará la aplicación de herramientas tanto matemáticas como heurísticas para el ajuste de los parámetros del mismo. Previamente al proceso de simulación se simulación y validación se determinarán cuales serán los grupos de datos que alimentarán los modelos computacionales que fueron diseñados en una etapa previa del proceso de investigación. Esta agrupación tendrá en cuenta la representatividad espacial de la información para la descripción de los procesos hidrológicos.

8. Presentación de una síntesis escrita de los protocolos de modelación de las cuencas objeto de

estudio, estableciendo los algoritmos y procedimientos de desarrollo que la constituyen, los resultados de las modelaciones, las falencias encontradas y la evaluación general de los resultados alcanzados.

3.6. BIBLIOGRAFÍA:

V. Babovic. (2005). Data Mining in Hidrology. Hydrological Processes. Vol. 19. Num. 7. John Wiley & Sons, Ltd. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.5862>

K. Beven. (2001) Rainfall Runoff Modelling. Editorial John Wiley & Sons. UK. 360 p.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (1998) Estudio nacional del agua. Relaciones oferta demanda e indicadores de sostenibilidad para el año 2016. Primera versión. Santafé de Bogotá.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2005) Protocolos para la emisión de los pronósticos hidrológicos. Grupo de Investigación de Hidrología del IDEAM. Bogotá. 2005

X. Liang, Y. Liang, (2001). Applications of data mining in hydrology, Data Mining, ICDM 2001, Proceedings IEEE International Conference on, Pages 617-620.

A. Lu, S. Jia, W. Zhu, H. Yan, S. Duan, & Z. Yao. (2011) El Niño-Southern Oscillation and water resources in the headwaters region of the Yellow River: links and potential for forecasting. Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 1273–1281.

O. Mesa, G. Poveda, & L. Carvajal. (1997) Introducción al clima de Colombia. Universidad Nacional de Medellín. Facultad de Minas. Medellín.

G. Poveda. (2004) La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 28 (107): 201-222. ISSN: 0370-3908.

G. Poveda. (2011) Hydro-climatic variability over the Andes of Colombia associated with ENSO: a review of climatic processes and their impact on one of the Earth's most important biodiversity hotspots. Clim Dyn (2011) 36: 2233–2249.

B. Sierra. (2006) Aprendizaje Automático: conceptos básicos y avanzados. Aspectos prácticos utilizando el software WEKA. Prentice Hall.

J.M. Spate , et al. Data Mining in Hidrology. Recuperado de http://www.mssanz.org.au/MODSIM03/Volume_01/A06/04_Spate.pdf.

3.7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:

ITEM	ACTIVIDAD	MES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Fase 1: Caracterización Climática de Boyacá

1.1	Clasificación y compra de la información hidrometeorológica												
1.2	Sistematización de los registros hidrológicos												
1.3	Análisis estadístico descriptivo de la información												
1.4	Reconstrucción de los datos faltantes y análisis de consistencia												
1.5	Diagramación de informe de resultados de la investigación												

Fase 2: Análisis de la Variabilidad Climática por eventos Tipo ENSO

2.1	Análisis de homogeneidad de la información												
2.2	Análisis de correlaciones cruzadas entre los indicadores del ENZO (TSS y SOT) y las variables de estudio.												
2.3	Análisis de tendencias en las series hidrológicas												
2.4	Análisis espectral.												
2.5	Diagramación de informe de resultados de investigación.												

Fase 3: Definición de los protocolos de modelación hidrológica en Boyacá

3.1	Definición y formulación de los modelos conceptuales de estudio												
3.2	Conceptualización numérica de los modelos computacionales												
3.3	Análisis numérico de la formulación matemática												
3.4	Formulación numérica del proceso inverso de los modelos												
3.5	Diseño y desarrollo de los algoritmos												
3.6	Simulación de los modelos hidrológicos												
3.7	Calibración de los modelos hidrológicos												
3.8	Diagramación de informe de resultados de investigación.												

Tabla 3.1 Generación de nuevo conocimiento

Resultado/Producto esperado	Beneficiario
Artículo Científico	Comunidad científica general, Corporaciones Autónomas, IDEAM, etc.

Tabla 3.2 Fortalecimiento de la comunidad científica

Resultado/Producto esperado	Beneficiario
Artículo Científico	Comunidad científica general, Corporaciones Autónomas, IDEAM, etc.

Tabla 3.3 Apropiación social del conocimiento

Resultado/Producto esperado	Beneficiario
Transferencia de conocimiento	Corporaciones Autónomas, Gobernación de Boyacá (PDA)

Tabla 3.4 Impactos esperados:

Impacto esperado	Plazo después de finalizado el proyecto: corto, mediano, largo	Supuestos
Social	Mediano Plazo	Reconocimiento de la sociedad de la importancia del entendimiento del clima en la región.

Impacto esperado	Plazo después de finalizado el proyecto: corto, mediano, largo	Supuestos
Ambiental	Largo Plazo	Modificación de los programas de desarrollo para el aprovechamiento del recurso hídrico.

4 PRESUPUESTO³

Tabla 4.1 Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación (en miles de \$) para el primer año:

RUBROS FINANCIABLES	FUENTES		TOTAL
	FODEIN	Contrapartida	
PERSONAL	1,000.00	8,875.00	9,875.00
EQUIPOS			
SOFTWARE			
MATERIALES	9,721.612		9,721.612
SALIDAS DE CAMPO	2,000.000		2,000.00
MATERIAL BIBLIOGRÁFICO			
PUBLICACIONES Y PATENTES			
SERVICIOS TÉCNICOS			
VIAJES			
TOTAL	12,721.612	8,875.00	21,596.612

Tabla 4.1a Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación (en miles de \$) para los tres años:

RUBROS FINANCIABLES	FUENTES		TOTAL
	FODEIN	Contrapartida	
PERSONAL	5,000.00	66,250.00	71,250.00
EQUIPOS			
SOFTWARE			
MATERIALES	9,721.612		9,721.612
SALIDAS DE CAMPO	5,000.00		5,000.00
MATERIAL BIBLIOGRÁFICO			
PUBLICACIONES Y PATENTES	5,000.00		5,000.00
SERVICIOS TÉCNICOS			
VIAJES	14,000.00		14,000.00
TOTAL	38,721.612	66,250.00	104,971.612

Tabla 4.2 Descripción de los gastos de personal (en miles de \$).

Investigador	Formación Académica	Función Dentro Del Proyecto	Dedicación Horas / Semana	Recursos		Total
				FODEIN	Contrapartida	
José Luis Díaz Arévalo	Doctor	Investigador	10		1,875.00	

Investigador	Formación Académica	Función Dentro Del Proyecto	Dedicación Horas / Semana	Recursos		Total
				FODEIN	Contrapartida	
Victor Manuel Peñaranda Velez	Magister	Investigador	20		7,000.00	
Auxiliares de investigación	Estudiante	Apoyo	5	1,000.00		
TOTAL				1,000.00	8,875.00	9,875.00

³ El presupuesto para FODEIN es el de la primera fase los demás son de referencia

Tabla 4.3 Descripción de los equipos que se planea adquirir (en miles de \$).

Equipo	Justificación	Recursos		Total
		FODEIN	Contrapartida	
TOTAL				

Tabla 4.4 Descripción y cuantificación de los equipos de uso propio (en miles de \$)

EQUIPO	VALOR
TOTAL	

Tabla 4.5 Descripción del software que se planea adquirir (en miles de \$).

SOFTWARE	JUSTIFICACIÓN	RECURSOS		TOTAL
		FODEIN	Contrapartida	
TOTAL				

Tabla 4.6 Descripción y justificación de los viajes (en miles de \$)

Lugar /No. De viajes	Justificación**	Pasajes (\$)	Estadía (\$)	Total días	Recursos		TOTAL
					FODEIN	Contrapartida	
Vienna (Austria) / 2 viajes	Participación congreso HydroPredict	12,000.00		5	12,000.00		12,000.00
En	Parcipación en	2,000.00		3	2,000.00		2,000.00

Lugar /No. De viajes	Justificación**	Pasajes (\$)	Estadía (\$)	Total días	Recursos		TOTAL
					FODEIN	Contrapartida	
Colombia / 2 viajes	Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología						0
1. TOTAL		14,000.00			14,000.00		14,000.00

Tabla 4.7 Valoración salidas de campo (en miles de \$)

Ítem	Costo unitario	#	TOTAL
Viaje a diferentes lugares de Boyacá	\$ 500.00	4	2,000.00
TOTAL			

Tabla 4.8 Materiales y suministros (en miles de \$)

Materiales*	Justificación	Valor
Información hidrometeorológica del IDEAM	Series históricas de información hidrometeorológica para el departamento de Boyacá.	9,721.612
TOTAL		9,721.612

Tabla 4.9 Bibliografía (en miles de \$)

Ítem	Justificación	Valor
TOTAL		

Tabla 4.10 Servicios Técnicos (en miles de \$)

Tipo de servicio	Justificación	Valor
TOTAL		