



Una formación de calidad
en ingeniería para el futuro

Centro de Convenciones Cartagena de Indias
15 al 18 de Septiembre de 2015

CAUSAS DE INUNDACIONES EN TUNJA Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Néstor Perico Granados

**Universidad Santo Tomás
Tunja, Colombia**

Néstor Rafael Perico Martínez

**Universidad de los Andes
Bogotá, Colombia**

Resumen

El tema desarrollado corresponde a "Infraestructura en ciudades", en la ponencia para Acofi. Al respecto, una vez detectado el problema, con base en la reiteración de las inundaciones en la ciudad de Tunja, se presentó un proyecto para que fuera aprobado en la universidad Santo Tomás y cuando surtió los trámites necesarios y recibió el visto bueno de las autoridades correspondientes se inició su desarrollo. Entonces, se profundizó el diagnóstico para obtener más elementos apropiados para que con una buena problematización se pudiera construir mejor el problema y encontrar unos objetivos más precisos. En este sentido, se inició un proceso de medición de áreas, mediante la revisión con imágenes satelitales, desde el año 1985 hasta el 2015, para verificar la deforestación y observar la cantidad de hectáreas disminuidas en bosques y el incremento en otras variables como la parte agropecuaria y las tierras desnudas. Igual tarea se hizo con el crecimiento urbano, a través de imágenes satelitales, y se hicieron visitas para ver la construcción en la ronda de los ríos (Jordán y La Vega), la construcción en los aliviaderos o humedales, la revisión de la mayor sedimentación, precisión y comprobación de la cota batea de los ríos a lo largo de la ciudad y verificación de su influencia en su desbordamiento.

De la misma manera, se hicieron los estudios topográficos y de hidrología para establecer la huella de inundación y con los estudios previos se comenzó a establecer las causas de los derbordamientos. En consecuencia, en el contexto del calentamiento global, el cambio climático y el efecto invernadero se han iniciado los estudios y los análisis que permitieron plantear unas obras de ingeniería, las cuales se están gestionando de diferentes formas, al igual que las propuestas para la promoción de la

reforestación. Finalmente, el método utilizado es el cuantitativo, pero con un alto énfasis del cualitativo, con incidencia de la investigación acción educativa y se ayuda del método de proyectos. Se han llevado a cabo varias actividades entre las que se destacan los estudios y los diseños de diferentes obras y se han hecho gestiones para diferentes convenios.

Palabras clave: inundaciones; investigación acción educativa; Ríos La Vega y Jordán

Abstract

The theme developed corresponds to "Infrastructure in cities" in the paper for Acofi. In this regard, once detected the problem, based on the recurrence of floods in the city of Tunja, a project was presented for it to be approved at the University St. Thomas and when surtido the necessary formalities and received the approval of the authorities corresponding development began. So deepened diagnosis for most appropriate elements for a good problematización it could best build the problem and find a more targeted. In this sense, a process of measuring areas began by reviewing satellite images from 1985 to 2015, to check deforestation and observe the acreage decreased in forests and the increase in other variables as part agricultural and bare land. Equal work was done with urban growth, through satellite images, and visits were made for construction in the round river (Jordan and La Vega), construction spillways or wetlands, increased sedimentation review, accuracy and checking the height punt rivers throughout the city and check its influence on the overflow.

Similarly, topographic and hydrological studies were made to flood footprint and previous studies began to establish the causes of derbordamientos. Accordingly, in the context of global warming, climate change and the greenhouse effect we have started studies and analyzes allowed to raise some engineering, which are being managed in different ways, as proposals for promotion reforestation. Finally, the method used is quantitative, but a qualitative high emphasis, with incidence of action research and educational projects help method. They have carried out several activities among which are the studies and designs of different works and have been made to different conventions.

Keywords: floods; educational action research; La Vega and Jordan Rivers

1. Introducción

El proyecto tiene como objetivo general el de establecer las causas de las inundaciones en Tunja y proponer soluciones para resolver el problema a mediano y largo plazo. Igualmente, se quiere establecer el proceso de aprendizaje, a través del método de proyectos, tanto de estudiantes como de docentes dado que hay dos profesores y dos estudiantes trabajando en la investigación. La investigación reviste vital importancia porque presenta propuestas combinadas de diseños en ingeniería civil convencionales (canales, jarillones y dragados, entre otros aspectos) con obras no

convencionales como reforestaciones principalmente y autogestión para la ejecución. En todo el proceso están vinculados docentes y estudiantes. Es un trabajo en equipo que demuestra las bondades de un liderazgo conjunto. A pesar de los buenos resultados obtenidos parcialmente se tiene como limitante el que es una primera investigación con el método de investigación acción educativa, ayudado del método de proyectos, con relativa poca experiencia.

A partir del currículo por procesos con lo establecido por Stenhouse y profundizado y reorientado por Kemmis (1988) se comenzó con una acción crítica, que luego se concretó en el desarrollo del método de investigación acción educativa, en el proceso de transformación de docentes, de los estudiantes participantes y de las personas de las comunidades afectadas. Han sido muy útiles en la orientación teórica y metodológica otros autores, especialmente Elliott, entre otros. Se destaca el especial aporte de Donald Schon (1992) para el proceso de estudio, análisis, reflexión y toma de decisiones, a lo largo de la acción investigativa. De otro lado, el proyecto ha contado con la colaboración y creatividad del Ingeniero Julián Robayo, estudiante de maestría en ingeniería con énfasis en hidroambiental y siete estudiantes de pregrado a quienes se les hará el reconocimiento en el informe final. Con el equipo de trabajo se hace una valoración semanal tanto de las actividades a elaborar, como de la factibilidad en su ejecución.

Lámina de agua, que subió a más de un metro con cincuenta centímetros. Barrio Pozo Donato



Fuente: www.Vanguardia.com, abril de 2011

2. Labores ejecutadas

Se inició la investigación con mediciones hechas a partir de imágenes satelitales, tomando como punto de partida el año 1985, se ha establecido el decrecimiento de la cobertura vegetal con árboles en las microcuencas de los ríos Jordán y La Vega, periodo medido hasta el año 2015, con una deforestación cercana al treinta por ciento (30%). Paralelamente en el mismo periodo (1985-2015), el crecimiento de la población en la ciudad de Tunja fue del 100% y el área construida se incrementó en cerca del 85%, medida de igual manera con imágenes satelitales. De otro lado, con las visitas hechas a la ronda de los ríos se ha encontrado que existen muchas edificaciones que han sido construidas dentro de la ronda, que son treinta metros a lado del eje de los cuerpos de agua (Plata, 2004). Con una medición más precisa se está adelantando el diagnóstico del número de metros cuadrados de construcción que están infringiendo esta norma.

En este sentido, cuando existen más edificaciones y más metros cuadrados de pavimento, la infiltración es mínima y el tiempo de concentración del agua lluvia es también muy pequeña, que es el tiempo que tarda en llegar una gota de agua del sitio en el que cae hasta el cuerpo de agua, lo que causa el incremento de su nivel en los ríos, su desbordamiento es mucho más factible y se presenta con más frecuencia. Por otro lado, se ha encontrado que se han hecho varias edificaciones desde un piso hasta edificios de cinco plantas en los sitios de aliviaderos de los ríos o humedales. Incluso hay barrios completos que están infringiendo esta norma construidos en la huella de inundación con retornos de treinta años (Barrio Las Quintas, Quince de Mayo, Pozo Donato, Universitario, Los Urapanes, entre otros). Lo encontrado en área de la cuenca en procesos hidrológicos, con pendientes mayores y con mayor cantidad de hectáreas desnudas supera al municipio de Salgar, en Antioquia, en donde la cifra de muertos sobrepasó los cien, más de quinientos damnificados y aun no se termina el inventario de pérdidas económicas (Salgar, 2015).

En el mismo sentido, la huella de inundación para periodos de retorno de treinta años llega a una cifra superior a los ciento cincuenta mil metros cuadrados (150.000 m²), en el área urbana de la ciudad, medida de forma preliminar con equipos de topografía, confrontado con entrevistas hechas a diez personas que habitan esos lugares hace más de treinta años y con fotografías tomadas en diferentes años sobre las inundaciones en diferentes épocas. Este proceso se está revisando con el programa de modelación Iber, especializado para estos eventos. Por todos estos aspectos, especialmente a los damnificados que se presentan cada vez que hay inundaciones, se les está dañando la calidad de vida, que con base en el cálculo hecho en el desarrollo de este proyecto y de datos tomados del Comité regional de desastres, Crepad, está la cifra en cerca de doce mil personas.

Por efectos de la misma deforestación y en especial en la época de lluvias se incrementa de forma notable la sedimentación, en el lecho del río, lo que hace que se suba a un nivel superior al de salida de las aguas servidas de los diferentes barrios, especialmente desde el barrio Santa Inés hacia abajo. Entonces, como el alcantarillado es mixto, por la misma presión hidrostática, en estos barrios bajos, las

aguas negras se devuelven y se salen por los sifones inundando las casas, en unas ocasiones hasta en más de un metro con veinte centímetros, como se pudo comprobar tanto con los testimonios de personas que allí habitan como con fotografías por ellos facilitadas. Este mismo factor, de alta sedimentación, genera con más facilidad el desbordamiento del río, dado que se disminuye la capacidad hidráulica de su cauce.

De otro lado, se presentan a mediados de la segunda década del siglo XXI con más intensidad los fenómenos naturales generados por efectos del calentamiento global, del cambio climático y por el efecto invernadero. Entonces, sumado a los efectos de estos fenómenos, a la deforestación, al crecimiento de la cobertura en construcciones, al incremento en la sedimentación, a la construcción en sitios dentro de la huella de agua, cada vez las inundaciones son más frecuentes y se ha establecido que también suben de nivel en muchas ocasiones. Al respecto, se ha encontrado, con lo propuesto por el profesor Jaime Suarez Díaz que una forma de mitigar el proceso es incentivar y promover la reforestación, especialmente con árboles nativos, dado que éstos sí retienen el agua, con la creación del sotobosque que favorece el crecimiento de musgos y líquenes (Suárez, 1998).

3. Otros aspectos desarrollados

Se han venido desarrollando otros estudios que son esenciales para establecer la huella de agua, como son los de topografía y establecer las secciones del río. Se ha encontrado que por diferentes motivos, además de la sedimentación, también obstaculizan el flujo de agua y le generan mucha turbulencia las basuras depositadas por las personas que allí las arrojan, los derrumbes en los taludes de los canales y de los ríos y el crecimiento de arbustos, lo que hace que se disminuya la velocidad de circulación y se presenten más fácilmente los desbordamientos del río. Se han encontrado secciones menores, en muchas ocasiones, aguas abajo, lo que incrementa la potencialidad de inundaciones. Igualmente, se están llevando a cabo los estudios de hidrología, en las dos microcuencas, para un periodo de cincuenta años, con el propósito de establecer con más precisión la posible huella de inundación, con base en el modelamiento definitivo que se está llevando a cabo con el programa IBER. Con base en este resultado se están haciendo las comparaciones con lo encontrado en la investigación sobre el mismo tema con las entrevistas, con las fotografías y con las mediciones topográficas.

De la misma manera, existe la evidencia que con la confrontación del historial de inundaciones con la deforestación medida con imágenes satelitales, en los últimos treinta años, tanto con cifras como con gráficas, se ha encontrado que existe una relación directamente proporcional, entre estas dos variables. Cada vez es mayor la deforestación y cada vez son mayores las inundaciones. Este proceso se agrava continuamente con la mayor cantidad de metros cuadrados construidos y que siguen en incremento. Con estos estudios se están analizando y diseñando las obras convencionales de Ingeniería Civil que se requieren promover y gestionar para disminuir las posibilidades de inundaciones por los fenómenos analizados. Entre éstas,

de forma preliminar se han estudiado la combinación de varias opciones: el dragado de los ríos y la construcción de canales revestidos para facilitar el flujo de las aguas lluvias. Igualmente, se está estudiando la construcción de tres jarillones, dos en el río la Vega y uno en el Jordán que disminuirán de manera importante las posibilidades de inundación. El proceso continúa con la promoción y autogestión, ante las autoridades competentes para que se construyan estas obras. Este proceso ya se inició y se espera que el concejo de la ciudad de Tunja incluya estos rubros en el presupuesto del año 2016.

De otro lado, se está en el proceso de estudiar, analizar, diseñar, promover y autogestionar las obras no convencionales, como reforestaciones con especies nativas y con frailejones, donde sea posible, con base en la altura sobre el nivel del mar y que ayudarán a retener el agua lluvia, contribuirán en la infiltración que se requiere para alimentar el acuífero y serán factor importante en la estabilización de los taludes. Tanto los unos como los otros son los que más retienen el agua y luego la van soltando lentamente, cuando alimentan las quebradas y los ríos. Se está revisando las áreas que tengan una pendiente mayor a 45° para promover con sus dueños la siembra, estabilizar los terrenos como lo expresa Suárez (2003) y con un proyecto de acuerdo municipal se pueda, para un periodo de veinte años, eximir del cobro del impuesto predial para quienes siembren esas áreas o superiores a esa pendiente. En otros proyectos de investigación llevados a cabo por la misma universidad se ha encontrado que por cada metro cúbico de páramo se puede llegar a retener hasta 600 litros de agua, tanto por la parte vegetal como por el mismo terreno. La mayor parte de la cuenca del río La Vega está clasificada como de páramo. Entonces, se espera llevar a cabo una reforestación técnicamente muy bien hecha, junto con un apoyo social de la comunidad a quienes se espera que les sea económicamente atractivo.

En este aspecto, se está desarrollando el proceso de socialización con las comunidades que puedan eventualmente ser favorecidas con esa medida. Igualmente se hizo la gestión para conseguir los árboles con Corpoboyacá y la mano de obra para la siembra con los soldados del batallón Bolívar. Estas actividades son esenciales en la investigación porque se trata de enseñar a los estudiantes a gestionar y crearle viabilidad a sus proyectos, como un propósito importante. Al respecto, existe plena disposición para este fin en ambas instituciones. Una vez aprobados los primeros lotes, como gestión del proyecto se iniciará el proceso de siembra. Las acciones mencionadas están orientadas a desarrollar las primeras etapas propuestas por Elliott (2005), frente a la investigación educativa, en la que se transforman docentes, estudiantes y se mejoran los resultados en general (Corchuelo, 2007).

El proceso anterior es muy importante igualmente porque al retener el agua y mejorar la infiltración, se incrementa un poco el nivel del acuífero de la ciudad de Tunja, del cual se extraen cerca de doscientos cuarenta litros por segundo, sumando al año más de un millón quinientos cincuenta mil metros cúbicos y sólo se recargan un poco menos de quinientos cincuenta mil, lo que hace que el nivel de éste este bajando de manera muy abrupta y en muy pocos años ya no estará generando líquido para el consumo humano (Monroy, 2010). Estas labores son esenciales porque los docentes (y también los estudiantes) después del calentamiento global requieren otras acciones muy

importantes, más que las de sólo dictar sus contenidos temáticos, apuntando a desarrollar e investigar las ciencias. Éstas tienen una función social en los problemas educativos, tecnológicos, ecológicos y sociopolíticos. Sin embargo, las ciencias, con una visión más amplia, se pueden ver como las que contribuyen de manera decidida en la educación y ayudan a una mejor calidad de vida (Londoño, 1992).

4. Interacción con empresas y entidades y aspectos innovadores

La entidad que más ha contribuido es la Universidad Santo Tomás de Tunja, con su decano de Ingeniería civil el Ingeniero Carlos Caro Camargo para facilitar las herramientas, los equipos y los laboratorios para elaborar los diferentes ensayos. Con el decano a la cabeza y otros docentes se han hecho los contactos con los municipios de Tunja y de Cómbita para construirle viabilidad al proyecto, a través de la utilización de la maquinaria para hacer los dragados correspondientes y para definir en los presupuestos municipales los recursos necesarios para las obras civiles como los canales y jarillones que finalmente se diseñen.

Así mismo, con estos dos municipios se está comenzando un proceso de socialización con los concejales para que se pueda presentar un proyecto de acuerdo municipal, que se redactó con la colaboración de las ingenieras civiles Laura Natalia Garavito Rincón y Paula Andrea Suárez Alvarado, en desarrollo de otro proyecto de investigación sobre la cobertura vegetal en Boyacá (Garavito, Suárez y Perico, 2014). De esta manera se espera que con la ayuda de cerca de cincuenta soldados del batallón Bolívar, tal como se ha acordado inicialmente, se puedan sembrar en los meses de septiembre y octubre, del año 2015, los cien mil que se tienen previstos. Igualmente, se elaboró un convenio marco con Corpoboyacá y se quiere ampliar para el suministro de los árboles que se van a sembrar, en los sitios que se definan con base en el trabajo de campo. Sin embargo, se están haciendo las gestiones para vincular a los municipios de Sora y de San Pedro de Iguaque, dado que ellos parcialmente son también beneficiados del proyecto.

Como aspecto para destacar está la relación de obras civiles convencionales y no convencionales, que en general poco se enseña en las facultades de ingeniería civil, especialmente incrementando la cobertura vegetal con árboles para aumentar la retención natural de las aguas lluvias y disminuir las posibilidades de inundaciones. Igualmente, se destaca el trabajo con el método de proyectos, que a pesar que hace más de cien años fue propuesto por Dewey (1998), poco se ha utilizado en los proyectos de investigación, para verificar los procesos de educación en la Ingeniería Civil. Por último, se resalta el incremento de la investigación en equipo como lo propone Kemmis (1988), con lo cual se aumentan significativamente los procesos de construcción del conocimiento. Estos aspectos han sido propuestos en diferentes universidades como Los Andes, La Javeriana y la misma Santo Tomás.

5. Agradecimientos

Los autores expresan los más sentidos agradecimientos a los estudiantes Diego Rodríguez Tovar, William Acevedo Agudelo, Miguel Ángel Ortíz y J Ángel Miranda Bitar, quienes han hecho una contribución muy importante en el trabajo de campo y estudios de laboratorio. Igualmente, por el aporte que han hecho los doctores Jimena Bohórquez y Oscar García, quienes ahora se vinculan en la codirección del proyecto y finalmente a los estudiantes que han ayudado en las mediciones de campo

6. Referencias bibliográficas

- Corchuelo, M. (2007). "Un giro en la Educación en Ingeniería: La Universidad del Cauca", tesis doctoral en Ciencias de la Educación, Popayán: Unicauca
- Dewey, Jhon. *Cómo pensamos*. Barcelona: Paidós, 1998, 320 p.
- Elliot, J. (2005). *El cambio educativo desde la investigación-acción*, Madrid: ediciones Morata.
- Kemmis, S. (1988). *El curriculum: más allá de la teoría de la reproducción*, Madrid, España: Ediciones Morata S.A.
- Londoño, C. (1992). "Los intereses sociales y educativos de las ciencias", En: revista Cenes de la UPTC, Editorial UPTC., Tunja.
- Monroy, E. (2010). *Introducción a la formulación de planes de manejo y protección de acuíferos*. Tunja, Colombia: Universidad Santo Tomás.
- Plata, E. (2004). "Protección y recuperación de nacimientos y márgenes hídricas o rondas en la estructura ecológica principal de una cuenca", En: Revista Ciencia tecnología ambiente, Junio- octubre-2004, Universidad Santo Tomás.
- Perico, N. Garavito, L. y Suárez, P. (2014). La cobertura vegetal en Boyacá. En: <http://www.ustatunja.edu.co/cong-civil/images/Articulos/-PEDAGOGIA%20Y%20DIAGNOSTICO%20SOBRE%20LA%20VARIACION%20DE%20LA%20COBERTURA%20VEGETAL%201985%202011%20PARA%20BOYACA.pdf>
- Salgar, (2015). En: <http://www.salgar-antioquia.gov.co/index.shtml#1>
- Schón, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos*. Madrid, España: Paidós.
- Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga, Colombia: UIS.
- Suárez, J. (2003). *Caracterización de los deslizamientos*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.

Sobre los autores

- **Néstor Perico Granados:** Ingeniero Civil, Máster en Educación, Candidato a Doctor en Educación, de Rudecolombia, UPTC. Profesor de Ingeniería civil en la Universidad Santo Tomás en Tunja. Nestor.perico@usantoto.edu.co
- **Néstor Rafael Perico Martínez:** Ingeniero Civil, Físico, Candidato a Magister en Física en la Universidad de los Andes. Asistente graduado de docencia. Nr.perico10@uniandes.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)