



Fuente: <http://www.bogota.gov.co/article/en-el-coraz%C3%B3n-de-la-localidad-de-kennedy-renace-el-humedal-el-burro>

Evaluación del Recurso Hídrico en el Humedal El Burro Después de su Reconformación.

Zorro P. Derly Jomar
Duarte H. Daniel Eduardo
Segura B. John Alexander

Evaluación del Recurso Hídrico en el Humedal El Burro Después de su Reconformación.

ZORRO P. Derly Yomar
Universidad Santo Tomas Bogotá,
derli.zorro@usantotomas.edu.co
Estudiante Facultad de Ingeniería Civil

SEGURA B. Jonh Alexander
Universidad Danto Tomas Bogotá,
john.segura@usantotomas.edu.co
Ingeniero Civil

DUARTE H. Daniel Eduardo
Universidad Santo Tomas Bogotá,
daniel.duarte@usantotomas.edu.co
Estudiante Facultad de Ingeniería Civil

Resumen: En el presente artículo se muestran los resultados de la evaluación del recurso hídrico en el humedal El Burro después de la rehabilitación realizada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, el cual se proyectó para el periodo comprendido entre 2008 y 2017.

El objetivo principal del proyecto fue evaluar el recurso hídrico en el humedal una vez ejecutada su rehabilitación. Esto se llevó a cabo, mediante la estimación de los aportes de carácter hidrológico, la simulación del comportamiento hidráulico en el humedal el burro mediante herramientas computacionales y la caracterización de la calidad del agua del humedal mediante procesos geo estadísticos. Copyright © L'sprit Ingenieux

Palabras clave: Balance Hídrico, Calidad de Agua, Simulación Hidráulica.

Abstract: In this paper grade assessment of water resources is carried out in the wetland El Burro after rehabilitation conducted by the Water and Sewerage Company of Bogotá EAAB, which was projected for the period of time between 2008 -2017.

The main objective of the project was to assess the water resources in the wetland once performed rehabilitation. This was carried out by estimating the contributions of nature hydrological, hydraulic behavior simulation in the wetland donkey using computational tools and characterization of water quality in the wetland by geo statistical processes.

Keywords: Nature Hydrological, Hydraulic behavior, wáter quality.

1. Introducción:

Los recursos hídricos se enfrentan a una multitud de amenazas graves, todas ellas originadas principalmente por las actividades humanas, como la contaminación, el cambio climático, el crecimiento urbano y cambios en el paisaje como la deforestación. Cada una de ellas tiene un impacto específico, por lo general directamente sobre los ecosistemas y, a su vez, sobre los recursos hídricos (ONU, 2014).

La contaminación puede dañar los recursos hídricos y los ecosistemas acuáticos. Los principales contaminantes son, por ejemplo, la materia orgánica y los organismos patógenos contenidos en las aguas residuales, los fertilizantes y pesticidas procedentes de las tierras agrícolas, la lluvia ácida provocada por la contaminación del aire, y los metales pesados liberados por las actividades mineras e industriales (ONU, 2014).

En el caso de los humedales, estos se han visto afectados por las actividades antrópicas de las que son objeto, por el hecho de estar presentes en una urbe como lo es Bogotá. Y se han convertido en cuerpos altamente vulnerables por aspectos como afluentes de aguas contaminadas, basuras. Esto a pesar de ser considerados como uno de los sistemas biológicamente más productivos y diversos del planeta.

De manera tal que se evaluó el recurso hídrico del humedal El burro, el cual está ubicado en el sector sur-occidental de la localidad octava de Kennedy entre la Av. El Tintal y la Av. Ciudad de Cali, y entre la futura Av. Castilla y Av. Las Américas, en el que se comprendió el análisis de parámetros de calidad del agua, así mismo, se estimaron los aportes de carácter hidrológico simulando el proceso de lluvia-escorrentía mediante el software Hec-HMS y finalmente el comportamiento hidráulico por medio de una simulación mediante el software Hec-RAS.

Para llevar a cabo los objetivos planteados se propuso la metodología de la siguiente manera: En primera instancia se recolectó la información más relevante para enriquecer la temática principal y consecuentemente se procedió a analizarla. Posteriormente, se realizó la toma de muestras en campo, en seguida se continuó con la organización

de la información y finalmente se ejecutó la interpolación de calidad de agua en el humedal por medio del software ArcGIS, consecuentemente, se llevó a cabo el modelo hidrológico y se realizó una simulación en el software Hec-HMS y finalmente se planteó el modelo hidráulico y se ejecutó una simulación Hec-RAS.

2. Estado del Arte

Contemplando la existencia del manual 13 para el inventario, evaluación y diagnóstico de humedales presentado en RAMSAR se reconoce la existencia de una metodología con la cual se pueden llegar a evaluar los parámetros de calidad de agua e hidrológicos que puedan llegar a afectar el ecosistema, en dicho manual se puede orientar la evaluación de calidad de agua justificando la toma de datos tales como temperatura, turbidez, pH, color, salinidad y conductividad. Se identifica la necesidad de evaluar el régimen hídrico teniendo en cuenta el origen del agua en el humedal, entrada y salida, evaporación y flujo.

Se puede destacar el trabajo realizado en la zona norte del municipio de la dorada Caldas (Vargas, 2013) en donde se describen las condiciones eco hidrológicas de los humedales en esa zona, en el cual con base en el análisis de la información hidrológica se utilizó el método SCS para transformar la lluvia en escorrentía utilizando el modelo Hec-HMS, así mismo se realizó la modelación hidráulica mediante el modelo Hec-Ras.

En Bogotá se han realizado intervenciones por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, los cuales han llevado a la rehabilitación de los humedales que hacen parte del sistema hídrico. En el humedal La conejera se desarrollaron perfiles de flujo y niveles de inundación a través del cauce del humedal utilizando el software Hec-Ras (Fundación Humedal La Conejera, 2006).

En cuanto a selección de metodología de interpolación se tuvo en cuenta estudios realizados en Costa Rica por el ministerio de Agricultura y ganadería en el cual se realizó una comparación de métodos de Kriging e IDW por ser los más utilizados en los estudios de análisis de la variación espacial para la interpolación de parámetros químicos en el

año 2008 (Villatoro,2008), de manera que se tuvieron en cuenta las recomendaciones de carácter estadístico para el buen desarrollo de la interpolación y la confiabilidad de sus resultados presentadas en sus conclusiones.

Con el fin de ilustrar de manera ordenada y resumida la información investigada para el proyecto se presenta la tabla 1.

Tabla 1. Información Investigada.	
Información suministrada e investigada.	
Sistemas de información	
Información de tipo espacial.	
Batimetría	La información fue suministrada por la Empresa de Acueductos y Alcantarillados de Bogotá, en el plano de planta general y localización de obras, suministrada por la Gerencia corporativa, ambiental y dirección de gestión ambiental del sistema hídrico.
Geológica	La información fue tomada del Decreto de micronificación 5232 de 2010 de la Alcaldía Mayor de Bogotá.
Territorial	La información fue tomada del documento Localidad de Kennedy ficha básica, de la Alcaldía local de Kennedy.
Geofísico	La información geofísica fue resultado del análisis, mediante los softwares Google earth, Google maps, ArcGIS. Así mismo, la ubicación espacial de los datos tomados en campo fue obtenida mediante el GPS y la sonda multi paramétrica.
Información de tipo hidrológica.	
Escala Temporal	Basando la escala temporal en la información sumistrada por el IDEAM (Tabla 29 y 30) y EAAB, se utilizó una escala temporal anual.
Escala Espacial	La información fue extraída del Informe técnico No. 01575, Descripción y contexto de las cuencas hídricas del Distrito Capital. La información ampliada en el numeral 1.6.8.3 modelo hidráulico.
Coefficiente de Escorrentía	Dato teórico suministrado por Elementos de Diseño para Acueductos y alcantarillados, Ricardo López Cualla, tabla 16,3.
Intensidad promedio de lluvia	Basando la escala temporal en la información sumistrada por el IDEAM (Tabla 29 y 30) y EAAB, se utilizó una escala temporal anual.
Número de curva	Dato teórico suministrado por United States Department of Agriculture; Urban hydrology of small Watersheds.
Información de tipo hidráulica.	
Caracterización de vertimientos	La información fue suministrada por la Empresa de Acueductos y Alcantarillados de Bogotá, en el plano de planta general y localización de obras, suministrada por la Gerencia corporativa, ambiental y dirección de gestión ambiental del sistema hídrico. La información se amplía en la tabla 18.
Pendiente	Mediante el uso del software Google Earth fue posible identificar la pendiente de elevación en el Humedal El Burro.
Número de Manning	Dato teórico suministrado por Hidráulica de canales abiertos, Ven Te Chow, tabla 4.8.
Información de Calidad del agua en el Humedal	
Caracterización Calidad del agua	IX Fase del programa de seguimiento y monitoreo de efluentes industriales y afluentes al recurso hídrico de Bogotá 3.1.8.
Información de tipo socioeconómica	
Estratificación y uso de suelo	La información fue tomada del documento Localidad de Kennedy ficha básica, de la Alcaldía local de Kennedy.
Información de tipo ecológica	
Flora y Fauna	La información fue consultada mediante consulta web a EAAB y Plan de manejo ambiental caracterización diagnóstica Humedal El Burro; Universidad Nacional de Colombia; Octubre 2008.

3. Planteamiento Modelo Hidrológico e Hidráulico.

Para identificar la relevancia de las estaciones meteorológicas sobre el humedal fue necesario identificar el mapa de micro climas en Bogotá de manera tal que podemos identificar 5 estaciones que pueden llegar a suministrar información al humedal el Burro de las cuales solamente las estaciones 2 (estación INEM KENNEDY) y 3 (estación COLEDIO H. DURAN DUSA) se encuentran activas.

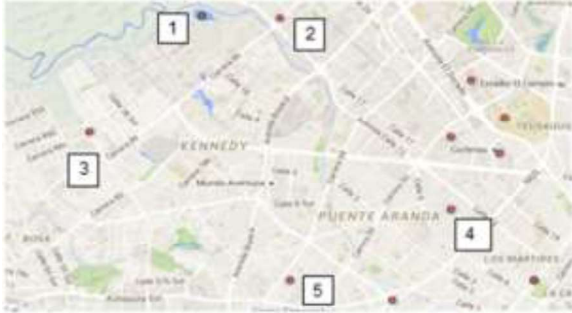


Figura 1. Red meteorológica IDEAM aferente al humedal El Burro.

Fuente: IDEAM

Se analizaron periodos de lluvia y estiaje después de la recuperación realizada por la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá en el año 2008 para realizar una comparación del comportamiento del humedal ante estas épocas. Dados los datos de precipitación se tomó el año en el cual se presentó la mayor intensidad de lluvias (2010) con datos de precipitación promedio anual completos y el año que presentó menor intensidad de lluvias (2012) con datos de precipitación anual completos.

3.1. Afluentes humedal El Burro.

Es necesario realizar una caracterización de los afluentes en el humedal y caracterizar las áreas aferentes de los vertimientos de agua lluvia para poder determinar los aportes al humedal.

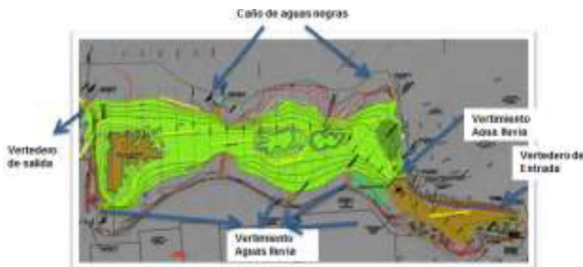


Figura 2. Afluentes humedal El Burro.

Fuente: Caracterización Diagnóstica PMA El Burro; Universidad Nacional de Colombia; Bogotá D.C; Octubre 2008

3.2. Balance Hídrico

Para el balance hídrico se tomaron datos de vertimientos de agua lluvia con el fin de evaluar el humedal basándose en datos hidrológicos. Se planteó el balance hídrico basado en la guía internacional de investigación y métodos dada por la organización UNESCO en el año 1981.

$$P+Q_3+Q_4-Q_1-Q_2+Q_5-E-\Delta M=0 \quad (1)$$

Dónde:

P=Precipitación sobre la superficie.

Q1=Caudal Superficial.

Q2= Flujo del Estrato activo se puede descargar en los acuíferos o terrenos adyacentes.

Q3= caudal de entrada en el pantano por ríos y arroyos.

Q4= Caudal de entrada de agua superficial en el pantano por laderas adyacentes, así como la entrada del flujo de agua subterránea por acuíferos colindantes.

Q5= Flujo de infiltración.

E=Evaporación desde la superficie

ΔM = Variación en el almacenamiento de agua en el estrato activo, durante el periodo del balance hídrico.

Se descartó el flujo del estrato activo debido a que el tránsito del agua es muy lento y requiere de un análisis del suelo en el humedal, lo cual se aleja del alcance del proyecto, así mismo se descartó el caudal de entrada de agua superficial por laderas adyacentes.

Considerando lo anterior, la ecuación de balance hídrico del humedal El Burro se puede simplificar de la siguiente manera:

$$P+Q_3-E+Q_5=\Delta M \quad (2)$$

Las áreas de influencia se determinaron teniendo en cuenta la caracterización diagnóstica realizada en el PMA del Humedal el Burro donde se describen las zonas que aportan a los vertimientos de agua lluvia y residual en el humedal.

Afluente	Área Aferente (m ²)	Área Aferente (ha)
Cruce Avenida Ciudad de Cali	102619,17	10,26
Colector Carrera 81B- Barrio Ciudad Techo II	174791,48	17,48
Colector Avenida carrera 80G	99159,18	9,92
Colector Conjunto Agrupación Pio XII	63218,12	6,32
Canal Castilla.	1113525,48	111,35
Colector Calle 7 A Bis	50917,88	5,09

Tabla 2. Área de influencia de vertimientos de agua lluvia.

Con el propósito de emplear un modelo de lluvia-escorrentía, y considerando que las áreas aferentes a los colectores son menores a 300ha (Jiménez, 2005) se sugiere el método racional expresado como:

$$Q=C*I*A \quad (3)$$

Dónde:

Q = Caudal superficial (L/s)

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

I = Intensidad promedio de la lluvia

A= Área de drenaje (m²)

En cuanto a la elección del coeficiente de escorrentía, se tuvo en cuenta la tabla 16.5 correspondiente a coeficientes de escorrentía típicos en el libro Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados de Ricardo López Cualla, en el capítulo16- Alcantarillado pluvial (López,2003).

Teniendo en cuenta el tipo de superficie presente en el humedal, se tomaron coeficientes de 0.75, el cual corresponde a desarrollos residenciales multifamiliares con bloques contiguos y zonas duras entre ellos y 0.30 el cual se refiere a laderas protegidas de vegetación.

Considerando la ecuación 2 que corresponde al balance hídrico propuesto para el humedal, se tuvieron los siguientes resultados.

Tabla 3. Resultados Balance Hídrico.					
L/s	Q5 (L/s)	E (L/s)	Q3 (L/s)	P (L/s)	ΔM (L/s)
2010	1,32	1,95	44,89	1,07	45,33
2012	0,83	1,95	28,13	0,67	27,68

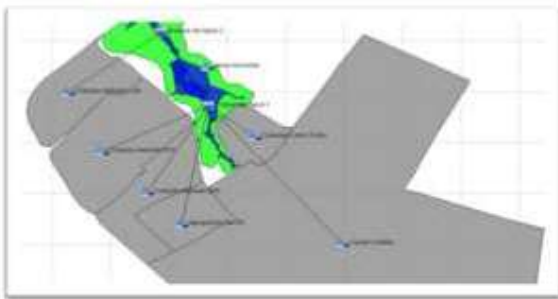


Figura 3. Modelo de cuenca del humedal El Burro.

El Software Hec-Hms está en capacidad de ilustrar la precipitación pérdida en cada sector de la cuenca.

Hydrologic Element	Peak Discharge (M ³ /S)	Volume (1000 M ³)
Canal Castilla	0.243	342.6
Colector Avenida 8/D	0.038	53.8
Area Humedal	0.012	13.7
Colector Avenida 8/G	0.022	30.5
Agrupacion Pio XII	0.014	19.5
Colector Calle 7A Bis	0.011	15.7
Espejo de Agua 1	0.339	475.7
Colector Avenida Cali	0.022	31.6
Espejo de Agua 2	0.361	507.3
Vertedero de Salida	0.361	507.3

Tabla 4. Resultados aportes volumétricos humedal El Burro 2015

3.3. Modelo Hidráulico.

Es importante tener en cuenta la modelación hidráulica con el propósito de considerar los cambios de caudal y nivel del agua en el humedal. En general estos procesos se presentan en tres dimensiones pero para aplicaciones prácticas es suficiente utilizar una aproximación unidimensional en la dirección de mayor relevancia que usualmente es longitudinal al canal o la dirección de flujo. La ejecución de este modelo se ejecutará por medio del software Hec-RAS en el que se introducirán datos de entrada y consecuentemente se podría visualizar gráficamente los resultados.

Teniendo en cuenta que al humedal llegan aportes de aguas residuales domésticas de las edificaciones que se encuentran contiguas (Tabla 6), se consideró que el punto de partida para la cuantificación de este aporte es caudal medio diario, el cual se define como la contribución durante un periodo de 24horas, obtenida como el promedio durante un año (López,2003).

El aporte medio diario para cada una de las zonas se puede expresar en función del área servida y sus características como:

$$Q=(CR*C*D*A)/86400 \quad (4)$$

Dónde:

Q = Caudal medio de aguas residuales domésticas, L/s

CR = Coeficiente de retorno

C = Consumo neto de agua potable, L/hab*d

D= Densidad de población de la zona, hab/ha

A= Área de drenaje de la zona, ha

Para el caso de las aguas residuales domésticas que recibe el humedal y con el propósito de conocer el caudal medio de aguas residuales domésticas, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

Q = Caudal medio de aguas residuales domésticas, L/s

CR = Coeficiente de retorno. Este coeficiente tiene en cuenta el hecho de que no toda el agua consumida dentro del domicilio es devuelta al alcantarillado, en razón de usos como lavado de pisos, cocina y otros. Para la ciudad de Bogotá se adopta un valor de 85%.

C = Consumo neto de agua potable, 72.67 Lhab/día, información extraída de estudio realizado por casa editorial el tiempo.

D= Densidad de población de la zona, 389 hab/ha, Información extraída de página web de la alcaldía local de Kennedy

A= Área de drenaje de la zona, 27.56 ha.

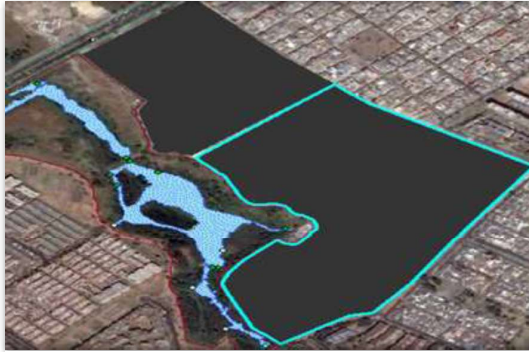


Figura 4. Áreas de influencia aguas negras humedal El Burro

Para realizar la simulación mediante el Software Hec-Ras se tuvo en cuenta la información topográfica suministrada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. A partir de esta información, se creó una superficie con el software Civil3D y ArcGis, de manera tal que se logró identificar la elevación al interior del humedal El Burro.

Para poder suministrar la información topográfica del humedal al software HEC-Ras, fue necesario realizar perfiles para detallar la topografía, para ello se realizaron cortes sobre el eje central del Humedal cada 20 metros y así se pudo exportar la información topográfica.

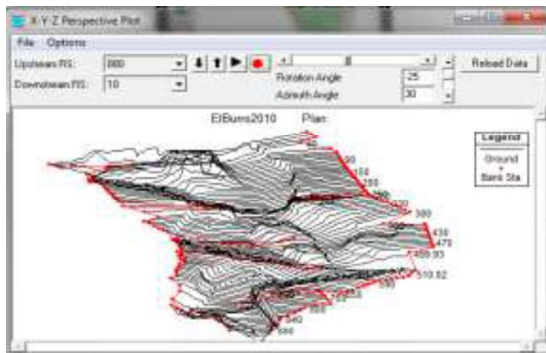


Figura 5. Topografía Humedal El Burro en Hec-Ras

Para los datos de condiciones de contorno fue necesario determinar un régimen de cálculo, dado que la pendiente del humedal es baja y se caracteriza por tener explanaciones amplias, se determinó seleccionar un flujo subcrítico, ya que describe de mejor manera el flujo del humedal al ser un cuerpo lentic con velocidad de flujo y pendiente baja.

Es importante tener en cuenta que el Software Hec-Ras realiza el análisis contando con las condiciones del entorno del humedal, para ello fue necesario introducir como dato teórico el número de Manning, para este caso se utilizó el valor sugerido en la tabla 4,8 del libro hidráulica en canales abiertos según Ven T chow (Chow,1994). Utilizando así, el valor para tramos sucios, con pastos y pozos profundos (0.05), además en las secciones donde el flujo atraviesa un dique se eligió el valor dado para fondos de grava cubierta en mortero (0.02).

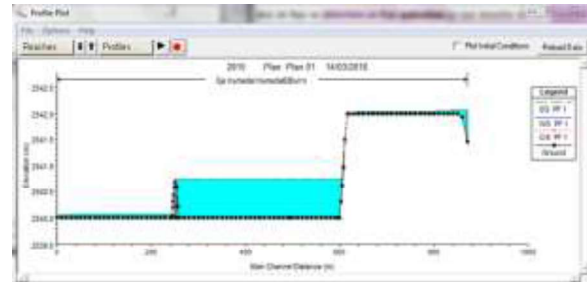


Figura 6. Perfil de Flujo en el Humedal El Burro

3.4. Representación gráfica calidad de agua en ArcGis.

Realizando la digitalización en ArcMap es posible visualizar los puntos en los cuales se realizó la toma de muestras.



Figura 7. Digitalización de datos en ArcMap

Con el fin de realizar la representación gráfica de los parámetros de calidad de agua tomados en campo se realizó la interpolación con el método IDW basados en el estudio realizado en costa rica por el ministerio de Agricultura y ganadería en el cual se realizó una

comparación de métodos de Kriging e IDW para la interpolación de parámetros químicos en el año 2008 (Villatoro , 2008), en donde se sugiere que a pesar de tener más precisión el método de kriging es recomendable utilizar el método IDW cuando se tiene una intensidad de muestreo baja, además cuando el distanciamiento de los puntos tomados es muy grande IDW se perfila como el mejor.

Dada la limitación al acceso del humedal no fue posible realizar una campaña de muestreo optima desde el punto de vista estadístico, sin embargo se presentan los resultados de la interpolación con los datos recolectados a la fecha de muestreo.

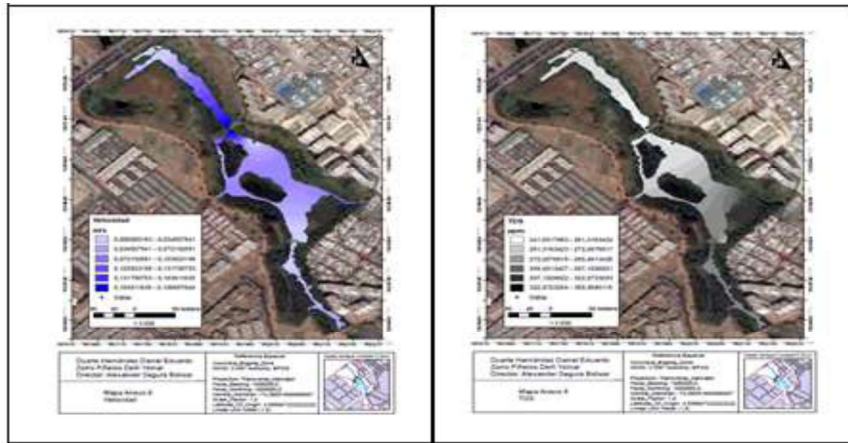


Figura 8. Resultados Interpolación ArcGis.

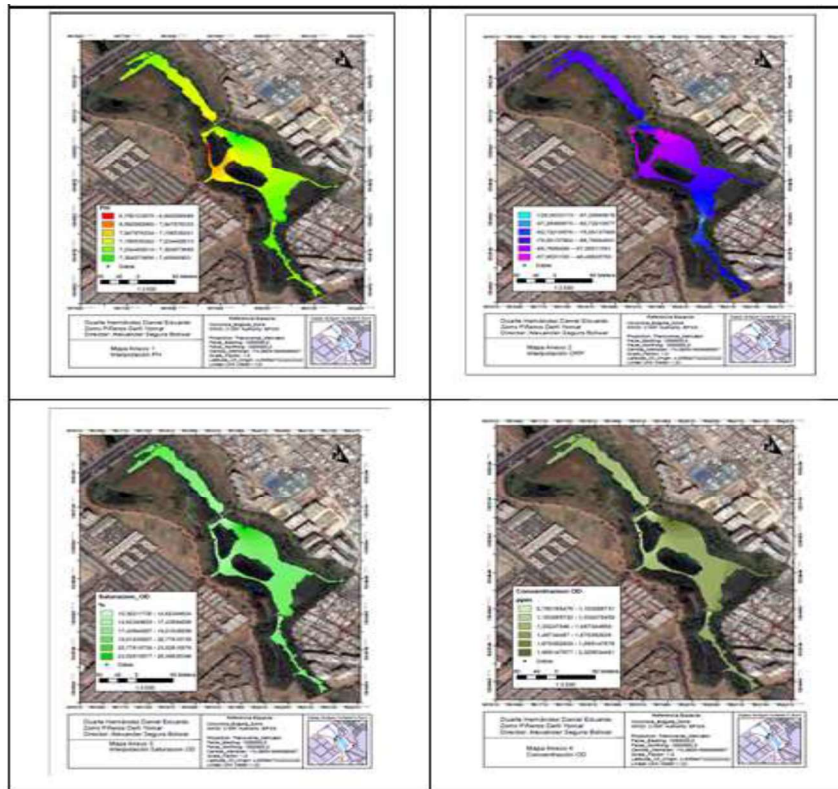


Figura 9. Resultados Interpolación ArcGis.

4. Resultados

Tabla 5. Resultados Generados en el proyecto	
Información Producida	
Sistemas de información	
Información de tipo espacial.	
Batimetría	Modelo 3d producido mediante software Civil 3D, ArcGis y Hec-Ras.
Geofísico	Modelo producido mediante Software ArcGis. Integrando Uso de Suelo, área de influencia en los vertimientos y localización de vertimientos.
Información de tipo hidrológica.	
Balace Hidrico	Balace hidrico guiados por manual de UNICEF adaptado al humedal El Burro.
Caudal de Vertimientos	Determinado mediante el Método Racional guiados por Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados; Ricardo López Cualla, Capítulo 16. (Año 2010 y 2012)
Caudal de Vertimientos	Simulado mediante modelo en Hec-Hms determinado mediante el método SCS (Año 2015)
Información de tipo hidráulica.	
Perfiles de Velocidad	Simulación de Velocidad a lo largo del Humedal el Burro mediante software Hec-Ras.
Representación Gráfica de Inundación	Modelo 3D de inundación para caudales dados en los años 2010, 2012, 2015.
Caudal de Vertimientos domiciliarios	Vertimientos domiciliarios calculados guiados por Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados; Ricardo López Cualla, Capítulo 15. (Año 2010 y 2012)
Información de Calidad del agua en el Humedal	
Caracterización Calidad del agua	Mapas de Interpolación de calidad de agua en el espejo de agua en el humedal el burro mediante el método de IDW en software ArcGis
Datos de Calidad de Agua	Muestreo de calidad de agua en el humedal el Burro basados en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

5. Conclusiones

Considerando los resultados presentados en la tabla 30 del documento, se puede apreciar que el año 2010 y 2012 el valor de la variación del almacenamiento presento un valor positivo, es posible afirmar que el humedal no presentó un déficit hidrológico en esos años.

Dado que los años que se analizaron fueron años atípicos y la rehabilitación del humedal se realizó hace menos de 10 años, no es posible concluir el tiempo de vida del humedal.

La retención de agua en el humedal va a garantizar la estabilidad para las diferentes especies endémicas y foráneas que llegan al humedal.

Es necesario verificar mediante sondeos en campo que los vertimientos debidos a aguas lluvias no

contienen aguas negras debidas a conexiones erradas.

Sería de gran importancia datos de precipitación con escala horaria con el fin de detallar mejor el fenómeno precipitación – retención – escorrentía en el software Hec- Hms.

Es necesario ampliar la información de precipitación con el fin de obtener curvas IDF que puedan pronosticar la lluvia a los 100 años y obtener los caudales máximos.

Los perfiles de velocidad describen claramente un cuerpo de agua lenticó, dado que se evidencian velocidades entre 0 y 0.5m/s, además es posible identificar los puntos en el que el humedal retiene el agua caracterizado por velocidades estáticas.

En los perfiles de flujo mostrados es posible evidenciar los almacenamientos de agua debidos a la

recuperación planteada por la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá.

Dados los cambios en los aportes hidrológicos en los años 2010, 2012 y 2015, no se observó una diferencia en los niveles de almacenamiento del humedal como se puede evidenciar en las figuras 45, 47 y 49.

Las velocidades presentadas por el software HecRAS, concuerdan con las velocidades tomadas en campo debidas al micro molinete y se evidencia la congruencia realizando la comparación entre los perfiles mostrados y el mapa anexo de velocidad.

Se recomienda para proyectos futuros obtener caudales de abastecimiento crítico tales que se pueda evidenciar en el modelo de Hec-Ras niveles de inundación que puedan la ronda del humedal.

Considerando que el Decreto 1584 –Artículo 45 en el cual se tiene en cuenta el uso del agua para la preservación de flora y fauna en aguas dulces, solo son comparables los parámetros de Oxígeno disuelto y pH con los medidos mediante la sonda multi paramétrica.

Se debe recordar que la turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Es decir que cuantos más sólidos en suspensión presentes en el agua, más alta será la turbidez. Es evidente lo anteriormente dicho, si damos un vistazo a los mapas realizados en ArcGIS, donde se puede observar que la zona donde se presenta una menor turbidez es la dispuesta en el dique o la contracción (construida por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, como parte de la reconfiguración que se le hizo al humedal en el año 2008).

Considerando los mapas realizados en ArcGIS correspondientes a turbiedad y sólidos totales disueltos TDS. Se puede observar, que los lugares donde se presenta mayor índice de turbiedad y por dependencia de TDS es la zona del colector. Esto se considera que el colector dispone aguas residuales al humedal.

Como se dijo anteriormente, es consecuente que se presente los rangos de mayor presencia de sólidos disueltos, principalmente en los afluentes de aguas

residuales, los cuales se ubican en la parte norte del humedal.

En cuanto a los afluentes de aguas lluvias, los cuales se encuentran en la parte sur del humedal, los niveles de TDS son aproximadamente 74% menores a los presentados en el lugar donde se evidencia hay más presencia de sólidos disueltos que es el Colector de la calle 7B Bis.

En cuanto a pH, el Artículo 45 sugiere un rango de 4.5 a 9.0 Unidades de pH de manera tal que se encuentran valores admisibles en el humedal el Burro.

Teniendo en cuenta el artículo 43, en el cual se dispone al recurso hídrico para fines recreativos mediante contacto secundario se puede decir que el humedal no cumple el valor mínimo para oxígeno disuelto siendo este el 70% de saturación.

Así mismo, es importante resaltar la presencia de aves en el humedal y considerar que estas pueden ser utilizadas como indicadores biológicos o bioindicadores, ya que pueden verse afectadas por factores presentes en el agua como lo son la salinidad o entre caso el pH (Hernández, 2015).

Teniendo en cuenta el Decreto 1594 -Artículo 45, en el cual se considera los criterios de calidad admisibles para la preservación de fauna y flora en aguas dulces cálidas, se hacen las siguientes observaciones: En cuanto a pH, el Artículo 45 sugiere un rango de 4.5 a 9.0 Unidades de pH.

Es así, se puede observar que los valores de pH medidos en el colector, canal castilla, espejo de agua 1 y espejo de agua 2 se encuentran en el rango que propone el Decreto. De manera que esto podría ratificar el buen funcionamiento del humedal.

Otro parámetro que se puede comparar del Decreto 1594- Artículo 45 es el oxígeno disuelto. El Decreto recomienda un rango para este parámetro superior a 4.0 ppm. El humedal presentó valores inferiores a 2.3 ppm, de esta manera se podría decir que la turbulencia generada por los vertimientos no es representativa en el proceso de oxigenación.

Como se dijo anteriormente, la calidad en la que se encuentre el agua del humedal será consecuente con la presencia de especies endémicas y foráneas. Lo

cual a su vez ratifica las funciones ecológicas que brinda este cuerpo de agua lenticó.

La calidad en que se encuentre el agua del humedal es un indicador de la salud ambiental en cuanto al agua y al saneamiento ambiental.

6. Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios de interacción de agua con el suelo, para determinar las pérdidas por infiltración en el área del humedal, para considerar flujos subterráneos.

Es necesario realizar un estudio hidrológico con datos de un periodo hidrológico de 10 años, ya que no es posible relacionar temporadas climáticas atípicas en espacios de tiempo reducidos.

Se recomienda ampliar la cantidad de muestreos en el espejo de agua del humedal, ya que para este trabajo de grado el muestreo se ejecutó en una época atípica de verano intenso, además la campaña de muestreo realizada no representa una confiabilidad estadística alta.

Se recomienda hacer una revisión de compatibilidad entre Hec-RAS 4.1 y ArcGIS10.3, con el fin de realizar un mapa que represente las velocidades a lo largo del espejo de agua del humedal, dadas las dificultades presentadas en la extracción de información desde Hec-RAS hacia ArcGIS.

Es necesario tomar mediciones de velocidad, en puntos internos en el espejo de agua para comprobar los resultados dados por la interpolación (Datos en campo) y los perfiles dados por HecRAS (simulación física).

7. Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Documento Humedales de Bogotá.[en línea].<<http://www.bogota.gov.co/guia/interfaz/usuario/anexos/Humedales.doc>> [citado en junio 12 de 2015]
- ANDRADE, Martha. CASTAÑEDA, Henry. Los Humedales de la Sabana de Bogotá: Área Importante para la Conservación de las Aves de Colombia y el Mundo. 2006; [base de datos en línea].2p.[citado 24 de abril de 2016] Disponible en Ambientalex.info.
- BALDOCK, David .Wetland Drainage in Europe. Estado Unidos: Center for International Development,1984. ISBN 0905347528.
- BARRERO, C., 2003. Estructura, composición y distribución de la vegetación del Humedal de Funza y su relación con factores ambientales. Facultad de estudios ambientales y rurales. Trabajo de Grado. Carrera de Ecología. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- CHOW,Ven te. Hidrología aplicada. Agua atmosférica. Edición McGraw-Hill, 1994.82 Pag. ISBN: 0-07-010810-2.
- Fundación Humedal la Conejera; PMA Humedal la Conejera, 2006.
- GARRIDO Eduardo; Manual de Métodos de Estudio y Cuantificación de flujo en Humedales, 2009.
- HERNANDEZ, Santiago. Indicadores de calidad ambiental de humedales. Trabajo de grado Ingeniero ambiental. Manizales: Universidad Católica de Manizales. Facultad de Ingeniería Ambiental. Programa de Ingeniería Ambiental, 2015. 36 p
- Instituto de estudios ambientales IDEA; PMA El Burro; Universidad Nacional de Colombia; Octubre de 2008.
- JIMENEZ Fabio, Modelo de Diseño de Sistemas Urbanos de Alcantarillado Pluvial, Con una Aplicación en MS Excel. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Noviembre de 2005.
- LÓPEZ CUALLA, Ricardo. Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados. Alcantarillado pluvial.2 Ed. Bogotá D.C.: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2003.429 p.ISBN 958-8060-36-2.
- Ministerio de ambiente y Desarrollo sostenible. Decreto 1076 del 26 de Mayo de 2015. EN línea [<https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=2093:plantilla-areas-planeacion-y-seguimiento-30#normas-fuente>]. Fecha de Consulta { 16 de mayo de 2016}
- Montealegre, E. (2009). Estudio de la Variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala. Nota Técnica IDEAM, IDEAM -METEO/022-2009, Bogotá D.C
- NACIONES UNIDAS. Recursos hídricos. Desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, 2 ed. 2014.

- NANÍA, Leonardo. Manual básico de Hec-HMS 3.0.0. Universidad de Granada. 2007.
- PERIODICO EL TIEMPO. Silva Herrera, Javier. Crean el primer mapa sobre los humedales del país. [en línea]. <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/mapa-de-humedales-en-Colombia/15222937> [Citado el 11 de diciembre de 2015]
- RAMSAR; Manual 13: Inventario, Evaluación y monitoreo; 4 Ed. Cuadro 2 Campos de datos básicos para el inventario de Humedales; 2010.
- RAMSAR; Adoptado por la 12a reunión de la conferencia de las partes, Punta del Este, Uruguay, resolución 12, 2015
- UNIÓN MUNDIAL PARA LA NATURALEZA. Conservación de Humedales. Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. Suiza: Edición UICN, 1992.
- United States Department of Agriculture; Urban Hydrology for Small Watersheds; technical release 55; June 1986, table 2-2a.
- VARGAS, Dirceu; Descripción de las condiciones Eco hidrológicas actuales de los humedales de la zona norte del municipio de la Dorada-Caldas; EN: ACODAL. Julio de 2013; Vol. 232. Pág. 49 a 60.
- VILLATORO Mario, Henríquez Carlos, Sancho Freddy; Comparación de los interpoladores IDW y Kriging en la variación espacial del PH, CA, CICE y P del suelo; Ministerio de agricultura y ganadería de Costa Rica; 2008.

8. Autores

DANIEL EDUARDO DUARTE HERNANDEZ, estudiante facultad de ingeniería civil Universidad Santo Tomas Bogotá próximo a obtener el título profesional participante del III Encuentro Nacional de grupos y semilleros 2015 “Investigación con pertinencia e Impacto Social.

DERLI YOMAR ZORRO PIÑEROS, estudiante facultad de ingeniería civil Universidad Santo Tomas Bogotá próximo a obtener el título profesional participante del III Encuentro Nacional de grupos y semilleros 2015 “Investigación con pertinencia e Impacto Social.

JOHN ALEXANDER SEGURA BOLIVAR, Docente, Semillero de Investigación en Agua y Ambiente, Ingeniería Civil USTA-Bogotá.