

IV-140 - AFECTACIÓN DE LOS INCENDIOS A LA CALIDAD Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN LOS EMBALSES DE SAN ROQUE Y LOS MOLINOS

Santiago Reyna⁽¹⁾

Ingeniero Civil Universidad Nacional de Córdoba. M.S.C.E.. Purdue University. P.H.D. Purdue University. Profesor Obras Hidráulicas Universidad Nacional de Córdoba.

Teresa Reyna⁽²⁾

Ingeniero Civil Universidad Nacional de Córdoba. Magister en Recursos Hídricos UNC. Doctor em Recursos Hídricos UNC. Profesor Adjunto Obras Hidráulicas Universidad Nacional de Córdoba.

María Lábaque⁽³⁾

Ingeniero Civil Universidad Nacional de Córdoba. Magister en Recursos Hídricos UNC. Profesor Adjunto Obras Hidráulicas Universidad Nacional de Córdoba.

Fabián Fulginiti⁽⁴⁾

Ingeniero Civil Universidad Nacional de Córdoba. Estudiante Maestría em Recursos Hídricos Universidad Nacional

Dirección⁽²⁾: Gómez Clara 1191. B° Rogelio Martínez. CP 5000. Córdoba. Argentina. E-mail: teresamaria.reyna@gmail.com

RESUMO

El acceso al agua se está convirtiendo en el mundo en uno de los problemas de mayor trascendencia para la conservación de la vida y el desarrollo de los pueblos, no sólo limitada por su cantidad, sino también por su calidad. Una adecuada planificación del uso y manejo del agua es considerado imprescindible en todo el mundo desarrollado, que ya ha adquirido conciencia sobre el medio ambiente y la conservación de los recursos no renovables. La región donde se asienta la Provincia de Córdoba está sometida a fuertes variaciones en sus ciclos hidrológicos. Dentro de este contexto, el fuerte crecimiento poblacional sufrido en los últimos años por la ciudad de Córdoba y su zona de influencia (Área del Gran Córdoba) ha provocado conflictos en los usos de este recurso evidenciado situaciones de sequías prolongadas e inundaciones, acompañadas de cambios del uso de suelo y nuevas urbanización en las cuencas que compiten por este recurso. Se agrega a esto la progresiva contaminación en las cuencas de aporte y la colmatación y eutroficación en los embalses, generándose situaciones donde las demandas superan a la disponibilidad hídrica del propio sistema. En este artículo se presenta los estudios realizados para valorar el grado de afectación a la que se ven sometidas las fuentes de agua de la Ciudad de Córdoba frente a distintas fuentes de contaminación existentes en sus cuencas, de manera particular la afectación debida a los continuos incendios que sufren ambas cuencas durante el invierno.

PALABRAS-CLAVE: Agua potable, fuentes de contaminación, Ciudad de Córdoba.

INTRODUCCIÓN

En la Provincia de Córdoba, entre los meses de julio y septiembre se producen numerosos incendios, que afectan a importantes extensiones de nuestro territorio. Generalmente coinciden con la época de sequía, meses de mayo a septiembre, y su importancia depende, entre otros factores, de las temperaturas, los vientos presentes, la abundancia de material combustible y el factor antrópico que de forma accidental o intencional, desencadenan los siniestros a lo largo de los años.

Los ambientes afectados son entre otros, formaciones boscosas, campos cultivados, pastizales, regiones forestales e incluso zonas urbanas periféricas.

Además de los riesgos directos que conllevan los incendios como la pérdida de vidas humanas, pérdidas de cultivos, ganado e ingresos turísticos la ocurrencia de los mismos afecta de diversas formas y en distintos estadios, la productividad de los suelos, la erosión, el paisaje, la biodiversidad, y las fuentes de recursos hídricos.

El creciente déficit que manifiestan las fuentes de agua dulce a nivel mundial, y en particular las que suministran el recurso a la ciudad de Córdoba, es consecuencia principalmente de los siguientes factores:

- Crecimiento poblacional
- Aumento no regulado en la dotación y en el suministro para distintos usos y servicios.
- Contaminación biológica, química y física.



Figura 1: Ubicación de la Provincia de Córdoba.

Como resultado de los incendios se produce pérdida de materia orgánica y capacidad de absorción por parte del suelo, se favorece la escorrentía, y consecuentemente el traslado y acumulación de cenizas en los cuerpos de agua. Todo esto, genera el fenómeno conocido como eutrofización, el cual facilita la proliferación de algas, mortandad de peces, reducción de la concentración de oxígeno disuelto, entre otras cosas. Esto redundará en mayores costos de potabilización de los cuerpos de agua que son utilizados para el consumo humano.

El aumento de la materia sólida que llega a los embalses disminuye su capacidad útil de almacenamiento en lo que se da a conocer como tarquinamiento.

OBJETIVOS

El presente estudio se realizó con el objetivo de valorar de forma más exacta el grado de afectación de las fuentes de abastecimiento de agua a la Ciudad de Córdoba y al gran Córdoba frente a los incendios para brindar una base que sirva en la elaboración de planes de acción para el control de los incendios y mitigación de sus consecuencias.

METODOLOGÍA

Para realizar la valoración de la afectación que sufren los lago San Roque y Los Molinos frente a los incendios que aquejan las sierra de Córdoba todos los años se procedió de la siguiente forma:

1. Recopilación bibliográfica e informativa con las principales características y estado de los embalses (grado de tarquinamiento y de eutrofización) que suministran agua a la ciudad de Córdoba.
2. Generación de un modelo digital de elevación (MDE) de cada cuenca para asociar los incendios registrados con los embalses y los efectos observados.
3. Análisis de la influencia de los incendios sobre la capacidad útil de los embalses (tarquinamiento) aplicando diversos métodos que estiman la degradación específica de la cuenca considerando en los distintos parámetros la ocurrencia o no de incendios.
4. Valoración del incremento en el aporte de nutrientes a los lagos que abastecen de agua a la ciudad como consecuencia de los incendios para cuantificar el grado de afectación de los mismos frente al fenómeno de eutrofización.

ESTIMACIÓN DE CARGAS DE NUTRIENTES A LOS EMBALSES

Una de las etapas a cumplir cuando se define el estado de eutroficación de un embalse o se fijan medidas de restauración es la detección y valoración de las principales fuentes de aportes de nutrientes. La carga de cualquier sustancia es función de las diversas fuentes localizadas en las cuencas, en los embalses y sus costas, de su tamaño y de su carácter intermitente o permanente.

La determinación cuantitativa de las cargas externas e internas es uno de los temas más difíciles que debe abordar la investigación actual en materia de problemas de eutroficación de cuerpos de agua lénticos. Ello resulta válido especialmente en el caso de cargas provenientes de fuentes difusas, que cobran relevancia cuando existe un uso agrícola intensivo.

La medida más efectiva a largo plazo para el control de la eutroficación de lagos y embalses es la reducción de la entrada externa de nutrientes [9]. Para determinar el modo más eficaz para lograr este objetivo es necesario identificar las fuentes de aporte más importantes de una masa de agua, así como su contribución relativa a la carga total de nutrientes. También puede identificarse qué fuentes se pueden controlar más fácilmente. Sin dicha información, las decisiones elementales con respecto a la gestión efectiva de la eutroficación son difíciles de tomar, [2]. Las fuentes de aporte pueden ser puntuales y no puntuales o difusas

Las principales fuentes externas de nutrientes comprenden las descargas de efluentes desde fuentes localizadas y fuentes difusas, como las escorrentías terrestres y las deposiciones atmosféricas. Las fuentes internas importantes comprenden la regeneración de nutrientes desde los sedimentos del fondo y las filtraciones de agua subterránea. Es conocido que todas estas fuentes de nutrientes no son medidas de forma rutinaria en todos los países, por lo que en estos casos se debe utilizar, al menos, estimaciones aproximadas de las cargas de nutrientes a partir de las fuentes de aporte, teniendo en cuenta que estas estimaciones pueden tener un alto grado de incertidumbre.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA AL GRAN CÓRDOBA

Los primeros habitantes de las sierras cordobesas captaban los pequeños caudales en vertientes y desviaban los ríos mediante una complicada red de canales y acequias con las que irrigaban sus campos, aunque ignoraban el modo de captar el agua subterránea. Durante la colonización hispánica, la represa (cuenco artificial destinado a almacenar agua de lluvia) y el balde (pozo excavado a pala del cual se extrae agua por medio de un cubo) posibilitaron las explotaciones ganaderas, avanzando sobre lo que fuera territorio de cacería para los pueblos aborígenes.

Una modificación sustancial en la tecnología de captación del agua se inicia con la construcción, en 1988, del viejo dique San Roque, para regular las crecidas del río Suquía y proveer de agua para riego a los Altos de Córdoba. La obra, pionera en su tipo en Sudamérica, está hoy sumergida bajo las aguas del lago del dique actual (inaugurado en 1944). A partir de este hito, se multiplicó la construcción de presas en las sierras. Su existencia modificó el paisaje, se amplió la superficie destinada a labores agrícolas, se introdujeron cambios en los usos de suelo, se regularon las crecidas, se densificaron los canales de riego y surgieron centros turísticos.

Dentro de este contexto, el fuerte crecimiento poblacional de los últimos años sufrido por los asentamientos urbanos en la Provincia de Córdoba, en particular el de la ciudad de Córdoba y su zona de influencia (Área del Gran Córdoba), al igual que otras ciudades de la provincia, ha provocado conflictos en los usos de este recurso.

El área del Gran Córdoba, con una población al año 2010 de más de 1.400.000 habitantes (estimación realizada por la Municipalidad de la Ciudad), se encuentra abastecida principalmente por la cuenca del embalse San Roque, y en segundo grado por la del embalse Los Molinos, el cual deriva sus caudales a través del canal Los Molinos – Córdoba, hacia la zona Sur de la ciudad de Córdoba.

El sistema tiene como zona de abastecimiento a las cuencas altas de los ríos Suquía y Los Molinos. Estas cuencas se encuentran actualmente reguladas por los diques San Roque y Los Molinos respectivamente. Por medio de distintos canales y conductos de envergadura, el agua cruda es conducida a las plantas potabilizadoras Suquía y Los Molinos (o Bouwer) respectivamente, donde se realiza el proceso de potabilización.

Cada planta potabilizadora abastece de agua a un sector de la ciudad que recibe el nombre de dicho sistema. El agua producida por la planta Suquía (Sistema Suquía) alimenta la zona al norte del río Suquía y el oeste de la Cañada con una capacidad de 5 m³/s, mientras que la planta Los Molinos (Sistema Los Molinos) al sector sureste de la ciudad con una capacidad de 2 m³/s.

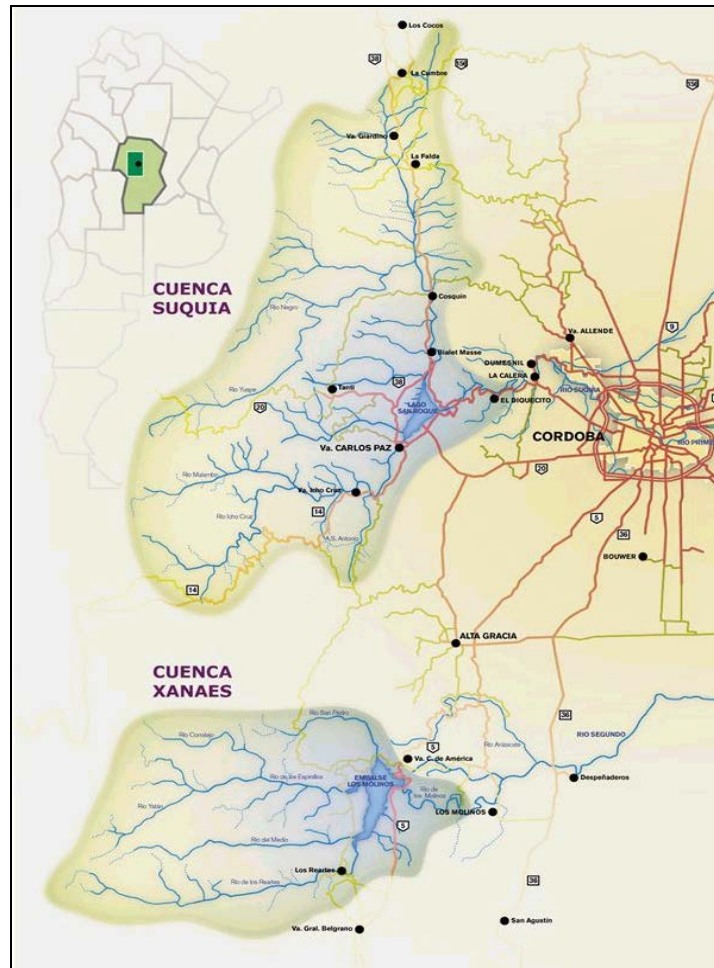


Figura 2.- Cuencas que abastecen el Sistema de Aprovechamiento para el Gran Córdoba

Cada sistema se divide en subsistemas en los el agua potable es conducida mediante bombeo (mediante 13 estaciones elevadoras) y por gravedad. Cada subsistema presenta características particulares de oferta, dadas por los caudales que efectivamente pueden conducirse y distribuirse por gravedad y por bombeo mediante la infraestructura existente.

Otros subsistemas quedan definidos por medio del suministro de agua potable en “block”, es decir, la entrega de un volumen de agua potabilizada determinado que es distribuido a una zona o barrio por medio de otro proveedor, que realiza la explotación del servicio y está a cargo de la red de distribución y por lo tanto de su tendido y mantenimiento.

Existen zonas de la ciudad (aproximadamente un 2%) que se encuentran imposibilitadas de ser abastecidas de agua potable por gravedad o bombeo desde las plantas potabilizadoras actuales, por lo que recurren a perforaciones (pozos) donde mediante bombas de pozo profundo extraen agua subterránea. Este tipo de abastecimiento debe ser muy controlado ya que posee importantes riesgos de contaminación con sus consecuencias para la salud.

En las últimas décadas se han evidenciado situaciones de sequías prolongadas e inundaciones, acompañadas de cambios del uso de suelo, nuevas urbanizaciones en las cuencas (particularmente la del Suquía) que compiten por este recurso. Se agrega a esto la progresiva contaminación en las cuencas de aporte y la colmatación y

eutrofización en los embalses, generándose situaciones donde la demanda supera a la disponibilidad hídrica del propio sistema.

Como consecuencia de esta situación, se encuentran en estudio medidas que garanticen el suministro de agua potable al Gran Córdoba y maximicen el aprovechamiento sustentable del recurso para los años venideros. Como parte de estos estudios un conocimiento más acabado de la calidad de las diversas fuentes y de los procesos involucrados permitirá definir planes de acción y medidas estructurales que ayuden a conservar y mejorar la aptitud de dichos recursos.

Uno de los fenómenos más importantes relacionados con la contaminación de las aguas superficiales es el de la eutrofización de lagos y embalses, como el San Roque y Los Molinos, por lo que se hace particular hincapié sobre este fenómeno en el desarrollo del presente informe

ESTADO ACTUAL DEL EMBALSE SAN ROQUE

El viejo Dique San Roque, proyectado por los Ingenieros Dumesnil y Cassafousth en 1884 tuvo como objetivo controlar y aprovechar las aguas de las avenidas para la irrigación de los Altos de la Ciudad de Córdoba. En 1930 los ingenieros Ballester y Volpi proponen construir un nuevo dique de mayor capacidad y seguridad, a 130 metros aguas abajo del muro anterior. Éste, es el actual Dique San Roque, que tiene como objetivos múltiples la provisión de agua a la Ciudad de Córdoba, atenuación de crecientes, agua para riego, aprovechamiento hidroeléctrico y recreación.

La presa alcanza una altura de 51,3 m y una longitud de coronamiento de 145 m, las obras de toma son de alimentación a la central hidroeléctrica de San Roque y para descarga aguas abajo del muro mediante una válvula a chorro. Su vertedero consiste en un pozo con entrada acampanada y túnel con una descarga máxima de 280 m³/s. La altura a labio de vertedero es de 35,30 m, con una superficie de embalse de 1501 ha y un almacenamiento de 201 hm³. El módulo aproximado es de 9,46 m³/s. Los valores del embalse a cota 29 m (637 m.s.n.m.) citados son de 29,5 m para la máxima profundidad, profundidad media 6,43 m, perímetro 30,72 km, longitud 8,40 km, ancho medio 1,47 km y tiempo de permanencia máximo 247 y mínimo de 28 días.

La cuenca alta del río Suquía tiene una superficie de 1750 km² y es de forma aproximadamente rectangular, de 70 km en el sentido N-S a lo largo del Valle de Punilla, con un ancho medio de 25 km.

Por su ubicación geográfica, 31° de latitud S y 64 ° longitud O, le corresponde clima templado de carácter eminentemente continental, con grandes variaciones de temperatura, que oscila entre varios grados bajo 0° C en invierno hasta 42° C en verano. La evapotranspiración alcanza un máximo en los meses de verano del orden de 7 mm/diario, reduciéndose en el período invernal a 2,5 mm/día.



Figura 3. Imagen del Espejo de Agua en la zona del vertedero [5].

La generación de energía hidroeléctrica se realiza por las centrales San Roque con una potencia instalada de 26.000 kW y La Calera de 4.000 kW, ubicadas en forma escalonada aguas abajo del dique San Roque.

El desarrollo de actividades humanas en sus márgenes y zonas cercanas, están relacionadas en su gran mayoría al turismo: camping, clubes de pesca (alquiler de lanchas, motos de agua), clubes náuticos (yates, veleros, etc.). Además se realizan prácticas de deportes acuáticos (jet ski, windsurf, etc.).

El embalse San Roque representa la principal fuente de agua potable para la ciudad de Córdoba. Su condición eutrófica se evidencia a través de su escasa transparencia, presencia de anoxia hipolimnética y frecuentes eventos de floraciones algales debido al alto aporte de nutrientes provenientes de la cuenca y márgenes del lago. Se han desarrollado numerosos estudios cuyos principales objetivos son determinar la calidad de agua y la situación de los sedimentos del embalse San Roque.

Con este fin, en los últimos años, se han llevado a cabo una serie de campañas de la cual ya se tienen resultados preliminares. Un resumen de los mismos se presenta en el punto siguiente.

CALIDAD DEL AGUA DEL EMBALSE SAN ROQUE

El embalse San Roque presenta un estado eutrófico desde hace varios años debido a la elevada carga de nutrientes que recibe tanto de origen externo (desde la cuenca y a través de sus tributarios) como de origen interno (sus propios sedimentos).

Los valores estimados de los aportes de fósforo distinguiendo las distintas fuentes de aporte se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Los valores estimados de los aportes de fósforo distinguiendo las distintas fuentes de aporte (Gavilán, 1981).

Fuente	Carga total de P (Tn/año)
Tributarios	150
Descargas domésticas	40 -50
Descomposición de vegetación inundada	11-15
Total	201-215

Bustamante, et al (2007) [1] calcula la carga de fósforo en el embalse para el período entre mayo de 1999 a mayo de 2000, los resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2 Valores de carga de fósforo estimadas por Bustamante et al. (2007).

SUBCUENCA	Caudal Promedio (m ³ /seg)	Carga Total (Tn/año)
San Antonio	2,7	12,2
Los Chorrillos	0,7	5,0
Las Mojarras	0,4	2,3
Cosquín	4,4	19,7
TOTAL	8,3	39,3

Debido a su régimen monomítico el cual se manifiesta con un período de estratificación al año, el hipolimnion se vuelve anóxico. Como consecuencia de este fenómeno, variables como el pH y el potencial redox disminuyen significativamente.

Iones como el Mn²⁺ y el Fe²⁺ y en menor grado, el Ca²⁺ y el Mg²⁺ se liberan desde el sedimento cumpliendo un papel fundamental en la liberación de PRS, indispensable para sustentar la vida del fitoplancton.

Los coeficientes de liberación P estimados alcanzan hasta 1,33 mg PRS/ m²/día, lo que demuestran un elevada actividad en el sapropelo durante el verano.

Anualmente el embalse Los Molinos sufre variaciones en su nivel que dan lugar a áreas expuestas. Al subir el nivel del embalse, se inundan cubriendo la vegetación que se ha desarrollado, la cual se descompone, aportando materias orgánicas y nutrientes al cuerpo de agua. Aproximadamente 10 t (toneladas métricas) anuales de fósforo total y 400 t anuales de nitrógeno total serían incorporados a la masa de agua cuando se inunda la zona.

En los meses de primavera-verano presenta termoclimas temporarios diarios inestables por calentamiento superficial de las capas superiores, como consecuencia de las características climáticas reinantes (días muy soleados y escaso viento). El fenómeno de mezcla de la columna de agua durante el periodo invernal y la estratificación en el verano, además del hecho que su temperatura superficial nunca desciende por debajo de los 4 °C hacen que el embalse Los Molinos sea clasificado como monomítico cálido.

En los períodos cálidos presenta sobresaturación de oxígeno en superficie como resultado de la acción fotosintética, hipoxia hipolimnética, altas concentraciones de nutrientes y clorofila-a, baja transparencia y una marcada disminución en la diversidad fitoplanctónica, como consecuencia del crecimiento excesivo de algas que tuvo una distribución no homogénea con un aumento de la turbidez en los sectores de mayor densidad con el consecuente deterioro de la calidad del agua del embalse.

A fines de noviembre de 1999, tuvo lugar en el embalse Los Molinos un excesivo florecimiento de algas, acompañado por un evento de mortandad de peces. Las determinaciones analíticas indicaron en ese momento altas concentraciones de amonio en la zona de mortandad y de acuerdo al pH y la temperatura, el 20% habría estado disociado, superando el valor considerado letal para los peces (0,02mgN/l), pudiendo haber sido una de las causas de la mencionada mortalidad.

La relación entre las formas “biológicamente disponibles” de fósforo y nitrógeno, de importancia a la hora de definir el nutriente limitante del crecimiento algal cuando las concentraciones absolutas no han disminuido hasta cantidades limitantes, se mantuvo en verano-otoño e invierno superior a 7 en todas las estaciones, con la diferencia que en verano la relación es unas diez veces mayor, con concentraciones de PRS menores a 5 µg/l considerado como limitante para el crecimiento algal, lo cual permite inferir que el fósforo podría haber sido el nutriente limitante del crecimiento algal en verano.

Presenta floraciones en primavera y verano, con altos valores en los indicadores de productividad como son las concentraciones de clorofila-a, fósforo total y saturación de oxígeno disuelto en superficie. Se han registrado eventos de mortandad de peces, coincidentes con una floración de algas; a partir de febrero se observó un descenso importante en el número de las mismas y se hizo notable la presencia de células sin contenido. En otoño su presencia casi es insignificante y en invierno se observó un leve incremento de este grupo, sin embargo no alcanza a llegar al nivel detectado durante el verano, siendo el grupo de algas dominantes el de diatomeas (crisófitos). Tanto las clorófitas como las cianófitas se presentan en muy bajo número de organismos.

Presenta diferencias durante el año en el comportamiento del embalse en cuanto a los parámetros indicadores de eutrofización, como concentración de nutrientes, clorofila-a y disminución en la diversidad de la comunidad fitoplanctónica durante los primeros meses, en los cuales la concentración de algas y las condiciones del embalse responden a las de un cuerpo de agua eutrófico, con altos valores, mientras que en los siguientes meses las condiciones varían notablemente, respondiendo a las de un cuerpo de agua mesotrófico-eutrófico.

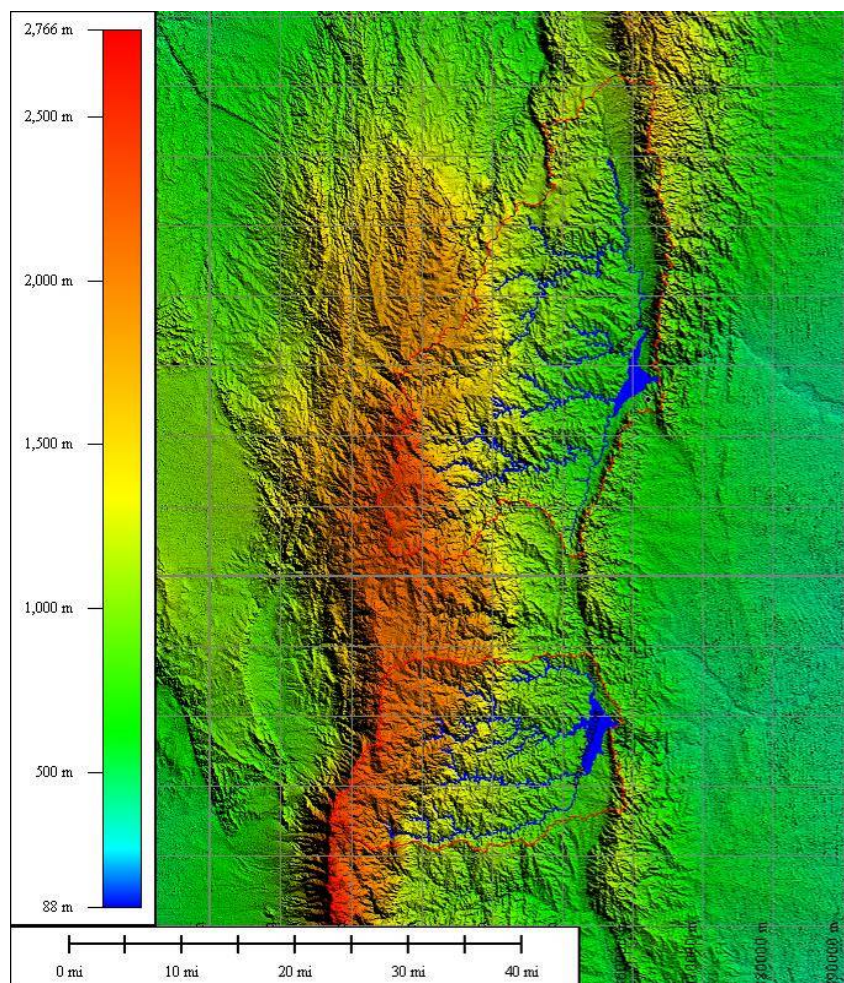
MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN.

Para una correcta identificación de las fuentes de aporte de nutrientes a cada uno de los embalses que conforman el sistema de abastecimiento, se generó un modelo conceptual de balance en base a las consideraciones que seguidamente se detallan.

Un modelo conceptual es una representación simplificada de cómo funciona un sistema real basándose en las características conocidas del lugar y los procesos que en él se desarrollan, lo que facilita de esta forma una aproximación práctica del mismo.

En primera instancia se definieron el dominio de cada sistema. Siendo el ciclo hidrológico el principal determinante en la movilización de los nutrientes fue necesario definir con precisión cada cuenca hidrográfica. Con este fin se generó un modelo digital de elevación (DEM) mediante el muestro digital de imágenes ASTER

de la zona de influencia. En primera instancia se verificó la correspondencia de la información existente en lo referente a sistema de proyección y datum (UTM, WGS 84). De esta forma cada elemento que integra el modelo se halla perfectamente referenciado geoespacialmente.



**Figura 7. Modelo Digital de Elevación – Cuencas de aporte al Embalse San Roque y los Molinos.
Fuente: propia sobre imágenes ASTER.**

Mediante el uso de cartografía e imágenes satelitales se identificaron las singularidades antrópicas y naturales dentro de la cuenca que, deben ser consideradas en la definición de las áreas de aporte (red vial, cursos secundarios, embalses, afloramientos del basamento cristalino, perforaciones, etc.).

Se analizaron mapas geológicos, edafológicos, de precipitación y usos del suelo, informes hidráulicos, geológicos y del sector productivo lográndose un acabado entendimiento de las características naturales y antropogénicas de cada cuenca.

Se necesitó aunar y homogeneizar esta información en lo que respecta a unidades y escalas de tiempo y espacio (caudales, datos meteorológicos, coeficientes de aporte, etc.). Los coeficientes de aporte de cada nutriente asociado a los distintos tipos de fuente se tomaron de bibliografía especializada, indicada en cada caso, contemplándose para su asignación, la semejanza de las áreas para los cuales fueron calibrados los mismos. Donde esto no fue posible se promediaron los valores de los coeficientes propuestos por diferentes autores.

Al ampliarse la frontera del volumen de control del modelo del embalse a la cuenca, el aporte por tributario fue considerado de forma desglosada en cada una de las fuentes o componentes tanto puntuales como difusas.

Resultados

Las tablas 3 y 4 muestran el tarquinamiento en los embalses San Roque y Los Molinos sin considerar y considerando el efecto de los incendios en las cuencas y cuando se llegaría a los diferentes niveles de tarquinamiento en cada uno de ellos

Tabla 3: Resumen de los valores de tarquinamiento en los embalse San Roque y los Molinos sin considerar el efecto de los incendios.

Embalse	Año construcción	Volumen embalse original	Tarquinamiento			
			2011 (%)	50% (año)	75% (año)	100% (año)
SAN ROQUE	1944	201	22%	2094	2169	2244
LOS MOLINOS	1953	307	9%	2281	2445	2609

Tabla 4: Resumen de los valores de tarquinamiento en los embalse San Roque y los Molinos sin considerar el efecto de los incendios.

Embalse	Año construcción	Volumen embalse original	Tarquinamiento			
			2011 (%)	50% (año)	75% (año)	100% (año)
SAN ROQUE	1944	201	29%	2061	2119	2178
LOS MOLINOS	1953	307	11%	2213	2343	2473

En la figura 9 se muestra la disminución del volumen disponible considerando los efectos de los incendios se mantengan en las cuencas de Los Molinos y San Roque.

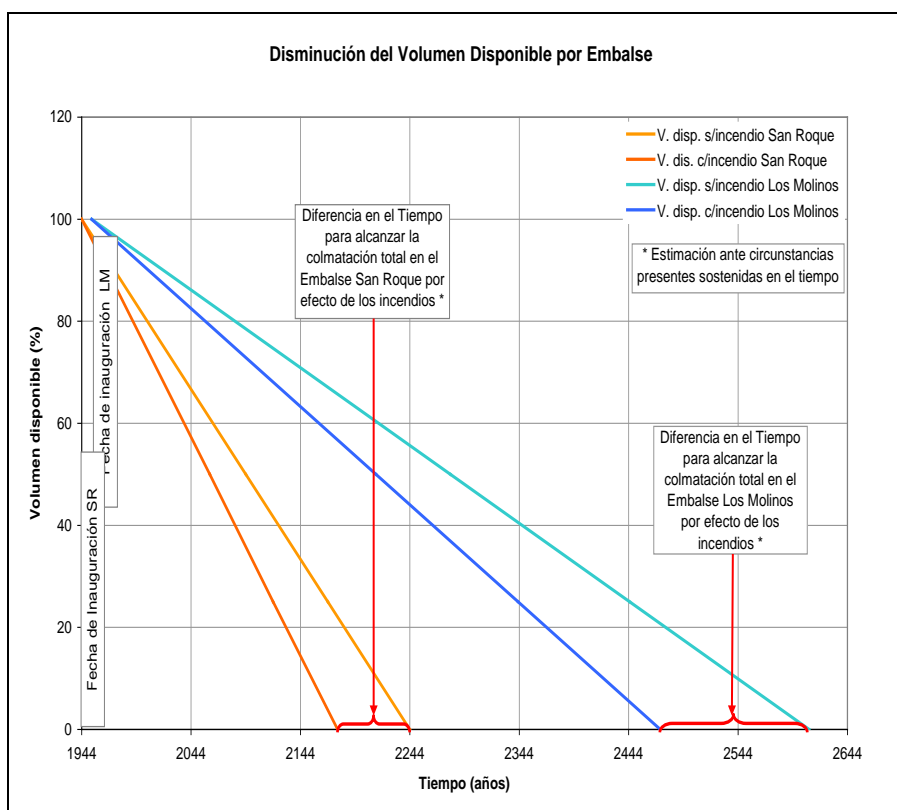


Figura 9: Disminución del Volumen Disponible por Embalse

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BUSTAMANTE M. A., LÓPEZ, F. Y BONETTO C. Obras de Saneamiento en la Cuenca del Embalse San Roque y Estimación del Régimen Trófico en Respuesta a un Cambio de Cargas, XXI° CONGRESO NACIONAL DEL AGUA 2007.
2. CARPENTER, S Y COTTINGHAM, K. Resilience and Restoration of Lakes. Conservation Ecology, 11. (on line). 1997.
3. GAVILÁN, J.G. Study of Water Quality in the San Roque Reservoir, Water Quality Buolletin, Environment Canada, 6(4):136-158. 1981.
4. http://archivo.lavoz.com.ar/07/05/28/secciones/zonacentro/nota.asp?nota_id=75743
5. <http://medioambientegeneral.wordpress.com/2011/03/29/contaminacion-del-lago-san-roque>
6. http://web2.cba.gov.ar/actual_web/estadisticas/
7. <http://www.champaqui.com.ar/mol.htm>
8. [http://www.funeat.org.ar/ambiente.html /](http://www.funeat.org.ar/ambiente.html/)
9. RYDING, S. O. Y RAST, W. El control de la eutrofización en lagos y pantanos. Pirámide. Madrid. 1992.