

# voluntad **HIDRAULICA**

ÓRGANO OFICIAL DEL INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS  
Humboldt No. 106 esq. a calle P. Vedado. Municipio Plaza de la Revolución. La Habana, Cuba. CP 10400.  
Correo de Contacto: [nidya@hidro.cu](mailto:nidya@hidro.cu). Revista Trimestral.

La Habana, Enero de 2016 / No. 115 / ISSN 0505-9461

*Día Mundial  
del Agua  
"El agua y el empleo".*



# NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS

## Amigo Lector,

Nuestra revista se encuentra abierta a la recepción de contribuciones de autores nacionales y extranjeros que contribuyan al cumplimiento de la misión de la misma y que acepten y respeten las normas y procedimientos que se han establecido como Política Editorial. **Se aceptan las siguientes contribuciones:**

- **Artículos informativos de divulgación científico-técnica:** Con resultados o nuevos aportes para ser difundidos y del área temática de la revista; no deben exceder las 10 páginas incluyendo el resumen, las tablas, las figuras, mapas y las referencias bibliográficas.

## Normas de presentación:

Los artículos informativos de divulgación científico-técnica deben ser originales o inéditos, no deben estar postulados para publicarse en otras revistas, deben estar en concordancia con el perfil temático de la revista y sus objetivos y cumplir además con las orientaciones que se dan a continuación:

1. Los autores que postulen ceden los derechos de difusión de estos contenidos a la revista *Voluntad Hidráulica*, con permiso de reproducir sus contenidos en conferencias, congresos, talleres científicos, en la página Web de la institución y en otras actividades docentes o académicas.
2. Presentación y estructura:

## Tipo de letra y espaciado

En el cuerpo del texto se empleará el tipo de letra Arial, puntaje 12, texto justificado y con un interlineado de 1,5 simple espacio, a excepción de los títulos de las contribuciones que se escribirán en mayúsculas, centrados y con el tipo de letra Arial, puntaje 14.

## Los epígrafes y sub-epígrafes

Los epígrafes y sub-epígrafes serán numerados de manera ordenada y consecutiva hasta el tercer nivel de agregación, se empleará la negrita en cada caso. Ejemplo:

### 1. Desarrollo

#### 1.1. Los acueductos en las zonas costeras

##### 1.1.1. Fuentes de contaminación

A partir del tercer nivel los sub-epígrafes se enunciarán en negrita y sin numeración.

## Normas de estructuración del contenido del trabajo

**Título:** No excederá de 20 palabras, debe ser conciso, evitar las siglas, y expresar la idea central del trabajo.

**Datos de los autores:** De cada autor se debe enunciar nombres y apellidos completos, la institución a la que pertenece, correo electrónico, ciudad y país. En caso de que los autores pertenezcan a la misma institución no es necesario repetirla, se debe colocar en cada nombre del autor un superíndice y solamente al autor principal se le enunciará la institución.

**Resumen:** El resumen tendrá una extensión entre 75 y 150 palabras, no será estructurado y se escribirá a un solo párrafo, empleando la tercera persona y de manera impersonal. Debe exponer el objetivo, los métodos/procedimientos generales empleados, los resultados y conclusiones principales.

**Palabras claves:** Se escribirán separadas por un guión, deben ser como mínimo 4 y como máximo 7.

**Introducción:** Debe reflejar el problema y los objetivos del trabajo, así como la importancia del aporte que presenta el autor/es.

**Desarrollo:** Es la sección donde se presentan los procesos/técnicas empleadas, así como los resultados con sus respectivos análisis.

**Conclusiones:** Se expondrán las contribuciones científicas o resultados obtenidos y deben estar en correspondencia con los objetivos planteados en la introducción.

**Bibliografía:** Las referencias bibliográficas se realizarán siguiendo la norma **NC 1: 2005 "EDICIÓN DE PUBLICACIONES NO PERIÓDICAS. REQUISITOS GENERALES"; Oficina Nacional de Normalización.**

Ejemplos:

MILANÉS, J. J.: *Obras completas*, Ed. Consejo Nacional de Cultura, t. 1, La Habana, 1963.

PAZOS ÁLVAREZ, V., NORMA ROJAS HERNÁNDEZ Y DORA VIERA LÓPEZ-MARÍN: *Temas de Bacteriología*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1985.

"La calidad de vida en el adulto mayor", en: *La Tercera Edad*, pp. 42-60, Madrid, España, 1987.

UNIÓN DE ESCRITORES Y ARTISTAS DE CUBA: *Estatutos de la UNEAC y reglamentos de las secciones*, 52 pp., Ed. UNIÓN, La Habana, 1979.

ADJABENG, SENYO M.: "Tour-Point Strategy To Taming Your Biases In Mediation"; disponible en: [www.mediate.com/articles](http://www.mediate.com/articles); consultado en Junio 2007.

## Tablas, esquemas, figuras y fotos

Deben venir acompañadas de su título, deben estar en JPG y tener una calidad igual o superior a 300 dpi.

- **Novedades:** Artículos que realicen una valoración de un avance científico-técnico o de nuevas tecnologías, a partir del estudio de fuentes especializadas de información.
- **Comunicación:** Pueden ser entrevistas, reportajes, crónicas, notas técnicas, anuncios o comunicaciones, sobre un tema en particular que tiene relevancia para el público de la revista.
- **Reseñas:** Son textos valorativos acerca de una obra hidráulica de relevancia o una valoración bibliográfica acerca de un tema disciplinar acorde a la temática de la revista.

Los artículos de Novedades, Comunicaciones y Reseñas tendrán una extensión máxima entre 6 y 10 páginas.

**Todos los artículos presentados serán sometidos al proceso de revisión editorial y en el caso de los Artículos Informativos de Divulgación Científico-técnica serán sometidos además al proceso de revisión por pares a doble ciego y por árbitros externos a la entidad del autor.**

Le saludamos afectuosamente y deseamos que se convierta en este 2016, además de en asiduo lector, en nuestro contribuyente más entusiasta.

**Comité de Redacción de la Revista**

La Habana, Cuba  
Año 54 de la Revista, Enero de 2016

**ISSN 0505-9461**

La revista **Voluntad HIDRÁULICA** es una publicación periódica de carácter informativo con periodicidad trimestral. Posee el ISSN 0505-9461. Funge como el órgano oficial informativo del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de Cuba. La Revista se enfoca en el Manejo Racional de los Recursos Hídricos, la Ingeniería Hidráulica y otras disciplinas afines a este campo de la ciencia.

Está dirigida a investigadores, científicos, doctores en ciencias, ingenieros, másteres, técnicos, especialistas y trabajadores en general del área de los Recursos Hidráulicos y sus disciplinas afines, o a todas las instituciones que estén interesadas en el manejo racional de los Recursos Hídricos en Cuba y en otros países del mundo.

Objetivos de la revista  
**Voluntad HIDRÁULICA:**

1. Divulgar informaciones y resultados de trabajos generados por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.
2. Informar acerca de las últimas novedades en diversos tópicos relativos al manejo de los Recursos Hidráulicos.
3. Sensibilizar y desarrollar una cultura, mediante la información publicada en la revista, sobre el uso racional del recurso agua.

• Normas para la presentación de trabajos | **02**

**EDITORIAL** | **03**

## **CIENTÍFICO TÉCNICO**

• Algunas mejoras introducidas en el proceso de gestión integral del agua a partir de técnicas de telecontrol y telemedidas | **04**

• Recursos hídricos en el municipio Güira de Melena | **11**

• Gestión de cargas contaminantes en corrientes superficiales aplicando la norma cubana NC-27:2012 | **19**

## **COMUNICACIONES**

• Un valioso boletín | **36**

• Celebración del día del ingeniero. Acto por el bicentenario del natalicio de Francisco de Albear y Fernández de Lara | **41**

• El niño será uno de los peores desde 1950 por el cambio climático | **47**

• Las 3 razones por las que la NASA cree que el niño será tan "poderoso" como el peor de la historia | **49**

• 2050: La escasez de agua en varias zonas del mundo amenaza la seguridad alimentaria y los medios de subsistencia | **51**

• Mapa de la NASA: la tierra se está quedando sin agua | **53**

## **Nuevas tecnologías**

• La utilidad del conocimiento | **54**

## **De esos héroes anónimos nuestros...**

• Juanito: una voz autorizada | **56**

• Que el 2016 nos traiga mucha agua (potable) | **60**

• Agua de lluvia es desaprovechada | **61**

• La recogida de agua pluvial para uso doméstico permite ahorrar en detergentes y suavizantes | **62**

• Tanques de agua más creativos del mundo | **65**

• Crean método más rápido y seguro para descontaminar el agua | **66**

## **NOVEDADES**

• Los Ángeles lanza millones de pelotas en un embalse para combatir la sequía | **68**

## CONSEJO EDITORIAL



**DIRECTOR** | Ing. Abel Salas García



**EDITOR EJECUTIVO** | Lic. Nydia A. Espinet Vázquez



**EDITOR ASOCIADO** | Ing. Ana Lydia H. González

## CONSEJO TÉCNICO EVALUADOR



Dr. Juan  
Fagundo Castillo



Dr. Eduardo  
Velasco Davis



Ing. Alfredo  
Álvarez Rodríguez



Dr. Jorge Mario  
García Fernández



Ing. Emir  
Sierra Oliva



Ing. Alberto  
Porto Varona

### **Dirección Institucional de la revista:**

**Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos**  
**Dirección de Gestión de la Innovación**  
**y la Tecnología**

Humboldt No. 106 esq. a calle P. Vedado,  
municipio Plaza de la Revolución.

La Habana, Cuba. CP 10400

Teléfonos: 7 836 5571 al 79 (pizarra) ext. 178

Correo de contacto: [nidya@hidro.cu](mailto:nidya@hidro.cu).

Lic. Nydia A. Espinet Vázquez | **redacción**

Israel de Jesus Zaldivar Pedroso | **diseñador gráfico**

M.Sc. Raysa Martínez Ladrón de Guevara | **correctora de estilo**

En 1993, la Asamblea General de las Naciones Unidas determinó que el 22 de marzo fuera el primer Día Mundial del Agua; este día se celebra en todo el mundo y brilla su luz sobre un tema diferente cada año. La Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó este día para generar conciencia en la población mundial sobre la importancia del agua para la vida, para el ser humano y para el planeta. En el mismo se crea una campaña de concientización sobre el agua, pretendiendo generar en las personas un sentimiento de cuidado del agua, de no gastarla de forma innecesaria y de no contaminarla. La ONU promueve en todos los países que estas celebraciones abarquen exposiciones temáticas relacionadas con el agua y la biodiversidad, el patrimonio cultural vinculado a ella, el ciclo integral de la misma, su depuración y potabilización, etc.

En el 2016, el tema de las celebraciones mundiales será: “El agua y el empleo”. Se tratará de ver cómo los vínculos del agua llegan a todas las áreas, qué se necesita considerar y hacer en cuanto a recursos humanos, para garantizar que este recurso llegue a todas las localidades con la calidad adecuada para su consumo, qué es preciso afrontar y acometer por los trabajadores de este sector en sus diversos puestos de trabajo, para garantizar la existencia de este valioso recurso en el futuro.

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) rige la Política Nacional del Agua en Cuba, es decir, el uso racional, el cuidado y la conservación de la misma a lo largo y ancho de nuestro archipiélago. Cuenta, según los datos aportados por su informe de cierre del año 2015, con trabajadores ubicados en igual número de empleos. Esta fuerza laboral está integrada por 34 073 trabajadores, de ellos, son hombres 28 566 y mujeres 5 507, todos ellos se encuentran empeñados en que este precioso líquido llegue a todos los cubanos y las cubanas, con la calidad adecuada para su uso y consumo y además, ellos están ejerciendo todas las acciones necesarias para garantizárnosla en el futuro.

Al celebrarse este año en Cuba el “Día Mundial del Agua” debemos insistir con nuestra población en la necesidad de ser más eficientes en el ahorro de este recurso natural tan vital para nuestra existencia y desarrollo económico, y en que actualmente con el reciente evento de sequía, este valioso líquido se nos ha vuelto más escaso y vulnerable. De la relación que logremos establecer con el agua, dependerá que esta pueda ser disfrutada por las generaciones de cubanos que nos sucedan.

El 22 de marzo es un día para tomar conciencia, para comprender que existen muchos miembros de la población mundial que, aún hoy día, carecen de este vital recurso o que sufren de graves problemas de salud ocasionados por el agua contaminada que consumen... Sin embargo, en nuestro país el Estado cubano nos la garantiza y no escatima esfuerzos, destinando cada año cuantiosos recursos para que llegue a cada uno de nuestros hogares con la calidad adecuada.

Este es un día para que todos los trabajadores del INRH, desde nuestros puestos de trabajo y a lo largo de nuestra isla, meditemos acerca de la forma en que podemos gestionar más eficientemente el agua que poseemos. Requerimos, cada vez más, de conocimientos actualizados acerca del empleo de tecnologías de avanzada que nos brinden las destrezas necesarias para la toma de decisiones adecuadas y responsables.

La Revista Voluntad Hidráulica nos permite actualizar los conocimientos científicos y técnicos que poseemos acerca del agua. Su colectivo de realización se esfuerza constantemente por brindar a los lectores informaciones que ayuden a despertar su vocación hacia la investigación científica y que nos encaminen, cada vez más a todos los cubanos y cubanas, hacia el ahorro, cuidado y uso eficiente de este recurso. Nos sumamos, por tanto, desde las páginas de esta publicación a estas celebraciones y esperamos que este 2016 sea, para todos nosotros y para ustedes, otro año más de nuevos retos y victorias. 

Consejo Editorial

# ALGUNAS MEJORAS INTRODUCIDAS EN EL PROCESO DE GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA A PARTIR DE TÉCNICAS DE TELECONTROL Y TELEMEDIDAS<sup>1</sup>

### RESUMEN

El agua es uno de estos recursos naturales imprescindibles para la vida y el desarrollo. De ahí que el bienestar socio-económico de las poblaciones dependa en gran medida de los volúmenes y calidad de los recursos hidráulicos disponibles. Las políticas de gestión de los recursos hidráulicos se han concentrado en la satisfacción de las necesidades siempre crecientes de agua y de bienes y servicios relacionados con esta. En los últimos tiempos, los cambios climáticos globales y el aumento creciente de los niveles de demanda de agua en los núcleos urbanos han producido una sensible disminución de los volúmenes disponibles en las fuentes tradicionales de agua potable, fenómeno que ocupa a la comunidad científica y que exige de ésta la aplicación de nuevas estrategias, procedimientos y herramientas para enfrentar los nuevos retos.

El país ha dado un salto hacia las tecnologías de punta. En el mundo, están siendo utilizadas por las empresas que gestionan el abastecimiento de agua potable y dentro de este marco, la empresa Aguas de La Habana es puntera en el tema de la automatización.

Dentro del plan inversionista se ha planificado el completamiento de este proceso y la realización de mejoras en las inversiones ya ejecutadas a partir de la modernización o reposición de equipos. En la actualidad dispone de 50 estaciones, contabilizando aquellas consideradas concentradoras, así como las remotas. Con estas estaciones se garantiza que algunos de los parámetros hidráulicos medibles estén telecontrolados.

Este trabajo propone realizar un análisis cuantitativo y cualitativo de la inversión realizada, comparando los resultados de la primera fuente de abasto que se seleccionó para comenzar la automatización, después de diez años; así como enmarcar estas perspectivas para continuar el desarrollo que garantice alcanzar la meta de enfocar un modelo de autogestión integral del proceso productivo.

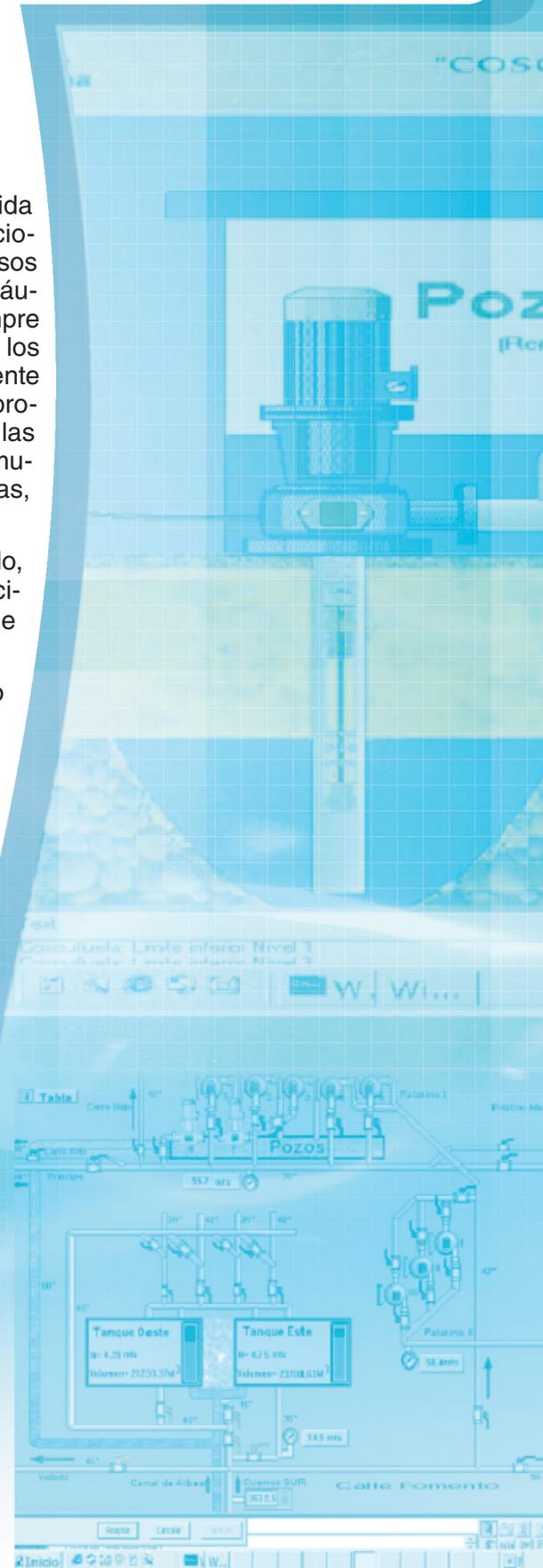
**Palabras claves:** Gestión, Automatización, Telemetida o Telectura, Telecontrol, Telemando.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han incorporado diversas innovaciones al abanico de técnicas que participan en el control de la garantía y la calidad en el proceso de gestión integral del ciclo del agua.

Vivimos tiempos difíciles y exigentes, lo que nos obliga a mejorar cada vez más, por lo que la adaptación constan-

<sup>1</sup> Reinaldo Suárez Suárez y Juan E. Hernández Padrón. Empresa Aguas de La Habana. INRH. La Habana. Cuba. Teléfono: 643 49 50, ext. 318 y 510.



te constituye una vocación hacia nuestra razón de ser. Debemos continuar ese afán de mejora no sólo para mantener la constancia en nuestra actividad, sino porque es una obligación el hecho de superarnos cada día. Con esta filosofía pretendemos incorporar a nuestra gestión innovaciones en diversas áreas, encaminadas a un mejoramiento de la eficiencia energética de las instalaciones, así como, a partir de la investigación, dar un salto para mejorar la competitividad de nuestro servicio y con el desarrollo en la aplicación de nuevas técnicas influir en un mejor control de esta gestión, enfocada al cuidado del medio ambiente.

La situación actual, en la que cada vez más escasea el agua, exige una gestión óptima de los recursos hídricos. Ante este desafío se apuesta por invertir en soluciones cuya tendencia sea automatizar la gestión integral del ciclo del agua y alcanzar un mejor control sobre los procesos, minimizar las pérdidas y ahorrar energía.

### Objetivos de este trabajo

Con el desarrollo de este trabajo pretendemos lograr los objetivos siguientes:

1. Evaluar el comportamiento del proceso de automatización en su fase inicial, a partir del cumplimiento del programa de implementación de los sistemas de Telemida y Telecontrol.
2. Evaluar la sistematicidad operativa de la fuente, comparando el periodo anterior a la introducción de los programas con una década posterior al funcionamiento de los mismos.
3. Realizar un análisis de los costos de la inversión para ejecutar proyecciones futuras y continuar

la profundización de este proceso, con el fin de alcanzar en un futuro la meta de la Telegestión.

## DESARROLLO

La Empresa Aguas de La Habana, creada en el año 2000, es la encargada de la gestión de acueducto, alcantarillado y drenaje pluvial, en ocho de los quince municipios con los que cuenta la provincia de La Habana, prestando servicio a más de un millón doscientos mil habitantes. En su visión y perspectiva de desarrollo a corto y mediano plazo, se ha trazado una política enfocada a encaminar tecnologías relacionadas con la automatización, que garantice la gestión integrada del proceso productivo, enmarcada dentro del desarrollo sostenible, lo que permite la toma de decisiones en la operación, control y gestión.

Una herramienta útil para dotar de eficiencia la gestión de los procesos tecnológicos a partir de la automatización la constituye la telegestión, desarrollada desde un Centro de Operaciones. La telegestión es el nivel superior de este proceso, para ello deben estar instalados y funcionando otros elementos como el telemando, el telecontrol y la telelectura, configurando un sistema integral. Lograr la implantación de este sistema es un mecanismo muy costoso, que solo en los países desarrollados, con alta eficiencia tecnológica, se ha podido alcanzar, por ello es que se traza la política de ejecutar este proceso por etapas, según las posibilidades que permite el nivel de desarrollo. En nuestra empresa estas se han dividido en:

1. Programa de implementación de Telelectura (ver Fig. 1. Sistema de Telelectura desde un pozo de la Fuente de Abasto Cosculluela).

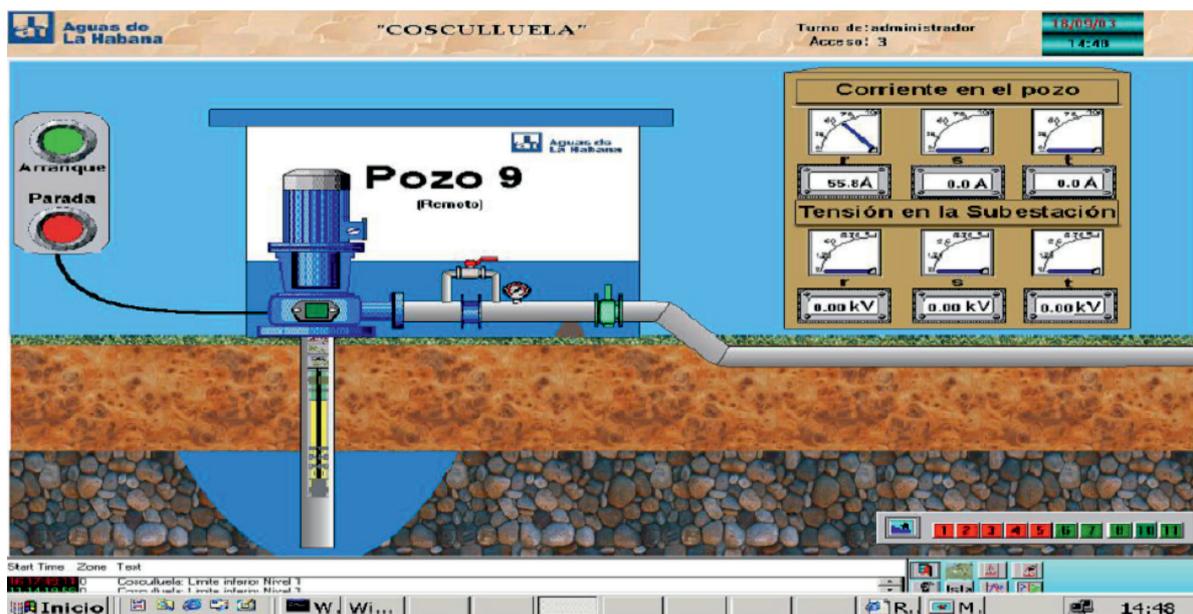


Fig. 1. Sistema de Telelectura desde un pozo de la Fuente Abasto Cosculluela.

2. Programa de implementación de un Sistema de Telecontrol (ver Fig. 2. Elementos que conforman el Sistema de Telecontrol).

## Telecontrol

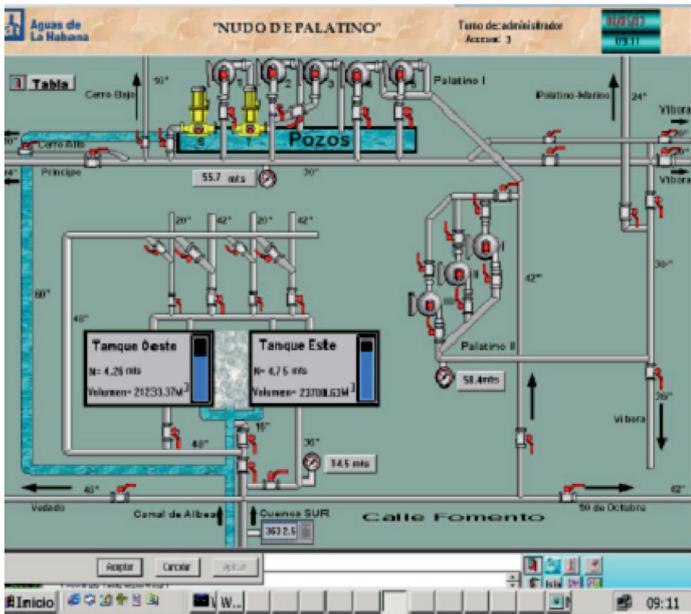


Fig. 2. Elementos que conforman el Sistema de Telecontrol.

3. Programa de implementación de un Sistema de Telemando (ver Fig. 3. Sistema de Telemando establecido desde un Centro de Operaciones y Control).



Fig. 3. Sistema de Telemando establecido desde un Centro de Operaciones y Control.

En el año 2001 comienzan las primeras incursiones en el campo de la automatización. Los programas de implementación de los Sistemas de Telecontrol y Telemida se comienzan a desarrollar abarcando las principales fuentes de abasto.

La primera fuente de abasto que inició este programa lo fue Cosculluela. Esta fuente es la de mayor suministro dentro de la capital. Situada al sur, en el municipio de Boyeros, consta de 11 pozos distribuidos en un área de 400 m<sup>2</sup>, de ellos trabajan 8 pozos, 2 se mantienen de reserva y uno presta servicio al Acueducto del Sur. La fuente es la encargada de abastecer a los municipios de Playa, Marianao y Boyeros, para ello tiene en su salida dos líneas conductoras, con capacidad de 24" y 42" respectivamente. La entrega mensual promedio de agua bombeada es de 4 300 mm<sup>3</sup>, con un consumo eléctrico de 1,3 mw-h y un índice de consumo de 0,3 kw-h/m<sup>3</sup> (ver Fig. 4. Pantalla que muestra el estado operacional de los diferentes pozos de Cosculluela).

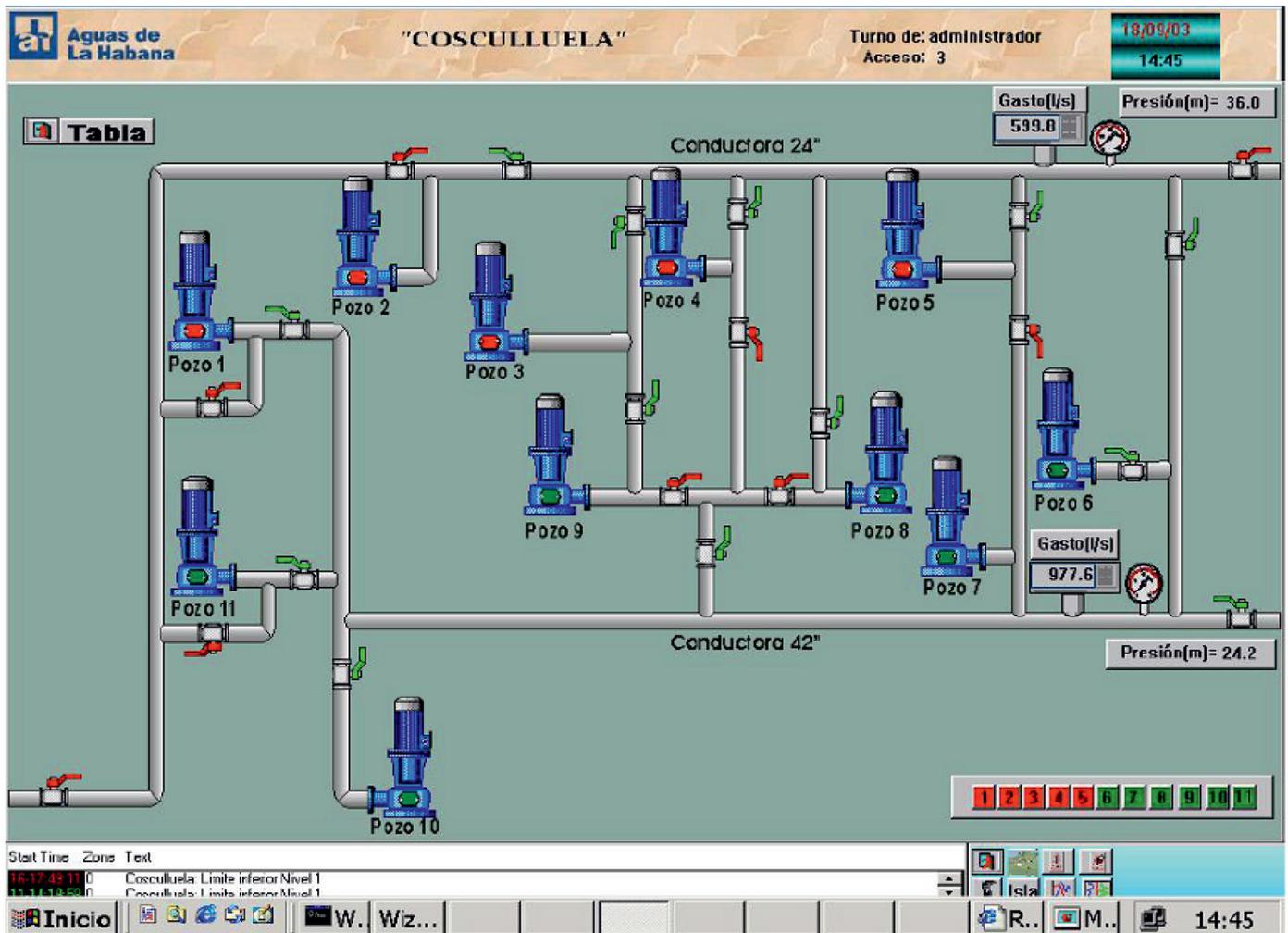


Fig. 4. Pantalla que muestra el estado operacional de los diferentes pozos de Cosculluela.

Dentro de las características fundamentales que presenta esta fuente, y que determinaron su selección como pionera dentro del programa de implementación de la automatización, se destacan:

1. La cercanía de los pozos al centro de control de la unidad, aspecto que abarata los costos de instalación y mejora la capacidad de toma de decisiones para alcanzar una mejor efectividad del sistema.
2. Dentro de las tres fuentes de abasto más importantes, Cuenca Sur, Ariguanabo y Cosculluela, ésta última es la de mayor estabilidad en el funcionamiento, porque las paradas provocadas por fallos eléctricos, mantenimientos de redes conductoras y otros son mucho menores en comparación con las otras.
3. La posibilidad de poseer la instrumentación necesaria para garantizar el objetivo trazado a corto plazo.

El trabajo de inversión comenzó a mediados del mes de marzo del año 2001 y finalizó en el mes de octubre del mismo año (ver Fig. 5. Pantalla que muestra la información histórica del comportamiento de los parámetros).



Fig. 5. Pantalla que muestra la información histórica del comportamiento de los parámetros de los pozos.

## Materiales y métodos

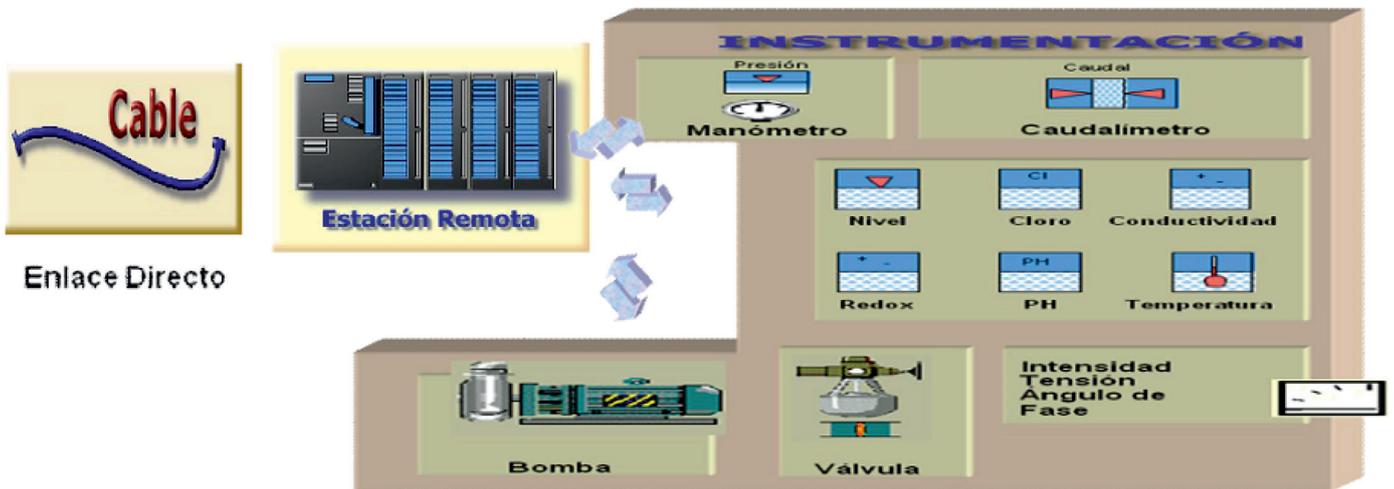
Los trabajos realizados en la captación Cosculluela comprendieron la instalación de cinco estaciones, marca SCHNEIDER, de ellas, una concentradora y cuatro remotas; para el enlace se empleó un sistema de comunicación por cable que utilizó el programa MODBUS como protocolo de comunicación.

La estación concentradora, además de concentrar todos los parámetros hidráulicos de los diferentes pozos con que cuenta la fuente, tiene instalado un programa que permite el control y visualización de los pozos 10 y 11. La distribución del sistema de control de los restantes pozos, está controlada en las estaciones remotas, así, una estación se encarga de agrupar la Telemida de los pozos 1, 2 y 3; otra se encarga de los pozos 4 y 5; otra de los pozos 6 y 7 y la otra de los pozos 8 y 9. A través de sensores se mide la presión de salida y el gasto de cada uno de los pozos. Además, del autómata que controla los parámetros eléctricos, es posible obtener las lecturas de cada uno de los ramales de alimentación eléctrica, necesarios para controlar las operaciones de los motores instalados.

Para la visualización y análisis de los parámetros obtenidos existe una pantalla sinóptica, que emplea como protocolo el programa Unitecway, ubicada en un centro de control dentro de la propia fuente. Los datos obtenidos son almacenados, configurándose una base de datos a la que es fácil de acceder desde cualquier punto de la red, empleando para ello el servicio de la Intranet instalado en la empresa.

## Instrumentación utilizada en una Estación de Telecontrol

Caudalímetro electromagnético. Medidores de presión. Medidores de nivel (ver Fig. 6. Pantalla visualizadora que muestra la información del comportamiento de los pozos).



Instrumentación utilizada en una Estación de Telecontrol



Caudalímetro electromagnético



Medidores de presión



Medidores de nivel

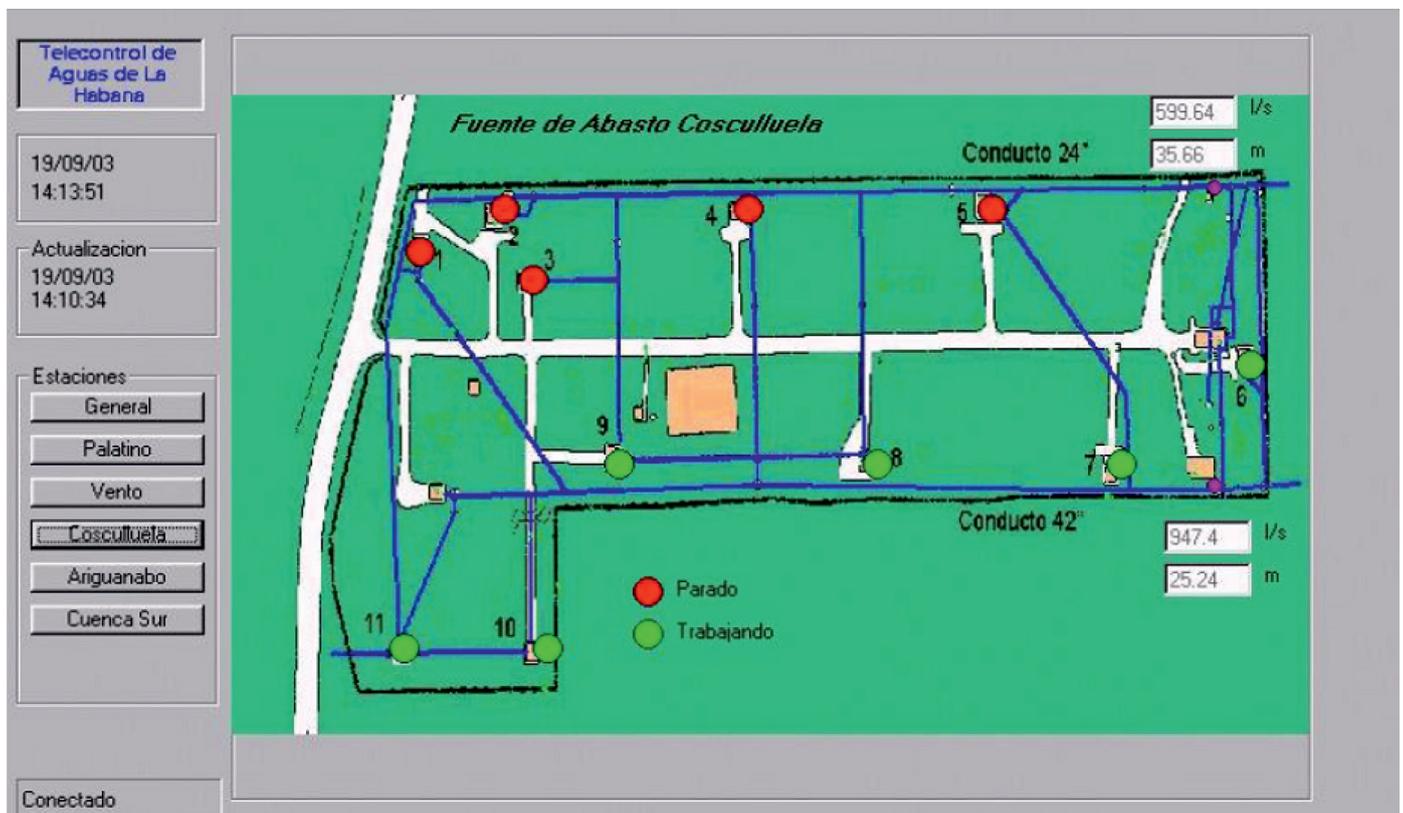


Fig. 6. Pantalla visualizadora que muestra la información del comportamiento de los pozos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de alcanzar, en una primera etapa del proceso de automatización, niveles de Telemida y Telecontrol programados, se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación:

1. Se concentra la información en un local identificado como Centro de Operaciones y Control, lo que permite supervisar continuamente el comportamiento de los parámetros hidráulicos, así como la operación electromecánica de los pozos.
2. Es posible obtener un detalle histórico de la actividad para encaminar la toma de decisiones, determinada por situaciones creadas a partir de diversos factores tanto operativos, climatológicos, etc., basada en las estrategias trazadas.
3. Con la modificación de la pizarra eléctrica se permite el desarrollo de sensores que emiten señales para el monitoreo del consumo y la demanda de las líneas de alimentación a los equipos.
4. La instalación garantiza el sistema de Telemando para arrancar los equipos de forma rápida y eficiente, eliminando las condiciones de trabajo anteriores en las que el operador tenía que dirigirse a cada uno de los pozos en un recorrido programado. Es en este sentido que se logra minimizar el tiempo de afectación y elevar el índice de continuidad de servicio.
5. Análisis del comportamiento energético de Cosculluela, año 2001 y 2011. Tabla comparativa donde se expresa este comportamiento en el año 2001, cuando se comenzó el programa y diez años después, como valoración de los resultados alcanzados.

Parámetros	año 2001	año 2011
Agua Bombeada mm <sup>3</sup>	50 353,180	44 859,164
Consumo Eléctrico kw-h	15 600,598	13 708,390
Índice Consumo Eléctrico kw-h/m <sup>3</sup>	0,3098	0,3056

Como se había previsto, dada la estabilidad de esta fuente de abasto, uno de los principales objetivos de esta inversión era mejorar los índices relativos a los portadores energéticos, sin embargo, se logra mantener en el periodo analizado, antes y después de la inversión, los parámetros fundamentales de consumo e índice de consumo eléctricos.

6. Se alcanza una disminución de los costos de inversión, ya que con pocas estaciones se garantiza el control de los 11 pozos instalados, teniendo en cuenta que cada una de las estaciones cuesta alrededor de \$ 3 000,00 USD.

## CONCLUSIONES

Los modelos de gestión se sustentan en la capacidad de adaptación, la innovación tecnológica y el adecuado interés de poner en práctica el conocimiento y el talento. Todo ello forma parte de un modo de actuar dirigido a escuchar las necesidades de nuestros clientes con el fin de dar respuestas e incluso anticipar los resultados que garanticen sus más plenas satisfacciones.

Las propias soluciones y la capacidad para llevarlas a la práctica permiten a largo y corto plazos elaborar una mejora objetiva y cuantificable en el desarrollo de nuestras actividades.

Así podemos concluir que con el proceso inicial de automatización, ejecutado en esta fuente de abasto, la más importante en la ciudad capital, se ha logrado:

- Disminuir el tiempo de respuesta ante cualquier variabilidad del proceso productivo, al lograr concentrar en un solo lugar la posibilidad de la lectura de las mediciones de los parámetros operativos de los diferentes pozos y mantener un control constante de los mismos a través de la visualización.
- Destacar el funcionamiento estable de esta fuente, promoviendo inversiones futuras en otras áreas de la empresa cuyas condiciones sean similares.
- Como visión futurista en otras inversiones, permitió realizar un manejo eficiente de los recursos disponibles, ya que se logra el desarrollo de la implantación de los programas disminuyendo la cantidad de cable a utilizar para las conexiones de las estaciones concentradoras y remotas.

Tengamos en cuenta que en el mercado internacional cada estación reguladora tiene un costo de alrededor de \$ 3 000,00 USD.

Al dar cumplimiento a los objetivos inicialmente propuestos podemos señalar que la aplicación efectiva y eficiente del propio saber nos convierte, como empresa con una visión futurista, en mucho más que mero gestor.

## BIBLIOGRAFÍA

1. GÓMEZ CRESPO, MODESTO RICARDO: *Plataforma Modular integrada para la Gestión del Agua Subterránea como recurso*. La Habana, 2008.
2. EMPRESA AGUAS DE LA HABANA: *Informes de Consumos Eléctricos de la Empresa Aguas de La Habana, Electric 01 y Electric 08*.
3. *Revista INFOAGBAR*. No 73. 3ra Época. Octubre 2010. 

### RESUMEN

El municipio de Güira de Melena, ubicado en la zona de la subcuenca subterránea Alquizar-Güira-Quivicán (HS-3), presenta características especiales en cuanto a sus recursos hídricos. No existen corrientes superficiales, por tanto, la disponibilidad de agua para la población y la agricultura dependen solamente de los acuíferos subterráneos. Este artículo incluye una somera descripción de los principales parámetros climáticos del territorio, por la importancia que tiene en una zona eminentemente agrícola, mientras un segundo aspecto trata sobre el impacto del Dique Sur en la dinámica de las aguas subterráneas de la subcuenca HS-3. Por último, se aborda la relación entre los niveles de agua subterránea (piezométricos) con las precipitaciones mensuales, registradas en el territorio.

**Palabras claves:** parámetros climáticos, agua subterránea, disponibilidad de agua.

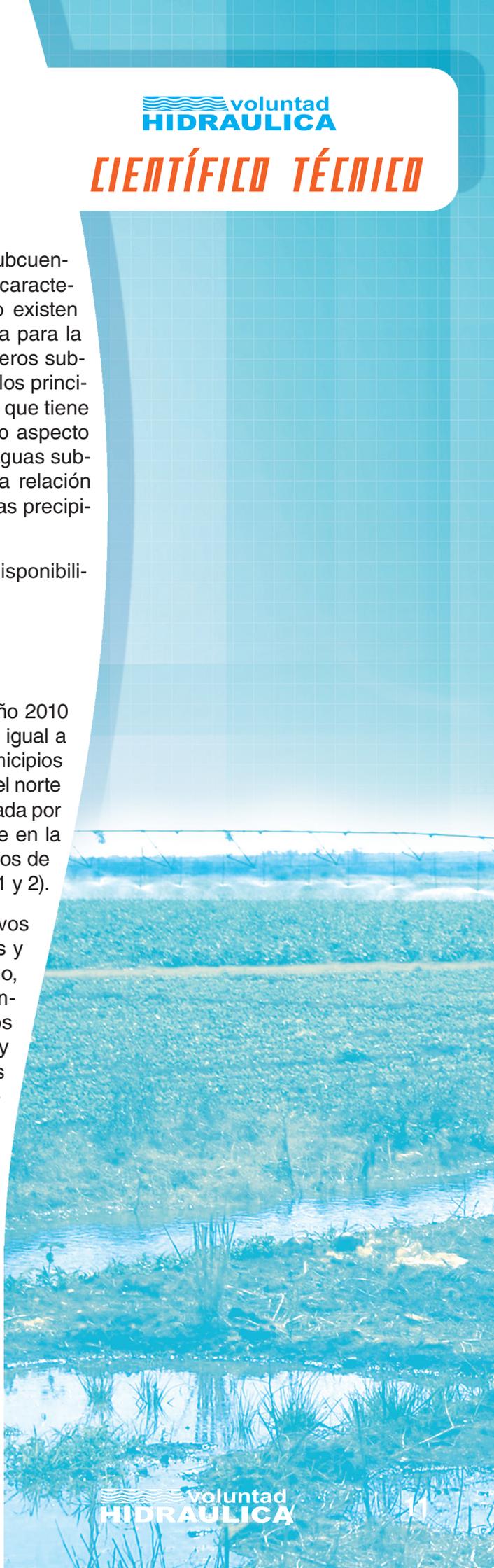
### INTRODUCCIÓN

Municipio con costa de la provincia de Artemisa (hasta el año 2010 perteneció a la provincia de La Habana), con una superficie igual a 177 km<sup>2</sup>. Sus colindancias están determinadas por los municipios de Quivicán y Alquizar, al este y oeste, respectivamente; por el norte limita con San Antonio de los Baños y, al sur, su costa es bañada por las aguas del Golfo de Batabanó. La población se distribuye en la ciudad de Güira de Melena, cabecera municipal y los poblados de El Gabriel, El Junco, Cajío y población dispersa (ver Figuras 1 y 2).

La principal actividad económica es la agricultura de cultivos varios, con importantes plantaciones de vegetales, viandas y frutales en sus fértiles suelos rojos, así como tabaco, plátano, piña y otros cultivos menores. También cuenta con una planta mecánica para la construcción de carretas e implementos agrícolas, entre otros. El terreno en este municipio es llano y cenagoso en el litoral. No existen ríos y los efímeros arroyos solamente tienen agua en sus cauces cuando ocurren fuertes y copiosas precipitaciones durante el periodo lluvioso, dejando de correr en la época menos lluviosa o de seca. En ocasiones se menciona el arroyo Cajío como una corriente del municipio, pero actualmente es una zanja que tiene mucha influencia del agua del mar, es realmente un surgidero y tiene su origen en el barrio de Turibacoa.

Tomando en consideración la importancia que tiene el agua para la agricultura del municipio y que en su territorio no existe la posibilidad de construir embalses, debido a la ausencia de escorrentía superficial, el objetivo de este

<sup>1</sup> José Luis Batista Silva. Instituto de Geografía Tropical, CITMA, La Habana, Cuba. E-mail: jbatista@ceniai.inf.cu



trabajo es analizar los factores climáticos que intervienen en el desarrollo de los cultivos y, en segundo término, evaluar esquemáticamente las relaciones entre los niveles de agua subterránea, las precipitaciones que se registran en el acuífero HS-3 y el impacto del denominado “Dique Sur”.

MUNICIPIO DE GÜIRA DE MELENA

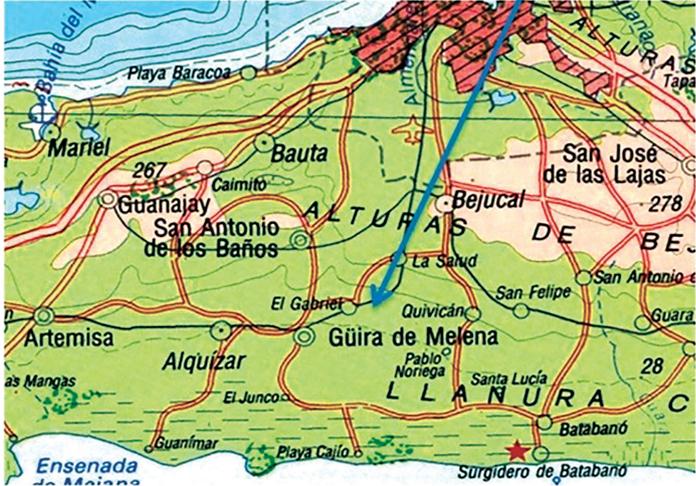
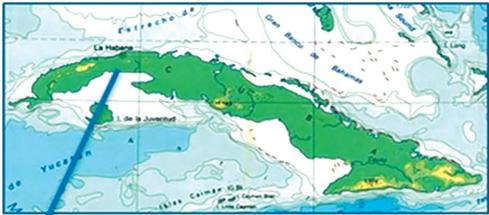


Fig. 1. Ubicación del municipio de Güira de Melena. (Fuente: Nuevo Atlas Nacional de Cuba).

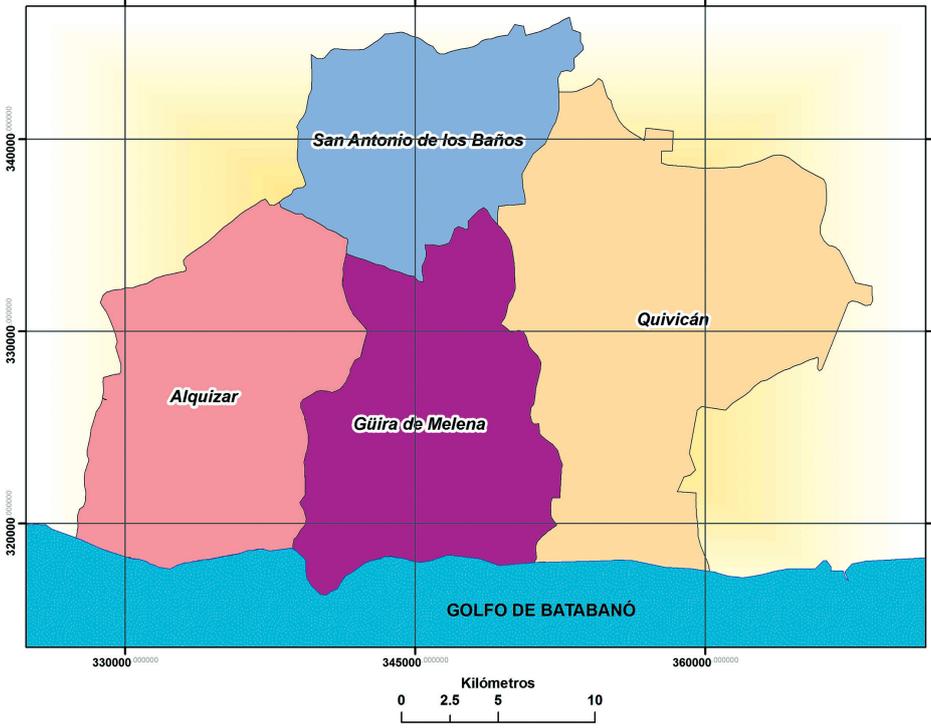


Fig. 2. Límites municipales de Güira de Melena.

**Materiales y métodos**

Se utilizaron los métodos documental, analítico-comparativo, estadístico-hidrológico y la aplicación de un Sistema de Información Geográfica para elaborar los mapas y aplicar el método de ponderación espacial. La información hidrometeorológica se procesó en un procesador estadístico, en su mayoría obtenida del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH).

## DESARROLLO

El clima del municipio –similar al del territorio sur de la provincia– es un factor importante en las características físico-geográficas y que debe tenerse en cuenta en los diagnósticos y la elaboración, diseño y planes de proyectos relacionados con la actividad agrícola. El municipio se encuentra ubicado en la trayectoria de los ciclones y afectado por otros eventos meteorológicos, tales como los frentes fríos y centros de baja presión extratropicales.

El clima es tropical de sabana, húmedo y de fuerte influencia marítima. La ocurrencia de precipitaciones pluviales se distribuye en un periodo lluvioso o también llamado “húmedo” (mayo-octubre) y otro menos lluvioso o “seco” (noviembre-abril). No obstante, durante el paso de los ciclones, en ocasiones acompañados por alta humedad, se registran las mayores láminas de lluvia.

Además de los elementos señalados, también es importante la evaporación, evapotranspiración y las velocidades medias y máximas del viento, factores que influyen en el desarrollo de los cultivos, por su relación con el balance hídrico del territorio. Dada la condición de municipio llano, con zona costera húmeda y cenagosa, así como con alta temperatura, tiene lugar una alta evaporación.

La temperatura promedio varía en un rango pequeño, generalmente de 23 hasta 26 grados Celsius. Se han registrado temperaturas extremas, según señala la Oficina Nacional de Estadísticas e Infor-

mación (ONEI) de 36,5 °C y 1,8 °C, los días 17 de marzo de 1965 y 11 de enero de 1970, respectivamente.

La regularidad espacial de este elemento se hace más notable en el mes de julio, cuando predominan las temperaturas en el rango de 26 °C a 28 °C, como promedio 26,9 °C en la zona interior del territorio, y en la zona de la costa valores promedios superiores. En el mes de enero las temperaturas del territorio oscilan entre 20 °C y 22 °C, como promedio, 20,7 °C.

Los principales parámetros climáticos en el entorno del municipio son:

- Dirección predominante del viento: Este
- Evapotranspiración: 1 025 mm/año
- Velocidad promedio del viento: 5,5 km/h
- Humedad relativa: 75 %
- Nubosidad (en octavos): 4,0
- Días con lluvia: 103

El municipio de Güira de Melena, al encontrarse en el territorio de la región occidental, está expuesto al peligro del azote de los ciclones tropicales. Estos eventos meteorológicos, en dependencia de la velocidad del viento y de las lluvias asociadas, pueden ocasionar serios daños a la infraestructura y a las plantaciones agrícolas del área. En forma esquemática, en la figura 3 pueden observarse las trayectorias de algunos de los ciclones que han cruzado por el municipio.

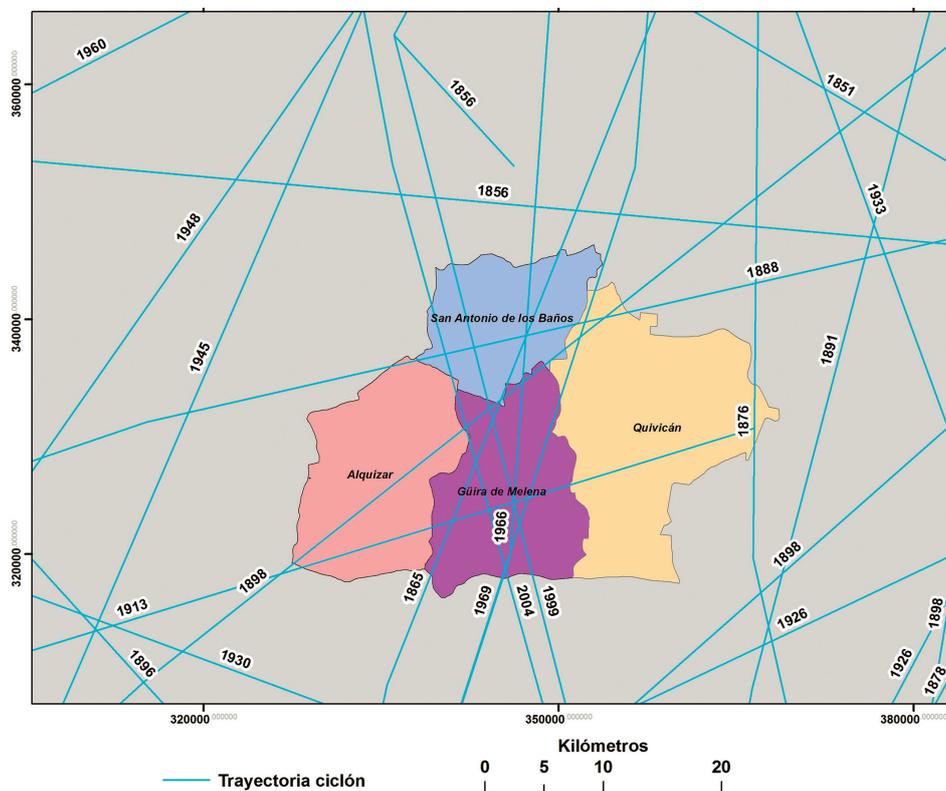


Fig. 3. Trayectoria de los ciclones que han azotado el municipio, señalando los años de ocurrencia. (Fuente: STORMPULSE, periodo 1851-2010).

## Precipitaciones

Las precipitaciones medias anuales, que se registran como promedio en el entorno del municipio Güira de Melena, están por debajo del valor medio nacional. Teniendo en cuenta la alimentación del manto freático en esta zona, donde la escorrentía superficial es escasa y no puede ser aprovechada para el abasto a la población y a la agricultura, es imprescindible contar con información de la lluvia

registrada para poder manejar los recursos hídricos subterráneos del territorio.

La recopilación de datos pluviométricos se lleva a cabo en los equipos instalados en el municipio y en su área aledaña, operados por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. En la figura 4 se aprecia la distribución espacial de los puntos de medición pluviométrica con series relativamente largas de observación.

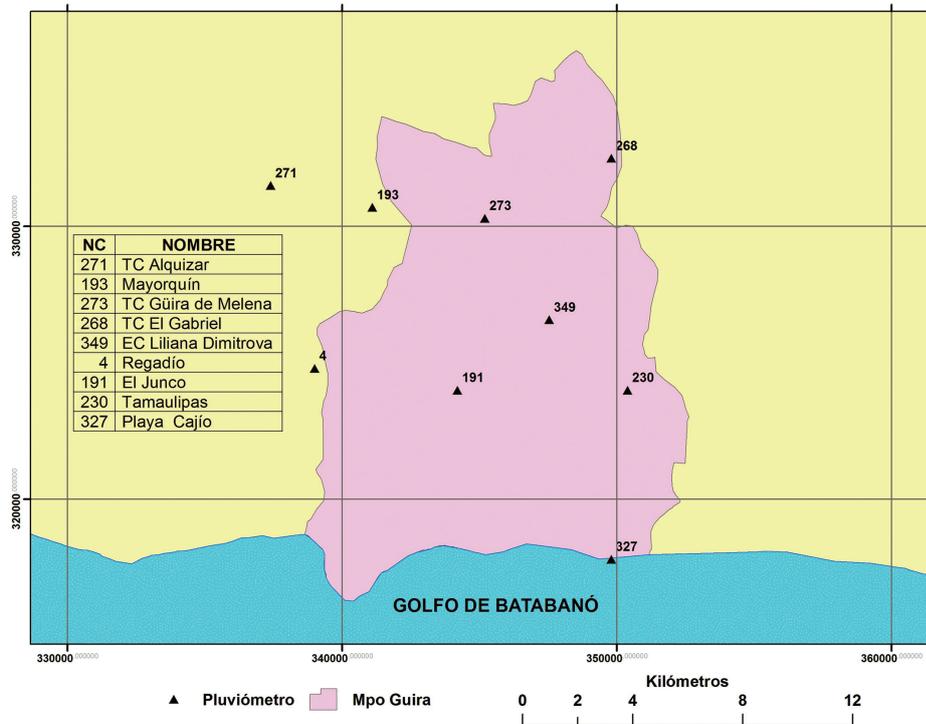


Fig. 4. Ubicación de los pluviómetros en el municipio Güira de Melena (elaborado por el autor).

Se ha tomado la información pluviométrica recolectada en el pluviómetro LH-273 (TC Güira de Melena) como representativo de la lluvia en el municipio, donde el relieve es totalmente de llanura. El cálculo realizado muestra la variabilidad de las precipitaciones en el periodo analizado (1964-2006), para una precipitación media anual igual a 1 227 mm (ver Fig. 5).

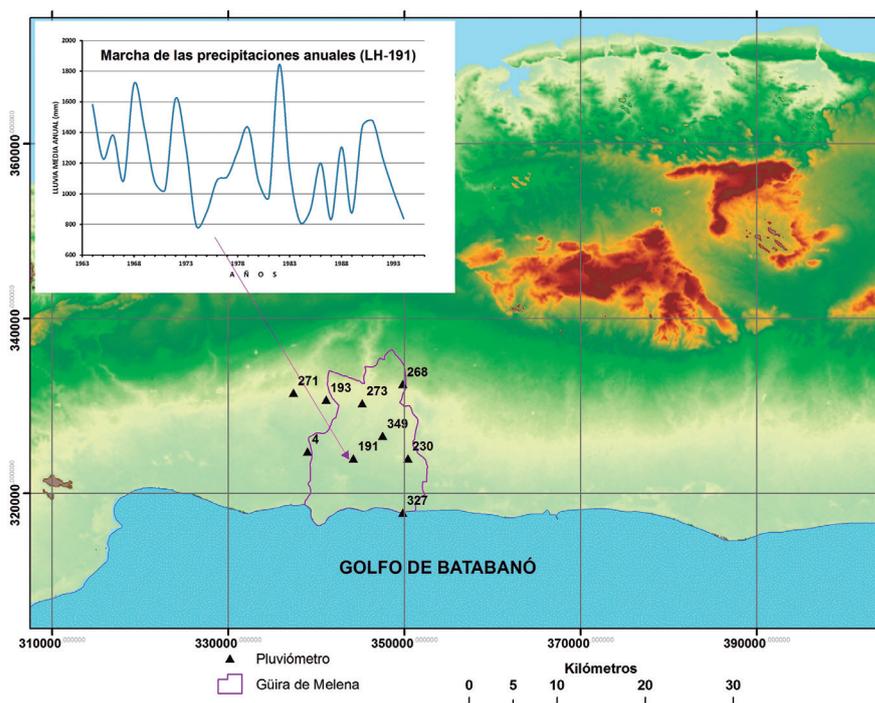


Fig. 5. Marcha de las precipitaciones anuales registradas en el pluviómetro LH-273, TC Güira de Melena (elaborado por el autor con datos del INRH).

A partir del mapa isoyético elaborado para todo el país (Rodríguez, F., *et al.*, 2005), se ha calculado la lluvia media anual en el municipio Güira de Melena, aplicando la técnica de la precipitación media ponderada y apoyado en un Sistema de Información Geográfica (SIG). En este mapa isoyético se aprecia la regularidad de la pluviosidad del territorio, donde las precipitaciones decrecen hacia la zona costera y los valores máximos se registran hacia el norte del municipio de una superficie total de 177 km<sup>2</sup>. El valor de la lluvia media anual obtenida es igual a 1 254 mm, prácticamente el mismo valor obtenido por los datos del pluviómetro LH-273. Esto confirma la representatividad de este equipo, por tanto, sus registros pueden ser utilizados para cálculos más detallados relacionados con las precipitaciones en el territorio.

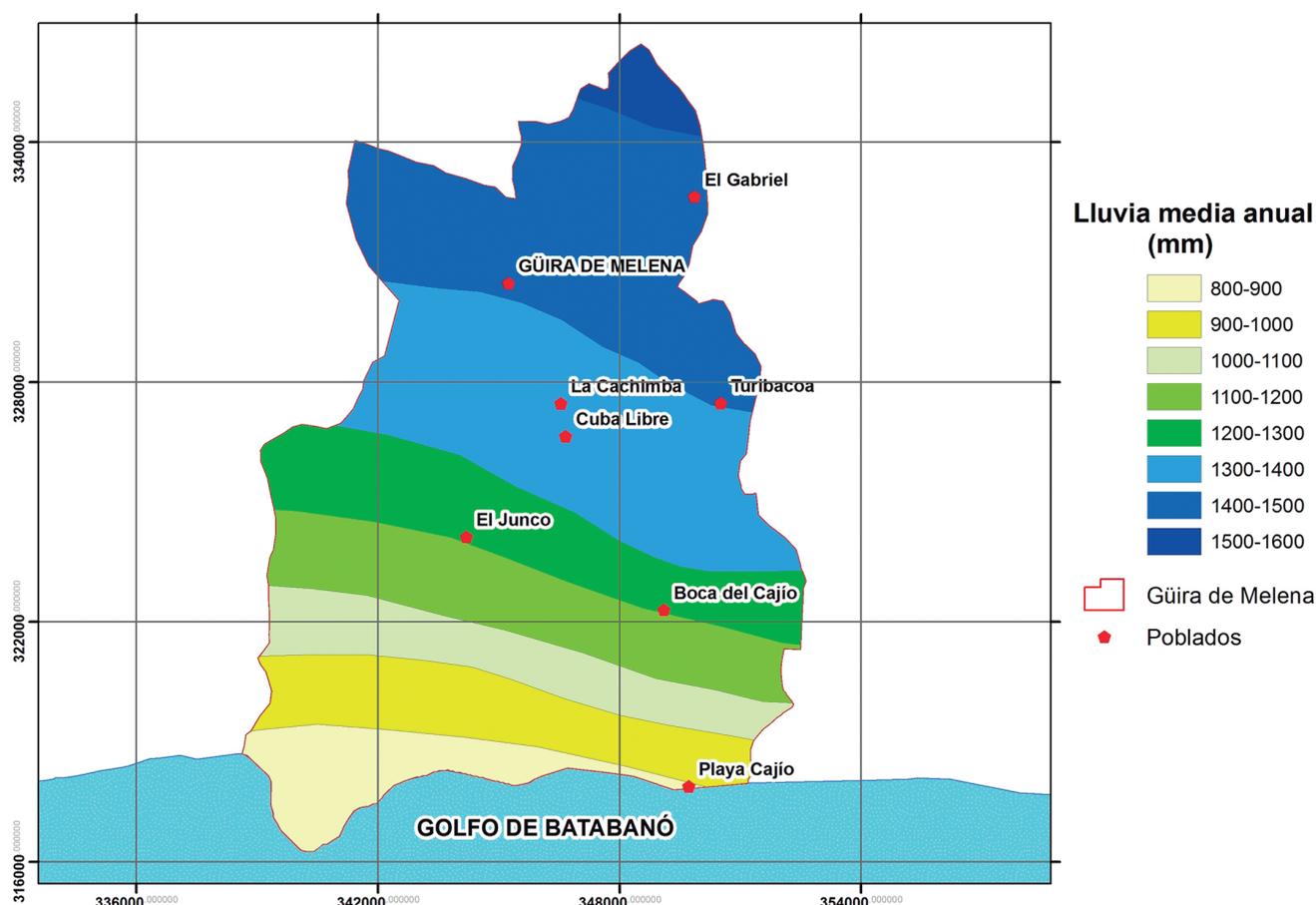


Fig. 6. Precipitación media anual (mm) en el municipio Güira de Melena.

Las precipitaciones máximas diarias, generalmente observadas durante el paso de los ciclones, son referidas a la lámina de lluvia que precipita durante 24 horas y constituye una variable de interés para distintas ramas de la economía. El cálculo de este parámetro se ha elaborado aplicando el método “estación-año”, procesando la información de tres pluviómetros, seleccionados por su ubicación dentro del municipio y por las series de observaciones registradas (ver Tabla 1).

Tabla 1. Pluviómetros seleccionados para determinar la lluvia máxima diaria en el municipio Güira de Melena por el método “estación-año”

Nº Control	Nombre	Altitud (m.s.n.m.)	Periodo observación
LH-191	El Junco	8	1964-1995
LH-273	TC Güira de Melena	10	1965-2006
LH-268	TC El Gabriel	21	1965-2006

Fuente: INRH

La figura 7 representa el resultado del procesamiento estadístico-hidrológico realizado para un ajuste polinómico de orden 4, lo cual permite cuantificar la lluvia máxima diaria para las probabilidades 1 %, 5 %, 10 %, calculadas por la ecuación obtenida, con un coeficiente de correlación de 0,99 (ver Tabla 2).

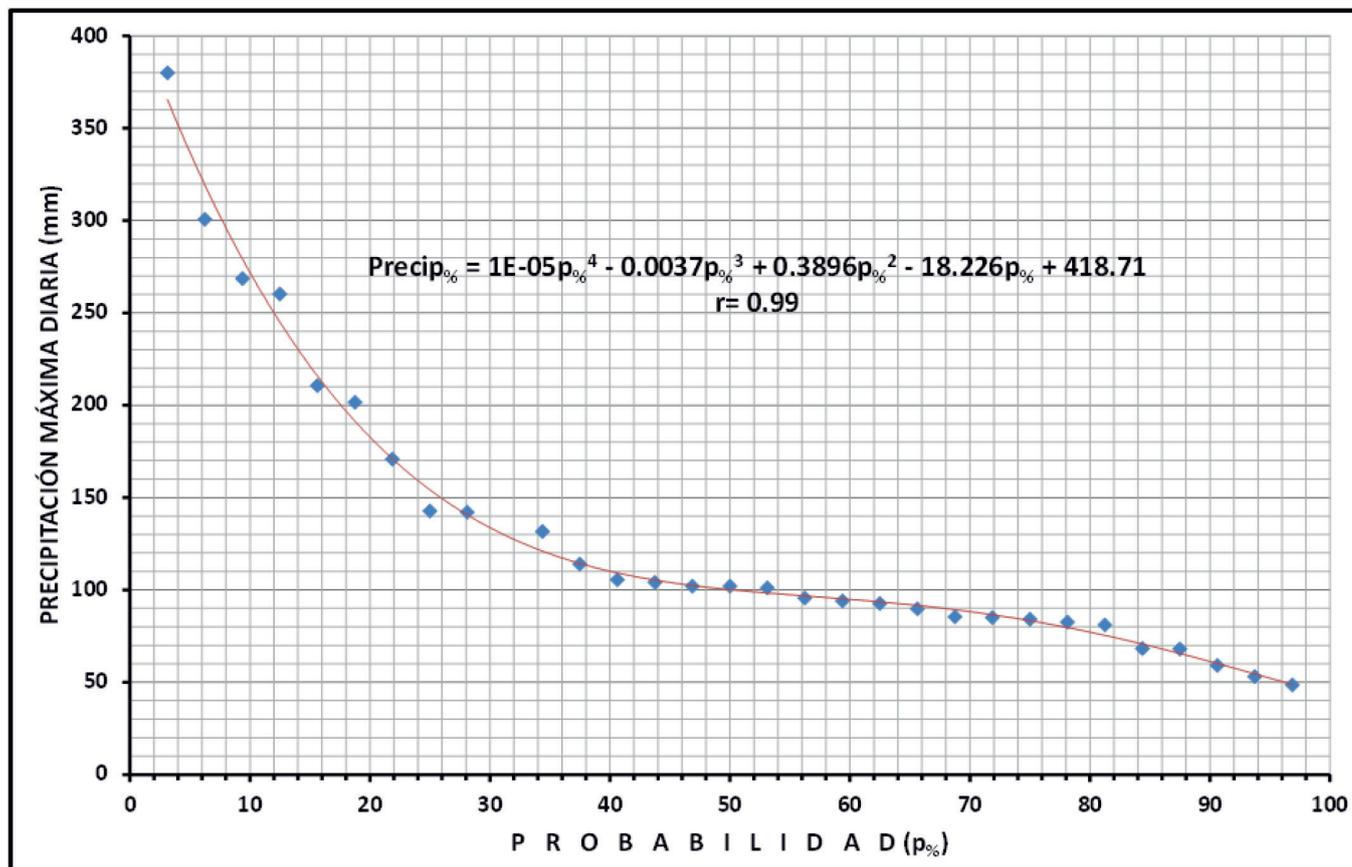


Fig. 7. Puntos empíricos (lluvia registrada) y curva teórica para determinar las precipitaciones máximas diarias de distintas probabilidades (elaborado por el autor con datos del INRH).

Tabla 2. Cálculo de las lluvias máximas diarias para distintas probabilidades en el municipio Güira de Melena

Promedio de lluvias máx. = 130,8	PROBABILIDAD (%) / Tiempo de retorno en años			
	1 (100)	5 (20)	10 (10)	20 (5)
Lluvia máxima diaria (mm)	400	337	272	183

Fuente: calculado por el autor

## Recursos hídricos

En el territorio donde se encuentra el municipio de Güira de Melena, no existe drenaje superficial, la geología es complicada, con formaciones cársicas litológicamente formadas –en un alto por ciento– por calizas, margas y calcarenitas. Predominan los depósitos palustres y sedimentos turbosos arcillosos, así como la presencia de turbas. El relieve es suavemente ondulado y del tipo de llanura cársica, con agrupamientos de suelos ferrálico y ferralítico, donde se encuentra la mayor área cultivable (ver Fig. 8). En el humedal también están presentes los suelos hidromórficos y en otras áreas los histosoles.

La superficie del municipio está ubicada sobre la subcuenca subterránea Alquízar-Güira-Quivicán (HS-3), relacionada con la denominada cuenca sur, una de las fuentes de agua que abastece a la capital del país. Además de esto, es conveniente señalar la existencia del dique sur, construido de forma experimental con el objetivo de “retener” las escorrentías superficial y subterránea hacia el mar.

En la franja costera los suelos son cenagosos y no aptos para la agricultura y en algunos lugares aflora el agua subterránea. La dinámica de las aguas subterráneas en el territorio depende de la cantidad de precipitaciones y de las alteraciones que ha sufrido por la intervención humana en más de una ocasión. Aproximadamente medio siglo atrás fueron abiertas zanjas y canales para drenar los terrenos cercanos a la costa, lo cual contribuyó a que descendiera el nivel de las aguas subterráneas, pero este impacto ambiental produjo una alteración en el régimen subterráneo del acuífero, rompiéndose el equilibrio hidrostático entre el agua dulce y la salada en la línea costera, provocando un déficit de humedad en el territorio y una disminución de las reservas de agua.



Fig. 8. Regadío en suelos característicos en el municipio de Güira de Melena.

Una administración adecuada de los recursos hídricos disponibles en el entorno donde se encuentra el municipio Güira de Melena, requiere conocer los componentes del balance hídrico. En el Nuevo Atlas de Cuba (NANC, 1989) se aplicó el método basado en el estudio de los seis componentes del escurrimiento, que posibilita evaluar los procesos que ocurren en el ciclo hidrológico. A partir del “Mapa de la componente subterránea del escurrimiento fluvial”, se ha extraído el área correspondiente para presentar la escorrentía subterránea, donde se aprecia la mayor parte del municipio con una lámina entre 20 mm y 50 mm.

*“La componente subterránea del escurrimiento fluvial constituye un elemento importante dentro del balance hídrico, ya que gracias a ella se cuenta con una entrada de agua garantizada a los embalses durante el período menos lluvioso. La distribución y el volumen de este componente del escurrimiento fluvial no sólo dependen de las características de las precipitaciones, sino también de las propiedades hidrofísicas del suelo, así como de la acción conjunta de los demás factores físico-geográficos”* (NANC, 1989).

Aunque no es el objetivo de este artículo analizar el impacto del construido “Dique Sur” en la franja costera emergida, con un trazado de terraplén de casi 52 km, entre el poblado de Surgidero de Batabanó hasta playa Majana, es importante comentar la situación actual y su impacto en el territorio.

Según Núñez Lafitte, M. (2005), *“...en 1975 la proyección de un dique experimental de más de 4,1 km de frente hacia la zona de playa Cajío, con el objetivo de observar los beneficios y posibles incidencias de esta obra en el acuífero y el entorno para, posteriormente, tras algunos años de observaciones, extenderlo a lo largo de la costa si así su utilidad lo justificaba. Los efectos positivos en cuanto a la recuperación de los niveles en la zona próxima al primer tramo de dique construido y la*

*disminución sensible del contenido salino observada en los pozos de control, coadyuvaron a continuar la proyección y extensión de la obra por los posibles efectos beneficiosos que traería a las reservas hídricas del acuífero”.*

De acuerdo con lo publicado por Núñez Lafitte, la construcción del dique ha reportado los siguientes beneficios:

1. Restablecimiento de las condiciones naturales del acuífero en la zona baja, afectada por la construcción de los canales y zanjas de drenaje.
2. Elevación del nivel freático en los pozos próximos al área, utilizados para el riego (entre 0,30 m y 0,40 m).
3. Mejora de la calidad química del agua por la disminución sensible de la salinidad (de 30 % - 40 %).
4. Desplazamiento a profundidades mayores del contacto agua dulce - agua salada (en unos 15 m).
5. Aumento de la disponibilidad de agua del acuífero para diferentes usos (85 hm<sup>3</sup>/año).
6. Aumento de la carga hidráulica en el área próxima al mar para detener la intrusión marina (hasta 0,90 m).
7. Humedecimiento permanente de la turba, lo que limita la propagación de los incendios forestales que suelen producirse en esta zona.
8. Protección de la zona costera contra la penetración del mar cuando se producen eventos extremos de la naturaleza (huracanes, lluvias intensas, mareas meteorológicas, etc.) hasta ciertos límites lógicos y técnicos.

La influencia de origen antrópico en la franja costera emergida ha contribuido a la alteración de la dinámica de las aguas subterráneas en la zona sur de la antigua provincia de La Habana. Teniendo como única fuente de alimentación las precipitaciones y, considerando las extracciones para abasto a la población, la construcción del dique no ejerce una acción cuantitativa en forma positiva, es decir, el nivel piezométrico (cota del nivel de las aguas subterráneas) varía de acuerdo a la cantidad de precipitaciones del año. No obstante, después de transcurridos más de 40 años de la construcción del dique, sería interesante realizar un estudio integral para evaluar el impacto ambiental y la situación actual.

En una publicación sobre el escurrimiento subterráneo directo al mar, Dzhamadov, *et al.* (1977), plantea: “La descarga de las aguas subterráneas produce distintas anomalías en las aguas costeras y en los sedimentos marinos adyacentes, lo cual sirve para estudiar y conocer los lugares de salida del agua hacia el mar y por tanto evaluar el escurrimiento subterráneo. Estas anomalías son: los cambios de temperatura, la conductividad eléctrica, la composición química de las aguas del mar y los sedimentos del fondo marino. Todas estas características pueden ser estudiadas por la toma de muestras de agua y sedimentos marinos, así como mediante la utilización del análisis espectral de las fotografías cósmicas, aéreas, etc.”.

Finalmente, se ha recopilado la información sobre los niveles mensuales del agua subterránea en la subcuenca acuífera HS-3 (Alquízar-Güira-Quivicán), publicada en el sitio web “CubAgua” del INRH, con el objetivo de mostrar las variaciones del nivel piezométrico de esta cuenca y las precipitaciones registradas durante el período enero/2004 hasta setiembre/2012 (ver Fig. 9). Se observan varios picos en los niveles del agua subterránea muy relacionados con la cantidad de precipitaciones. Por otra parte, se aprecia una tendencia al descenso de los niveles durante el período señalado, debido a la lenta recuperación del acuífero.

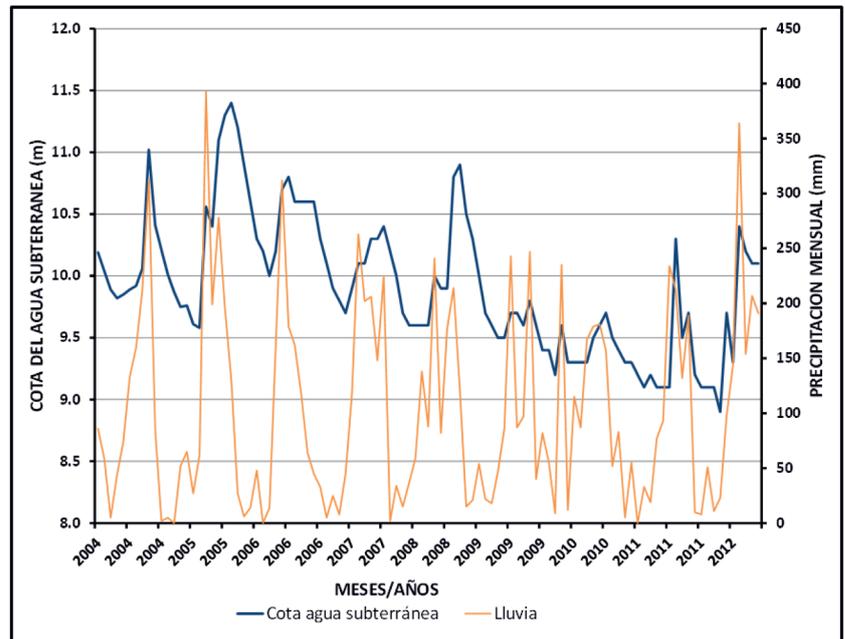


Fig. 9. Variación mensual del nivel del agua subterránea y la precipitación en la cuenca acuífera HS-3, durante el período enero/2004-setiembre/2012 (elaborado por el autor).

## CONCLUSIONES

- Las precipitaciones anuales que se registran en el municipio están por debajo de la media nacional y no son suficientes para mantener una recarga normal de los acuíferos de la subcuenca HS-3. Además de esto, la evapotranspiración es alta, lo cual es consecuencia de las pocas precipitaciones, la sobreexplotación de la subcuenca y la influencia de la zona costera.
- Aunque se requerirían estudios especializados para obtener resultados confiables, el impacto del dique en la franja costera emergida muestra que los recursos hídricos subterráneos en Cuba no son magnitudes estáticas, ya que este recurso natural está en dependencia de múltiples factores.
- La relación entre los niveles piezométricos y las precipitaciones mensuales en la subcuenca HS-3 denota una tendencia al descenso de las reservas de agua en el acuífero, aunque no se ha tenido en cuenta la magnitud de las extracciones.

## BIBLIOGRAFÍA

1. DZHAMADOV, *et al.*: *Escurrecimiento subterráneo directo al mar y a los océanos*, p.93, Ed. “Nauka”, Leningrado, 1977 (edición en ruso).
1. NÚÑEZ LAFITTE, M.: “El Dique Sur de la provincia de La Habana: una obra para recordar”, *Revista Voluntad Hidráulica*, **No. 97**, ISSN-2750, pp. 57-59, 2005.
2. INRH: *Observaciones hidrométricas y pluviométricas 1960-2000*. (Archivo personal del autor).
3. INSTITUTO DE GEOGRAFÍA: *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*, p. 540, Editora Instituto Geográfico Nacional de España, Madrid, 1989.
4. ONEI: Anuarios Estadísticos Municipales. Disponible en: <http://www.one.cu>. Consultado en 2012.
5. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, F. F. y COLECTIVO DE AUTORES: *Estudio pluvial de Cuba. Período principal 1961-2000*, INRH. 2005.
6. Sitio Web “CubAgua”, <http://www.hidro.cu/boletines.htm>
7. Sitio Web STORMPULSE, <http://stormpulse.com>

# GESTIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES EN CORRIENTES SUPERFICIALES APLICANDO LA NORMA CUBANA NC-27:2012<sup>1</sup>

### RESUMEN

La evaluación y gestión de la calidad de las aguas se materializa en la cuenca hidrográfica, como unidad donde se llevan a cabo todos los procesos que influyen y determinan su cantidad y calidad, así como sus relaciones con otros elementos naturales y antrópicos. Una norma de vertimiento de aguas residuales es un instrumento legal para garantizar la calidad de las aguas terrestres mediante la regulación de las descargas de residuales a éstas, lo que a su vez servirá de base para la elaboración de estrategias de saneamiento. Ésta ayudará a la protección de las fuentes de abasto a la población, los cursos naturales de las aguas, las aguas subterráneas y las obras e instalaciones hidráulicas.

Lo que se expone está dirigido a destacar la importancia de las normas de vertimiento de aguas residuales y la implementación de sus especificaciones, aportando elementos sobre normativas de descarga de aguas residuales y sus componentes, tales como concentración, carga, tipos de muestreos, límites de aceptabilidad, entre otros elementos, que contribuyen a la protección de la calidad de las aguas terrestres.

Es una contribución al entendimiento de la ruta crítica a seguir, tanto por las autoridades rectoras de recursos hidráulicos, como de salud y medio ambiente, sobre la aplicación de la NC-27:2012, normativa vigente en Cuba. Se describen diferentes procedimientos de cálculo para hallar la carga contaminante en diferentes condiciones de acuerdo con la disponibilidad de datos de caudal y concentración.

**Palabras claves:** Normas de vertimiento, carga contaminante, cuerpo receptor.

### 1. INTRODUCCIÓN

La dependencia de la calidad del agua con sus usos y disponibilidad, conforma una sola categoría indisoluble. Cantidad y calidad van de la mano y ambas son determinantes en la adecuada gestión del recurso hídrico. La

<sup>1</sup> Lic. Joaquín Gutiérrez Díaz. Consultor. E-mail: [berver43@yahoo.com](mailto:berver43@yahoo.com) y Dr. Jorge Mario García Fernández. Secretario Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas (CNCH), Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). E-mail: [jorgem@hidro.cu](mailto:jorgem@hidro.cu)



evaluación y gestión del agua se materializa en la cuenca hidrográfica, como unidad donde se llevan a cabo todos los procesos que determinan su cantidad y calidad y sus relaciones con otros factores naturales y antrópicos.

Las características físicas, químicas y biológicas de las aguas superficiales y subterráneas se manifiestan de forma diferente y en distintas escalas (sistema hídrico, cuenca, subcuenca, otros). Sus características naturales reciben el impacto de descargas de aguas residuales, dando lugar a cambios negativos en la calidad y el uso del recurso.

El manejo apropiado de la calidad de las aguas naturales y residuales en una cuenca hidrográfica implica el diseño y operación de un sistema de monitoreo de la calidad de las aguas, que va desde la capacitación del personal, recursos de muestreo y análisis en los laboratorios de aguas, hasta obtener los resultados en concentraciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos y estimar las cargas que se generan, generalmente producidas por la actividad económica y social.

La evaluación de la calidad del agua para determinados usos, incluyendo el ecológico o ambiental,

se basa en la aplicación de normativas generales y específicas. Una norma de vertimiento de aguas residuales es un instrumento legal para garantizar la calidad de las aguas terrestres mediante la regulación de las descargas de residuales a éstas, lo que a su vez servirá de base para la elaboración de estrategias de saneamiento. Ésta ayudará a la protección de las fuentes de abasto a la población, los cursos naturales de las aguas, las aguas subterráneas y las obras e instalaciones hidráulicas.

Las normativas de vertimiento de aguas residuales pueden referirse a concentraciones o cargas, o ambas inclusive. Por ejemplo, una restricción de calidad puede expresarse de la forma siguiente: la concentración no será mayor de 0,01 mg/l, **límite máximo admisible o permisible (LMA)**, y la **carga máxima en un día (CMD)**, en inglés (**TMDL**) ser inferior a 1 kg/d.

Hay formas diferentes de plantear las especificaciones, por ejemplo: cualquier valor por encima de la concentración LMA o CMD da lugar a un incumplimiento de la normativa y dará porcentajes relativos a números de incumplimientos de LMA o CMD en una serie de resultados, donde la frecuencia y número de muestras se deben especificar.

En muchos casos las normativas de descarga de aguas residuales contienen indicaciones referentes al estudio caso a caso de la disposición final, dando lugar a que el rector de la norma imponga criterios de mayor o menor restricción, al igual que seleccione apropiadamente los parámetros de mayor importancia.

Considerar en todo su alcance y factibilidad los LMA o CMD, da lugar a que se emplee con la flexibilidad adecuada la normativa y sus exigencias. Se debe hacer notar el impacto económico que puede producir en un país la aprobación de una normativa de descarga de aguas residuales. Un simple ejemplo así nos lo indica:

- La descarga al cuerpo receptor como LMA es de 50 mg/l de  $DBO_5$ .
- La descarga al cuerpo receptor como LMA es de 15 mg/l de  $DBO_5$ .
- Para la reutilización en riego agrícola el LMA de huevos de Helmintos es de 1 huevo/litro.

Para aguas residuales domésticas cumplir con un LMA de 50 mg/l de  $DBO_5$  implica un tratamiento primario. Sin embargo, para cumplir con un LMA de 15 mg/l de  $DBO_5$  se necesita de un tratamiento secundario avanzado. Para cumplir con la especificación de huevos de Helmintos será necesario incluir un sistema de filtración. Es conocida la resistencia de los huevos de Helmintos a la desinfección.

Lo anterior ejemplifica cómo la aprobación de una normativa referida a la descarga de aguas residuales a los cuerpos receptores, aparentemente bien formulada desde su ángulo estrictamente técnico, pudiera pasar a ser una carga económica insostenible y posiblemente, imposible de cumplir. Tal es el caso de muchas normativas en países en vías de desarrollo, donde se copian los estándares de los países desarrollados. En el presente trabajo, se hace especial énfasis en la normativa de vertimiento de aguas residuales vigente en Cuba, la NC-27:2012 "Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado. Especificaciones".

## 2. Concentración y Carga

### 2.1. Concentración

El término **concentración** (M/V) es la expresión de la masa (M) de un elemento, compuesto o in-

dicador en un determinado volumen de agua (V). Usualmente se determina en los laboratorios, también existen equipos que pueden determinar concentraciones en la propia corriente superficial, tal como medidores de oxígeno disuelto, pH, turbiedad, entre otros.

La concentración nos ofrece un valor representativo del sitio y el momento de toma de la muestra, como una huella de las condiciones hidrológicas y otras precedentes, la primera vinculada con el caudal de la corriente.

Si la normativa de un determinado compuesto o elemento en el cuerpo de agua es de 0,010 mg/l, un valor de 0,015 mg/l indica un incumplimiento de la norma y si es menor, se cumple con lo exigido por la normativa. En la práctica se puede dar el caso de que un determinado sitio de muestreo refleje siempre valores menores o mayores que la normativa, al igual podemos tener épocas donde la normativa se cumpla y en otras no.

### 2.2. Carga

La **carga** de un determinado parámetro de calidad de agua se expresa en términos de: masa/tiempo (M/t). No es más que la multiplicación de la concentración por el caudal:  $carga = concentración \times caudal$  (M/V x V/t).

Si hemos medido 0,010 mg/l de un determinado compuesto o elemento con un caudal asociado de 0,10 m<sup>3</sup>/s, la carga es la siguiente:

$$Carga \text{ (ejemplo)} = 0,01 \times 0,10 = 0,001 \text{ mg/s}$$

Si el caudal se mantiene en ese valor por un día tendremos (24 horas = 86 400 segundos):

$$Carga \text{ (ejemplo) en un día} = 0,01 \text{ mg/s} \times 86\,400 \text{ s} = 864 \text{ mg/d} = 0,864 \text{ kg/d} \text{ como carga instantánea.}$$

### 2.3. Tipos de muestreos, concentraciones y cargas

Tomando como ejemplo la normativa vigente en Cuba, la NC-27:2012 "Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado. Especificaciones", tendremos:

### 2.3.1. Muestra instantánea

Tipo de muestra que se toma sobre un efluente a partir de un volumen dado de agua residual para su posterior análisis en el laboratorio. El muestreo debe llevarse a cabo en días representativos del proceso generador de la descarga.

Este tipo de muestreo da lugar a conocer la concentración instantánea en el sitio de muestreo. Si se determina el caudal sería el caudal instantáneo, si se calcula la carga tendríamos la carga instantánea.

Al tomar varias muestras instantáneas durante el día se puede calcular la concentración promedio diaria, el gasto promedio diario y la carga promedio diaria.

### 2.3.2. Muestra compuesta proporcional al caudal

Tipo de muestra que se toma sobre un efluente a partir de un número determinado de porciones proporcionales al caudal y mezclándolas en un recipiente adecuado. El agua residual mezclada es objeto de análisis en el laboratorio posteriormente.

El muestreo debe llevarse a cabo en días representativos del proceso generador de la descarga. Realizado en un día nos dará la concentración promedio diaria, el gasto promedio diario y la carga promedio diaria.

La diferencia entre ambos tipos de muestreo radica en que en el muestreo instantáneo hay que determinar en cada muestreo parcial la concentración y el caudal. En el muestreo compuesto obtenemos una muestra para enviar al laboratorio, pero al igual, hay que determinar los caudales para el cálculo del caudal promedio diario.

## 3. Normativas de vertimiento de aguas residuales

Las normativas de vertimiento de aguas residuales pueden establecer diferentes límites permisibles, ya sea donde se generan los residuales o en el cuerpo receptor. Las definiciones referentes a cargas en la NC-27:2012 son:

- Límite máximo permisible promedio: Valor de la concentración promedio de un parámetro



contaminante que no debe ser excedido por el responsable de la descarga de aguas residuales.

- Límite máximo permisible instantáneo: Valor de la concentración de un parámetro contaminante que no debe ser excedido por el responsable de la descarga de aguas residuales en un muestreo instantáneo.

### 3.1. Respecto a la “ruta crítica” en la Norma Cubana NC-27:2012

**Ejemplo de referencia:** Una pequeña industria metalúrgica donde la principal producción se asocia al trabajo con el bronce y está instalada en la ribera de un cuerpo receptor clasificado según la NC-27:2012 como de tipo (A). La industria posee licencia ambiental.

La Clase (A), según la NC-27:2012 es: ríos, embalses y zonas hidrogeológicas que se utilizan para la captación de aguas destinadas al abasto público y uso industrial en la elaboración de alimentos. La clasificación comprende a los cuerpos de aguas situados en zonas priorizadas de conservación ecológica.

De acuerdo con la Tabla 3 de la NC-27:2012, la industria debe cumplir con los límites máximos permisibles promedios para los parámetros siguientes: pH, CE, temperatura, grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables totales, DBO<sub>5</sub>, DQO, nitrógeno total y fósforo total.

La industria debe cumplir con las restricciones según los **acápites 5.5, 5.6 y 5.7 de la NC-27:2012**, que contienen explícitamente las restricciones relativas al oxígeno disuelto, Número Más Probable de Coliformes Totales y Fecales (NMP/100 mL) y compuestos inorgánicos tóxicos y orgánicos tóxicos en cuerpos receptores. El **acápito 5.3 de la NC-27:2012**, plantea que en las evaluaciones para casos específicos corresponde al organismo rector de las aguas terrestres señalar, si fuera necesario, otros parámetros a considerar y sus límites máximos permisibles promedio o cargas contaminantes permisibles, siempre de acuerdo con la clasificación de los cuerpos receptores, su estado sanitario actual y las prioridades para su conservación.

En el ejemplo, el organismo rector de las aguas terrestres consideró incluir como compuesto inorgánico tóxico al Cobre (Cu), con una concentración promedio diaria inferior a 5,0 mg/l y una carga promedio diaria inferior a 15.00 g/h.

### 3.2. Plan de Control

Según la NC-27:2012 en su acápite **6.3**, el organismo rector de las aguas terrestres incluirá en su dictamen la obligación por parte de la industria de disponer de la caracterización de sus residuales y de poseer un plan de control sistemático de la composición del vertimiento autorizado, con la finalidad de determinar si los parámetros relacionados en las tablas 3 y 4 u otros que hayan sido fijados de acuerdo al enunciado 5.3, cumplen con los Límites Máximos Permisibles Promedio regulados por la presente norma y con las restricciones impuestas en los enunciados 5.5, 5.6 y 5.7.

El responsable de la descarga de aguas residuales establecerá un monitoreo de la calidad de sus efluentes, que será ejecutado en días representativos de producción, con una frecuencia semestral. Así:

- Determinará el límite máximo permisible promedio de los parámetros incluidos en la Tabla 3 de la NC-27:2012 y el Cu, llevando a cabo un muestreo proporcional al gasto en un día de producción, considerando los horarios productivos espaciados en 1 hora. De igual forma, podrá determinar las concentraciones y caudales instantáneos cada hora para calcular la concentración y caudal promedio.
- Determinará las concentraciones de oxígeno disuelto, Coliformes totales y Coliformes fecales aguas arriba y aguas debajo de la zona de mezcla de las aguas residuales con el cuerpo receptor. Estas determinaciones son instantáneas y se deben repetir cada 2 horas hasta acumular 4 muestras, se estimaran los valores de oxígeno disuelto que deben ser mayores de 4,0 mg/l, al igual la media geométrica de los Coliformes totales y fecales donde no debe haber un aumento del NMP/100ml mayor de 1 000.

- Determinará aguas abajo después de la zona de mezcla si la concentración de (Cu) cumple con las normativas de potabilidad del agua y de fuentes (NC-827-2012 y NC-1021-2014). Este valor debe ser inferior a 5,00 mg/l.

### 3.3. Muestreo instantáneo de (Cu) y caudal

Veamos un ejemplo de una serie de datos, calculado en un muestreo instantáneo de concentración de (Cu) y caudal.

Tabla 1. Monitoreo instantáneo de (Cu) y caudal en un día de producción (8 horas)

Hora	mg/l	l/s	Carga (g/h)
1	2,20	0,50	3.96
2	3,66	0,8	10.5408
3	3,00	0,8	8.64
4	6,00	1.00	21.60
5	5,80	1.00	20.88
6	4,90	1.50	26.46
7	2,00	0.70	5.04
8	2,00	0.70	5.04
<b>Promedio</b>	<b>3,695</b>	<b>0.875</b>	<b>12.771</b>

El monitoreo de la calidad del agua dirigido al (Cu) nos da valores de cumplimiento con la normativa en concentración y en carga. Hay algo interesante en el ejemplo: en la hora (6) la concentración de (Cu) es inferior a la normativa, sin embargo, es la carga mayor de la serie debido al gasto.

El promedio calculado es de 3,70 mg/l. La carga calculada es de 12.77 g/hó por un día de producción representativo. Los resultados indican el cumplimiento con las restricciones impuestas al (Cu).

### 3.4. Muestra compuesta proporcional al caudal para (Cu)

Toma en cuenta las variaciones del caudal en el periodo de muestreo. Debe tomarse una muestra compuesta con volúmenes proporcionales al caudal, colectados a intervalos regulares de tiempo.

Se debe conocer de manera aproximada el valor del caudal promedio.

Utilizando la fórmula siguiente:  $Vm (ml) = (Qt \times V(t) / Qm \times n) \times 1000$ , donde:

**Vm** = Volumen de muestra que se toma (ml)

**Qt** = Caudal en el momento de la toma de la muestra (l/s)

**Qm** = Caudal promedio estimado durante el muestreo (l/s)

**V** = Volumen final total de la muestra compuesta (l)

**N** = Número de muestras simples tomadas para constituir la muestra compuesta

El volumen del frasco donde se añadirán los volúmenes parciales debe ser de alrededor de unos 5 litros, que permita almacenar la muestra compuesta que se enviará al laboratorio. Es evidente que existe un ahorro de recursos importantes al solo tener que enviar una muestra a analizar en vez de docenas.

Se estima el primer caudal a la hora planificada y se aplica la ecuación para hallar el volumen. Se mide este volumen de agua natural o residual y se agrega al frasco, así se procede hasta terminar el muestreo.

Tabla 2. Muestra compuesta proporcional al caudal para (Cu). Caudal promedio estimado 1.0 l/s, frasco 5 litros y (Vt) 4 litros

Hora	Qt (l/s)	Vm (ml)
1	0,50	250
2	0,80	400
3	0,80	400
4	1.00	500
5	1.00	500
6	1.50	750
7	0,70	350
8	0,70	350
<b>Volumen final</b>		<b>3500</b>
Promedio	0,875	

El resultado de la muestra compuesta enviado por el laboratorio fue de 3,75 mg/ de (Cu). Luego, se interpreta como el promedio de la concentración, la normativa se cumple.

La carga de (Cu) se calcula según:

$$L(\text{Cu}) = (Q_m \text{ (real) l/s} \times C \text{ (muestreo compuesto) mg/l}) \times (3600/1000) \times 8$$

$$L(\text{Cu}) = 94.50 \text{ g/periodo}$$

$$\text{Carga (Cu) g/h} = 94.50/8 = 11.81$$

Al ser menor de 15 g/h se cumple con la restricción de carga. Ambos métodos de muestreo dan resultados semejantes.

### 3.5. Restricción de oxígeno disuelto, Coliformes y compuestos inorgánicos tóxicos

Para comprobar el cumplimiento de estas restricciones habrá que efectuar un monitoreo aguas arriba de la descarga y aguas abajo después de la zona de mezcla.

Tabla 3. Oxígeno disuelto (mg/l)

Aguas arriba	5,13	4,99	5,55	5,70
Aguas abajo	5,20	4,80	5,40	5,70

Se cumple con la restricción de oxígeno disuelto.

Tabla 4. Coliformes totales y fecales y % Coliformes fecales/Coliformes fecales

Aguas arriba	880/120/13,63	660/80/12,12	540/60/11,11	590/80/13,55
Aguas abajo	840/100/11,90	600/120/20,00	700/64/9,14	620/38/6,13

Se cumple con la restricción de Coliformes totales, fecales y relación entre Coliformes totales y fecales.

Tabla 5. Restricción respecto al (Cu) en las normativas de potabilidad

Aguas arriba	0,20	0,12	0,10	0,10
Aguas abajo	0,33	0,23	0,18	0,15

Se cumple con la restricción de (Cu) menor de 5.00mg/l.

## 4. Otros métodos para determinar la carga

Suele ocurrir que no se tengan pareadas series con caudales y concentración. Puede haber más datos de caudales que de concentración y viceversa. A continuación se dan una serie de ecuaciones para determinar la carga ante diferentes situaciones desarrolladas por diferentes autores:

La expresión de la carga contaminante es el producto del caudal por la concentración (QC), su unidad es (MT<sup>-1</sup>). El mayor problema que presenta su determinación exacta es la acostumbrada falta de datos de concentración, ante una mayor información relacionada con los caudales. Es evidente que mientras se cuente con más datos en un periodo

determinado de (Q) y (C), el cálculo de la carga será más aproximado a la realidad.

A continuación se darán las expresiones más utilizadas para el cálculo de la carga de sustancias solubles y sólidos en ríos, lo que es aplicable en la estimación de la carga producida por cualquier foco contaminante. Hoy en día existen estaciones automáticas capaces de regular tanto el gasto como la concentración instantánea de forma continua, lo que resulta en cálculos de las cargas con muy buena precisión y exactitud. Estas estaciones son caras y requieren de un mantenimiento y operación por personal calificado, pudiendo transmitir la información por varias vías a puntos distantes.

Tabla 6. Ecuaciones para el cálculo de las cargas contaminantes

No.	Ecuación	Autor
1	$L = K \cdot \left[ \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{n} \right] \cdot \left[ \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{n} \right]$	Verhoff-1
2	$L = K \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{C_i \cdot Q_i}{n} \right)$	Rodda-Jones
3	$L = K \cdot Q_r \cdot \left( \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{n} \right)$	Ongley
4	$L = \frac{K \cdot \sum_{i=1}^n (C_i \cdot Q_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i} \cdot Q_r$	Verhoff-2

Nota:

**K** = Factor de conversión de unidades

**(Ci)** = Concentración instantánea de muestras individuales

**(Qi)** = Gasto instantáneo en el momento del muestreo

**(Qr)** = Gasto medio en el periodo de muestreo

**N** = Número de muestras o mediciones de gasto

Estas ecuaciones de cálculo son aplicables a diferentes casos que se presentan en función de las mediciones de caudal y concentraciones disponibles para llevar a cabo el cálculo de la carga. Se aplican, por ejemplo, en corrientes superficiales, residuales de industrias y en plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales. Son útiles para calcular las cargas generadas y dispuestas de plantas de tratamiento.

Se pueden utilizar en estaciones hidrométricas con valores diarios de mediciones de caudal y muestreos para determinar la concentración del parámetro de interés. Por ejemplo: el cálculo de la carga de Nitrógeno y Fósforo a un embalse en estudios de eutrofización.

### 5. Ejemplo de cálculos para una planta de tratamiento de aguas residuales (PTR)

En secuencia con la ruta del agua que se observa en la figura 1, los procesos unitarios son: 1. Tra-

tamiento preliminar; 2. Medición del caudal; 3. Tanque ecualizador-desgrasador; 4. Bombeo al tanque de aireación; 5. Salida al decantador secundario; 6. Lodos a recircular; 7. Tratamiento de lodos; 8. Filtración y desinfección; 9. Efluente final.

**Ejemplo de referencia:** La PTR trata las aguas residuales de dos hoteles cercanos a la costa. Su caudal de diseño es de unos 5,0 l/s. El efluente se utiliza en el riego de áreas verdes. El cuerpo receptor es el suelo con infiltración a la zona no saturada que se encuentra a unos 4-5 metros de profundidad. No hay uso del agua subterránea debido a su salinidad. La autoridad rectora de recursos hídricos lo ha clasificado como "C" de acuerdo con lo establecido en la NC-27:2012.

**Clase (C):** Ríos, embalses, zonas hidrogeológicas de menor valor desde el punto de vista del uso como: aguas de navegación, riego con aguas residuales, industrias poco exigentes con respecto a la calidad de las aguas a utilizar, riego de cultivos tolerantes a la salinidad y al contenido excesivo de nutrientes y otros parámetros.

El sistema hidráulico en los hoteles tiene las características siguientes:

- Drenaje pluvial y aguas residuales interconectados.
- Una fosa séptica con sistema de bombeo a la PTR.
- El bombeo está regulado automáticamente a una altura de arranque y apagado.
- El caudal de las bombas es de aproximadamente 5,0 l/s.
- El tiempo de bombeo cuando se activa el sistema es de alrededor de 30 minutos.
- Esta forma de operación hidráulica da lugar a tres condiciones de caudal de entrada a la PTR:
  - Poco caudal, estando las dos bombas en reposo.
  - Caudal llegando de uno de los hoteles.
  - Caudal llegando de los dos hoteles.

Por ello el diseño de la PTR tuvo que incluir el tanque ecualizador, que tiene varias funciones: almacenar las aguas que ingresan; crear una reserva de aguas residuales para operar las 24 horas; homo-

geneizar la concentración; bombear al tanque de aireación entre 3-4 l/s según el dispositivo automático de arranque y apagado; actuar como desgrasador con sistema de extracción de grasas.

El tanque ecualizador tiene instalados aireadores de fondo para mantener el OD a valores superiores a cero. Posee un sistema de evacuación de lodos sedimentados al tanque de aireación regulado a conveniencia del operador.

La operación del tanque ecualizador es importante, al mantener relativamente constante la relación (F/M) y protege de shock a los procesos biológicos que tienen lugar en el tanque de aireación, al igual que mantiene una calidad de lodos homogénea. La PTR cuenta con un pequeño laboratorio que puede hacer las determinaciones siguientes: pH, CE, Sólidos sedimentables, DQO, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NH<sub>4</sub>, P-PO<sub>4</sub>, DQO.

El laboratorio realiza diariamente en control de los sólidos sedimentables para determinar el momento de extraer lodos. Tres días después de la extracción de lodos lleva a cabo las determinaciones antes mencionadas en: entrada PTR, entrada tanque de aireación y efluente. Como promedio se llevan a cabo 8 - 12 análisis completos. El OD en el tanque de aireación se mide 3 veces al día con una restricción de mantener el OD ente 1,5 - 2,0 mg/l, dando lugar a que aumente o disminuya la entrega de aire del sistema de compresión.

Se miden los gastos de entrada a la PTR de forma horaria usando un medidor de flujo tipo Parshall. A la entrada del tanque de aireación hay un medidor de flujo con registrador donde se recogen los datos del caudal de forma continua.

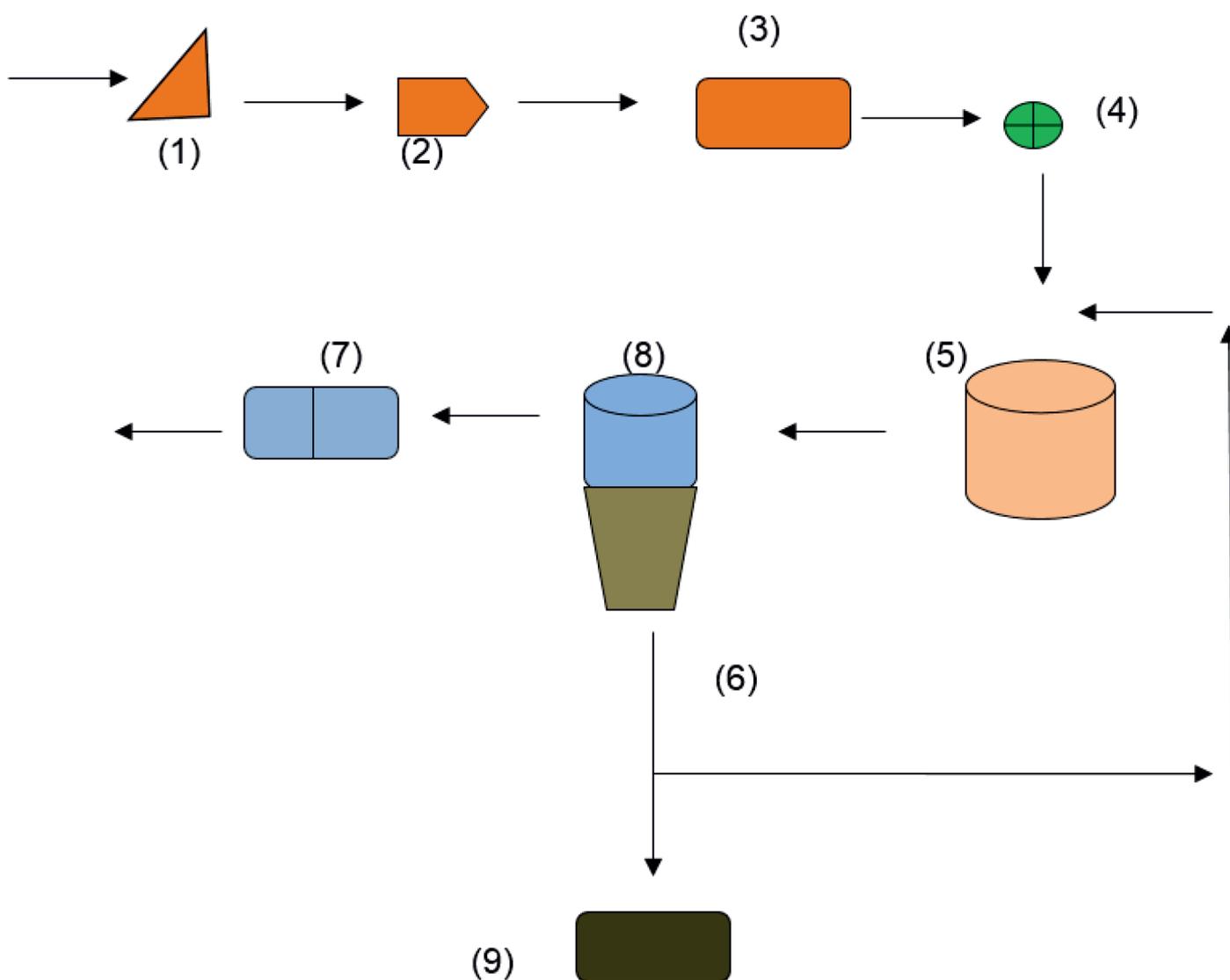


Fig. 1. Esquema de la Planta de Tratamiento de Residuales (PTR).



## 5.1. Plan de Control

Monitoreo de la calidad de los efluentes a ejecutar por el responsable de la descarga de aguas residuales.

Atendiendo al acápite 5.3 de la NC-27:2012, el organismo rector de los recursos hidráulicos ha fijado los límites máximos permisibles promedio en los valores de la Tabla 7. La clasificación del cuerpo receptor es “C”, se dispone en “Acuífero, vertimiento en suelo, zona no saturada de 5 metros”.

Se han eliminado algunos parámetros de fácil cumplimiento. Como el uso del efluente es el riego agrícola se ha aumentado la exigencia sobre el pH y la CE. Al igual, se ha establecido una restricción mayor de la  $DBO_5$ . Teniendo en cuenta que la relación  $DQO/DBO_5$  es aproximadamente de 2,50, en efluentes de este tipo de PTR se puede autorizar a hacer la determinación de DQO y dividir entre 2,50 para estimar la  $DBO_5$ .

El N (kjd), no es posible determinarlo en el laboratorio de la PTR y se ha sustituido por una relación equivalente a la suma del Nitrógeno inorgánico multiplicada por 1,2. Al igual, se es menos exigente con los valores de Nitrógeno y Fósforo de acuerdo

al uso y disposición final. La NC-27:2012 es flexible y puede adaptarse a diferentes situaciones, como podemos ver en este ejemplo.

Tabla 7. Límites máximos permisibles promedio para el efluente de la PTR

Parámetros	UM	(C)
pH	Unidades	7-8,5
Conductividad eléctrica	$\mu$ S/cm	1 400
Sólidos Sedimentables Totales	mL/l	2,0
$DBO_5$	mg/l	40
DQO (Dicromato)	mg/l	100
Suma del Nitrógeno inorgánico multiplicado por 1,20	mg/l	25
P- $PO_4$	mg/l	10

Se implementará:

- Determinar el límite máximo permisible promedio de los parámetros incluidos en la Tabla 7 llevando a cabo los muestreos previstos en el Plan de Operación de la PTR.

- Tomar muestras trimestrales para determinar:  $DBO_5$ , DQO, Pt y N (kjd) a la entrada PTR, entrada tanque de aireación y efluente.
- Determinar la eficiencia mensual de la PTR en términos de DQO a partir de la entrada al tanque de aireación y efluente.

Las autoridades de salud y medio ambiente han incluido, referidos al control de la reutilización de las aguas, las acciones siguientes:

- Tomar muestras trimestrales para determinar: coliformes totales, coliformes fecales y huevos de Helmintos en el efluente. Con la restricción de 1 000 NMP/100ml, 200 NMP/100 ml y 1 huevo de Helmintos/litro.
- Establecer un programa de control parasitario a los trabajadores hoteleros. Registrar casos de EDA. Hacer periódicamente análisis de heces fecales.

- Establecer un control sobre síntomas de enfermedades diarreicas agudas (EDA) y enfermedades parasitarias a los huéspedes.
- Proveer a los trabajadores vinculados en el riego de áreas verdes de ropa y medios de protección adecuada.

## 5.2. Resultados del ejemplo de la PTR

La autoridad rectora de recursos hidráulicos ha solicitado los datos que se exponen a continuación en las tablas correspondientes. Como se aprecia en las Tablas 7 y 8, todos los valores de los parámetros cumplen con el límite máximo permisible. En la Tabla 9 se pueden observar los promedios. El número de muestreo fue de 12 en días alternos.



Tabla 8. Resultados para un mes típico de monitoreo.  
Afluente al tanque de aireación (ATA), efluentes (F)

Parámetros	UM	Valores
pH	Unidades	ATA = 8,50, 7,80, 7,40, 7,75, 8,10, 7,90, 7,60, 7,80, 7,24, 7,18, 7,45, 7,62 E = 8,00, 7,44, 7,29, 7,00, 8,10, 7,65, 7,00, 7,20, 7,30, 7,00, 7,40, 7,80
Conductividad eléctrica	$\mu$ S/cm	ATA = 900, 1 020, 848, 980, 1 100, 1 200, 860, 920, 900, 834, 1 159, 934 E = 912, 1 025, 888, 980, 1 200, 1 280, 860, 900, 930, 884, 1 259, 984
Sólidos Sedimentables Totales	ml/l	ATA = 8,0, 7,8, 6,0, 8,0, 12,0, 7,0, 10,0, 6,0, 8,0, 8,0, 8,0, 9,00 E = 1,0, 0,8, 1,0, 0,8, 1,2, 0,5, 1,0, 0,8, 0,2, 0,6, 1,6, 0,90
DBO <sub>5</sub>	mg/l	ATA = 235, 240, 280, 200, 240, 180, 222, 300, 160, 280, 200, 200 E = 23, 22, 22, 18, 23, 15, 22, 35, 12, 28, 20, 22
DQO (Dicromato)	mg/l	ATA = 588, 600, 700, 500, 600, 450, 555, 750, 400, 700, 500, 500 E = 75, 80, 55, 45, 58, 37, 55, 88, 30, 70, 50, 55
Suma del Nitrógeno inorgánico multiplicado por 1,20	mg/l	ATA = 18,4, 22,5, 12,6, 19,5, 20,2, 18,0, 18,0, 16,0, 15,0, 17,0, 18,0, 27,0 E = 9,0, 12,0, 9,0, 10,3, 10,0, 7,0, 8,0, 9,0, 6,4, 7,2, 9,8, 20,0
P-PO <sub>4</sub>	mg/l	ATA = 12,0, 10,0, 8,0, 13,0, 18,0, 10,0, 11,6., 9,30, 11,6, 12,0, 10,7, 13,2 E = 7,0, 8,0, 8,0, 10,0, 9,00, 6,0, 6,8, 6,6, 5,0, 6,5, 4,8, 6,6

Tabla 9. Límites máximos permisibles promedios (LMPP)

Parámetros	UM	LMPP
pH	Unidades	7,43
Conductividad eléctrica	$\mu$ S/cm	1009
Sólidos Sedimentables Totales	ml/l	0,87
DBO <sub>5</sub>	mg/l	22,0
DQO (Dicromato)	mg/l	58
Suma del Nitrógeno inorgánico multiplicado por 1,20	mg/l	9,0
P-PO <sub>4</sub>	mg/l	7,0

Las muestras de control enviadas a un laboratorio de aguas acreditado en los tres trimestres anteriores muestreados fueron los siguientes:

Tabla 10. Resultados determinados en el laboratorio externo

Trimestres/ Parámetros	1	2	3	DQO/ DBO <sub>5</sub>
DBO <sub>5</sub> entrada	320	350	300	
DBO <sub>5</sub> (ATA)	240	260	225	
DBO <sub>5</sub> efluente	22	18	25	
DQO entrada	870	980	798	2,73
DQO (ATA)	614	645	680	2,67
DQO efluente	53	47	64	2,52
Pt entrada	14,30	16,10	10,22	
Pt (ATA)	14,10	15,60	10,30	
Pt efluente	8,10	9,20	9,00	
N (kjd) entrada	22,75	23,10	20,50	
N (kjd) (ATA)	15,20	13,30	10,23	
N (kjd) efluente	8,80	9,20	8,10	

Como se puede apreciar, los valores hallados mediante análisis en laboratorio y en planta son bastante semejantes. Las determinaciones de Pt y N (kjd) son algo mayores que las halladas determinando P-PO<sub>4</sub> y la suma del Nitrógeno inorgánico multiplicado por 1,2, lo que es lógico al no considerarse el fósforo y el nitrógeno orgánico adecuadamente. Sin embargo el procedimiento es aceptable, con el cual se ahorran recursos y se tiene la posibilidad del control en un mayor porcentaje en la PTR.

Las relaciones de DQO/DBO<sub>5</sub> halladas son aceptables, siendo la relación menor a mayor tratamiento. La eficiencia de la PTR en la remoción de DBO<sub>5</sub> en el mes y considerando los días muestreados fue la siguiente:

Tabla 11. Cálculo de la eficiencia en la remoción de la DBO<sub>5</sub> individual y promedio durante los días de muestreo

Días	DQO(ATA)	DQO(E)	% Remoción
1	235	23	90,21
2	240	22	90,83
3	280	22	92,14
4	200	18	91,00
5	240	23	90,42
6	180	15	91,67

Días	DQO(ATA)	DQO(E)	% Remoción
7	222	22	90,09
8	300	35	88,33
9	160	12	92,50
10	280	28	90,00
11	200	20	90,00
12	200	22	89,00
<b>Promedio</b>			90,52

Se considera aceptable y se nota una excelente estabilidad en el tratamiento.

Datos solicitados por la autoridad rectora de salud y medio ambiente. Los valores exigidos por la autoridad de salud y ambiental referentes a la reutilización en los tres trimestres muestreados fueron los siguientes:

Tabla 12. Resultados de los análisis microbiológicos y biológicos efectuados en un laboratorio externo, NMP/100 ml

Trimestres/Parámetros	1	2	3	R% CT/CF
Coliformes totales efluente	12	8	6	
Coliformes fecales efluente	2	4	ausente	23
Huevos de Helmintos efluente	ausente	1	ausente	

Nota: Coliformes fecales = Coliformes termotolerantes

Se aprecia un buen cumplimiento de las restricciones microbiológicas y de Helmintos. Se nota un valor igual a la restricción en el segundo trimestre para los Huevos de Helmintos. Los hoteles tienen implementados los programas de control de EDA y parasitismo para trabajadores y usuarios. Hasta la fecha no han existido brotes, ni aumento de las morbilidades usuales en los trabajadores. No ha habido incidencias negativas con los usuarios. En ambos hoteles se cumplen todas las medidas referidas a la ropa y medios de protección adecuados a los trabajadores vinculados con el riego de áreas verdes.

De estos resultados se puede concluir que la PTR funciona aceptablemente y que los hoteles implicados cumplen con las acciones recomendadas.



## 6. Ejemplo de determinación de carga contaminante

Cálculo de la carga dispuesta por la PTR:

Tabla 13. Valores instantáneos de caudal (Qi) y concentración (Ci)

Días	Q (m³/d)	DQO (E)	Carga (kg/d)
1	377	23	8,671
4	360	22	7,920
7	327	22	7,194
11	408	18	7,344
13	370	23	8,510
16	440	15	6,600
18	390	22	8,580
22	305	35	10,675
25	460	12	5,520
28	328	28	9,184
30	412	20	8,240
31	408	22	8,976
<b>Promedio</b>	<b>382</b>	<b>22</b>	<b>8,118</b>

Aplicando la ecuación 1, Verhoff-1, de la Tabla 6:

$$L = K \cdot \left[ \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{n} \right] \cdot \left[ \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{n} \right]$$

$$L \text{ (kg/d)} = (0,001) \times 21.833 \times 382.0383 = 8,342$$

K es el factor de conversión para llevar los g/d a kg/d. En este caso (Ci) es la concentración instantánea y (Q) es el gasto instantáneo de las mediciones individuales, el cual es igual a (Qi).

Aplicando la ecuación 2, Rodda-Jones:

$$L = K \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{C_i \cdot Q_i}{n} \right)$$

$$L \text{ (kg/d)} = (0,001) \times (97,414/12) = 8,118$$

K es el factor de conversión para llevar los g/d a kg/d. En este caso (Ci) es la concentración instantánea y (Qi) es el gasto instantáneo en el momento del muestreo,

Aplicando la ecuación 3, Ongley:

$$L = K \cdot Q_r \cdot \left( \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{n} \right)$$

El gasto medio en el periodo de muestro es:

$$Q_r \text{ (m}^3\text{/d)} = 382,083$$

$$L \text{ (kg/d)} = (0,001) \times 382,083 \times 21,833 = 8,342$$

Aplicando la ecuación 4, Verhoff,-2:

$$L = \frac{K \cdot \sum_{i=1}^n (C_i \cdot Q_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i} \cdot Q_r$$

$$L \text{ (kg/d)} = (0,001) \times (97414/382,083 \times 12) \times 382,083 = 8,118$$

K es el factor de conversión. En este caso hay que tomar en cuenta los días considerados, o sea 12 días, para obtener la carga por día, (Ci) x (Qi) nos da los g/d totales en el periodo, y se dividen entre el valor medio del caudal multiplicados x 12, se multiplica por (Qr) el gasto medio en el periodo de muestreo, para el ejemplo (Qi) = (Qr),

Tabla 14. Carga efluente de la PTR hallada por diferentes métodos de cálculo

Ecuación utilizada	Carga (kg/d)
Aplicando la ecuación 1, Verhoff-1	8,342
Aplicando la ecuación 2, Rodda-Jones	8,118
Aplicando la ecuación 3, Ongley	8,342
Aplicando la ecuación 4, Verhoff,-2	8,118

### 6.1. Aplicación de la correlación del caudal y concentración

Tenemos el total de los valores diarios del caudal (m³/d) y podemos correlacionar, con los valores de la Tabla 13, el caudal con la concentración, Si la mejor ecuación de correlación hallada, tiene un R² mayor de 0,80 podemos intentar rellenar los valores de concentración, Este método aplica la mejor ecuación de correlación para rellenar la serie de datos, ya sea en caudal como en concentración.

La ecuación hallada es la siguiente:

$$DQO \text{ (mg/l)} = 64,18 - (0,119 \times Q) \text{ con un } R^2 \text{ de } 0,89$$

De esta forma tendremos en la Tabla 15 los caudales diarios medidos y las concentraciones estimadas por la ecuación de correlación, manteniendo las mediciones realizadas, Así queda rellenada la serie de datos con respecto a los datos faltantes de concentración.

Tabla 15. Valores instantáneos de caudal (Qi) y concentración (Ci) con los valores rellenados con la ecuación de correlación

Días	Q (m³/d)	DQO (E)	Carga (kg/d)
1	377	23	8,671
2	380	19	7,205

Días	Q (m³/d)	DQO (E)	Carga (kg/d)
3	366	21	7,550
<b>4</b>	<b>360</b>	<b>22</b>	<b>7,920</b>
5	340	24	8,065
6	350	23	7,787
<b>7</b>	<b>327</b>	<b>22</b>	<b>7,194</b>
8	388	18	6,987
9	355	22	7,787
10	322	26	8,327
<b>11</b>	<b>408</b>	<b>18</b>	<b>7,344</b>
12	422	14	5,892
<b>13</b>	<b>370</b>	<b>23</b>	<b>8,510</b>
14	370	20	7,456
15	400	17	6,632
<b>16</b>	<b>440</b>	<b>15</b>	<b>6,600</b>
17	400	17	6,632
<b>18</b>	<b>390</b>	<b>22</b>	<b>8,580</b>
19	345	23	7,978
20	320	26	8,352
21	300	28	8,544
<b>22</b>	<b>305</b>	<b>35</b>	<b>10,675</b>
23	322	26	8,328
24	377	19	7,283
<b>25</b>	<b>460</b>	<b>12</b>	<b>5,520</b>
26	444	11	5,037
27	400	17	6,632
<b>28</b>	<b>328</b>	<b>28</b>	<b>9,184</b>
29	320	26	8,352
<b>30</b>	<b>412</b>	<b>20</b>	<b>8,240</b>
<b>31</b>	<b>408</b>	<b>22</b>	<b>8,976</b>
<b>Promedio</b>	<b>371</b>	<b>21</b>	<b>7,688</b>

Nota: En negrita los datos de (Ci) y (Qi).

Al comparar los valores para la carga de la Tabla 13 y la Tabla 15 vemos una diferencia con respecto a la Tabla 13 de solamente de -5,3 %. Se recomienda utilizar el método de hallar la mejor correlación entre el caudal y la concentración con el fin de rellenar la serie, cuando existan una amplia serie de valores de caudal y menos valores de concentración. Una vez realizado este ejercicio se pueden aplicar las ecuaciones de carga con una mayor precisión.

No hay que perder de vista que en nuestro caso, a valores mayores de caudal hay menos concentración de DQO, debido a que el exceso en el caudal es producido por el drenaje pluvial, mucho menor en DQO que las aguas residuales.

## 7. Comentarios finales

Se analizaron y ejemplificaron asuntos y técnicas para la estimación de la carga contaminante, donde se toma como referencia la NC-27:2012 “Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado, Especificaciones”, normativa vigente en Cuba. Su desarrollo está orientado a la capacitación de los funcionarios y especialistas que trabajan estas materias, tanto dentro del sistema INRH, como en los organismos y entidades generadoras de residuales. Su identificación con los elementos sobre normativas de descargas de aguas residuales, concentración, carga, tipos de muestreos, entre otros elementos, debe resultarles de suma importancia en el proceso de ajuste y cumplimiento de las normativas legales vigentes en el país.

### Bibliografía consultada

- GARCÍA, J.M.; O. ABREU Y H. TRAVIESO: “Evaluación de la carga contaminante afluente a la Bahía de La Habana aportada por los ríos Luyanó, Martín Pérez y arroyo Tadeo”, en: *Revista Voluntad Hidráulica* No. 64, pp. 34-58, 1984.
- Norma Cubana 1021:2014: “Fuentes de Abastecimiento de Agua para el consumo humano: Calidad y Protección Sanitaria”.
- Norma Cubana 827:2012: “Agua Potable - Requisitos sanitarios”.
- Norma Cubana 27:2012: “Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado, Especificaciones”.
- Norma Cubana 93-01-209:1990: “Procedimientos de cálculo para la determinación de la zona de protección sanitaria (de fuentes subterráneas)”.
- Norma Cubana 23:1999: “Franjas Forestales de las Zonas de Protección a cauces y embalses”.
- Norma Cubana 22:1999: “Lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores”.
- Norma Cubana 855:2011: “Utilización de las aguas residuales en la industria azucarera y sus derivados en el fertirriego de la caña de azúcar”.
- Norma Cubana TS-360:2004: “Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Especificaciones”.



## CONCURSO DE FOTOGRAFÍA INFANTIL

# CERO DERROCHE 2015

El concurso de fotografía infanto-juvenil **Cero Derroche 2015** es una iniciativa de la UJC del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, del Grupo de Trabajo temporal para el Enfrentamiento a la Sequía y del proyecto Agua amiga de las niñas y los niños del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia UNICEF.

Está auspiciado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, la Sociedad de Ingeniería Hidráulica de la UNAICC, la Asociación Cubana de las Naciones Unidas, la Defensa Civil y el Grupo Cubanos en la Red.

Este concurso surge en medio de una ausencia preocupante de precipitaciones en casi todo el país y una sequía hidrológica considerable aunque su objetivo fue obtener una muestra de cómo se pierde y derrocha el agua en la Ciudad, de manera que pudiera alertarnos sobre esta preocupante situación como una manera innovadora y creativa de cuidar el agua y el medio ambiente.

Es un concurso que se convoca únicamente en la Capital del país, en esta primera edición y como prueba piloto de este ejercicio, que no solo consistió en tomar las fotos por los niños, adolescentes y sus familiares, sino que, plantea una manera innovadora y creativa de cuidar el agua y el medio ambiente.

La justificación del Concurso se remite a la Convención de los Derechos del Niño **CDN**, aprobada por unanimidad el 20 de noviembre de 1989 en la Asamblea General de las

Naciones Unidas y que ha sido ratificada por 193 estados, es el primer tratado de derechos humanos para las personas hasta los 18 años. En su artículo 24 se plantea que todos los niños tienen el derecho de recibir un agua potable, salubre y un saneamiento adecuado, pero a su vez éstos tienen el deber de **cuidarla y ahorrarla**.

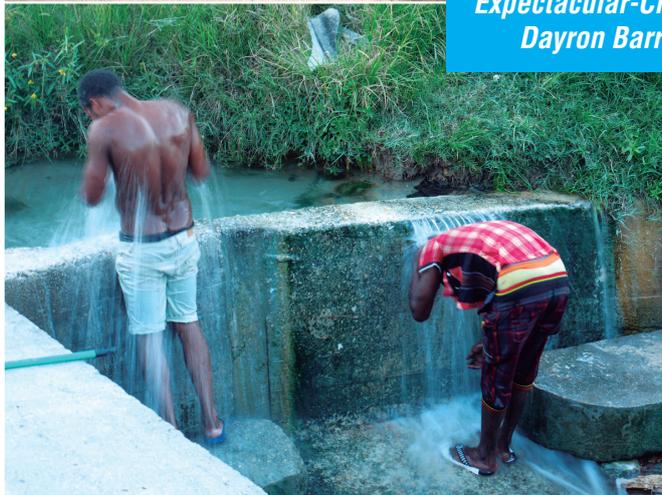
El concurso fue lanzado el 20 de noviembre, precisamente en saludo a un aniversario más de la **CDN**, se establecieron cuatro categorías de participación, de 8 a 11 años, de 12 a 14, de 15 a 18 años y de

19 a 24. En la categoría de 15 a 18 años no se presentaron trabajos. Cada uno de los participantes debía presentar al menos 3 fotografías cumpliendo las especificidades que se proponen en el plegable que se habilitó al efecto.

A partir de las bases del Concurso, para la selección final se tuvo en consideración que las casi doscientas obras presentadas, además de mostrar cómo se pierde el agua en nuestra capital, se acercaran al objetivo de denunciar el cuadro más crítico del despilfarro lo que entra en relación con diferentes



**GRAN PREMIO**  
*Espectacular-Créalo o no lo crea*  
Dayron Barroso González



**PRIMER PREMIO**  
*para qué amarrar la tubería de agua*  
Adrian Tadeo Berovides Valdivia

factores, pero donde predomina el descuido y la negligencia tanto de las instituciones como de los ciudadanos al no preservar el agua que está disponible a nuestro alcance y utilizarla racionalmente. Se realizaron dos reuniones de trabajo para seleccionar las obras ganadoras, invitándose a participar en éstas a especialistas del Sistema del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, de la Sociedad de Ingeniería Hidráulica de la UNAICC, del Parque Metropolitano de La Habana, de la Unión Nacional de Escritores y Artistas Cubanos, del Instituto Cubano de

Radio y Televisión en la especialidad de Fotografía y del Grupo Cubanos en la Red.

Las fotografías constituyen, en primer lugar, una evidencia, sobre esta situación, de ahí que se decidiera otorgar un primer y segundo lugar a las obras de: "para qué amarrar la tubería de agua" de Adrian Tadeo Berovides Valdivia y "Nos divertimos mucho... pero ¡qué derroche!" de Olivia María Lastre Díaz, por la buena utilización de la composición y buenos ángulos, lo que le permite a la imagen contar y documentar lo expuesto con claridad y otorgar un Gran Premio a la obra

"Créalo o no lo crea" del autor Dayron Barroso González porque es la que más se acerca a la fotografía periodística, tiene un estilo y un sentido crítico donde se muestra además del derroche de agua, las consecuencias sociales de esta circunstancia en particular para la localidad evidenciada en la conducta de la población fotografiada. Adicionalmente de manera especial se decidió otorgar tres menciones a las obras.

Es necesario aclarar que aunque estas imágenes no se acercaron al ojo documental solicitado por la convocatoria, sí tratan de expresar desde una visión pictórica y poética, el concepto del Concurso. En ellas de un gran vuelo artístico se hace una buena utilización de las luces, de los primeros planos, que engrandecen, destacan y descubren tonalidades y ángulos que muestran una perspectiva interesante y revelan puntos de vista de los autores.



**SEGUNDO PREMIO**  
*Nos divertimos mucho... pero ¡qué derroche!*  
**Olivia María Lastre Díaz**

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos publica con carácter, mensual, y a través de su página Web, un Boletín Hidrológico. En el mismo se analiza el comportamiento de las lluvias y el estado en que se encuentran los embalses y los acuíferos de nuestro país. Este boletín se confecciona por el Servicio Hidrológico Nacional de la Dirección de Uso Racional del Agua con la colaboración del Centro Operativo del INRH y del Grupo Empresarial de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (GEARH), mediante los datos aportados por más de 1 300 personas que monitorean esas variables a todo lo ancho y largo de nuestro territorio nacional; luego, los mismos son compilados y redactados para su publicación por el M.Sc. Argelio Omar Fernández Richelme, especialista de la Dirección de Uso Racional del Agua del INRH quien es el encargado de confeccionar este Boletín.

Si usted quiere conocer la valiosa información que el mismo nos brinda basta con que acceda a la siguiente dirección: [www.hidro.cu](http://www.hidro.cu) (Sección: Documentos). Para cualquier sugerencia, puede dirigirse a la siguiente dirección electrónica: [serviciohidrologico@hidro.cu](mailto:serviciohidrologico@hidro.cu) o directamente al Nivel Central del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, situado en Humboldt No. 106 esquina a P, municipio Plaza de la Revolución, La Habana. Cuba.

Por la relevancia de los conocimientos que nos aporta este valioso boletín le invitamos ver, a continuación, un extracto del emitido al cierre de Diciembre del 2015.



El Editor.

## ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES, LOS EMBALSES Y LOS ACUÍFEROS CIERRE DE DICIEMBRE DEL 2015

El comportamiento pluvial de diciembre se clasifica nacionalmente como moderadamente húmedo. Se registraron 79,3 mm (203 % del valor histórico). Por regiones precipitaron: 96,5 mm (247 %) en Occidente; 68,6 mm (250 %) en Centro; y 76,9 mm (149 %) en Oriente. Quince provincias sobrepasaron sus medias históricas. El mínimo pluvial provincial relativo ocurrió en Guantánamo con 76 % (74,0 mm), mientras que el máximo se observó en Matanzas, con 325 % (96,7 mm).

En 155 municipios llovió por encima de lo esperado para el mes y en uno el acumulado fue inferior al 50 %. El valor mínimo de

precipitación municipal relativa (50 %; 134,1 mm) se registró en Baracoa. El máximo municipal relativo se registró en Cacocum (Holguín), con 664 % (96,3 mm).

El acumulado anual nacional fue de 1 179,0 mm (88 %), mientras que las cuencas de interés nacional acumularon de conjunto 1 137,0 mm (85 % de la media histórica).

En los embalses del país se almacenan 4 823,24 hm<sup>3</sup> de agua (53 % de la capacidad total), con una porción utilizable de 4 142,66 hm<sup>3</sup> (49 % de la capacidad útil). El volumen de agua almacenado representa 272,51 hm<sup>3</sup> menos que en di-

ciembre del pasado año y un aumento de 109,41 hm<sup>3</sup> respecto al mes de noviembre. Además, el volumen almacenado se encuentra por debajo del promedio histórico para la fecha en 1 367,67 hm<sup>3</sup>.

Existen 125 embalses con menos del 50 % de llenado útil y de ellos: 65 por debajo del 25 %, dentro de los cuales se encuentran 15 secos. Se presentan 15 embalses vertiendo. La Habana (30%), Mayabeque (45%), Matanzas (46%), Sancti Spíritus (40 %), Ciego de Ávila (48 %), Camagüey (36 %), Las Tunas (25 %), Santiago de Cuba (20%) y Guantánamo (36 %), son los

territorios que se encuentran con un llenado inferior al 50 % de su capacidad útil.

De un total de 100 cuencas y/o subtramos controlados, 81 se encuentran en la zona normal. De los restantes, 13 se encuentran en la zona desfavorable y seis en la zona crítica (M-III-1 “Sur” de Matanzas y CA-II-2 “Ciego” de Ciego de Ávila, con

tendencia al descenso de sus niveles; SC-I “Parad a” de Santiago de Cuba, tendiendo a la estabilidad, y C-I-16-a “Najasa”, C-I-16-a “Najasa” de Camagüey y SC-II “San Juan” de Santiago de Cuba, subiendo).

De las 15 cuencas de categoría I vinculadas al abasto de agua a las principales ciudades y polos turísticos del país, 10 se encuen-

tran en estado normal (tres bajando y siete subiendo). Cuatro tramos presentan estado desfavorable (S S-13 “Trinidad” de Sancti Spíritus y CA-I-6 “Morón” de Ciego de Ávila, bajando; HAV-2 “Vento” de La Habana, estable; y HAV-1 “Ariguanabo” de Artemisa, subiendo y uno estado crítico subiendo (SC-II “San Juan” de Santiago de Cuba).

Tabla 1. Comportamiento pluvial general de diciembre de 2015

Territorio	Lluvia (en mm) en las decenas y el mes				Media Hist. Mes (mm)	Lluvia relativa (%) en las decenas y el mes				Lluvia máxima diaria, mm (día)	Días con lluvia $\geq 1,0$ mm	Cantidad de municipios con lluvias del mes		Lluvias (mm) municipales	
	1ra.	2da.	3ra.	Mes		1ra.	2da.	3ra.	Mes			Menor 50%	Mayor 100%	Mínima	Máxima
Cuba Promedio	51,4	22,7	5,2	79,3	39,0	132	58	13	203			1	155		
Pinar del Río	67,6	6,6	2,3	76,5	43,9	154	15	5	174	83 (7)	8	0	9	49,8	101,7
Artemisa	77,9	15,2	0,6	93,7	48,6	160	31	1	193	205 (8)	13	0	11	52,7	137,9
La Habana	114,6	17,3	0,7	132,6	47,9	239	36	1	277	133 (7)	10	0	15	67,5	191,4
Mayabeque	73,5	32,0	0,7	106,2	37,3	197	86	2	285	88 (6)	15	0	11	77,2	127,6
Isla de la Juventud	136,3	8,9	1,9	147,1	51,5	265	17	4	286	95 (7)	12	0	1	147,1	147,1
Matanzas	72,2	21,1	3,4	96,7	29,7	243	71	11	325	161 (7)	13	0	13	68,6	121,6
R. Occidental	77,6	16,7	2,2	96,5	39,0	199	43	6	247			0	60		
Villa Clara	65,1	22,8	4,6	92,5	31,9	204	71	15	290	171 (4)	12	0	13	51,3	194,8
Cienfuegos	53,1	7,9	6,4	67,4	24,8	214	32	26	272	77 (4)	12	0	8	49,2	80,2
Sancti Spíritus	41,1	9,2	6,5	56,8	25,2	163	37	26	226	99 (4)	9	0	7	15,3	99,1
Ciego de Ávila	26,4	25,3	11,4	63,1	29,6	89	85	39	213	128 (13)	19	0	11	40,5	99,9
Camagüey	36,4	20,6	6,8	63,8	25,8	141	80	26	247	76 (7)	13	0	13	42,0	86,7
R. Central	42,8	18,7	7,1	68,6	27,4	156	68	26	250			0	52		
Las Tunas	35,5	21,7	3,6	60,8	21,1	168	103	17	288	111 (10)	11	0	8	27,9	91,0
Holguín	51,1	51,6	9,2	111,9	66,8	77	77	14	167	166 (20)	12	0	12	68,5	178,3
Granma	50,4	10,0	2,5	63,0	30,8	164	33	8	204	82 (10)	11	0	12	53,2	81,4
Santiago de Cuba	34,0	26,3	2,8	63,1	43,0	79	61	7	147	64 (10)	13	0	8	39,8	76,2
Guantánamo	11,7	52,3	10,1	74,0	97,4	12	54	10	76	250 (20)	15	1	3	29,1	134,5
R. Oriental	38,6	32,6	5,7	76,9	51,5	75	63	11	149			1	43		

En la distribución temporal de las lluvias, referente a la proporción de las láminas decenales respecto a los acumulados mensuales se observó mucha uniformidad sobre todo al comparar las regiones entre sí. La decena menos favorecida fue la tercera en las tres regiones mientras la más favorecida fue la primera, también en las tres regiones.

Al comparar las precipitaciones municipales de diciembre de 2015 con las homólogas del diciembre histórico, se destacan algunas situaciones como las siguientes:

1. En 155 municipios del país, llovió por encima de lo esperado en el mes mientras que en solo uno (Baracoa, en Guantánamo) se registró acumulado inferior al 50 %.
2. Oriente fue la región menos favorecida al presentar la menor proporción de municipios que superaron la media histórica y la única con municipios donde no se sobrepasó el 50 % de lo esperado. Por su parte, la más favorecida fue Centro, considerando que presentó la mayor proporción de municipios con acumulados superiores a la media histórica y ninguno por debajo del 50 %.
3. El mínimo pluvial absoluto, con 15,3 mm (89 %), se registró en La Sierpe (Sancti Spíritus) mientras el mínimo relativo correspondió a Baracoa (50 % ó 134,1 mm).

4. El máximo absoluto, ascendente a 194,8 mm (486 %), se observó en Remedios (Villa Clara). En Cacocum (Holguín) se registró el máximo relativo (664 % ó 96,3 mm).

En las diez cuencas hidrográficas de interés nacional precipitaron como promedio 1 137,0 mm para el 85 % de lo esperado en el año. El mayor valor de precipitación absoluta se presentó en la cuenca del Toa con 1 538,0 mm que, sin embargo, representa un escaso 61 % de su media histórica para el período y el más bajo de los acumulados relativos. El mayor acumulado relativo fue el 96 % (1 372,4 mm) alcanzado por la cuenca Zaza. Por su parte, el menor acumulado absoluto se registró en la cuenca del Guantánamo-Guaso, con 876,5 mm, que representan un discreto 85 % de la media histórica para este territorio.

Tabla 2. Comportamiento pluvial anual en las cuencas hidrográficas de interés nacional

Nombre	Media Anual (mm)	Lluvia Anual (mm)	Por ciento
Cuyaguaje	1475,0	1351,5	92
Ariguanabo	1514,0	1353,8	89
Almendares-Vento	1446,0	1202,9	83
Ciénaga de Zapata	1404,0	1150,4	82
Hanabanilla	1986,0	1405,2	71
Zaza	1427,0	1372,4	96
Cauto	1112,0	1024,5	92
Mayarí	1435,0	1118,9	78
Guantánamo-Guaso	1027,0	876,5	85
Toa	2518,0	1538,0	61

## Repercusión hídrica de las precipitaciones

Tabla 3. Situación de los recursos hidráulicos embalsados (hm<sup>3</sup>) de noviembre de 2015 a diciembre de 2015

Territorio	Vol. Emb. XII/2015	Vol. Emb. XI/2015	Diferencia
Pinar del Río	456,11	456,77	-0,66
Artemisa	174,41	163,25	11,17
La Habana	50,25	50,30	-0,05
Mayabeque	146,88	142,70	4,18
Isla de la Juventud	153,83	149,86	3,97
Matanzas	89,38	93,36	-3,97
Villa Clara	695,01	680,51	14,51
Cienfuegos	271,38	270,99	0,38
Sancti Spíritus	567,67	513,56	54,11
Ciego de Ávila	71,90	68,89	3,01
Camagüey	457,92	453,48	4,44
Las Tunas	105,48	104,62	0,85
Holguín	694,85	681,00	13,84
Granma	532,16	518,38	13,78
Santiago de Cuba	204,43	205,90	-1,47
Guantánamo	151,57	160,25	-8,68
<b>Cuba Total</b>	<b>4823,24</b>	<b>4713,83</b>	<b>109,41</b>



## COMPORTAMIENTO DE LOS EMBALSES

El volumen embalsado al concluir el mes de diciembre fue de 4 823,24 hm<sup>3</sup> (53 % de la capacidad total), con una porción utilizable de 4 142,66 hm<sup>3</sup> (49 % de la capacidad útil). El llenado al cierre de diciembre representa, además: 272,51 hm<sup>3</sup> menos que en igual fecha del pasado año; 1 420,90 hm<sup>3</sup> **más que en diciembre de 2004, comprendido dentro de la temporada de menor llenado en la serie desde 1993; y 1 367,67 hm<sup>3</sup>** por debajo de la media para el último mes del año. Se presentaron 15 embalses vertiendo al finalizar el mes.

El llenado útil en 125 embalses es inferior al 50 % de la correspondiente capacidad. De ellos, 65 almacenan menos del 25 % y 15 se encuentran secos: El Doctor (La Habana, regulador de inundaciones); La Ceiba, La Escuelita y Paso Sequito (La Habana); Número 10 (Matanzas); Anguila, Misión 5, Pastora y San Juan de Dios (Camagüey); Yeso (Las Tunas); y Parada (Santiago de Cuba), han sido afectados por déficit de escurrimiento. Los restantes embalses secos están inutilizados por problemas técnicos: Ojo de Agua (Maniabón 4) y Las Lajas, de Las Tunas; y Los Indios y Libertad, de Isla de la Juventud.

Tabla 4. Estado resumido de los embalses por territorios, con cierre al final del mes de diciembre de 2015

Territorio	Cantidad Embalses	Volumen (hm <sup>3</sup> )		Llenado		Cantidad de embalses según llenado (% vol. útil)				
		Total	Útil	% vol. total	% vol. útil	Menos de 25	De ellas secas	Entre 25 y 50	Entre 50 y 75	Más de 75
Pinar del Río	24	779,83	709,95	58	54	3	0	6	8	7
Artemisa	14	268,76	258,56	65	64	0	0	4	5	5
La Habana	15	157,25	152,83	32	30	5	4	1	3	6
Mayabeque	8	293,70	267,92	50	45	1	0	3	1	3
Isla de la Juventud	14	229,58	222,57	67	67	3	2	2	1	8
Matanzas	9	183,54	173,87	49	46	2	1	3	3	1
Villa Clara	12	1 012,33	971,52	69	67	0	0	2	3	7
Cienfuegos	6	326,80	247,52	83	78	1	0	1	0	4
Sancti Spíritus	9	1 273,18	1 172,95	45	40	1	0	3	1	4
Ciego de Ávila	6	149,14	147,52	48	48	2	0	1	3	0
Camagüey	53	1 208,85	1 172,14	38	36	23	4	12	10	8
Las Tunas	23	350,91	328,86	30	25	9	3	8	3	3
Holguín	21	919,47	824,98	76	73	4	0	10	1	6
Granma	11	940,62	887,60	57	54	2	0	3	4	2
Santiago de Cuba	11	690,31	605,16	30	20	7	1	2	0	2
Guantánamo	6	344,40	301,35	44	36	2	0	2	1	1
<b>Total Nacional</b>	<b>242</b>	<b>9 128,66</b>	<b>8 445,30</b>	<b>53</b>	<b>49</b>	<b>65</b>	<b>15</b>	<b>63</b>	<b>47</b>	<b>67</b>

## Abasto a la población

Los comportamientos particulares de los reservorios del país destinados al abasto de las principales ciudades se ofrecen en la Tabla 5 y en la figura 5. De los 77 embalses destinados a este fin, 16 se encontraban con un llenado igual o inferior al 25 % de su capacidad útil al cierre del mes. Este es el caso de: Enrique Hart, Mañana de la Santa Ana y Unión II, en Camagüey; Gramal, Juan Sáez y Playuela (Naranjo), en Las Tunas; Güirabo y Magueyal, en Holguín; Charco Mono, Gilbert, Gota Blanca, Hatillo, Parada y Protesta de Baraguá, en Santiago de Cuba; y Clotilde y La Yaya, en Guantánamo. Solamente tres embalses vertían al cierre de diciembre, siendo estos: Laguna de Piedra y Mártires de la Palma, en Pinar del Río; y Buena Vista en Artemisa. Aunque con alguna mejora con relación al cierre de noviembre, de conjunto, los embalses de abasto continúan presentando un estado desfavorable con el 53 % de llenado de la capacidad útil. Además de que se encuentran al 74 % del promedio histórico para la fecha, el llenado actual supera únicamente el 13 % de los volúmenes registrados desde 1993 para el mes de diciembre. Adicionalmente, de los 77 embalses de abasto, sólo 41 presentan el llenado útil superior al 50 % de dicha capacidad, cifra idéntica a la del cierre del mes anterior.

Tabla 5. Estado de los embalses que abastecen la población en cada territorio al cierre de diciembre de 2015

Provincia	Total de Embalses	Llenado (% vol. útil)	Diferencia con mes anterior (hm <sup>3</sup> )	Cantidad de embalses según llenado (% vol. útil)			
				Menos de 25	Entre 25 y 50	Entre 50 y 75	más de 75
Pinar del Río	4	62	-1,52	0	1	1	2
Artemisa	4	60	0,58	0	0	3	1
La Habana	3	59	-0,06	0	1	1	1
Mayabeque	3	60	0,44	0	1	0	2
Villa Clara	7	69	15,68	0	1	1	5
Cienfuegos	3	96	0,78	0	0	0	3
Sancti Spíritus	3	65	-0,84	0	1	0	2
Ciego de Ávila	2	58	5,27	0	0	2	0
Camagüey	12	58	2,70	3	3	5	1
Las Tunas	8	19	1,13	3	3	1	1
Holguín	9	62	5,69	2	4	1	2
Granma	5	59	8,48	0	2	1	2
Santiago de Cuba	10	20	-1,34	6	2	0	2
Guantánamo	4	36	-9,08	2	1	0	1
<b>Total Nacional</b>	<b>77</b>	<b>53</b>	<b>27,91</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>25</b>

## ESTADO DE LAS CUENCAS SUBTERRANEAS

Al cierre del mes de diciembre, del total de 100 acuíferos y/o tramos controlados, 41 están en descenso con respecto al mes anterior y 13 están cercanos al mínimo histórico. Se aprecia que en 81 de los casos los niveles son normales y de estos: 32 presentan tendencia a bajar, dos se mantienen estables y 47

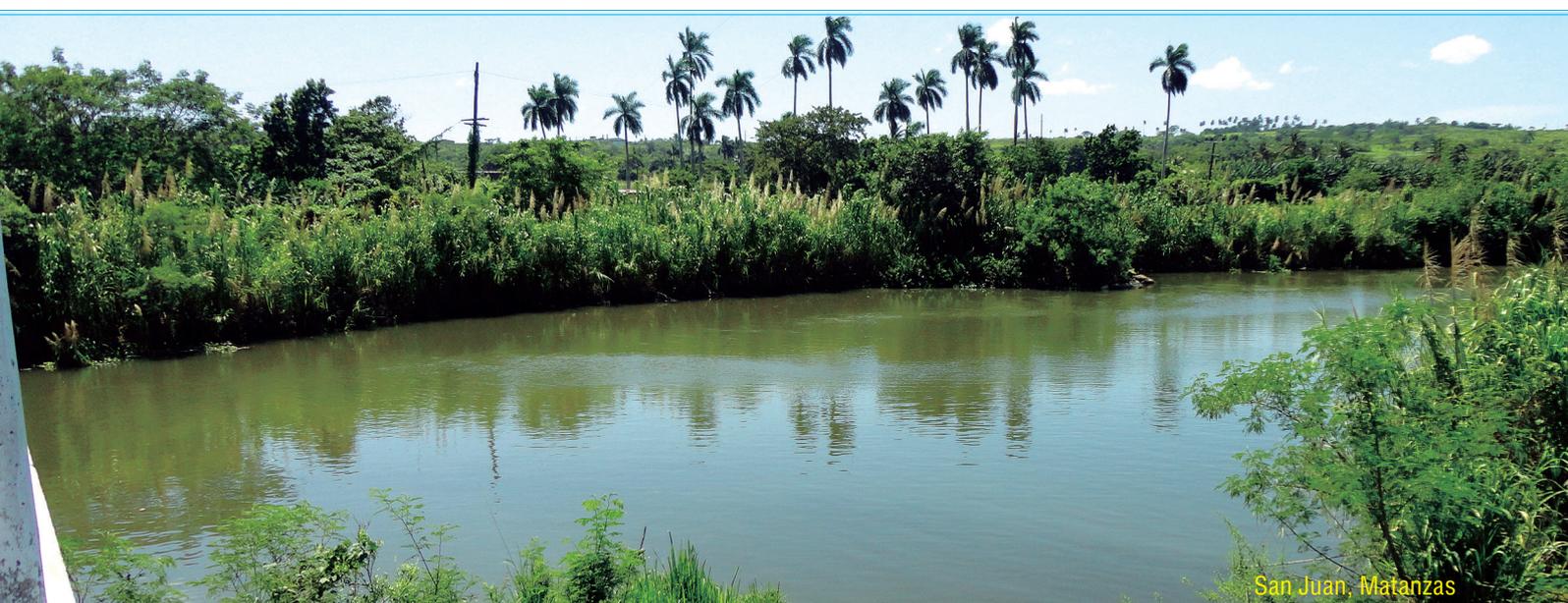
tienden a subir. Por su parte, 13 tramos asociados a nueve provincias, se encuentran en estado desfavorable (siete con tendencia a bajar, uno estable y cinco subiendo), mientras otros seis tramos se encuentran en estado crítico (M-III-1 "Sur" de Matanzas y CA-II-2 "Ciego" de Ciego de Ávila, con tendencia al descenso de sus niveles; SC-I "Parada" de Santiago de Cuba, tendiendo a la estabilidad; y C-I-16-a "Najasa",

C-I-16-a "Najasa" de Camagüey y SC-II "San Juan" de Santiago de Cuba, subiendo). Las Empresas de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos de las provincias a las que corresponden los tramos en estado desfavorable y crítico, realizan inspecciones de control de explotación y reducción de horas de bombeo en los mismos.

Tabla 6. Comparación de los niveles observados con cierre diciembre de 2015 respecto a los históricos

Territorio	Total de acuíferos	Acuíferos en descenso (respecto al mes anterior)	Acuíferos cercanos al mín. histórico (menos de 1 m)	Acuíferos en las zonas de explotación			
				Normal	Desfavorable	Crítica	
Pinar del Río	6	0	2	6	0	0	
Artemisa	7	2	1	5	2	0	
La Habana	1	0	1	0	1	0	
Mayabeque	6	4	1	5	1	0	
Isla Juventud	13	0	0	13	0	0	
Matanzas	11	4	0	10	0	1	
Villa Clara	6	2	0	6	0	0	
Cienfuegos	3	0	0	2	1	0	
Sancti Spíritus	8	5	1	7	1	0	
Ciego de Ávila	14	11	2	10	3	1	
Camagüey	15	7	1	12	1	2	
Las Tunas	1	1	0	1	0	0	
Holguín	2	0	1	1	1	0	
Granma	2	2	1	2	0	0	
Santiago de Cuba	2	0	0	0	0	2	
Guantánamo	3	3	2	1	2	0	
Cuba total	100	41	13	81	13	6	
Total de acuíferos en situación de sequía (no normales)					19		

Tomado de <http://hidroweb.hidro.cu/sites/default/files/Boletin%20Hidrol%C3%B3gico%20Diciembre%202015.pdf>



San Juan, Matanzas

# CELEBRACIÓN DEL DÍA DEL INGENIERO ACTO POR EL BICENTENARIO DEL NATALICIO DE FRANCISCO DE ALBEAR Y FERNÁNDEZ DE LARA<sup>1</sup>

## PALABRAS DE BIENVENIDA

Muy buenas tardes:

Sean bienvenidos a la actividad por el bicentenario del natalicio del ilustre ingeniero Francisco de Albear y Fernández de Lara y el Día del Ingeniero Cubano, que surgió desde el 11 de enero de 1946 por iniciativa del Ing. Luis Silva Savio, para honrar su memoria. Este día fue aprobado por la Junta Directiva de la Sociedad Cubana de ingenieros, en el año del 130 aniversario de su natalicio.

Don Francisco de Albear intervino durante 9 años en la realización de más de 182 obras, aunque la que por su magnitud y envergadura lo convirtió en un símbolo de los profesionales de su tiempo, fue su proyecto de conducción de las aguas de los manantiales de Vento, elaborado en 1855. Su ejemplar vida de profesional destacado nos guía en los nuevos retos que tenemos por delante, para lograr mejores proyectos en que se priorice la calidad, la eficiencia y la preservación de los recursos hidráulicos, para así continuar con nuevos planes de desarrollo económico y social, en estos tiempos de imprescindible racionalidad, ahorro de agua y aprovechamiento óptimo de todos los recursos.

La escasez hídrica se volverá cada vez más frecuente a raíz del calentamiento global, la elevación de la temperatura, el incremento del nivel medio del mar y las modificaciones en el régimen de precipitaciones, como parte de los impactos físicos del cambio climático, lo que repercutirá en las disponibilidades de agua dulce a escala planetaria, particularmente en las décadas posteriores al 2025. El cambio climático junto al deterioro de los recursos hídricos y el aumento de la población, entre otros, provocarán un fuerte estrés hídrico con una escasez brutal para un 40 % de la población mundial, la que no tendrá acceso al preciado líquido.

El abastecimiento de agua potable en nuestro país presenta dificultades conocidas, algunas de las cuales están en vías de solución, pero el escenario es crítico si tenemos en cuenta las necesidades de agua potable para una



<sup>1</sup> Nota del Editor: El pasado día 11 de enero del 2015 se efectuó en el teatro del edificio central del INRH, en La Habana, el acto por el Día del Ingeniero. En este artículo les presentamos las palabras inaugurales y la intervención del Dr. Rolando García Blanco en dicha celebración. Fotos de Pepe SuQ.



población creciente, la industria, la agricultura y el turismo y por otra el impacto del cambio climático (sequía, intrusión salina, reducción de las precipitaciones, etc.).

El ahorro, el uso racional y eficiente del agua y la protección de las fuentes de abasto son tres pilares que integran la Política Nacional del Agua y que indiscutiblemente serán la vía para alcanzar el desarrollo hidráulico de nuestro país.

Ing. Ana Lydia Hernández González  
Directora de Gestión de la Innovación  
y la Tecnología. INRH.

***Intervención del Dr. Rolando García Blanco<sup>2</sup> en el acto por el bicentenario del natalicio de Francisco de Albear y Fernández de Lara, que tuvo lugar en el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, el 11 de enero de 2016***

Pocas figuras en la historia de Cuba han dejado un legado cuyo impacto social haya sido tan contundente como la obra del brigadier del Real Cuerpo de Ingenieros del Ejército de España, cubano de nacimiento, científico reconocido y trabajador incansable, que respondió al nombre de Francisco de Albear y Fernández de Lara.

<sup>2</sup> Dr. Rolando García Blanco. Investigador Titular y Profesor Titular, autor principal del libro: *Francisco de Albear: un Genio Cubano Universal* (2007).

Nacido en el Castillo de los 3 Reyes del Morro el 11 de enero de 1816, hijo del comandante de dicha fortaleza militar, por entonces Tte. Cor. de ingenieros Francisco José de Albear y Hernández, natural de La Habana, y de Micaela Fernández de Lara Vargas, oriunda de Trinidad, su ascendencia española más cercana provenía de su abuelo paterno, Francisco Antonio de Albear y Palacio, quien procedente de Santander había arribado a Cuba poco antes de la Toma de La Habana por los ingleses, en 1762.

Con solo 10 años de edad solicitó su ingreso en el Regimiento de Dragones de América, en carta dirigida al Sub-Inspector general de las tropas de la Isla de Cuba, quien le concedió los cordones de Cadete, mediante Decreto del 12 de agosto de 1826, momento a partir del cual comenzaría a transcurrir su antigüedad en la carrera militar.

Desde muy temprano manifestó su aptitud para el estudio, a través de su tránsito por la escuela “Concepción”, donde curso la instrucción primaria. Con 14 años de edad ingresó en el colegio “Buenavista”, que se fundiría más tarde con el colegio “San Fernando”, cuyo director sería la prominente figura de José Antonio Saco, destacándose en los exámenes generales de 1831, los cuales lo hicieron acreedor de una certificación de honor que le fuera otorgada por Domingo del Monte, a nombre de la Real Sociedad Económica de Amigos del País, de La Habana.

Sus ansias de superación, unidas a los resultados alcanzados por su esfuerzo personal, le valieron la autorización de partir hacia España, con el gra-



do militar de Alférez de Caballería, el 1º de julio de 1835, para realizar los exámenes de ingreso a la Academia de Ingenieros de Guadalajara, los cuales aprobó con notas de sobresaliente. Idénticas calificaciones mantuvo hasta su egreso en 1839 con el grado de teniente del Cuerpo de Ingenieros, otorgado por Real Orden de 26 de diciembre, y con la expresa felicitación del ingeniero general Antonio Remón Zarco del Valle.

En 1840 participó como oficial en la denominada Guerra de los Siete Años, destacándose no sólo por su labor como ingeniero sino por su valentía personal, lo que le valió el ascenso al grado de capitán y la obtención de la Cruz Militar de San Fernando. Tres años más tarde, y desempeñándose como ayudante de profesor en la Academia de Guadalajara, sobresalió también por su actitud en la defensa de dicha plaza, ante fuerzas esparteritas muy superiores enviadas en su contra, como resultado de lo cual fue ascendido a comandante de infantería.

El 29 de enero de 1844 y en comunicación al ministro de la Guerra, el ingeniero general propone a Francisco de Albear para que pase a servir a la Isla de Cuba, y poco después, el 24 de febrero, recomienda que: “antes de pasar a La Habana, recorriendo la Francia, la Bélgica y la Inglaterra examine los Establecimientos científicos y Obras públicas que en aquellos países son de preferible estudio para su

aplicación en la primera de las Antillas”,<sup>3</sup> lo cual fue aprobado por Real Orden cinco días más tarde.

En cumplimiento de lo anterior emprende una fructífera comisión de servicios por Europa, que lo puso en Francia en contacto con notables científicos, le permitió presenciar maniobras militares en Bélgica, así como visitar otras instituciones científicas en Alemania y prestar atención al estudio de los puentes en Inglaterra. Con esta valiosa carga de conocimientos de lo más avanzado de la técnica del momento, embarca desde Burdeos hacia La Habana, destino al cual arribó el 10 de abril de 1845.

Una vez incorporado oficialmente a la Subinspección del Arma de Ingenieros en la Isla, acometió la redacción de los siguientes informes y memorias: “Las construcciones hidráulicas en la plaza y puerto de Caláis”; “Estado del ejército belga en 1844”; “Descripción del Ferrocarril de Veidre, en Bélgica”; “Grandes puentes en Inglaterra y Francia; así como la traducción al castellano, con notas originales, de la obra inglesa inédita “Plazas fuertes de la Alemania Occidental”. En correspondencia con estos resultados, el 12 de marzo de 1846 es propuesto por el ingeniero general para el inmediato grado de teniente coronel.

Ya en cumplimiento de sus funciones, se le encomienda valorar y emitir un informe acerca de 2 proyectos de puentes para el desembarcadero del río San Juan en Matanzas, dirigir la construcción del cuartel de caballería de Trinidad, reconocer el curso del río Zaza y elaborar un proyecto para la ampliación del muelle de Cienfuegos, lo cual lo sustrajo de La Habana por espacio de un año, a partir del 1º de diciembre de 1845.

Con su retorno a la capital, la Junta de Fomento comenzó a encargarle diferentes misiones tales como el proyecto de construcción del muelle entre la plaza de San Francisco y el tinglado de la Aduana Vieja, así como la inspección de las obras del puente San Jorge sobre el río Bacuranao, del puente de las Vegas, de la reparación de la alcantarilla del Carrión, y de la construcción de la Calzada a San Cristóbal por Guanajay. Es conveniente consignar que, aunque a partir de marzo de 1847 fungió como ingeniero de la Real Junta de Fomento, y que esta acordó el 10 de julio de 1848 crear una dirección facultativa de las obras, la cual de facto desempeñó, ello nunca fue objeto de una designación oficial por

<sup>3</sup> Comunicaciones del Ingeniero General Director Inspector Jefe del Cuerpo de Ingenieros, al Ministro de la Guerra, de fechas 29 de enero y 24 de febrero de 1844, en: “Expediente de Francisco de Albear y Fernández de Lara”, *Archivo General Militar de Segovia, España*.

parte del mando militar, al cual continuó subordinado como oficial del Arma de Ingenieros.

Durante el fecundo proceso de su labor que se extendió hasta 1854, intervino en la realización de 182 obras, incluidos proyectos e informes, trabajos parciales, y construcciones nuevas y completas, entre los que figuraban puentes, faros, muelles, carreteras y edificios; de ellos pudieran mencionarse: la instalación de las primeras líneas telegráficas que existieron en la Isla, el levantamiento del plano de La Habana, que lo destaca como un gran urbanista, y los proyectos del ferrocarril central y de la carretera central de Cuba.

Los méritos del abnegado ingeniero fueron tales que, cuando por Real Orden del 22 de Abril de 1854 se dispuso el regreso de Albear a la Península, al haber cumplido el máximo tiempo de permanencia en Ultramar previsto en los reglamentos militares, dos meses más tarde, el 8 de junio, la Real Junta de Fomento de Agricultura y Comercio de la Isla de Cuba elevó a la Reina una Exposición, en la cual se solicitaba que dicho militar se destinase de nuevo a la dirección de obras públicas de la referida entidad, lo cual fue finalmente concedido por una nueva Real Orden de 13 de agosto del mismo año.

Para poder tener una idea aproximada del prestigio de Albear, sirva consignar tan solo un fragmento de la referida Exposición:

“Honrado a toda prueba, puro y desinteresado, digno, veraz y enérgico al paso que moderado y conciliador; altivo, laborioso cual ninguno; de elevadas miras y al mismo tiempo escrupuloso en los pormenores de su deber; de educación distinguida y finos modales; con profundos conocimientos teóricos y prácticos, talento y disposición sobresalientes, habilidad y acierto; y todo esto acompañado de una modestia quizás excesiva; constante en el cumplimiento de sus deberes y de rectísimo ánimo; capaz de concebir y ejecutar cuanto es posible en los diversos ramos de su difícil y fecunda facultad: orgullo del país que con justicia puede presentarle al nivel de los más distinguidos ingenieros nacionales y extranjeros y que le debe sus más bellas construcciones. Tal es, señora, el coronel Albear, de quien con exacto juicio ha dicho oficialmente un general de su cuerpo que es imposible medirlo por la escala común”.<sup>4</sup>

Ahora bien, la obra que por su magnitud y envergadura convierte en un símbolo a Francisco de Albear lo fue, sin lugar a dudas, la elaboración en 1855 de su *Proyecto de conducción a La Habana de las aguas de los manantiales de Vento*, cuya tramitación promovió personalmente en España por encargo del capitán general de la Isla, entre febrero de 1856 y diciembre de 1858. Dicho proyecto se aprobó por la Junta Consultiva de Caminos y Puertos de Madrid, el 17 de noviembre de 1857, y fue refrendado por Real Orden del 5 de octubre del siguiente año, pero su primera piedra sólo se logró colocar el 26 de junio de 1861.

El abastecimiento de agua había constituido un problema vital de la población de San Cristóbal de La Habana, desde su asentamiento definitivo en el sector oeste del puerto de Carenas, a la altura de 1519, al depender sus vecinos del traslado del preciado líquido en recipientes transportados por mar o por tierra desde los ríos Luyanó y La Chorrera (hoy Almendares). Tanto la Zanja Real, construida entre 1566 y 1592 –con un volumen de descarga de 70 000 m<sup>3</sup> diarios de agua, de los cuales a la ciudad llegaban 20 000 y el resto se utilizaba en los regadíos–, como el ulterior acueducto de Fernando VII, cuyas obras se iniciaron en 1831 y concluyeron en 1835, logrando suministrar sólo 5 300 m<sup>3</sup> diarios, resultaron insuficientes para satisfacer las demandas de una población en constante crecimiento, e insatisfactorias desde el punto de vista de la calidad de las aguas y de las condiciones higiénicas en que éstas circulaban a lo largo de más de 7 km, desde el río Almendares hasta el puerto de La Habana.

Esta acuciante realidad, y la encomienda que a tales efectos hizo recaer en 1855 el capitán general de la Isla, José Gutiérrez de la Concha, sobre la comisión presidida por el entonces comandante de ingenieros Francisco de Albear, conllevaron a la realización de serios estudios geológicos e hidrológicos, los cuales arrojaron la evidencia de que los manantiales de Vento, ubicados a 11 km de la zona más antigua de la ciudad, constituían la alternativa más adecuada para resolver el problema del abastecimiento de agua a la capital, al calcularse un suministro total de 102 000 m<sup>3</sup> diarios para el consumo humano y otros destinos.

A la conclusión anterior se añadió, además, el resultado de los análisis de la composición química de las aguas de Vento, que estuvieron a cargo del director del Instituto de Investigaciones Químicas, José Luis Casaseca, y que evidenciaron la superior calidad de dichas aguas en su comparación con las del río Almendares, las cuales casi podían equipararse con las del río Sena en Francia.

<sup>4</sup> En: Archivo Nacional de Cuba, Fondo Museo Nacional, Legajo 16, Nº 2.

Atendiendo a la complejidad de la obra a la que dedicó los últimos 30 años de su vida, Albear concibió su realización en dos etapas. La primera concluyó el 23 de junio de 1878, con el desvío de las aguas del Canal de Vento hacia los filtros del acueducto de Fernando VII; de esta forma se logró hacer llegar a la capital aguas de superior calidad, aunque con las limitaciones en cuanto al nivel de suministro impuesto por la capacidad de conducción del referido acueducto.

Esta fase inicial, que se extendió por espacio de dos décadas, requirió de Albear una tenacidad y dedicación absolutas, atendiendo a la complejidad técnica de la obra, determinada por las características geológicas del terreno. Sobre estos aspectos se pronunció la comisión nombrada para inspeccionar las obras del Canal, que integrada por ilustres científicos del momento concluyó, mediante informe presentado al capitán general, el 31 de mayo de 1863, que: “todos los trabajos ejecutados bajo la dirección del Sr. D. Francisco Albear, aunque sin los recursos que en países más adelantados encuentran los hombres del arte, llevan el sello de la inteligencia que en tantas ocasiones tiene acreditada”.<sup>5</sup>

No obstante, múltiples resultaron los enfrentamientos públicos y las limitaciones económicas que conspiraron contra el normal desenvolvimiento de las obras. Así, mezquinos intereses entre el Ayuntamiento habanero y el Gobierno Superior Civil, e imputaciones públicas acerca del manejo de los fondos, obligaban a Albear a desgastarse en continuos informes, no sólo en el área de su competencia técnica, sino en la exposición meticulosa de cómo se utilizaban los escasos recursos asignados a tamaña empresa. Muestra de lo anterior, fue su pública defensa a través del diario habanero *La Voz de Cuba*, de las imputaciones que se le habían realizado desde el *Diario de la Marina*, y en la cual, con su estilo enérgico y convincente, evidenció los principios éticos que caracterizaron su vida.

Al referirse a la falta de fondos apuntada por Albear, quien relataba en los artículos mencionados que sólo se había podido trabajar en tres momentos, atendiendo a los empréstitos otorgados en 1865, 1869 y 1871, la historiografía tradicional obvia el estallido de la Guerra de los Diez años y sus efectos sobre la economía de la Isla, de lo cual no podían estar exentas las obras de Vento. No resultó casual, por tanto, la asistencia personal del capitán general Arsenio Martínez Campos, el 23 de junio

de 1878, al acto donde se realizó la conexión del Canal de Vento con los filtros del acueducto de Fernando VII, lo cual pretendía demostrar el inicio de la estabilidad social en Cuba tras el Pacto del Zanjón.

La segunda etapa del proyecto la detalló con posterioridad Albear, quien en septiembre de 1876 dio a conocer dos Memorias referidas al *Proyecto de depósito de recepción y de distribución de las aguas del Canal de Vento* y al *Proyecto de la distribución del agua de Vento en la Habana*. Debe resaltarse que la conclusión de este vasto empeño, a la altura de 1893, trascendería la existencia física de su artífice, quien fallecería el 23 de octubre de 1887, y correría a cargo del coronel de ingenieros Joaquín Ruiz, ateniéndose al proyecto original de su maestro.

Mas, el ya brigadier del Cuerpo de Ingenieros desde el 21 de septiembre de 1876, Francisco de Albear, tuvo en vida la satisfacción de ver su proyecto premiado en la Exposición Universal de París, en 1878, donde obtuvo medalla de oro, con una mención honorífica que lo inmortaliza para la posteridad, al entregársele personalmente “como premio a su trabajo, digno de estudio hasta en sus menores detalles, y que puede ser considerado como una obra maestra”.<sup>6</sup>

Para tener una idea aproximada de los méritos del proyecto de Albear, sirvan las siguientes valoraciones del propio coronel de ingenieros Joaquín Ruiz:

“La elección del punto de toma, el análisis de las aguas, el cálculo del consumo necesario, el alumbrado y aforo de los manantiales, operación ingeniosa y difícil; la no menos delicada de su captación; su recogida en un espacio común; la preservación del agua de toda influencia nociva, y la erección de obras que la defiendan de toda mezcla o confusión con orígenes enturbiados; su conducción luego a larga distancia en condiciones higiénicas a través de toda suerte de obstáculos, salvando cauces de ríos, arroyos, caminos, ramblas, cerros y trincheras hasta el vasto depósito que las almacena y reposa, asegurando la uniformidad y la constancia en el consumo; su distribución luego científicamente estudiada para esparcir el agua subdividiendo y aprovechando a la par la fuerza que la impulsa desde su partida; todo esto... da lugar a estudios de química, higiene pública, estadística, geología, me-

<sup>5</sup> En: Archivo Histórico Nacional, Sección de Ultramar, Fondo Cuba-Fomento, Legajo 223, Expediente 4, Documento 10.

<sup>6</sup> MONTOLIEU Y DE LA TORRE, ENRIQUE J.: “Primer centenario de la vida profesional de Albear en 1840”, en: *Revista de la Sociedad Cubana de Ingenieros*, vol. XXXV, nº 6, diciembre de 1940, p. 336.



cánica de las construcciones e hidráulica, y otros muchos ramos del saber”.<sup>7</sup>

A estos méritos indiscutibles desde el punto de vista ingeniero, se necesitaría agregar que, próximo a cumplirse 123 años de la inauguración de la obra denominada con toda justicia como “Acueducto de Albear”, en honor a la memoria de su creador, esta continúa hoy en explotación y abastece alrededor del 15 % del agua consumida por una ciudad de más de 2 millones de habitantes.

Pero Albear no sólo fue el ilustre ingeniero encargado en Cuba de múltiples obras de beneficio social y artífice del Canal de Vento, sino que su multifacética existencia abarcó también, y de forma destacada, su participación directa en múltiples instituciones de carácter científico. Así, entre otras, fue miembro corresponsal de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, fundador de la Sociedad Geográfica de Madrid, miembro ordinario de la Sociedad Científica de Bruselas, honorario y corresponsal de la Sociedad Británica de Fomento de Artes e Industrias, miembro de la Sociedad de las clases productoras de México, socio de mérito de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de La Habana, socio de mérito del Círculo de Hacendados de la Isla de Cuba y socio de número y de mérito de la Real Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana, de la cual llegó a ostentar el cargo de vicepresidente.

En honor a la más estricta justicia histórica, debe destacarse que el brigadier del Real Cuerpo de Ingenieros del Ejército de España, Francisco de Al-

bear, natural de La Habana, personalidad pública y científica de reconocido prestigio internacional por su talento y sus obras, trabajador tenaz e incorruptible, quien desempeñó con honor profesional las encomiendas sociales que le fueron asignadas, jamás tuvo participación directa como militar durante el conflicto independentista de 1968, ni en la denominada Guerra Chiquita. Su labor y su vida estuvieron consagradas a las obras sociales en la tierra que lo vio nacer, y a la cual dedicó hasta su último aliento.

Por eso hoy, al conmemorarse el bicentenario de su natalicio, la figura de Francisco de Albear y Fernández de Lara continúa siendo símbolo de las nuevas generaciones de ingenieros cubanos, y junto a su indiscutible condición de héroe de la ciencia y la tecnología, pudiéramos suscribir las palabras de uno de sus contemporáneos, y ratificar que:

“Concibió Albear numerosas y grandes obras de importante utilidad pública y de trascendental beneficencia para el país, redactó los proyectos de éstas, y consumió su vida en esfuerzos supremos de trabajo, abnegación y sacrificios para ejecutarlas y terminarlas; con estos fines sostuvo tremendas luchas, no sólo contra los obstáculos que naturalmente surgen, sino contra las trabas especiales y los combates violentos que suscitaban la mala fe y los bastardos intentos de los hombres. Fue, pues, un héroe de la Patria”.<sup>8</sup> 

<sup>7</sup> RUIZ, JOAQUÍN: “El Brigadier Albear. Necrología”, en: *Anales de la Real Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana*, t. 52, p. 851, Habana, 1915-1916.

<sup>8</sup> PEDROSO, CARLOS DE: “Introducción a la biografía del Académico Sr. D. Francisco de Albear y Lara”, en: *Anales de la Real Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana*, t. 27, p. 214, Habana, 1890.

# EL NIÑO SERÁ UNO DE LOS PEORES DESDE 1950 POR EL CAMBIO CLIMÁTICO<sup>1</sup>

El cambio climático ha creado condiciones sin precedentes para el actual fenómeno de *El Niño*, que tendrá su periodo de mayor intensidad entre octubre 2015 y enero 2016, según dijeron hoy expertos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Las predicciones del calentamiento de la superficie del mar en las zonas central y oriental del Pacífico tropical apuntan a que *El Niño* que está en desarrollo probablemente será uno de los cuatro más fuertes desde 1950. Los anteriores más potentes fueron los registrados en los periodos entre 1972 - 1973, 1982 - 1983 y 1997 - 1998.

Para sus pronósticos, los científicos toman en cuenta que, en agosto, **las temperaturas de la superficie del mar ya estuvieron entre 1,3 y 2 grados centígrados por encima de la media**, superando en un grado los umbrales habituales de *El Niño*. Los modelos utilizados apuntan a que las temperaturas se mantendrán al menos 2 grados por encima de lo normal y que incluso podrían subir algo más.

Los efectos de *El Niño* ya se hacen sentir en algunas regiones del mundo de manera muy variada y serán más patentes en los próximos cuatro a ocho meses, según la OMM, una agencia científica de Naciones Unidas y autoridad en la materia.

Realmente no sabemos lo que pasará porque no tenemos precedentes para esta situación.

De manera general, este fenómeno climático puede provocar fuertes precipitaciones —y por consiguiente, inundaciones— en América Latina, Asia, Oceanía y África, Sin embargo, los países afectados cuentan ahora con más experiencia, conocimientos e información que nunca antes, lo que puede ayudarles a tomar medidas de prevención efectivas, opinó

## EL FENÓMENO DE “EL NIÑO”

Este año, el fenómeno ya comenzó a afectar a los países sudamericanos y se pronostican estragos a nivel mundial. Conoce cómo ocurre.

**¿QUÉ ES?**  
Es el calentamiento anormal de las aguas del Pacífico ecuatorial.

**¿POR QUÉ ESE NOMBRE?**  
Se refiere al niño Jesús, fue dado por los pescadores peruanos por la corriente cálida que aparecía en la temporada navideña.

**¿CUÁNDO OCURRE?**  
Es irregular, aparece en periodos que van de 2 a 7 años y cuando se forma, dura entre 8 y 12 meses.

**¿CÓMO SE FORMA?**

- 1 A mitad de año los vientos alisios del Océano Pacífico cambian de sentido y soplan de oeste a este.
- 2 Las aguas cálidas de las costas de Australia e Indonesia se desplazan hacia la corriente de Perú o de Humboldt compuesta de agua fría.
- 3 Durante diciembre ambas corrientes (cálida y fría) se encuentran en las costas de Sudamérica y provocan la evaporación del agua que forma nubes con fuerte carga de lluvia.

Océano Pacífico  
nubes con fuerte carga de lluvia  
aguas cálidas  
corriente de Perú

**¿QUÉ PROVOCA?**

**EN EL PLANETA**

- Calentamiento global y de la temperatura del mar
- Pérdida de especies por el cambio de temperatura
- Surgimiento de enfermedades como el cólera

**EN MÉXICO**

- Lluvias y fríos más fuertes en invierno y con mayor humedad
- Escasez de lluvias en verano, más calor y sequías en el centro del país.
- Pérdidas pesqueras (por la muerte de especies)

Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria- Argentina, elclima.com.mx, Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA), cambioglobal.org  
Investigación y edición: Mónica I. Fuentes Pacheco Diseño y Arte Digital: Alberto Nava Consultoría

<sup>1</sup> Tomado de Reuters - Live. Disponible en: [http://elpais.com/tag/fenomeno\\_el\\_nino/a/](http://elpais.com/tag/fenomeno_el_nino/a/)

Maxx Dilley, director de Predicciones Climáticas de la OMM, al presentar la información más reciente sobre la evolución de *El Niño*.

El experto mencionó el caso de Perú, donde se están tomando acciones preventivas, como simulacros, y se optó por cancelar su participación en el rally Dakar 2016 por el riesgo de inundaciones o deslizamiento de tierra en zonas que formaban parte del recorrido.

Lo que es completamente distinto desde el último fenómeno de *El Niño* (entre 1997 y 1998) es que el actual está ocurriendo bajo nuevas condiciones, influidas por el cambio climático. Desde entonces, “el mundo ha cambiado mucho” y la capa de hielo del mar Ártico se ha reducido a niveles mínimos, al tiempo que se ha perdido hasta un millón de kilómetros cuadrados de superficie nevada en el hemisferio norte, explicó el jefe del Programa de Investigación del Clima de la OMM, David Carlson.

“Han emergido nuevos patrones, y lo que es único ahora es que están coincidiendo por primera vez con *El Niño*”, sostuvo. Desde el periodo 1997 - 1998 no se había observado la presencia de *El Niño* o de *La Niña* (el fenómeno contrario, causado por enfriamiento de las aguas superficiales de ciertas zonas del Pacífico), lo que también se considera inusual.

Carlson dijo que en la situación actual **—con la influencia del deshielo en el Ártico y el calentamiento del Pacífico tropical—** “no sabemos lo que pasará, si ambos patrones se reforzarán uno a otro, se anularán, actuarán en secuencia o influirán en distintas zonas del planeta”.

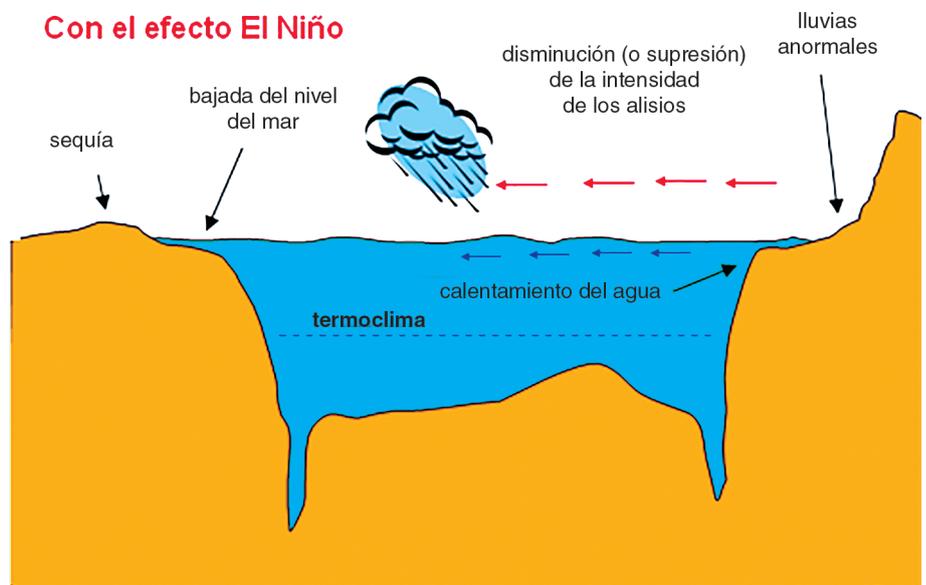
“Realmente no lo sabemos, porque no tenemos precedentes para esta situación”, insistió el científico. Las características de *El Niño* conocidas hasta ahora apuntan a que provoca un aumento de la intensidad de las lluvias en la costa oeste de Sudamérica (principalmente Ecuador y Perú), así como en los países del llamado “Cuerno de África”. En cambio, se sufren sequías en Australia, Indonesia, el sudeste de Asia y el sur de África.

## ¿Qué es El Fenómeno El Niño?

El fenómeno de El Niño - Oscilación Sur (ENOS) es un patrón

climático recurrente que implica cambios en la temperatura de las aguas en la parte central y oriental del Pacífico tropical. En periodos que van de tres a siete años, las aguas superficiales de una gran franja del Océano Pacífico tropical, se calientan o enfrían entre 1 °C y 3 °C, en comparación a la normal. Este calentamiento oscilante y el patrón de enfriamiento, es conocido como el ciclo ENOS (o ENSO por sus siglas en Ingles), afectando directamente a la distribución de las precipitaciones en las zonas tropicales y puede tener una fuerte influencia sobre el clima en las otras partes del mundo. El Niño y La Niña son las fases extremas del ciclo ENOS; entre estas dos fases existe una tercera fase llamada Neutral.

El nombre de El Niño (refiriéndose al niño Jesús) fue dado por los pescadores peruanos a una corriente cálida que aparece cada año alrededor de Navidad. Lo que ahora llamamos El Niño les pareció como un evento más fuerte de la misma, y el uso del término se modificó para hacer referencia sólo a los hechos irregularmente fuertes. No fue hasta la década de 1960 que se notó que este no era un fenómeno local peruano, y se le asoció con cambios en todo el Pacífico tropical y más allá. La fase cálida de El Niño suele durar aproximadamente entre 8-10 meses. El ciclo ENOS entero dura generalmente entre 3 y 7 años, y con frecuencia incluye una fase fría (La Niña) que puede ser igualmente fuerte, así como algunos años que no son anormalmente fríos ni cálidos. Sin embargo, el ciclo no es una oscilación regular como el cambio de estaciones, pudiendo ser muy variable tanto en la intensidad como en su duración. En la actualidad, aún no se entiende completamente cuáles son las causas de estos cambios en el ciclo ENOS. 💧



# LAS 3 RAZONES POR LAS QUE LA NASA CREE QUE EL NIÑO SERÁ TAN “PODEROSO” COMO EL PEOR DE LA HISTORIA<sup>1</sup>

Las consecuencias del fenómeno de El Niño ya se sienten en Sudamérica y se mantendrán al menos tres meses más.

Hay al menos tres poderosas razones para creer que el fenómeno de El Niño actual será tan “grande y poderoso” como el considerado peor de la historia, el de 1997 y 1998.

Existen indicadores relacionados a las altas temperaturas de la superficie oceánica, las altísimas temperaturas registradas en el hemisferio norte y también que este año “El Niño no muestra signos de retroceder”, según las imágenes satelitales de las que dispone la NASA. Por todo esto, la agencia espacial estadounidense considera el de este 2015 - 2016 comparable con lo que muchos llamaron el “fenómeno monstruoso” de hace 18 años.

## Cuánto puede afectar El Niño el precio de lo que comemos. 5 maneras en las que “El Niño Godzilla” podría alterar el clima de nuestro planeta

El Niño también se asocia a sequías al otro lado del Pacífico, como en Australia.

“No hay duda, son muy similares. Los fenómenos de 1982 - 1983 y 1997 - 1998 fueron los de mayor impacto en el anterior siglo y en muchas maneras parece que ahora vemos una repetición”, explicó a BBC Mundo el experto de la NASA William Patzert.

El investigador, especialista en análisis de fenómenos climáticos relacionados a la circulación oceánica y el aire, añadió que en esta ocasión “es casi un hecho que los impactos serán enormes”.

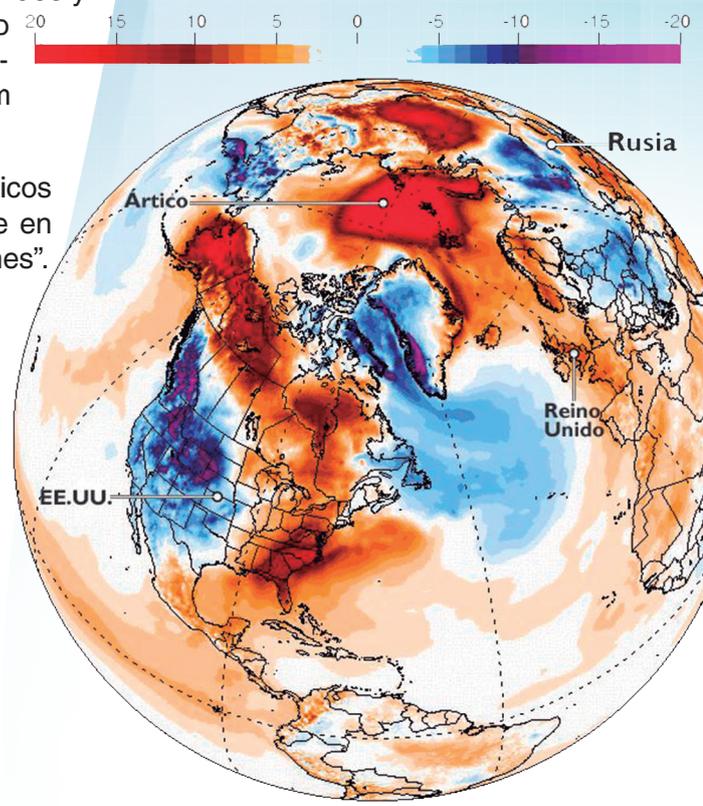
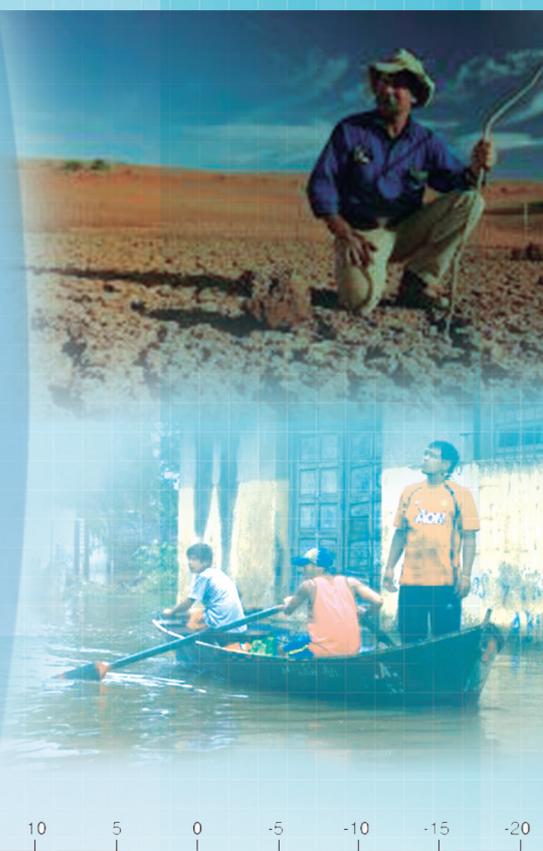
### 1. Océanos crecidos

Alturas muy superiores a los usuales en el nivel del océano Pacífico son un indicador de que existe una gruesa capa de agua caliente.

En ambos mapas, generados por satélite, se ve “el patrón clásico” del fenómeno cuando ya está casi o completamente desarrollado.

La NASA calificó de “sorprendente” a la similitud en las anomalías de altura registradas en diciembre de 1997 y 2015.

A la izquierda están las anomalías en la altura de la superficie oceánica registradas por el satélite TOPEX/Poseidon en 1997, mientras que a la derecha se puede ver el registro



<sup>1</sup> Redacción BBC Mundo. 31 diciembre 2015. Disponible en: [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/12/151230\\_nasa\\_senales\\_fenomeno\\_el\\_nino\\_devastador\\_poderoso\\_bm](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/12/151230_nasa_senales_fenomeno_el_nino_devastador_poderoso_bm)

hecho por su sucesor, el Jason-2, hace unos días. La NASA calificó el parecido como “sorprendente”.

Lo que se ve en los gráficos son los niveles inusualmente altos en el océano Pacífico a la altura de la línea del Ecuador.

El agua caliente y tibia que se ha acumulado en la zona es lo que atrae los nubarrones y las tormentas que ya comenzaron a producirse en parte de América Latina, fundamentalmente en países por debajo la línea del Ecuador.

Otra consecuencia de esto es el bajo nivel de lluvias en el sudeste asiático, lo cual contribuyó a la multiplicación de grandes incendios que han cubierto de humo a la región desde hace unas semanas.

El calor en la región del Pacífico en 1997 fue uno de los fenómenos climáticos que generó inundaciones vistas pocas veces antes en países como Bolivia, Paraguay, Perú, Argentina y Brasil en aquel año y el siguiente.

Las similitudes en la temperatura oceánica en ambos periodos también tienen notables parecidos.

La acumulación de calor en los mares atrae nubes y multiplica las tormentas, como sucedió en América Latina en 1997 y sucede en la actualidad.

## 2. No disminuye

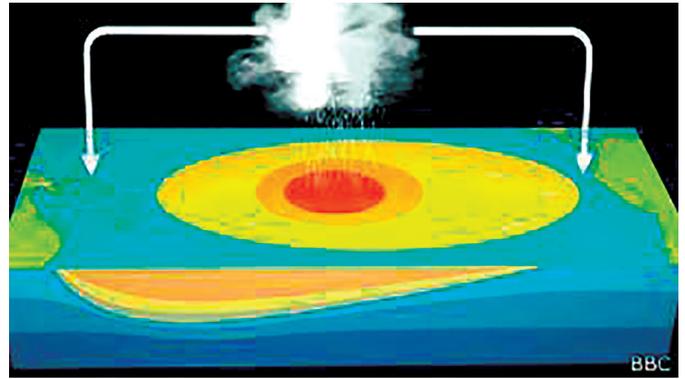
El Niño es un fenómeno natural que ocurre cada dos a siete años cuando las aguas cálidas de la región central del océano Pacífico se expanden hacia el este, acercándose a las costas de América.

Normalmente alcanza su momento más agudo a finales de año pero sus efectos se sienten a lo largo de la primavera del hemisferio norte y pueden durar hasta los 12 meses siguientes. Sin embargo, como señala la NASA, el fenómeno de este año no está mostrando signos de disiparse. Esa es “la firma de un gran y poderoso El Niño”, explica la NASA. Las inundaciones en la provincia argentina de Entre Ríos también se han asociado a El Niño.

## 3. Altas temperaturas

Patzert explicó a BBC Mundo que el calentamiento global que actualmente atraviesa el planeta es un factor nuevo que influye en los efectos y la naturaleza del fenómeno de El Niño.

“El planeta está más caliente ahora, eso es un hecho importante. Un planeta más caliente genera consecuencias más peligrosas, eventos más extremos”, precisó el analista de la NASA.



Numerosos estudios señalaron que el cambio climático puede agudizar temperaturas extremas en periodos como el fenómeno de El Niño o La Niña.

Patzert precisó que los efectos del fenómeno de El Niño se sentirán en Estados Unidos entre enero y marzo.

Este año se están registrando temperaturas mucho más altas de lo habitual en el hemisferio norte.

El día de Navidad, en Francia, se registró un récord histórico sólo por debajo del de 1997.

E incluso en el Polo Norte, donde este 30 de diciembre se estima que la temperatura ha estado por encima de los 0 grados Celsius, cuando lo normal son - 25 °C.

En contraste, en México, El Niño parece el responsable de unas inusuales tormentas que han cubierto de nieve el norte del país. Hay nieve en partes de Sonora por primera vez en 33 años.

En Sudamérica y Centroamérica, señala el investigador, los efectos ya se han visto con las grandes inundaciones de las últimas semanas y se prolongarán al menos tres meses más.

No todo son malas noticias, resalta Patzert.

El Niño surge de la expansión de las aguas cálidas del centro del Pacífico.

El científico señaló que a pesar de los pronósticos, existe mayor infraestructura y avances científicos para tomar previsiones cada vez mejores ante la llegada del fenómeno climático.

Sin embargo, lo más probable es que las consecuencias de El Niño se prolongarán durante la mayor parte del próximo año en forma de inundaciones, epidemias o sequías prolongadas. Fundamentalmente en Sudamérica.

En una de sus publicaciones al respecto, la NASA llegó a una conclusión contundente: “No importa donde usted viva, sentirá los efectos del fenómeno de El Niño”.

# 2050: LA ESCASEZ DE AGUA EN VARIAS ZONAS DEL MUNDO AMENAZA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y LOS MEDIOS DE SUBSISTENCIA<sup>1</sup>

## SE NECESITAN MEJORES POLÍTICAS Y MÁS INVERSIONES, ADEMÁS DE ADAPTACIÓN DE LA AGRICULTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO

14 de abril de 2015, Roma/Daegu –En 2050 habrá agua suficiente para producir los alimentos necesarios para una población mundial que superará los 9 000 millones de personas, pero el consumo excesivo, la degradación de los recursos y el impacto del cambio climático reducirá el suministro de agua en muchas regiones, especialmente en los países en desarrollo, según advierten la FAO y el Consejo Mundial del Agua (CMA) en un informe publicado hoy.

El documento “Hacia un futuro con seguridad hídrica y alimentaria” (*Towards a water and food secure future*) pide políticas gubernamentales e inversiones de los sectores público y privado para asegurar que la producción agrícola, ganadera y pesquera se realice de forma sostenible y contemple a la vez la salvaguarda de los recursos hídricos. Estas actuaciones son esenciales para reducir la pobreza, aumentar los ingresos y garantizar la seguridad alimentaria de muchas personas que viven en las zonas rurales y urbanas, según destaca el estudio.

“La seguridad alimentaria e hídrica están estrechamente unidas. Creemos que desarrollando los enfoques locales y con las inversiones adecuadas, los líderes mundiales pueden asegurar que habrá suficiente volumen, calidad y acceso al agua para garantizar la seguridad alimentaria en 2050 y más allá”, señaló Benedito Braga, Presidente del Consejo Mundial del Agua, al presentar el informe en el 7º Foro Mundial del Agua que se celebra en Daegu y Gyeongbuk, dos ciudades de Corea del Sur.

“La esencia del problema es adoptar programas que incluyan inversiones con beneficios a largo plazo, como la rehabilitación de infraestructuras. La agricultura tiene que seguir el camino de la sostenibilidad y no el de la rentabilidad inmediata”, añadió Braga.

“En una época de cambios acelerados y sin precedentes, nuestra capacidad para proporcionar una alimentación adecuada, inocua y nutritiva de forma sostenible y equitativa es más relevante que nunca. El agua, como elemento insustituible para la consecución de este fin, ya está bajo presión por la creciente demanda de otros usos, agravada por una débil gobernanza, falta de capacidad y falta de inversiones”, señaló por su parte la Directora General Adjunta de la FAO, María Helena Semedo.

<sup>1</sup> Disponible en <http://www.fao.org/news/story/es/item/283264/icode/>



“Este es el momento oportuno –añadió– para replantear nuestras políticas públicas, marcos de inversión, estructuras de gobernanza e instituciones. Estamos entrando en la era del desarrollo post - 2015 y deberíamos caracterizarla con compromisos sólidos”.

### **La agricultura seguirá siendo la mayor consumidora de agua**

En 2050 se necesitará un 60 % más de alimentos –hasta el 100 por ciento en los países en desarrollo– para alimentar al planeta, mientras que la agricultura seguirá siendo el mayor consumidor de agua a nivel mundial, lo que representa en muchos países cerca de dos tercios –o más– de los suministros procedentes de ríos, lagos y acuíferos.

Incluso con el aumento de la urbanización, en 2050 gran parte de la población mundial –y la mayoría de los pobres– seguirán ganándose la vida con la agricultura. Sin embargo, el sector verá como el volumen de agua disponible se reduce debido a la competencia de las ciudades y la industria, indica el documento de la FAO y el CMA. Por ello, a través de la tecnología y las prácticas de gestión, los agricultores –especialmente los pequeños campesinos–, tendrán que encontrar maneras de aumentar su producción con una limitada disponibilidad de tierra y agua.

En la actualidad, la escasez de agua afecta a más del 40 por ciento de la población mundial, una proporción que alcanzará los dos tercios para 2050.

Esto se debe en gran parte a un consumo excesivo de agua para la producción alimentaria y agrícola. Por ejemplo, en grandes zonas de Asia meridional y oriental, en el Próximo Oriente, África del Norte y América del Norte y Central, se utiliza más agua subterránea de la que puede reponerse de forma natural. En algunas regiones la agricultura intensiva, el desarrollo industrial y el crecimiento en las ciudades son responsables de la contaminación de las fuentes del agua, añade el informe.

### **Cambios en las políticas y las inversiones**

Las mejoras destinadas a ayudar a los agricultores a aumentar la producción de alimentos utilizando recursos hídricos cada vez más limitados –incluyendo el campo de la fitogenética y la zoogenética– son muy necesarias. También será fundamental empoderar a los agricultores para que gestionen mejor los riesgos asociados a la escasez de agua, según la FAO y el CMA. Ello requerirá una combinación de inversión pública y privada, así como programas de formación de apoyo.

Para hacer frente a la degradación y el desperdicio, las instituciones que gestionan el agua deben ser más transparentes en sus mecanismos de asignación y fijación de precios, señalan las dos organizaciones. Básicamente, hay que otorgar derechos sobre el agua de forma justa e inclusiva.

En particular, el documento destaca la necesidad de garantizar la seguridad de la tenencia de la tierra y el agua y el acceso al crédito de forma que se potencie el papel de las mujeres, que en África y Asia son responsables de gran parte de la actividad agrícola.

### **Hacer frente al cambio climático**

Los efectos del calentamiento global, incluyendo patrones inusuales de precipitaciones y temperatura y los fenómenos meteorológicos extremos más frecuentes –como sequías y ciclones–, tendrán un impacto creciente, en particular sobre la agricultura y los recursos hídricos, advierte el informe presentado hoy.

Las zonas de montaña contienen hasta un 80 por ciento de los recursos hídricos del mundo, pero el retroceso en curso de los glaciares como consecuencia del cambio climático pone en peligro la existencia de estos suministros en el futuro.

Por otro lado, los bosques usan agua, pero también la aportan: al menos un tercio de las mayores ciudades del mundo obtienen parte importante de su agua potable de zonas forestales.

Esto subraya la importancia de intensificar los esfuerzos para proteger los bosques y las zonas montañosas donde se origina gran parte del agua dulce del mundo.

El informe pide políticas e inversiones para mejorar la adaptación al cambio climático a nivel de las cuencas hidrográficas y los hogares, como la mejora de las instalaciones de almacenamiento de agua, la captura y reutilización de aguas residuales, así como la investigación que genere sistemas de producción agrícola más **resilientes** para los pequeños campesinos.

El Foro Mundial del Agua (12 - 17 de abril) es el mayor evento internacional destinado a la búsqueda de soluciones conjuntas a muchos de los desafíos hídricos del planeta. Además de producir conjuntamente el informe con el Foro Mundial del Agua, la FAO también ha presentado en el Foro junto con varios socios la Visión 2030 y Marco Global de Acción, un conjunto de directrices y recomendaciones para mejorar la gestión de las aguas subterráneas. 

## MAPA DE LA NASA: LA TIERRA SE ESTÁ QUEDANDO SIN AGUA<sup>1</sup>

Según nuevos datos proporcionados por satélites de la NASA, los acuíferos subterráneos más grandes del mundo se están agotando dramáticamente.

HOUSTON. –Los acuíferos subterráneos más grandes del mundo, que son fuente de agua dulce para cientos de millones de personas, se están agotando a un ritmo alarmante, según nuevos datos proporcionados por satélites de la NASA.

Se estima que 21 de los 37 acuíferos subterráneos más grandes del mundo, que se ubican en regiones que van desde la India y China hasta EE.UU. y Francia, han pasado sus puntos de inflexión de sostenibilidad, informó The Washington Post.

Según científicos de la NASA, esto significa que fue extraída más agua de la que fue repuesta durante el periodo de estudio que duró una década, desde el 2003 hasta el 2013.

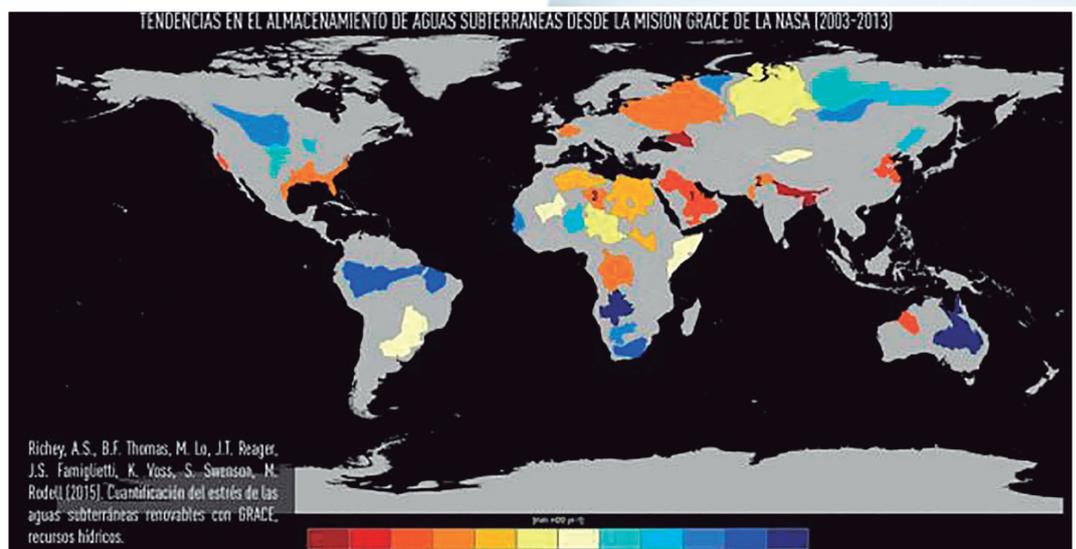
Los datos de satélites de la NASA conformaron la primera evaluación detallada para demostrar que los principales acuíferos realmente están dando batalla para mantener el ritmo de las demandas de la agricultura, las poblaciones en crecimiento y de industrias como la minería.

“La situación es bastante crítica”, afirma Jay Famiglietti, científico de la NASA. Según él, los problemas con el agua subterránea se ven agravados por el calentamiento global.

Los acuíferos subterráneos suministran el 35 % del agua utilizada por los seres humanos en todo el mundo. Los más problemáticos se encuentran en regiones pobres y densamente pobladas, como en el noroeste de la India, Pakistán y el norte de África, refirió Russia Today.

El acuífero del mundo que presenta más dificultades –que está sufriendo un agotamiento rápido con poco o ningún signo de reabastecimiento– es el Acuífero Árabe, una fuente de agua utilizada por más de 60 millones de personas.

A continuación se encuentra la cuenca del Indo en la India y Pakistán, y la cuenca del Murzuk-Djado en Libia y Níger. 💧



<sup>1</sup> Redacción Internacional | [internacionales@granma.cu](mailto:internacionales@granma.cu). Disponible en: <http://www.granma.cu/mundo/2015-06-17/mapa-de-la-nasa-la-tierra-se-esta-quedando-sin-agua>. Foto: NASA

## LA UTILIDAD DEL CONOCIMIENTO<sup>1</sup>

La práctica social relacionada con la producción, distribución y uso del conocimiento, cada día adquiere mayor resonancia en la vida contemporánea, y prácticamente no existe ninguna esfera que escape de esta influencia, directa o indirectamente.

Según precisiones del doctor Ismael Clark, presidente de Academia de Ciencias de Cuba, “El avance del proceso civilizatorio ha estado dictado por el nivel de conocimiento científico disponible en cada momento. Las naciones que no han sabido o no han podido tener acceso a él han ido quedando atrás. Por el contrario, allí donde el conocimiento científico se ha desplegado y afianzado, el progreso cobra creciente impulso y sus efectos se dejan sentir, si bien con importantes contradicciones, sobre toda la sociedad. La correcta apreciación de los problemas de la contemporaneidad y de las maneras adecuadas de enfrentarlos, demanda del ciudadano cierta dotación de conocimientos científicos mínimos, bien sea en materia de medio ambiente, energía, tecnología informática, enfrentamiento de epidemias o prevención y reacción ante desastres de diversos orígenes”.<sup>2</sup>

Bajo el anterior influjo, cabe considerar de muy estimulante el encuentro desarrollado el 13 de enero último, en el teatro del Nivel Central del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), donde ejecutivos de algunas entidades internacionales dieron a conocer de primera mano, ciertos atractivos de tecnologías, productos y servicios sostenidos por sus organizaciones, a un variado auditorio relacionado con el manejo del recurso agua en Cuba.

Animaron el coloquio el ingeniero Gonzalo Sales Casamadrid, de la Productora Metálica S.A. de C.V., el ingeniero Cesar Soto, director de Área de COHISA CONTHIDRA S.L., perteneciente al Grupo Janz, y el licenciado Jurgen Schouten, director regional para Europa del Sur y Latinoamérica de Nyloplast.

Participaron en el encuentro cuadros, funcionarios y especialistas del INRH, representantes de los Grupos Empresariales de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería Hidráulica (GEIPI), Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (GEARH), Acueducto y Alcantarillado (GEAAL), e Ingeniería y Logística Hidráulica (GEILH), estudiantes de la Facultad de Ingeniería Hidráulica del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE), y directivos de la Planta de Herrajes, perteneciente al Ministerio de Industrias (MINDUS).



El ingeniero Cesar Soto, director de Área de COHISA CONTHIDRA S.L., perteneciente al Grupo Janz, presentó atractivos de su consorcio.



El vicepresidente primero del INRH, ingeniero Abel Salas García (segundo de izquierda a derecha), encabezó el auditorio.

<sup>1</sup> Por: Ing. Ana Lydia Hernández González y Lic. Fidel Sagó Arrastre. Fotos: Fidel Sagó

<sup>2</sup> ISMAEL CLARK: “Por la cultura cubana de la ciencia”, en: Granma, p. 8. 12 de diciembre 2015.

## México: Productora Metálica, S.A. de C.V. y Krha

Por parte del representante de esta entidad se expusieron tópicos relacionados con las cajas y accesorios para medidores de agua, tratamiento de válvulas en general y sistemas antifraudes, dispositivos de control de fugas y de mejoramiento de las redes, algunos métodos para el ahorro del vital líquido, buenas prácticas en procedimientos geográficos, de telemetría y sectorización, así como experiencias de operaciones para garantizar el abasto de agua a la municipalidad de San Luis de Potosí, en México.

También de la hermana nación azteca, correspondientes a Krha, se presentó un sistema de fabricación de tuberías de presión y corrugadas con diámetros que van hasta los 4 000 milímetros, las ventajas e inconvenientes con los regímenes tradicionales de fabricación de tuberías, y las posibilidades de fabricar depósitos, silos y pozos de inspección. Además se detallaron los métodos utilizados para los mantenimientos de pozos, mediante tratamientos químicos, así como mecanismos para evitar la corrosión en cuanto a la distribución de agua en pipa.

## COHISA CONTHIDRA S.L.

El directivo de esta compañía promocionó el proyecto para la fabricación en Cuba de un medidor de agua, en base a la gestión eficiente de un servicio adaptado a las necesidades del archipiélago.

Dicho proyecto, a largo plazo, considera entre sus premisas la garantía y vida media de los equipos, la mejora de las instalaciones, las condiciones sanitarias en la red, así como la posibilidad de reparar, comprobar y dar mantenimiento *in situ*. Asimismo, vislumbra la potencial reducción de los costes operativos, la disminución de los costes de la NO calidad, la personalización de la producción y su desarrollo específico. Asimismo, reconoce la capacitación y formación del personal, antes, durante y después del montaje de la proyectada planta para fabricar los medidores de agua, sin soslayar el mantenimiento de la industria, y la pertinente normalización y certificación de los productos.

## Nyloplast

Entretanto, el delegado de esta corporación se refirió al uso de los filtros debajo de las rejillas, como algo novedoso en los drenajes pluviales, y distribuyó información para consultas a los presentes.



El ingeniero Gonzalo Sales Casamadrid, de la Productora Metálica, S.A. de C.V., expuso bondades de su organización.



El licenciado Jurgen Schouten, director regional para Europa del Sur y Latinoamérica de Nyloplast, se refirió al uso de los filtros debajo de las rejillas, como algo novedoso.

## Cara a cara: virtud comunicativa

Si bien es cierto que al buscar en Internet precisiones sobre las agrupaciones mencionadas anteriormente y en torno a los temas abordados, se pueden hallar miles de resultados en cuestión de segundos, esta especie de seminario que reseñamos en las líneas que discurren, brinda la oportunidad insustituible del contacto cara a cara con los proveedores de determinadas tecnologías, productos y servicios, contribuyéndose así a la obtención de una comunicación más directa y efectiva, que puede redundar en experiencias muy positivas y novedosas para los proyectistas, inversionistas, explotadores y constructores de la rama hidráulica en nuestro país, entre otros actores del contexto social.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CLARK, ISMAEL: "Por la cultura cubana de la ciencia", en: *Granma*, p. 8. 12 de diciembre 2015. 

## JUANITO: UNA VOZ AUTORIZADA<sup>1</sup>

Para intentar comprender la real dimensión de la personalidad de Juan Antonio Martín González hay que viajar a sus orígenes, dialogar con él e instalarse en su recinto laboral para advertir la trascendencia íntima de cada hilo de ese torrente de planos, trazos y papeles amarillentos, curtidos por el tiempo, que rodean su cotidianidad.

El hijo de Juan Martín Díaz y Faustina Amparo González Rodríguez, conocido popularmente como Juanito, vio la luz el 9 de diciembre de 1949, en la Finca “La Lima”, zona de Manicaragua, en la otrora provincia de Las Villas, en el centro del archipiélago cubano. Descendiente de campesinos de origen hispano, estudió en escuelas públicas, conoció los rigores de la vida limpiando zapatos y vendiendo periódicos para ayudar al sustento hogareño y contribuir a desbrozar los caminos de las cuatro hermanas que le antecedían.

Al concluir la enseñanza secundaria ingresó en el Tecnológico “Jesús Menéndez”, enclavado en la localidad de Ranchuelo, donde bajo un perfil militar, incursionó en el aprendizaje acerca de la fertilización de suelos y en la alimentación de la ganadería, entre los años de 1967 al 70. En este periodo participó en tres zafas azucareras.

A principios de la década de 1970 el Tecnológico se desvinculó del perfil militar, y le dieron la posibilidad de estudiar otra especialidad. Optó por la de Técnico Medio en Hidráulica, que se cursaba en la Escuela “Luis Ruiz”, en Villa Clara, y ahí comenzó su nexo vital con el universo del agua y sus infraestructuras asociadas, relación que ya acumula más de 45 años de fructíferas conexiones.

 **voluntad  
HIDRAULICA**

**de esos héroes  
anónimos nuestros...**



Juanito, plano en mano, durante un control *in situ*.



Certificado de fundador del Frente de Proyectos, firmado por el Comandante de la Revolución, Ramiro Valdés Menéndez, recibido por Juanito en el 2013.

<sup>1</sup> Por: Lic. Fidel Sagó Arrastre. E-mail: fidel@hidro.cu  
Fotos: Del autor y cortesía del entrevistado.

Tres años estuvo en ese plantel, recuerda Juan Antonio Martín, lapso en el cual simultaneó funciones de educando, con las de trabajador a pie de obras hidráulicas. Por ejemplo, irrumpió como técnico en la construcción del canal magistral que parte desde la presa Zaza, en la actual provincia de Sancti Spíritus, hasta Ciego de Ávila.

Inmerso de lleno en la vida laboral, a partir de 1973 y durante varios años, tuvo la oportunidad de trabajar junto a los especialistas de la otrora Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) que prestaban asesoría técnica al Sistema de los Recursos Hidráulicos en Cuba, con los cuales pudo profundizar y perfeccionar sus conocimientos en este ámbito.

Como jefe técnico de la Brigada Costa Norte, una agrupación grande, con gran cantidad de equipos, rememora, hasta el año 1982 trabajó en la construcción de diversas instalaciones hidráulicas ubicadas al norte de la provincia de Villa Clara: sistemas arroceros, canales magistrales, y estaciones para la producción de alevinajes, como las de Pavón y Alacranes, por mencionar dos puntos cardinales.

Conjuntamente con esa intensa faena, ya casado y con hijos, en 1977 matricula la carrera de Ingeniería Civil, en cursos por encuentros, en la Universidad Central de Santa Clara, la cual concluye en 1983. “Deseaba estudiar Ingeniería Hidráulica, pero para esa fecha la carrera se estudiaba en el Instituto Superior “José Antonio Echeverría”, conocida como CUJAE, en La Habana, y en las condiciones del momento me resultaba muy difícil”, admite Juanito.

Luego, entre 1987 y 1989, cumplió misión de trabajo internacionalista en Etiopía, y a su regreso continuó laborando en la elaboración de proyectos hidráulicos relacionados con las provincias de Villa Clara, Cienfuegos, Sancti Spíritus y Ciego de Ávila.

Participa en la formación del Contingente de Constructores “Cuito Cuanavale”, enclavado en la provincia de Ciego de Ávila, a finales de la década de 1980. Con esta agrupación se enrola en los empeños por la desalinización de La Laguna de La Leche, en el inicio de la ejecución del pedraplén que conduce a Cayo Coco, así como en la construcción de una carretera perteneciente al circuito norte de ese territorio, de una longitud de siete kilómetros, desde Florencia a Guadalupe, para destrabar afectaciones provocadas por las aguas de la presa Chambas.

Según se iban liberando equipos de la mencionada carretera, en la cual tuvieron que edificar dos puentes grandes y tres obras de fábricas, esos “hierros”



Juanito utiliza la computación, como parte de las nuevas tecnologías, pero no abandona los soportes de papel.

se incorporaban a la ejecución de la presa El Calvario, y entre los iniciadores de esa obra se cuenta a Juanito.

Tras el anterior periplo, nuevamente Juan Antonio Martín retorna a desempeñar funciones de proyectista en Santa Clara. Huellas de su talento quedan marcadas en la actualización de los esquemas hidráulicos precisados de Cienfuegos y Ciego de Ávila, en obras para la acuicultura, en diversos sistemas de riego, así como en estudios para garantizar abastos de agua por gravedad a ciudades como la llamada “Perla del Sur” (Cienfuegos), y la cabecera provincial de Villa Clara.

El comienzo de los trazados para el desarrollo del camarón en estanques contó igualmente con el aporte de los conocimientos adquiridos por Juanito. El proyecto de la camaronera de Tunas de Zaza, en la provincia de Sancti Spíritus, constituye uno de los primeros pasos dados en el país en este programa.

De 1997 al 2000 otra vez Juanito presta ayuda internacionalista, esta vez en la hermana República de Nicaragua, junto a otros valiosos compañeros como Jesús del Vallín Peña. En esa nación colaboró en la concepción de proyectos para el desarrollo de la caña de azúcar, y lamentablemente tuvo el infortunio de observar a miles de muertos, marcados por palitos, a causa de los estragos causados por el huracán Mitch, uno de los eventos tropicales más poderosos y mortales visto en la época moderna, con vientos máximos sostenidos de 290 kilómetros por hora, que azoló la región entre octubre y noviembre de 1998.

Los años que van de mediados del 2000 al 2004 representan también un periodo de intensa labor creativa para Juan Antonio Martín. Se destacan en este contexto las operaciones llevadas a cabo, desde Cuba, para un proyecto de protección del puerto de Luanda, capital de Angola, organizado por la Unión de Empresas Constructoras del Caribe S.A. (UNECA), junto a una empresa portuguesa.



Juanito constituye una simiente social singular

Mientras, los próximos cuatros años, a partir del 2004 y hasta el 2008, comprenden otro tránsito internacional de Juanito, esta vez en Santa Marta, Colombia, junto al finado ingeniero Omar Montaña.

Las investigaciones, dibujos y planos vinculados con los trasvases de agua para llevar el líquido de zonas de relativa abundancia, hacia áreas deficitarias del recurso, desde el 2009 y hasta la actualidad, han centrado los principales desvelos y pensamientos profesionales de Juan Antonio Martín González.

Deben subrayarse en ese universo los proyectos ejecutivos para solucionar el abasto de agua a la ciudad de Santa Clara, por gravedad, a partir de la presa Hanabanilla, la actualización del esquema de desarrollo del trasvase Agabama - Camagüey (trasvase Centro - Oeste), así como las puntualizaciones para la futura ejecución, en el norte de Villa Clara, del canal Marcelo Salado, con vistas a garantizar el abasto de agua a los Cayos de Santa María.

Quizás por la lejanía y las complejidades durante más de dos años para constatar *in situ* la materia prima de los proyectos, Juanito alude con deferencia a los ajetreos asumidos para las investigaciones, los estudios y concepciones de la ingeniería básica para la preparación del Esquema Hidráulico del Valle de Guantánamo, en el extremo oriental del Cuba, incluido el trasvase que irá desde la presa Yateras hasta el río Guaso. Actualmente, especialistas guantanameros acometen los proyectos ejecutivos para esas futuras inversiones.

A grandes rasgos, al repasar la trayectoria socio-técnica descrita por Juanito en más 45 años vin-

culado a la actividad hidráulica, salta a ojos vistas que ha transcurrido varios años fuera del ambiente doméstico y del calor familiar, en el cumplimiento de disímiles misiones, ya sea dentro de fronteras o allende los mares.

Bajo esa órbita, Juan Antonio Martín ha tenido que construir las ramificaciones descendientes directamente de él. Y en este sentido deviene una singular simiente que ha aportado a la sociedad un económico, una ingeniera hidráulica, un ingeniero civil, y está en preparación otro ingeniero hidráulico que estudia actualmente en la Universidad Central Marta Abreu, de Villa Clara. Esos son, respectivamente, sus hijos: Juan Antonio Martín Menéndez, Yordanka Martín Menéndez, Juan Miguel Martín Rodríguez, y Juan José Martín Lozada.

Y desde hace más de 20 años, la retaguardia hogareña de Juanito está cubierta por su compañera Niurka Lozada Vera, contribuyendo a que este destacado hombre se mantenga en el vórtice superior de su entorno laboral. Por cierto, al mencionar los sustratos de ese desempeño sería injusto soslayar los auxilios de sosiego y distensión brindados por las nietas María Claudia, de nueve años e hija de Juan Antonio, y de María Fernanda, de seis años, sucesora de Yordanka.

Durante el transcurso del pasado 2015, al cumplir 66 años de edad, Martín González se retiró oficialmente, para pronto pasar al régimen de contratado en la Empresa de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería Hidráulica de Villa Clara.

Raúl Gómez de Alma, director adjunto de dicha entidad, tributa una opinión al respecto: "Es un hom-

bre clave en la empresa, desde el punto de vista técnico. Sobre los trasvases prácticamente lo conoce todo. Su ausencia genera complicaciones. Es una persona muy dispuesta, un surtidor de ideas. Buen trabajador y amigo. Además es receptivo, y sabe escuchar, a pesar de su vasta experiencia. Realmente es una bendición contar con él”.

Entretanto, Juanito sostiene que la vida lo ha obligado a aprenderse prácticamente de memoria los esquemas hidráulicos de cinco provincias: Villa Clara, Sancti Spíritus, Cienfuegos, Ciego de Ávila y Guantánamo. Sin lugar a dudas, para una persona con esas cualidades escasean los momentos de desmayos en el arte generador.

Todo ese caudal de conocimientos que atesora Martín González, con placer se lo transmite a las nuevas generaciones, rasgo que siempre ha distinguido su naturaleza. Esa transferencia de saberes la patentiza cotidianamente a través de charlas informales, o como tutor de tesis de Ingeniería en Riego y Drenaje, correspondientes a la Universidad de Ciego de Ávila, y de tesis de Ingeniería Civil, pertenecientes a la Universidad Central Marta Abreu, de Villa Clara, entre otras acciones.

Cuando la conversación con Juanito abordaba la conveniencia de conservar la memoria histórica de lo que se hace en una determinada organización, puso sobre la mesa algo realmente insospechado:



un diario técnico, fechado en 1973, con más de 40 años de existencia, conocido como “la libreta de Juanito”. En ese documento él conserva un registro técnico de las acciones prácticas fundamentales que acomete sistemáticamente.

“La libreta de Juanito”, según confiesa, ha recorrido medio mundo en un lugar privilegiado de su equipaje de viaje, y actualmente se encuentra digitalizada en su empresa, a disposición de todo aquel que desee consultarla. Asimismo, está disponible en la Empresa de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos de la provincia, en la Delegación del INRH en el territorio, e incluso en dependencias de otros sectores.

A esta altura se impone una interrogante, ¿y la preeminencia de esa acumulación de planos que rodean su perímetro laboral más cercano? “Reconozco la importancia de la computación como parte de las nuevas tecnologías –responde–, pero no abandono los soportes de papel. Asisto a chequeos, visitas al terreno y controles de autores con mis pliegos, y muchas veces se prefiere desplegar las hojas con los dibujos, trazados y gráficos para comprender mejor el asunto específico del que se trata”.

Miembro de la Unión Nacional de Ingenieros de la Construcción de Cuba (UNAICC), integrante de los Comités de Defensa de la Revolución (CDR), poseedor del certificado de fundador del Frente de Proyectos, beneficiario de la ciudadanía española, este profesional ha visitado y vivido en diferentes países, pero siente un anhelo inefable por su cuna villaclareña, que no piensa abandonar.

Varios de los compañeros que han aprendido con Juanito han trascendido los límites de la empresa y de la actual provincia de Villa Clara, encumbrándose a niveles superiores, pero Juan Antonio Martín González se mantiene en su terruño y en su recinto laboral de siempre, como si quisiera recordarnos la lección de esa fábula devenida el microcuento más famoso de la literatura universal, fruto de la imaginación del escritor guatemalteco Augusto Monterroso: “Cuando despertó, el dinosaurio todavía estaba allí”.

Y allí se mantiene Juanito, enhiesto, sencillo, afable, dispuesto a colaborar con todo aquel que lo necesite, y presto a seguir contribuyendo a la formación de las nuevas generaciones, con su voz autorizada, respaldada con experiencias de buenas prácticas, y basada en papeles amarillentos, curtidos por el tiempo que constituyen testimonios irrefutables para el sostenimiento de constructivos análisis. 

# QUE EL 2016 NOS TRAIGA MUCHA AGUA (POTABLE)<sup>1</sup>

Brindar acceso a servicios de agua y saneamiento de calidad a poblaciones cada día más urbanas no será tarea fácil en América Latina y El Caribe.

Agua potable en Bella Vista, Las Lomas, provincia de Coclé (Panamá) / Gerardo Pesantez.

América Latina y el Caribe albergan más del 30 % de agua dulce del planeta, desde los glaciares de las montañas de los Andes, hasta los bosques de los volcanes en Centroamérica. Sin embargo, un cuarto del territorio de la región está cubierto por zonas áridas. Y aunque solo seamos un 6 % de la población mundial, los efectos del cambio climático a través de inundaciones y sequías han aumentado en intensidad y frecuencia, afectando peligrosamente las fuentes de agua, tanto en los pueblos como en las ciudades. Por ende, brindar acceso a servicios de agua y saneamiento de calidad a poblaciones cada día más urbanas no será tarea fácil.

En las últimas dos décadas, la región de América Latina y el Caribe ha estado a la altura de los desafíos en términos de acceso: entre 1990 y el 2015, más de 220 000 000 de personas (de un total de 600 millones) se incorporaron a los servicios de agua y saneamiento. El porcentaje de personas con acceso a mejores servicios de agua pasó del 85 % al 95 % y en saneamiento adecuado el porcentaje aumentó del 67 % al 83 %.

Pero no podemos quedarnos ahí. Hoy todavía quedan 34 millones de personas sin acceso a agua, y las cifras son más alarmantes para saneamiento: 106 000 000 no cuentan con acceso a uno adecuado y 19 000 000 defecan al aire libre. Como es de esperar, las estadísticas son aún más alarmantes para los más vulnerables y las zonas más remotas del continente. La gran disparidad urbana-rural, se traduce en una cobertura de los servicios de agua y saneamiento rural en el 2015 (84 % y 64 %, respectivamente) semejante a la cobertura del sector urbano 25 años atrás.

¿Por qué persisten estas brechas en cobertura? Podríamos pensar que se trata de un tema de financiamiento. En efecto, como región, en los últimos 25 años, hemos invertido menos de medio punto porcentual de nuestro producto interno bruto en nueva infraestructura de agua y saneamiento. Enfrentamos también un reto en el mantenimiento de nuestras redes existentes. Por ejemplo, del total del agua producida, aproximadamente la mitad se pierde en las redes debido a fugas, principalmente, físicas.

A este panorama se añade el desafío de cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, adoptados a finales de septiembre en la 70 Asamblea General de Naciones Unidas, que plantean una agenda de desarrollo sostenible ambiciosa para 2030. El

<sup>1</sup> Notas del Editor: El autor de este artículo, Sergio I. Campos G, es jefe de la División de Agua y Saneamiento del Banco Interamericano de Desarrollo. La publicación de este artículo fue gracias a una colaboración de la compañera María Josefa Surís Morey, Especialista de la Dirección de Gestión de Innovación y la Tecnología, INRH, La Habana, Cuba. Disponible en: [http://elpais.com/elpais/2016/01/05/planeta\\_futuro/1452008288\\_662029.html](http://elpais.com/elpais/2016/01/05/planeta_futuro/1452008288_662029.html)



Objetivo 6, se centra en asegurar la disponibilidad y el manejo sostenible del agua y saneamiento para todos. Lo que implica que los gobiernos no solo deben trabajar para garantizar la calidad del servicio. También deben reducir la contaminación de las aguas residuales, reforzar la gobernanza del agua, incrementar la eficiencia en el uso de nuestros recursos hídricos y proteger nuestro capital natural.

Para lograr acceso universal al agua en 2030, la región necesitaría invertir, como mínimo, 28 000 000 000 de dólares.

¿De cuánto financiamiento estamos hablando para lograr este objetivo en los próximos 15 años? Aquí algunas cifras: solo para lograr acceso universal al agua, la región necesitaría invertir, como mínimo, 28 000 000 000 de dólares, y la inversión en saneamiento necesitaría ser aún mayor: 49 000 millones. Esto implicaría un ritmo de inversión de unos 5 100 000 000 de dólares al año.

En tratamiento de aguas residuales aún estamos muy rezagados: a nivel regional se estima que solo se trata el 18 % de las aguas negras generadas, en comparación al 60 %, en promedio, en países de altos ingresos. Para el 2030, necesitaríamos reducir el porcentaje de aguas no tratadas a la mitad, lo que requeriría una inversión, solo en los grandes centros urbanos, de otros 30 000 000 000 de dólares.

Además de lograr el acceso universal, tenemos el reto de mejorar la calidad del servicio para los que ya están conectados a la red. Se estima que unas 200 millones de personas reciben un servicio discontinuo de menos de 24 horas por día. Salvo excepciones, la región tampoco cuenta con datos sobre calidad/potabilidad del agua.

¿Cómo puede entonces América Latina y el Caribe implementar, medir y monitorear efectivamente este nuevo Objetivo 6? Por fortuna, contamos con experiencias de éxito de las que aprender, como en el caso de Medellín y otras grandes ciudades como Montevideo, Monterrey, Quito, San Pablo o Santiago, donde se ha venido trabajando exitosamente en garantizar acceso sostenible y de calidad a todos los ciudadanos.

La clave está en reforzar las instituciones del sector para asegurar una buena provisión de servicios y conservación del agua, además de asegurar fuentes de financiamiento tanto públicas como privadas, nacionales e internacionales. El reto al cual nos enfrentamos es grande, pero no se puede hablar de desarrollo sostenible sin garantizar agua y saneamiento de calidad para todos. 



Con canaletas se puede transportar hasta un contenedor el líquido obtenido.

## AGUA DE LLUVIA ES DESAPROVECHADA<sup>1</sup>

Sencillos, eficientes y económicos son algunas de las características de los sistemas captadores de agua de lluvia, ya que además de optimizar el recurso le dan sustentabilidad al hogar, pese a ello, en México, ni la mitad de los edificios públicos los utilizan, porcentaje que se reduce al mínimo en hogares particulares. De acuerdo a lo planteado por María Vicenta Esteller Alberich, profesora investigadora del Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA), los avances de los lugares donde se está aprovechando el agua de lluvia son todavía muy reducidos pese a insertarse dentro del apartado del uso de las energías renovables como la solar o la eólica, por lo cual debe potencializarse para un mejor aprovechamiento del recurso que tenemos. Explica que por su simpleza cualquier familia interesada podría replicarlo, pues básicamente implica colocar en los techos un captador de agua, que bien puede ser un recipiente grande, con canaletas transportadoras a un sistema básico de purificación para quitar las impurezas, y almacenarla.

Esto permitiría usar este recurso, que termina en el drenaje, en tareas básicas del hogar como limpieza, dentro del sanitario, o clorarla para hacerla potable en el uso humano.

“No es costoso, si lo hacemos en el hogar básicamente es necesario tener siempre el suelo limpio de las canaletas que se vaya a un filtro, con cajas de arena y un motor para llevar el agua a la casa”, expuso. En este sentido, señala la necesidad de que los gobiernos incentiven estas prácticas, ya sea con información básica o capacitación, e incluso con algún beneficio fiscal para aquellos que pongan en práctica estas medidas sustentables.

“Muchas veces se hace sólo a nivel demostrativo o individual; en el Distrito Federal sí hay muchas campañas de aprovechamiento de agua de lluvia y he visto ejemplos en algunas universidades, en las cuales ellos utilizan esta agua y entonces sí se necesita potenciarlo más y hacerlo más accesible al usuario de una vivienda”, argumenta.

“Unidades habitacionales, supermercados y colegios, –explica–, por la demanda de agua que tienen deberían ser los primeros en incorporar estas tecnologías”.

A la fecha, en México el Instituto Mexicano de Tecnología es quien impulsa esta tecnología junto con la Universidad Autónoma de Chapingo, brindando capacitación a emprendedores. 

<sup>1</sup> Fuente: Miguel García Conejo. Disponible en: [http://www.agua.unam.mx/noticias/2015/nacionales/not\\_nac\\_septiembre7.html](http://www.agua.unam.mx/noticias/2015/nacionales/not_nac_septiembre7.html)

# LA RECOGIDA DE AGUA PLUVIAL PARA USO DOMÉSTICO PERMITE AHORRAR EN DETERGENTES Y SUAVIZANTES<sup>1</sup>

El ahorro en detergentes y aditivos suavizantes es la clave de la eficiencia de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia (RWH), según una tesis del ICTA-UAB.

Los hogares con sistemas de recuperación de agua pluvial ahorran más de 5 euros por cada 10 ciclos de lavado.

La instalación de sistemas domésticos de utilización del agua de lluvia supone para las familias un notable ahorro económico en detergentes y otros aditivos utilizados en lavandería, así como una valiosa contribución a la reducción del impacto ambiental de esta actividad. Así se desprende de las conclusiones de la tesis doctoral presentada recientemente por la investigadora del Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental (ICTA-UAB), María Violeta Vargas, en la que analiza la eficiencia de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia (RWH) a nivel doméstico, cuantificando los beneficios económicos y ambientales.



La investigación parte de la necesidad actual de hallar medidas correctoras y preventivas que ayuden a gestionar los problemas de abastecimiento de agua, especialmente considerando los efectos del cambio climático en el área mediterránea y los problemas de abastecimiento de agua en zonas áridas. El estudio, que ha analizado las posibilidades de aplicación del sistema y sus resultados en los 73 barrios que componen Barcelona, así como en el municipio de Hermosillo, en un área desértica de México, pone de manifiesto que el 80 % del ahorro que supone la instalación de estos sistemas procede de la reducción en el consumo de detergentes y aditivos suavizantes. Esto es debido a que el agua de lluvia es agua blanda, por lo que requiere un 59 % menos de aditivos para lavar que el agua del grifo, con altos niveles de dureza.

Los resultados demuestran que por cada m<sup>3</sup> de agua de lluvia utilizada para lavar la ropa (equivalente a 11 ciclos

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en <http://www.iagua.es/universitat-autonoma-barcelona>

de lavado) se produce un ahorro de 5,68 euros en detergente, y establecen que la instalación de grandes depósitos de recogida pluvial para comunidades de vecinos e incluso para amplias áreas de barrios es más eficiente a nivel energético y económico que las instalaciones individuales.

Aunque una instalación comunitaria –con depósitos de hasta 12 000 m<sup>3</sup>– supone una inversión inicial superior, este importe distribuido entre el conjunto de los vecinos beneficiarios tiene un coste similar al de una lavadora doméstica convencional y se amortizaría en un corto espacio de tiempo gracias al ahorro de detergente. Por ello, este tipo de sistema de recuperación de agua pluvial resulta especialmente recomendable en barrios con alta densidad de población como Sants, Verdun, Sagrada Família, Sant Antoni o el Guinardó con consumos de recursos por m<sup>3</sup> hasta un 40 % inferiores a los de barrios como Pedralbes, Sarrià, la Clota, el Bon Pastor, Vall d'Hebron o Vallvidrera.

Según la tesis, más allá de los beneficios ambientales que comportaría, en la ciudad de Barcelona el sistema de recuperación pluvial permitiría un ahorro medio de 119 euros al año, con ahorros que oscilarían entre los 80 euros y los 158 euros anuales según la tipología del barrio (con mayor o menor densidad de población vinculada al tipo de edificación existente).

Como ejemplo, la investigadora María Violeta Vargas expone que “en el caso de una persona residente en el Eixample Esquerra, si en su zona se instalara un sistema de RWH le supondría una inversión inicial de 177 euros, pero sólo del ahorro en aditivos podría pagar fácilmente el mantenimiento y la electricidad necesaria para bombeo, e incluso así seguiría ahorrando 100 euros al año”.

Para analizar las diferentes configuraciones de RWH, se aplicaron metodologías de análisis de energía y análisis de eficiencia energética para determinar el consumo de recursos y eficiencia; análisis de ciclo de vida (LCA) para identificar los impactos ambientales; análisis de coste de ciclo de vida (LCC) para encontrar la viabilidad económica, y análisis envolvente de datos (DEA) para identificar la frontera de mejores prácticas hacia la sostenibilidad.

La tesis doctoral concluye que el agua pluvial recuperada mediante la instalación de depósitos supone un sustituto ventajoso para el agua utilizada en lavandería, especialmente en lugares donde el agua del grifo presenta altos niveles de dureza, así como cuando la disponibilidad de agua es limitada en zonas con escasez de suministro. 



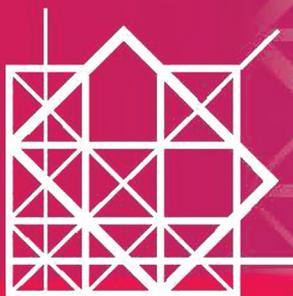
## CONSTRUCCIONES PARA UN FUTURO SOSTENIBLE



  
MINISTERIO DE LA CONSTRUCCIÓN

# XI Conferencia Internacional Científico-Técnica de la Construcción

5 al 7 de abril de 2016



El Ministerio de la Construcción de la República de Cuba se complace en convocar a todos los especialistas nacionales y extranjeros a participar en la XI Conferencia Científico Técnica de la Construcción, que tendrá lugar en La Habana los días 5, 6 y 7 de abril del 2016 en el marco de la Feria Internacional de la Construcción, FECONS 2016.

## TEMÁTICAS GENERALES:

LA GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE PROYECTOS

GESTIÓN DE LOS SERVICIOS DE CONSTRUCCIÓN

SOLUCIONES Y DESARROLLO EN EL DISEÑO DE CONSTRUCCIÓN

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y SU TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN

TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO, ASFÁLTICO Y MORTEROS

TECNOLOGÍAS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA LAS VIVIENDAS Y OBRAS SOCIALES

REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PATRIMONIO CONSTRUCTIVO



**fecons 2016, PABEXPO**  
XI Feria Internacional de la Construcción  
5 al 9 de Abril de 2016  
La Habana, Cuba

# TANQUES DE AGUA MÁS CREATIVOS DEL MUNDO<sup>1</sup>

En la región de Punjab, en el norte de la India, un tanque de agua no es algo que pueda pasar inadvertido. En un recorrido por la región se pueden ver tanques espectaculares con diferentes formas: un águila gigante, un barco y una flor rosada inmensa.

Te mostramos imágenes de algunos de los modelos más llamativos.

Santokh Singh Uppal es un entusiasta de los aviones y éste es un ejemplo de su pasión. Este muy elaborado tanque de agua lo construyó y lo instaló encima de su casa.

Este es solo un ejemplo de otras coloridas y creativas creaciones que se pueden ver en la región. Así como cumplen su función de almacenar el agua, los modelos con frecuencia reflejan el trabajo, el estatus o los intereses del dueño.

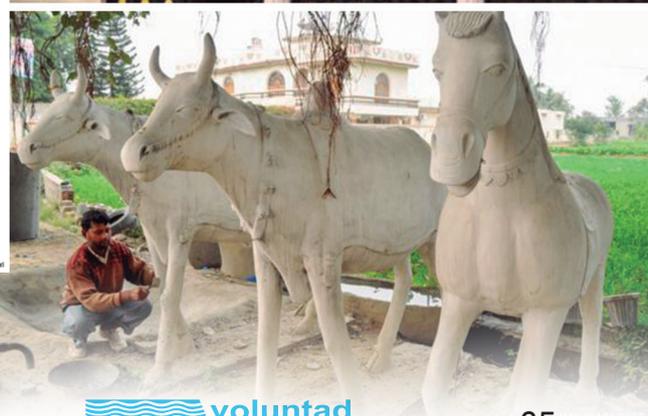
En la localidad de Jandiala en el distrito de Jalandhar, Bahara Singh instaló en el techo de su casa este tanque militar.

Construir tanques como éstos con formas de animales lleva tiempo y dedicación y requiere destreza y creatividad.

Son vendidos en variedad de tiendas y hay casi para todos los gustos. Los tanques grandes son con frecuencia visibles desde cierta distancia y, de hecho, se convierten en un punto en el que los vecinos se sientan a conversar.

Muchas personas se paran para admirar los tanques y tomar fotos.

Los medios de transporte están entre los principales motivos para hacer tanques fuera de lo común. 💧

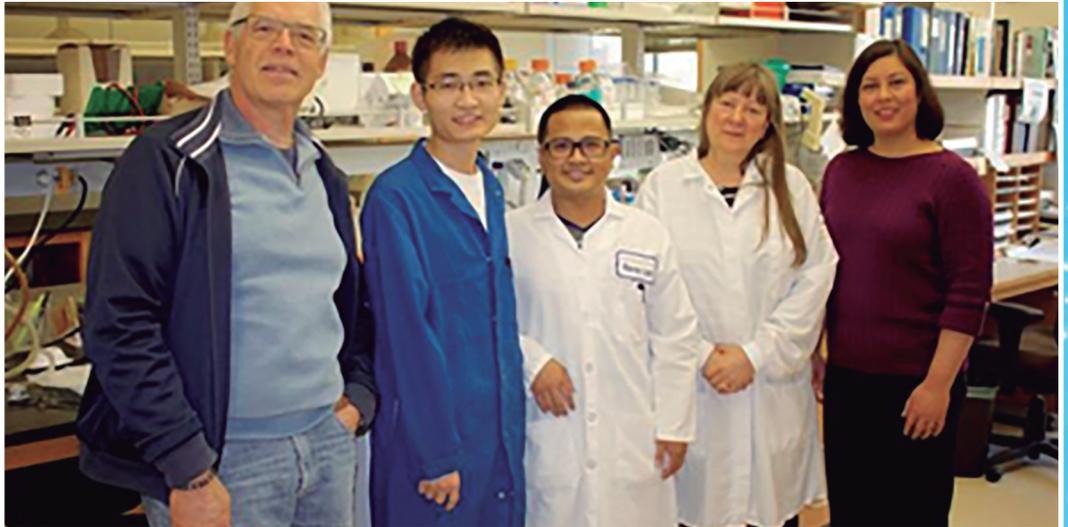


<sup>1</sup> Disponible en: [http://www.bbc.com/mundo/video\\_fotos/2015/12/151215\\_galeria\\_fotos\\_tanques\\_de\\_agua\\_formas\\_mr](http://www.bbc.com/mundo/video_fotos/2015/12/151215_galeria_fotos_tanques_de_agua_formas_mr)

# CREAN MÉTODO MÁS RÁPIDO Y SEGURO PARA **DESCONTAMINAR EL AGUA**<sup>1</sup>

La nueva técnica es capaz de extraer varios contaminantes a un tiempo, y minimiza los riesgos para la salud pública y el medio ambiente.

Una nueva forma eficiente, desde el punto de vista energético y económico, para eliminar contaminantes del agua ha sido desarrollada por un equipo de investigadores del Instituto de Nanosistemas de California, de la Universidad de California en Los Ángeles, Estados Unidos.



La nueva técnica es capaz de extraer varios contaminantes a un tiempo, y minimiza los riesgos para la salud pública y el medio ambiente. El avance podría ser un nuevo e importante paso hacia el objetivo de satisfacer las necesidades mundiales de agua para uso doméstico, agua para regar campos agrícolas y agua para uso recreativo.

Los métodos actuales para descontaminar agua precisan de múltiples pasos e implican el uso de sustancias químicas que reaccionan con el calor, la luz solar o la electricidad. Ya se demostró con anterioridad que es posible limpiar el agua contaminada valiéndose de las actividades enzimáticas naturales de bacterias y hongos, los cuales descomponen los agentes contaminantes en sus compuestos químicos inofensivos. Pero ese método tiene riesgos, ya que conlleva la liberación de organismos peligrosos en el agua.

Lea también: **Nueva técnica de rayos X para medir la contaminación en suelo y agua.**

El procedimiento, desarrollado por el equipo de Shaily Mahendra, Leonard Rome, Meng Wang, Danny Abad y Valerie Kickhoefer, del Instituto de Nanosistemas de California (CNSI), dependiente de la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA), Estados Unidos, ha comprobado que unos “contenedores” de tamaño nanométrico que contienen las enzimas son efectivos a la hora de limpiar el agua contaminada, al menos en los experimentos realizados hasta ahora.

<sup>1</sup> Juventud Rebelde. E-mail: [digital@juventudrebelde.cu](mailto:digital@juventudrebelde.cu)

Disponible en: <http://www.juventudrebelde.cu/file/img/fotografia/2015/11/52857-fotografia-m.jpg>

Consultado: 26 de Noviembre del 2015 11:15:23 CDT

Las citadas nanopartículas, que están hechas de proteínas y están presentes en las células de casi todos los organismos vivos, fueron descubiertas por Rome y Nancy Kedersha en los años 80. Cada célula humana contiene miles de tales contenedores que contienen a su vez otras proteínas. Pero Rome y sus colegas acabaron ideando un método para construir contenedores vacíos que pudieran usarse para suministrar fármacos a células específicas del cuerpo con el fin de luchar contra el cáncer, el SIDA y otras enfermedades.

Los contenedores nanométricos protegen las enzimas, manteniéndolas intactas y con toda su potencia cuando son situadas en el agua contaminada.

Los científicos probaron el método usando una enzima llamada manganoso peroxidasa. Hallaron que a lo largo de un periodo de 24 horas, los nanocontenedores cargados eliminaron tres veces más fenol del agua que lo que hacía la enzima cuando era introducida en ella sin utilizarlos.

Descubrieron asimismo que dado que la manganoso peroxidasa permanecía estable dentro de los nanocontenedores, aún podía eliminar el fenol del agua después de 48 horas. El peróxido de manganoso libre quedaba completamente inactivo después de 7 horas y media.

La nueva técnica se podría adaptar en unos pocos años para su uso a gran escala en lagos y ríos contaminados, y se podrían añadir nanocontenedores con carga a las unidades de filtrado por membranas, e incorporarlas fácilmente en sistemas de depuración de agua ya existentes. Los nanocontenedores que contuvieran varias enzimas biodegradantes diferentes podrían potencialmente eliminar diversos compuestos contaminantes a un tiempo en una misma masa de agua, informa NCYT Amazings. 💧

imagenesEnLinea.es



Modo para ahorrar agua

-¿De verdad?  
-¡No!... no hay  
que exagerar  
pero ¡sí debemos  
hacer un uso  
racional y  
eficiente de este  
preciado líquido  
en nuestros  
hogares!

# LOS ÁNGELES LANZA MILLONES DE PELOTAS EN UN EMBALSE PARA COMBATIR LA SEQUÍA<sup>1</sup>

En un acto desesperado por preservar el suministro de agua en medio de una sequía de cuatro años, la ciudad de Los Ángeles está cubriendo su embalse Van Norman con millones de pelotas de plástico negro. Las autoridades afirman que las mismas, también llamadas “bolas de sombra”, preservarán el suministro de agua de varias maneras.

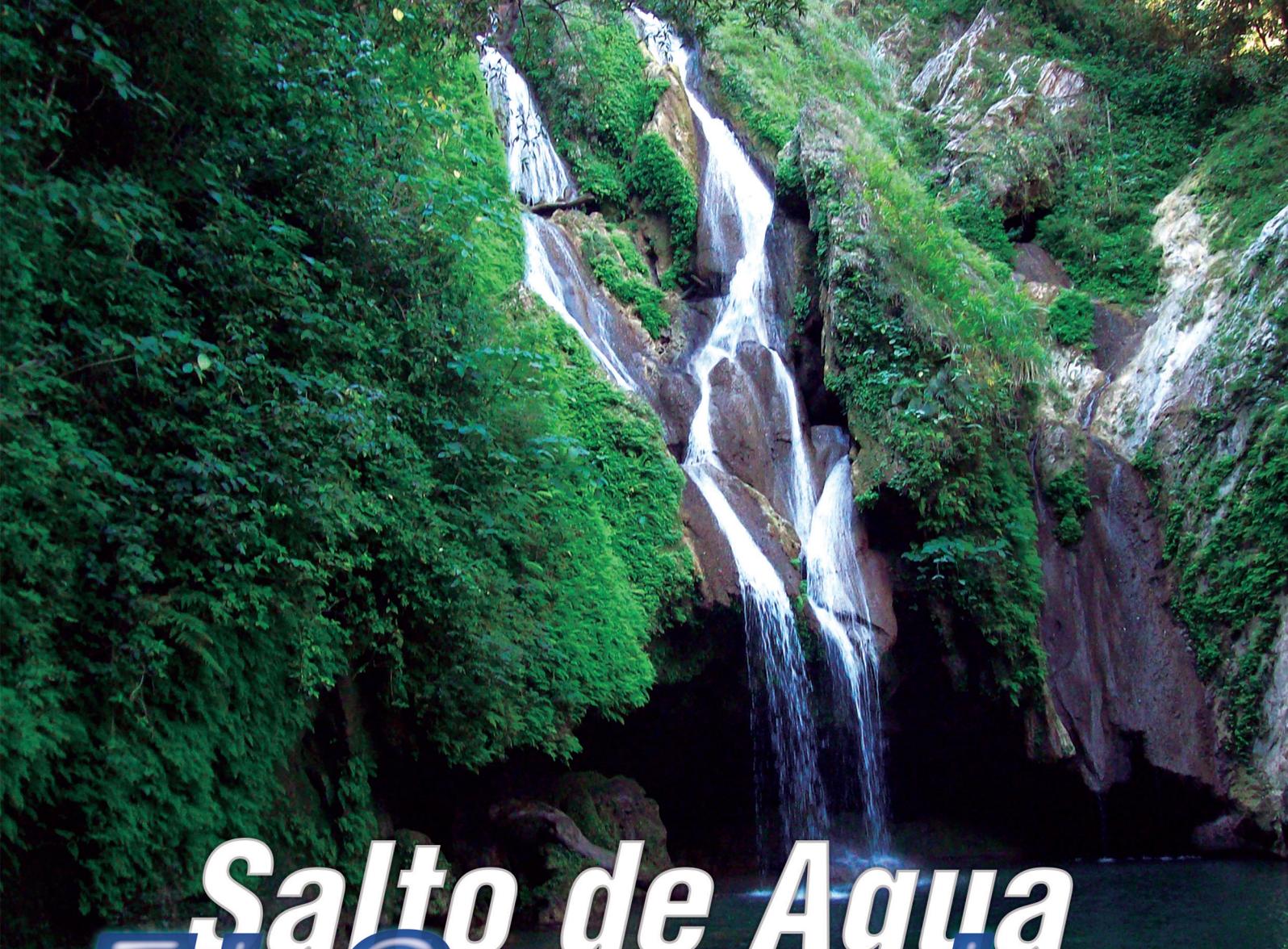
Junto con otros funcionarios de la ciudad, el alcalde de Los Ángeles Eric Garcetti ha liberado este lunes 20 000 bolas de plástico negro en el embalse Van Norman, informan medios locales. Se trata del último paso en un proyecto de protección del suministro del agua en la ciudad afectada por sequía por valor de 34,5 000 000 de dólares.

Se espera que la sombra proporcionada por las pelotas evite la evaporación de 300 000 000 de galones de agua (1 135 624 m<sup>3</sup> o 1,136 hm<sup>3</sup>) anualmente, lo que es suficiente para abastecer de agua potable a 8 100 personas durante todo un año.

Además, las esferas impedirán una reacción química provocada por el sol que es conocida por crear un compuesto cancerígeno llamado bromato. Y por último, la barrera protectora formada a través de la superficie del agua por estas pequeñas pelotas ayudará a las aves y otros animales a evitar los desechos contaminantes. Hasta el momento, ya han sido lanzadas 96 000 000 de pelotas. 💧



<sup>1</sup> Disponible en [http://actualidad.rt.com/ultima\\_hora/182828-angeles-lanzar-bolas-sombra-embalse-sequia](http://actualidad.rt.com/ultima_hora/182828-angeles-lanzar-bolas-sombra-embalse-sequia)



# Salto de Agua **El Guayabo**

## **PARQUE NACIONAL LA MENSURA, PINARES DE MAYARÍ, HOLGUÍN<sup>1</sup>**

Se ubica al norte, en la Sierra de Nipe, en el Macizo Montañoso Nipe - Sagua - Baracoa, en la región oriental de nuestro país. Es uno de los saltos de agua más altos de Cuba y de gran importancia ecológica.

Situado a una altitud de 546 metros sobre el nivel del mar, está formado por dos saltos de agua con caídas verticales, de 85 y 127 metros, respectivamente.

<sup>1</sup> **Nota del Editor:** Este Salto de Agua pertenece a la Cuenca Mayarí.  
Disponible en <http://www.granma.cu/file/img/concurso/17.jpg>



INSTITUTO NACIONAL DE **RECURSOS  
HIDRAULICOS**

