

# 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: [revistahidraulica@hidro.gob.cu](mailto:revistahidraulica@hidro.gob.cu). Revista Trimestral.

La Habana, Abril-Junio, 2016 / No. 116 / ISSN 0505-9461

## *PRESA GIBARA*



📍 VISITA DE LA PRESIDENTA A PINAR DEL RÍO

📍 PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUALES AGUAS VARADERO



# Cubagua

Habana

2017

*Conocimiento  
y tecnología*

21-24 DE MARZO  
PALACIO DE CONVENCIONES

...LE ESPERAMOS



**XVIII CONCURSO  
NACIONAL INFANTIL**

# Trazaguas 2016

## **ZONA CENTRO-ORIENTAL: Trazaguas y la dicha de sus premiaciones**

Por: Fidel Sagó Arratre

[fidel@hidro.cu](mailto:fidel@hidro.cu)

Fotos: Alién Pérez Santos

[Alien.perez@hidro.cu](mailto:Alien.perez@hidro.cu)

*Las premiaciones de la XVIII edición del concurso Trazaguas, correspondiente a la zona centro-oriental del país, se dieron a conocer el sábado, primero de abril, en el teatro Principal, en la ciudad de Camagüey, ubicada a unos 600 kilómetros al este de la capital cubana.*

*En una dimensión que supera lo circunstancial se ubican los resultados del evento, y con énfasis particular las niñas y los niños agasajados con tributos a sus energías creadoras.*

*Jorge Luis Batista Almaguer, de la provincia de Holguín, conquistó el gran premio especial en la categoría de cuento, mientras en el propio género, en la categoría de 15 a 18 años, merecieron premios Johana Pino Noguera, José Ángel Domínguez Jiménez y Alejandro Villavicencio Cabrera, todos de la provincia de Camagüey.*

*Entretanto, en la categoría de 9 a 11 años, obtuvo premio Isabel Pérez Bedía, de Holguín, y Manuel Alejandro González Calzadilla, de la misma provincia, ganó el premio de cuento dedicado a niños de Escuelas de Necesidades Educativas Especiales,*

*Entre las menciones de cuento clasificaron Leidis Magela Duvergel Laborde, en la categoría de 9 a 11 años, de la provincia Guantánamo; José Enrique Domínguez Grau y Ailén Cervantes Correa, en la categoría de 12 a 14 años, de las provincias Camagüey y Guantánamo, respectivamente; y Lianelkis Palmero Veloz y Mélani Garit Cabrera, en la categoría de 15 a 18 años, de las provincias de Ciego de Ávila y Camagüey, respectivamente.*

*Mayelín Acosta Acosta, de la provincia de Ciego de Ávila, se alzó con el premio especial en la modalidad de poesía, mientras en la categoría de 15 a 18 años conquistó premio Ainelys Tamayo Nápoles, de la provincia de Camagüey, en tanto el premio en poesía para niños de Escuelas de Necesidades Educativas Especiales, lo mereció Lidice Bueno Jay, de la provincia de Guantánamo.*

*Las menciones en poesía fueron para Daniel Cabrera Vidal y Alejandro Villavicencio Cabrera, en la categoría de 15 a 18 años, ambos de la provincia de Camagüey.*

*En la modalidad de historieta, en la categoría de 15 a 18 años, obtuvo premio Julier Álvarez Gil, de la provincia de Camagüey.*

*En juegos didácticos, conquistaron premios, en la categoría de 9 a 11 años, Susana González Figueredo, de la provincia de Granma, así como Camila Jeréz Ochoa, en la categoría de 12 a 14 años, de la provincia de Santiago de Cuba. Mención en este acápite ganó Lianet Pérez Arzuaga, de la provincia de Granma.*

*El premio especial de plástica lo ganó Leidys Mariam Elías Sánchez, de la provincia de Camagüey, mientras en la categoría de 5 a 8 años, mereció premio Amelí Caballero López, de Camagüey. También de esta provincia se alzó con premio, en categoría de 9 a 11 años, Evelín Rodríguez Duran, y semejante pergamino mereció Gil Brayán Cuba Fajardo, de la provincia de Granma.*

*También ganaron premios de plástica Randy Pupo Fis, en la categoría de 12 a 14 años, de la provincia de Santiago de Cuba, así como Cristian Javier Marrero Cruz y Elizabeth de la Caridad Matos Leyva, en la categoría de 15 a 18 años, ambos de la provincia de Holguín.*

*David Ortiz Alcántara, de la provincia de Santiago de Cuba, conquistó premio de plástica para niños de Escuelas de Necesidades Educativas Especiales.*

*Menciones en plástica merecieron María Karla Luque Garcés, en la categoría de 5 a 8 años, así como Daniela Figueredo López y Lázaro Yasel González Fernández, en la categoría de 12 a 14 años, de las provincias de Camagüey y Holguín, respectivamente.*



La Habana, Cuba  
Año 54 de la Revista, Abril-Junio, 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.

#### **EDITORIAL | 3**

#### **CIENTÍFICO TÉCNICO**

- *Un acercamiento a los aliviaderos en Cuba (parte 1) / Dr. Ing. Eduardo Arturo Velazco Davis | 4*
- *Actualización del potencial hídrico de la Cuenca Cuyaguaje / Gerardo A. Barrera Becerra | 19*
- *Comportamiento de la actividad Alfa y Beta totales en aguas de la Provincia de Camagüey / O. Fabelo, A. Montalván, O. Brígido, O. González, E. Veitía, L. Cabrera, M. Guerra | 24*
- *Consideraciones sobre el uso de agua de mar / Dr. C. Carlos M. López Vázquez | 28*

#### **RESUMEN BOLETÍN HIDROLÓGICO**

- *Situación hidrológica / URA | 36*

#### **NOVEDADES**

- *Plantas solares y agua: una combinación de éxito / <http://es.euronews.com/2016/03/28/plantas-solares-y-agua-una-combinacion-de-exito> | 41*

#### **COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL**

- *Encuentro con la prensa en la Asociación Económica Internacional (AEI) Aguas Varadero / Lic. Annalie Hernández Navarro. DGIT | 42*
- *Tributos por el Día Mundial del Agua / Lic. Fidel Sagó Arrastre | 43*
- *Fausto Alberto Ceballos Fernández: pertinencias para el imaginario simbólico / Lic. Fidel Sagó Arrastre | 44*
- *Visita de la presidenta del INRH a delegación de Pinar del Río / Delegación de Recursos Hidráulicos de Pinar del Río | 48*
- *XIV Encuentro de Observadores Voluntarios de la Lluvia / Lic. Margarita Concepción Romero | 49*
- *TRAZAGUAS y la dicha de sus premiaciones / Lic. Fidel Sagó Arrastre | 51*
- *Defiende Cuba el acceso al agua / <http://www.opciones.cu/cuba/2016-06-21/defiende-cuba-el-acceso-al-agua/> | 53*
- *Destacan trabajo de ingenieros cubanos en Sudáfrica / Lic. Deisy Francis Mexidor | 54*
- *Insiste Cuba en mayor uso racional del agua "cuenca de vento" / [http://www.cuba.cu/economia/2016-04-25/insiste-cuba-en-mayor-uso-racional-del-agua/31338#.Vyl\\_9PaRSIs.facebook](http://www.cuba.cu/economia/2016-04-25/insiste-cuba-en-mayor-uso-racional-del-agua/31338#.Vyl_9PaRSIs.facebook) | 55*
- *Lluvias de Junio favorecen discreta recuperación de embalses / <http://www.sierramaestra.cu/index.php/titulares/8983-lluvias-de-junio-favorecen-discreta-recuperacion-de-embalses> | 57*
- *Nexos INRH-CUJAE: con el futuro en ristre / Dirección de Gestión de la Innovación y la Tecnología | 58*

#### **CURIOSIDADES**

- *Misterios del Tinajón / <http://www.juventudrebelde.cu/cultura/2015-02-07/misterios-del-tinajon/> | 60*
- *Marte tuvo agua suficiente para cubrir todo el planeta / [http://elpais.com/elpais/2015/03/05/ciencia/1425578431\\_158706.html](http://elpais.com/elpais/2015/03/05/ciencia/1425578431_158706.html) | 63*
- *Cueva de Saturno: piscina natural cerca de Varadero / <https://www.cibercuba.com/lecturas/cueva-de-saturno-piscina-natural-cerca-de-varadero> | 65*

#### **MENSAJES EDUCATIVOS**

- *Datos curiosos y alarmantes acerca del agua / <http://ecolisima.com/20-datos-curiosos-y-alarmantes-sobre-el-agua/> <http://www.colgateprofesional.com.do/noticias/Datos-Curiosos-sobre-el-Agua/detalles> | 67*

## CONSEJO EDITORIAL



**DIRECTOR** | Ing. Abel Salas García



**EDITOR EJECUTIVO** | Lic. Annalie Hernández Navarro



**EDITOR ASOCIADO** | Ing. Ana Lydia Hernández 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

Lic. Annalie Hernández Navarro | **redacción**  
Israel de Jesus Zaldivar Pedroso | **diseñador gráfico**

**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: [revistahidraulica@hidro.gob.cu](mailto:revistahidraulica@hidro.gob.cu)

*Estimado lector:*

*Sin dudas, el agua es vital para la seguridad alimentaria y energética, resulta un factor de primerísimo orden para sustentar adecuados niveles de salud para los seres humanos, al tiempo que desempeña un rol esencial para el desarrollo en el sector industrial, sin soslayar su trascendencia para mantener el equilibrio ecológico y conservar el medio ambiente. En nuestro país desde los primeros años del triunfo revolucionario en enero de 1959, las máximas direcciones del Estado y del Gobierno, comprendieron a plenitud la resonancia del recurso agua para el bienestar de la sociedad y la economía. El Comandante en Jefe, Fidel Castro Ruz, fue el principal promotor y abanderado de esos empeños que cristalizaron.*

*En ese ámbito, la sequía que durante los años 1961 y 1962 azotó a nuestro archipiélago, y el desastre provocado por el ciclón Flora, en octubre de 1963, revelaron la imperiosa necesidad de llevar adelante un ambicioso programa de construcción de diversas instalaciones hidráulicas que ha trascendido como la “Voluntad Hidráulica”.*

*Fruto de ese inconmensurable esfuerzo lo constituye la considerable infraestructura hidráulica con que cuenta actualmente nuestro país. Para ilustrar esa obra, conviene subrayar que en poco más de 50 años, la capacidad de embalse de agua en Cuba creció en alrededor de 190 veces, pues de apenas unos 48 millones de metros cúbicos del líquido que se podían almacenar en 13 pequeños reservorios, hoy se pueden retener más de 9 mil millones de metros cúbicos de agua en 242 embalses.*

*Bajo nuevas condiciones históricas, esa Voluntad Hidráulica mantiene puntual vigencia. En diciembre del 2012 el Consejo de Ministros de la República de Cuba aprobó la Política Nacional del Agua, que deviene brújula rectora de la consolidación actual y perspectiva del sector hidráulico nacional.*

*La conservación de la infraestructura hidráulica construida, la búsqueda de una mayor eficiencia en el manejo y protección de los recursos hídricos disponibles, así como el perfeccionamiento del sistema de protección a la población y la economía contra los efectos nocivos que pueden provocar los fenómenos extremos del clima, ya sea por intensa sequía, o por torrenciales lluvias, constituyen parte fundamental de los retos planteados a corto y mediano plazos.*

*A instancias de las Naciones Unidas, cada año se pretende hacer hincapié en la trascendencia del agua a nivel mundial, así como a la necesidad de una cooperación y una integración mayor que permitan garantizar una gestión sostenible, eficiente y equitativa de los escasos recursos hídricos, tanto a escala internacional como local. “Mejor agua, mejores empleos”, es el lema que nos cobija en la celebración del Día Mundial del Agua este 2016, máxima con la cual la ONU invita a todos los ciudadanos a mostrar su compromiso con el vital líquido.*

*En nuestro caso, como reseñamos anteriormente, la responsabilidad con el recurso agua acumula una larga data, trayectoria que nos permite darle empleo en la actualidad a más de 33 726 trabajadores, entre los cuales se cuentan con profesionales, técnicos, operarios y obreros calificados.*

*Sobre los hombros de ese torrente humano descansan los anhelos de nuevas conquistas y victorias con que soñamos hoy, y que seguramente serán palpables realidades en un futuro previsible si continúan acompañándonos, como hasta ahora, la unidad, la integración, el tesón y la consagración al trabajo creador. *

*Ing. Ana Lydia Hernández González  
Directora de Gestión de la Innovación y la Tecnología  
Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos*

# UN ACERCAMIENTO A LOS ALIVIADEROS EN CUBA (PARTE 1)<sup>1</sup>

## RESUMEN

Se presenta información sistematizada sobre las características fundamentales de los aliviaderos de las presas construidas en Cuba, con acento en aspectos específicos de su diseño o desempeño hidráulico, los que se analizan a partir de la experiencia y las contribuciones del autor y de otros especialistas, recogidas en un total de 205 fuentes bibliográficas de las cuales 110 son debidas al autor y 12 al autor con colaboradores. Al final de cada una de las 3 Partes en que se publica la contribución, se relacionan las fuentes citadas en esa parte, conservando la identificación alfabética y cronológica que les corresponde en el conjunto total.

## 1. LOS ALIVIADEROS EN CUBA

Uno de los fenómenos más dramáticos y devastadores que se pueden observar en la naturaleza es el desarrollo sin freno de las crecidas, cuando en su impetuoso e implacable avance por los ríos arrollan a su paso vidas y bienes a lo largo de riberas desbordadas, cubiertas por aguas enlodadas y tumultuosas. A lo largo de las próximas décadas, como consecuencia de las modificaciones antrópicas y sobre todo del cambio climático, la Humanidad asistirá en muchos casos, y cada vez más, a estos fenómenos y a sus desastrosas consecuencias.

En Cuba, la escasez de recursos no impidió que la Revolución acometiera un ambicioso plan de construcción de presas, que con el reciente cierre de la Mayarí, en Holguín, ascienden a 242 presas de embalse, capaces de almacenar un volumen total cercano a 9000 hm<sup>3</sup>, y a 64 presas derivadoras y las 730 micropresas que acompañan a las anteriores. Esta imponente infraestructura aparece desplegada por todas las provincias del país, y es ciertamente capaz de evitar que las inundaciones provocadas por las lluvias convectivas intensas y por las hondonadas, los huracanes y otros fenómenos meteorológicos extremos, ocasionen pérdidas de vidas humanas. Sin embargo, y por contraste, el ingreso a estos embalses ya construidos o a los que se construyen actualmente, de avenidas acompañadas por gastos picos y volúmenes de agua mayores que los que se previeron en su diseño (por ejemplo, como consecuencia de la realización de un estudio hidrológico sesgado o de las alteraciones que provoque el cambio climático, incluida la actividad ciclónica), o de avenidas con los parámetros previstos, pero que deban ser evacuadas por aliviaderos con diseños deficientes o con un mal mantenimiento, hará que las presas de tierra estén en peligro inminente de colapsar y de proyectar verdaderos “tsunamis terrestres”, con efectos catastróficos para las poblaciones y los entornos culturales y ecológicos que se localicen en los cauces de evacuación (Hayami 1951, Ramos 1995, Navarro, Valencia y Fuentes 2000, Barros, Pa-

<sup>1</sup> Dr. Ing. Eduardo Arturo Velazco Davis. Ingeniero Hidráulico, Doctor en Ciencias Técnicas, Investigador Titular, Profesor Adjunto, Especialista Superior en Proyectos. Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de La Habana EIPHH y Grupo Empresarial de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería GEIPI. 78643811, 78643659, 76485672; karina@ecologia.cu, isabelp@dip.hidro.cu.

checo y Gómez 2000, Bornschein y Pohl 2003, Catalini y Caamaño 2004).

Desafortunadamente, el escenario descrito no responde a una mera abstracción teórica ni pretende ser infundadamente apocalíptico, mucho menos cuando se conoce que según los reportes sistematizados por el Comité Internacional de Grandes Presas (ICOLD), más de la tercera parte de las catástrofes que han ocurrido a nivel mundial por la rotura de presas se han originado precisamente en la incapacidad de sus aliviaderos para evacuar las grandes avenidas que ingresaron a los embalses, por lo que éstas llegaron a rebasar las cortinas y ocasionaron su destrucción en el término de unas pocas horas, y que en ocasión del Congreso Internacional de Desastres celebrado en La Habana, la Dirección Nacional de la Defensa Civil valoró objetivamente la paradójica circunstancia de que a los efectos presentes y futuros, la indudable hazaña que constituyó la construcción en Cuba de tan vasto sistema de presas, a la vez que permite contar con un elevado nivel de garantía contra los efectos de los eventos meteorológicos, hace que estas últimas representen un peligro potencial para el medio millón de habitantes que se asientan en sus tramos de aguas abajo (*Discurso de Apertura* 1999).

El problema se hace más palpable si se analiza que el 57 % de nuestras presas (casi todas de tierra) fueron construidas antes del año 1980 o durante ese año (ver la Figura 1),

cuando el cambio climático aún no tenía un peso apreciable en las series hidrológicas en que se sustentaron sus diseños, y que esto incluye, en números redondos, alrededor de 80 % de los 21 embalses que cuentan con volúmenes de almacenamiento de 100 hm<sup>3</sup> o más (hasta 330 hm<sup>3</sup>, 352 hm<sup>3</sup> y 386 hm<sup>3</sup> en las presas Cauto El Paso, Alacranes y Mayarí, y 1 020 hm<sup>3</sup> en Zaza), de 60 % de los 44 aliviaderos con gastos iguales o superiores a 1 000 m<sup>3</sup>/s (hasta alcanzar 3 270+2 640 m<sup>3</sup>/s, 8 100 m<sup>3</sup>/s y 6 140+5 160 m<sup>3</sup>/s en los sistemas de aliviaderos de Zaza, Protesta de Baraguá y Cauto el Paso), así como de 60 % de las 72 obras de toma que entregan o que son capaces de entregar caudales de 10 m<sup>3</sup>/s o mayores, y que como se estipula en la reciente *Norma Cubana* de 2013, deben contribuir junto con los aliviaderos auxiliares y los de emergencia a la evacuación de las avenidas que superen a las de diseño (Velazco 2013b).

Al mismo tiempo, 62 % de los aliviaderos del total de estas presas son de hormigón, y de ellos, a su vez, 39 % presentan en su funcionamiento hidráulico particularidades que lastran su capacidad de servicio y que los privan de reservas con las que pudieran enfrentar un aumento de los gastos máximos y de los volúmenes que deban ser evacuados, o que reducen dichas reservas a rangos muy exiguos, insuficientes para asumir esta tarea, cuando sea impuesta por el escenario actual (Velazco 1991a, 1994c, 1996a).

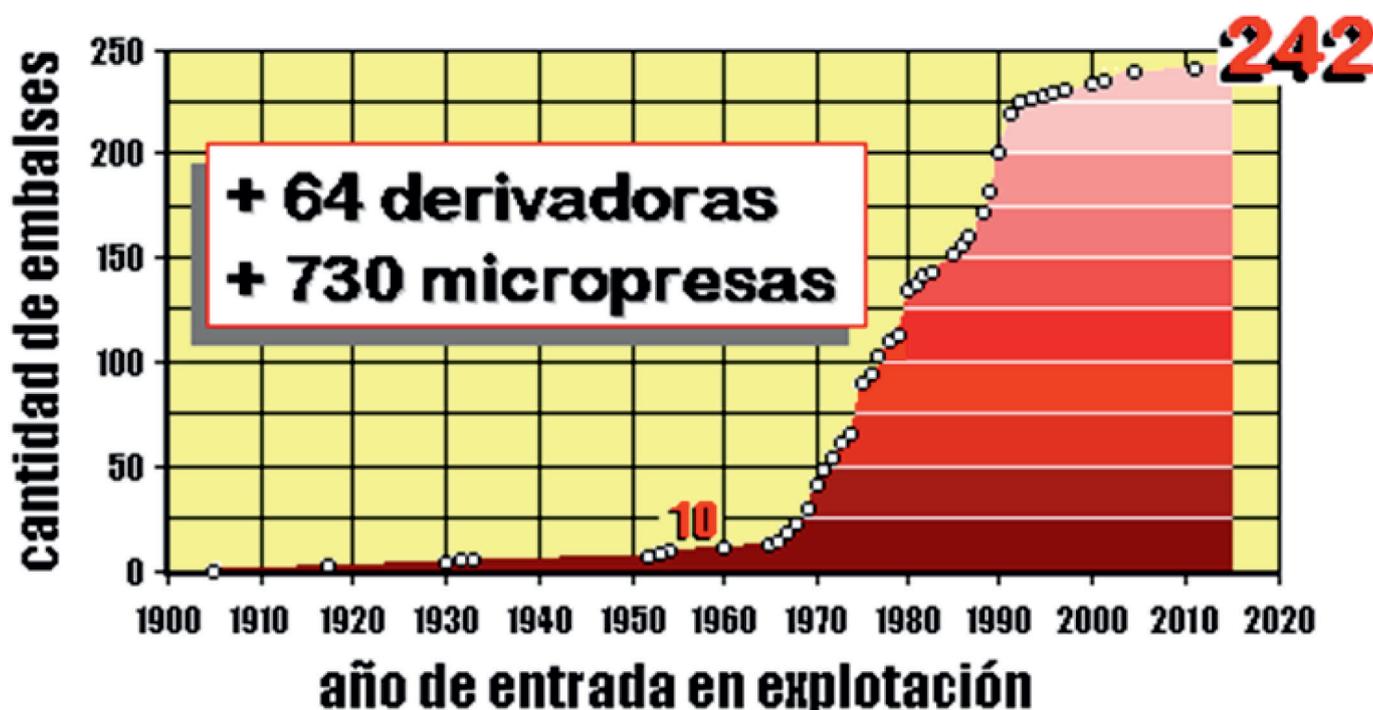


Figura 1. Crecimiento del número de embalses (1900-2015).

Sólo si se conocen estas realidades, o con los términos al uso, las *fortalezas* y *debilidades* de nuestros aliviaderos, se podrá aquilatar la importancia que reviste la explotación adecuada de los ya existentes, el examen objetivo de sus características, incluida su actualización y modificación en los casos necesarios, y por supuesto, el perfeccionamiento de los conocimientos que permitan abordar los nuevos diseños con la mayor eficacia. Para contribuir a lo anterior, y sin que sea posible seccionar a fondo en los marcos de la presente contribución todas las estructuras de este tipo con que

cuentan nuestras presas, ni contrastarlas con las que se construyen en otros países (*Comportamiento de presas construidas en México* 1976, *Design of Small Dams* 1987, Lappo *et al.* 1988, Rumiantsev y Matseyeva 1988, *Grandes Presas de Venezuela* 1995, Velazco 2011e), a continuación se expondrán brevemente algunos datos y consideraciones de interés, que se derivan fundamentalmente de la experiencia del autor y las sistematizaciones que ha conducido a lo largo de más de cuatro décadas, en muchas ocasiones con la decisiva participación de colaboradores (Velazco 1975b, 1980d, 1982a, 1982b, 1983c, 1983d, 1983e, 1994d, 1999b, 1999d; Velazco y Santos 1982, 1984, 1985).

A esos efectos, la Tabla 1 y la gráfica de la Figura 2 ilustran con claridad cuál es la composición de las obras de excedencia con que se han equipado nuestras presas de almacenamiento, al tiempo que según los gráficos de las Figuras 3 y 4, los gastos de diseño de nuestros aliviaderos varían entre unas pocas decenas de metros cúbicos por segundo (sobre todo en los aliviaderos de canal natural contabilizados en la Tabla 1 y la Figura 2), hasta valores superiores a 5 000 m<sup>3</sup>/s, como los de 6 140 m<sup>3</sup>/s y 5 160 m<sup>3</sup>/s de los aliviaderos principal y auxiliar de la presa Gauto El Paso, que fue construida en 1991 en la provincia Granma a un costo de 39,28 millones de pesos, y el de 8 100 m<sup>3</sup>/s del abanico doble de la presa Protesta de Baraguá, en la provincia de Santiago de Cuba, que se diseñó en 1980, requirió una inversión de 24,75 millones de pesos y en la que ambos aliviaderos conforman

de hecho una sola estructura y cuentan con un estanque disipador común de muy considerables dimensiones, que al igual que en el aliviadero Zaza, se inicia con una transición vertical. La distribución por gastos de estas estructuras arroja un valor medio de 525 m<sup>3</sup>/s y en ella se distinguen los rangos que se observan en la Figura 4, con una marcada preeminencia de los gastos de diseño comprendidos entre 100 y 499 m<sup>3</sup>/s, correspondientes a 97 aliviaderos que representan el 41 % de los 238 aliviaderos incluidos en el análisis (del que se excluyeron los cuatro canales naturales de los que no se poseen datos confiables; ver la Tabla 10). Del conjunto, 67 (el 28 % del total analizado) cuentan con gastos de diseño iguales o superiores al promedio.

Tabla 1. Composición por tipos de aliviaderos

Tipo de aliviadero	Cantidad	Por ciento
Presas sin aliviaderos	5	2,1
Canales naturales	86	35,5
Vertedores rectos con conducciones prismáticas	60	24,8
Arcos subcríticos	5	2,1
Abanicos	34	14,0
Semiabanicos	5	2,1
Trincheras	15	6,2
Arcos y otros aliviaderos no prismáticos supercríticos	15	6,2
Aliviaderos regulados	14 <sup>[1]</sup>	5,8
Presas vertedoras	3	1,2
Totales	242	100,0 %

Nota: [1] Ver la Tabla 3.

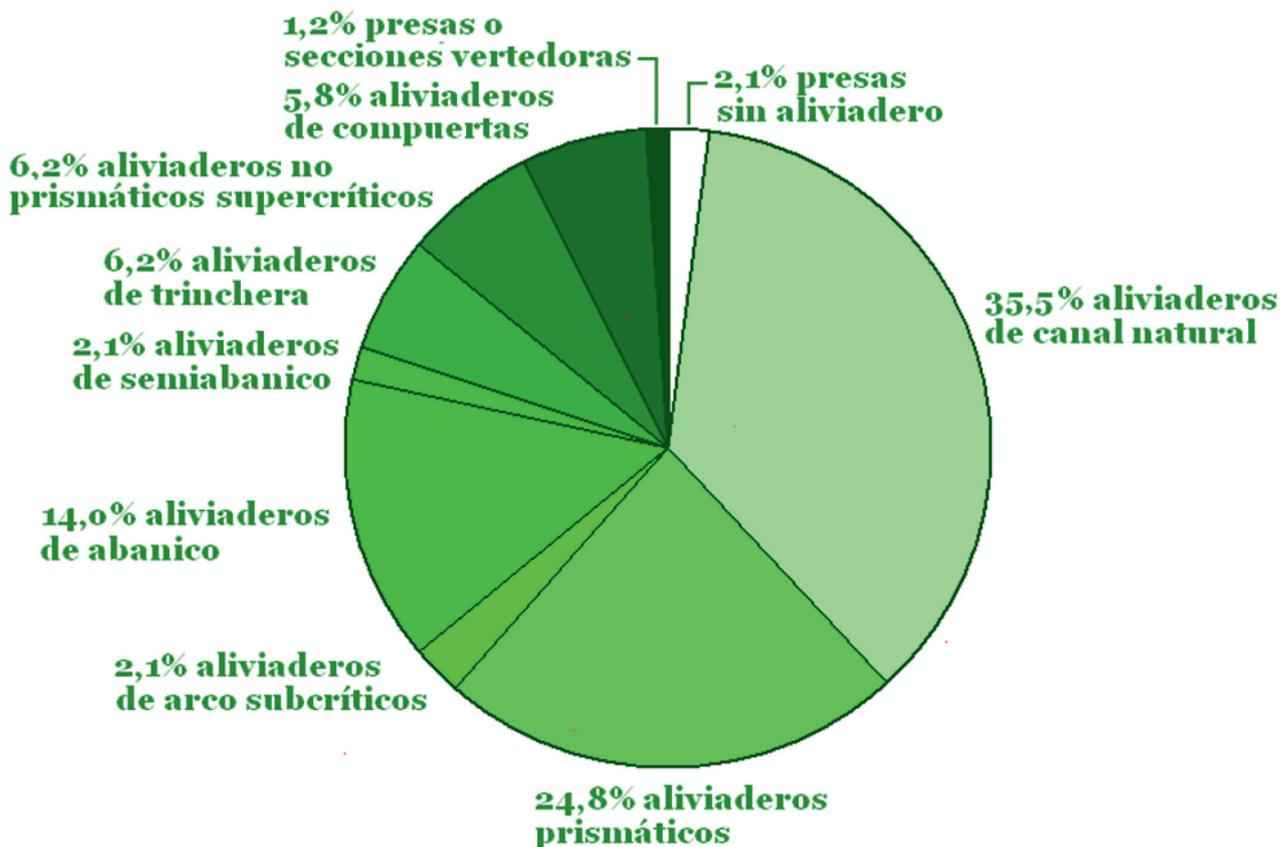


Figura 2. Composición porcentual de los aliviaderos de las 242 presas construidas en Cuba al cierre del año 2015.

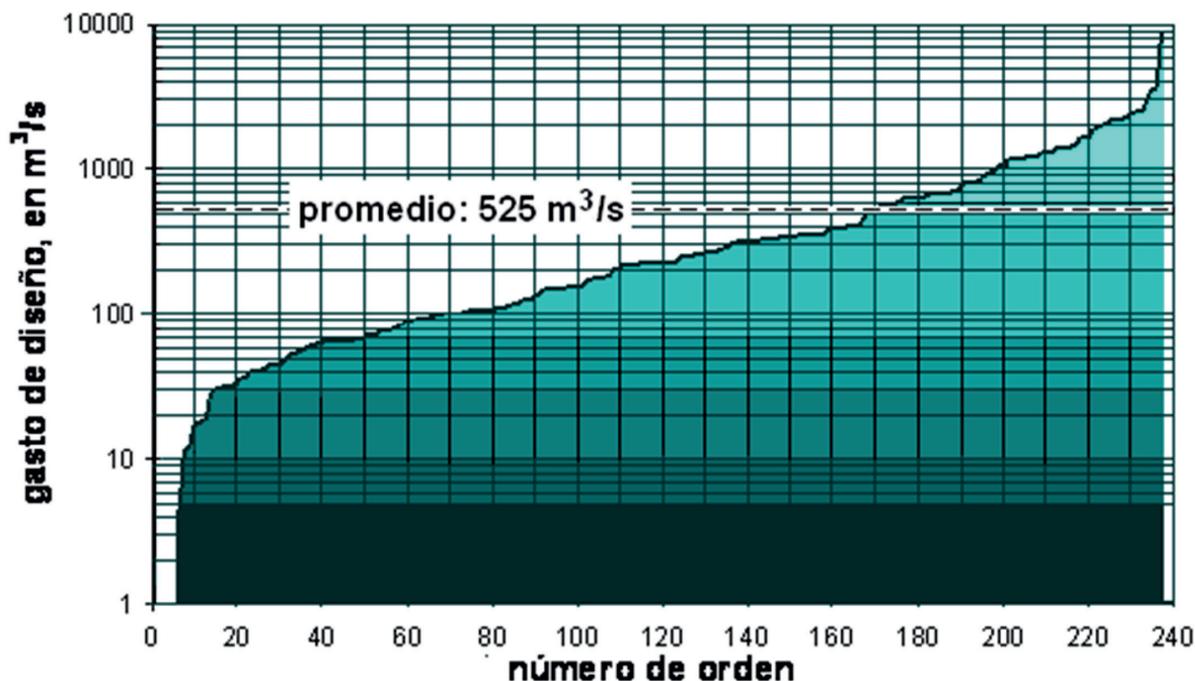


Figura 3. Distribución por gastos de diseño.

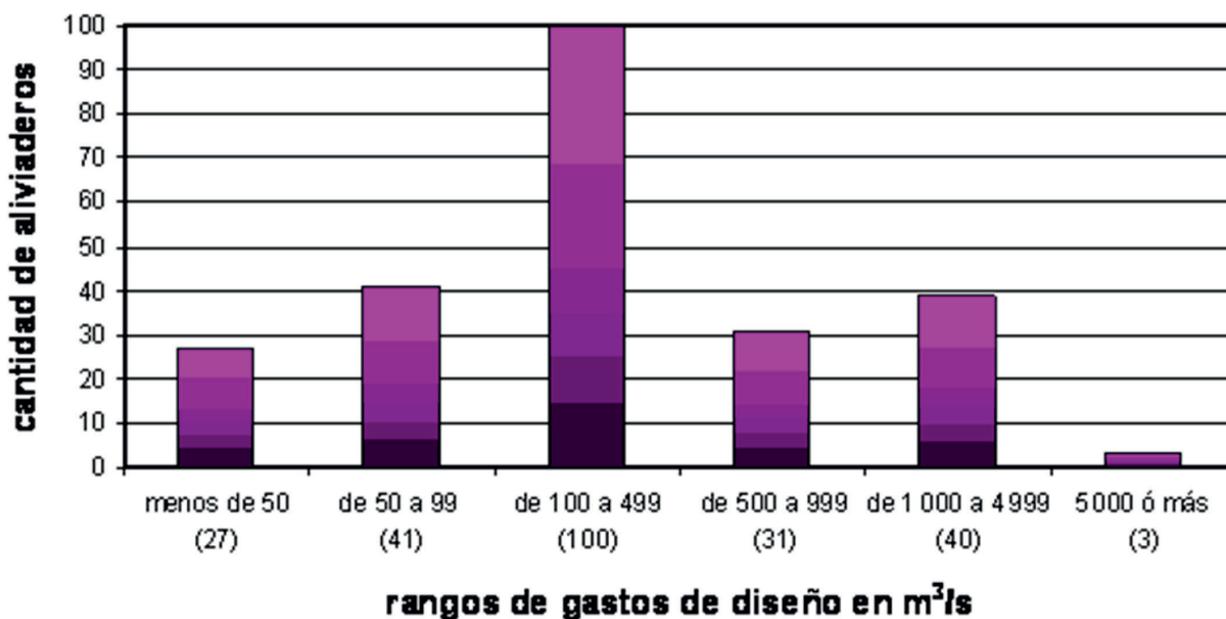


Figura 4. Clasificación por rangos de gastos de diseño.

## 2. PRESAS VERTEDORAS Y ALIVIADEROS DE COMPUERTAS

Los datos con que se contó para confeccionar la tabla y los gráficos anteriores (Velazco y Santos 1982, 1984, 1985, *Embalses Cubanos* 1988, *Cuba, Principales Embalses* 1992, *Tabla de Parámetros Actualizados* 2005, *Embalses* 2008) permiten constatar que sólo 3 de nuestros aliviaderos están representados por las presas vertedoras o secciones vertedoras de la Tabla 2, todas anteriores a 1959 y que alcanzaron alturas máximas de 9 m, 16 m y 33 m en sus secciones vertedoras, en el orden en que aparecen en la tabla. Todas estas obras se conservan aún en explotación.

Así, la presa vertedora Cacojugüín, que fue construida a mediados del siglo pasado en las cercanías de la ciudad de Holguín y que todavía constituye una importante fuente para el suministro de agua a su población (ver la Figura 5), posee un vertedor con 92,69 m de longitud neta (según mediciones precisadas recientes) que fue construido con un perfil Creager sin vacíos con la cresta en la cota 79,0, lo que según el diseño original, descrito pormenorizadamente en la entonces *Revista de la Sociedad Cubana de Ingenieros* por los ingenieros Bethencourt y Martínez, autores de la obra (1952), garantizó un volumen útil de 4,204 millones de metros cúbicos. Según dicho proyecto, el paso de la avenida de diseño conduciría al establecimiento de un nivel NAM igual a 82,47, y esto condicionó

las dimensiones que fueron adoptadas para la superestructura, incluido el vial que desde entonces fue tendido sobre el vertedor y que hasta hoy se encuentra en plena disposición.

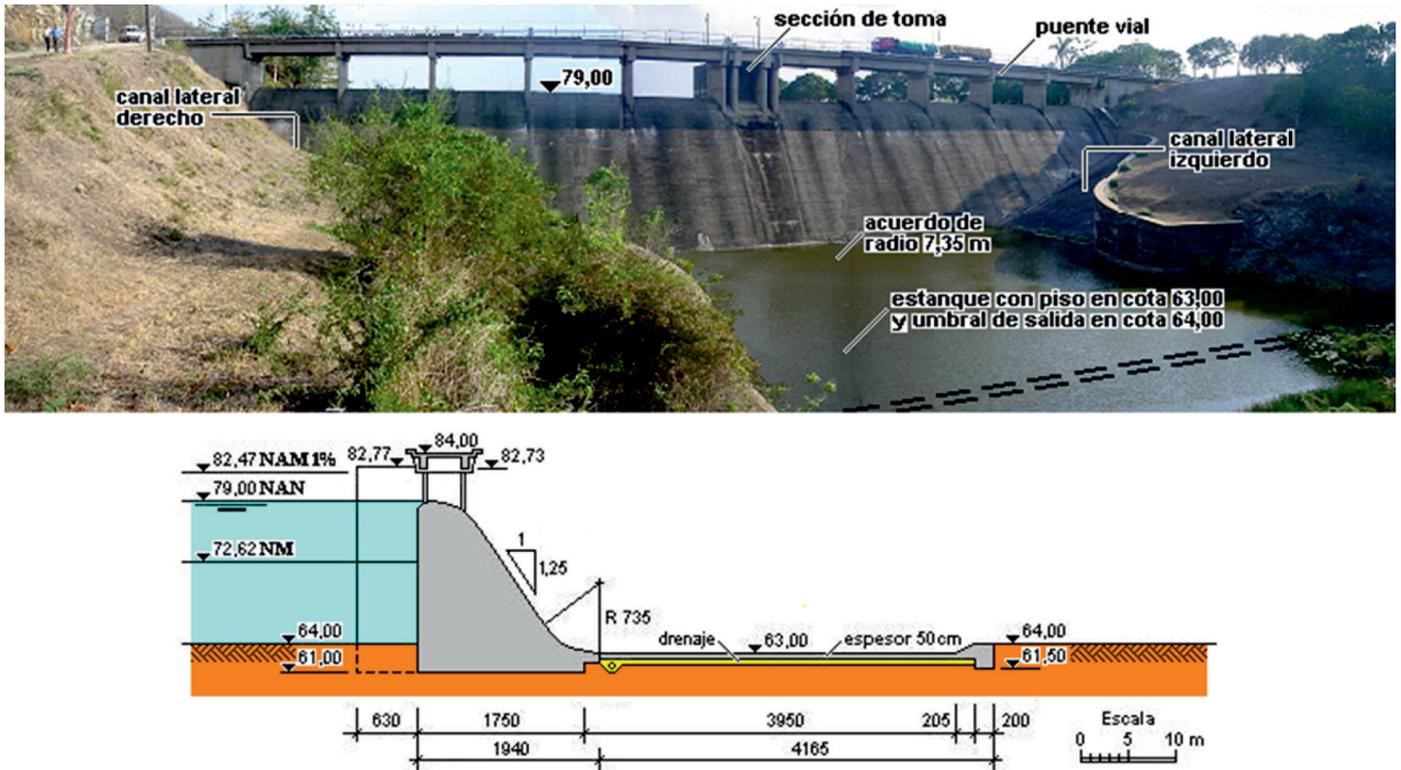


Figura 5. Presa Cacoyugüín, provincia de Holguín. Vista desde aguas abajo y sección vertedora actual.

Por su parte, la Tabla 3 muestra que sólo 14 de nuestros aliviaderos, el 5,8 % del total, están regulados por compuertas.

Con excepción del pequeño aliviadero Gramal, en Villa Clara, que data del año 1917 y en el cual se instalaron 2 compuertas de madera de 2 m por 1,1 m y 6 compuertas metálicas planas de 1,2 m por 1,2 m (*Embalses Cubanos* 1988), todos estos aliviaderos regulados poseen compuertas de sector, y entre ellos descuellan por su significación o por sus características distintivas los que se ilustran en las Figuras 6, 7, 8, 9 y 10, como el aliviadero de 5 compuertas de la Derivadora Pedroso (Figura 6), cuya actualización fue sustentada recientemente por el autor (Velazco 2008a) y que con una carga forzada<sup>2</sup> y un gasto actualizado de diseño de 0,80 m y 1 569 m<sup>3</sup>/s integra, junto con la presa de embalse Mampostón, el importante Sistema Pedroso-Mampostón, vital para las provincias de La Habana, Mayabeque y Artemisa; los aliviaderos de las presas El Corajo y Abreus (Figuras 7 y 8), con 5 y 8 compuertas y gastos respectivos de 2 860 m<sup>3</sup>/s y 2 215 m<sup>3</sup>/s, y con incrementos del nivel por encima del NAN de 2,60 m (el mayor que se provoca en el total de los

14 aliviaderos) y 0,0 m, respectivamente, y de los cuales Corajo, como se aprecia en la foto de la Figura 7, es el único en que a la salida del vertedor el flujo se entrega directamente a una transición convergente de paredes rectas y con el piso inclinado, donde se mantiene en régimen supercrítico gracias a un acertado diseño experimental que fue dirigido por E. Alegret.

En cuanto a los aliviaderos de compuertas Zaza y Cauto El Paso, entre el conjunto de modificaciones que fueron llevadas a cabo por el autor (Velazco 1971) durante la comprobación y diseño experimental en tarea plana del primero de ellos, que había sido proyectado por Maslov y que se observa en la foto de la Figura 9, se desechó el empleo del perfil original sin vacíos Creager & Ofitsierov, propio únicamente de los vertedores de muy gran altura relativa (Agroskin *et al.* 1964), y se introdujo, presumiblemente por primera vez en Cuba, un perfil sin vacíos del tipo USBR, simplificado por la WES (Chow 1959, Dorticós 1967) y que como se indica en el esquema incorporado a la misma figura toma en cuenta la influencia que ejerce el valor relativo de la carga debida a la velocidad de aproximación, lo que se adecua mucho mejor a las condiciones que prevalecen en nuestros aliviaderos, con vertedores de pequeña altura relativa. Con 6 compuertas de sector, cada una con una longitud de 12 m, 1,55 m de carga forzada y un gasto ascendente a 3 270 m<sup>3</sup>/s, esta estructura, cuya modelación tridimensional fue acometida posteriormente por O. Rivero a partir de los mencio-

<sup>2</sup> Al tratar los aliviaderos de compuertas el término "carga forzada" se aplicará a la diferencia entre el nivel NAM de aguas máximas en el embalse, que se alcanza temporalmente al evacuar la avenida normal de diseño, y el nivel NAN de aguas normales. En los aliviaderos automáticos el término "carga" se aplicará, como es usual, a la carga total de vertimiento medida por encima de la cresta del vertedor.

nados resultados, protege la presa con el mayor volumen útil de embalse del país, igual a 930 hm<sup>3</sup>, y en ella se destaca la presencia de una transición vertical de grandes dimensiones, con una configuración parabólica que se subdiseñó para comprimir la lámina y reducir con ello la longitud del estanque amortiguador, aunque a costa de permitir que en su superficie se generasen cargas de vacío cuyo valor, sin embargo, quedó limitado por cálculo y experimentación, para evitar los peligros de daños por cavitación.

Tabla 2. Presas vertedoras y secciones vertedoras construidas en Cuba (3)

Nº	Presa	Provincia	Año	L [m]	Q [m <sup>3</sup> /s]	H <sub>0</sub> [m]
1	Pontezuela	Camagüey	1928	65,0	170	1,20
2	Cacoyugüín (actualizado)	Holguín	1953	92,7	1 300	3,47
3	Charco Mono	Santiago de Cuba	1936	175,0	1 800	2,70

Tabla 3. Aliviaderos regulados construidos en Cuba (14)<sup>(1)</sup>

Nº	Presa	Provincia	Año	Carga forzada de diseño <sup>(2)</sup> [m]	Q [m <sup>3</sup> /s]	Cantidad de compuertas
1	Derivadora Pedroso (actualizado)	Mayabeque	1976	0,80 <sup>(3)</sup>	1 569 <sup>(3)</sup>	5 de 12 m
2	Gramal	Villa Clara	1917	1,00	59,78	2 de 2x1,1 m 6 de 1,2x1,2 m
3	Agabama		1952	0,20	170	4 de 7,5 m
4	Palmarito		1991	0,40	1 350	4 de 12 m
5	Paso Bonito	Cienfuegos	1974	0,50	690	2 de 12 m
6	Voladora		1990	0,00	585	2 de 12 m
7	Abreus		1986	0,00	2 215	8 de 12 m
8	La Felicidad	Sancti Spíritus	1991	1,70	600	4 de 12 m
9	Zaza		1972	1,55	3 270	6 de 12 m
10	Najasa II	Camagüey	1990	1,55	2 032	5 de 12 m
11	Juan Sáez	Las Tunas	1987	0,40	900	3 de 12 m
12	Corojo	Granma	1990	2,60	2 860	5 de 12 m
13	Cauto El Paso		1991	1,50	6 100	10 de 12 m
14	Faustino Pérez	Guantánamo	2000	0,65	1 245	3 de 12 m
---	Derivadora Moa <sup>(1)</sup>	Holguín	1984	3,00	1 639	3 de 12 m
---	Der. Sur del Jíbaro <sup>(1)</sup>	Sancti Spíritus	1971	2,20	3 000	4 de 12 m

Notas:

<sup>(1)</sup> Las Derivadoras Moa y Sur del Jíbaro no han sido incluidas entre las 14 presas con aliviaderos regulados que forman parte de las 242 presas de la Tabla 1.

<sup>(2)</sup> Diferencia entre el nivel NAM de aguas máximas y el nivel NAN de aguas normales.

<sup>(3)</sup> Después de la actualización y automatización (Velazco 2007b, 2008a).



Figura 6. Derivadora Pedroso, provincia de Mayabeque. 5 comp. de 12 m x 6,40 m, 1 569 m<sup>3</sup>/s, NAM-NAN=0,80 m.



Figura 7. Aliviadero de la presa Corajo, provincia de Granma. 5 comp. de 12 m, 2 860 m<sup>3</sup>/s, NAM-NAN=2,60 m.



Figura 8. Aliviadero de la presa Abreus, provincia de Cienfuegos. 8 comp. de 12 m, 2 215 m<sup>3</sup>/s, NAM=NAN.

Por su parte, después del aliviadero de la presa Voladoras, originalmente Cartagena (Velazco 1981c), que fue construido en Cienfuegos en 1990 con dos compuertas y que se diseñó para evacuar  $585 \text{ m}^3/\text{s}$  con una carga de vertimiento de  $5,00 \text{ m}$ , y de una alternativa regulada para el aliviadero Caunavaco, en la provincia de Matanzas, también con dos compuertas pero con una carga máxima de vertimiento de  $4,20 \text{ m}$  y un gasto de  $290 \text{ m}^3/\text{s}$ , que se comportó muy exitosamente al ser sometido a modelación experimental por R. Santos (Santos y Velazco 1988, Velazco *et al.* 1988), el aliviadero regulado Cauto El Paso de la Figura 10, integrado a un sistema de evacuación cuyo diseño hidráulico corrió íntegramente a cargo del autor (Velazco 1986b), es el mayor de su tipo en Cuba, con 10 compuertas y una carga forzada y un gasto de diseño de  $1,50 \text{ m}$  y  $6\,140 \text{ m}^3/\text{s}$ , y fue el tercer aliviadero de compuertas que el autor equipó con el vertedor con vacíos de perfil oval que había innovado en 1980 y que ha sido esquematizado en la parte baja de la propia figura (Velazco 1980a, 1998b). Esto permitió eliminar dos de las compuertas de la concepción original, en un diseño que se distinguió además por el dimensionamiento sumamente efectivo de un sistema de deflectores, bloques de impacto y umbral de salida que redujo al mínimo la longitud y la profundidad del estanque amortiguador, con el piso a  $12,70 \text{ m}$  bajo la cresta, evitando así los inconvenientes que provocaba la presencia de un nivel freático muy cercano a la superficie en el lugar destinado a su construcción.

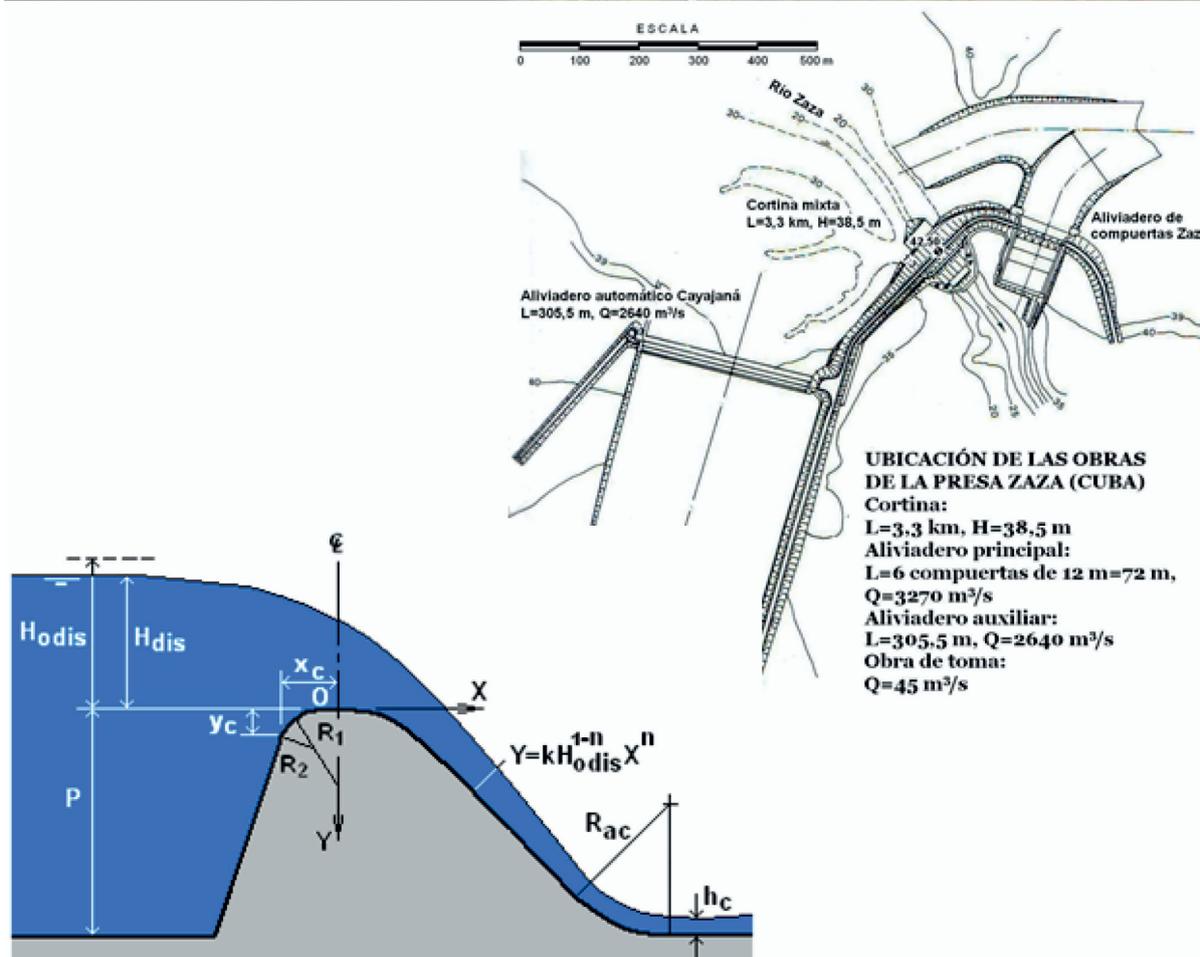
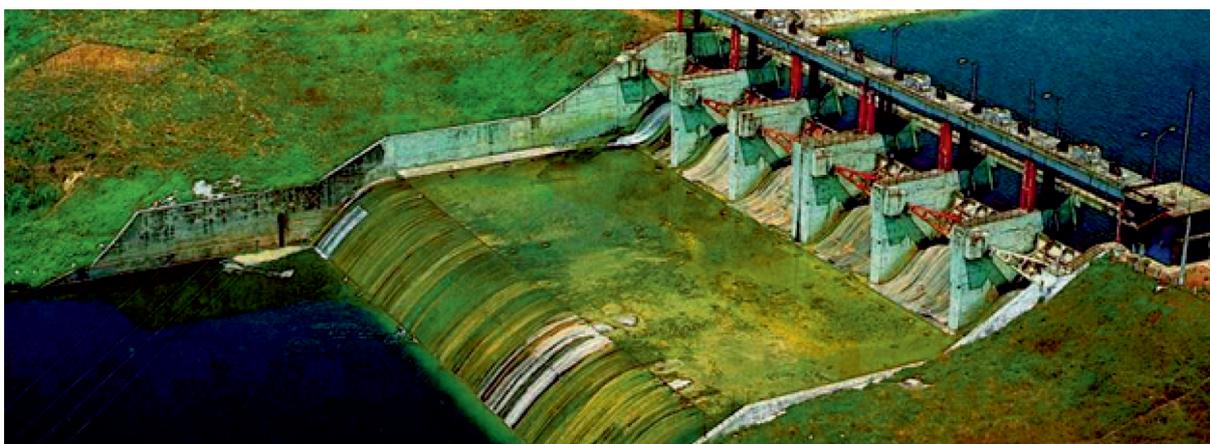
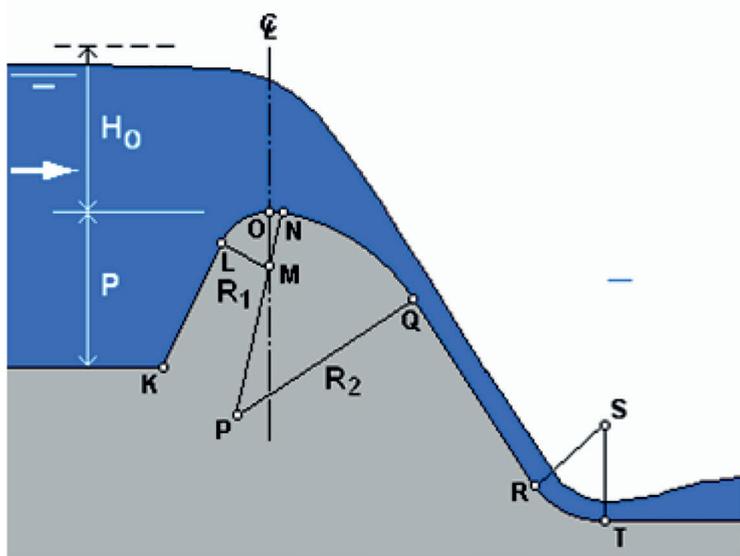


Figura 9. Vertedor USBR sin vacíos.



## VERTEDOR DE PERFIL OVAL CON VACÍOS

Figura 10. Aliviadero de la presa Cauto el Paso, provincia de Granma. 10 compuertas de 12 m, 6 140 m<sup>3</sup>/s, NAM-NAN=1,50 m.

Por los objetivos que se persiguen con la presente contribución, al final de la Tabla 3 se han adicionado también los aliviaderos de compuertas de la Derivadora Moa en Holguín y de la Derivadora Sur del Jíbaro en Sancti Spíritus, que aunque no figuran entre las 242 presas de embalse, y por lo tanto entre los 14 aliviaderos de compuertas presentes en ellas, han sido equipadas con aliviaderos de 3 y 5 compuertas, respectivamente, y que con los anteriores hacen en realidad un total de 16 estructuras que en el país cuentan con estos mecanismos y cuya automatización, que se inició por la Derivadora Pedroso, se generaliza actualmente (Velazco 2007b, 2015a, 2015b, 2015c, 2015d, 2015e, 2016a, 2016b).

Las tensiones productivas implícitas en un programa de construcción de presas tan vasto e intenso como el que se inició a partir de la proclamación de la Voluntad Hidráulica en 1963 (ver la Figura 1), hicieron aconsejable que para la construcción de los aliviaderos regulados se estableciera una longitud única de 12 m para las compuertas de sector, como la que aparece insertada en la Figura 6, que se apoyan sobre vertedores cuyas crestas se localizan generalmente entre 5,0 m y 6,0 m por debajo del nivel NAN de aguas normales. Salvo en Gramal y Agabama, este último con 4 compuertas de sector de 7,5 m de longitud y que opera en cascada con el primero (*Embalses Cubanos* 1988), todos los aliviaderos regulan los gastos con compuertas que presentan esas características.

### 3. EL VERTEDOR OVAL CON VACÍOS

Antes de beneficiar con su empleo los aliviaderos regulados referidos en el apartado anterior, el autor había introducido por primera vez (Velazco 1980c) y de inmediato en el semiabánico Vicana de la Figura 11, con un gasto de  $685 \text{ m}^3/\text{s}$ , el vertedor de perfil oval con vacíos que había creado y sustentado en ese mismo año (Velazco 1980a), y en 1981 lo había extendido por analogía al San Andrés, gemelo del anterior (Velazco 1981a), que fue construido en 1987. Como se desprende del esquema incluido en la parte inferior de la Figura 10, este nuevo tipo de vertedor resulta extremadamente sencillo y dúctil y garantiza coeficientes de gasto del orden de 0,57-0,59, que en circunstancias muy favorables pueden ser aún mayores y aproximarse a los máximos valores posibles desde el punto de vista físico, según se ha demostrado por vía teórica y experimental (Velazco 1998c). Estas esenciales propiedades, y los demás atributos que distinguen a la innovación, determinaron que a los dos primeros casos mencionados antes siguieran rápidamente, entre los vertedores automáticos, aplicaciones como las llevadas a cabo en la presa Nombre de Dios (1981), con  $146 \text{ m}^3/\text{s}$  de gasto, una carga de 2,12 m y un vertedor recto en planta; en las presas Las Canoas, sobre el río Malacatoya de Nicaragua (Velazco 1981b), y Chambas II (Velazco y Santos 1981, Velazco 1983b), ambas con aliviaderos de semiabánico modificados; así como en la propia presa Cauto El Paso, cuyo aliviadero auxiliar, con un gasto de  $5\,160 \text{ m}^3/\text{s}$  y una carga de 1,20 m, se construyó con la solución innovadora e inédita que se aprecia en la Figura 12 (Velazco 1986b) y que se logró apoyando un vertedor oval de 1 500 m de cresta y de tan sólo 1,20 m de altura sobre la corona de uno de los diques de gran longitud de esta presa, que así se abarató decisivamente y cuya ejecución cerró en 1991 el Sistema del Río Cauto (ver también Velazco 2015b).

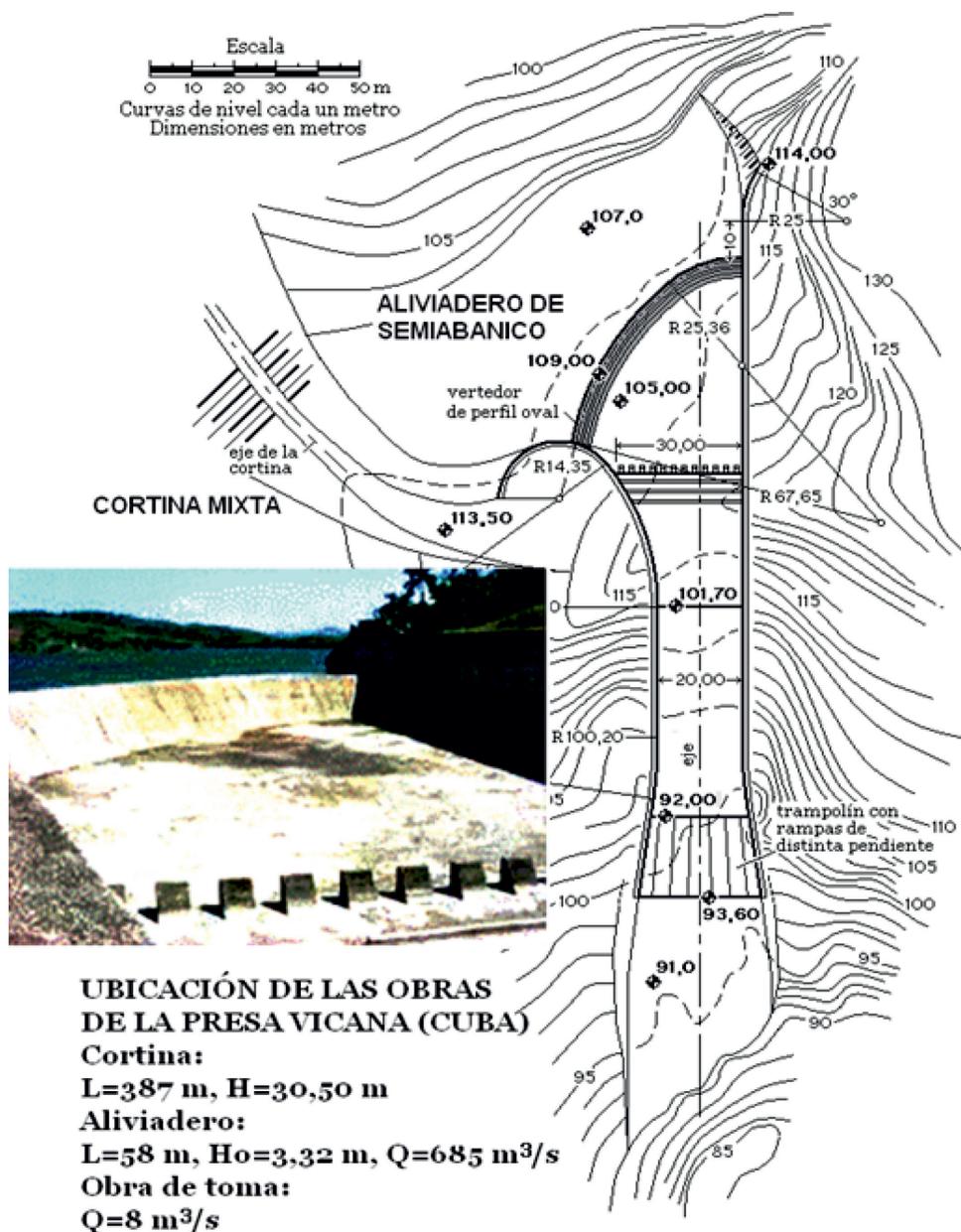


Figura 11. Ubicación de las obras de la presa Vicana (Cuba). Cortina:  $L=387 \text{ m}$ ,  $H=30,50 \text{ m}$ . Aliviadero:  $L=58 \text{ m}$ ,  $H_o=3,32 \text{ m}$ ,  $Q=685 \text{ m}^3/\text{s}$ . Obra de toma:  $Q=8 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Figura 12. Aliviadero auxiliar automático de la presa Cauto el Paso, provincia de Granma. Extremo izquierdo del aliviadero con vertedor de perfil oval con vacíos:  $L_v=1\ 500$  m,  $H_{ONAM}=1,20$  m,  $Q_{NAM}=5\ 160$  m<sup>3</sup>/s.

El diseño de las derivadoras con vertedores de planta recta San Pedro (Velazco 1986a), con un gasto de 535 m<sup>3</sup>/s y 1,73 m de carga, y Guamá (1987), también con 540 m<sup>3</sup>/s y 1,70 m; el de los aliviaderos de las presas de embalse Paso Viejo y Guamá (Velazco 1987a, 1987b) y el de muchas otras estructuras, siguió a los anteriores, e incluyó el del regulador ubicado junto al lago Managua de Nicaragua (1986) y el de los aliviaderos Boukourdane, Cheurfas I y Cheurfas II, de Argelia (Velazco 1988a), así como el de los aliviaderos con vertedor de planta en arco y entrada radial supercrítica Caunavaco (Velazco 1988b) y Santa Rita (Velazco 1989), el primero con 49 m<sup>3</sup>/s y 1,20 m de carga, y el de las presas San Andrés (1999) y San Vicente (2001), en Ecuador, y Cercado en Colombia (2003), esta última a cargo de R. Villar, y se ha extendido hasta el diseño de un recrecimiento de la presa vertedora Cacoyugüín que antes se ilustró en la Figura 5 (Velazco 2005c) y el de los aliviaderos de las presas La Esperanza y Seboruquito, del Trasvase Este-Oeste, dimensionados por el autor en el año 2006 (Velazco 2006i) y que hoy se caracterizan por gastos definitivos de 120 m<sup>3</sup>/s y 210 m<sup>3</sup>/s.

Por lo expuesto, el nuevo vertedor oval con vacíos, que desde su misma aparición fue catalogado por la Academia de Ciencias de Cuba como un resultado de relevancia científica y práctica (Velazco 1980a) y cuyo registro (Velazco 1998b) mereció de inmediato la alta distinción que representa la “Medalla de Oro” de la Oficina Mundial de la Protección Intelectual (OMPI), hoy se encuentra totalmente caracterizado (Velazco 2012), ha sido reconocido como la solución cubana por antonomasia para el diseño de las secciones de control de los aliviaderos (Velazco 1998c) y se ha convertido en un portavoz de los logros de la Escuela Cubana de Hidráulica (Velazco 1999b, 1999d). *(Continúa)*.

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su reconocimiento a todos los que han colaborado de una u otra forma con el acopio de la información que se brinda en la presente contribución, así como con el desarrollo de las investigaciones, estudios, proyectos y otros resultados que se exponen en ella.



Presa Baraguá, Santiago de Cuba

## BIBLIOGRAFÍA DE LA PARTE 1

- **Agroskin, I., G. Dimitriev y F. Pikalov (1964)** *Hidráulica*, Editorial Energía, Moscú.
- **Barros J., R. Pacheco y P. Gómez (2000)** *Sobre la modelación matemática del rompimiento de presas de tierra naturales, Casos Mantaro (Perú, 1974) y Josefina (Ecuador, 1993)*, Memorias del XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, t.III, pp.299-308, Córdoba, Argentina.
- **Bethencourt, D. y S. Martínez (1952)** *Proyecto de presa y planta de bombeo en el río Cacoyugüín para el Acueducto de Holguín*, Revista de la Sociedad Cubana de Ingenieros, vol.LII, no.6, pp.70-99, La Habana.
- **Bornschein, A. y R. Pohl (2003)** *Dam break during the flood in Saxony/Germany in august 2002*, XXX IAHR Congress, pp.229-236, Thessaloniki, Grecia, aug.
- **Catalini, C. y G. Caamaño (2004)** *Predicción de crecientes en embalses, Caso Los Molinos, Córdoba, Argentina*, Memorias del XXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica, São Pedro, Brasil, oct.
- **Comportamiento de presas construidas en México (1976)** Secretaría de Recursos Hidráulicos, Comisión Federal de Electricidad, Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Méjico UNAM.
- **Cuba, Principales embalses (1992)** Colectivo de autores, Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Editorial Pueblo y Educación, La Habana.
- **Chow, V. (1959)** *Open-channel hydraulics*, Edición Revolucionaria, La Habana.
- **Design of Small Dams (1987)** Bureau of Reclamation, 3<sup>rd</sup>. edition, Washington D.C.
- **Discurso de Apertura (1999)** Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil, V Congreso Internacional de Desastres, La Habana.

- **Dorticós, P. (1967)** *Hidráulica de los vertedores de perfil práctico sin vacío*, Técnica Hidráulica, La Habana.
- **Embalses (2008)** Archivo digital interactivo, Dirección de Obras Hidráulicas, Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, La Habana, ago.
- **Embalses Cubanos (1988)** Colectivo de autores, Instituto de Hidroeconomía, La Habana, dic.
- **Grandes Presas de Venezuela (1995)**, Ministerio del Ambiente y los Recursos Hidráulicos Renovables, Caracas, ago.
- **Hayami, S. (1951)** *On the Propagation of Flood Waves*, Bull. No.1, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan, dec.
- **Lappo, D. et al. (1988)** *Cálculos hidráulicos de las obras hidrotécnicas de aliviaderos*, Editorial Energoatomizdat, Moscú.
- **Navarro L., P. Valencia y R. Fuentes (2000)** *Hidrogramas generalizados debidos a la falla de una presa*, Memorias del XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, t.III, pp.153-162, Córdoba, Argentina.
- **Ramos, C. (1995)** *Segurança de Barragens: Aspectos Hidráulicos e Operacionais*, Informação Técnica de Hidráulica, ITH 38, Lisboa, LNEC, 47p.
- **Rumiantsev, I. y V. Matseya (1988)** *Construcciones hidráulicas*, Editorial Agropromizdat, Moscú.
- **Santos, R. y E. Velazco (1988)** *Investigaciones hidráulicas en el modelo del aliviadero regulado por compuertas del C. H. Caunavaco*, Laboratorio de Modelos Hidráulicos, Informe Técnico, Dirección de Proyectos, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Tablas de Parámetros Actualizados (2005)** Dirección de Obras Hidráulicas, Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, La Habana, dic.
- **Velazco, E. (1971)** *Diseño hidráulico e investigación experimental en tarea plana del aliviadero con compuertas Zaza*, Laboratorio de Modelos Hidráulicos, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1975b)** *Peculiaridades hidráulicas de los aliviaderos en la República de Cuba*, Seminario de Aspirantes “Avances de la Hidrotecnia Mundial”, Instituto de Mejoramiento Hidráulico de Moscú MGMI, Moscú.
- **Velazco, E. (1980a)** *Cimacios de perfil práctico y cresta oval con vacíos*, IV Foro Científico de la Academia de Ciencias de Cuba, La Habana.
- **Velazco, E. (1980c)** *Diseño hidráulico e investigación experimental del aliviadero Vicana*, Laboratorio de Modelos Hidráulicos, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1980d)** *Diseño de aliviaderos de planta curva*, Foro Científico Técnico del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Habana ISCAH, San José de las Lajas.
- **Velazco, E. (1981a)** *Diseño hidráulico por analogía del aliviadero San Andrés*, Laboratorio de Modelos Hidráulicos, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1981b)** *Diseño hidráulico e investigación experimental del aliviadero de semiabanico modificado Las Canoas, en la República de Nicaragua*, Laboratorio de Modelos Hidráulicos, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1981c)** *Diseño hidráulico e investigación experimental del aliviadero regulado Cartagena, con compuertas de segmento y cimacio de configuración oval*, Laboratorio de Modelos Hidráulicos, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1981d)** *Peculiaridades del diseño del aliviadero Chambas*, Revista “Ingeniería Hidráulica”, Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, La Habana.
- **Velazco, E. (1982a)** *Diseño hidráulico de aliviaderos superficiales*, Impartición de Curso de Postgrado, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1982b)** *El diseño de aliviaderos en la República de Cuba*, Conferencia Invitada, Evento Científico Técnico “20 Años de Desarrollo Hidráulico en la Revolución”, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1983b)** *Diseño hidráulico del aliviadero de abanico Chambas II*, Laboratorio de Modelos Hidráulicos, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.

- **Velazco, E. (1983c)** *Experiencias y perspectivas en la problemática del diseño de los aliviaderos en Cuba*, Evento Científico Técnico “20 Años de Colaboración Soviético Cubana en el Desarrollo de la Hidroeconomía”, Instituto de Hidroeconomía, Villa Clara.
- **Velazco, E. (1983d)** *Algunas peculiaridades del diseño hidráulico en Cuba*, Sesión Científica Departamental del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Habana ISCAH, San José de las Lajas.
- **Velazco, E. (1983e)** *El diseño hidráulico, teórico y experimental, de los aliviaderos en Cuba*, VI Foro Científico de la Academia de Ciencias de Cuba, La Habana.
- **Velazco, E. (1986a)** *Diseño hidráulico e investigación experimental del aliviadero San Pedro, con vertedor de cresta circular y salto transicional*, Laboratorio de Modelos Hidráulicos, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1986b)** *Diseño hidráulico de los aliviaderos principal y auxiliar del Conjunto Hidráulico Cauto El Paso*, Dirección de Proyectos, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1987a)** *Diseño hidráulico del aliviadero Paso Viejo, con entrada radial supercrítica*, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1987b)** *Diseño hidráulico del aliviadero radial supercrítico Guamá*, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1988a)** *Diseño de los aliviaderos Boukourdane, Cheurfas I y Cheurfas II, para la República de Argelia*, Dirección de Proyectos, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1988b)** *Diseño de aliviadero con entrada supercrítica para la presa Caunavaco*, Dirección de Proyectos, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1989)** *Diseño hidráulico del aliviadero con transición radial en régimen supercrítico Santa Rita*, Dirección de Proyectos, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1991a)** *El diseño de los aliviaderos de las presas*, Impartición de Curso de Postgrado, Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Alacranes.
- **Velazco, E. (1994c)** *Diseño de las obras hidráulicas*, Impartición de Curso de Maestría, Centro de Investigaciones Hidráulicas, Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, La Habana.
- **Velazco, E. (1994d)** *Tendencias actuales de la modelación física y la modelación matemática, aplicadas a la Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, Mesa Redonda del Simposio Internacional “La Computación Aplicada a la Ingeniería Hidráulica y Ambiental”, Informática’94, La Habana.
- **Velazco, E. (1996a)** *Diseño hidráulico de obras hidráulicas*, Impartición de Curso de Maestría, Centro de Investigaciones Hidráulicas, Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, La Habana.
- **Velazco, E. (1998b)** *Vertedor con vacíos*, Certificado de Autor No.22537 (3/8/98) de la Oficina Cubana de la Protección Industrial OCPI, La Habana.
- **Velazco, E. (1998c)** *El nuevo cimacio cubano para los aliviaderos de las presas*, Distinción Relevante, Forum Nacional de Ciencia y Técnica, La Habana.
- **Velazco, E. (1999b)** *La experiencia cubana en el diseño hidráulico de los aliviaderos*, Conferencia Invitada, Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- **Velazco, E. (1999d)** *Perfiles vertedores: algunas experiencias cubanas*, Conferencia Invitada, Universidad Central de Quito, Ecuador.
- **Velazco, E. (2005c)** *Diseño hidráulico del recrecimiento del aliviadero de la presa Cacoyugüín*, Informe Técnico, Centro de Hidrología y Calidad de las Aguas CENHICA, La Habana.
- **Velazco, E. (2006i)** *Diseño hidráulico de los aliviaderos de las presas La Esperanza y Seboruquito*, Grupo Empresarial de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería GEIPI, La Habana.

- **Velazco, E. (2007b)** *Algoritmos hidráulicos para la automatización de la operación de la Derivadora Pedroso*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana, jun.
- **Velazco, E. (2008a)** *Actualización aliviadero presa Pedroso y Pronóstico operacional en tiempo real presa Pedroso (Tomos I y II)*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana.
- **Velazco, E. (2011e)** *Introducción al Diseño de los Aliviaderos*, Capítulo 1 de la monografía en preparación “El Diseño Hidráulico de los Aliviaderos de las Presas”, Grupo Empresarial de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería GEIPI, La Habana, ago.
- **Velazco, E. (2012)** *Vertedores automáticos de perfil curvo con vacíos*, Capítulo 11 de la monografía en preparación “El Diseño Hidráulico de los Aliviaderos de las Presas”, Grupo Empresarial de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería GEIPI, La Habana, jun.
- **Velazco, E. (2013b)** *Norma Cubana NC Presas, Diques de Protección, Canales y Obras Asociadas Categorías para Nuevos Proyectos o para el Rediseño de Estructuras Existentes en un Escenario Climático Cambiante*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana.
- **Velazco, E. (2015a)** *Consideraciones sobre los Algoritmos Hidráulicos necesarios para la Operación Automatizada y Eficiente de los Aliviaderos de Compuertas*, Consejo Técnico del Grupo Empresarial de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos GEARH, La Habana, abr.
- **Velazco, E. (2015b)** *Algoritmos para la automatización del aliviadero Cauto El Paso*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de La Habana, sep.
- **Velazco, E. (2015c)** *Algoritmos para la automatización del aliviadero Cmdte. Faustino Pérez*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de La Habana, oct.
- **Velazco, E. (2015d)** *Algoritmos para la automatización del aliviadero El Corajo*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de La Habana, nov.
- **Velazco, E. (2015e)** *Algoritmos para la automatización del aliviadero Juan Sáez*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de La Habana, dic.
- **Velazco, E. (2016a)** *Algoritmos para la automatización del aliviadero de la Derivadora Moa*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de La Habana, ene.
- **Velazco, E. (2016b)** *Algoritmos para la automatización del aliviadero Abreus*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de La Habana, feb.
- **Velazco, E. y R. Santos (1981)** *Peculiaridades del diseño en el aliviadero del conjunto hidráulico Chambas*, Revista “Ingeniería Hidráulica”, Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, vol.II, no.2, pp.172-182, La Habana.
- **Velazco, E. y R. Santos (1982)** *El diseño teórico y experimental de aliviaderos de planta desarrollada curvilínea. Su optimización en las condiciones de la República de Cuba*, Primer Concurso Científico Técnico de la Construcción, Ministerio de la Construcción, La Habana.
- **Velazco, E. y R. Santos (1984)** *Relaciones generalizadas de los aliviaderos de abanico y de semiabanico en la República de Cuba*, Memorias del XI Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Buenos Aires, Argentina.
- **Velazco, E. y R. Santos (1985)** *Relaciones y volúmenes generalizados de los aliviaderos de abanico y semiabanico en la República de Cuba*, Revista “Ingeniería Hidráulica”, vol.VI, no.1, La Habana, ene.
- **Velazco, E. et al. (1988)** *Sobre el empleo de cimacios ovales con vacíos en aliviaderos regulados por compuertas*, Memorias del XIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, pp.34-46, La Habana. 

La Habana, enero de 2016

# ACTUALIZACIÓN DEL POTENCIAL HÍDRICO DE LA CUENCA CUYAGUATEJE<sup>1</sup>

## RESUMEN

Para realizar el presente trabajo se actualizó el parteaguas de la cuenca, y de las subcuencas estudiadas dentro de ella, con la ayuda del Mapinfo y se trabajó sobre una escala 1:25000 que nos da la posibilidad de una mayor precisión en la digitalización de los mismos y de las redes fluviales principalmente.

También se tuvo en cuenta la actualización de las bases de datos para la determinación de todas las variables hidrológicas en los cierres que fuera posible.

Con la ayuda del Sistema de Información Geográfica Mapinfo y el AUTOCAD Map se precisó el parteaguas general de la cuenca y de las principales corrientes que la drenan, con el objetivo de determinar las características físico-geográficas de las mismas para que sean utilizadas en los diferentes cálculos hidrológicos.

En este artículo también aparecen resultados de diferentes variables hidrológicas tales como: la evaporación, gastos máximos y mínimos, distribución de la lluvia por meses, así como el escurrimiento y los gráficos ilustrativos de estas variables.

**Palabras clave:** Sistema de Información Geográfica Mapinfo, AUTOCAD Map, cuenca, potencial hídrico.

## INTRODUCCIÓN

La cuenca a que hacemos referencia es de interés nacional y es la de mayor área y caudal de la provincia de Pinar del Río, pero además, las condiciones hidroquímicas de sus aguas son muy buenas, esto es avalado por los muestreos que se llevan a cabo sistemáticamente dentro de la zona de estudio.

Esta cuenca ha sido estudiada en diversas ocasiones por varios especialistas y con diferentes fines. Los principales informes realizados por ellos están archivados en la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de nuestra provincia.

En este trabajo se ofrece una panorámica general de las principales características hidrológicas de la cuenca, conjuntamente con los parámetros de las corrientes principales en los cierres que han sido escogidos previamente.

Con este fin se utilizaron los más diversos materiales existentes en nuestros archivos que incluyen: informes hidrológicos para presas, derivadoras y otros, o sea, todo lo concerniente a las características hidrológicas del territorio.

<sup>1</sup> Gerardo A. Barrera Becerra. Empresa de Aprovechamiento Hidráulico. Pinar del Río. Cuba. alexisb@eah.pri.hidro.cu

## DESARROLLO

### Características Generales de la Cuenca Cuyaguajeje

Esta cuenca pertenece a la vertiente sur de la provincia de Pinar del Río, puede considerarse como la mayor de la zona más occidental de Cuba y es una dentro de las mayores del país. El río Cuyaguajeje nace al noreste de la cadena montañosa de la Cordillera de los Órganos, en las coordenadas N: 290.15 y E: 203.47, a una altura aproximada de 350 metros sobre el nivel del mar (msnm) y en su formación inicial va en la dirección sur oeste, paralelo a la cordillera antes mencionada. Más abajo, en la zona de Sumidero, corre por un vasto valle pasando dos amplias cuevas: Pica Pica y Cueva Clara. En la parte más baja, este río, gira en dirección sur.

La geomorfología de esta cuenca es muy compleja, la parte superior y media de la misma se encuentra en el límite de la zona montañosa de la Sierra de los Órganos, que ofrece un ejemplo típico de carso cónico, es decir, mogotes. Las formaciones calizas de las laderas verticales y las cumbres planas con cotas hasta 600 msnm conforman un conjunto de varios sistemas paralelos, como: la Sierra de San Carlos, Sierra Gramales, Sierra de Cabezas, Sierra de Quemado y Sierra del Infierno.

En algunos lugares se presentan estas formaciones aisladas, las cuales constituyen típicos mogotes, presentando muchos sistemas cavernosos.

### Disponibilidad de Información

Se cuenta con la información archivada de los datos registrados por una red de tres estaciones hidrométricas que comenzaron a funcionar entre los años 1962- 1968,

dos de las mismas: Portales II y Cuyaguajeje, que aportaron una serie de observaciones de 29 y 16 años respectivamente, pero actualmente están cerradas. Existen cinco pluviógrafos que, en la actualidad están sin funcionar por ser equipos obsoletos, pero de ellos se cuenta con datos de observación continua de un promedio de entre 20 y 30 años. Mediante un proyecto de la Universidad Agraria de la Habana fueron instalados 3 pluviómetros digitales y 19 pluviómetros standard D-8, estos últimos han estado funcionando y proporcionando información desde la década del 60. Además de los materiales de archivo que se han mencionado se utilizaron las bases de datos de lluvia, evaporación y escurrimiento de las estaciones hidrométricas del territorio. También se utilizaron dichos materiales para la actualización de las bases de datos, así como, otras que no existen en formato digital.

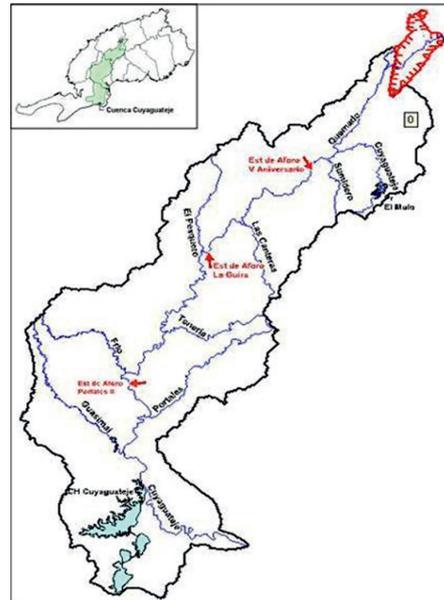


Figura 1. Esquema de la Cuenca Hidrográfica Cuyaguajeje.

Tabla 1. Características Hidrográficas de los Principales Cierres

No	Ríos	Cierres	Coordenadas		A Km <sup>2</sup>	L Km	Ic mts	Hm mts	YL %	YI %
			Norte	Este						
1	Cuyaguajeje	CH El Mulo	292.67	205.95	10.0	7.0	400	212	2.19	140
2	Cuyaguajeje	EH V Aniversario	294.30	199.30	156.0	20.8	561	178	4.6	145
3	Cuyaguajeje	EA La Güira	285.20	189.20	284.0	41.3	686	183	2.8	180
4	Cuyaguajeje	EA Portales II	271.05	182.60	526.0	71.5	882	156	2.1	169
5	Cuyaguajeje	CH Cuyaguajeje	259.99	183.21	79.2	14.6	460	22	1.7	15
6	Cuyaguajeje	Derivadora	259.80	183.50	723.0	91.0	612	124	1.3	136
7	Cuyaguajeje	Desembocadura	253.75	193.34	899.7	121.6	650	112	1.1	122
8	Guasimal	Confluencia	263.62	181.32	98.0	24.1	540	48	4.72	67
9	Portales	Confluencia	267.49	183.82	61.8	26.0	462	110	7.60	164
10	Río Frio	Confluencia	272.25	181.54	63.3	18.6	516	112	7.52	169
11	El Pesquero	Confluencia	285.29	188.88	43.8	17.8	467	142	5.26	140
12	Las Canteras	Confluencia	288.10	193.02	39.7	12.8	503	134	12.1	207
13	Quemado	Confluencia	295.96	201.88	55.6	25.9	445	174	3.02	322

## Precipitaciones

El régimen de las precipitaciones en la zona estudiada está determinado por procesos sinópticos, por la actividad ciclónica y por la orografía del lugar:

En **primer** lugar, las distintas partes del territorio experimentan una acción desigual de los procesos atmosféricos, basados en el sistema general de circulación. En el invierno se propagan masas de aire frío continental que causan tiempos nublados con lluvias asociadas. En el verano la influencia de las altas presiones asociadas a sequías, y a partir de Mayo la entrada de masas húmedas que causan intensos chubascos y tormentas características de las bajas presiones.

En **segundo** lugar, la complicada estructura de la superficie terrestre, con un gran contraste de formas de relieve y alturas, ejerce una gran influencia en el proceso de formación e intensidad de las precipitaciones.

En **tercer** lugar, la influencia que ejerce sobre las precipitaciones el calentamiento irregular de las aguas que bañan las costas y la superficie de la tierra.

Para el cálculo de la lluvia media hiperanual, de la cuenca superficial, nos auxiliamos de la base de datos existente y mediante procesos estadísticos se depuró la misma para finalmente, confeccionar un mapa Isoyético (Figura 2), el cual nos sirvió para determinar la lluvia hiperanual de la cuenca total, que es de 1599 mm.

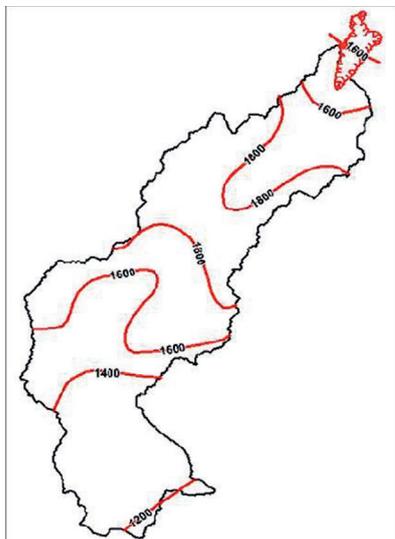


Figura 2. Mapa Isoyético de la Cuenca.

## Escurrecimiento Anual

Teniendo en cuenta que el valor del escurrimento medio anual en un período de muchos años (Norma) es una característica de la acuosidad del río, para la valoración analítica de esta variable, en el año 1982 fue realizado, a nivel de toda la Provincia de Pinar del Río, un trabajo que incluyó a todas las corrientes que cuentan con estaciones hidrométricas, y sus datos fueron procesados estadísticamente, elaborándose gráficos de relaciones entre los

diferentes elementos que intervienen en la formación del escurrimento, revelándose las leyes correspondientes entre los mismos. En este caso actualizamos los datos de las estaciones hidrométricas de la cuenca con los registros de archivo existentes.

Para el cálculo de los diferentes parámetros del escurrimento medio, en las corrientes donde no contábamos con observaciones hidrométricas, se utilizó el mapa de Isolíneas de la lámina de escurrimento hiperanual (Figura 3) que aparece en el trabajo "Norma y Variabilidad del Escurrimento en los Ríos de la Provincia de Pinar del Río" elaborado por el ingeniero Boris Gogolev, lográndose actualizar las Isolíneas que pasan por el interior de la cuenca con los datos existentes.

Las características del escurrimento anual para los diferentes cierres de cálculo se ofrecen en la tabla No. 2 que aparece a continuación.

Tabla 2. Características del Escurrimento Anual

No	Ríos y Arroyos	A	Qo	Wo	Mo	Yo	Cv
		Km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	Hm <sup>3</sup>	l/s.km <sup>2</sup>	mm	
1	CH El Mulo	10.0	0.22	7.0	22	700	0.47
2	EH V Aniversario	156.0	3.46	109.0	22.2	699	0.35
3	EA La Güira	284.0	6.78	213.9	23.9	753	0.39
4	EA Portales II	526.0	11.6	366.1	22.1	696	0.38
5	CH Cuyaguaje	79.2	0.65	20.6	8.2	260	0.62
6	Cuyaguaje (Der)	723.0	15.5	488.0	21.4	675	0.37
7	Cuyaguaje (Des)	899.7	18.1	570.0	20.1	633	0.36
8	Guasimal	98.0	1.14	35.8	11.6	365	0.57
9	Portales	61.8	1.31	41.4	21.2	670	0.47
10	Río Frio	63.3	1.08	34.1	17.1	539	0.51
11	El Pesquero	43.8	0.83	26.3	18.9	600	0.49
12	Canteras	39.7	0.96	30.2	24.2	762	0.45
13	Quemado	55.6	1.30	41.1	23.4	740	0.46

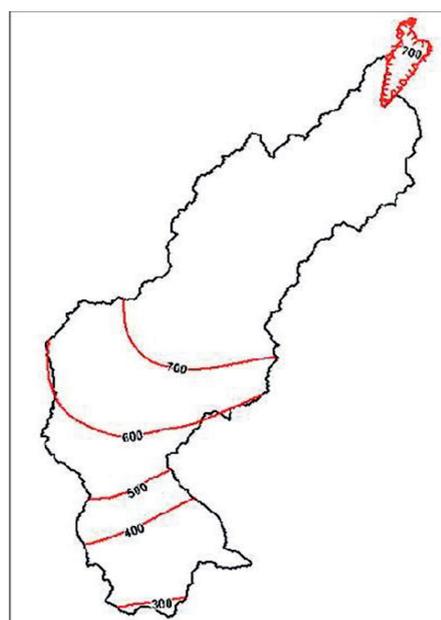


Figura 3. Mapa de isolíneas de escurrimento hiperanual de la cuenca.

## Gastos y volúmenes máximos

Las características y frecuencia de las avenidas en nuestros ríos están estrechamente relacionadas con las condiciones del clima tropical en nuestro país, los cuales se definen claramente con dos períodos; período húmedo y período seco, muy bien representados por su acuosidad. El período húmedo comienza en el mes de Mayo y se extiende hasta Noviembre, ocurriendo los valores de gastos máximos, asociados fundamentalmente a perturbaciones ciclónicas o bajas tropicales, que provocan intensas y abundantes lluvias.

En el período seco las avenidas son más escasas y raras veces alcanzan valores significativos en cuanto a gasto instantáneo, aunque excepcionalmente se presentan avenidas que pueden llegar a ser las máximas del año en muchas corrientes de la provincia, como por ejemplo: Abril de 1979.

En los casos de las tres estaciones hidrométricas que están en la cuenca, nos basamos para el cálculo de los gastos máximos, en el análisis estadístico de las observaciones hidrométricas con los valores actualizados.

Para los cierres hidrológicos donde no contamos con observaciones hidrométricas se utilizó la metodología elaborada por el ingeniero G. A. Alexeiev que se titula "Cálculo del Esguerrimiento Máximo basado en la Intensidad Extrema del Esguerrimiento y las Precipitaciones".

La metodología G. A. Alexeiev se recomienda que se debe aplicar en cuencas con áreas mayores de 30 Km<sup>2</sup>, en este caso, todas las analizadas estuvieron por encima de este rango con excepción del cierre de la presa El Mulo, donde se utilizó la metodología recomendada para cuencas pequeñas.

Tabla 3. Características del Esguerrimiento Máximo

No	Ríos y Arroyos	A	Mo	Gastos Máximos (m <sup>3</sup> /s)					Volúmenes Máximos (Hm <sup>3</sup> )				
		Km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s.km <sup>2</sup>	0.1%	0.5%	1%	5%	10%	0.1%	0.5%	1%	5%	10%
1	Cuyag. (El Mulo)	10.0	25.0	450	308	250	153	125	5.4	3.69	3	1.83	1.5
2	Cuyagueteje (EA)	156.0	3.96	1184	758	617	365	281	69.29	47.35	38.49	23.48	19.25
3	Cuyagueteje (EA)	284.0	3.04	1328	1000	864	562	438	124.46	85.05	69.14	42.18	34.57
4	Cuyagueteje (EA)	526.0	2.91	2219	1737	1533	1064	863	218.05	149	121.14	73.89	60.57
5	Cuyagueteje (Der)	723.0	2.65	2778	2171	1916	1330	1079	299.71	204.8	166.51	101.57	83.25
6	Cuyagueteje (CH)	79.2	3.20	455	311	253	154	127	28.14	19.23	15.63	9.54	7.82
7	Cuyagueteje (Des)	899.7	2.30	3000	2344	2069	1436	1165	319.68	218.45	177.6	108.34	88.8
8	Guasimal	98.0	6.10	1076	736	598	365	299	40.62	27.76	22.57	13.77	11.28
9	Portales	61.8	7.80	868	593	482	294	241	27.45	18.76	15.25	9.3	7.62
10	Río Frio	63.3	11.0	1253	856	696	425	348	28.11	19.21	15.62	9.53	7.81
11	El Pesquero	43.8	9.82	774	529	430	262	215	19.45	13.29	10.81	6.59	5.4
12	Las Canteras	39.7	10.1	720	492	400	244	200	17.63	12.05	9.8	5.98	4.9
13	Quemado	55.6	7.90	790	540	439	268	220	24.69	16.87	13.72	8.37	6.86

En la Figura 4 se ofrece un hidrógrafo modelo para diferentes probabilidades de la Estación Hidrométrica Portales II.

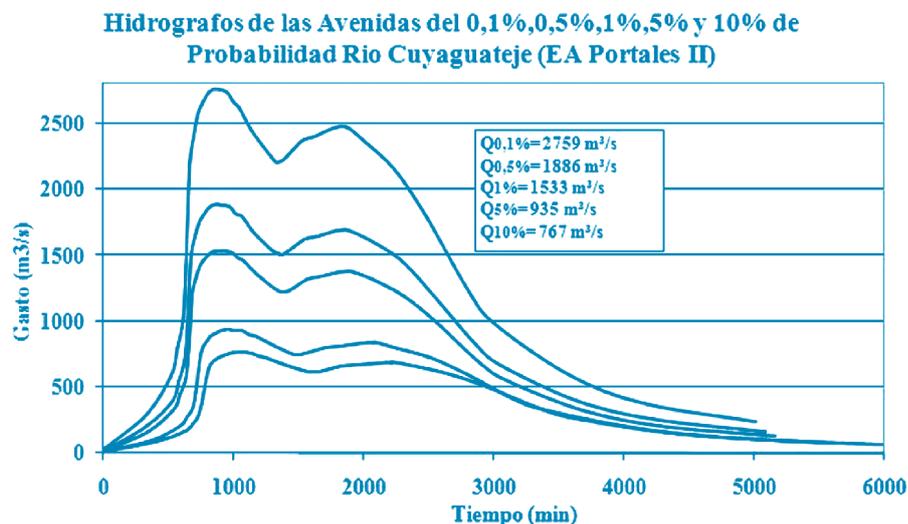


Figura 4. Hidrógrafo Modelo de la Estación Hidrométrica Portales II.



## Características Físicoquímicas de las Aguas Superficiales

La cuenca del río Cuyaguatete posee 16 estaciones de monitoreo de la calidad del agua operadas por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) y presenta 8 focos contaminantes importantes. Esta cuenca ha sufrido modificaciones propias del desarrollo, tanto del agrícola como del industrial, principalmente en la zona llana y los valles intramontanos. Desde el punto de vista hidráulico no ha sufrido muchas alteraciones.

El Cuyaguatete se considera de baja salinidad, ya que, el valor de los cloruros y de las sales solubles totales observado en las tres estaciones (que se encuentran ubicadas a lo largo del mismo para controlar su calidad) así lo demuestran. Oscilan los primeros entre 10 y 17 mg/l y las SST entre 98 y 409 mg/l. Los iones predominantes en estas aguas son los Bicarbonatos y el Calcio, por lo que, una clasificación hidroquímica las daría como Bicarbonatadas-Cálcicas y de baja mineralización.

A pesar de que actualmente no se realiza el muestreo hidroquímico en las tres estaciones antes mencionadas, se ha seguido este proceso en los puntos de la Red Cal y los valores no han tenido variaciones significativas.

## Potencial Hídrico Superficial de la Cuenca Cuyaguatete

En estudios anteriores aparecía la cuenca del Cuyaguatete con una extensión total de 723 km<sup>2</sup>, un volumen hiperanual de 422 Hm<sup>3</sup> y el correspondiente gasto medio de 13.4 m<sup>3</sup>/s (Marrero, J 1983).

Como se explicó anteriormente, se precisó el partearguas de la cuenca total, resultando un valor calculado de 899.7 km<sup>2</sup>, con un gasto medio hiperanual de 18.1 m<sup>3</sup>/s, y un correspondiente volumen medio hiperanual de 570 hm<sup>3</sup>. Su Potencial Hídrico actual es el siguiente.

Potencial Hídrico Total de la cuenca .....	570 Hm <sup>3</sup>
Potencial Hídrico Disponible .....	68.83 Hm <sup>3</sup>
Potencial Hídrico Aprovechable .....	399 Hm <sup>3</sup>
Potencial Hídrico Regulado .....	68.83 Hm <sup>3</sup>
Potencial Hídrico No Regulado .....	330.2 Hm <sup>3</sup>

## CONCLUSIONES

1. Se realizó la actualización del Potencial Hídrico Superficial de la cuenca Cuyaguatete.
2. En la determinación de los diferentes resultados de lluvia y escurrimiento, de toda el área mencionada, se actualizaron los mapas de Isolíneas teniendo en cuenta las bases de datos de nuestro archivo (ya actualizadas) y con la aplicación de métodos estadísticos recomendados.
3. Anteriormente no se contaba con mapas topográficos a escala 1: 25000 de forma digital, por tanto, los cálculos no tenían la confiabilidad que han adquirido en la actualidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Marrero, J. (1983). Esquema Regional Precisado de la Provincia de Pinar del Río.
- Gogolev, B. (1982). Distribución de las Precipitaciones en la parte Occidental de la República de Cuba, en los límites de la Provincia de Pinar del Río.
- Gogolev, B. (1982). Norma y Variabilidad del Escurrimiento Anual de los Ríos de la Provincia de Pinar del Río.
- Alexeev, G.A.; Riazanov, V.S. (1973). Cálculo del Escurrimiento Máximo Basado en la Intensidad Extrema y las Precipitaciones.
- Batista, J. L. (1984). Cálculo del Gasto Máximo en Cuencas Pequeña. Voluntad Hidráulica No 63.
- GEARH (2004) Los Recursos Hidráulicos en Cuba. 

# “COMPORTAMIENTO DE LA ACTIVIDAD ALFA Y BETA TOTALES EN AGUAS DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY”<sup>1</sup>

## RESUMEN

En el trabajo se realizaron mediciones de la Actividad Alfa y Beta totales a 40 muestras de agua de distintos lugares de la provincia de Camagüey, Cuba, con ayuda del Radiómetro de bajo fondo TESLA NA 6201, donde se utilizaron los patrones de <sup>241</sup>Am con límite de detección de 0,03 Bq para medir la actividad Alfa total y <sup>40</sup>K con límite de detección de 0,18 Bq para medir la actividad Beta total. De los resultados obtenidos se puede concluir que los valores de actividad alfa y beta totales no sobrepasan los límites normados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (0,1 Bq/L para la actividad Alfa total y 1 Bq/L para la actividad Beta total para agua potable). Por lo que las aguas están aptas para el consumo desde el punto de vista radiológico.

**Palabras claves:** Agua, Protección Radiológica, Actividad Alfa y Beta totales.

## ABSTRACT

Gross alpha and beta activities of 40 water samples from different sites of interest of Camaguey Province, Cuba, were measured, with the help of the low level alpha – beta Radiometer TESLA NA 6201. A detection limit of 0.03 Bq for gross alpha activity was achieved, using a <sup>241</sup>Am standard, while this value was of 0.18 Bq for gross beta activity, using a <sup>40</sup>K standard. The results show that gross alpha and beta activities of water samples are below the limits for drinking water set by the World Health Organization (WHO): 0.1 Bq/L for gross alpha activity, and 1 Bq/L for gross beta activity. It is concluded that the monitored water sources are safe from the radiological point of view.

**Key Words:** Water, Radiological Protection, Gross alpha and beta activities.

## 1. INTRODUCCIÓN

La exposición natural del hombre a las radiaciones ionizantes se debe a dos fuentes fundamentales: la radiación cósmica y la terrestre. Esta última está determinada por la presencia de radionúclidos naturales en el aire, los alimentos y el agua. De ahí que la calidad de las aguas es importante en estudios ambientales por su uso diario para el consumo humano y su habilidad de transportar contaminantes.

Según reportes de UNSCEAR [1], el agua de beber se considera que es un factor importante que puede aumentar la exposición natural de la humanidad a las radiaciones ionizantes. La incidencia de radionúclidos naturales en agua de beber plantea un problema de peligro para la salud, cuando estos radionúclidos son llevados al cuerpo por la ingestión de agua. Varios radionúclidos naturales emisores Alfa y Beta provenientes del <sup>238</sup>U, <sup>226</sup>Ra, <sup>222</sup>Ra, <sup>216</sup>Pb, <sup>228</sup>Ra y otros están frecuentemente disueltos en abastecimientos de agua domésticos



<sup>1</sup> O. Fabelo<sup>1</sup>, A. Montalván<sup>1</sup>, O. Brígido<sup>1</sup>, O. González<sup>1</sup>, E. Veitía<sup>1</sup>, L. Cabrera<sup>1</sup>, M. Guerra<sup>1</sup>. <sup>1</sup>Centro de Ingeniería Ambiental de Camagüey (CIAC), Avenida Finlay km 2.5, Rpto Puerto Príncipe, Camagüey, Cuba. fabelo@ciac.cu

y sus concentraciones difieren en un rango sumamente ancho, principalmente dependientes en la cantidad de radionucleidos presentes en los lechos de roca, los cuales ensucian el agua al ella ponerse en contacto con éstos [2].

Es saludable destacar que la contaminación con estos radionucleidos, así como también con los de uranio ocurra principalmente bajo tierra, ya que los suministros de agua se relacionan con las formaciones geológicas particulares de cada lugar [3]. La contribución del agua de beber para la exposición total es muy pequeña y ésta cobra mayormente importancia para el Uranio y la serie del Torio.

Los niveles de radionucleidos naturales en agua de beber pueden ser aumentados por un número de actividades humanas. Los radionucleidos del ciclo del combustible nuclear y producto de los tratamientos médicos y otros usos de materiales radiactivos pueden introducirse a través de los suministros de aguas de beber. Las contribuciones de estas fuentes están normalmente limitadas por el control regulador de las fuentes o prácticas, además del control fitosanitario que se le debe practicar a las fuentes de suministros de agua a la población.

Para los propósitos prácticos, las concentraciones de actividad recomendadas según la Organización Mundial de la Salud (OMS) son **0,1 Bq/L** para actividad Alfa total y **1Bq/L** para la actividad Beta total para agua de consumo [4]. Las recomendaciones no diferencian entre radionucleidos naturales y otros de origen antropogénicos. Por debajo de estos niveles permisivos de actividad total, el agua de beber es aceptable para el consumo humano y cualquier acción para reducir la radiactividad no es necesaria.

*El objetivo de este trabajo consiste en: "Evaluar la actividad Alfa y Beta totales en las aguas de distintos lugares de asentamientos poblacionales de la provincia de Camagüey-Cuba, de acuerdo con los estándares internacionales, para considerar si éstas están aptas para el consumo humano desde el punto de vista Radiológico"*

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Colección de las muestras

La provincia de Camagüey cuenta con una población de más de 700 mil habitantes, la cual se caracteriza por tener terrenos llanos, De forma general los suelos de la provincia se componen de los siguientes agrupamientos de suelos:

- Ferríticos: 5.44 %
- Ferralíticos: 17.76 %
- Fersialíticos: 8.75 %
- Pardos: 33.22 %
- Húmicos: 3.95 %

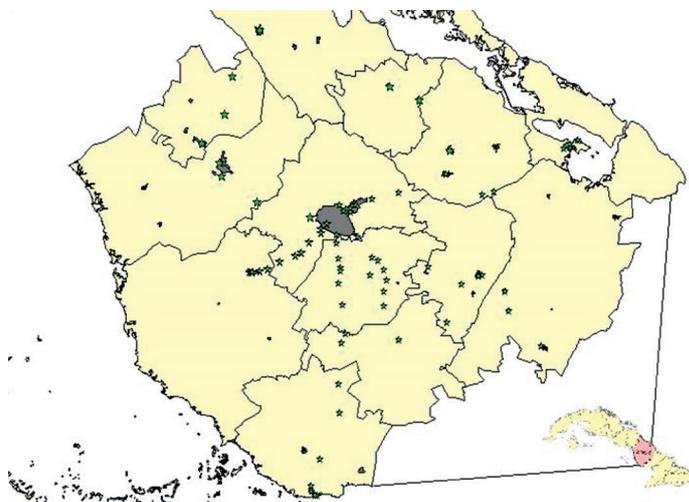
- Oscuros plásticos: 15.84 %
- Gley: 2.42 %
- Otros: 12.62 % (Pantanosos, Solonchak, Aluvial, Esqueléticos, Rendzinas, Solonets, etc)

Las muestras se tomaron, preferentemente, en pequeños asentamientos poblacionales a lo largo de las vías de accesos a los distintos municipios y en las cabeceras de éstos, ya sea de pozos o acueductos. Las actividades económicas de la provincia en lo fundamental son agrarias, ganaderas, así como, algunos territorios que presentan cierto grado de desarrollo industrial, como es el caso del municipio de Nuevitas y el municipio de Camagüey en lo fundamental.

### Preparación de la muestra

Las mediciones de la Actividad Alfa y Beta total fueron realizadas a 40 muestras de agua tomadas de distintos lugares de la provincia de Camagüey (Mapa.1). Todas las muestras fueron coleccionadas en envases de cristal de 1L, debidamente limpios. A continuación, las muestras fueron evaporadas en beakers de 1L y el residuo fue transferido a los platillos porta muestras con la misma geometría que debe usarse en el equipo de bajo fondo. Antes de ponerla en el equipo de medición se colocan en una estufa durante una hora a una temperatura de 105 °C y luego se pasa a medir.

Las mediciones se realizaron con ayuda del Radiómetro de bajo fondo con detector proporcional y sistema de anticoincidencia (TESLA NA 6201). Para medir la actividad alfa total se empleó un método relativo de medición con patrones de  $^{241}\text{Am}$ , el límite de detección alcanzado fue de 0,03 Bq y la eficiencia de detección de 0,21. Para medir la actividad beta total se empleó un método relativo de medición con patrones de  $^{40}\text{K}$ , el límite de detección alcanzado fue de 0,18 Bq y la eficiencia de detección de 0,24. El tiempo de medición usado fue de 3000 s para actividades totales Alfa y Beta.



Mapa.1 Sitios de muestreos (estrellitas en verdes)

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las mediciones de las concentraciones de actividad Alfa y Beta totales realizadas se muestran en la tabla No.1.

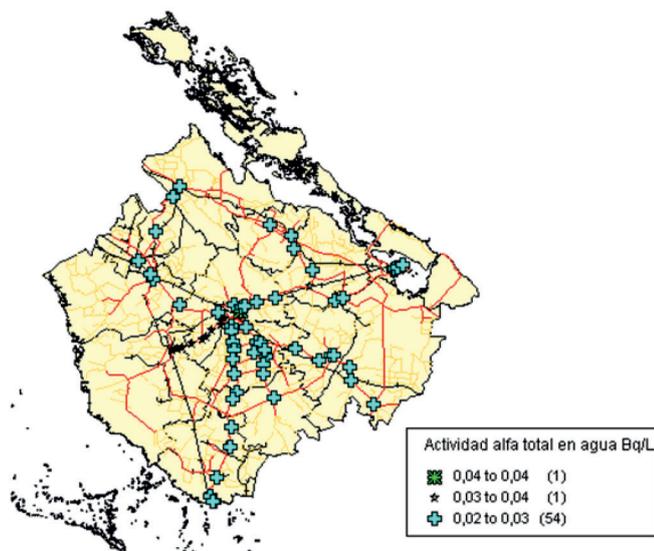
**Tabla No.1.** Comportamiento de las actividades alfa y beta totales en los sitios de muestreo.

SITIOS DE MUESTREO	ACTIVIDAD ALFA TOTAL Bq/L	ACTIVIDAD BETA TOTAL Bq/L
Fábrica de cerveza Tímina	< LD	< LD
Reparto Lénin del municipio Camagüey	0,04 ± 0,01	< LD
Fuente de abasto de agua Peña Azul	< LD	< LD
Aeropuerto nacional Ignacio Agramonte	< LD	< LD
Arroyón	< LD	< LD
Altagracia	< LD	0,21 ± 0,05
Minas	0,03 ± 0,01	0,24 ± 0,05
Redención-Las Piedras	< LD	< LD
Entronque de Lugareño	< LD	< LD
Potabilizadora de agua de Nuevitas	< LD	0,22 ± 0,05
Fábrica de Fertilizantes de Nuevitas	< LD	0,20 ± 0,05
Termoeléctrica de Nuevitas	< LD	0,27 ± 0,05
Puerto de Nuevitas	< LD	< LD
Punto de recogida para la zona oriental	< LD	< LD
Vidó-Carretera Central #55	< LD	< LD
Jimbambay	< LD	< LD
La Norma-Carretera Central	< LD	< LD
El Zanjón-Sibanicú	< LD	< LD
Sibanicú-Carretera Central	< LD	< LD
Casorro	< LD	< LD
Fábrica de Queso-Sibanicú	< LD	0,58 ± 0,06
Planta potabilizadora de agua de Guaimaro	< LD	0,84 ± 0,07
Carretera Florida central oeste km 6.5 Villa Julita.	< LD	0,53 ± 0,06
San Blas	< LD	0,43 ± 0,06
Fábrica de Sorbitol-Florida	< LD	0,64 ± 0,07
Hotel de Florida-Rodeo	< LD	0,54 ± 0,07
Céspedes	< LD	0,69 ± 0,07
Maragabomba	< LD	0,62 ± 0,07
Mamanantuabo	< LD	0,70 ± 0,07
Esmeralda	< LD	0,54 ± 0,07
Filial	< LD	0,64 ± 0,07
Sola	< LD	0,60 ± 0,07
El Colorado	< LD	0,62 ± 0,07
Senado	< LD	0,64 ± 0,07
Jimaguayú	< LD	0,77 ± 0,07
Carretera Cubanacan km 5 1/2-La Majasera	< LD	0,66 ± 0,07
Tienda-Cubanacan, km 12 1/5-carretera Cubanacan	< LD	0,55 ± 0,07
Batalla de Guisa	< LD	0,59 ± 0,07
4-Caminos-Najasa	< LD	0,56 ± 0,07
Unidad Coco Peredo-Pueblo Mocho	< LD	0,74 ± 0,07

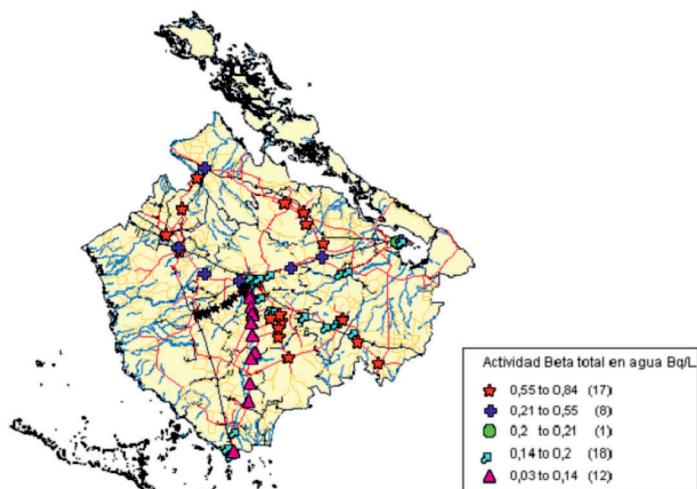
Nota: LD-Límite de detección.

De la Tabla No.1 se observa que las concentraciones de actividades totales Alfa y Beta para todas las muestras de aguas analizadas no sobrepasan los estándares internacionales recomendable por la OMS de **0,1 Bq/L** y **1 Bq/L** respectivamente.

En los Mapa.2 y Mapa.3 se muestra como se comportan las actividades Alfa y Beta totales respectivamente en la provincia.



Mapa.2



Mapa.3

En estudios realizados en el 2002 para la caracterización de la calidad del agua potable de la ciudad de Camagüey, se determinaron las concentraciones de  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$  y  $^{40}\text{K}$  en aguas de pozo y de acueducto. Llegándose a la conclusión que estos valores no superan las concentraciones máximas permisibles en agua de consumo, según la norma del Comité Nacional de Protección Radiológica de los E.U. [5], por lo que ambos estudios se complementan.

## 4. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las normas establecidas por la OMS las aguas analizadas están aptas para el consumo humano desde el punto de vista radiológico.

## 5. REFERENCIAS

- [1] UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), 2000. Sources and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly, United Nations, New York, ANNEX B, Exposures from natural radiation sources, 2000.
- [2] Malanca, A., Repetti, M, Macedo, H.R. Gross alpha and beta-activities in surface and ground water of Rio Grando do Norte, Brazil. Appl. Radiat. Isot. 49 (7), 893–898, 1998.
- [3] Blanchard, R.L., Hahne, R.M., Kohn, B., McCurdy, D., Mellor, R.A., Moove, W.S., Sedlet, J., Whittaker, E. Radiological sampling and analytical methods for national primary drinking water regulation. Health Phys. 48, 587–600, 1985.
- [4] WHO. Guidelines for Drinking Water Quality. Second ed., Recommendations, vol. 1, World Health Organization, Geneva, Switzerland, pp. 114–121, 1993.
- [5] Montalván Estrada, A.; Brígido Flores, O.; Sanz Ramos, Z. y Caparrós Cubeña, Y. Radiactividad Natural en Agua Potable de Camagüey. Memorias del III Taller Nacional de Seguridad Radiológica. La Habana, 7, 2002
- [6] Brígido Flores, O., et al. Environmental Gamma Radiation Measurement on Province of Camagüey, Cuba. In: Proc. Int. Symp. NURT 1999, Havana, Cuba), 1999.
- [7] Davila Rangel, J.I., Lopez del Rio, H., Mireles, G.F., Torres, L.L.Q., Vilalba, M.L., Sujo, L.C., Cabrera, M.E.M., Radioactivity in bottled waters sold in Mexico. Appl. Radiat. Isot. 2002.
- [8] ITS. Institution of Turkish Standards. Annual Progress Report, 2001.
- [9] WHO. Guidelines for Drinking Water Quality. third ed., Radiological Quality of Drinking-Water, World Health Organization, Geneva, Switzerland., 2003.

# CONSIDERACIONES SOBRE EL USO DE AGUA DE MAR<sup>1</sup>

### RESUMEN

La escasez de agua se ha convertido en un problema acuciante en muchas ciudades costeras alrededor del mundo. La rápida urbanización, los problemas derivados del cambio climático, las soluciones tradicionales (trasvases, perforación de pozos, captación de la lluvia) y avanzadas (desalación) son insuficientes, de altos costos y no sustentables desde el punto de vista ambiental para satisfacer la creciente demanda de agua. Tecnologías como el uso de agua de mar para descarga de inodoros y otros usos, se están volviendo a retomar a pesar de los problemas que se han planteado en su contra, como son la corrosión de las instalaciones y la necesidad de un sistema de abasto dual. El uso de estas técnicas está cambiando los paradigmas existentes en el manejo de las aguas en el ambiente urbano.

**Palabras clave:** agua salada, ambientes urbanos, manejo de los recursos hidráulicos, sostenibilidad.

### INTRODUCCIÓN

El llamado estrés hídrico, que se define como el consumo que supera el 10 % del agua dulce renovable, ya afecta a la tercera parte de la población mundial. De continuar con el ritmo actual, dos de cada tres personas, en los próximos 25 años, tendrán dificultades para proveerse de agua en cantidades y con la calidad suficiente. Es ya una realidad que la disminución de los recursos mundiales del agua dulce es un problema dominante durante en este siglo (CIH-UNESCO-IHE (2010)).

### SITUACIÓN PROBLÉMICA

La República de Cuba es un archipiélago formado por la Isla de Cuba, la Isla de la Juventud y unas 1600 isletas. Está situada en el Mar Caribe a la entrada del Golfo de México y constituye la porción más occidental de las Antillas Mayores. La superficie total es de 110 860 km<sup>2</sup>.

Debido a su situación geográfica, topografía y carácter insular, Cuba es particularmente vulnerable a los efectos del cambio climático donde la escasez de agua es uno de los factores más importantes que afectan y limitan el acceso de la población a un agua segura y a un suministro continuo, arriesgándose no sólo las necesidades humanas básicas (como una higiene apropiada), las actividades económicas (el turismo) sino también el sector de producción de alimentos (como la agroindustria y la agricultura considerados entre los mayores consumidores).

<sup>1</sup> Dr. C. Carlos M. López-Vázquez. Dpto. de Aguas Sanitarias Urbanas. UNESCO-IHE, Delft, Holanda. email: c.lopezvazquez@unesco-ihe.nl | Damir Brjanovic. Dpto. de Aguas Sanitarias Urbanas. UNESCO-IHE, Delft, Holanda. email: d.brjanovic@unesco-ihe.nl | Christine M. Hooijmans. Dpto. de Recursos Ambientales. UNESCO-IHE, Delft, Holanda. email: hooijmans@unesco-ihe.nl | Orestes A. González Díaz. Centro de Investigaciones Hidráulicas, CUJAE. email: orestes@cih.cujae.edu.cu

Como consecuencia de la escasez de agua y a pesar de que el 93 % de la población está servida por fuentes de agua potable (98 % en las áreas urbanas y 82 % en las regiones rurales), el tiempo y acceso al servicio son variables y por consiguiente el 79 % de la población tiene acceso a un suministro de agua intermitente (con un promedio de 12 horas por día) lo cual no cumple con las normas correspondientes para el uso y el consumo humano directo.

Especial atención merece la red de suministro de agua obsoleta (80 % de los conductos principales de distribución tienen más de 40 años). Así, mientras la dotación media en Cuba se estima en aproximadamente 604 litros por persona y día, alrededor del 55 % se pierde por fugas en el sistema de distribución. En el sector del turismo, una actividad económica importante en la última década, un consumo de agua de hasta 1000 L/día por turista es aplicado en la práctica.

Además, las reducidas precipitaciones y la limitada capacidad de almacenamiento de agua (como consecuencia de los rasgos topográficos de la isla) hacen los recursos de agua de Cuba susceptibles a la intrusión salina, un problema creciente debido a la sobreexplotación de las fuentes de agua subterránea (CIH-UNESCO-IHE (2010)).

Por otro lado, el tratamiento de las aguas residuales está bastante limitado en Cuba; mientras la captación de las aguas residuales alcanza el 98 %, sólo 19 % de las aguas residuales generadas recibe cierto grado de tratamiento siendo descargadas directamente en cuerpos de agua superficiales afectando severamente los recursos de agua frescos primarios (por ejemplo la potencial interacción hidráulica entre el río Almendares y el acuífero de Vento que sirven como una conexión hidráulica potencial para el suministro primario de la Ciudad de La Habana) (CIH-UNESCO-IHE (2010)).

En conjunto, los problemas de escasez de agua en Cuba están severamente afectados por:

- La falta de fuentes de agua alternativas con la cantidad y la calidad adecuadas para satisfacer la demanda creciente para el consumo humano y las actividades productivas.
- La red de suministro de agua obsoleta e ineficaz.
- Falta de sistemas de tratamiento apropiado para las aguas residuales que limitan cualquier posible reuso.

Todas las acciones que se tomen con el objetivo de mitigar los efectos del cambio climático sobre la disponibilidad de agua en Cuba van a estar dirigidas hacia tres grupos o sectores.

- El sector urbano.
- El turismo.
- Tratamiento de las aguas residuales municipales e industriales. Reuso agrícola.

Los grupos-objetivo mencionados pertenecen a los sectores cubanos estratégicos con un impacto importante en la población cubana y las actividades productivas. Así, los beneficios potenciales alcanzarán un amplio número de las personas comprendidas entre:

- La población urbana,
- La población rural (los agricultores)
- El sector de la industria alimentaria.
- El sector del turismo.

Para lograr que todos estos grupos de personas disfruten de tales beneficios hay que asegurar la continuidad de las actividades apuntando a reducir la demanda de agua y cubrir la escasez de ésta, para lo cual es necesario implementar tecnologías y prácticas innovadoras en el manejo del agua (CIH-UNESCO-IHE (2010)).

## PRÁCTICAS INNOVADORAS

Las enormes reservas de agua de mar y aguas salobres de distintas procedencias, al mismo tiempo que las dificultades existentes ya en muchos países ante la escasez de agua dulce, han obligado a tomar en consideración las posibilidades de su uso. Actualmente existe un creciente interés por la realización de estudios y proyectos referentes al empleo de agua salada en sustitución del agua dulce.

Las aguas salinas (de mar y salobre) poseen el 96 % de las reservas de agua del mundo, siendo sólo el 4 % la correspondiente a agua fresca, de la cual sólo el 0.08 % puede ser alcanzable y utilizable. Sólo una pequeña cantidad de esta agua se usa para el consumo humano (2-3 litros de un consumo de agua de 600 a 1 000 litros por persona por día en los ambientes urbanos cubanos), el resto se usa para la conducción de los albañales (por ejemplo, las excretas).

El uso directo de agua de mar o salobre para la descarga del retrete, y otros usos, puede llevar a un uso de agua más eficaz reduciendo la demanda para el agua potable. El pionero en la demostración innovadora del uso de agua de mar en la higienización urbana es Hong Kong (CIH-UNESCO-IHE (2010)).

### *Sistemas de tratamiento para el agua de mar*

A continuación, se presentan, de forma resumida, las diferentes técnicas usadas para la desalación de agua de mar y sus costos asociados.

### *Procesos térmicos*

• Destilación rápida de varias etapas (MSF). Abarca el 4 % del total de la desalación a nivel mundial. En la figura 1 se muestra un esquema del flujo tecnológico de esta técnica.

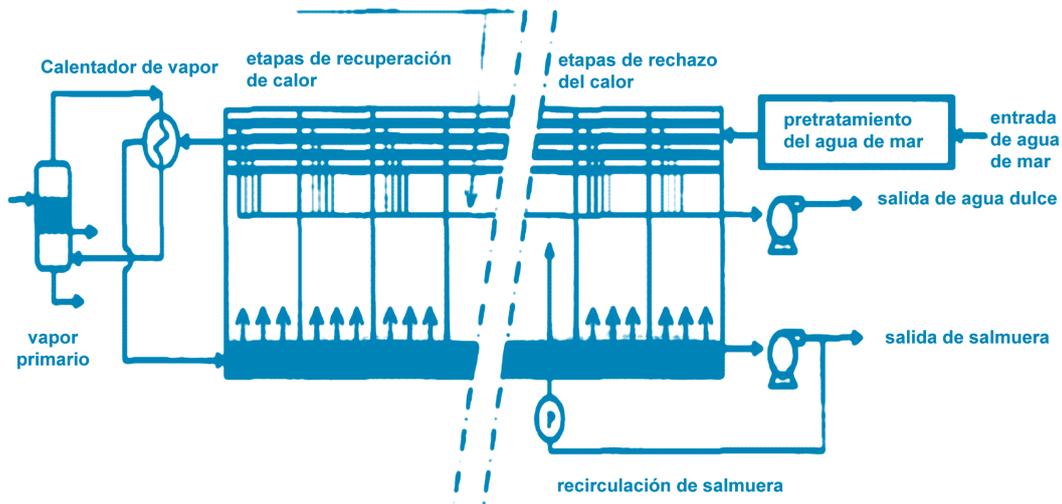


Figura 1. Principio de funcionamiento del MSF. (fuente: Van der Bruggen and Vandecasteele 2002)

- Destilación de efecto múltiple (MED). Abarca el 44 % del total de la desalación a nivel

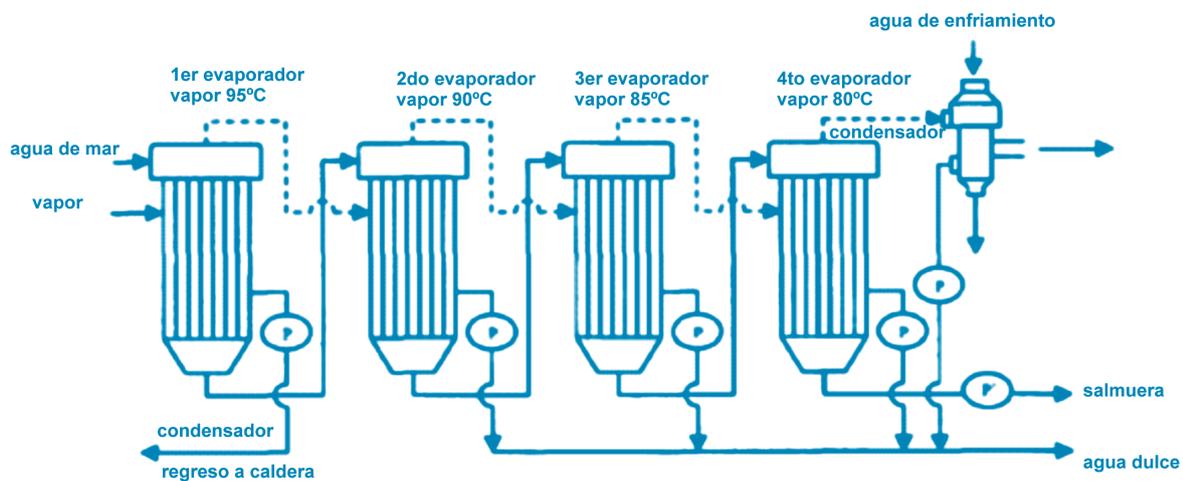


Figura 2. Principio de funcionamiento del MED. (fuente: Van der Bruggen and Vandecasteele 2002)

## Procesos de membrana

Aquí la ósmosis inversa (RO) ha despuntado como la tecnología más adecuada desde el punto de vista de los costos asociados al proceso. Abarca el 42 % del total de la desalación a nivel mundial. En la figura 3 se muestra un esquema del flujo tecnológico de esta técnica.

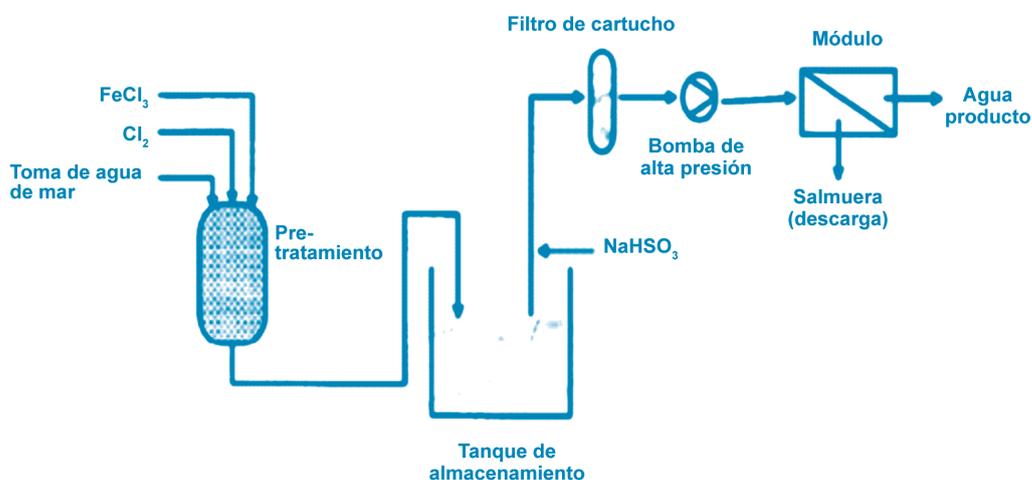


Figura 3. Principio de funcionamiento del MED. (fuente: Van der Bruggen and Vandecasteele 2002)

## ALTOS COSTOS ENERGÉTICOS Y DE OPERACIÓN

La desalación de agua de mar y salobre es un proceso de uso intensivo de la energía en cualquiera de sus modalidades. Este uso se ha estimado entre 1,8-2,0, 2,0-3,5 y 3,5-4 kWh/m<sup>3</sup> para MED, MSF, y RO respectivamente (IWACO 2000). Recientes trabajos de investigación se han llevado a cabo para reducir estos requerimientos energéticos y de operación brindando los siguientes valores de costo: 0,76-1,56 euro/m<sup>3</sup> y 0,42-0,81 euro/m<sup>3</sup> para plantas medianas y grandes, para sistemas usando MED (12000-55000 m<sup>3</sup>/día) y sistemas MSF (23000-528000 m<sup>3</sup>/día) respectivamente (Karagiannis and Soldatos 2008).

Por su parte, para sistemas de mediana capacidad usando RO (15000 a 60000 m<sup>3</sup>/día), se han obtenido costos tan bajos como 0,38-1,30 euro/m<sup>3</sup> cuando se trata agua de mar y entre 0,21-0,43/m<sup>3</sup> para agua salobre (Karagiannis and Soldatos 2008). Otras tecnologías como la destilación, la congelación y la evaporación solar han sido vistas como técnicas prometedoras, pero desafortunadamente no han tenido los éxitos comerciales de MSF, MD y

RO debido a elevados costos de operación (Mathioulakis et al. 2007) o como en el caso de la desalación por energía solar por la gran área requerida (Khawaji et al. 2008). De acuerdo con reportes internacionales el mercado de la desalación mueve anualmente alrededor de 35 mil millones de dólares (USD) y promete duplicarse en los próximos 15 años (SEMIDE/EMWIS 2009).

A pesar de la reducción de los costos, la desalación sigue siendo una opción cara e ineficiente si se compara con los costos asociados al tratamiento para potabilizar aguas superficiales, los cuales han sido estimados en 0,18 euro/m<sup>3</sup> (Costa and de Pinho 2006).

## USO DE AGUA DE MAR COMO AGUA DE SEGUNDA CALIDAD EN EL CICLO URBANO DEL AGUA

La problemática planteada anteriormente hace que se valore la posibilidad del uso de agua de mar de forma directa en actividades domésticas que no incluyan el contacto directo (baño, cocción de alimentos, etc.).

Tabla 1. Distribución del consumo de agua en hogares

Fuente: Acuña y León, 2001 citado por Moreno (2004)	Fuente: Agua de Hermosillo, 2002 citado por Moreno (2004)	Fuente: Woodwell, 1995 citado por Moreno (2004)
30 % baño	40 % regaderas	28 % sanitarios
26 % sanitario	30 % sanitarios	21 % regaderas
8 % lavamanos	15 % lavadoras	5 % lavamanos
20 % lavadora	6 % lavado de trastes	22 % lavadora
5 % cooler	5 % beber y cocinar	12 % grifos
8 % lavatrastes	4 % otros aspectos	9 % baños
3 % riego de plantas		3 % lavavajillas

La tabla 1 (Moreno 2004) muestra la distribución de consumos dentro de una vivienda, resaltándose el alto tanto por ciento que en todos los casos y de acuerdo a la fuente se usa para su uso en aspectos sanitarios.

Si se tiene en cuenta que un ser humano consume directamente 2 o 3 litros de agua por día, esto da una medida de que una considerable porción del agua potable de alta calidad que usamos (30-40 litros/persona/día para la descarga de inodoros) es usada para el acarreo de los residuales producidos (López-Vázquez et al. 2010). Si sólo en la actividad de descargar los inodoros se usara el agua de mar en las zonas donde los análisis beneficio-costo-efecto lo permitieran se ahorraría una cantidad considerable del agua potable fresca y de alta calidad.

### Ventajas:

- En la descarga de inodoros no hay contacto directo del agua con el ser humano.
- El agua de mar es fácilmente accesible para las zonas costeras y su volumen puede considerarse infinito.
- Problemas asociados a la corrosión, así como al tratamiento de las aguas residuales producidas están siendo estudiados y ya existen soluciones factibles.

### Desventajas:

- Problemas de corrosión.
- Necesidad de una red dual para el abasto a las instalaciones.
- Cambios que deben operarse en las concepciones actuales de abasto y saneamiento.

## EL CASO CUBANO

Como se ha comentado anteriormente, la variabilidad de las precipitaciones, unida a la elevada cantidad de fugas en las redes, hacen que el caso cubano sea elegible para realizar estudios sobre el uso de aguas de segunda calidad en la descarga de inodoros.

La tabla 2 muestra la distribución de la población cubana por provincias en ciudades costeras.

Tabla 2. Distribución de la población cubana en las principales zonas costeras

#	Nombre	Adm.	Censo 2010
1	La Habana	HAB	2 135 498
2	Santiago de Cuba	SAN	425 851
3	Guantánamo	GUA	207 857
4	Cienfuegos	CIE	144 207
5	Matanzas	MAT	132 665
6	Población total en las principales zonas costeras		3 046 078

Población total en zonas costeras considerando el resto de las ciudades: 3 631 377 habitantes (32,3 % del total) más 1 millón de turistas/año (cifra conservadora) que utiliza el turismo de playa.

En la figura 4 pueden observarse las potencialidades para el uso de esta tecnología en el sector turístico.



Figura 4. Mapa turístico de Cuba, los iconos destacan zonas con potencial.

### Consideración final

Aceptando que se pueda aplicar esta tecnología en el 20 % de la población descrita (926 275 habitantes) y tomando una dotación de 30 lppd para la descarga de inodoros (5 descargas diarias/persona), esto brindará un ahorro diario de 27 788 262 litros, equivalentes a 27 798 m<sup>3</sup>/día o 10 142 716 m<sup>3</sup> en un año, lo cual equivale al consumo de una población de 185 255 habitantes o el equivalente al abasto de 27 798 habitaciones en instalaciones turísticas (5 estrellas).

### CONCLUSIONES

- Como se puede observar las tecnologías más avanzadas para la desalación de agua son particularmente caras, (especialmente para países de bajos ingresos), no sustentables a mediano y largo plazo debido a las emisiones y a la disposición final del rechazo e ineficientes si se tiene en cuenta que sólo se obtiene entre un 10 y un 30 % de agua desalada en dependencia de la tecnología utilizada.

- El agua de mar y salobre es fácilmente asequible para las ciudades costeras y un recurso prácticamente infinito.
- Las prácticas clásicas del uso de agua potable para la descarga de inodoros pueden considerarse no sostenibles.
- Teniendo en cuenta los serios problemas que se están derivando de los efectos del cambio climático, en particular las sequías cíclicas, y por ende la vulnerabilidad del abasto de agua y el saneamiento a todas las escalas poblacionales se hace necesario el estudio e implementación a nivel piloto de tecnologías innovadoras para el manejo del agua en el ciclo urbano del agua.
- Disminuyendo la demanda de agua potable mediante el uso de técnicas alternativas, alentando el ahorro y el reuso de las aguas residuales se contribuirá a aumentar la disponibilidad de agua fresca.

## REFERENCIAS

- CIH-UNESCO-IHE (2010). "Adaptación al cambio climático y mitigación de la escasez de agua mediante el uso de técnicas novedosas de manejo de aguas en zonas urbanas". Proyecto presentado a la Unión Europea (inédito): EuropeAid/129886/L/ACT/CU DCI-ENV), Bélgica.
- Costa A. R. and de Pinho M. N. (2006). "Performance and cost estimation of nanofiltration for surface water treatment in drinking water production". *Desalination Journal*, Elsevier, Amsterdam, 196, 55-65.
- IWACO (2000). "Desalination techniques: state of the art and current developments. A challenging alternative for water supply in the 21st century". Technical-economic opportunity study. International Workshop on Aliasing Confinement and Ownership. Rotterdam, The Netherlands, September.
- Karagiannis I. C. and Soldatos P. G. (2008). "Water desalination cost literature: review and assessment". *Desalination Journal*, Elsevier, Amsterdam, 223:448-456.
- Khawaji A. D., Kutubkhanah I. K. and Wie J-M. (2008). "Advances in seawater desalination technologies". *Desalination Journal*, Elsevier, Amsterdam, 221:47-69.
- López-Vázquez C. M., Hooijmans, C. M., Guang-Hao C., van Loosdrecht M. C. and Brdjanovic D. (2010). "Use of saline water in sanitation: change of paradigm in water resources management in urban environments". *La Gestión Integrada del Recurso Hídrico Frente al Cambio Climático*, 1st Development Congress, November 15th-19th. Mexico, City, Mexico.
- Mathioulakis E., Belessiotis V. and Delyannis E. (2007). "Desalination by using alternative energy: review and state-of-the-art". *Desalination Journal*, Elsevier, Amsterdam, 203:346-365.
- Moreno, J.L. (2004). "Adaptación al cambio climático: un programa de cultura del agua en Hermosillo". México.D.F. Disponible en: [www.ine.gob.mx/climático/download/jlmoreno.pdf](http://www.ine.gob.mx/climático/download/jlmoreno.pdf). Consultado: Julio 2012.
- SEMIDE/EMWIS (2009) "Facts and figures about water and salinization/desalination". Euro-Mediterranean information system on know-how in the water sector. International portal. UNESCO water portal. September 5th.
- Van der Bruggen B. and Vandecasteele C. (2002). "Distillation vs. membrane filtration: overview of process evolutions in seawater desalination". *Desalination Journal*, Elsevier, Amsterdam, 143:207-218.

## SOBRE LOS AUTORES

1. Carlos M. López-Vázquez es Ingeniero Civil y MSc. (cum laude) en ciencias del agua por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del estado de México. En el 2009 se recibió como Dr. en Ciencias en Tecnologías Ambientales (cum laude) por la TU-Delft y el instituto UNESCO-IHE. Actualmente trabaja en el Dpto de Ingeniería Ambiental y Tecnología del agua del instituto UNESCO-IHE.
2. Damir Brdjanovic. Profesor Titular de Ingeniería Sanitaria, Dr. en Ciencias Técnicas. Ha desarrollado numerosas investigaciones y proyectos en el campo de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Desde octubre del 2011, es el jefe del Dpto de Ingeniería Ambiental y Tecnología del agua del instituto UNESCO-IHE.
3. Christine M. Hooijmans es conferencista en modelación de procesos tecnológicos ambientales en el tratamiento de aguas residuales. Tiene un máster en Ciencias ambientales por la Universidad Agrícola de Wageningen, y un doctorado en tecnologías de bioprocesos por la TU-Delft. Trabaja en el IHE desde 1991. Actualmente pertenece al Dpto de Ingeniería Ambiental y Tecnología del agua del instituto UNESCO-IHE.
4. Orestes A. González Díaz. Profesor Titular, Dr. En Ciencias Técnicas por la CUJAE (2000), Máster en Saneamiento Ambiental (1996) por la CUJAE, Diplomado en el IHE-Delft, Holanda en el año 1994. Actualmente imparte cursos y participa en investigaciones en temas de ingeniería sanitaria y ambiental en el Centro de Investigaciones Hidráulicas de la CUJAE. 

# Cubagua

## Habana 2017

Conocimiento  
y tecnología

La Habana, Cuba / 21-24 MARZO 2017

- EXPOSICIÓN DE TECNOLOGÍAS Y PRODUCTOS DEL AGUA
- XIII CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA
  - IX SEMINARIO DEL USO INTEGRAL DEL AGUA
- I TALLER DE GESTIÓN INTEGRADA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS  
(A 20 AÑOS DE LA CREACIÓN DE LOS CONSEJOS DE CUENCAS EN CUBA)
- II SIMPOSIO TÉCNICO-COMERCIAL

**CUBAGUA 2017** propiciará y brindará todas las facilidades para el intercambio de conocimientos, la difusión de información actualizada y la promoción de tecnologías y productos asociados al manejo y uso del Agua. Será el escenario adecuado y propicio para el más amplio intercambio técnico entre ejecutivos y especialistas del sector, así como para iniciar negociaciones con las empresas importadoras cubanas. Este evento internacional abre sus puertas a la exposición de conferencias sobre los últimos productos y tecnologías de avanzada, así como para el intercambio de conocimientos, experiencias y buenas prácticas en el sector del Agua. Esperamos contar con su valiosa participación en esta SEGUNDA EDICIÓN de CUBAGUA y tenga usted la seguridad que la misma será altamente apreciada por su contribución al éxito de este encuentro internacional.

### CUOTAS DE INSCRIPCIÓN

PONENTES 300.00 CUC | NO PONENTES 340.00 CUC  
ESTUDIANTES 80.00 CUC | ACOMPAÑANTES 120.00 CUC

**Ponentes y No Ponentes:** Inscripción oficial al evento, entrega de los materiales, Cóctel de bienvenida, Actividad de despedida, Visitas Técnicas, Directorio de participantes y Certificado de participación.

**Estudiantes:** (Deben presentar documento acreditativo de su Centro de Estudios Superiores de pregrado) Cóctel de Bienvenida, Actividad de despedida, Visitas Técnicas y Certificado de participación.

**Acompañante:** Cóctel de Bienvenida, actividad de despedida, recorrido por lugares atractivos de La Habana, Visitas Técnicas y Souvenir.

### SEDE DEL EVENTO

La Habana es la ciudad capital de la República de Cuba, oficialmente declarada Ciudad Maravilla del mundo moderno. Es la sede oficial de los órganos superiores legislativo, ejecutivo y judicial del Estado, de todos los organismos centrales y de casi la totalidad de empresas y asociaciones de ámbito nacional. Además, reúne la mayor cantidad de sucursales y casas matrices de las entidades extranjeras, radicadas en Cuba.

Es también conocida por el nombre fundacional de Villa de San Cristóbal de La Habana, así como por los sobrenombres de Llave del Nuevo Mundo y de Ciudad de las Columnas (por el escritor cubano Alejo Carpentier).

### ENVIAR LOS TRABAJOS A:

eventos@unaicc.co.cu | hidraulica2017@unaicc.co.cu



**TEMA CENTRAL**  
"DESAFÍOS DEL AGUA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO"

### PROGRAMA GENERAL

PROGRAMA GENERAL XIII CIIH, IX SIUIA				
	Lunes 20	Martes 21	Miércoles 22	Jueves 23
MAÑANA	Acreditación	Conferencias, congreso, seminario, taller, simposio y exposiciones de tecnologías y productos del agua		
TARDE	Apertura			
NOCHES	Gala de bienvenida	Libre		

### CONVOCATORIA

La Sociedad Nacional de Ingeniería Hidráulica de la UNAICC, el Colegio de Ingenieros Hidráulicos y la Universidad Autónoma Chapingo de México Invitan a la participación en el XIII Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica, el IX Seminario Internacional del Uso Integral del Agua y el I Taller de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas a 20 años de la creación de los Consejos de Cuencas en Cuba, que celebraremos de conjunto en La Habana, Cuba, del 21 al 24 de marzo de 2017, como parte de la Convención CUBAGUA 2017.

Convocamos nuevamente a investigadores, proyectistas, académicos y profesionales afines a la hidráulica a presentar sus trabajos y experiencias en el marco de un foro más racional y eficiente de este recurso.

Cuba les acogerá con su habitual hospitalidad para desarrollar jornadas de intercambio y colaboración.

Comité Organizador XIII Congreso de Ingeniería Hidráulica, IX Seminario del Uso Integral del Agua y el I Taller de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas

### REQUISITOS PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS

Los trabajos deberán ser enviados al Comité Organizador antes del 15 de febrero de 2017, en original y copia, impresos y en formato digital, escritos en hoja tamaño carta, máximo de 15 páginas, que incluirán el resumen, textos, planos, tablas, etc. Fuente: Arial 12, con espaciado simple en el texto. En la primera página del trabajo con un máximo de 200 palabras.

La primera y segunda páginas deberán tener en su parte superior, y centradas el nombre del Evento, título de la ponencia, nombre del autor, dirección de correo electrónico y los datos para su localización.

La aprobación de los trabajos será comunicada por el Comité Organizador antes del 20 de febrero de 2017.

# amiento ogía



IMÁTICO”

L

## y I TGICH

Viernes 24	Sábado 25
Conferencias, congreso, seminario, taller, simposio y exposiciones de tecnologías y productos del agua	Visitas técnicas
Clausura	

Instituto Nacional de Recursos  
es convocan al XIII Congreso  
al de Uso Integral del Agua y el  
de creación de los Consejos de  
Cuba, del 20 al 24 de Marzo de

icos y a todos los especialistas  
esta lucha por alcanzar un uso

nadas provechosas de fructífero

Seminario Internacional de Uso  
rográficas.

## DE LOS TRABAJOS

del 28 de octubre de 2016, en  
s en formato personal, con un  
tablas y gráficos, utilizando letra  
gina se pondrá un resumen del

con letras mayúsculas, negritas  
e del autor, institución a la que

izador antes del 5 de diciembre

## COMITÉ DE HONOR

MSc. Ing. Inés Chapman Waugh | Presidenta INRH  
MSc. Arq. Mercedes Elesther Savigne | Presidenta UNAICC  
Dr. Ing. Aridai Herrera | Presidente Comisión Técnica UPADI  
Dr. José Sergio Barrales Domínguez | Rector UACH, México

## COMITÉ ORGANIZADOR

### INRH

Ing. Abel Salas García | Presidente  
Ing. Ana Lydia Hernández González y  
MSc. Rosemaire Ricardo Batista | Coordinadoras Generales  
Ing. Rafael Rizo Caballero | Coordinador Logística  
Ing. Hilda Pileta Colón y Ing. Julia Echevarría Jiménez |  
Coordinadoras Feria y Simposio  
Dr.C. Jorge Mario García Fernández | Coordinador Taller

### Coordinadores Grupos:

GEIPI | Ing. Hildeliza Jiménez Ponce de León  
GEILH | Ing. Karen Leyva Félix  
GEARH | Ing. René Infante Maestre  
GEAAL | Ing. Caridad Lanier Díaz de Villegas

### SIH-UNAICC

Ing. Rafael Feitó Olivera | Presidente  
Ing. Amneris Carreras Rodríguez | Vice-Presidenta  
Ing. Pedro Luis García Pérez | Coordinador General  
Ing. Dolores Lahaba Estrada | Coordinadora Promoción  
Nacional  
Lic. Marta Hechavarría Castellanos | Coord. Promoción  
Internacional  
Arq. Neli Lorenzo Gómez | Coordinadora Logística  
Ing. Cecilia Santos Pérez | Coordinadora de Divulgación  
Ing. Maida Domínguez Rodríguez | Tesorera  
Ing. Lourdes Pérez Mesa | Coordinadora de Eventos  
Dr. Eduardo Arteaga Tovar | Coordinador en México

### COMITÉ TÉCNICO

Ing. Margarita Fontova de los Reyes | Presidenta  
MSc. Orlando Laiz Averhoff | Secretario

### MIEMBROS

Ing. Yoany Sánchez Cruz  
MSc. Osvaldo Gómez Mandina  
Dr. Prof. Ing. Norberto Marrero de León  
Dra. Esther Fabiola Bueno Sánchez  
Ing. Gertrudis Oliva Tablada  
Ing. Manuel D. Blanco Hernández

## TEMÁTICAS

### XIII Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica:

- Cambio climático y los Recursos Hídricos
- Abasto de agua y saneamiento ambiental
- Obras hidráulicas: economía, diseño y construcción
- Hidráulica fundamental e hidrodinámica
- Hidráulica fluvial y marítima
- Enseñanza de la Ingeniería
- Mantenimiento de obras hidráulicas
- Nuevas tecnologías aplicadas a la Ingeniería Hidráulica.

### IX Seminario Internacional del Uso Integral del Agua:

- Uso del agua en la agricultura
- Uso público y urbano
- Uso del agua en la industria y la energía
- Uso del agua en la piscicultura
- Uso del agua en la recreación y el turismo
- Agua y Salud
- Gestión Integral de los Recursos Hídricos.

Las Conferencias Magistrales, Mesas Redondas y Visitas Técnicas temáticas se anunciarán próximamente.

### I Taller de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas:

- Funcionamiento de los Consejos de Cuencas
- Plan de Uso del Agua en cuencas
- Planes de Ordenamiento Territorial en Cuencas Hidrográficas
- Gestión Sostenible de suelos, aguas y bosques
- Protección de la calidad del agua
- Disponibilidad de agua y el impacto del cambio climático
- Educación Ambiental.

Sede: Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba y su recinto ferial PABEXPO

E-mail: cubagua@hidro.cu | Web: <http://infoagua.hidro.cu>  
[www.congresohidraulicacuba.com](http://www.congresohidraulicacuba.com) | [www.unaicc.cu](http://www.unaicc.cu)

## ORGANIZADORES Y COAUSPICIADORES:



# SITUACIÓN HIDROLÓGICA

CIERRE: 20/06/2016

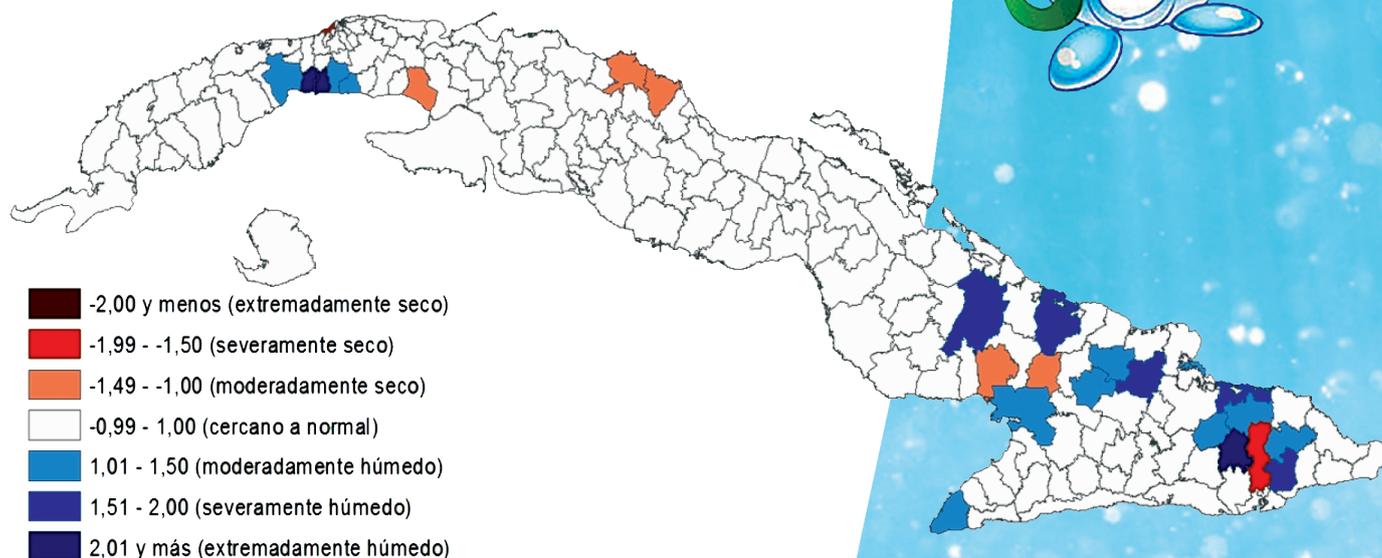
## SERVICIO HIDROLÓGICO Y DISPONIBILIDAD DIRECCIÓN DE USO RACIONAL DEL AGUA

voluntad  
HIDRAULICA

RESUMEN  
BOLETÍN HIDROLÓGICO

### PRECIPITACIÓN: MAYO - JUNIO

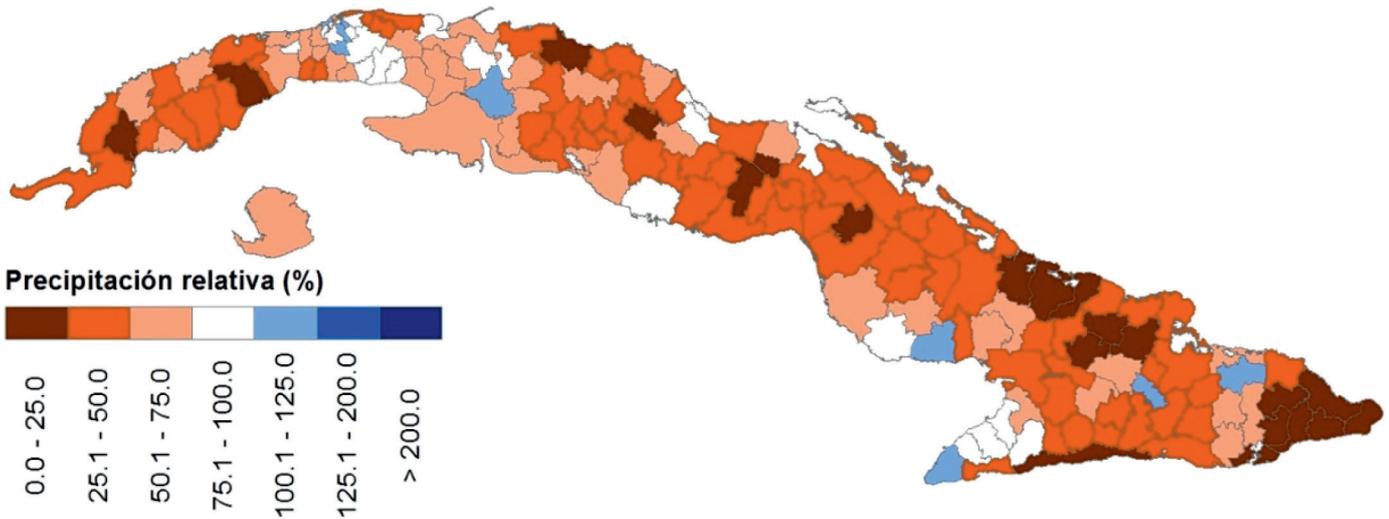
- Acumulado nacional: 373,0 mm o 102 % de la media histórica (366,4 mm)
- Occidente: 406,3 mm o 105 % de la media histórica (387,8 mm)
- Centro: 364,2 mm o 95 % de la media histórica (384,9 mm)
- Oriente: 354,3 mm o 108 % de la media histórica (326,6 mm)
- 8 municipios en categorías secas: 5 moderada, 2 severa y 1 extrema; y 19 municipios en categorías húmedas.



### PRECIPITACIÓN

- Acumulado nacional: 66,5 mm o 49 % de la media histórica (134,6 mm)
- Occidente: 96,7 mm o 57 % de la media histórica (171,0 mm)
- Centro: 62,1 mm o 46 % de la media histórica (136,3 mm)
- Oriente: 45,4 mm o 45 % de la media histórica (101,0 mm)
- Provincias menos beneficiadas: Guantánamo (25 %), S. Cuba (35 %) y P. Río (38 %)
- Provincias más beneficiadas: La Habana (82 %), Mayabeque (71 %), Matanzas (68 %)

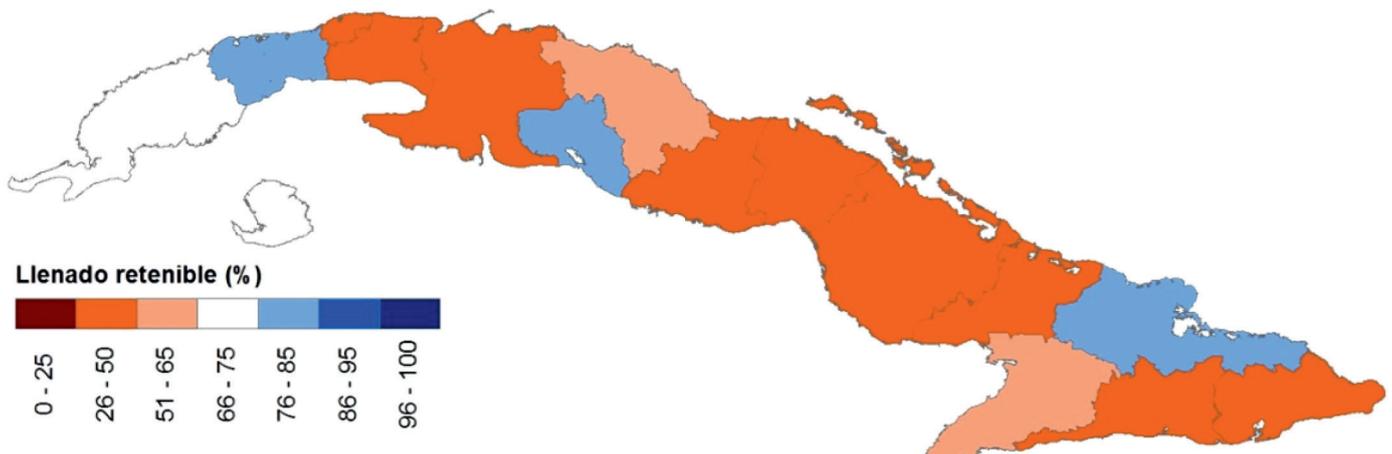
- 95 municipios con acumulados inferiores a 50 % de la media
- 21 municipios con acumulados inferiores a 25 % de la media
- 1 municipio sin lluvia (Manuel Támes, Gtmo.)



## EMBALSES

📍 Todos los usos

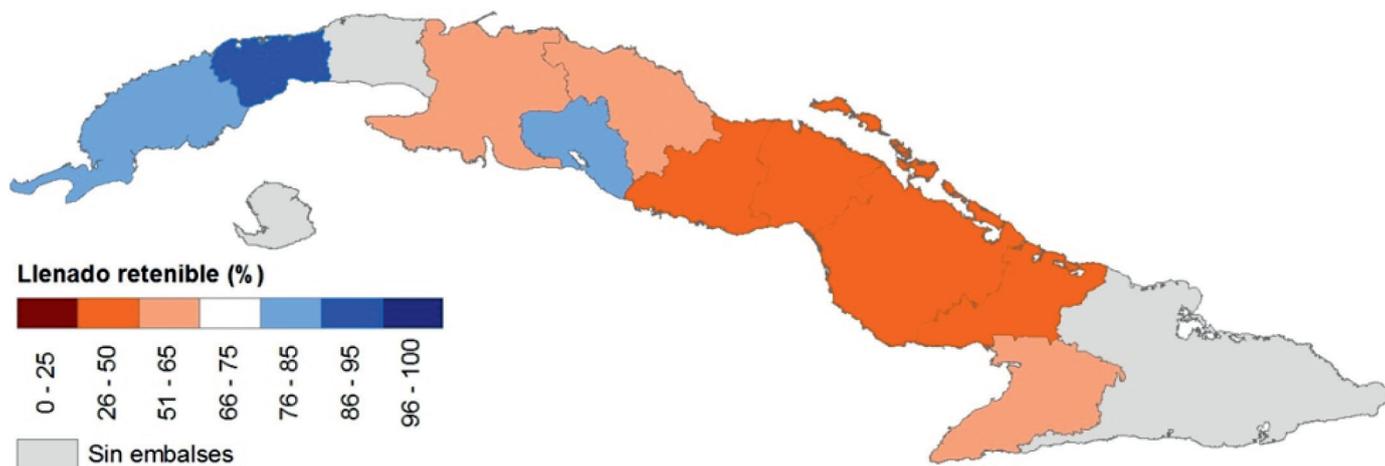
- Acumulado nacional: 4 825,75 hm<sup>3</sup> o 53 % de la capacidad (9 128,66 hm<sup>3</sup>)
- 59,13 hm<sup>3</sup> menos que al cierre de junio de 2016
- 457,50 hm<sup>3</sup> por debajo de la media para el mes de julio (5 283,25 hm<sup>3</sup>)
- 9 provincias con llenado inferior a 50 % y ninguna provincia con llenado inferior a 25 %
- Respecto al cierre de junio de 2016:
  - Descensos: 11 provincias; S. Spíritus (33,36 hm<sup>3</sup>), V. Clara (16,97 hm<sup>3</sup>), Camagüey (11,34 hm<sup>3</sup>)...
  - Incrementos: Pinar del Río (16,55 hm<sup>3</sup>), S. Cuba (4,06 hm<sup>3</sup>), Cienfuegos (1,74 hm<sup>3</sup>)...
- 106 embalses con llenado inferior al 50 % de la capacidad
- 51 embalses con llenado inferior al 25 % de la capacidad
- 12 embalses secos





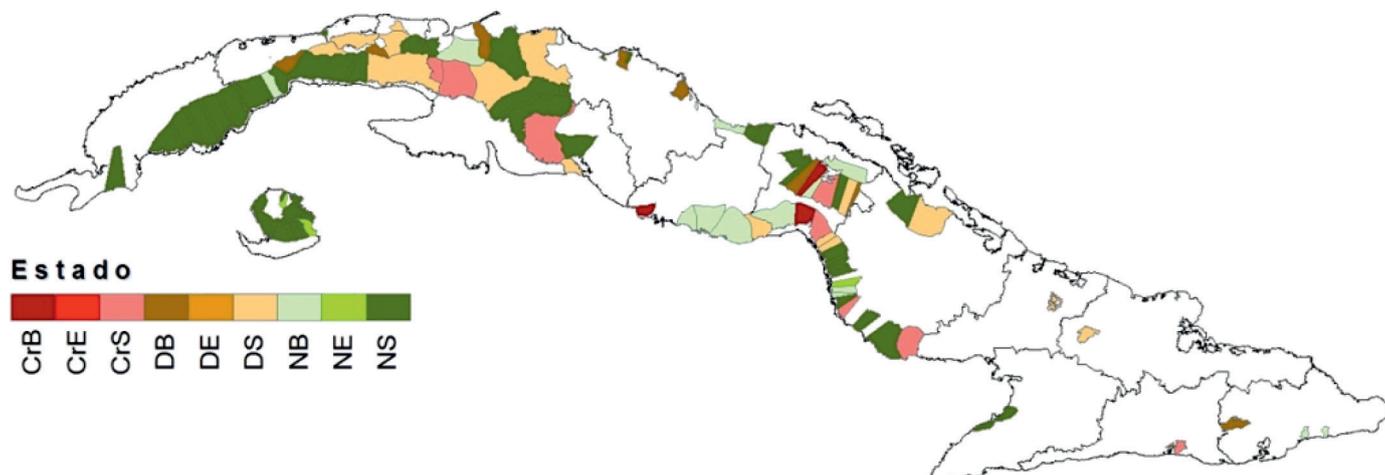
## Abasto al arroz:

- 2340,17 hm<sup>3</sup> o 51 % de la capacidad (4651,52 hm<sup>3</sup>) y 55,68 hm<sup>3</sup> menos
- 37 embalses con menos del 50 %.
- 19 embalses con menos de 25 %: Villa Clara (1), Cienfuegos (2), Sancti Spíritus (2), Ciego de Ávila (2), **Camagüey (10)**, Las Tunas (1) y Granma (1)
- 4 embalses secos: Anguila, Guanal 50, Misión 5 y Pastora



## AGUA SUBTERRÁNEA

- ☞ 100 cuencas subterráneas
- ☞ 26 en descenso, 4 estables y 70 en ascenso
- ☞ 64 en estado normal, 23 en estado desfavorable y 13 en estado crítico (M-III-1 “Sur”, M-III-2 “Sur”, CF-I “Hanábana”, SS-13 “Trinidad”, **CA-I-6 “Morón”, CA-I-7 “Morón”, CA-I-8 “Morón”, CA-II-1 “Ciego”, CA-II-2 “Ciego”, CA-II-3 “Ciego”, C-I-11 “Vertientes”, C-I-16b “Najasa”, SC-I “Parada”).**
- ☞ Cuencas Ariguanabo y Vento: desfavorable ascendiendo.
- ☞ julio de 2005:
  - 21 en descenso, 4 estable y 75 en ascenso
  - 87 normales, 10 desfavorables y 3 críticas

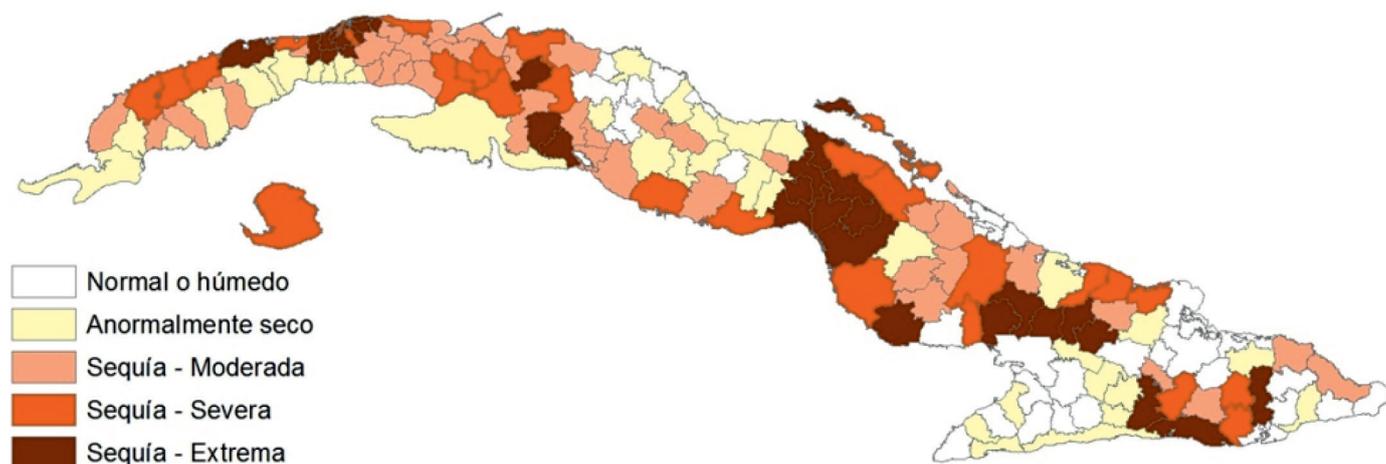




Presas Chalons, Santiago de Cuba

## ÍNDICE DE SEQUÍA HIDROLÓGICA: JUNIO

- ☞ 102 municipios con sequía. 37 en sequía moderada, 28 en sequía severa y 37 en sequía extrema.
- ☞ Incidencia de bajos acumulados de lluvia en occidente en los trimestres febrero – abril y marzo – mayo en la desaceleración del proceso de recesión de la sequía.



## FUENTES DE ABASTO AFECTADAS POR LA SEQUÍA

- ☞ Total de fuentes de abasto afectadas: 239 (población asociada: 915889 hab.)
- ☞ Total de fuentes con afectación parcial: 191 (población asociada: 860 351 hab.)
- ☞ Total de fuentes con afectación total: 48 (población asociada: 55 538 hab.)
- ☞ Fuentes Recuperadas: 11 (10 en LT y 1 en VC)
- ☞ Provincia con mayor número de fuentes de abasto afectadas: S. Cuba (51 fuentes)
- ☞ Provincia con mayor población afectada: Santiago de Cuba (631 749 hab.) 💧

## PLANTAS SOLARES Y AGUA: UNA COMBINACIÓN DE ÉXITO<sup>1</sup>

Todo listo para que comience a operar la mayor planta solar flotante de Europa. Ha sido construida en Londres sobre un depósito “cerca del aeropuerto de Heathrow” y suministrará energía a una depuradora.

Se espera que esta superficie, que tiene el tamaño de 8 campos de fútbol, genere 5,8 millones de kw/h de electricidad al año. Aunque los paneles solares son una gran fuente de energía no permitirán la autosuficiencia de la depuradora.

“La energía solar no genera una carga continua. La genera solo cuando hay sol. Así que para que durante la noche la depuradora no se pare tendremos que bombear agua, por ejemplo, en esas horas en las que no hay luz solar. Por eso no podemos obtener toda la energía de esta instalación. La planta solar es parte de una estrategia global con múltiples elementos”, apunta el jefe de energía de Thames Water Angus Berry.

Cada uno de los 23.000 paneles de los que consta ha sido montado en un flotador lleno de aire. Unos flotadores que están unidos entre sí y fijados con anclajes al depósito. Unos cables se encargan de transportar la potencia al centro de tratamiento, a solo unos pocos kilómetros de distancia. Los paneles apenas requieren mantenimiento y son más eficientes en el agua.

“La electricidad solar, los paneles y los cables funcionan de una manera más eficiente cuando se mantienen frescos y esa es una de las grandes ventajas que tiene tener estos paneles flotantes. Todos los componentes están en el estado en que mejor funcionan y así la planta solar es más eficiente. Produce así más electricidad que si estuviera en medio del campo”, señala Nick Boyle CEO de Lightsource.

Se espera que, una vez finalizado el periodo de prueba, esta planta solar proporcione el 20 % de las necesidades eléctricas que tiene la depuradora lo que supondrá un importante ahorro para la planta de tratamiento de agua. 💧



<sup>1</sup> <http://es.euronews.com/2016/03/28/plantas-solares-y-agua-una-combinacion-de-exito>

# ENCUENTRO CON LA PRENSA EN LA ASOCIACIÓN ECONÓMICA INTERNACIONAL (AEI) AGUAS VARADERO<sup>1</sup>

El 19 de Mayo se realizó el encuentro con la prensa correspondiente al mes en cuestión. El mismo se realizó en las instalaciones de la AEI Aguas Varadero, donde fuimos cálidamente recibidos por sus directivos y trabajadores. Contamos con la presencia de más de 10 periodistas de diferentes medios como la TVC, Radio Progreso, Juventud Rebelde, Prensa Latina y Tribuna.

Esta empresa que inició sus operaciones el 1 de Enero de 1995 tiene como estándares, la implantación de un Sistema Integrado de Gestión que ha logrado certificar la calidad, la seguridad y salud del trabajo, y en el 2012 se convirtió en la primera empresa cubana, la primera de América Latina y la cuarta del grupo AGBAR en obtener la certificación ISO 22000-2005, por brindar un agua inocua y de elevada calidad.

Luego de conocer su funcionamiento, a través de la presentación del Ing. Antonio Hernández Martínez Director General, se recorrieron el resto de sus instalaciones: La Estación de Bombeo "Cuevas Viejas" y la Planta de Tratamiento Residual. 



<sup>1</sup> Lic. Annalie Hernández Navarro,  
Gestora A en Comunicación y Marketing. DGIT

# TRIBUTOS POR EL DÍA MUNDIAL DEL AGUA<sup>1</sup>

Mirtha Kaulart, coordinadora residente del Sistema de Naciones Unidas en Cuba, transmitió una felicitación a todas las instituciones de la mayor de las Antillas vinculadas con el vital líquido por los resultados alcanzados en la lucha por el cuidado y conservación del recurso, así como por los ingentes esfuerzos que realizan para enfrentar la actual escasez de agua que afronta la nación. El reconocimiento de la funcionaria de las Naciones Unidas trascendió en el acto central nacional por el Día Mundial del Agua, realizado en el teatro del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), ocasión en la cual también dio lectura al mensaje del Secretario General de la ONU, Ban Ki-moon, texto en el que se exhorta a la comunidad internacional a reafirmar el compromiso por mejorar la calidad, la gestión y la protección de los recursos hídricos, como parte de la campaña destinada a lograr una vida digna para todas las personas.

La ingeniera Ana Lydia Hernández González, directora de Gestión de la Innovación y la Tecnología del INRH, subrayó que la responsabilidad de las autoridades del Estado y del Gobierno cubanos atesora una larga historia que se remonta a los primeros años del triunfo revolucionario, con el surgimiento de la denominada “Voluntad Hidráulica”, impulsada por el Comandante en Jefe, Fidel Castro, a raíz del paso del ciclón Flora. Añadió que ese ímpetu mantiene puntual vigencia, y destacó que este año el organismo asume un plan de inversiones de 381 millones de pesos, de ellos 293 millones en construcción y montaje, para continuar consolidando la vasta infraestructura hidráulica con que cuenta el país.

Resaltó que este año el lema de la efemérides es: “Mejor agua, mejores empleos”, y en este ámbito el INRH puede acreditar el darle empleo en actualidad a 33 726 trabajadores, de ellos 9 421 mujeres, y 24 305 hombres, entre los que se cuentan miles de profesionales, técnicos, operarios y obreros calificados.

La actividad por el Día Mundial del Agua estuvo encabezada por el ingeniero Abel Salas García, vicepresidente primero del INRH, y contó con la presencia de comisionados de diversas agencias del Sistema de las Naciones Unidas que prestan su colaboración en el territorio cubano, representantes de otros organismos, reporteros de varios medios de la prensa nacional, así como funcionarios y trabajadores del organismo rector del agua en Cuba, entre otros invitados.

Entretanto, educandos de la Escuela Edilberto Gómez Núñez, de La Habana, e integrantes del Grupo Cubanos en la Red, tuvieron a su cargo la pincelada cultural de la actividad. 💧



<sup>1</sup> Lic. Fidel Sagó Arrastre correo: fidel@hidro.cu | Fotos: Del autor.  
Disponible en <http://hidroweb.hidro.cu/?q=node/257>

# FAUSTO ALBERTO CEBALLOS FERNÁNDEZ: PERTINENCIAS PARA EL IMAGINARIO SIMBÓLICO<sup>1</sup>

**voluntad  
HIDRAULICA**

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

Abundan las vivencias para contar, para erigirse en paradigmas y nutrir el imaginario simbólico de eso que se acuñó como “la familia hidráulica cubana”, desde hace más de 50 años. Y es menester ir al encuentro cercano con los protagonistas de esas experiencias, para presentarlas revestidas de carne y hueso, con un corazón palpitante que nos advierte la dimensión imperecedera de esas historias, y por tanto no podemos permitir que ciertos visos de olvidos perturben su resonancia.

Fausto Alberto Ceballos Fernández es uno de los animadores de ese tipo de anécdotas. Es oriundo del Camagüey, terruño ubicado a más de 500 kilómetros al este de La Habana, la tierra de los Tinajones, la simiente del Mayor, o sea, del General mambí Ignacio Agramonte y Loynaz. Hasta allí viajamos para dialogar con este paladín de la hidráulica nacional.

El 7 de mayo de 1942 vino al mundo Ceballos Fernández. Fue una bendición para su padre, Fausto Ceballos Rodríguez, trabajador del transporte, en la ruta Camagüey-Cienfuegos, entonces conocida como la “Flecha de Oro”, así como para su madre Diana María Fernández Álvarez, ama de casa, encargada con las tenacidades de la retaguardia doméstica.

Bajo una férrea disciplina, cursó sus primeros estudios hasta concluir el bachillerato en un colegio privado, con gran sacrificio de su familia. La laboriosidad de ambos progenitores constituyó un acicate para el joven Fausto Ceballos. Para su padre, la razón siempre la tenía el maestro de la escuela, no podía haber una queja, y se molestaba sobremedida cuando presentaba alguna deficiencia en cierta asignatura. “Eso era formación –afirma sin remordimientos– De niño di algunas insatisfacciones, pero más tarde rectifiqué, y valía la pena ver su alegría reflejada en el rostro”.

Ceballos Fernández comenzó a vincularse con la rama hidráulica en 1963. En más de cinco décadas acumula un tesoro



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





Al centro de la imagen aparece, Fausto, junto al General de División Ulises Rosales del Toro (en la extrema derecha), Vicepresidente del Consejo de Ministros, durante un recorrido, en la búsqueda de soluciones para las inundaciones de la ciudad de Camagüey.

incommensurable de aprendizajes teóricos y prácticos que desbordan los límites de estas cuartillas. Afortunadamente, las condiciones de narrador de Fausto devienen auxilio para la necesaria síntesis.

“Vi nacer al organismo, prácticamente ayudé a cambiarle los pañales”, apunta jocosamente el hoy trabajador de la Empresa de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería Hidráulica (EIPH), de la provincia de Camagüey.

Subraya que antes de la creación del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), el 10 de agosto de 1962, en el territorio camagüeyano la actividad hidráulica se realizaba en pequeñas proporciones, a cargo de entidades privadas o por dependencias del Ministerio de Obras Públicas, pero reitera que eran intervenciones muy escasas.

Cuando se incorporó al sector, Ceballos Fernández era recién graduado de agrimensor, una especialidad que reunía las afinidades requeridas para desarrollar las funciones de topógrafo.

“Fui bien acogido en el Departamento de Topografía. Me hicieron un contrato de tres meses a prueba. Trabajé en una de las comisiones de estudio de

lo que iba a ser la primera presa de Camagüey, la Amistad Cubana-Búlgara, que a la postre no lo fue, pues la inversión se atrasó demasiado”, recuerda.

Fausto se mantuvo alrededor de dos años desempeñando labores relacionadas con los servicios de topografía, pero ante el éxodo de los profesionales que marcó la dinámica de los años subsiguientes al triunfo de la Revolución, en 1959, y frente a la escasez de personal calificado en la rama de reciente alineación, tuvo que enrolarse en la práctica de faenas técnicas-profesionales.

“Confiesa que se puso muy contento cuando al mes lo dejaron fijo. Era soltero y ya me podía casar para formar una familia”, rememora.

Agrega que luego llegaron especialistas búlgaros y soviéticos, muy bien preparados y con experiencias en este tipo de trabajo, con los cuales trabajé y aprendí bastante. Por ejemplo, con los soviéticos se empezaron los primeros sistemas arroceros del Camagüey, tras el triunfo de la Revolución.

“Por cierto, destaca, conservo gratos recuerdos del Comandante Faustino Pérez Hernández, primer presidente y fundador del Instituto Nacional de Re-

cursos Hidráulicos (INRH). Las veces que lo vi de visita en Camagüey vestía con el uniforme verde olivo del Ejército Rebelde. Era una persona asequible, saludaba a los trabajadores, y se interesaba por las labores que cada quien desempeñaba”

En 1970 se impuso la creación de un grupo de trabajo de drenaje para darle solución al programa cañero que se acometía al sur de Ciego de Ávila, quehaceres en que participaba una gran cantidad de equipos motorizados, y demandaba un constante flujo de proyectos.

Le correspondió a Fausto asumir responsabilidades al frente del departamento de riego y drenaje de la provincia de Camagüey por 15 años, en medio de una gran vorágine de construcciones de presas, derivadoras, canales magistrales y sistemas de riego.

Ceballos Fernández estuvo entre los ejecutores que a ritmo de contingente y a pie de obra tuvie-

ron que adiestrarse en el acondicionamiento de las camaroneras, en la zona de Santa Cruz de Sur, desde los inicios de esas inversiones hasta su entrega “llave en mano”, lo que demandó muchos esfuerzos y estudios para aprender sobre el cultivo del camarón.

En el transcurso de los anteriores trajines, Fausto sufrió una perforación en un pulmón, y se vio obligado a conocer los rigores de un salón de operaciones quirúrgicas en un hospital. Luego de la recuperación retornó a las faenas habituales. “No puedo permanecer sentado en casa –admite–, la vida mía es mantenerme activo, emprendiendo algo útil”.

Al compás de faenas productivas, matricula en la Universidad de Ciego de Ávila y se gradúa en el curso 1981-82 de Ingeniero en riego y drenaje, coronándose así un reto. Tras ese logro sigue trabajando en la rama hidráulica.



Fausto se jubiló oficialmente en el 2008, pero inmediatamente retornó a trabajar como contratado en la EIPH de Camagüey.



Premiación por la vida y obra de la ingeniería cubana (11 de enero de 2016).

“Realicé muchísimos trabajos, agrega, con energía y con la mejor disposición del mundo. Trabajé en toda la geografía de la otrora provincia de Camagüey (antes de la división política administrativa, aplicada a partir de 1976), que abarcaba el territorio de la actual provincia de Ciego de Ávila, y parte de Las Tunas”.

Quizás como recompensa a sus denuedos, en el ámbito personal Fausto conformó un matrimonio muy unido con María Daysi González Prieto, su esposa de la vida, que lamentablemente falleció a los 51 años de edad. Fruto de esa alianza son sus dos hijas: María Cristina y Diana Margarita Ceballos González.

Además expresa sentir un inmenso placer al contar con cuatro nietos y dos bisnietos. A esta altura, la primera nieta es médica, y el nieto está en cuarto año de ingeniería civil, siguiendo las huellas dejadas por el abuelo paterno.

En este contexto, Fausto Ceballos advierte que hay que continuar buscando y perfeccionando diversas vías para estimular a los más jóvenes para que permanezcan en el sector, pues ellos son el relevo y la garantía de la continuidad de la actividad hidráulica que constituye una práctica muy específica.

En el 2014 Fausto Alberto Ceballos Fernández fue nominado al Premio Nacional Vida y Obra de Ingeniería Hidráulica, otorgado por la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba (UNAICC), y en ocasión de la entrega de esa distinción, en enero del 2015, compartió con los profesionales del gremio el Héroe de la República de Cuba Antonio Guerrero (Tony). Al año siguiente, Fausto conquistó el significativo pergamini-

no, el cual tuvo el honor de recibir el 11 de enero de 2016, en la provincia de Holguín, en el contexto de las celebraciones por el Día del Ingeniero.

“He tratado de hacer las cosas lo mejor posible –confiesa Fausto–, cumplir cabalmente con las tareas asignadas, fundamentalmente encomiendas vinculadas con trabajos de drenajes en las provincias de Camagüey y Ciego de Ávila.

Precisamente, uno de los desvelos que marcan la existencia de Fausto desde hace tiempo proviene de las frecuentes inundaciones de la ciudad de Camagüey. Ha invertido gran cantidad de saberes y energía en la búsqueda de alternativas remediales a los desmanes que provoca el desbordamiento de las aguas de los cursos fluviales de la urbe, mientras apuesta por la concreción de una solución definitiva que pasa, por ejemplo, por el imperativo de revestir con hormigón las márgenes citadinas del río Hatibónico.

En mayo del 2008, Fausto se jubiló oficialmente, pero no estuvo ni dos días en el hogar. Retornó inmediatamente a las oficinas de EIPH de Camagüey como contratado. “Yo sigo aquí, alguna gente se ha ido y se va por diferentes motivos. Mientras tenga energía y la mente clara me mantendré trabajando, si así lo desean las autoridades pertinentes”.

“He dedicado mi vida a los Recursos Hidráulicos y no me pesa. Estoy muy satisfecho con el aporte realizado. Con las fotos y diplomas que acumulo no tengo que pintar la casa, pero tengo muy presente que toda la gloria del mundo cabe en un grano de maíz”, sentencia. 💧



Gran cantidad de tiempo, saberes y energía a consagrado Fausto para tratar de resolver uno de sus desvelos: las frecuentes inundaciones de la ciudad de los Tinajones.

## VISITA DE LA PRESIDENTA DEL INRH A DELEGACIÓN DE *PINAR DEL RÍO*



A principios de junio, la Presidenta del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Ms. C Inés María Chapman Waugh visitó la delegación del INRH de la Provincia Pinar del Río e hizo un recorrido por sus instalaciones.

La Presidenta se reunió con los trabajadores de la delegación pinareña, en el teatro del Poder Popular de Pinar del Río, en la cual también asistió el propio presidente del Poder Popular Ernesto Barreto. Luego de la reunión intercambió palabras con los jóvenes trabajadores de recursos hidráulicos de la provincia, y por último dio un recorrido por la Fuente de Abasto Kilo 5 y el Combinado Arrocerero Integral de Los Palacios, principal demanda de agua de la provincia. 💧



Fotos y texto cortesía: Delegación de Recursos Hidráulicos de Pinar del Río

# XIV ENCUENTRO DE OBSERVADORES VOLUNTARIOS DE LA LLUVIA<sup>1</sup>



En los días del 11 al 15 de Abril de 2016 se celebró el XIV Encuentro de Observadores Voluntarios de la Lluvia, con sede en el hotel Zaza provincia de Sancti Spiritus. En el mismo se contó con la asistencia de observadores de todo el país y funcionarios del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH).

Los observadores pluviométricos son personas anónimas y muy dedicadas a la labor de medir a diario los niveles de lluvia, así como de emitir reportes escritos de cualquier tipo de incidencia meteorológica que ocurra en su punto de observación, con vista a una mejor evaluación y aprovechamiento de los recursos hídricos del país. Gracias a esta labor se dispone de información de primera mano para elaborar boletines informativos y reportes especiales a diferentes medios.

En el marco del encuentro se sostuvo un conversatorio en donde los participantes intercambiaron sus experiencias, vivencias, plantearon sus inquietudes y perspectivas y entre risas y emociones, se resaltó la importancia de la labor de personas que cumplen voluntariamente con este trabajo.

El encuentro estuvo presidido por: Ing. José Antonio Hernández Álvarez (Director de Uso Racional del Agua del INRH), MSc. Argelio Fernández Richelme (Especialista principal del grupo de servicio hi-



<sup>1</sup> Lic. Margarita Concepción Romero, Especialista Superior en Manejo y Desarrollo de los Recursos Hídricos. (URA) | Fotos cortesía Uso Racional del Agua.



drológico y disponibilidad), Ing. Liliana Pino (Oficial del PNUD) y el Ing. Alberto Eurin González (Delegado de Recursos Hidráulicos en la provincia).

Como parte de las actividades, se realizó un recorrido por el aliviadero de Cayajaná en el Embalse Zaza, se visitó el museo Camilo Cienfuegos en Yaguajay y se disfrutó de la hermosa ciudad de Sancti Spiritus.

Fue y seguirá siendo una idea magnífica reunir a los más destacados observadores de la lluvia de cada provincia, y de esta manera estimularlos a que continúen destacándose como uno de los elementos primarios en el monitoreo de la lluvia.

Se resalta el aporte de uno de los observadores que de forma jocosa describió su quehacer:

*Como ya se está algo viejo  
En complicada ocasión  
Para hacer la medición  
Les voy a dar un consejo  
De este problema hay reflejo  
Si la lluvia es satisfecha  
Pues si en la probeta estrecha  
Se ha de echar un poquito.  
Recuerden que despacito  
Es como mejor se echa...* 💧

# TRAZAGUAS Y LA DICHA DE SUS PREMIACIONES<sup>1</sup>

El domingo 27 de marzo se hicieron pública las premiaciones de la XVIII edición del concurso Trazaguas, en una actividad realizada en el complejo cultural “El Tanque”, del Proyecto Comunitario Muraleando, sito en Aguilera y Rafael Cárdenas, en la barriada de Lawton, perteneciente al municipio 10 de Octubre, de la provincia de La Habana.

Para que las evidencias de esa manifestación de amor trasciendan las dimensiones de lo momentáneo, plasmamos aquí algunas imágenes gráficas que “valen más que mil palabras”, y añadimos las pautas que marcaron la sinfonía central del encuentro.



## PREMIACIÓN 18 CONCURSO “TRAZAGUAS”

### Plástica

- Raciél Ferias Isidoro
- María del Carmen Rumbaut Lindenmeyer
- Elba M. Gutiérrez Rodríguez
- Jorge Fernández Fuentes
- René Martínez Abreu
- Iván Suárez Acosta
- Nancy Ma. Reyes Margaron

### Cuento

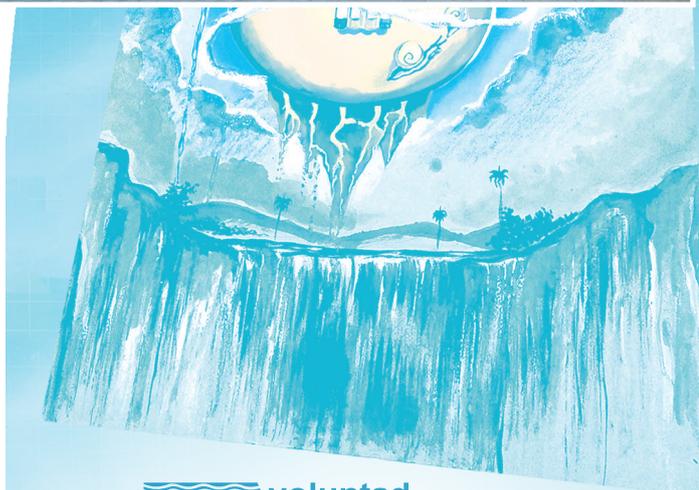
- Albertina Pumariega Barroso
- Elhiete Manso Rivera
- Beatriz Quintana Valle
- Leyris Guerrero Mora
- Nubelia Leyva Ferrer

### Poesía

- Margarita Fernández Romero
- Georgina Arias Leyva
- Aymara Hernández Denis
- Isabel Cuello Crombet
- Yosvel Hernández Alén

### Historieta, Fotografía, Audiovisual y Juegos didácticos

- René Martínez Abreu
- Duanis Mesa Aponte
- Claudia Menéndez Hernández
- Regla Bonora Soto
- Olga Franco



<sup>1</sup> Lic. Fidel Sagó Arrastre. | fidel@hidro.cu | Disponible en <http://hidroweb.hidro.cu/?q=node/260>

## PREMIOS DE CUENTO CATEGORÍA DE 9 - 11

Cesar Alejandro González Alegret,  
Villa Clara  
Kenna García Quintanal,  
Sancti Spíritus

## MENCIONES DE CUENTO CATEGORÍA DE 9 - 11

Melisa Palau Díaz,  
Matanzas  
Yulién Reyes Betancourt,  
Matanzas

## CATEGORÍA DE 12 - 14

Lien Aurora Acosta Arteaga,  
Sancti Spíritus

## PREMIOS DE POESÍA CATEGORÍA DE 9 - 11

Cynthia González Castro,  
Villa Clara  
Dianneyis Cruz Jacomino,  
Sancti Spíritus  
Dario Alfonso Urrutia,  
La Habana

## CATEGORÍA DE 12 - 14

Roxana Reyes García, La Habana  
Roxany Linares Rojas, Villa Clara  
Dalena Ochoa Torres, Sancti Spíritus

## MENCIONES DE POESÍA CATEGORÍA DE 9 - 11

Cinthia Machado Acosta,  
Villa Clara  
Yalit de la Caridad González Santos,  
Villa Clara  
Emily Santos Cárdenas,  
Sancti Spíritus

## CATEGORÍA DE 12 - 14

Yennifer Reyes Licea,  
La Habana  
Dianny Lys Rodríguez Salazar,  
Sancti Spíritus  
Karla Marrero Fernández,  
Sancti Spíritus

## CATEGORÍA DE 15 - 18

Marc Anthony Carbonell Valdés,  
Villa Clara

## ARTES VISUALES

### MENCIÓN DE HISTORIETA CATEGORÍA 12 - 14

Roxana Astencio Rivero,  
Sancti Spíritus

### MENCIÓN DE AUDIOVISUAL CATEGORÍA 9 - 11

María Karla Díaz Domínguez,  
La Habana

### PREMIO DE FOTOGRAFÍA CATEGORÍA 5 - 8

Giselle Caballero Medina,  
La Habana  
Marcos Gabriel Cordero Martínez,  
La Habana

### PREMIO DE FOTOGRAFÍA CATEGORÍA 9 - 11

Carlos Manuel Greenup,  
La Habana

### PREMIO JUEGOS DIDÁCTICOS CATEGORÍA 15 - 18

Rachel Ranier Ruíz Torres,  
Matanzas

### MENCIÓN JUEGOS DIDÁCTICOS

Brayan Alejandro Rodríguez  
Consuegra, Villa Clara  
Arlettis Mora del Valle, Villa Clara

### MENCIÓN JUEGOS DIDÁCTICOS CATEGORÍA 9 - 11

Dairon Barroso González,  
La Habana  
Melisa Palau Díaz,  
Matanzas

## PREMIOS DE PLÁSTICA CATEGORÍA DE 5 - 8

Chelsea Otero León,  
Matanzas  
Briayan Guirola Peraza,  
Villa Clara

## CATEGORÍA DE 9 - 11

Diego Gejo Céspedes,  
La Habana

## CATEGORÍA DE 12 - 14

Daniel Padrón Díaz,  
Pinar del Río

Luis Ariel Ramos Soca,  
Sancti Spíritus

## CATEGORÍA DE 15 - 18

Jessica Elaine Trujillo Roca,  
Sancti Spíritus

## PREMIO ESPECIAL PLÁSTICA DE LA BRIGADA JOSÉ MARTÍ

Kevin Hernández Rodríguez,  
Matanzas

## PREMIO ESPECIAL PLÁSTICA DEL PROYECTO COMUNITARIOS “PENSANDO EN NOSOTROS”

Alejandro Pelegrín Gregorio,  
Villa Clara

## MENCIONES DE PLÁSTICA CATEGORÍA DE 5 - 8

Gabriela Martel Matos, Matanzas  
Keiler Pérez Montero, Villa Clara

## CATEGORÍA DE 9 - 11

Leandro Martínez Mirabal,  
Pinar del Río  
Ellen Chiong Loredo, La Habana  
Rebeca Rodríguez Alonso, Matanzas

## CATEGORÍA DE 12 - 14

Rangel Padrón Reyes,  
Matanzas 

## DEFIENDE CUBA EL ACCESO AL AGUA<sup>1</sup>

Hizo el planteamiento en la XXII sesión del Consejo Intergubernamental del Programa Hidrológico Internacional (PHI), efectuada en la sede de la UNESCO.

Cuba subrayó en París la importancia de políticas públicas que garanticen la seguridad hídrica y el acceso de la población al agua, derecho humano fundamental.

Al intervenir en la XXII sesión del Consejo Intergubernamental del Programa Hidrológico Internacional (PHI), efectuada en la sede de la UNESCO, Yosmary Gil Leal, directora de Infraestructura del Instituto Nacional de Recursos Hídricos, destacó el papel del agua y la seguridad hídrica para el desarrollo sostenible.

Gil compartió información sobre la permanente labor que desarrolla la Isla en el saneamiento y gestión responsable de los recursos en esa área.

También se refirió a los esfuerzos realizados con el fin de hacer frente en mejores condiciones a las consecuencias de fenómenos meteorológicos y naturales como inundaciones, ciclones, períodos de sequías, cada vez más frecuentes como resultado del cambio climático.

La delegación cubana asistente al encuentro, reafirmó el compromiso y apoyo de la nación caribeña al PHI, único mecanismo intergubernamental del sistema de las Naciones Unidas dedicado a la investigación sobre el agua, la gestión de los recursos hídricos, la educación y la creación de capacidades.

Uno de los temas fundamentales examinados durante la sesión fue la contribución del Programa en la implementación de la Agenda 2030, en particular, del objetivo 6, dirigido a “Garantizar la disponibilidad del agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”.

Asimismo, se desarrollaron debates acerca de la participación del Programa en la implementación del plan de acción de la UNESCO sobre los pequeños estados insulares en desarrollo y el acuerdo climático de París.

La delegación del país caribeño, integrada además por funcionarios de la misión diplomática de la isla ante la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), participó en calidad de Estado miembro del Consejo Intergubernamental del PHI.

La mayor de las Antillas fue elegida en 2015 parte de ese órgano durante la XXXVIII Conferencia General de la Organización, por un período de cuatro años. 💧



<sup>1</sup> (Prensa Latina) Opciones | [digital@opciones.cu](mailto:digital@opciones.cu) | 21 de junio de 2016.

## DESTACAN TRABAJO DE INGENIEROS CUBANOS EN SUDÁFRICA<sup>1</sup>

Ingenieros cubanos de diferentes ramas de los recursos hidráulicos trabajan hoy en más de 260 proyectos desde su llegada a Sudáfrica en febrero de 2015 como parte de un convenio de colaboración bilateral.

Los 35 especialistas de la isla que arribaron a este país cubren parte del déficit que tienen los sudafricanos en cuanto a personal calificado, expresó en entrevista con Prensa Latina el coordinador general de esta misión, ingeniero Eduardo Lóriga al término de un fórum efectuado aquí.

“La misión efectuó este taller o fórum para exponer algunos de nuestros principales resultados en el contexto de la celebración de los 20 años de colaboración entre Cuba y Sudáfrica, enfatizó.

Comentó que el colectivo –en el que están presentes nueve mujeres– vino a aportar sus experiencias y se destinó a las nueve provincias de la nación africana.

Actualmente, se definieron otros 200 proyectos que abarcan 15 conceptos diferentes de los recursos hidráulicos, señaló el coordinador al referirse a la posibilidad que tiene esta misión de “mantenerse en el tiempo a partir de la necesidad de recursos humanos”.

El acuerdo entre el Departamento de Agua y Saneamiento de Sudáfrica y el Instituto de Recursos Hidráulicos de Cuba se firmó en el año 2013, “y se hizo efectivo con nuestra llegada”, precisó Lóriga.

Este convenio incluye cinco áreas de colaboración a partir de las urgencias que tienen los sudafricanos en esta actividad, las cuales abarcamos y damos seguimiento, explicó.

Por ejemplo –apuntó– esas áreas tienen que ver en su mayoría con trabajos en zonas rurales, con la infraestructura hidráulica, con la hidrología y la hidrogeología.

Además, se relacionan con la infraestructura de mantenimiento, la transferencia de habilidades a los especialistas y técnicos sudafricanos, así como los servicios de ingeniería en zonas rurales.

Añadió que en sentido general tienen mucho que ver con la actividad de acueductos y alcantarillados; con la operación, manejo y control de las presas, los canales; el control del uso del agua; del ciclo hidrológico y uso de las aguas subterráneas.

En febrero de 1996 arribó a Sudáfrica el primer grupo de médicos cubanos, quienes abrieron el camino de esta cooperación que se extendió más allá del campo de la salud en sus dos décadas de existencia.

Según cifras actualizadas más de 600 profesionales antillanos de diferentes sectores están en la nación africana honrando aquel acuerdo de cooperación fruto de la idea y visión de los líderes Fidel Castro y Nelson Mandela. 💧

<sup>1</sup> Lic. Deisy Francis Mexidor | Periodista de Prensa Latina.



## INSISTE CUBA EN MAYOR USO RACIONAL DEL AGUA “CUENCA DE VENTO”<sup>1</sup>

 voluntad  
**HIDRAULICA**

*COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL  
QUÉ DICE LA PRENSA*



El vicepresidente primero del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Ing. Abel Salas García, insistió en La Habana en el ahorro y uso racional del agua, ante la persistente sequía en el país.

De acuerdo con Prensa Latina, Salas explicó que los acumulados de agua en los meses lluviosos fueron muy pocos.

Indicó que entre las provincias más afectadas está Santiago de Cuba, Holguín, Guantánamo, Granma, las Tunas y Ciego de Ávila, esta última que tradicionalmente poseía rico caudal de agua subterránea, el cual se ha deprimido y situado el servicio diario del líquido a un ciclo de cuatro días.

<sup>1</sup> [http://www.cuba.cu/economia/2016-04-25/insiste-cuba-en-mayor-uso-racional-del-agua/31338#Vyl\\_9PaRSls.facebook](http://www.cuba.cu/economia/2016-04-25/insiste-cuba-en-mayor-uso-racional-del-agua/31338#Vyl_9PaRSls.facebook)



Enfatizó que el agua hay que recuperarla a partir de la que se pierde y hoy se desaprovecha o bota casi el 45 por ciento del volumen de ese recurso que se bombea en el país, tanto en las principales conductoras como en las redes de distribución.

El vicepresidente primero del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos instó a tomar conciencia sobre esas pérdidas, primero en los organismos estatales de forma tal de que sus sistemas y procesos productivos sean más eficientes en el uso racional, y también en las redes intradomiciliarias a partir de los herrajes y otros medios. 💧

## LLUVIAS DE JUNIO FAVORECEN DISCRETA RECUPERACIÓN DE EMBALSES<sup>1</sup>

El comportamiento favorable de las lluvias en junio permitió la ligera recuperación de los embalses, los cuales se muestran al 53 por ciento de su capacidad total de llenado, informó una fuente del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH).

Argelio Fernández, especialista principal de Servicios Hidrológicos del organismo, aseguró que aunque se vaticinan abundantes precipitaciones para los próximos meses, es vital continuar adoptando las medidas pertinentes para el ahorro y mejor aprovechamiento del recurso.

De acuerdo con el experto, aún existen déficits en los acumulados de las 242 represas administradas por el INRH, a pesar de contar con más de cuatro mil millones de metros cúbicos de agua almacenada.

Los embalses de entrega a la población se encuentran al 55 por ciento de su capacidad total, ubicándose los menos favorecidos en Villa Clara, Camagüey, Las Tunas, Santiago de Cuba y Guantánamo.

Fernández añadió que es en el territorio santiaguero donde se encuentra la mayor cantidad de fuentes de abasto afectadas, impactando a más de 600 mil habitantes.

Con respecto al estado de las cuencas subterráneas, de las 100 monitoreadas por el INRH, más de la mitad ascienden, cuatro mantienen volúmenes estables y 26 descienden.

Desde hace poco más de un año, Cuba atraviesa un complejo período de sequía que ha obligado a tomar un conjunto de medidas, como el desarrollo de obras hidráulicas emergentes para mitigar los impactos de ese fenómeno en la población y garantizar el desarrollo de los principales servicios y actividades de la economía.

El INRH encabeza un programa dirigido a la supresión de salideros en grandes conductoras y otras redes hidráulicas del sector estatal y residencial, en virtud de disminuir los volúmenes de agua que se pierden diariamente.

Continuar mejorando la eficiencia en los sistemas hidráulicos administrados por el organismo, el Ministerio de la Agricultura, el Grupo Empresarial AZCUBA y otras entidades también permanece entre las prioridades para el óptimo aprovechamiento del recurso.

Figuran entre las medidas, la recarga de acuíferos deprimidos, el monitoreo a grandes consumidores de agua, acciones en función de mejorar la eficiencia del riego en la agricultura y una estrategia encaminada a la producción y comercialización de herrajes hidrosanitarios. 💧



<sup>1</sup> <http://www.sierramaestra.cu/index.php/titulares/8983-lluvias-de-junio-favorecen-discreta-recuperacion-de-embalses>

## NEXOS INRH-CUJAE: CON EL FUTURO EN RISTRE<sup>1</sup>



En plena efervescencia se encuentra un nuevo aldabonazo para seguir construyendo el fortalecimiento y los beneficios mutuos de la alianza estratégica establecida entre el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), y el Centro de Ingeniería Hidráulica (CIH) de la CUJAE, con el desarrollo del período de práctica laboral que estarán cumpliendo, hasta mediados de julio del 2016, más de 70 estudiantes de ese centro de altos estudios, en dependencias del organismo rector del agua en Cuba.

A modo de arrancada, esos educandos sostuvieron una ronda de intercambios informativos con dirigentes del organismo en el teatro del nivel central del INRH. Fermín Sarduy Quintanilla, director de Organización, Planificación e Información del organismo, y Ana Lydia Hernández González, directora de Gestión de la Innovación y la Tecnología, encabezaron el encuentro, junto a otros representantes del Grupo Empresarial de Acueducto y Alcantarillado, la Empresa Aguas de La Habana, y el Grupo Empresarial de Aprovechamiento de



<sup>1</sup> Dirección de Gestión de la Innovación y la Tecnología | Fotos: Fidel Sagó.



los Recursos Hidráulicos. También estuvo presente el doctor Rafael Pardo, director del CIH.

Los futuros profesionales del sector recibieron información actualizada en torno a la implementación de la Política Nacional del Agua, aprobada por el Consejo de Ministros, en diciembre del 2012, y que constituye la brújula que marca el desarrollo inmediato y perspectivo del sistema de los recursos hidráulicos cubanos, con alcance para toda la sociedad, la economía y el medio ambiente.

Asimismo, conocieron las líneas esenciales que rigen la dinámica de la Empresa Agua de La Habana, entidad que desde enero del presente año gestiona los servicios de acueducto, alcantarillado, saneamiento y drenaje pluvial en todos los municipios de la capital cubana (anteriormente asumía esas labores solo en ocho territorios). Además, se familiarizaron con la trascendencia empresarial del Grupo de Acueducto y Alcantarillado, responsable de una misión similar a la de Aguas de La Habana,

pero en casi todo el país, con más de 23 000 kilómetros de tuberías entre redes y conductoras, por solo mencionar una arista.

Procedentes de las provincias de Pinar del Río, Artemisa, La Habana y Mayabeque, fundamentalmente, estos alumnos que ya cursan el cuarto año de la especialidad de ingeniería hidráulica, durante su período de práctica laboral entrarán en contacto “in situ” con la raigambre de los servicios de acueductos mediante visitas a las Empresas Aguas de La Habana, Aguas de Varadero, la de Saneamiento Básico de la capital, así como la de Mantenimiento.

A todas luces, el programa concebido debe convertirse en un entrenamiento de rigor en la antesala profesional de estos “pinos nuevos”, sobre cuyos hombros descansará el sostenimiento de la Voluntad Hidráulica impulsada por la Revolución durante más de 53 años de duro bregar. 💧

## MISTERIOS DEL TINAJÓN<sup>1</sup>

CAMAGÜEY – Una vasija distintiva, el tinajón camagüeyano, glorificó a esta ciudad legendaria. Su huella prendió como ninguna otra en la región, pues en 1900 la comarca llegó a albergar 16 483 ejemplares, con una población de tan solo 30 000 habitantes. Tales datos constan en el censo realizado en ese año por el departamento de Sanidad del Ejército interventor norteamericano.

La producción ceramista en este terruño no es casual. Su enraizamiento, sustentado por la existencia de materia prima de buena calidad y suelos arcillosos que rodeaban la gran sabana, revela misterios y secretos latentes en Camagüey.

La investigación Tinajones de Puerto Príncipe, de los estudiosos Jorge Calvera Rosés y Omelio Caballero Agüero, publicada en el libro Visiones pretéritas. Encuentro arqueológico I, compilación del arqueólogo Losvany Hernández Mora, muestra cómo la cultura alfarera se afianzó aquí desde los orígenes de la localidad.

Cuenta la historia que los dos ríos: Tílima y Hatibonico, limítrofes de la comarca en sus inicios, se reducían a arroyuelos durante las sequías, lo que llevó a guardar agua y pensar en su suministro a los 55 buscadores de oro que habitaron en el reducto fundacional.

Esta necesidad se unió al hecho de que entre el primer contingente de 66 colonos que arribaron a la zona –en el carabelón Osado y la carabela Ave María, en mayo de 1516– había un alfarero, quien estrenó probablemente la construcción de tinajones, tejas, ladrillos...

Del sur de España llegó la tradición, pues algunos estudios confirman que de Andalucía provenía el grupo inicial de colonizadores que, asentados en el norte camagüeyano, legaron las técnicas de fabricación.

El antecedente primario de los tinajones se ubica en las clásicas vasijas andaluzas, más pequeñas en tamaño, pero similares en forma. La tradición alfarera hispánica, unida a las autóctonas, dio origen a una indetenible actividad en la época colonial que, adaptada a las necesidades locales, trascendió como una tradición que se legitimó en el distintivo tinajón camagüeyano, como en ningún otro de sus parientes en toda la región.

En el siglo XVI, según información del investigador Jorge Juárez Cano en el tomo I de Apuntes de Camagüey, “la villa tenía un tejar de buena apariencia”. Crónicas de la época describieron el auge de la construcción de viviendas de ladrillos y techos de tejas a partir de 1616.

Aunque estudios arqueológicos modernos lo refutan, Juárez patentizó el inicio de este arte en unos de sus textos.

<sup>1</sup> Disponible en <http://www.juventudrebelde.cu/cultura/2015-02-07/misterios-del-tinajon/>. Nota Del editor: Esta publicación fue posible por la colaboración del Dr. Jorge Mario García. Yahily Hernández Porto | yahily@juventudrebelde.cu

Aseguró, además, que en 1751 en la urbe existía un apogeo en la fabricación de grandes tinajones, y el tejar de Cascorro los producía en grandes cantidades.

Algo de cierto había en sus afirmaciones, pues no pocas fuentes aseveran que desde Puerto Príncipe se envió cerámica, tejas y ladrillos para la reparación de las bóvedas del Castillo del Morro de Santiago de Cuba, afectado por el terremoto de 1766.

### **Vaivenes de la alfarería principieña**

Una discusión constante ha sido para los investigadores agramontinos la antigüedad de estas vasijas lugareñas. Estudios recientes documentan cómo los tinajones en Camagüey no aparecen fechados en el siglo XVII, lo que significa que existieron entonces en muy pocas cantidades, según se asevera en la obra Visiones pretéritas.

Sin embargo, en la comarca de pastores y sombreros, como nombró a su tierra natal el poeta nacional Nicolás Guillén, el desarrollo de la producción tinajonera durante la primera mitad del siglo XIX no

tiene comparación. Cerca de un centenar de alfareros y otros 20 tejares —representados en el Plano de la ciudad de 1899— permitieron el auge de la práctica artesanal.

En el año 1844 se inició una sequía grande que originó un alza en la fabricación de estas piezas de barro. La Guerra de los Diez Años interrumpió totalmente la industria alfarera de la región.

Como mismo se destaca el aumento sostenido de la producción durante los años 50 del siglo XIX, es significativa su vertiginosa decadencia 30 años después. Solo se fabricaron nueve ejemplares a partir de 1880, hasta que desapareció su producción total posteriormente.

En los años de la República neocolonial la reducción en Puerto Príncipe de los “grandulones”, como también se les llama, fue notable. El surgimiento de nuevos repartos propició su traslado desde su núcleo más importante —actual centro agramontino— hacia las barriadas recientes y fincas del territorio. Las áreas del centro de la ciudad y La Caridad se beneficiaron con su presencia.



### **Curiosidades del “barrigón”**

Destinado principalmente para almacenar agua potable, como ha sucedido hasta nuestros días, el tinajón no solo se fabricó en esta legendaria ciudad. El arte ceramista se introdujo también en Trinidad y Sancti Spíritus, regiones vecinas al Puerto Príncipe de entonces.

Como dato curioso resalta en el Diccionario geográfico, estadístico e histórico de la Isla de Cuba, de Jacobo de la Pezuela, impreso en Madrid, que entre los años 1863 y 1866 Camagüey no fue el único lugar donde se fabricaron tinajones, pues en Sancti Spíritus existían 33 tejares y 78 alfareros por aquel entonces, y en Santiago de Cuba pernoctaban 18 ceramistas, aunque no había ningún centro productivo similar al principieño.

Los capitalinos tampoco escaparon al atrayente y necesario arte de construir tinajones. En Visiones pretéritas consta que alfareros consagrados de Puerto Príncipe procedían de Calabazar.

Tinajones lugareños han llegado a sitios insospechados de la geografía cubana. Las marcas agramontinas de Pedro Areus, Carrasco, Vicente Morel, Tejar la Caridad JMM y José Tomás Rodríguez aparecen entre algunas de las piezas encontradas en el reparto Miramar, en La Habana, y hasta a Guane, Pinar del Río, ha llegado uno de ellos, aseveraron Calvera y Caballero en su investigación.

Fuera de la Isla, específicamente en América del Sur y el Caribe se han registrado también piezas muy semejantes.

En Perú, por ejemplo, se construyeron tinajas muy parecidas a la vasija de barro cubana, pero este pariente era más largo y fino. En el área sudamericana la industria vinatera chilena también favoreció la aparición de similares “barrigones”. Incluso, en algunas residencias coloniales del país austral se hallaron estos depósitos en patios y jardines, también para almacenar agua de lluvia.

### *Desde el rojizo de su barro*

En la decoración de estos objetos se han empleado disímiles técnicas, con el objetivo de concebirlos de manera singular.

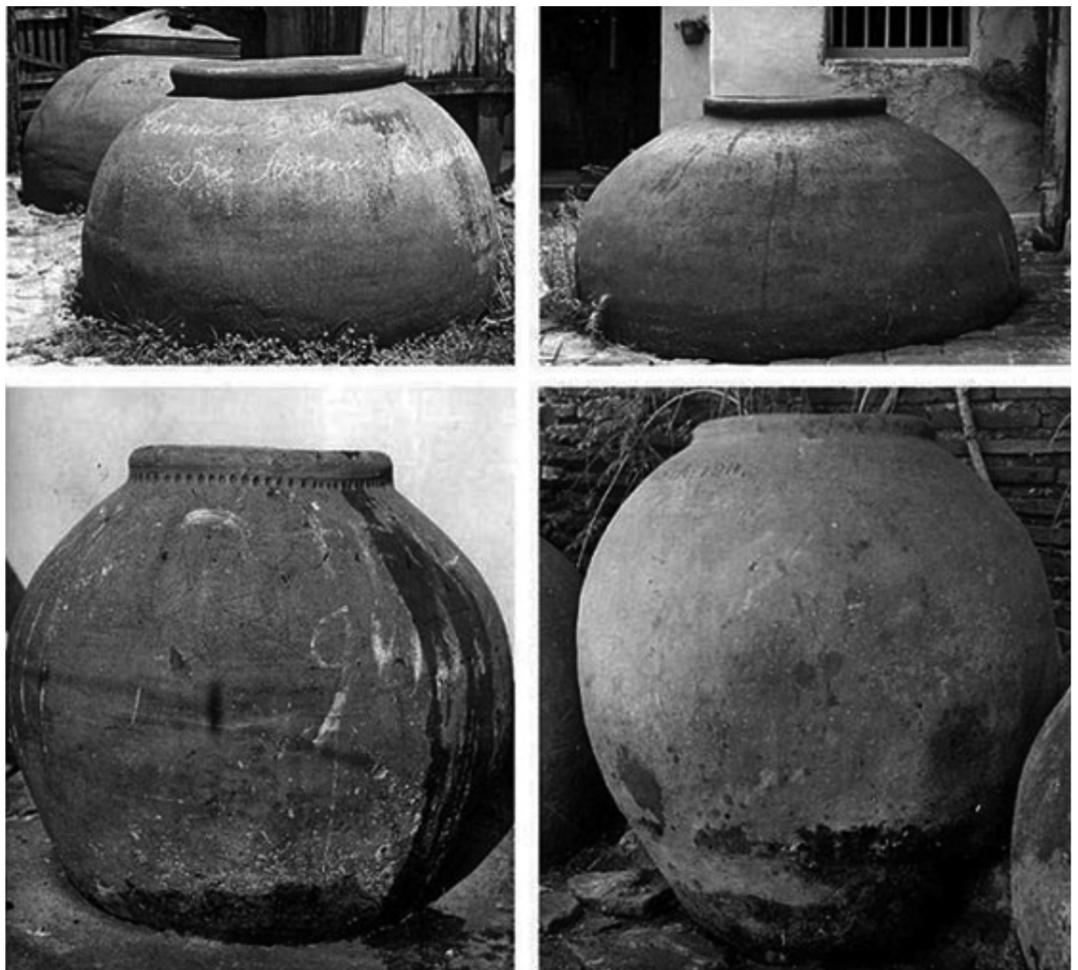
Las incisiones e improntas –únicas modalidades empleadas por los fabricantes para el decorado del tinajón, ya que en ellos jamás se usaron pintura, engobe o vitrificación– se hacían trabajando el barro con un punzón o cualquier otro objeto puntiagudo, hendiendo el barro antes de cocerlo, o utilizando la técnica del moldurado, que consistía en ejecutar adornos mediante la aplicación de moldes sobre la vasija sin cocinar.

Algo similar ocurrió con las inscripciones de las regordetas vasijas de barro. Casi siempre éstas se concebían con la técnica de impresión, y muy raramente con la impronta. Ambas aparecieron tempranamente, junto al arte de crear los auténticos recipientes.

Entre los alfareros que más acentuaron su quehacer artístico-profesional brillan José Tomás Ramírez, Areus, Gabriel Morel o Morel, Rafael Medina o Medrano, JMM, José de la Luz Areus, Juan Hidalgo; todos con una labor intensa, durante el siglo XIX.

La evolución morfológica no fue cosa de juego, pues durante 150 años estos barrigones, estimados en gran parte del planeta, evolucionaron como cualquier elemento cultural.

Lo que nos llegó como una tradición que actualmente los camagüeyanos aún conservan con orgullo –en menor cuantía, pero con igual amor– posee un peso precioso en la vida lugareña, porque es muy difícil conservar la identidad cultural del centro histórico agramontino, declarado Monumento Nacional en 1980 y Patrimonio Cultural de la Humanidad en 2008, sin contar con la determinante fuerza que posee este antiquísimo arte en esta zona del paisaje cubano. 



## MARTE TUVO AGUA SUFICIENTE PARA CUBRIR TODO EL PLANETA<sup>1</sup>

Hace 4.500 millones de años, nuestro vecino en el universo albergó suficiente agua como para cubrir todo el planeta con un mar extenso pero superficial, con una profundidad media de sólo 137 metros, según anuncia la NASA.

Las implicaciones son monumentales. Se sabía que el planeta había tenido agua, pero no cuánta ni por cuánto tiempo. “Marte fue húmedo durante unos 1.500 millones de años, mucho más tiempo del que fue necesario para que surgiera vida en la Tierra”, explica Gerónimo Villanueva, un ingeniero argentino de la NASA que ha encabezado al equipo de científicos que ha reconstruido el pasado marciano.

El grupo de Villanueva ha empleado los tres telescopios de infrarrojos más potentes del mundo, incluyendo el observatorio europeo en el desierto de Atacama (Chile), para hacer “fotografías” de la atmósfera de Marte. Gracias a la precisión de los aparatos, los científicos han podido analizar durante seis años la proporción de dos tipos de moléculas de agua: la familiar H<sub>2</sub>O y su versión HDO, en la que aparece una variante más pesada del hidrógeno, el deuterio.

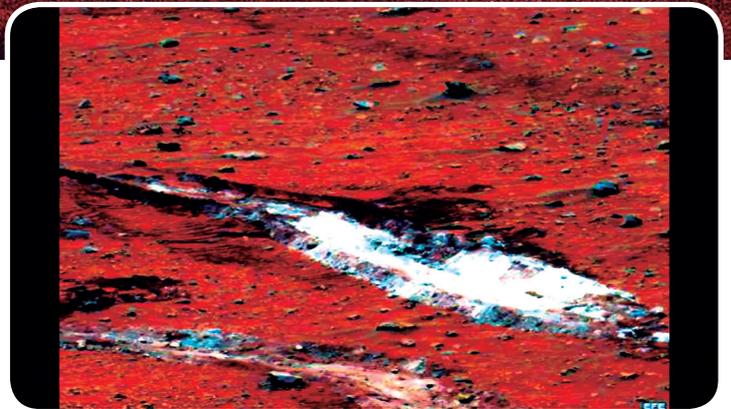
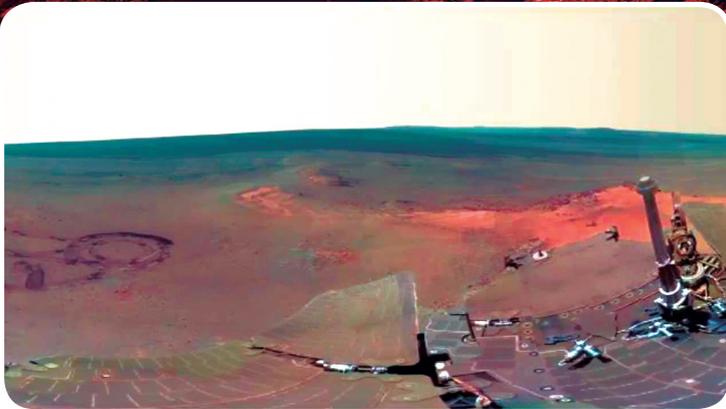
El balance entre estas dos moléculas es revelador. Mientras la versión pesada queda atrapada en el ciclo del agua marciano, la versión ligera tiende a escapar al espacio. Observando la proporción de cada uno de los dos tipos presente en los casquetes de hielo de los polos marcianos, los científicos pueden calcular la velocidad a la que Marte pierde agua y, por tanto, rebobinar para saber cuánta agua hubo en sus orígenes.

Marte fue húmedo mucho más tiempo del que fue necesario para que surgiera vida en la Tierra”, afirma el ingeniero argentino Gerónimo Villanueva

El retrato del planeta hace 4.500 millones se publica en la revista Science y muestra que nuestro vecino era rojo, pero también azul. El agua, con un volumen comparable al océano Ártico terrestre, no se repartía de manera uniforme por todo el planeta, sino que se concentraba en las hundi-



<sup>1</sup> Tomado y adaptado por la Editora de lo publicado en: [http://elpais.com/elpais/2015/03/05/ciencia/1425578431\\_158706.html](http://elpais.com/elpais/2015/03/05/ciencia/1425578431_158706.html)



das planicies del hemisferio Norte. “Era un océano poco profundo, 1,6 kilómetros como mucho, similar al mar Mediterráneo”, señala Villanueva, nacido en Mendoza hace 36 años.

Eran 20 millones de kilómetros cúbicos de agua líquida, el sustrato de la vida. En la misma época, en la misma agua y en el mismo rincón del universo, en la Tierra surgía la vida, hace al menos 3.500 millones de años, cuando accidentalmente se formó una molécula que era capaz de hacer copias de sí misma. La hipótesis de la comunidad científica es que en Marte pudo ocurrir lo mismo. Ahora, gracias a Villanueva, sabemos que la sopa marciana en la que pudo aparecer la vida duró en-

tre 1.000 y 1.500 millones de años. En la Tierra bastaron 800 millones.

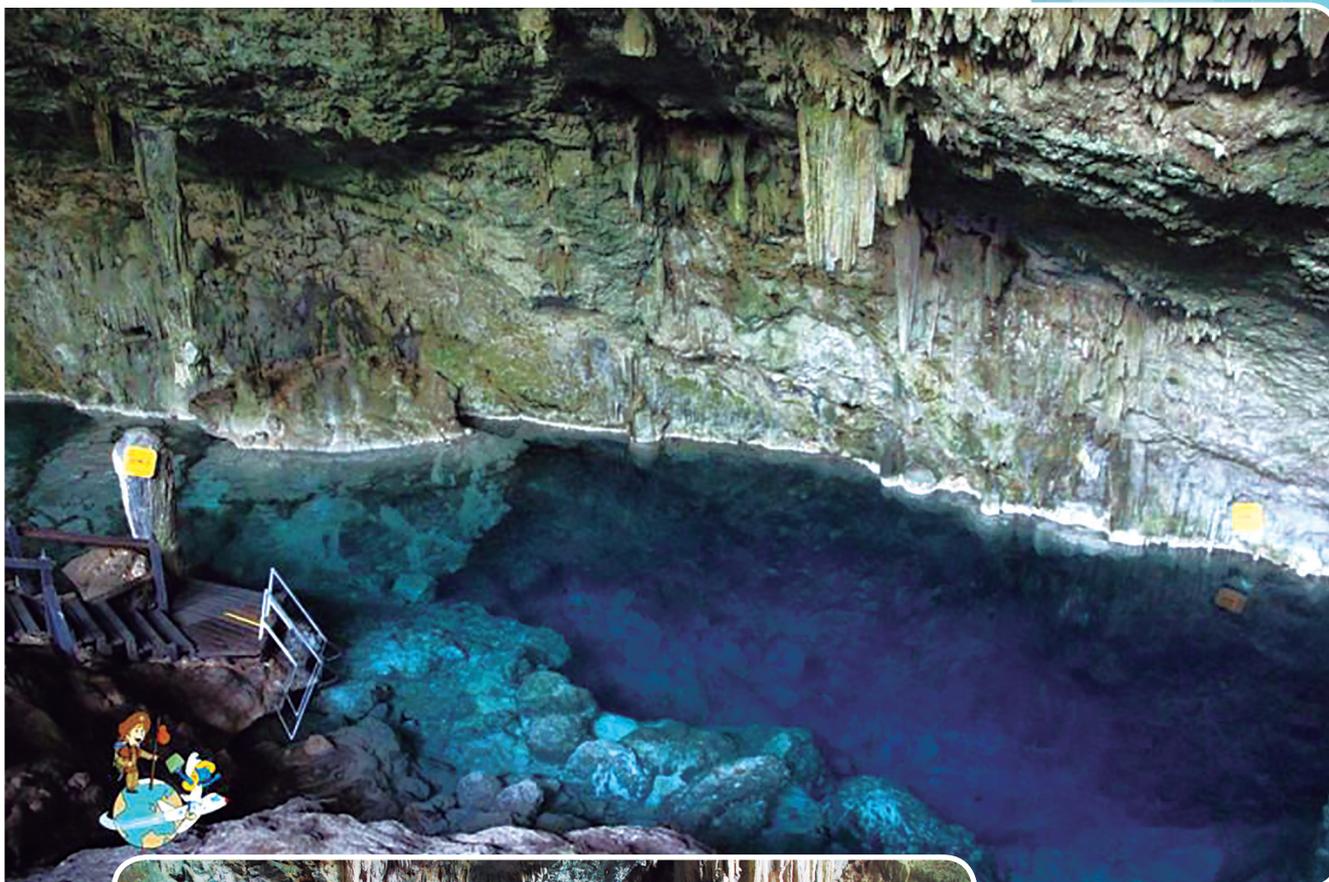
Los datos del argentino muestran que Marte ha perdido el 87 % del agua de sus océanos primitivos. El 13 % restante se congeló sobre los polos Sur y Norte. Pero los nuevos mapas de la atmósfera marciana elaborados por la NASA sugieren otra posibilidad excitante. Revelan la existencia de microclimas, con diferentes proporciones de los dos tipos de agua, pese a que el planeta es mayoritariamente desértico. “Son variaciones muy sorprendentes, que pueden significar que hay reservorios de agua bajo la superficie de Marte”, apunta Villanueva... 

## CUEVA DE SATURNO: PISCINA NATURAL CERCA DE VARADERO<sup>1</sup>

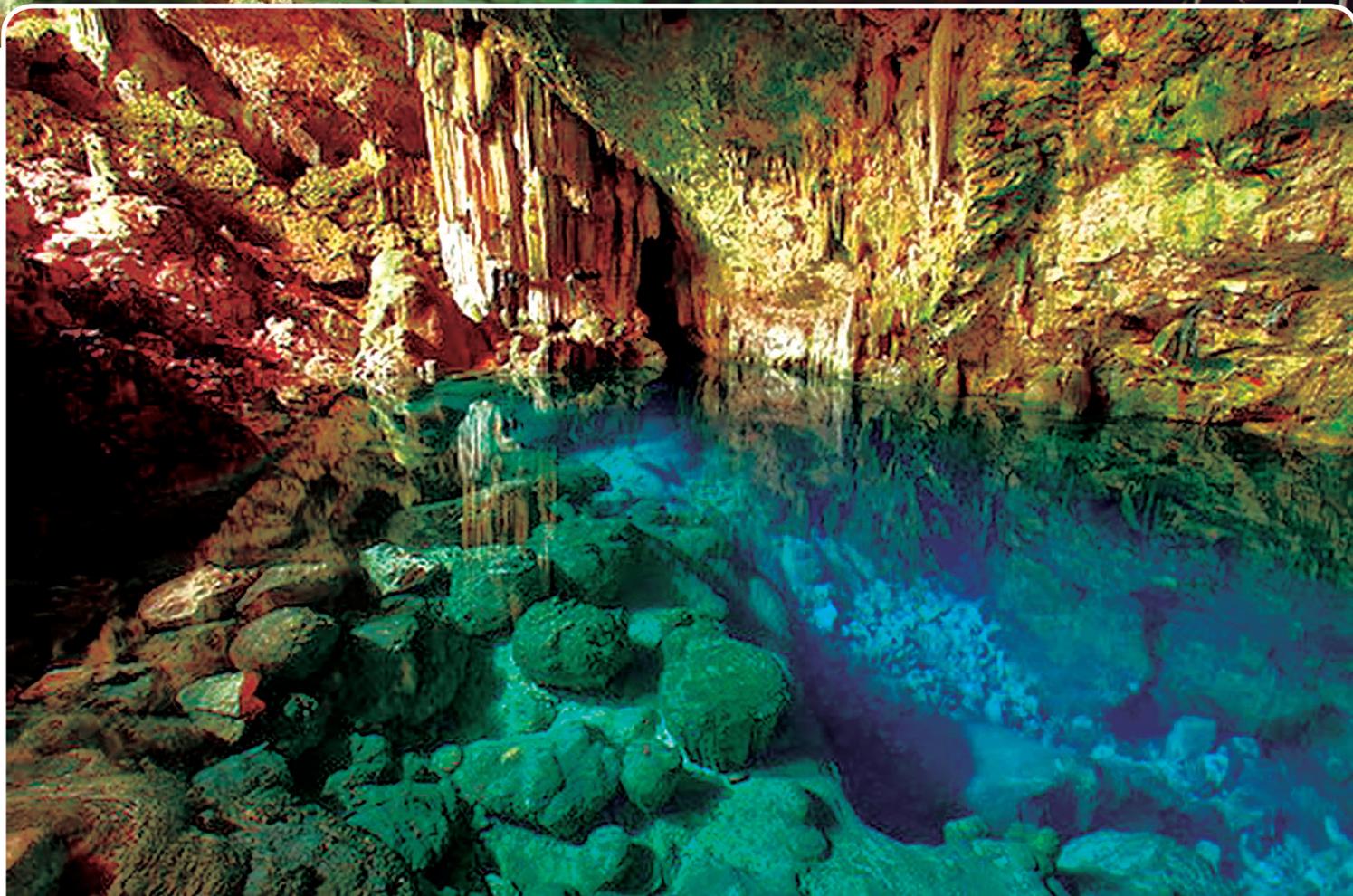
voluntad  
**HIDRAULICA**

**CURIOSIDADES**

A tan solo 12 kilómetros de Matanzas se encuentra uno de los sitios más espectaculares de la geografía cubana no demasiado conocido: La Cueva de Saturno. Su cercanía con Varadero, destino de visita por excelencia en Cuba, y con las propias Cuevas de Bellamar le han robado cierto protagonismo a este enclave natural.



<sup>1</sup> Tomado y adaptado por la Editora de lo publicado en:  
<https://www.cibercuba.com/lecturas/cueva-de-saturno-piscina-natural-cerca-de-varadero>



La Cueva de Saturno, se encuentra a unos 20 metros de profundidad y está repleta de estalactitas y estalagmitas. Posee un lago de 18 metros de profundidad con unas aguas tan cristalinas que permiten observar su fondo, y que lo convierten en una auténtica piscina natural, donde puede disfrutarse de un refrescante baño o de la práctica del buceo. La presencia de estalagmitas sumergidas sugiere que esta cueva no siempre estuvo inundada por el agua. Cuenta, además, con sendas galerías donde nadan peces y camarones ciegos –a causa de la oscuridad del recinto. 💧

## DATOS CURIOSOS Y ALARMANTES ACERCA DEL AGUA<sup>1</sup>

- Cada 8 segundos muere un niño en el mundo por beber agua contaminada (equivalente a 10,000 niños cada día).
- El turismo de golf tiene un gran impacto sobre la extracción de agua. Un campo de golf de 18 hoyos puede consumir más de 2.3 millones de litros diarios.
- Sólo en Sudáfrica, el conjunto de las mujeres camina diariamente, para buscar agua para sus familias, una distancia equivalente a 6 Kilómetros diarios.
- 1,100 millones de personas, aproximadamente una sexta parte de la población mundial, carecen de acceso al agua potable.
- El cuerpo humano contiene en promedio unos 37 litros de agua, lo que equivale al 65 % de la masa corporal de un adulto. El cerebro humano es un 75 % agua. Los huesos humanos son un 25 % agua. La sangre humana es un 83 % agua.
- Una persona puede sobrevivir un mes sin alimentarse, pero sólo siete días como máximo sin beber agua.
- Un cuerpo deshidratado entre un 3 a 5 % del agua total es posible que posea dolores de cabeza y pérdida de conocimiento, es por ello que es importante hidratarse continuamente en un día soleado y después de una actividad física.
- Cada año mueren unos 10 millones de personas en el mundo por beber agua contaminada.
- Alrededor de 2,600 millones de personas, de ellas 280 millones de niños de menos de cinco años de edad, no disponen de condiciones sanitarias adecuadas.
- Se necesitan 5,680 litros de agua para producir un barril de cerveza. Se necesitan 200 litros de agua para producir un solo litro de refresco.
- Más de dos tercios del agua consumida en el hogar se utilizan en el baño. En promedio, las personas utilizan 190 litros de agua por día. La descarga de un inodoro consume entre 7.5 y 26.5 litros de agua. Durante una ducha de sólo cinco minutos se utilizan entre 95 y 190 litros de agua.
- Cuando una persona siente sed, es porque ha perdido más del 1 % del total de agua de su cuerpo.
- Los animales de agua dulce se están extinguiendo cinco veces más rápido que los animales terrestres.
- Se necesitan 7,000 litros de agua para refinar un barril de petróleo crudo.
- Sólo el 0.007 % del agua existente en la Tierra es potable, y esa cantidad se reduce año tras año debido a la contaminación.
- Las reservas de agua subterráneas abastecen al 80 % de la población mundial. El 4 % de esas reservas ya está contaminado.
- Cada año se arrojan al mar más de 450 kilómetros cúbicos de agua contaminada. Para diluir esta polución se

<sup>1</sup> Nota del editor: Estos datos fueron citados acorde a lo planteado en <http://ecolisima.com/20-datos-curiosos-y-alarmanentes-sobre-el-agua/>  
Adaptado por la Editora de lo que aparece en <http://www.colgateprofesional.com.do/noticias/Datos-Curiosos-sobre-el-Agua/detalles>



utilizan 6,000 kilómetros cúbicos adicionales de agua dulce.

- El proceso para la fabricación del papel necesario para editar un periódico requiere más o menos 568 litros de agua.
- Una lámpara incandescente posee 0.01 % de su peso en mercurio, sin embargo, arrojar una lámpara al río puede contaminar 30,000 litros de agua.
- El mundo actual necesita 19,500 hm<sup>3</sup> diarios de agua potable solamente para calmar la sed total de la población mundial; la producción actual asciende a tan sólo 6,000 hm<sup>3</sup> creando una brecha importante entre los países del tercer mundo.

### **OTROS 10 CONSEJOS PARA AHORRAR EL AGUA. AHORRALA...recuerda que cada gota cuenta**

1. Al cepillarte los dientes, utiliza un vaso para enjuagarte la boca en lugar de utilizar el agua de llave, ahorrarás 12 litros de agua al minuto.
2. Cierre bien las llaves. Una llave mal cerrada puede gastar, innecesariamente, hasta 500 galones de agua diarios.

3. Ducharse en vez de tomar baños de tina. Se utiliza menos de la mitad de la cantidad de agua para un mismo fin.
4. No abra la ducha hasta que efectivamente vaya a bañarse. Sea consciente del tiempo que demora en ducharse. Por cada minuto menos dentro de la ducha ahorra hasta 12 gls de agua.
5. Espere que la lavadora esté llena para ponerla a funcionar. Se recomienda elegir los programas más cortos, así se ahorra agua y energía.
6. Un inodoro que se encuentra en mal estado puede derrochar hasta 52,840 gls de agua al año.
7. Reparar las goteras y los grifos con derrames ahorra 200 litros de agua a la semana (Una gota por segundo son 30 litros al día).
8. No utilice el inodoro para botar papeles. Esto produce taponamiento y sobrecarga en las redes cloacales.
9. Riegue sus plantas temprano en la mañana o en la noche, para evitar que el sol evapore el agua. Es mejor hacerlo con un balde que con manguera, y riegue sólo las plantas que lo necesitan.
10. Controle regularmente el estado de las llaves y tuberías para evitar fugas. Reparar las goteras y los grifos con derrames, ahorra 200 litros de agua a la semana. 

# 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**



# Río Ariguanabo

## PAISAJE NATURAL PROTEGIDO

San Antonio de los Baños. Provincia de Artemisa



En el río Ariguanabo cada paraje es conocido por su nombre, en esta ocasión se muestra una imagen tomada desde la zona de La Quintica en dirección río arriba para mostrar un tramo de su caudal aproximadamente hasta el lugar conocido como El Paso del Soldado. Con mucha antigüedad y nacido de sus propios manantiales a partir de un desgarramiento telúrico y una falla geológica que serpentea por un cauce intramontano; se desplaza de norte a sur, y atraviesa el poblado de San Antonio de los Baños, para luego tomar curso subterráneo al sumergirse en la Cueva del Sumidero, saliendo a la luz para derramar sus aguas en la costa sur de la provincia por la distante Playa de Cajío, al sur, en Güira de Melena. Tiene un ancho promedio de 23 metros y la profundidad de tres metros, en el tramo desde La Laguna hasta el lugar de sumersión en la cueva del Sumidero, dentro del casco urbano del pueblo, tiene una longitud de 11 km, de los cuales 10 km son navegables.

*Yo contribuyo a su conservación...*