

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. Revista Trimestral.

La Habana, Octubre-Diciembre, 2016/No. 118/ISSN 0505-9461



**TU PUEBLO
TE LLORA,
TE ACLAMA,
TE APLAUDE**

*este es nuestro último adiós.
Hasta la Victoria Siempre
Comandante!!*

XVIII Concurso Nacional infantil y adolescente Trazaguas 2017

En horas de la tarde del 18 de noviembre, junto a los defensores del medio ambiente y niños de diferentes grados de escolaridad, se presentaron las pautas que rigen nuestros concursos nacionales en una actividad realizada en el Palacio de los Pioneros de Ranchuelos, Villa Clara. Fecha escogida en conmemoración al 20 de noviembre de 1989, en que se aprobó la "Convención sobre los Derechos del Niño".

A cargo de la presentación del TRAZAGUAS estuvo Amneris Carreras, directora del proyecto "Agua amiga de las niñas y los niños" y Aylin Armenteros, secretaria de la UJC-INRH que presentó el concurso Infanto-juvenil CERO DERROCHE. Contamos también con el apoyo de Osmel Francis y Cubanos en la Red que amenizaron con sus letras ecologistas y alentadoras a favor del medio ambiente, dándole el toque divertido a la tarde, que tan bien recibida fue por parte de los niños y profesores que nos acompañaron.



CONCURSO DE FOTOGRAFÍA

cero DERROCHE 2017

La Habana, Cuba
Año 54 de la Revista, Octubre-Diciembre, 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 3 y final)/ Dr. Ing. Eduardo Arturo Velazco Davis | 4*
- *Lagunas para la descarga de los carros fosa/ Ing. Andrés A. Rodríguez Pizarro | 18*
- *Evaluación de la calidad del agua mediante la utilización de índices de calidad (ICA) y su aplicación en la cuenca hidrográfica Sagua la Grande/ M. Sc. Maritza T. Moreno Mata | 27*

NOVEDADES

- *La hidrología Isotópica: una herramienta efectiva para la gestión de recursos hídricos | 40*

MEMORIAS

- *Con Fidel hasta siempre | 42*
- *Mensaje del PCC-INRH como tributo a nuestro Comandante | 43*
- *Homenaje al Comandante en Jefe en Villa Clara | 43*
- *Las Tunas 1 de diciembre de 2016 | 44*
- *Contribución hidráulica a la avenida patria y al cementerio Santa Ifigenia | 45*
- *Iré a Santiago | 46*
- *Dicen de Fidel | 48*
- *Fidel y la Voluntad Hidráulica | 49*
- *Agua: una de las mayores urgencias | 52*
- *Memorias perdurables | 55*
- *Matthew al estilo de Sandy: llegó, golpeó, pero no venció | 58*
- *Informe sobre las acciones realizadas por el INRH, antes, durante y luego del paso del huracán Matthew | 61*
- *Premios Fórum RAMAL-INRH | 64*

Qué dice la prensa...

- *La atención a la población se mira por dentro | 66*
- *Experto destaca novedad de Ley de Aguas terrestre de Cuba | 66*
- *Todo el mundo sabe usar el agua, pero no sabe por qué tiene que existir una ley | 67*
- *A las puertas del cubagua 2017!! | 68*
- *Normas para la presentación de trabajos | 69*

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. Amneris Carreras Rodríguez



Ing. Alberto Porto Varona

Israel de Jesus Zaldivar Pedroso | *DISOÑADOR 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



El camino del uso sostenible del agua en Cuba lo inició Fidel, como padre del desarrollo hidráulico, luego de la ocurrencia de eventos extremos de sequía y posteriormente grandes inundaciones de octubre de 1963. Su visión trascendió el tiempo, aún cuando la dimensión del impacto del cambio climático no era visible en aquellos días para la comunidad internacional y nacional.

Su voluntad creadora fue concretándose hasta alcanzar en casi 50 años, cifras de almacenamiento de agua en los embalses construidos, así como de investigaciones de las aguas subterráneas, que han hecho posible asegurar el abastecimiento de agua a la mayoría de la población, la agricultura, la industria y la protección del medio ambiente, desarrollo que continúa y se perfecciona.

Con este legado, los trabajadores, funcionarios y directivos del sistema del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), tienen en el presente y futuro el reto de seguir construyendo y desarrollando la obra fundacional de Fidel, cada vez con mayor eficiencia, compromiso y responsabilidad.

Nuestros profundos sentimientos de tristeza por su desaparición física, los multiplicaremos por la presencia permanente de sus enseñanzas, ideas y ejemplo en el quehacer diario en nuestros puestos de trabajo.

Junta a todo el pueblo cubano, que llora con amor profundo por nuestro Comandante en Jefe, pero que se crece con su ejemplo, apoyamos a nuestra Revolución, seguimos en combate. 💧

Te queremos Fidel,
¡Viva Fidel por siempre!

UN ACERCAMIENTO A LOS ALIVIADEROS EN CUBA (Parte 3 y final)¹

 voluntad
HIDRAULICA

CIENTÍFICO TÉCNICO

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.

7. ALIVIADEROS SIMPLES Y DE CANAL NATURAL. FUSIBLES

Además de los que fueron descritos anteriormente, en Cuba se han construido un gran número de aliviaderos de configuraciones más simples, algunos de gran envergadura, con vertedores rectos de distintos tipos, desde vertedores de hormigón de pared delgada y umbrales anchos o poligonales, hasta perfiles prácticos con vacíos, y que se han equipado al pie con estanques amortiguadores o con otras estructuras con régimen de fondo que presentan diverso tamaño y complejidad, o entregan el flujo a rápidas prismáticas de variable longitud, pendiente y forma de la sección transversal, rematadas por estanques o por trampolines apoyados en pilotes o en dentellones. La Tabla 9 relaciona dichos aliviaderos atendiendo, como antes, al valor del gasto.

Por otra parte, en la Tabla 10 figuran los aliviaderos más simples, constituidos por canales naturales que se revisten con vegetación para disminuir la erosión y se equipan con secciones de control que en muchos casos se construyen en forma de badenes para facilitar el paso de vehículos, y en otros se conforman con muretes o umbrales de hormigón de uno u otro tipo, fundidos a ras con el lecho del canal o que sobresalen ligeramente de este último. Como se aprecia en la tabla, a pesar de su simplicidad varias de estas estructuras son capaces de evacuar gastos de significación, lo que indica que su diseño hidráulico debe llevarse a cabo también con sumo cuidado, valorando adecuadamente, sobre todo, la influencia de la vegetación en el valor de las resistencias hidráulicas, así como en los procesos erosivos a que se verá sometido el suelo, los que en muchos casos obligarán a reconstruir gran parte de la estructura tras el paso de gastos de consideración.

¹ 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.

Tabla 9. Aliviaderos con vertedores rectos y conducciones prismáticas (59)

Nº	Presa	Provincia	Año	L [m]	Q [m³/s]	H ₀ [m]
1	Las Nieves	Matanzas	1987	12,0	16	0,70
2	Número 20	Matanzas	1975	10,0	18	0,95
3	Laguna de Piedra (<i>actualiz.</i>)	Artemisa	1970	18,0	27	1,00
4	La Escuelita	La Habana	76-80	13,0	30	1,29
5	El Doctor	La Habana	76-80	15,0	35	1,26
6	Laguna Grande	Pinar del Río	1968	59,2	55	0,94
7	Las Mercedes	Villa Clara	1975	37,0	59	1,00
8	El Calvario	Ciego de Ávila	1991	8,0	60	1,50
9	El Mulo	Pinar del Río	1992	10,0	64	1,93
10	Unión II	Camagüey	1972	60,0	67	0,77
11	Peñalver	La Habana	81-89	29,0	73	1,35
12	El Cacao	La Habana	76-80	15,0	75	2,13
13	Enrique Hart (Guáimaro)	Camagüey	1967	65,0	83	0,90
14	Durán II	Camagüey	1979	20,0	87	1,90
15	Jagüeyes	Holguín	1989	27,0	107	1,50
16	Bacuranao	La Habana	1971	14,3	116	3,28
17	La Esperanza	Holguín	2012	9,5	120	3,00
18	El Pitirre	La Habana	76-80	25,0	122	2,11
19	El Patate	Pinar del Río	1989	15,0	123	2,18
20	Playuelas (Naranjo)	Las Tunas	1986	115,0	136	1,70
21	La Ceiba	La Habana	76-80	54,0	145	1,16
22	San Francisco (<i>actualizado</i>)	Artemisa	1987	32,0	152	2,06
23	La Palma	La Habana	76-80	40,0	183	1,92
24	Chimbí	Las Tunas	1988	50,0	210	1,50
25	Seboruquito	Holguín	2012	16,5	210	3,00
26	Río Hondo	Pinar del Río	1990	30,5	220	3,13
27	Tres Palmas	Holguín	1976	59,8	250	1,10
28	Siguaney	Sancti Spíritus	1968	36,0	250	2,50
29	Combate de Río Hondo	Pinar del Río	1991	40,0	262	2,00
30	Lebrije	Sancti Spíritus	1970	12,0	266	4,90
31	Máximo	Camagüey	1980	37,5	300	2,50
32	Hidrorregulador Gibraltar	Camagüey	1992	54,7	305	1,13
33	Gramal	Las Tunas	1977	105,0	318	1,20
34	El Rancho	Pinar del Río	1990	40,6	319	2,62
35	Ciego	Las Tunas	1977	75,1	340	1,15
36	El Yeso	Las Tunas	1988	395,0	340	1,20
37	Bahía Honda	Pinar del Río	1979	47,8	340	3,20
38	Najasa I	Camagüey	1975	45,0	370	2,40
39	Cuyaguaje	Pinar del Río	1968	120,0	380	1,00
40	Chalons	Santiago de Cuba	1906	145,2	398	2,15
41	Derivadora Sevilla	Las Tunas	1992	84,0	539	3,70
42	El Rincón	Las Tunas	1990	225,0	600	1,00
43	San Pedro	Camagüey	1991	97,0	604	2,40
44	Colorado	Holguín	1991	55,0	604	3,88
45	Los Palacios	Pinar del Río	1975	70,0	628	2,95
46	La Juventud	Pinar del Río	1973	51,3	640	3,45
47	La Majagua	Santiago de Cuba	1996	60,0	647	3,50
48	Paso Viejo	Pinar del Río	1990	45,1	654	3,31
49	Del Medio-Las Nuevas	Isla de la Juventud	1971	197,0	664	1,40
50	Cautillo	Granma	1990	71,1	690	3,60
51	Hanabanilla	Villa Clara	1960	113,4	810	2,60
52	Cilantro	Granma	2001	76,0	812	3,80
53	La Quinta	Sancti Spíritus	1991	72,0	886	3,25
54	Mayarí	Holguín	2012	20,00	939	9,95
55	Libertad	Isla de la Juventud	1991	106,0	992	1,00
56	Higuanojo	Sancti Spíritus	1980	76,0	1 020	3,20
57	Porvenir	Camagüey	1975	129,8	1 135	2,52
58	Derivadora Caonao	Camagüey	1981	72,0	1 135	3,50
59	Tuinucú	Sancti Spíritus	1989	39,0	1 350	6,05
60	Avilés	Cienfuegos	1980	100,0	1 980	4,10

Tabla 10. Aliviaderos con canales naturales (86)

Nº	Presa	Provincia	Año	L [m]	Q [m³/s]	H _o [m]
1	Zanjanal	Pinar del Río	1968	17,0	3	0,51
2	Número 19	Matanzas	1982	40,0	6	0,35
3	Santa Inés	Holguín	1980	60,0	11	0,50
4	Santa María	La Habana	76-80	20,0	12	0,76
5	Las Piedras	Camagüey	1979	80,0	17	0,60
6	Laguna de Piedras	Pinar del Río	1976	10,0	18	1,20
7	El Naranjal	Camagüey	1975	(parab.)	29	0,60
8	Número 10	Matanzas	1980	52,0	30	0,58
9	Arenillas 4	Camagüey	1977	40,0	31	0,60
10	La Venera	Camagüey	1976	100,0	34	0,50
11	Pastora	Camagüey	1956	80,0	38	0,50
12	Ángel II	Camagüey	1954	(parab.)	38	0,50
13	San Felipe	Camagüey	1954	(parab.)	40	0,50
14	El Mayor	Camagüey	1975	110,0	42	0,50
15	Cimarrones	Matanzas	1991	20,0	42	1,30
16	La Jía	Camagüey	1981	40,0	42	1,80
17	La Yaya	Camagüey	1985	68,0	45	0,61
18	Primelles	Camagüey	1974	125,0	47	0,60
19	El Abra	Isla de la Juventud	1968	70,0	50	0,64
20	Porvenir II	Camagüey	1984	125,0	50	0,80
21	Número 7 Tílima	Camagüey	1973	130,0	53	0,50
22	Muñoz	Camagüey	1977	---	56	---
23	La Farola (Maniabón 5)	Las Tunas	1974	40,0	58	1,00
24	El Junco	Pinar del Río	1989	18,0	58	1,50
25	San Manuel	Camagüey	1989	90,0	59	0,60
26	Anguila	Camagüey	1975	130,0	59	0,60
27	Las Mercedes	Las Tunas	1990	16,0	60	1,80
28	Ojo de Agua (Maniabón 4)	Las Tunas	1975	56,0	62	0,80
29	San José	Matanzas	1992	50,0	65	1,80
30	Josefina (La Horqueta)	Camagüey	1975	80,0	67	0,60
31	Palmarito II	Camagüey	1954	75,0	69	0,75
32	20-II	Camagüey	1991	106,0	70	0,60
33	Buena Vista 48	Camagüey	1976	85,0	75	0,60
34	El Cornito (Cornito 1)	Las Tunas	1974	206,1	79	0,80
35	Las Villas	Granma	1969	60,0	79	1,00
36	Las Lajas	Las Tunas	1990	100,0	81	0,50
37	Santa Rosa 84	Camagüey	1976	120,0	81	0,60
38	San Juan de Dios	Camagüey	1989	130,0	89	0,60
39	Buen Tiempo 4	Camagüey	1977	215,0	91	0,60
40	Charco Largo	Las Tunas	1975	102,0	93	0,70
41	Nombre de Dios	Pinar del Río	1996	20,0	96	2,75
42	Minas I	Camagüey	1984	114,0	98	0,70
43	Dique Barroso	Camagüey	1984	190,0	98	1,00
44	Canasi (act. ualizado)	Mayabeque	1977	30,0	98	1,63
45	Número 4-B	Camagüey	1986	150,0	99	0,60
46	Las Piedras 5	Camagüey	1992	152,0	102	0,60
47	Ortiz (Dique Yarey)	Las Tunas	1989	150,0	104	1,70
48	Sitio Peña	Pinar del Río	1975	315,0	105	0,70
49	Jucaral 10	Camagüey	1985	100,0	107	1,10
50	Los Indios	Isla de la Juventud	1970	50,0	107	1,13
51	Aridanes	Sancti Spiritus	1968	200,0	110	0,50
52	La Breñosa	Las Tunas	1987	130,0	110	1,20
53	Santa Teresa I	Camagüey	1976	180,0	112	0,60
54	Las Margaritas	Ciego de Ávila	1990	70,0	115	0,70
55	Mal País II	Isla de la Juventud	1968	60,0	143	1,11
56	Las Lajas	Holguín	1990	75,0	145	1,16
57	Buena Vista	Pinar del Río	1973	39,6	145	1,41
58	Cascorro 88	Camagüey	1976	160,0	149	1,00
59	Mal País I	Isla de la Juventud	1970	30,0	153	1,17
60	La Muralla	Pinar del Río	1983	55,0	155	2,00

Nº	Presa	Provincia	Año	L [m]	Q [m³/s]	H ₀ [m]
61	Sabanas Nuevas	Ciego de Ávila	1988	120,0	164	0,80
62	Montecito	Camagüey	1969	100,0	188	1,65
63	Siguaraya	Las Tunas	71-75	145,0	203	1,00
64	Copo del Chato	Las Tunas	1974	150,0	210	1,00
65	Banao II	Sancti Spíritus	1980	110,0	218	1,25
66	Cayojo	Las Tunas	1980	80,0	223	1,55
67	La Bija (Capitán Tomás)	Pinar del Río	1982	250,0	240	1,25
68	El Mijial (Maniabón)	Las Tunas	1975	145,0	244	1,10
69	Jobabito	Las Tunas	1991	210,0	257	0,80
70	Naranja	Holguín	2004	60,0	335	2,50
71	Pozo Azul	Guantánamo	1983	50,0	335	2,80
72	Manicaragua	Villa Clara	1972	58,1	345	2,93
73	El Lavado (El Lavado 5)	Las Tunas	1975	(parab.)	350	1,00
74	Las Casas II	Isla de la Juventud	1969	140,0	381	1,00
75	Caonao	Camagüey	1969	300,0	384	0,80
76	Hidrorregulador Durán	Camagüey	1991	---	399	0,60
77	Santa Clara	Villa Clara	1992	86,5	400	2,46
78	Bibanasí	Matanzas	1990	90,0	413	1,50
79	San Juan	Pinar del Río	2000	16,0	477	6,90
80	Hidrorregulador Las Flores	Camagüey	1994	---	846	0,90
81	La Atalaya	Camagüey	1975	700,0	1 126	1,10
82	Los Asientos	Guantánamo	1991	130,0	1 450	3,60
83	Puente Largo	Ciego de Ávila	1988	---	sin datos	0,50
84	Número 102 Aguacate	Camagüey	1975	150,0	sin datos	0,60
85	Guanal 50	Camagüey	1979	---	sin datos	0,80
86	Misión	Camagüey	1979	---	sin datos	1,00

Cercanos a los anteriores son los aliviaderos fusibles, destinados a contribuir decisivamente a la evacuación de las grandes avenidas, al costo de su destrucción y posterior reconstrucción. Aunque en el país se han construido sólo contadas estructuras de este tipo, el autor ha propugnado su empleo, sobre todo en los casos en que su incorporación a las presas ya construidas puede constituir una alternativa muy ventajosa para incrementar la capacidad de servicio de los sistemas de evacuación existentes en ellas (Velazco 1999c, 2009a, 2009b, 2009c, 2011b, 2011c). Para lograr esto con la mayor calidad, ha resultado de especial significación la sustentación de un modelo avanzado de cálculo que toma en consideración el carácter gradual de los procesos erosivos que acarrearán la destrucción del fusible (Velazco 1981d, 2004, 2006e) y que conduce por consiguiente a resultados más fundamentados y precisos, como se evidenció con su aplicación al diseño y la construcción en Ecuador del fusible de la Presa Chongón, por parte del Ing. Luis Marín Nieto (Figura 29).



Figura 29. Fusible construido en la cola del embalse de la Presa Chongón, en Ecuador, aplicando el procedimiento del autor.

Finalmente, a la Tabla 11 se han llevado las presas que no cuentan con un aliviadero principal, ya sea porque sus volúmenes de almacenamiento sean capaces de asimilar íntegramente los volúmenes de las avenidas de diseño, como en El Salto de Pinar del Río, o porque se hayan construido formando parte de conjuntos en los cuales sus aguas se conduzcan a otros embalses por donde se viertan también sus excedencias, como tiene lugar en Isla de la Juventud en el caso de la presa Las Tunas, enlazada con Libertad, y en el caso de la presa Chambas I, integrante del Conjunto Hidráulico Liberación de Florencia, en Ciego de Ávila.

Tabla 11. Presas sin aliviaderos (5)

Nº	Presa	Provincia	Año	Observaciones
1	El Salto	Pinar del Río	1980	Cuenta con un aliviadero auxiliar de canal natural con badén y gasto de 137 m³/s
2	Jibacoa	Villa Clara	---	---
3	Chambas I (Cañada Blanca)	Ciego de Ávila	1988	Se enlaza con Chambas II mediante un canal
4	La Guanábana	Isla de la Juventud	1970	---
5	Las Tunas	Isla de la Juventud	1988	Se enlaza con Libertad mediante un canal

8. ESTRUCTURAS DE SALIDA DE LOS ALIVIADEROS

Las características topográficas de los emplazamientos de nuestros aliviaderos han conducido a descartar (en ocasiones, con cuestionables argumentaciones) el empleo de las conducciones escalonadas, y condicionado que sin excepción, el enlace entre sus tramos iniciales y las estructuras de salida se haya llevado a cabo por medio de rápidas, algunas de considerable pendiente, como la proyectada recientemente por el autor e I. Piñeiro para la terminación del aliviadero de la presa Caunavaco, con una inclinación de 22,5%, que presumiblemente es la mayor entre nuestras obras (Velazco y Piñeiro 2006). En varias de estas estructuras de unión se ha podido establecer por cálculo la formación de elevadas velocidades y la aireación del flujo, así como, en menor medida, la aparición de la cavitación, por lo que se ha prestado una esmerada atención al pronóstico de los fenómenos asociados a estas manifestaciones, y a los medios para combatirlas.

Así, a partir de las fundamentales contribuciones de T. Voinich-Sianozhenski y de otros investigadores (Sakvarelidze 1968, Voinich-Sianozhenski y Sakvarelidze 1969, Sliski 1979), el autor ha logrado estructurar procedimientos modernos y seguros para pronosticar el surgimiento de la aireación en las rápidas, precisar consecuentemente los parámetros de la corriente y determinar las alturas necesarias de sus muros (Velazco 2006f), lo que se une al diseño de bloques de impacto y disipación integrando los procedimientos de Peterka, de Rhone y de otros investigadores (Peterka 1964, 1984; Rhone 1971, 1977; *Departamento de Transporte de los EE.UU.* 2006), como se hizo para la remodelación del Disipador San Agustín, en Matanzas (Velazco y Piñeiro 2011a), y especialmente al empleo de rugosidades intensificadas y la consideración de su influencia en las sollicitaciones estructurales sobre las losas, que se ha basado en aportes como los de P. Gordienko (Gordienko 1969, Kiseliiov 1972), y sobre todo en los amplios y detallados experimentos llevados a cabo por O. Aivazian (en Agroskin *et al.* 1964), incluyendo los que dicho autor llevó a cabo en nuestro país en ocasión del diseño experimental del aliviadero de la presa Los Palacios (Aivazian y Armengol 1973), con los que enriqueció el alcance de esos estudios, y la aplicación de modernos resultados basados en la teoría de la elasticidad, que fueron publicados por L. Smirnov y R. Santos en la revista "Voluntad Hidráulica" del INRH (Smirnov y Santos 1978).

Junto a lo anterior, en los aliviaderos construidos en Cuba ha tenido una amplia difusión el empleo de las estructuras de salida en forma de trampolines, que tienen muchos puntos de contacto con los *ski jumps* o saltos en esquí de las presas vertedoras (Lopardo *et al.* 1983, Briguetti 2004), y la adopción de esta solución se ha extendido incluso a casos de suelos pocos resistentes, una práctica que no es

frecuente en otros países, donde esta alternativa se limita casi exclusivamente a los diseños en que los tramos de aguas abajo están constituidos por suelos rocosos o semi-rocosos (Santos 1983, Velazco 1999b). Esta peculiaridad constituye en la práctica un notable atributo de nuestros aliviaderos, toda vez que las soluciones de este tipo son menos sensibles al incremento del gasto que los estanques disipadores, y de ser necesario se pueden modificar o reforzar con más facilidad y a menor costo. Constituyen una notable excepción los trampolines que generan a la salida un régimen superficial de circulación y que resultan por consiguiente muy sensibles a la elevación del nivel de restitución por encima del de diseño, lo que en nuestro ámbito se evidenció con la destrucción de la estructura de salida ocurrida en el aliviadero de la presa La Felicidad, en la provincia de Sancti Spíritus, ya en vías de solución con un proyecto de rehabilitación (Rodríguez y Villar 2011) que en algunos aspectos ha contado con la sustentación del autor (Velazco 2011a).

El inventario de todas las estructuras de salida adoptadas en nuestras obras escapa a los alcances de la presente exposición. No obstante, en la Tabla 12 se brinda una muestra representativa constituida por los tipos de estructuras presentes en 20 aliviaderos de las actuales provincias de La Habana, Matanzas, Mayabeque y Artemisa, para lo que se han ampliado los resultados de un estudio reciente (Velazco 2010a).

Tabla 12. Estructuras de salida de aliviaderos construidos en las provincias de La Habana, Matanzas, Mayabeque y Artemisa

Nº	Presa	Estanque amortiguador	Trampolín	
			sin deflectores	con deflectores
1	Bacuranao	X		
2	La Coca	X		
3	La Zarza	X		
4	Niña Bonita	X		
5	Caunavaco			X (sin terminar)
6	Mosquito	X		
7	La Ruda			X
8	Aguas Claras			X
9	La Coronela			X
10	San Francisco			X
11	Pedroso	X		
12	Mampostón		X	
13	San Miguel		X	
14	Pinillos			X
15	Jaruco			X
16	Maurín		X	
17	Jibacoa			X
18	Baracoa		X	
19	Lag. de Piedras	X		
20	Ejército Rebelde		X	

Se evidencia la notable circunstancia de que sólo en unos cuantos aliviaderos se prefirió la solución de estanque amortiguador, entre los cuales, además del caso obvio de la Derivadora Pedroso equipada con compuertas (ver la

Figura 6), figuran significativamente las correspondientes a los cuatro aliviaderos de la provincia de La Habana, así como la del abanico de la presa Mosquito, que como ya se consignó fue el primero de su tipo (en la primera presa diseñada y construida íntegramente por nuestros especialistas después del triunfo revolucionario de 1959), y quedó equipado con un estanque auxiliado por los deflectores y bloques de impacto que se aprecian en la Figura 30.



Figura 30. Estanque amortiguador del aliviadero Mosquito (Provincia de Artemisa).

Por el contrario, la mayoría de estas estructuras son trampolines apoyados sobre dentellones, sobre pilotes o sobre una combinación de ambos elementos. Aunque en más de la tercera parte de estos casos se optó por una configuración simple, desprovista de aditamentos auxiliares, como en el aliviadero San Miguel de la Figura 31, en su mayoría los trampolines se han equipado con deflectores de diversos tipos, destinados a elevar la trayectoria del chorro y a desagregarlo para propiciar su aireación, lo que reduce las socavaciones en la zona de caída (Velazco 2006g). Casi siempre esto se logró con soluciones dentadas como la del trampolín del aliviadero La Coronela, en la Figura 32, que constituye un ejemplo típico en este sentido y que junto a otros estimuló la ejecución de investigaciones sistemáticas, incluyendo una Tesis de Doctorado (González 1984) que fue conducida bajo la dirección del autor.

La referida ventaja adaptativa de los trampolines deviene una fortaleza en lo tocante a su actualización ante el cambio climático, por cuanto posibilita adecuar estas obras al incremento previsto de los gastos. En efecto, a diferencia de lo que ocurre cuando terminan en estanques disipadores (Zamarin y Fandieyev 1965; Canales, Vallés y Fernández 2000a, 2000b), los aliviaderos con trampolines, más aun los que cuentan con deflectores o con soluciones originales con rampas de distinta pendiente como la que el autor innovó en el aliviadero Vicana (ver la Figura 11 de la Parte 1 de la contribución) (ver también Velazco 1980b) y aplicó posteriormente a la remodelación del trampolín con esviaje del aliviadero Moa (Velazco y Santos 1989), o los

que presentan expansiones de doble curvatura, como el diseñado por el autor adecuando el riguroso modelo analítico de Visotski (Visotski y Tuzhilkin 1963, Visotski *et al.* 1973, Velazco 2006h), pueden soportar sobrecargas de consideración sin que por eso se afecten apreciablemente su desempeño hidráulico ni su comportamiento estructural. En lo tocante a este último aspecto, lo anterior se desprende del análisis de la variación que en ese caso experimentan las cargas hidrodinámicas que se ejercen sobre dichas estructuras, reportadas por A. Kavieshnikov y E. Alegret (1984), mientras que la poca vulnerabilidad que manifiesta su comportamiento hidráulico se ha establecido reiteradamente por vía teórica y experimental por Vizgo (1940), el USBR (1964), Mirtsjulava (1967), Beliashevski *et al.* (1974), Santos (1983), Ghodsian, Abbasi y Azar (1998, 1999) y Briguetti (2004), así como por el autor en modelos de gran tamaño (Cadavid y Veiga 1978, Velazco 1980c, 1981e, 1983a, González 1984), cuyos resultados han contribuido a consolidar métodos para el cálculo preciso de los conos de socavación y de las erosiones generalizadas en diversas condiciones de evacuación y explotación (Santos 1983, Velazco 1984b, 1985d, 2005a, 2005b), incluyendo la modelación física de suelos semirrocados y rocosos con mezclas de materiales de diversos tipos dosificadas apropiadamente (Ajmedov 1961, Voinov, Prudovski y Smirnov 1969, Velazco y Santos 1989).



Figura 31. Trampolín simple del aliviadero San Miguel (Provincia de Mayabeque).



Figura 32. Trampolín con deflectores del aliviadero la Coronela (Provincia de Artemisa).

9. ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LA ROTURA DE PRESAS

Al inicio de la contribución se hizo constar que, según las sistematizaciones llevadas a cabo por el ICOLD, más de un tercio de las roturas de presas que han ocurrido en el planeta han tenido su origen en el diseño inadecuado de sus aliviaderos, cuya capacidad de servicio fue insuficiente para evitar el rebose del agua y la destrucción de las cortinas al paso de las grandes crecidas. Conviene consignar que otras fuentes autorizadas contabilizan en no menos de 9 300 las vidas humanas por la rotura de presas durante los primeros ochenta años del siglo XX, y en más de 3 700 las que acaecieron en el siglo anterior (Jansen 1980). En la Tabla 13 se recogen datos representativos ordenados cronológicamente, pero no se incluyen todas las destrucciones de presas, que se elevan a 2 000 desde el siglo XII y de las cuales casi 200 tuvieron lugar en el ya mencionado período del pasado siglo, según muestra la Tabla 14. Por su parte, H. Blind (1983) coincidió con el ICOLD en afirmar que el 35% de estos desastres se produjo por el rebose de las cortinas, pero agregó que ello se originó no sólo en el diseño hidráulico inapropiado de los aliviaderos, sino también en el conocimiento deficiente y el mal uso de los datos hidrológicos.

Tabla 13. Pérdidas en vidas humanas por roturas de presas hasta 1980, según R. Jansen

Presa	País	Año	Personas
San Idelfonso	Bolivia	1626	cerca de 4 000
Puentes	España	1802	608
Bradfield	Inglaterra	1864	238
Mill River	EE.UU.	1874	143
El-Habra	Argelia	1881	209
Valparaiso	Chile	1888	más de 100
South Fork	EE.UU.	1889	2 209
Walnut Grove	EE.UU.	1890	150
Bouzey	Francia	1895	más de 100
Austin	EE.UU.	1911	80
Bila Desna	Checoslovaquia	1916	65
Lower Otay	EE.UU.	1916	30
Gleno	Italia	1923	600
Eigian-Coedty	Gales	1925	16
Saint Francis	EE.UU.	1928	450
Allasella Zarbino	Italia	1935	más de 100
Malpasset	Francia	1959	421
Vega de Tera	España	1959	144
Oros	Brasil	1960	cerca de 1 000
Kuala Lumpur	Malasia	1961	600
Hyokiri	Sudcorea	1961	250
Babii Yar	URSS	1961	145
Panshet-Khadakwasla	India	1961	sin datos precisos
Quebrada La Chapa	Colombia	1963	250

Presa	País	Año	Personas
Vaiont	Italia	1963	2 600
Zgorigrad	Bulgaria	1966	96
Sempor	Indonesia	1967	200
Nanaksajan	India	1967	más de 100
Frais	Argentina	1970	42
Triga	India	1971	sin datos
Buffalo Creek	EE.UU.	1972	125
Teton	EE.UU.	1976	11
Baldwin Hills	EE.UU.	1976	5
Machhu II	India	1979	2 000

Tabla 14. Fallos catastróficos en presas, según el ICOLD y G. Mainow

Año	Fallos	Año	Fallos
antes de 1900	38	de 1940 a 1949	11
de 1900 a 1909	15	de 1950 a 1959	30
de 1910 a 1919	25	de 1960 a 1965	25
de 1920 a 1929	33	de 1966 a 1985	79 ^[1]
de 1930 a 1939	15	Total	192

Nota: ^[1]Según datos reportados por Guillermo V. Mainow

A la luz de estas realidades, resulta pertinente valorar la vulnerabilidad de nuestras presas en términos del tiempo en que podrán quedar destruidas si una insuficiente capacidad de servicio de los aliviaderos con que ellas cuentan, o el incremento de los parámetros de las avenidas en el escenario actual, conduce al rebose de sus cortinas. El problema es por supuesto sumamente complejo, y debe ser abordado con un enfoque integrador y multidisciplinario, como se ha hecho constar en contribuciones recientes de L. Cantero y el autor (2010, 2011) y en sendas Tesis de Diploma de K. Profet (2011) y D. Ricardo (2011) que contaron con la asesoría de dichos autores. No obstante, con frecuencia se puede acudir a enfoques simplificados aproximados (Velazco 2010b) que en muchos casos resultan suficientes para brindar las respuestas prácticas necesarias, o que con sus resultados desbrozan el camino para la posterior aplicación de metodologías más precisas (Álvarez 2007). Una de esas aproximaciones, que ha merecido reconocimiento internacional, será la empleada a continuación para estimar el ancho de la brecha que acompaña al proceso de rotura de una presa de tierra, y el tiempo necesario para que la rotura alcance su estado final.

En efecto, según se reporta en la *Guía Técnica* editada por el Ministerio de Medio Ambiente de España (2001), en las presas de hormigón de gravedad las roturas han transcurrido en tan sólo 5-15 min, y el ancho de la brecha ha sido, en la media, igual a 1/3 de la longitud total de la coronación, o a la suma de los anchos de los 3 bloques de la presa que se ubicaban sobre el cauce del río. Sin embargo, en los casos de las presas de tierra, el proceso de formación de una brecha de rotura es gradual y está condicionado por la erosión del material que la compone y el desprendimiento cada vez más intenso de agregados

y bloques. El procesamiento estadístico de un gran cúmulo de datos reales ha permitido establecer las siguientes fórmulas para el ancho medio final b_{br} de la brecha (en [m]), a la que en el mencionado documento se atribuye una forma trapecial con taludes de inclinación 1:1, y para el tiempo de rotura T_{rot} (en [h]), definido como el que media entre el inicio de la formación de esta última y el instante en que alcanzará su estado definitivo:

$$b_{br} = 20 H_{rot}^{1/4} W_{rot}^{1/4}; T_{rot} = 4,8 H_{rot}^{-1} W_{rot}^{1/2} \quad (1) \quad (2)$$

En los casos de rotura por rebose, H_{rot} representa evidentemente la altura de la presa hasta su coronación, en [m], y W_{rot} que es el volumen de agua embalsada en el momento en que se inicie la formación de la brecha, se sustituye en [hm³].

A falta de datos precisos sobre la altura de los parapetos que han sido construidos en varias de nuestras presas, un recurso que el autor respalda decididamente y que viene sustentando en los últimos años (Velazco y Piñeiro 2011b, 2012), incluyendo la redacción de una nueva *Norma Cubana* de protección contra el oleaje (Velazco 2013a), para arribar a los resultados que se presentan a continuación la altura hasta la coronación se ha sustituido en todos los casos por la altura hasta la corona de la presa. Al mismo tiempo, dado que el volumen de almacenamiento del embalse al nivel de la coronación por lo general no figura entre los parámetros que se han establecido para las presas, tras emplear los datos contenidos en las *Tablas de Parámetros Actualizados* de la Dirección de Obras Hidráulicas del INRH (2005) se ha determinado el valor de W_{rot} en cada caso, empleando uno de los métodos desarrollados por el autor en la ya citada referencia (Velazco 2010b). La Tabla 15 muestra cómo varían estos parámetros en el total de nuestras presas, y se ha dividido por provincias, en cada una de las cuales las presas se han ordenado de forma ascendente atendiendo al valor del tiempo de rotura determinado de este modo.

Tabla 15. Parámetros de rotura por rebose de las presas en Cuba (242)

Presa	H_{rot} [m]	W_{rot} [hm ³]	b_{br} [m]	T_{rot} [h]	Presa	H_{rot} [m]	W_{rot} [hm ³]	b_{br} [m]	T_{rot} [h]
Provincia de Pinar del Río (24 presas)									
Laguna de Piedra	15,00	1,69	45	0,42	Guamá	29,00	71,63	135	1,40
Sitio Peña	17,20	3,49	56	0,52	Río Hondo	23,70	49,99	117	1,43
San Juan	48,00	31,51	125	0,56	Bacunagua	27,00	66,09	130	1,45
El Mulo	29,00	12,09	87	0,58	Zanjanal	6,00	3,79	44	1,56
La Bija (Capitán Tomás)	15,50	7,29	65	0,84	El Patate	25,50	81,88	135	1,70
Mártires de la Palma	24,00	19,36	93	0,88	Ramírez	16,00	46,79	105	2,05
El Rancho	30,30	36,98	116	0,96	Herradura	23,70	107,60	142	2,10
Nombre de Dios	24,00	31,84	105	1,13	La Juventud	30,45	185,88	173	2,15
Los Palacios	35,70	75,26	144	1,17	El Salto	21,70	109,15	140	2,31
El Jíbaro	31,00	63,25	133	1,23	El Punto	15,00	148,33	137	3,90
El Junco	15,55	18,38	82	1,32	Laguna Grande	4,20	42,05	73	7,41
Paso Viejo	21,90	38,09	107	1,35	Cuyaguaje	7,32	165,92	118	8,45
Provincia de Artemisa (14 presas)									
Bahía Honda	30,95	14,18	92	0,58	Buena Vista	14,00	8,94	67	1,03
La Muralla	18,11	5,35	63	0,61	Maurín	23,50	26,44	100	1,05
Mosquito	19,85	7,31	69	0,65	Pinillos	20,00	29,45	99	1,30
La Coronela	28,00	22,21	100	0,81	La Paila	30,80	86,13	144	1,45
Baracoa	18,00	9,56	72	0,82	San Francisco	22,00	87,31	132	2,04
Combate de Río Hondo	31,00	28,01	109	0,82	Laguna de Piedra	6,00	9,10	54	2,41
San Julián	30,27	33,48	113	0,92	La Turbera	12,40	48,76	99	2,70
Provincia de Mayabeque (8 presas)									
San Miguel	25,00	20,85	96	0,88	Canasí	40,00	75,76	148	1,04
La Ruda	20,50	14,34	83	0,89	Derivadora Pedroso	18,00	18,86	86	1,16
Jaruco	30,50	36,39	115	0,95	Jibacoa	16,40	19,16	84	1,28
Aguas Claras	20,50	17,29	87	0,97	Mampostón	37,00	245,35	195	2,03
Provincia de La Habana (15 presas)									
Santa María	11,61	0,24	26	0,20	La Coca	35,00	17,90	100	0,58
La Escuelita	13,81	1,37	42	0,41	La Palma	12,26	3,39	51	0,72
La Ceiba	11,30	1,03	37	0,43	Niña Bonita	19,20	8,56	72	0,73
Peñalver	12,50	1,34	40	0,44	La Zarza	29,00	31,02	110	0,92
El Doctor	12,34	1,53	42	0,48	Paso Sequito	5,97	1,54	35	1,00
La Guayaba	8,03	0,75	31	0,52	Bacuranao	22,00	30,64	102	1,21
El Cacao	11,60	1,59	41	0,52	Ejército Rebelde	29,10	174,92	169	2,18
El Pitirre	13,50	2,68	49	0,58					

Presa	H _{rot} [m]	W _{rot} [hm ³]	b _{br} [m]	T _{rot} [h]	Presa	H _{rot} [m]	W _{rot} [hm ³]	b _{br} [m]	T _{rot} [h]
Provincia de Matanzas (9 presas)									
Las Nieves	16,55	9,42	71	0,89	Nº 19	9,80	12,70	67	1,75
Caunavaco	35,20	98,41	153	1,35	Nº 20	12,30	20,11	79	1,75
Cidra	23,50	55,00	120	1,51	Cimarrones	10,60	15,97	72	1,81
San José	16,60	32,76	97	1,66	Bibanasí	11,50	37,99	91	2,57
Nº 10	12,00	18,64	77	1,73					
Provincia de Villa Clara (12 presas)									
Gramal	22,08	2,38	54	0,34	Arroyo Grande II	15,54	27,37	91	1,62
Agabama	29,00	4,42	67	0,35	Palmarito	29,00	117,31	153	1,79
Manicaragua	25,40	10,01	80	0,60	Minerva	38,00	244,41	196	1,97
Las Mercedes	13,50	6,24	61	0,89	Hanabanilla	47,50	384,79	233	1,98
Santa Clara	33,50	52,37	129	1,04	Palma Sola	23,50	174,78	160	2,70
La Quinta	24,30	63,53	125	1,57	Alacranes	24,50	1 000,8	250	6,20
Provincia de Cienfuegos (6 presas)									
Paso Bonito	21,30	10,38	77	0,73	Avilés	40,50	339,00	216	2,18
El Salto	21,30	19,24	90	1,05	Voladora	21,30	90,31	132	2,94
Galindo	21,30	53,13	116	1,94	Abreus	12,50	78,13	112	3,39
Provincia de Sancti Spíritus (9 presas)									
Banao II	17,40	6,25	65	0,69	Lebrije	39,50	205,27	190	1,74
Higuanojo	40,00	41,22	127	0,77	La Felicidad	21,65	139,93	148	2,62
Tuinucú	53,00	124,91	180	1,01	Aridanes	5,42	16,84	62	3,63
Siguaney	21,00	21,21	92	1,05	Zaza	38,50	1 405,4	305	4,67
Dignorah	25,00	54,13	121	1,41					
Provincia deiego de Ávila (6 presas)									
Puente Largo	2,00	40,00	60	---	Las Margaritas	13,41	12,57	72	1,27
El Calvario	26,80	21,22	98	0,82	Chambas II	23,00	71,72	127	1,77
Chambas (Cañada Blanca)	34,35	74,20	142	1,20	Sabanas Nuevas	10,07	19,32	75	2,09
Provincia de Camagüey (53 presas)									
Dique Barroso	5,51	0,50	26	0,62	Josefina (La Horqueta)	11,65	14,97	73	1,59
Cascorro 88	13,29	4,69	56	0,78	Hidráulica Cubana	23,00	64,80	124	1,68
Arenillas 4	11,24	3,32	49	0,78	Pontezuela	11,00	15,04	72	1,69
Unión II	11,64	4,29	53	0,85	Santa Rosa 84	10,46	14,08	70	1,72
Santa Teresa I	13,00	5,98	59	0,90	Derivadora Caonao	14,25	28,59	90	1,80
San Manuel	13,14	6,59	61	0,94	Buen Tiempo	12,05	20,57	79	1,81
El Naranjal	11,90	5,97	58	0,99	Mañana de la Santa Ana	24,90	88,07	137	1,81
Primelles	14,64	9,51	69	1,01	Hidrorregulador Gibraltar	9,00	11,82	64	1,83
Las Piedras	11,00	5,82	57	1,05	San Felipe	6,07	5,87	49	1,92
No, 102 Aguacate	9,75	4,79	52	1,08	Porvenir II	12,40	25,70	85	1,96
Las Piedras 5	11,24	7,16	60	1,14	Palmarito II	8,00	11,03	61	1,99
El Mayor	9,94	5,60	55	1,14	Durán II	16,90	56,01	111	2,13
Anguila	10,00	6,31	56	1,21	Pastora	8,10	13,01	64	2,14
La Yaya	9,75	6,14	56	1,22	Nº 7 Tílima	10,40	22,10	78	2,17
Enrique Hart (Guáimaro)	11,50	8,74	63	1,23	San Juan de Dios	9,14	19,26	73	2,30
20-II	11,95	9,70	66	1,25	Najasa I	25,00	170,90	162	2,51
La 4-B	8,67	5,63	53	1,31	Máximo	22,50	157,11	154	2,67
Guanal 50	9,00	6,14	55	1,32	San Pedro	19,40	116,97	138	2,68
Buena Vista	10,80	9,99	64	1,40	La Jía	14,50	67,78	112	2,73
Misión 5	14,50	18,52	81	1,42	Amistad Cubano Búlgara	24,00	258,41	177	3,21
La Venera	10,56	10,38	65	1,46	Najasa II	18,30	173,24	150	3,45
Caonao	23,02	49,54	116	1,47	Hidrorregulador Durán	6,92	26,87	74	3,60
Minas I	11,80	13,87	72	1,51	Muñoz	21,00	285,48	176	3,86
Montecitos	10,88	11,96	68	1,53	Jimaguayú	27,00	498,34	215	3,97
Jucaral Nº10	8,86	8,16	58	1,55	La Atalaya	7,07	38,39	81	4,21
Hidrorregulador Las Flores	6,40	4,31	46	1,56	Porvenir	23,80	463,57	205	4,34

Presa	H _{rot} [m]	W _{roj} [hm ³]	b _{br} [m]	T _{roj} [h]	Presa	H _{rot} [m]	W _{roj} [hm ³]	b _{br} [m]	T _{roj} [h]
Ángel II	6,98	5,24	49	1,57					
Provincia de Las Tunas (23 presas)									
Siguaraya	13,50	1,96	45	0,50	Derivadora Sevilla	18,00	30,32	97	1,47
Copo del Chato	17,70	3,97	58	0,54	Chimbí	14,00	18,88	81	1,49
Charco Largo	16,50	3,77	56	0,57	Las Lajas	11,00	15,35	72	1,71
Ojo de Agua (Maniabón 4)	15,50	4,43	58	0,65	Yariguá	16,40	39,36	101	1,84
La Farola (Maniabón 5)	12,00	4,56	54	0,85	Jobabito	14,58	37,13	96	2,01
El Mijjal (Maniabón 1)	17,50	11,02	75	0,91	Gramal	18,00	58,81	114	2,04
Yeso	13,18	9,92	68	1,15	Juan Sáez	28,50	150,05	162	2,06
Cornito (Cornito 1)	14,00	12,27	72	1,20	Rincón	16,00	48,32	105	2,09
El Lavado (Lavado 5)	12,50	11,51	69	1,30	Las Mercedes	18,00	62,88	116	2,11
La Breñosa	14,32	17,30	79	1,39	Ciego	14,25	42,84	99	2,20
Playuela (Naranja)	15,00	19,04	82	1,40	Ortiz (Dique Yarey)	8,00	21,55	72	2,79
Cayojo	18,30	28,95	96	1,41					
Provincia de Holguín (21 presas)									
Seboruquito	30,50	0,40	37	0,10	Santa Inés	9,80	5,41	54	1,14
La Esperanza	29,00	0,40	37	0,10	Colorado	32,00	73,25	139	1,28
Cacuyugüín	20,00	5,62	65	0,57	Santa Clara	25,00	47,42	117	1,32
Jagüeyes	17,15	4,91	61	0,62	Mayarí	77,00	492,00	279	1,38
Naranja	27,00	18,75	95	0,77	San Andrés	17,00	24,65	90	1,40
Tacajó	27,00	22,06	99	0,84	Magueyal	16,50	32,49	96	1,66
Limoncito	19,00	11,75	77	0,87	Güirabo	18,50	44,24	107	1,73
Moa	75,50	210,48	225	0,92	Sabanilla	23,00	68,70	126	1,73
Tres Palmas	16,30	10,50	72	0,95	Nipe	35,00	218,35	187	2,03
Las Lajas	14,90	9,20	68	0,98	Bío	25,20	143,50	155	2,28
Gibara	46,30	104,42	167	1,05					
Provincia de Granma (11 presas)									
Derivadora Vicana	25,50	7,72	75	0,52	Vicana	30,50	83,27	142	1,44
Cilantro	35,50	16,52	98	0,55	Pedregales	27,00	75,68	134	1,55
Batalla de Guisa	56,00	87,21	167	0,80	Bueycito	42,00	238,00	200	1,76
Paso Malo	49,00	123,51	176	1,09	Las Villas	20,00	106,78	136	2,48
Corojo	39,60	109,83	162	1,27	Cauto El Paso	30,00	797,08	249	4,52
Cautillo	42,20	132,19	173	1,31					
Provincia de Santiago de Cuba (11 presas)									
Chalons	15,00	1,74	45	0,42	Paradas	47,50	63,21	148	0,80
Mícara	30,60	7,26	77	0,42	Gilbert (Valdés Roig)	43,39	84,77	156	1,02
Joturo	19,00	3,13	56	0,45	Gota Blanca	43,20	145,30	178	1,34
Charco Mono	27,96	8,88	79	0,51	Carlos Manuel de Céspedes	52,00	373,94	236	1,78
La Majagua	17,21	5,46	62	0,65	Protesta de Baraguá	35,00	705,68	251	3,64
Hatillo	22,30	12,62	82	0,75					
Provincia de Guantánamo (6 presas)									
Clotilde	27,00	7,55	76	0,49	Faustino Pérez	31,00	33,55	114	0,90
Los Asientos	46,00	24,38	116	0,52	Jaibo	48,00	178,83	193	1,34
Pozo Azul	40,00	19,32	105	0,53	La Yaya	47,20	259,12	210	1,64
Municipio Especial de Isla de la Juventud (14 presas)									
Las Tunas	16,58	10,21	72	0,93	La Fe	22,13	70,96	126	1,83
Briones Montoto	16,50	10,60	73	0,95	Mal País II	10,00	17,93	73	2,03
Cristal	16,88	14,53	79	1,08	Libertad	16,80	67,86	116	2,35
El Abra	10,00	6,41	57	1,21	Viet Nam Heroico	19,00	96,45	131	2,48
Los Indios	19,30	25,49	94	1,26	Las Casas II	6,20	11,49	58	2,62
El Enlace	19,60	33,20	101	1,41	La Guanábana	8,00	19,59	71	2,66
Mal País I	18,40	31,72	98	1,47	Del Medio-Las Nuevas	15,20	109,12	128	3,30

Llevados al gráfico de la Figura 33, los anchos de brecha obtenidos indican que en 144 presas (el 59,5% del total de 242 presas analizadas) se debe esperar que dicho ancho no supere los 100 m, pero que en 13 presas llegará a ser de 200 m o mayor (200 m en Bueycito, 205 m en Porvenir, 210 m en La Yaya, 215 m en Jimaguayú, 216 m en Avilés, 225 m en Moa, 233 m en Hanabanilla, 236 m en Carlos Manuel de Céspedes, 249 m en Cauto El Paso, 250 m en Alacranes, 251 m en

Protesta de Baraguá, 279 m en Mayarí y 305 m en Zaza). En casos como Moa y Hanabanilla, cuyas longitudes totales reportadas son de 230 m y 262 m, respectivamente (*Cuba, Principales Embalses 1992; Tablas de Parámetros Actualizados 2005*), así como en otros casos, se debe esperar que la rotura comprometa la totalidad de la presa.

Por su parte, los resultados del tiempo de rotura plasmados en el gráfico de la Figura 34 muestran que, a juzgar por esta valoración, sólo en 7 presas el tiempo necesario para que acaezca la rotura total de la cortina sobrepase las 4 horas. Este tiempo será de 4,3 h, 4,5 h y 4,7 h en Porvenir (Camagüey), Cauto el Paso (Granma) y Zaza (Sancti Spíritus), en ese orden, y aumentará a 6,2 h en Alacranes, provincia de Villa Clara, cuyo volumen W_{rot} al nivel de la corona, calculado en 1 001 hm³, es superado únicamente por el de 1 405 hm³ correspondiente a la presa Zaza. Por otra parte, el tiempo de rotura será de 4,2 h, y hasta de 7,4 h y 8,5 h, en La Atalaya, de Camagüey, y en Laguna Grande y Cuyaguaje, estas dos últimas de la provincia de Pinar del Río, cuyas cortinas, aunque se encuentran entre las más pequeñas del conjunto, con tan sólo 7,07 m, 4,20 m y 7,32 m de altura, respectivamente, retienen sin embargo al nivel de las coronas volúmenes que son comparativamente muy grandes.



Figura 33. Estimaciones estadísticas del ancho medio de brecha.



Figura 34. Tiempo de rotura por rebose en las presas de Cuba.

Obsérvese que en 186 presas, el 77% de los 241 casos en que se analizó el tiempo de rotura,² la destrucción total no deberá tomar más de 2 horas, y que en 79 presas, que representan el 33% de todos los casos, se producirá en no más de 1 hora a partir de que se inicie el rebose y comience a formarse la brecha, por lo que en caso de rebose 108 de las presas cubanas, el 45% del conjunto, quedarán completamente destruidas en un lapso de tiempo comprendido entre 1 y 2 horas.

A pesar de constituir únicamente aproximaciones a un problema de tanta complejidad, los resultados que se acaban de exponer hablan por sí solos y expresan con descarnada elocuencia la necesidad de proseguir los análisis de la vigencia de los aliviaderos construidos en nuestras presas para enfrentar con éxito las contingencias del escenario actual, y de introducir con la premura del caso las modificaciones necesarias. De lo expuesto más arriba se desprende además una segunda y llamativa paradoja: el propósito que animó a los especialistas cubanos, el autor incluido, de lograr que los diseños de los aliviaderos fueran lo más racionales y eficientes posibles, y que se redujeran al mínimo sus costos de construcción —un propósito que históricamente estuvo totalmente justificado—, condujo también a que varias de las obras en que mejor se alcanzaron esos objetivos resulten ahora más vulnerables a las nuevas condiciones del clima. Esta contradicción no es ni mucho menos insalvable, pero debe ser enfrentada y resuelta mediante la aplicación ordenada y racional de los medios necesarios para su solución. Más aún, dada nuestra condición de país con escasos recursos, será imprescindible que se optimicen también las soluciones de adaptación y actualización que requiera la vasta y potente infraestructura creada a lo largo de medio siglo con la construcción de nuestras presas, de modo que el fin propuesto se alcance con toda la garantía requerida, pero de nuevo a costa de las menores inversiones.

10. CONCLUSIONES DE LA CONTRIBUCIÓN

Gracias a su impetuoso afán creador, la Revolución Cubana ha logrado la hazaña de haber construido, en un país de escasos recursos y sometido a incesante hostigamiento, una infraestructura hidráulica cuya existencia, desde el punto de vista meramente cuantitativo, equivale a haber puesto ininterrumpidamente en explotación, a lo largo de los 57 años transcurridos desde el triunfo revolucionario hasta el cierre del año 2015, una presa cada 2,9 meses, y que constituye sobre todo una garantía para la salvaguarda de la población y el entorno contra las

² De las 242 presas administradas por el INRH, todas las cuales figuran en la Tabla 15, se ha excluido en la determinación del tiempo de rotura únicamente la obra Puente Largo, de la provincia de Ciego de Ávila, cuyas peculiares características obligan a omitirla a los efectos del presente análisis.

inundaciones, aunque por contraste se convierte al mismo tiempo en una amenaza, si se materializa la posibilidad de que se produzca la rotura de algunas de las presas que la componen.

☞ El diseño hidráulico de los aliviaderos cubanos, que forman parte esencial de esas presas y que se destinan a protegerlas, se encuentra a la altura del estado del arte y cuenta con valiosas y originales contribuciones que incluyen, entre muchas otras, el decidido empleo de vertedores con vacíos, especialmente de aquéllos que se diseñan con perfiles ovales, que aventajan a todos los precedentes en eficiencia hidráulica, ahorro de hormigón y facilidad de dimensionamiento y replanteo; el diseño inédito de aliviaderos por semejanza, que hereda los mejores atributos de las soluciones precedentes adoptadas como patrones; el diseño racional de los tramos de aproximación a los aliviaderos, con ajuste a las particularidades de estos últimos; el dimensionamiento confiable de los aliviaderos de abanico o semiabanico, descritos pormenorizadamente de forma experimental; de los aliviaderos de trinchera, tratados íntegra y exhaustivamente por avanzados y rigurosos métodos teórico experimentales; de los aliviaderos con entradas radiales en régimen supercrítico, que cuentan con una vasta sustentación teórica y validación experimental y que garantizan la mayor economía; de aliviaderos con paredes rectas convergentes y umbrales sobre el piso; de aliviaderos fusibles con diseños modernos que toman en cuenta el carácter gradual de los procesos erosivos que conducen a su destrucción; de rápidas con rugosidades intensificadas o con bloques de impacto y disipación, dimensionadas para tomar en cuenta la influencia de la aireación del flujo; y de estructuras de salida equipadas con trampolines, con el diseño sistematizado de su geometría y deflectores y el cálculo precisado de la trayectoria de los chorros aireados y de los conos de socavación y las erosiones generalizadas que se forman aguas abajo de éstos, y se complementa con logros significativos en la operación de dichas estructuras, como la automatización de los aliviaderos de compuertas mediante algoritmos rigurosos y precisos, y la adecuación de dichas obras a los retos del nuevo escenario climático.

☞ La sucinta presentación que en la contribución se ha hecho de algunos de estos aportes descollantes, a los que se suman otros tantos que no han encontrado cabida en ella por limitaciones de espacio, a la vez que constituye un sentido homenaje a los ingenieros soviéticos y búlgaros que con competencia profesional, desinterés y entrega dieron un decisivo impulso a este proceso en el aula, en la oficina y en la obra, demuestra la total madurez y la pujanza de una Escuela Cubana de Hidráulica creada por un ejército de calificados especialistas, que afincada en sus aciertos, aprende de sus

tropiezos y está llamada a convertirlos en un acicate para cumplir con éxito el imperativo de seguir desarrollando y resguardar, como hasta ahora, el importante patrimonio constituido por nuestras presas, y sus aliviaderos.

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.

BIBLIOGRAFÍA DE LA PARTE 3

- **Agroskin, I., G. Dimitriev y F. Pikalov (1964)** *Hidráulica*, Editorial Energía, Moscú.
- **Aivazian, O. y M. Armengol (1973)** *Modelo del aliviadero del hidroconjunto Los Palacios*, Revista "Voluntad Hidráulica", INRH, no.26, pp.40-42, La Habana.
- **Ajmedov, T. (1961)** *La socavación local de un suelo rocoso, y su investigación*, Trabajos de la Reunión Nacional sobre Obras de Toma y Procesos de Cauce, t.1, Tbilisi, Georgia.
- **Álvarez, A. (2007)** *Cálculo de rotura de la presa Mayarí con el programa HEC-RAS*, Forum Tecnológico del Grupo Empresarial de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería GEIPI, Bayamo.
- **Beliashevski, N. et al. (1974)** *Cálculos del tramo de aguas abajo de los aliviaderos*, VNIIG, Editorial Energía, Leningrado.
- **Blind, H. (1983)** *The Safety of Dams*, Water Power and Dam Construction, vol.35, no.5, pp.17-22, may.
- **Briguetti, G. (2004)** *Criterios para o dimensionamento de extravasores con salto de esquí*, Memorias del XXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica, São Pedro, Brasil.
- **Cadavid, L. y D. Veiga (1978)** *Investigaciones del aliviadero en abanico para el Conjunto Hidráulico Melones*, Tesis de Diploma, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana ISCAH, San José de las Lajas.
- **Canales, A., F. Vallés y J. Fernández (2000a)** *Estudio experimental de alternativas para adaptar cuencos amortiguadores a caudales de avenida superiores a los de diseño*, Memorias del XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, t.III, pp.203-212, Córdoba, Argentina.
- **Canales, A., F. Vallés y J. Fernández (2000b)** *Estudio teórico de alternativas para adaptar cuencos amortiguadores a caudales de avenida superiores a los de diseño*, Memorias del XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, t.III, pp.193-202, Córdoba, Argentina.
- **Cantero, L. y E. Velazco (2010)** *El fallo de presas de tierra en Cuba: una visión sobre el tema*, 15ta. Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, La Habana, nov.-dic.

- **Cantero, L. y E. Velazco (2011)** *La Problemática del Fallo de Presas en el Escenario Actual Cubano*, V Taller Uso y Cuidado del Agua, Sociedad Económica de Amigos del País y Sociedad Cubana de Ingenieros Hidráulicos, La Habana, mar.
- **Cuba, Principales embalses (1992)** Colectivo de autores, Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Editorial Pueblo y Educación, La Habana.
- **Ghodsian, M., A. Abbasi and F. Azar (1998)** *Maximum depth of scour below free jet spillway*, 5th. Seminar on River Engineering, Ahvaz, Irán.
- **Ghodsian, M., A. Abbasi and F. Azar (1999)** *Scour downstream of free overfall spillway*, 28th. Congress of IAHR, Austria.
- **González, J. (1984)** *La utilización de trampolines deflectores en los aliviaderos cubanos*, Tesis de Doctorado, Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, La Habana.
- **Gordienko, P. (1969)** *Resistencias hidráulicas de los flujos supercríticos en cauces rugosos*, Trabajos de las Reuniones de Coordinación en Hidrotecnia, t.52, pp.171-180, Editorial Energía, Leningrado.
- **Guía Técnica para la Elaboración de los Planes de Emergencia de Presas (2001)** Ministerio de Medio Ambiente de España, acápite 3.4, jun.
- **Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators (1964)** USBR Engineering Monograph.
- **Jansen, R. (1980)** *Dams and Public Safety*, Department of the Interior, Waterland Power Resources Service.
- **Kavieshnikov, A. y E. Alegret (1984)** *Determinación de las cargas hidrodinámicas que actúan sobre el trampolín de un aliviadero*, Revista "Voluntad Hidráulica", INRH, Año XXI, no.64, pp.2-14, La Habana.
- **Kiseliov, P. (1972)** *Manual de cálculos hidráulicos*, Editorial Energía, Leningrado.
- **Lopardo, R. et al. (1983)** *Erosiones locales aguas abajo de aliviaderos de grandes presas*, Laboratorio de Hidráulica Aplicada, Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hidráulicas, Ezeiza, Argentina.
- **Mirtsjulava, Ts. (1967)** *Erosión de cauces y metodología para la evaluación de su estabilidad*, Editorial Kolos, Moscú.
- **Peterka, A. (1964)** *Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators*, Engineering Monograph No.25, U.S. Department of Interior, Bureau of Reclamation, pp.154-188.
- **Peterka, A. (1984)** *Hydraulic Design of Spillways and Energy Dissipators*, Bureau of Reclamation.
- **Profet, K. (2011)** *Monografía del estado del arte en la modelación de rotura de presas*, Tesis de Diploma, Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, La Habana.
- **Rhone, T. (1971)** *Studies to determine the Feasibility of a Baffled Apron Drop as a Spillway Energy Dissipator - Conconully Dam Spillway - Okanogan Project*, Washington, U.S. Bureau of Reclamation, Report REC-ERC-71-29, Jun.
- **Rhone, T. (1977)** *Baffled Apron as a Spillway Energy Dissipator*, ASCE, Journal of the Hydraulics Division, vol. 103, No. HY12, Dec.
- **Ricardo, D. (2011)** *Aplicación informática para la predicción del fallo de una presa*, Tesis de Diploma, Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, La Habana.
- **Rodríguez, B. y R. Villar (2011)** *Rehabilitación de aliviadero presa La Felicidad, Ideas Conceptuales*, PROAGUA, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Pinar del Río, sep.
- **Sakvarelidze, V. (1968)** *La aireación del flujo en las superficies vertedoras de las presas y los aliviaderos*, Reportes del TNISGEI, t.18, Editorial Energía, Tbilisi, Georgia.
- **Santos, R. (1983)** *Pronóstico de la erosión aguas abajo de las estructuras terminales del tipo trampolín*, Serie "Reportes de Investigación", No.1, Dirección de Ciencia y Técnica, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Sliski, S. (1979)** *Cálculos hidráulicos de las obras hidrotécnicas de gran carga*, Editorial Energía, Moscú.
- **Smirnov, L. y R. Santos (1978)** *Cálculo hidrodinámico de las losas de revestimiento del aliviadero del Conjunto Hidráulico Moa*, Revista "Voluntad Hidráulica", INRH, no.45, pp.17-24, La Habana.
- **Tablas de Parámetros Actualizados (2005)** Dirección de Obras Hidráulicas, Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, La Habana, dic.
- **U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration (2006)** *Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels, 7.2.2 Increased Resistance in Box Culverts, 7.3 USBR Type IX Baffled Apron and 10.3 Riprap Aprons Alter Energy Dissipators*, Hydraulic Engineering Circular No.14, Third Edition, Jul.
- **Velazco, E. (1980b)** *Trampolín en ensanchamiento con escalones longitudinales*, 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. (1981d)** *La erosión en el tiempo de un aliviadero auxiliar erosionable*, Revista "Ingeniería Hidráulica", Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, vol.II, no.1, pp.26-45, La Habana.
- **Velazco, E. (1981e)** *Diseño hidráulico del aliviadero principal para el conjunto hidráulico Melones*, Revista "Ingeniería Hidráulica", Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, vol.II, no.2, pp.183-207, La Habana, jun.
- **Velazco, E. (1983a)** *Los aliviaderos del Conjunto Hidráulico Melones: diseño y experimentación*, Serie "Reportes de Investigación", N°2, Dirección de Ciencia y Técnica, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1984b)** *La erosión local y otras formas de degradación del entorno aguas abajo de los aliviaderos y de las obras de toma*, Reunión del Grupo de Trabajo del Proyecto A.3.8 "Evaluación de la influencia de las estructuras hidráulicas sobre los procesos de los lechos de los ríos, aguas abajo de las presas", Programa Hidrológico Internacional PHI, Sofía, Bulgaria.
- **Velazco, E. (1985d)** *Hacia un pronóstico confiable de la transformación de los cauces de evacuación*, Primer Evento de Proyectos de Obras Hidráulicas, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.

- **Velazco, E. (1999b)** *La experiencia cubana en el diseño hidráulico de los aliviaderos*, Conferencia Invitada, Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- **Velazco, E. (1999c)** *Los aliviaderos fusibles: una alternativa idónea contra los impactos del cambio climático*, Conferencia Invitada, Congreso Nacional de Hidráulica, Guayaquil, Ecuador.
- **Velazco, E. (2004)** *Análisis de Alternativas Estructurales: Construcción de Aliviaderos Suplementarios Fusibles, basados en un Modelo Avanzado de Erosión Gradual*, Presentación del Segundo Informe Parcial del Proyecto de Desarrollo e Innovación Tecnológica “La Actualización Estructural y Operacional de los Aliviaderos de las Presas”, del Programa Ramal “Gestión Integrada del Agua” del INRH, al Consejo Científico del Centro de Hidrología y Calidad de las Aguas CENHICA, La Habana, may.
- **Velazco, E. (2005a)** *Los aliviaderos de la presa Melones: un logro de la escuela cubana de obras hidráulicas*, Conferencia organizada por la Sociedad Provincial de Ingenieros Hidráulicos, Holguín.
- **Velazco, E. (2005b)** *Recomendación de Diseño: Cálculos del chorro aireado a la salida de un aliviadero con trampolín*, Grupo Empresarial de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería GEIPI, La Habana.
- **Velazco, E. (2006e)** *Diseño de aliviaderos erosionables fusibles*, Propuesta de Norma Ramal, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana.
- **Velazco, E. (2006f)** *Rápidas con aireación espontánea del flujo*, Propuesta de Norma Ramal, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana.
- **Velazco, E. (2006g)** *Chorro aireado en trampolines*, Propuesta de Norma Ramal, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana.
- **Velazco, E. (2006h)** *Diseño hidráulico del trampolín en expansión del aliviadero de la presa Melones*, Proyecto Técnico, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, feb.
- **Velazco, E. (2009a)** *Peculiaridades en el comportamiento hidráulico y estructural de los aliviaderos fusibles en el caso de estudio de la presa Jibacoa, en la provincia Habana*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana, oct.
- **Velazco, E. (2009b)** *Peculiaridades en el comportamiento hidráulico y estructural de los aliviaderos fusibles en el caso de estudio de la presa Jaruco, en la provincia Habana*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana, nov.
- **Velazco, E. (2009c)** *Peculiaridades en el comportamiento hidráulico y estructural de los aliviaderos fusibles en el caso de estudio de la presa Aguas Claras, en la provincia Habana*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana, dic.
- **Velazco, E. (2010a)** *Resultados del Programa de Protección de Presas contra las crecidas extremas y los huracanes tropicales en el nuevo escenario del cambio climático*, Forum de Ciencia y Técnica, La Habana.
- **Velazco, E. (2010b)** *Cálculos de rotura de presas por rebose de cortinas, Primera etapa: Programa del método simplificado actual*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana, nov.
- **Velazco, E. (2011a)** *Consideraciones sobre los cálculos del salto hidráulico para la remodelación del aliviadero de la presa La Felicidad*, Informe al Consejo Técnico Asesor GEIPI, La Habana.
- **Velazco, E. (2011b)** *PID Aliviadero fusible presa Jaruco*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana, ago.
- **Velazco, E. (2011c)** *PID Aliviadero fusible presa Aguas Claras*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana.
- **Velazco, E. (2013a)** *Norma Cubana NC Presa Protección contra el Oleaje* (en cinco partes), Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana.
- **Velazco, E. y R. Santos (1989)** *Diseño experimental de la remodelación de la rápida y el trampolín del aliviadero Moa, con trampolín escalonado en esviaje*, Laboratorio de Modelos Hidráulicos, Instituto de Hidro-economía, La Habana.
- **Velazco, E. e I. Piñeiro (2006)** *Reproyección aliviadero Caunavaco, Partes Hidráulica y Estructural*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana, sept.
- **Velazco, E. e I. Piñeiro (2011a)** *PID Disipador San Agustín*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, ago.
- **Velazco, E. e I. Piñeiro (2011b)** *Contribución al diseño hidráulico y estructural, la construcción y el recrecimiento de los parapetos de las presas*, Ponencia Relevante del Forum de Ciencia y Técnica, La Habana.
- **Velazco, E. e I. Piñeiro (2012)** *La Nueva Norma Cubana para la Protección de las Presas contra el Oleaje, en el Actual Escenario de Cambio Climático*, Ponencia Relevante del Forum de Ciencia y Técnica, La Habana.
- **Visotski, L. I. y A. M. Tuzhilkin (1963)** *Cálculo hidráulico de trampolines en expansión con configuración arbitraria de sus secciones transversales*, Trabajos de la Cátedra de Hidráulica, Editora de Libros de Saratov, vol.19, pp.115-120.
- **Visotski, L. I. et al. (1973)** *Acerca del cálculo hidráulico de las estructuras de doble curvatura*, en el libro “Empleo de los Cálculos Hidráulicos para la Resolución de Tareas de Ingeniería”, Instituto Politécnico de Tula, Federación Rusa, vol.2, pp.3-13.
- **Vizgo, M. (1940)** *Medidas para la explotación, el pronóstico y los métodos de reducción de las erosiones locales a la salida de las obras hidrotécnicas*, Tashkent, Uzbequistán.
- **Voinich-Sianozhenski, T. y V. Sakvarelidze (1969)** *Criterios de la aireación de los flujos supercríticos gradualmente variables y su comprobación experimental. El movimiento no uniforme y gradualmente variable de los flujos aireados*, Trabajos de las Reuniones de Coordinación en Hidrotecnia, t.52, pp.124-138, Editorial Energía, Leningrado.
- **Voinov, Y., A. Prudovski y L. Smirnov (1969)** *Métodos experimentales para la determinación de la socavación de un cauce rocoso*, Trabajos de las Reuniones de Coordinación en Hidrotecnia, t.52, pp.579-589, Editorial Energía, Leningrado.
- **Zamarin, E. y V. Fandieyev (1965)** *Obras hidrotécnicas*, Editorial Kolos, Moscú.

La Habana, 27 de enero de 2016 

LAGUNAS PARA LA DESCARGA DE LOS CARROS FOSA¹

Palabras claves. Carros fosa, co-tratamiento, lagunas, contaminación ambiental.

RESUMEN

A mediados del año 2012 en el municipio Manzanillo, provincia Granma, se detectó un brote de cólera, por lo que se realizó un llamado para disminuir aquellos factores que juegan un papel importante en la transmisión de esta epidemia, y que se pudiera contar con un mejoramiento del estado de salud de la población. Este plan de saneamiento, dirigió su acción hacia aquellos factores del ambiente físico que afectan a las comunidades, entre ellos, la disposición y tratamiento de excretas y aguas residuales. En el poblado de San Francisco, existía una laguna de estabilización donde se vertían 6 carros fosa diariamente, la cual dejó de funcionar con la eficiencia requerida a causa de la acumulación de lodos, convirtiéndose en un foco de contaminación. Como solución al problema se implementó un sistema de co-tratamiento de líquidos albañales y lodos fecales mediante un sistema de lagunas de estabilización y de descarga para los carros fosa donde una vez estabilizados y secados, puedan ser reutilizados.

OBJETIVOS

Objetivos generales. Estudiar la factibilidad del uso de lagunas como tratamiento previo en un sistema de co-tratamiento del agua residual y el lodo fecal.

Objetivos específicos. Implementar el sistema de co-tratamiento para determinar la eficiencia del secado.

1.0. DESARROLLO

1.1. CANTIDAD Y CARACTERÍSTICAS DEL LODO FECAL

¿Qué es el Lodo Fecal (LF)?

Los fangos fecales (FF), son residuos de consistencia variable concentrados en tanques sépticos, letrinas, fosas sépticas y retretes públicos, constituidos por una mezcla de compuestos sólidos fecales y otros componentes sedimentables y no sedimentables. Dichos fangos, mantienen niveles diversos de estabilidad bioquímica provocada por la digestión anaeróbica principalmente, dependiendo de la temperatura ambiental, el período de retención, y la inhibición o el incremento de otras sustancias no fecales.

¹ Ing. Andrés A. Rodríguez Pizarro. Esp. "A" en Proyectos e Ingeniería. UEBPI. Granma. Teléf. Pizarra 42-4510, ext. 149. Email: andres@raudal.grm.hidro.cu



Tabla 1. Los Excrementos Humanos: Composición y Cantidades Per Cápita (Strauss 1985)

Consistencia y cantidad	Heces	Orina	Excreta
g/per cápita · día (húmedo)	250	1 250	1 450
g/per cápita · día (seco)	50	60	110
g/per cápita · día (húmedo) incluyendo 0.35 litros de agua para el lavado anal			1 800
m ³ /per cápita · año (almacenado y digerido por más de un año en letrinas o fosas en climas cálidos).			0,04 – 0,07
Contenido de agua (%)			50 – 95
Composición química	% de sólidos secos		
Materia orgánica	92	75	83
C	48	13	29
N	4 – 7	14 – 18	9 – 12
P ₂ O ₅	4	3.7	3.8
K ₂ O	1.6	3.7	2.7
A manera de comparación	% de sólidos secos		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Excretas humanas	9 – 12	3.8	2.7
Materia vegetal	1 – 11	0.5 – 2.8	1.1 – 11
Estiércol porcino	4 – 6	3 – 4	2.5 – 3
Estiércol vacuno	2.5	1.8	1.4

La tabla anterior contiene las características y las cantidades per cápita relevante de los excrementos humanos, como son, la materia orgánica, el fósforo, nitrógeno y el potasio, los que constituyen sus nutrientes principales. Se incluyen otros desechos o estiércoles a modo de comparación. El fango fecal adecuadamente tratado, puede ser usado en la agricultura como acondicionador del suelo para restaurar o mantener el estrato del humus o como fertilizador. En muchos lugares, los fangos fecales son tradicionalmente usados en la agricultura, a menudo no tratado. En China, por ejemplo, los excrementos coleccionados en áreas urbanas son todavía la forma favorecida de acondicionador del suelo, aunque los fangos pueden contener considerables cantidades de huevos por ejemplo de la lombriz intestinal. Hoy, muchos consumidores urbanos en China prefieren las verduras fertilizadas con excrementos a los cultivos mejorados con fertilizadores minerales.

1.1.1. LA TOXICIDAD DEL AMONIACO

¿Cómo afecta el ecosistema de las lagunas?

Los fangos fecales tienen alto contenido de amoníaco (NH₄ + NH₃-N), cuya concentración en los fangos fecales es ≥ 300 mg/L en el lodo semidigerido y ≤ 5 000 mg/L en lodo altamente concentrado, preferiblemente en el lodo fecal fresco. (Heinss et al, 1998). El NH₄ y el NH₃ tienen relación directa con la temperatura y el pH. A una temperatura de 30 °C, la cantidad de NH₃ es aproximadamente del 5 % de (NH₄ + NH₃-N) a un pH de 7.8, y un 10 % a un pH de 8.2. **El NH₃ es un componente potencialmente tóxico en los procesos anaeróbicos y en las lagunas facultativas (inhiben el crecimiento de las algas)**, lo cual prescribe el ¿por qué? no se deben verter en lagunas de estabilización los lodos fecales directamente.

1.2. ¿POR QUÉ TRATAR EL LODO FECAL?

La disposición de lodos sin tratar, ya sea en forma controlada o incontrolada, conduce a una continua descarga de grandes cantidades de patógenos y contaminantes orgánicos que deterioran las aguas superficiales y subterráneas, los suelos y cultivos en el caso de la agricultura urbana. Esto causa un riesgo potencial (y posiblemente verdadero), de esparcimiento de enfermedades relacionadas con las excretas; además de la degradación estética de los asentamientos. Todo esto crea una clara justificación para buscar alternativas tecnológicas y estrategias adecuadas y sostenibles.

Este trabajo está encaminado a solucionar la problemática que se ha venido afrontando con el vertimiento de los carros fosa en lugares inadecuados como: en registros del alcantarillado, lagunas de estabilización, terrenos baldíos y/o en corrientes de agua, situación ésta que se ha extendido a lo largo y ancho del país.

Las lagunas de estabilización representan una tecnología de bajo costo, potencialmente sostenible cuyo uso se ha incrementado en todo el mundo, para el co-tratamiento de líquidos albañales y lodos de la limpieza de fosas. Bastante conocimiento se ha acumulado en las últimas décadas sobre el diseño y operación de estos sistemas para tratamiento de aguas residuales.

1.3. TRATAMIENTO DEL LODO FECAL

Un tratamiento apropiado de los LF – o bien en combinación con aguas residuales o separado – se practica sólo en pocos países (por ejemplo Argentina, Ghana, Benin, Botswana, Sudáfrica, Tailandia,

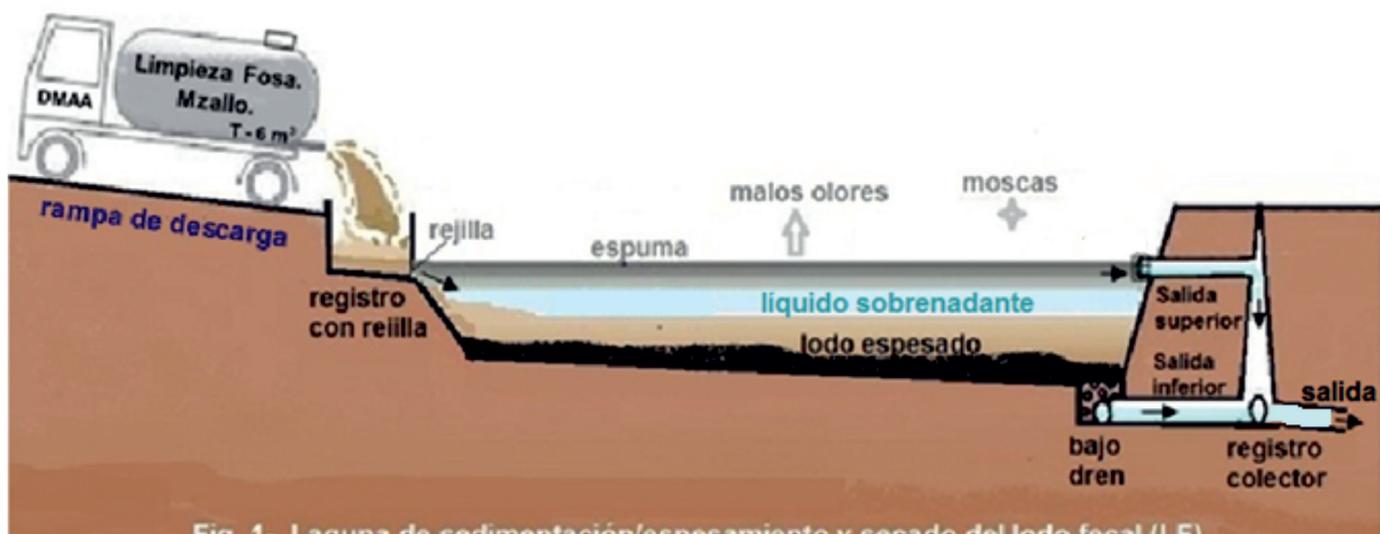


Figura 1. Laguna de sedimentación espesamiento y secado del lodo fecal (LF).

Indonesia). Las opciones de tratamiento en uso incluyen unidades de sedimentación/espesamiento operadas con el proceso de carga (batch); lagunas de estabilización sin aeración; compostaje combinado con desechos orgánicos municipales; aeración extendida, seguida de un tratamiento final. En EE.UU., los lodos de tanques sépticos son co-tratados en plantas de tratamiento de aguas residuales. En algunos estados, especialmente en el noreste, el sistema de lagunas es utilizado para el tratamiento separado de lodos de tanques sépticos. El sistema típico consiste en una laguna de sedimentación (anaeróbica), seguida de una laguna secundaria de infiltración/percolación.

Los contenidos orgánicos y de sólidos, las concentraciones de amoníaco y de huevos de helmintos en los LF son habitualmente 10 o más veces mayores a los de las aguas residuales municipales. Los LF son también diferentes a las aguas residuales visto que su calidad está sujeta a altas variaciones. Los parámetros, tales como, tiempo de almacenamiento, temperatura, infiltración de agua subterránea en tanques sépticos, rendimiento de tanques sépticos, tecnología y modo de extracción, influyen sobre la calidad de los lodos y son responsables de su alta variabilidad. A diferencia de los lodos fecales digeridos, producidos en plantas de tratamiento de lodos activados ("biosólidos"), la estabilidad orgánica de LF alcanza niveles variables. Esta variabilidad se debe al hecho de que el proceso de degradación anaeróbica en sistemas de saneamiento in situ depende de varios factores, entre otros, la temperatura ambiental, el periodo de retención y la presencia de sustancias inhibitorias. La deshidratibilidad también es un parámetro variable que depende del

nivel de estabilidad. Lodos fecales frescos no digeridos, tales como los que se encuentran en inodoros públicos en Africa Occidental, por ejemplo, no son aptos para ser deshidratados.

Concluyendo, se puede decir que el LF es un material sumamente concentrado y variable y muy distinto al de las aguas residuales. Su tratamiento requiere, por lo tanto, procesos y criterios de diseño específicos. Dada la alta variabilidad de este material, el diseño de un sistema de tratamiento no debe basarse sobre características estándares, sino sobre resultados obtenidos caso por caso. Por más que se hayan invertido importantes recursos en el desarrollo de tecnologías de tratamiento de aguas residuales de bajo y alto costo, las tecnologías sostenibles para el tratamiento de LF requieren todavía importantes investigaciones de campo, así como un desarrollo y análisis más extensos antes de ser divulgadas como opciones más actualizadas.

A continuación resumimos algunos aspectos relacionados con el diseño de sistemas de tratamiento de LF, basados en sus características mencionadas:

- ☞ Se requiere una etapa de pretratamiento que consiste en la separación de sólidos/líquidos (por ejemplo mediante lechos de secado o lagunas/tanques de sedimentación), puesto que la mayor parte del material orgánico se encuentra en la fracción sólida. Además, permite concentrar los huevos de helmintos en la parte de los sólidos separados.
- ☞ El lodo fresco crudo tiene que ser estabilizado (por ejemplo, mediante un pretratamiento anaeróbico).

róbico en laguna o reactor). Lodos que ya han alcanzado un alto nivel de estabilización pueden ser deshidratados directamente (por ejemplo en lechos de secado cultivados o no cultivados, lagunas de estabilización/espesamiento) y sometidos a una mineralización adicional (en lechos/lagunas o compostaje aeróbico).

☞ Si el objetivo principal es reducir la polución ambiental (por ejemplo, de las aguas superficiales), la eficiencia de remoción (material orgánico, nitrógeno, fósforo, etc.) del sistema de tratamiento debe ser alta, usando por ejemplo la nitrificación/desnitrificación, etc. No obstante, las altas eficiencias de remoción de N y P conducen a una “pérdida” de valiosos componentes nutritivos. Considerando que estos componentes nutritivos eran absorbidos antiguamente por el cuerpo humano a través de alimentos, un sistema de manejo sostenible de recursos tendría que cerrar los ciclos abiertos, en otras palabras, devolviendo estas sustancias al suelo y usándolos para los cultivos. En este caso, el sistema de tratamiento tendría que crear productos útiles para su reuso agrícola. El tratamiento debe permitir la estabilización e higienización de los lodos, limitando, al mismo tiempo, las pérdidas de sustancias nutritivas y produciendo biosólidos y efluentes adecuados para ser usados como acondicionador/fertilizante y como agua de irrigación. La higienización de biosólidos tiene que incluir sobretodo la eliminación/inactivación de huevos de helminthos (por su gran difusión en la mayoría de países con menores ingresos). La higienización de los efluentes tiene que comprender la reducción/inactivación de bacterias y la eliminación de huevos. Los líquidos de Plantas de Tratamiento del Lodo Fecal tienden a poseer altas concentraciones de sales. Por eso, pueden ser utilizados solamente para regar plantas tolerantes a las sales.

Para ser viables, los sistemas de tratamiento deben ser adaptados a la situación que prevalece en

la ciudad o en el país específico. El sistema debe cumplir los criterios siguientes:

- Ser de bajos niveles en cuanto a la inversión capital y los costos operativos.
- Poseer un nivel mínimo o modesto de mecanización.
- Necesitar un consumo adecuado (mínimo), de energía externa.
- Ser compatible con la capacitación de recursos humanos disponibles.
- Ser compatible con el marco institucional.

Las opciones de tratamiento bajas en inversión de capital y costos operativos se asocian generalmente a las altas demandas de terreno. Al elegir una opción de tratamiento adaptada a las condiciones y requisitos de una situación determinada, es necesario encontrar un equilibrio entre la viabilidad económica y técnica, por una parte, y la demanda de terreno, por otra.

1.4. CO-TRATAMIENTO DE LODOS FECALES Y AGUAS RESIDUALES

En las grandes ciudades de América Latina, la mayoría de las casas que disponen de sistemas de saneamiento están conectadas generalmente a alcantarillados, sin embargo, muchas disponen, por regla general, de sistemas de saneamiento individuales in situ.

1.4.1. Estanques de Sedimentación contruidos

Se han logrado eficiencias en la remoción de sólidos suspendidos (Ingallinella et al), a saber, de hasta un 96 % en Alcorta, Argentina, 2000. La tasa de acumulación de sólidos empleada fue de **0.02 m³/m³ de SF fresco**. La calidad del efluente del estanque fue de COD = 650 el mg/L, BOD₅ = 150 mg/L, NH₄₊ -N = 104 mg/L, efluente similar al del agua residual urbana, lo que permite el

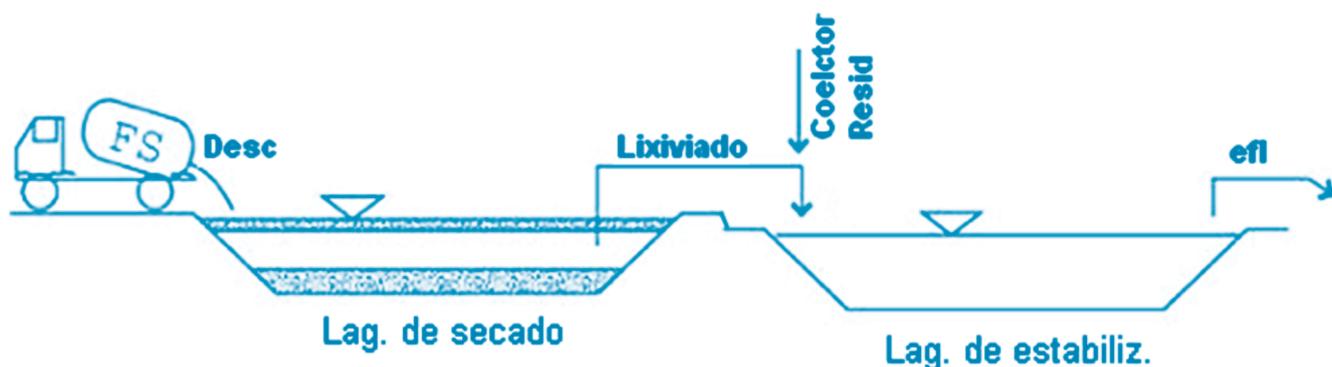


Figura 2. Co-tratamiento de lodos fecales y aguas residuales en San Francisco.

tratamiento combinado de los dos líquidos en un sistema de lagunas comprendido por una laguna facultativa y otra de maduración. El vertido de los carros fosa en el estanque en operación son suspendidos y el flotante es transferido para el estanque paralelo cuando la altura de la capa de lodos ha alcanzado los 50 cm. El fango acumulado se deja secar hasta que alcance una concentración de ST del 20 – 25 % y, por lo tanto, su extracción se logra por paleo manual o un cargador mecánico. Este secado dura hasta 6 meses en países de clima subtropical templado. Este tipo de estanque es diseñado basado en un tiempo de almacenamiento del lodo que bajo las condiciones tiempo/temperatura y teniendo en cuenta la tasa de acumulación de sólidos antes señalada.

Las lagunas de sedimentación y secado se diseñaron según los criterios siguientes:

- La capa de sólidos acumulados no debe sobrepasar de 0.5 m.
- La tasa de acumulación de lodos equivale a $0.02 \text{ m}^3/\text{m}^3$ de SF crudo.

1.4.2. La separación de sólidos

En tratar los SF, ya sea separadamente o en conjunto con el agua residual, en mucha literatura relativa a ese tema, se especifica del tratamiento por separado de los SF y el agua residual. La tasa de acumulación de sólidos separados y consolidados (espesado) es de $0.10 - 0.15 \text{ m}^3$ por m^3 de SF fresco. Las opciones tecnológicas preferidas para lograr la separación del líquido del sólido son poco mecanizadas, preferiblemente se logra en tanques de sedimentación o estanques. Ciclos cortos de operación de solamente unas semanas a unos meses. Esto limita el volumen de sólidos acumulados a ser manejado y más allá tratado a la vez.

1.5. LA PROBLEMÁTICA GLOBAL DEL MANEJO DE LOS LODOS SÉPTICOS

Es preocupante, dado que la mayor parte no son debidamente tratados. En muchos lugares como en nuestro país los carros fosa descargan en lugares inadecuados y no autorizados como en los registros de alcantarillado de las redes urbanas interiores o exteriores, en lagunas de estabilización, en corrientes de agua y en sitios baldíos (zonas periurbana) y campos agrícolas (zonas rurales). (Ver Anexo I).

Producto a su mal olor, el alto contenido de metano, de organismos patógenos y materia orgánica y mineral, incurren en un gran impacto negativo para el medio ambiente, generando un desequili-

brio que conlleva a la propagación de enfermedades transmisibles tanto en animales como en las personas.

El proyecto considera los siguientes aspectos:

1. Dar respuesta a una demanda sanitaria.
2. Adecuarse al entorno natural.
3. Generar una conciencia social para el uso y manejo adecuado del lodo fecal.
4. Diseñar un sistema sostenible de co-tratamiento de las aguas residuales y el lodo fecal.

Usualmente, al menos dos estanques son usados, y más comúnmente tres. El fango (la parte sólida del agua residual), de tanques y fosas sépticas, deben ser tratados en un estanque especial, colocado al principio de una serie de lagunas porque este líquido es potencialmente tóxico. Los subsiguientes estanques tratarán el efluente (la parte líquida del fango). En los diseños tradicionales el fango se sedimenta y se deja espesar en el primer estanque, aquí y aprovechando las condiciones climáticas prevalecientes en el mismo se deshidratan y se dejan secar de 3 a 6 meses, según las épocas de seca y de lluvia, del cual se extrae de forma mecánica o manual y se lleva a las áreas de secado o se entierra en el terreno agregándole una porción de cal, por lo menos durante un año. Esto se hace para facilitar su re-uso o disposición final.

Se pretende entonces:

- reducir patógenos.
- eliminar la posibilidad de olores ofensivos.
- remover agua del material.

Entre las opciones más usadas para el tratamiento de lodos se encuentran:

1. Digestión anaerobia.
2. Tratamiento con cal.
3. Compostaje, principalmente con residuos vegetales u orgánicos.
4. Patios de secado.

1.6. DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO:

- N° de camiones que prestan el servicio.
- Frecuencia diaria de descarga.
- Capacidad de carga de los camiones.
- Tiempo de descarga.

1.7. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Las lagunas para descarga de los carros fosa en San Francisco fueron dimensionadas teniendo en cuenta un aporte de sólidos de $0,02 \text{ m}^3/\text{m}^3$ de líquido descargado (valor que se puede determinar en los estudios previos de campo), considerando un lapso de funcionamiento de 3 a 6 meses.

En marzo de 2013, se comenzó la construcción, en un orden tal que no se paralizó la obra; los carros fosa descargaban en la laguna LS1, el líquido remanente se drenó por el bajo dren y el tubo superior hasta que la laguna se llenó de lodo, en este momento se le extrajo el líquido sobrenadante remanente mediante la succión de un carro fosa, descargándose en la siguiente laguna LS2 y se le dio inicio a ésta comenzando a descargar los carros fosa, así, se inició el primer ciclo de secado el cual duró 102 días de los 120 pronosticados.

Los camiones fosa que transportan los lodos tienen una capacidad de carga que varía entre 2.5 y 10 m^3 . Para la carga y descarga poseen una bomba de vacío con potencia que varía entre 2 y 20 HP. Las mangueras de succión y descarga son fabricadas de polivinilo de cloruro corrugado flexible, cuyos diámetros se encuentran entre 3" y 6".

Su recorrido, en teoría, consiste en partir de la empresa, dirigirse a los distintos puntos de recolección y descargar en la laguna de San Francisco ubicada a unos 9 km al suroeste de la ciudad de Manzanillo, lugar previamente no autorizado. Sin embargo, en la práctica, la empresa recolectora no cuenta con un adecuado seguimiento y monitoreo, y muchas veces descargan en la clandestinidad.

Un tema que merece la atención es que, debido al casi inexistente concepto de depreciación de los vehículos transportadores, estos no siempre reciben un adecuado mantenimiento. Lo que representa una constante y sería amenaza para la prestación del servicio.

1.7.1. Capacidad de descarga de los carros fosa

Para determinar el caudal aportado por los camiones se cuantificó el tiempo de descarga en base a sus dimensiones tomándose un volumen promedio con el número de camiones que ingresaron por día, en este caso se tenían 2 tipos de camiones los que descargaban normalmente 6 veces por día un caudal promedio de $18,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

Una vez estabilizados y secados los lodos se enterraron en los lechos de secado y compostaje

añadiéndole una porción de cal. Esto se hace para eliminar las bacterias y huevos de parásitos y así facilitar el reuso o disposición final.

Los sistemas de tratamiento de lodos se pueden resumir en los siguientes procesos:

1. Espesado.
2. Estabilización.
3. Acondicionamiento.
4. Deshidratación.
5. Secado.

Se pretende entonces con ello:

- Reducir patógenos.
- Eliminar la posibilidad de olores ofensivos.
- Remover agua del material.

1.7.2. Lodos acumulados en las lagunas

Los lodos que se extraen de los procesos de pre-tratamiento, tratamiento primario y secundario, están constituidos entre el 80 al 90 % de agua por peso, son una masa acuosa, con materia que aún es posible seguir descomponiendo, donde se concentran los microorganismos patógenos, por lo que se necesita tratamiento adicional para lograr su estabilidad y secado.

Volumen de lodos: Teniendo en cuenta la información del aporte se puede calcular de acuerdo al volumen vertido por los camiones:

Caudal diario a recibir:..... $60,0 \text{ m}^3/\text{día}$
Acumulación mensual de lodos:..... $144,0 \text{ m}^3$

El tiempo de retención hidráulico se calcula según la fórmula:

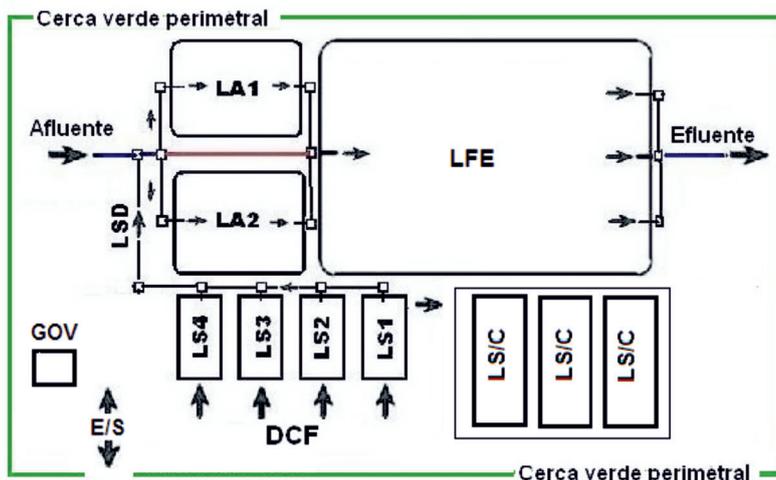
$$t \text{ (días)} = \text{volumen del reactor (m}^3\text{)}/\text{caudal de descarga (m}^3\text{/día)} = 9,6 \text{ h}$$

Cuando la laguna LS1 fue puesta fuera de servicio se fue midiendo periódicamente la profundidad y la humedad de lodos acumulados. La altura promedio de los lodos fue de 47 cm.

2.0. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estabilización de los lodos sépticos se llevó a cabo mediante la reducción del contenido inicial de agua, microorganismos patógenos y disminución del potencial de putrefacción, los cuales se evaluaron en las variables analizadas.

La figura siguiente muestra el sistema de lagunas de San Francisco el cual quedo distribuido de la siguiente manera.



Dónde:

- E/S Vial de entrada y salida.
- GOV Garita del operador y vigilante.
- DCF Descarga de los carros fosa.
- LS# Lagunas de espesamiento/deshidratación/secado No.
- LS/C Lechos de secado y compostaje del lodo tratado.
- LSD Líneas de descarga.
- LA# Lagunas anaerobias No.
- LFE Laguna facultativa existente.

Figura 3. Sistema construido en San Francisco. Manzanillo.

La sección longitudinal de una laguna es la siguiente.



Figura 4. Sección longitudinal de la laguna.

3.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este trabajo no constituye una investigación si no, una aplicación de algo desarrollado en otros países, lo cual fue llevado a la práctica bajo las condiciones propias de nuestro entorno, lográndose el objetivo esperado: el vertimiento de los carros fosa en un lugar adecuado (ver fotos en el anexo II).

Finalmente, la calidad del efluente de las lagunas para descarga de camiones fosa es adecuado para ser volcado en un sistema de lagunas diseñadas para tratar líquidos cloacales.

Usualmente, al menos dos o tres estanques son usados. El fango (la parte sólida del agua residual) de tanques y fosas sépticas deben ser tratados en una serie de estanques de secado **porque son potencialmente tóxicos**. Las subsiguientes lagunas tratarán el efluente líquido del fango y el residual albañal.

Las lagunas deben ser proyectadas como lagunas de sedimentación. El valor de $0,02 \text{ m}^3$ de sólidos por m^3 de líquido descargado puede tomarse como base para el diseño, aunque se podría obtener un valor ajustado por mediciones en obra. Es aconsejable que las cargas volumétricas sean menores a $80 \text{ g DBO}_5/\text{m}^3\cdot\text{día}$. El tiempo de secado en regiones tropicales varía entre 3 a 6 meses según la procedencia de los sólidos.

Se ha demostrado que el secado de los lodos en la misma laguna es posible ya que se obtiene un grado de humedad que permite su manejo y transporte.

Deben continuarse las investigaciones acerca de la carga de sólidos aplicada y la presencia de huevos de parásitos humanos para decidir acerca del posterior uso agrícola de los mismos.

Cuando se diseña un sistema de lagunas de estabilización para el co-tratamiento de líquidos cloacales y lodos fecales deben proyectarse instalaciones para el tratamiento previo de la descarga de camiones fosa

que podrán ser gradualmente desactivadas a medida que aumente la conexión de los habitantes servidos por la red de alcantarillado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bertaina D. A. (2013). FUENTE DE CONTAMINACIÓN DIFUSA: DESCARGAS NO CONTROLADAS DE CAMIONES ATMOSFÉRICOS. DSPRH. Montevideo 970. Uruguay. Email: amayacarina@hotmail.com
2. Ingallinella, A. m, et. al. (2000). LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN PARA DESCARGA DE LÍQUIDOS DE CAMIONES ATMOSFÉRICOS. CIS. Universidad Nacional de Rosario, Riobamba 24, Rosario, Santa Fé, Argentina. cis@fceia.unr.edu.ar
3. Koné D and Strauss M. (s/f). Low-cost Options for Treating Faecal Sludges (FS) in Developing Countries – Challenges and Performance (EAWAG), P.O. Box 611, CH-8600 Duebendorf – Switzerland. Email: doulaye.kone@eawag.ch
4. Miguel A, m y Aguilar P, H. (2005). EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS SÉPTICOS DE LA EARTH. Guácimo, Costa Rica.
5. Ortuste R. F. (2008). El negocio de la recolección de lodos fecales en 4 ciudades de américa Latina. Programa de Agua y Saneamiento (WSO) y BANCO MUNDIAL. Mangua, Nicaragua.
6. Sanguinetti G, Ingallinella A y Fernandez G. (1999) Evaluation of Stabilization Ponds Systems in the Temperate Climate. Region of Argentina, 4th IAWQ Specialist Conference on WSP, Marrakech, Marroco.

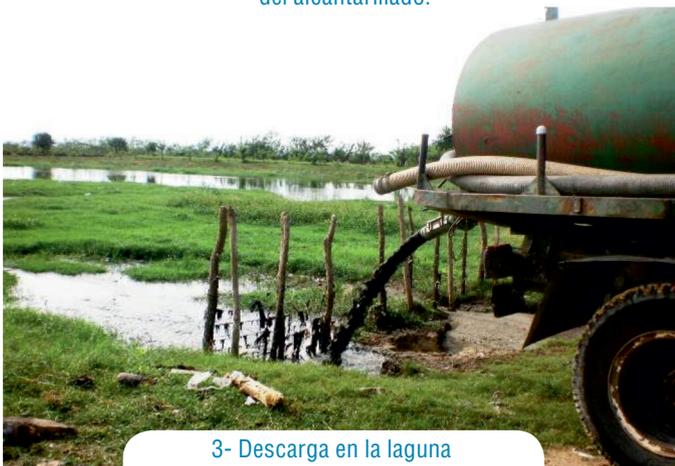
Anexo I. Imágenes del problema de hoy con la descarga de los carros fosa.



1- Descarga en los registros del alcantarillado.



2- Descarga en corrientes de agua.



3- Descarga en la laguna de San Francisco.



4- Laguna de San Francisco colapsada (lodo y maleza).

Novedad del trabajo: Las lagunas para la descarga de los carros fosa implementadas en San Francisco son de una tecnología que se aplicó por primera vez en nuestra región, cumpliéndose con todos los indicadores establecidos donde, el primer ciclo de secado duró 102 días de los 120 días pronosticados.

Este sistema de lagunas fue construido sin haberse interrumpido la explotación del sistema porque no se autorizó el desvío del colector hacia alguna corriente de agua cercana debido principalmente a crítica situación epidemiológica prevalente en ese momento en la zona. 💧

Anexo II. Sistema en explotación.

1- Laguna construida (4 u).



2- Descarga del CF.



3- Laguna llena.



4- Laguna seca.



5- Chequeo de la humedad del lodo.



6- Limpieza manual.



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ÍNDICES DE CALIDAD (ICA) Y SU APLICACIÓN EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA SAGUA LA GRANDE¹

voluntad
HIDRAULICA

CIENTÍFICO TÉCNICO

RESUMEN

El agua, esencial para toda forma de vida, resulta vulnerable a impactos influenciados por prácticas inadecuadas, requiriendo una mejor administración para propiciar su uso racional y una adecuada gestión.

Facilita su evaluación implementar índices que agrupen parámetros de referencia unificados, tales como los Índices **de Calidad del Agua (ICA)**, que identifican el grado de deterioro o mejora de un cuerpo de agua y proporcionan un valor global del comportamiento de parámetros seleccionados.

El trabajo, tras una recopilación y análisis de los métodos más utilizados, adopta el ICA propuesto por *Dinius* (1987), ampliando la cantidad de parámetros que se evalúan, al considerar otros de alta significación planteados por las Normas Cubanas.

El mismo utiliza determinaciones analíticas, acotadas al área de la Cuenca Hidrográfica Sagua la Grande, obtenidas por la "Red de Monitoreo de Observaciones de la Calidad de las Aguas" (RedCal) con datos históricos de más de 20 años y establece rangos de calidad en dependencia del uso.

Establecidos los ICA, se confeccionaron mapas para diferentes parámetros, zonificando la cuenca, que resultan útiles para la toma de decisiones en el manejo integrado del recurso agua.

El ICA obtenido puede aplicarse al control operativo y eficaz de la calidad del agua de las principales cuencas hidrográficas del país.

1. INTRODUCCIÓN

En el sistema de elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos que interactúan con el hombre, los recursos naturales renovables o no renovables, el **medio ambiente**, constituyen la base sobre la que se sustenta el desarrollo de la sociedad, pues, es un continuo proceso de utilización y transformación que permite satisfacer sus necesidades.

¹ M. Sc. Maritza T. Moreno Mata. Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos, Villa Clara. XII Congreso Internacional de La Ingeniería Hidráulica VIII Seminario Internacional del Uso Integral del Agua. Abasto de Agua y Saneamiento Ambiental. Dirección y teléfono: Ave. Libertadores 201 e/Danielito y Jesús Menéndez, Santa Clara. Teléfonos: 204059, 204061, 204909, 228607 – 08 ext. 110 y 111. E-mail: maritza@vc.hidro.cu

Los **recursos naturales** constituyen la oferta ambiental y la fuente de aprovechamiento a partir de la cual, las poblaciones satisfacen sus necesidades vitales. Las sociedades utilizan los elementos del ambiente, recurren a ellos, y los transforman en recursos que son la base productiva y de desarrollo (*Bernex y Montes, 1996, Martínez – Alier, 19997 y Azqueta y Sotelsek, 1999*).

Entre estos elementos, el recurso hídrico es esencial para toda forma de vida, resultando vulnerable y estratégico, pues sostiene el desarrollo y el ambiente (*Linger, 1998*). Vulnerable a sufrir impactos, actualmente acrecentados por los fenómenos de cambios climáticos, contaminación, desertificación, deforestación y sequías, derivados de prácticas inadecuadas que inciden en el ciclo hidrológico, requiriendo una mejor administración para propiciar su uso racional, alcanzable sólo con una adecuada gestión. Al respecto ha surgido la necesidad de evaluar los cuerpos de agua, aspecto que tiene diferente interpretación entre los encargados de la toma de decisiones y los expertos en el tema, desarrollándose diferentes criterios para evaluar la calidad del agua, lo que, ha motivado la necesidad de desarrollar e implementar un indicador que agrupe parámetros dentro de un marco de referencia unificado, a manera de **indicador ambiental**.

Ello está asociado a la contaminación ambiental y requiere de la utilización de métodos y técnicas de avanzada, capaces de dar una respuesta rápida y eficaz sobre el estado de dicho recurso, sus potencialidades y tendencias en el tiempo de la aptitud de uso, que permitan tomar medidas para preservar su calidad y evitar su deterioro.

Entre estos indicadores ambientales se encuentran los Índices de Calidad del Agua (**ICA**), que permiten identificar el grado de deterioro o mejora de un cuerpo de agua y proporcionan un valor global del comportamiento de valores reales de una serie de parámetros. Estos índices permiten establecer un sistema de alerta temprana para su mejor uso, resultando prácticos al presentar la gran cantidad de parámetros que se evalúan en una forma más simple, sin sacrificio de que el valor arrojado sea representativo e indicativo del nivel de contaminación, comparables con criterios preestablecidos para enmarcar rangos y detectar tendencias.

El trabajo presenta una recopilación de los métodos para el cálculo de Índices de Calidad del Agua (ICA) y se adopta el propuesto por *Dinius (1987)*, ampliando la cantidad de parámetros que se evalúan, al considerarse otros que son importantes para calificar los cuerpos de agua en el área de es-

tudio. Utiliza determinaciones analíticas de la base de datos de la “Red de Monitoreo para el Control de la Calidad de las Aguas Superficiales y Subterráneas” (RedCal) que de forma sistemática se realiza por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) y posee una serie histórica de más de 20 años, acotadas para el presente trabajo al área de la Cuenca Hidrográfica Sagua la Grande.

Objetivo Generales

- Definir y aplicar un Índice de Calidad del Agua para el procesamiento de los datos hidroquímicos de la red de calidad de las aguas en la Cuenca Hidrográfica Sagua la Grande.
- Definir un Índice de Calidad para evaluar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- Evaluar la evolución temporal del Índice de Calidad de Agua.
- Confeccionar mapas de calidad de aguas superficiales y subterráneas utilizando SIG.

2. DESARROLLO MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tratamiento Numérico de la Información

Para evaluar la calidad del agua de las fuentes del área objeto de estudio se utilizaron los datos que se procesan por la Red de Observación de Calidad de las Aguas del INRH (RedCal), referidos a las fuentes, superficiales y subterráneas y su comparación con escalas de valores creadas, teniendo en cuenta las normas vigentes que amparan el uso de las aguas. Para el procesamiento de los datos de la serie histórica (1993 – 2008) se utilizaron los procedimientos de estadística descriptiva contenidos en el tabulador Microsoft Office 2003. La base de datos se estructuró a partir de los resultados cuantitativos obtenidos de los parámetros seleccionados.

2.2. Establecimiento de los Índices de Calidad del Agua (ICA)

Para establecer los Índices de Calidad se consultó a un grupo de especialistas del INRH y del CITMA, expertos en los temas relacionados con la calidad de las aguas interiores, procediéndose a.

- Selección de Parámetros
- Transformación de los valores analíticos de los parámetros en una unidad común a todos (desarrollo de curvas de calidad)

- Unificación de esta información en un índice de calidad (desarrollo de la fórmula de agregación)
- Explicación de la escala general de calidad.

2.1.1. Selección de parámetros

La selección de parámetros, según criterios de expertos, sirvió de base para identificar aquellas condiciones sustantivas por las que la calidad del agua se puede ver alterada, tales como: caracteres organolépticos, características físico-químicas, presencia de compuestos no deseados y caracteres microbiológicos.

Para evaluar la calidad de las fuentes de aguas subterráneas se seleccionaron los siguientes parámetros: caracteres organolépticos (Color), características físico químicas (pH, Dureza Total, CE, DQO, Cloruros), compuestos no deseados (Nitratos), caracteres microbiológicos (Coliformes Totales y Fecales). Por otra parte, los parámetros seleccionados para evaluar las aguas superficiales resultaron ser: caracteres organolépticos (Turbidez), características Físico – Químicas (pH, CE, Cl, OD, DBO₅), compuestos no deseados (N-NH₄, P-PO₄) y caracteres microbiológicos (CT).

Se asumieron **valores límites**, acordes con los establecidos en la normativa vigente en el país, procedimiento este validado en trabajos de autores consultados como parte de la revisión bibliográfica. De esta manera se preestableció como premisa los requerimientos de calidad que deben mostrar las fuentes, superficiales y subterráneas, para un determinado uso.

Las normativas y procedimientos utilizados fueron las siguientes:

- NC 93-02:1985 Higiene Comunal. Agua potable. Requisitos sanitarios y muestreo.
- NC 93-11: 1986 Higiene Comunal. Fuentes de abastecimiento de agua. Calidad y protección sanitaria.
- NC 22: 1999 Lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores. Requisito higiénico sanitario.
- NC 25: 1999 Evaluación de los objetivos hídricos de uso pesquero. Especificaciones.
- NC 27: 1999 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones.
- Métodos de Clasificación de Agua para Riego, Según el método a emplear y el tipo de cultivo. Los parámetros seleccionados, como los de mayor significación.

2.1.2. Diseño de las Curvas Estándares o de Calidad

Las curvas de calidad se confeccionaron acompañadas de funciones que permiten, a partir de un valor de los parámetros seleccionados, obtener una medida del efecto del mismo sobre la calidad. Así se obtiene una valoración de todos los parámetros en una unidad común, que permite su comparación y su introducción conjunta en la fórmula final del índice. Se construyeron a partir de valores puntuales relacionados a límites establecidos en las distintas normativas y asociándolos a estados de la calidad. Se ajustaron utilizando el software Tablecurve-2DXS, obteniéndose las expresiones matemáticas que relacionan cada parámetro con la calidad, escogiendo siempre aquellas funciones que ajustaran con coeficientes de regresión mayor de 0.98.

La obtención de las ecuaciones matemáticas de mejor ajuste para las curvas facilita el cálculo del índice mediante ordenador, permitiendo la obtención automatizada de los coeficientes de calidad (Qi) directamente a partir de la Base de Datos. El cálculo de (Qi) se realiza sustituyendo el valor del parámetro en la ecuación de ajuste de la curva establecida para cada uno de los indicadores utilizados, obteniendo un valor que oscila entre 0 y 100. Se confeccionaron un total de 13 curvas de calidad, a continuación, se exponen ejemplos de las variables analizadas.

2.1.2.1. Curva para pH

La curva ajustada (Figura No. 1) describe la calidad en función de este parámetro en el intervalo de 0 – 14 unidades.

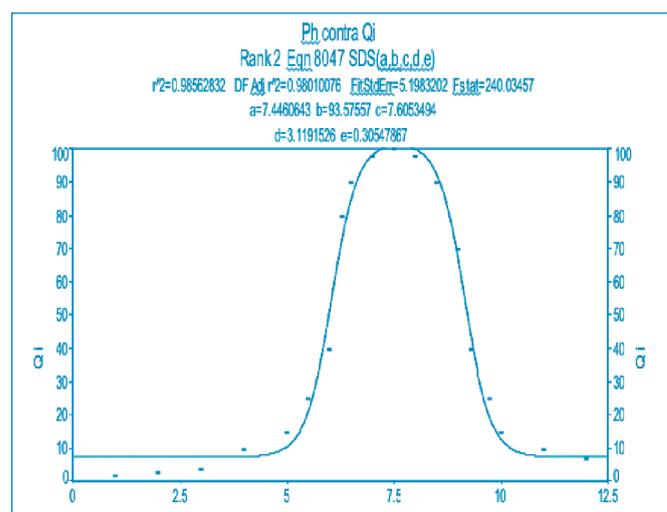


Figura No 1. Curva de Calidad en función del pH.

1.1.2.2. Curva para DBO₅

La curva ajustada (Figura No 9) describe la calidad en función del parámetro DBO₅ en un rango





de 1 mg/L a 30 mg/L. A valores de $DBO_5 < 1$ mg/L, la calidad es 100 y si los valores de $DBO_5 > 30$ mg/L, la calidad es cercana a cero.

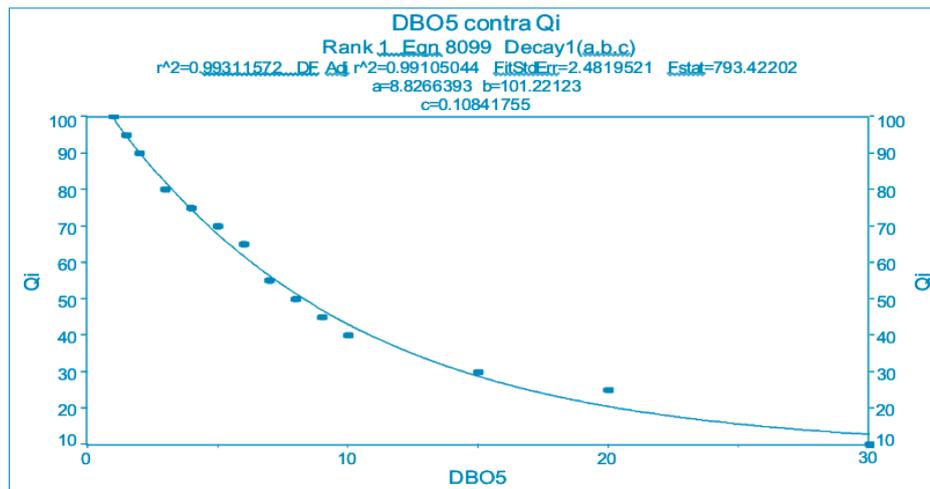


Figura No 9. Curva de calidad en función del parámetro DBO_5 .

1.1.3. Cálculo del ICA

Se aplicó la metodología (Dinius, 1987), modificada con la inclusión de algunos parámetros. La evaluación del ICA utilizando técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de pesos específicos se debe a Brauwn et al. (1983), obteniéndose a partir de una media geométrica. Ecuación No 1.

$$ICA = \prod_{i=1}^n [Q_i^{w_i}] \quad (1)$$

Donde W_i son los pesos específicos asignados a cada parámetro (i) y ponderados entre 0 y 1 y se cumpla que la sumatoria sea igual a uno, Q_i es la calidad del parámetro (i), que se calcula en función de la magnitud del parámetro evaluado, según las curvas de calidad, cuya clasificación oscila entre 0 y 100. La sumatoria representa la operación multiplicativa de las variables Q_i elevado a la W_i , finalmente el ICA que arroja la ecuación (1) es un número que oscila entre 0 y 100, que califica la calidad, a partir del cual y en función del uso del agua, permiten estimar el nivel de contaminación.

1.1.4. Diseño de la Escala General de Calidad

Para completar el diseño del índice de calidad se requiere adoptar una escala general, que vincule los valores del índice con una descripción de la calidad del cuerpo de agua. En este caso se asume una escala General de Calidad, estableciendo rangos específicos para los principales usos del agua (fuente de abasto, uso pesquero, recreativo y riego), de esta manera, el ICA adopta, para condiciones óptimas de calidad, un valor máximo de 100 que va disminuyendo con el aumento de la contaminación del cuerpo de agua en estudio.

2.3.5. Evaluación de la Calidad de las Aguas Subterráneas

En la Tabla No 4 se muestran, los parámetros seleccionados para las aguas subterráneas, las unidades de medida utilizadas y los valores de los pesos asignados W_i .

Tabla No. 4 Parámetros y pesos asignados

Parámetros	Unidades medida	Valor W_i
Color	Unidades	0.08
Potencial de Hidrógeno	Unidades	0.10
Cloruros	mg/L	0.05
Dureza Total	mg/L	0.10
Conductividad Eléctrica	$\mu S/cm$	0.10
Nitrógeno como Nitrato	mg/L	0.12
Coliformes Totales	NMP/100 ml	0.15
Coliformes Fecales	mg/L	0.15
Demanda Química de Oxígeno ($KMnO_4$)	mg/L	0.15

La tabla No 5 expone el rango de valores que se estableció para clasificar las aguas subterráneas en función de su uso como fuente de abasto para consumo humano.

Tabla No 5. Rango de valores para clasificar las aguas. (Consumo Humano)

Clase	Calificación cuerpo de agua	Rango de valor del ICA
1	Excelente Calidad	90 – 100
2	Aceptable Calidad	80 – 90
3	Ligeramente Contaminada	70 – 80
4	Contaminada	60 – 70
5	Altamente Contaminada	< 60

- Los acuíferos cuyas aguas se clasifican de Calidad “**Excelente**” no requieren de tratamiento. Se caracterizan por presentar buena calidad bacteriológica, no presentan influencia de contaminantes, intrusión salina, ni problemas de nitrificación.
- Los acuíferos cuyas aguas se clasifican de Calidad “**Aceptable**” requieren tratamiento menor (filtración, desinfección). Presentan buena calidad bacteriológica y el contenido de sales, nitratos y otros componentes están en el rango admisible establecido por la norma.
- Los acuíferos que presentan aguas con clasificación de Calidad “**Ligeramente Contaminada**” es obligatorio el tratamiento convencional.
- Los acuíferos con agua catalogada de “**Contaminada**” y “**Muy Contaminada**” no están aptos para su uso como fuentes de abasto,

2.4. Evaluación de la calidad de las aguas superficiales

En la tabla No.6 se muestran los parámetros seleccionados para las aguas superficiales, las

unidades de medida y los valores de los pesos asignados Wi.

Tabla No. 6 Parámetros seleccionados y pesos asignados

Parámetros	Unidades medida	Valor WI
Potencial de Hidrógeno	Unidades	0.05
Conductividad Eléctrica	μS/cm	0.10
Turbidez	Unidades	0.10
Cloruros	mg/L	0.10
Oxígeno Disuelto	mg/L	0.15
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0.15
Nitrógeno como Amoníaco	mg/L	0.10
Fósforo como PO ₄	NMP/100 ml	0.10
Coliformes Totales	NMP/100 ml	0.15

En las tablas No 7, 8 y 9 se exponen los criterios generales que se tuvieron en cuenta para establecer los rangos de valores de calidad (ICA), en función de sus usos.

Tabla No.7. Clasificación las aguas superficiales para su uso en la Pesca y la Vida Acuática.

Clase	Calificación cuerpo de agua	Rango de valor del ICA	Nivel de tolerancia
1	Excelente Calidad	70 – 100	Pesca y vida acuática. abundante
2	Aceptable Calidad	60 – 70	Peces muy sensibles
3	Ligeramente Contaminada	40 – 50	Peces muy resistentes
4	Contaminada	30 – 40	Inaceptable uso pesquero
5	Altamente Contaminada	< 30	Poco apta para la vida acuática.

- Los cuerpos de agua con ICA que clasifican como “**Excelente Calidad**” son capaces de poseer una alta diversidad de vida acuática y son excelentes para uso pesquero.
- Los cuerpos de aguas con ICA catalogados como “**Aceptable**” son capaces de poseer diversidad de vida acuática y son aptas para peces muy sensibles.
- Los cuerpos de agua con ICA de clasificación “**Ligeramente Contaminada**” se caracterizan por poseer menor diversidad de organismos acuáticos, son aptas para peces muy resistentes, se favorecen los procesos de eutrofización.
- Los cuerpos de agua con ICA de clasificaciones “**Contaminada**” y “**Altamente Contaminada**” no están aptas para uso pesquero y baja aptitud para la vida acuática.

Tabla No. 8. Clasificación de las aguas Superficiales para uso Recreativo

Clase	Calificación cuerpo de agua	Rango de valor del ICA	Nivel de tolerancia
1	Excelente Calidad	70 – 100	Para cualquier tipo de deporte
2	Aceptable Calidad	60 – 70	Restringido para inmersión
3	Ligeramente Contaminada	40 – 50	No apto para contacto directo
4	Contaminada	30 – 40	Sólo navegación
5	Altamente Contaminada	< 30	Inaceptable

- Las aguas con Clasificación “**Excelente**” son aptas para todo tipo de deporte.
- Las aguas con Clasificación de Calidad “**Aceptable**” son restringidas para deportes con inmersión y con precaución por si se ingiere, dada la posibilidad de la presencia de bacterias del tipo Coliformes.
- Las aguas con Clasificación de calidad “**Ligeramente Contaminada**”, no están aptas para deportes con contacto directo.
- Las aguas con Clasificación de Calidad “**Contaminada**” están restringidas para deportes con embarcaciones (lanchas, botes etc.)
- Las aguas con Clasificación de “**Altamente Contaminada**” no están aptas para ningún tipo de deporte.

Tabla No. 9. Rango de valores para Clasificar las Aguas Superficiales (uso Agrícola).

Clase	Calificación cuerpo de agua	Rango de valores (ICA)	Nivel de tolerancia
1	Excelente Calidad	90 – 100	Para todo tipo de cultivo
2	Aceptable Calidad	70 – 90	Tratamiento menor
3	Ligeramente Contaminada	70 – 50	La mayoría de los cultivos
4	Contaminada	50 – 40	Cultivos Específicos
5	Altamente Contaminada	< 40	Inaceptable

- Las aguas de Clasificación “**Excelente**” no requieren tratamiento,
- Las Aguas de Clasificación “**Aceptable**” requieren (desinfección) para aquellos cultivos que se consumen de forma directamente sin cocción.
- Las Aguas de Clasificación “**Ligeramente Contaminadas**” son aptas para la mayoría de los cultivos, se requiere información del tipo de cultivo y la tolerancia de los mismos.
- Las Aguas de Clasificación “**Contaminadas**” son aptas para cultivos específicos, tolerantes a altos contenidos de sales, cloruros, boro, etc.
- Las Aguas de Clasificación “**Muy Contaminadas**” no están aptas para el riego.

3.0 UBICACIÓN, LÍMITES, EXTENSIÓN Y CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LA CUENCA SAGUA LA GRANDE

La **Cuenca Hidrográfica Sagua la Grande** se ubica al noroeste de la provincia de Villa Clara, en la macro cuenca hidrográfica septentrional del centro de Cuba, ocupando gran parte del centro, oeste y norte de este territorio. Limita al **este** con la cuenca del Sagua la Chica, al **oeste** con la cuenca de Río Cañas, al **sur** con las del Hanábana, Damují, Caunao, Arimao y Agabama y por el **norte** el Canal Viejo de Bahamas.

Es la mayor de la provincia y la de más extensión territorial de la vertiente norte de Cuba. Posee una extensión total de 2 188 km², de la que, Pertenece a Villa Clara 2 130 km² (97 %) y representan el 21,3 % de la provincia, abarca territorios de varios municipios, en ella reside el 20 % de la población de la provincia, radicada en asentamientos distribuidos en toda el área. Tributa al acuatorio marino del norte de Villa Clara, por lo que actividades socioeconómicas vinculadas con la pesca y la industria asentada en esta región se relacionan, directa o indirectamente, con los aportes de agua y elementos de contaminación arrastrados por el

río, por esta razón, el análisis de los problemas ambientales asociados a la cuenca desborda sus propios límites geográficos. En el área de esta Cuenca se desarrollan las principales actividades agropecuarias de la provincia, en primer lugar, la agricultura cañera y la de producción de alimentos, que junto a la ganadería son renglones primordiales en la economía local, la pesca, el turismo y la recreación tienen en el sector costero y las obras hidráulicas una enorme potencialidad.

Estas actividades socioeconómicas generan impactos negativos en el medio, lo cual se traduce en áreas deforestadas por la tala y la quema, pérdida de suelos por arrastres en zonas sin protección, erosión, afectaciones a la flora y la fauna y contaminación de las aguas por residuos orgánicos e inorgánicos (metales pesados entre estos últimos).

Están identificadas 72 fuentes emisoras de aguas residuales, distribuidas en el área de la cuenca (CITMA-INRH-2008), con o sin tratamiento o tratamiento deficiente. Por esta causa se vierten, directa o indirectamente, a las corrientes superficiales tributarias del río principal de la cuenca, aportando una carga orgánica en términos de DBO5 en el orden de 2 829 t/año (Reporte CITMA-2008).

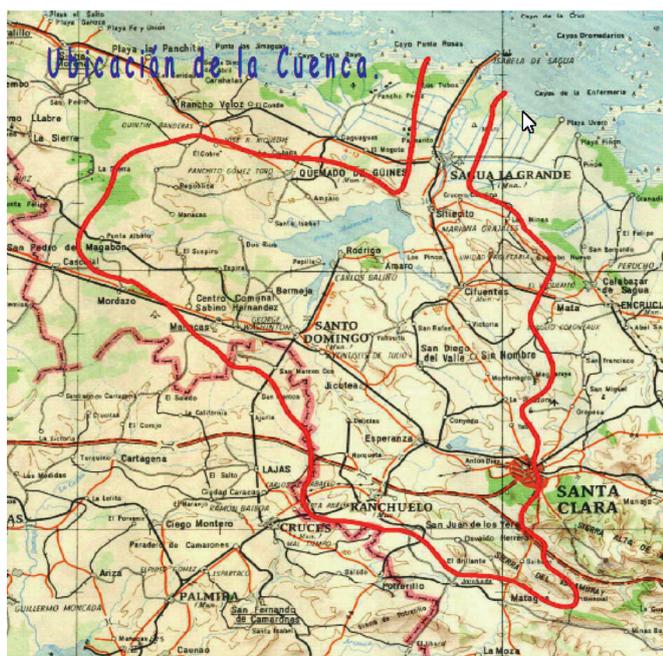


Figura No. 15. Límite de la Cuenca

4.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La red de estaciones de monitoreo (RedCal) en la Cuenca está constituida por 30 estaciones, de ellas 23 corresponden a aguas subterráneas y 7 a superficiales. Los usos principales de las aguas están destinados al abastecimiento para consumo humano (73 %), industria (6.7 %), riego agrícola (6.7 %) y estaciones para el control de la contaminación (13.3 %). En la figura No 27 se muestra la distribución espacial de las fuentes subterráneas ubicados en la Cuenca.

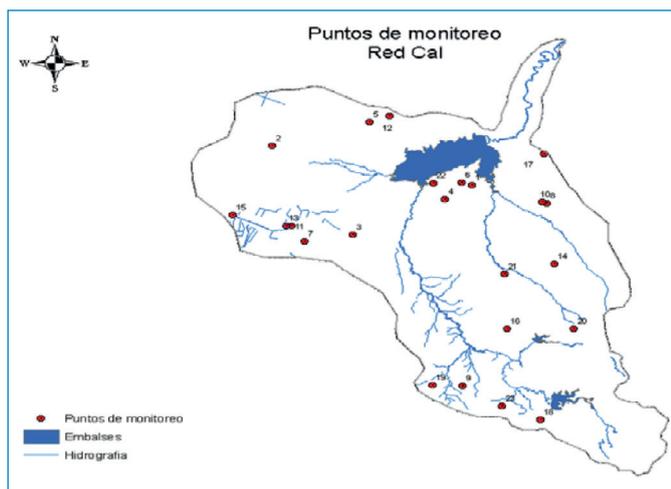


Figura No. 27 Localización de las estaciones de monitoreo subterráneas.

4.1 Estado de la Calidad del Agua en las fuentes subterráneas

El cálculo de los Qi realizado para cada uno de los parámetros seleccionados en las estaciones subte-

rráneas evaluadas, denota que en la Cuenca predominan las fuentes que presentan valores de ICA superiores a 80, que representan el 52 % del total, lo que indica que las mismas presentan buena calidad, no mostrando alteraciones significativas en ninguna de las variables analizadas y que el deterioro de la calidad del agua en algunas de ellas está dado por; alto contenido de cloruro, dureza total y nitratos, registrándose valores por encima de lo admisible en la norma que ampara el uso de las aguas, lo que corrobora la validez de los resultados del ICA implementado. Esto se sustenta en el análisis realizado de los principales parámetros que afectan la calidad del agua en la cuenca.

Los altos contenidos de dureza total, por encima de lo admisible (400 mg/L), se registran en las estaciones de Abasto: Wilfredo Pages (VC-091), San Juan de los Yeras (VC-095), Abasto Julián Grimao (VC-105) y San Diego del Valle (VC-111). La estación que históricamente se ha caracterizado por presentar los mayores valores de dureza total es la (VC-095), la tendencia es a mantenerse cercano a 600 mg/L; su contenido elevado está estrechamente relacionado con la litología imperante en la zona.

En la figura No 28 se muestra la zonificación del contenido de la Dureza Total en la cuenca, donde predominan las estaciones con rangos de 200 mg/L a 300 mg/L y de 300 mg/L a 400 mg/L.

En la figura No 30 se muestran las isolíneas de cloruro, predominando en la parte central de la Cuenca un rango de 50 mg/L a 100 mg/L y en la parte sur predominan los valores de 100 mg/L a 200 mg/L y solo en un área puntual, alcanza valores mayores a 250 mg/L, que corresponde a la estación San Juan de los Yeras (VC-095).

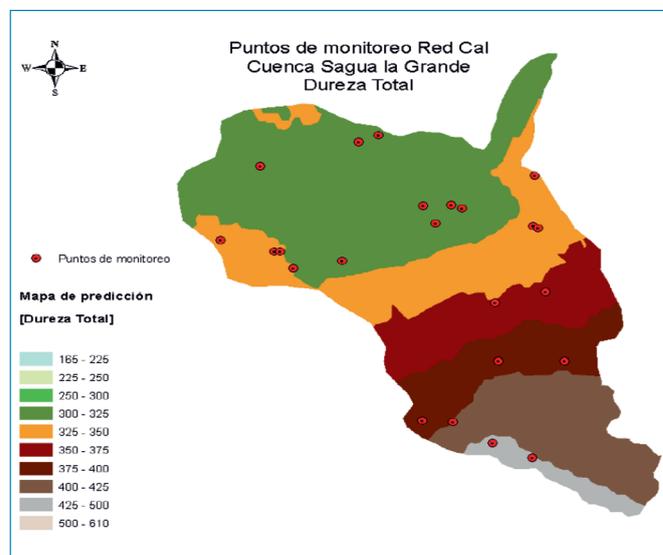


Figura No 28. Zonificación del contenido de Dureza Total (CaCO₃).

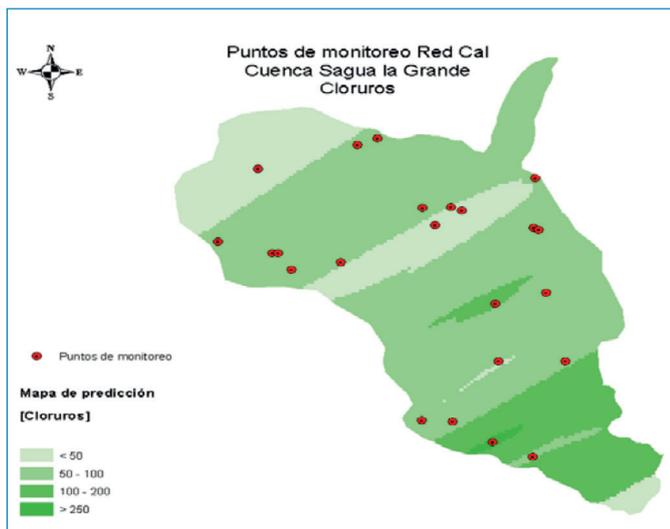


Figura No 30 Zonificación del contenido de Cloruros

En la figura No 31 se muestra la zonificación del contenido de nitrato, predominando el rango de 10 mg/L a 25 mg/L en la parte central de la cuenca y el rango de 25 mg/L a 45 mg/L en la parte del centro al sur de la misma. En áreas puntuales se alcanzan valores superiores a 45 mg/L, como es el caso de las fuentes de abasto a los asentamientos de; San Juan de los Yeras, Zona Desarrollo Quemado de Guines, los que históricamente han presentado valores superiores o cercanos al valor máximo admisible establecido en la norma que ampara su uso.

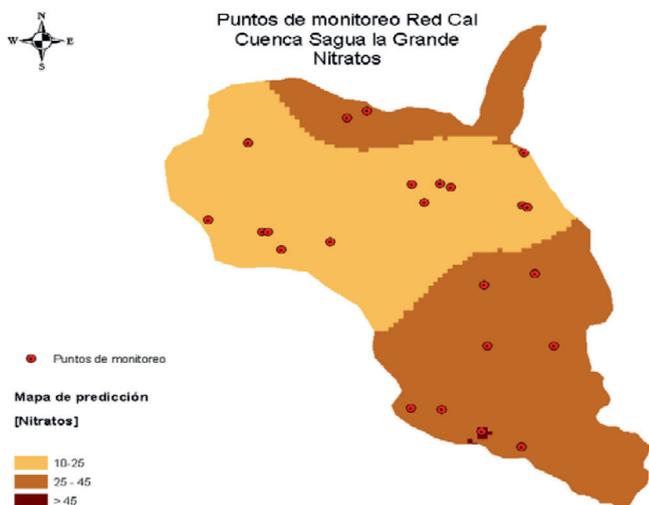


Figura No 31. Zonificación del contenido de Nitratos.

Las principales causas del incremento de la concentración de nitratos en estas estaciones son debido a:

- ☞ **Abasto San Juan de los Yeras (VC-095)**, dado la influencia de la infiltración de residuales domésticos en áreas tributarias del acuífero, ya que, la misma se localiza en el asentamiento San Juan de los Yeras, poblado de 824 ha-

bitantes, de ellos sólo el 1.8 % con sistema de alcantarillado y el 98.2 % evacuando hacia fosas y letrinas, (EAA, 2008), no respetándose la Zona de Protección Sanitaria de las fuentes de abasto (NC- 93 01-209: 1990).

- ☞ **Abasto Julián Grimau (VC-105)**, dado la influencia del riego con aguas albañales procedentes del embalse Arroyo Grande I en áreas agrícolas circundantes y la aplicación de fertilizantes inorgánicos en el área de influencia categorizada como Zona de Protección Sanitaria

- ☞ **Abasto Zona Desarrollo Quemado de Güines VC-106)**, dado la influencia de los residuales albañales del poblado de Quemado de Güines, donde los residuales producidos por el 97.8 % de la población total (10497 hab.), es dispuesto hacia fosas y letrinas (EAAL-VC, 2008). De los análisis de tendencia realizados a la serie histórica de estas fuentes, el contenido de nitrato muestra una tendencia a disminuir en las fuentes de Quemado de Guines y Julián Grimau, pero a mantenerse por encima del valor admisible (45 mg/L), mientras que la fuente San Juan de los Yeras es a incrementar sus valores.

4.1.1 Indicadores de Calidad del Agua (ICA) en Fuentes Subterráneas

Para el cálculo de los ICA se utilizaron los datos de los parámetros seleccionados de las estaciones de la RedCal, contenida en la Base de Datos (PRODAT del INRH-VC), procesándose la información a partir del año 1993 y hasta el 2008. El cálculo se realizó a través del tabulador Excel de Microsoft Office 2003.

Una vez calculados los ICA se procedió a plantear una prueba de hipótesis para la comparación de los valores medios del ICA del período seco y del húmedo, tomando en consideración la desviación estándar de cada media. Se consideró un intervalo de confianza de 95 %. Las hipótesis planteadas fueron:

$$H_0: \text{Media ICA PS} = \text{ICAPH}$$

$$H_1: \text{Hipótesis alternativa, medias del ICA PS} \neq \text{ICAPH}$$

Asumiendo varianzas iguales, el valor calculado del estadístico t fue igual a -0.490455 y el valor de la probabilidad P igual a 0.6238 . No se rechaza la hipótesis nula para alfa igual a 0.05 , dado que el valor de $P > 0.05$. Asumiendo que las varianzas no son iguales, el valor del estadístico $t = -0.489727$ y la probabilidad $p = 0.624324 > 0.05$, en esta prueba

tampoco se rechaza la hipótesis nula. Por tanto, no existen diferencias significativas entre los valores del ICA para el período seco y húmedo, por lo que se procedió a realizar el análisis de los ICA obtenidos tomando valores medios de la serie histórica de datos a lo largo de todo el año.

Del resultado del ICA obtenido, se determinó que, de un total de 23 estaciones, 12 presentan una calidad excelente, 7 calidad aceptable, 3 calidad ligeramente contaminada y sólo una fuente con calidad de contaminada; representando el 52, 30, 13 y 4 % del total de estaciones, respectivamente.

La selección de parámetros como indicadores para evaluar la aptitud de la calidad de las fuentes subterráneas para el uso a que están destinadas, ha dado resultados satisfactorios, ya que permiten identificar el deterioro o mejora de la misma, convirtiéndose éstos, en indicadores claves para determinar impactos sobre la biosfera, así como, sobre el medio ambiente en general. Especialmente, en la Cuenca se presentan diferentes rangos de calidad, los cuales están asociados estrechamente con la litología imperante en cada área y del grado de influencia de la acción antrópica. En la figura No 36 se muestra el rango de calidad de agua obtenido por la aplicación del ICA.

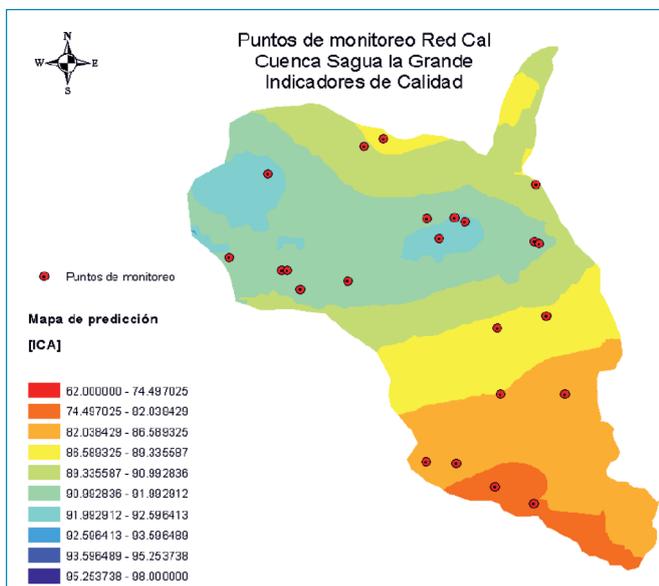


Figura No.36 Zonificación de la Calidad de Agua en la Cuenca Sagua la Grande.

De la zonificación de la calidad en la cuenca, se evidencia que la zona donde se deteriora en mayor grado la calidad del agua se corresponde con las fuentes que presentan afectaciones en alguno de sus parámetros, referimos a las fuentes Julián Grimau con valor de ICA 80 y San Juan de los Yeras, 62 y Quemado de Güines, con valor de ICA 79, determinándose que éstas dos últimas no están aptas como

fuentes de abastecimiento para el consumo humano, lo que requiere la búsqueda de nuevas fuentes.

Las principales afectaciones están dadas por el alto contenido del ión nitrato (NO_3), el cual resulta tóxico para el hombre al ser consumido en el agua de bebida, ya que reacciona con el organismo, transformándose en el ión (NO_2), que en altas dosis provocan envenenamiento de la sangre (anoxia); así como, la formación de nitrosaminas que poseen propiedades cancerígenas. La dureza de las aguas también es otro factor de gran incidencia en la salud, altos contenidos de la misma provocan afectaciones renales y cardiovasculares.

4.2. Estado de la Calidad del Agua en las fuentes superficiales

Para aplicar los índices establecidos para evaluar las fuentes superficiales se seleccionaron 7 estaciones de monitoreo de la RedCal. Se procesó toda la información necesaria y finalmente se obtuvo el valor de ICA para cada curso de agua. El valor obtenido del ICA se muestra en la figura No 37.

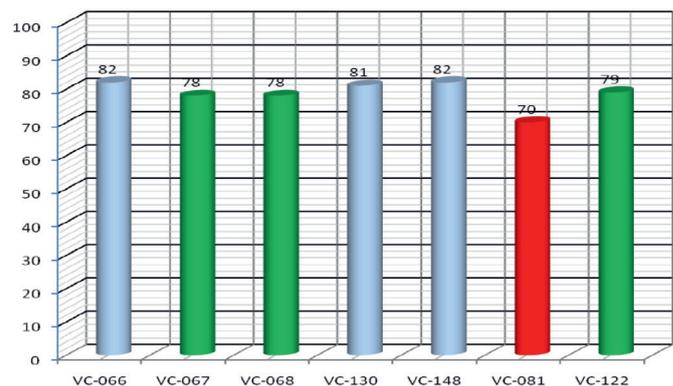


Figura No 37. Valores de ICA para cada estación superficial estudiada.

4.2.1 Indicadores de Calidad del Agua (ICA) en fuentes superficiales

De la evaluación de los ICAS realizada se observa que: tres estaciones tienen una evaluación de Calidad Aceptable; (VC-148) Embalse Palmarito, (VC-148) Río Sagua la Grande y (VC-Río Yabú; tres de clasificación de Ligeramente Contaminadas; (VC-066) Río Sagua en el Puente Esperanza, (VC-068) Río Sagua en el Puente Santo Domingo y (VC-122) Embalse Alacranes; una de peor calidad correspondiente al Embalse Arroyo Grande II (VC-081), que está entre el rango de Ligeramente Contaminada a Contaminada.

Las principales causas del deterioro de las fuentes de agua superficiales evaluadas están dadas por:

Corriente superficial “Río Sagua la Grande”:

- ☞ **Puente Esperanza (VC-067):** presenta alteraciones en los parámetros de oxígeno disuelto (OD) y demanda química de oxígeno (DQO) producto a que este curso de agua recibe las aguas provenientes de los embalses Arroyo Grande I y II, siendo éste el principal receptor de las aguas albañales del 80 % de la población de la ciudad de Santa Clara y de las principales industrias. Estas aguas poseen contenidos de materia orgánica, que para su degradación demandan concentraciones de oxígeno, provocando una disminución de éste en los cursos de agua.
- ☞ **Puente Santo Domingo (VC-130):** Presenta alteraciones en los mismos parámetros que la estación anterior, dado fundamentalmente por los residuales albañales del asentamiento de Santo Domingo, el cual tiene una población de 17000 habitantes y de ellos, sólo 4.3 % posee servicio de alcantarillado, el 95.7 % es evacuado hacia fosas y letrinas, constituyendo estas fuentes difusas de contaminación. Otras de las causas, el desarrollo agrícola y agropecuario de la cuenca colectora del drenaje superficial que tributa al río.
- ☞ **En el puente, localidad Curamagüey (VC-148):** Presenta igual comportamiento, pero con menos intensidad que las anteriores, ya que el nacimiento del río está a menos 1 km, no existiendo vertimientos de residuales desde fuentes puntuales, predominando las del tipo difusas, provenientes del desarrollo ganadero de la zona tributaria a esta corriente. Aguas abajo de esta estación el río es represado y se construyó el embalse Palmarito, el cual se utiliza como fuente de abasto de la Ciudad de Santa Clara.
- ☞ **Corriente Superficial Río Yabú (VC-130):** Presenta déficit de oxígeno disuelto e incremento de materia orgánica (DQO, DBO₅), como consecuencia del inadecuado tratamiento de los residuales albañales e industriales, incidiendo de forma directa o indirecta en esta corriente y sus tributarias, siendo los de mayor aporte la fábrica de conservas San Diego y el asentamiento y lo que se le incorpora desde el río Maguaraya.
- ☞ **Embalse Palmarito (VC-066):** Ha presentado afectaciones en las concentraciones de OD y DBO₅ ya que está referida la toma de agua, que en este caso es de fondo, donde existe una menor calidad de agua, que los estratos superiores cercanos a la superficie.
- ☞ **(Embalse Alacranes (VC-122).** Presenta alteraciones en los parámetros OD y DBO₅, ya que ésta es receptora del río principal (Sagua la Grande), que en su trayecto se le incorporan residuales de tipo albañal, industrial y agrícola, provenientes de asentamientos poblacionales, siendo el de mayor incidencia la ciudad de Santa Clara.

- ☞ **Embalse Arroyo Grande II (VC-081):** Es la que mayor afectación tiene en la calidad del agua, presenta alteraciones en los parámetros, OD, DBO₅, N-NH₄ y P-PO₄, debido a que el sistema hidráulico Arroyo Grande I y II es el receptor de las aguas residuales albañales de la ciudad de Santa Clara.
- ☞ Clasificación de los ICA en función de sus usos:
- ☞ **La Estación (VC-066)** Embalse Palmarito obtuvo un ICA en el rango de 80 a 90, se Clasifica como Aceptable, está apta para su uso como fuente de abasto.
- ☞ **Río Sagua la Grande; estaciones VC-067, VC-068 y VC-148,** presentan valores de ICA de 78, 78, 82, respectivamente. Las mismas se Clasifican de Excelente, teniendo el rango establecido para preservar la vida acuática y todo tipo de deportes sin inmersión.
- ☞ **La estación VC-122** obtuvo un valor ICA de 79, se clasifica de Excelente Calidad, según el uso de sus aguas destinado a la pesca y el riego agrícola y el rango establecido para evaluar las mismas.
- ☞ **La estación VC-081** obtuvo un ICA de 70, se clasifica según su uso para riego como ligeramente contaminada, está apta para el riego de cultivos que no se consumen de forma directa. No se puede aplicar el riego en las zonas de protección sanitaria establecidas para las fuentes de abasto para consumo humano

Evaluación temporal de los Índices de Calidad del Agua

La evolución temporal de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas se realiza a partir un análisis de tendencia a los valores de ICA calculado para la serie histórica de las estaciones seleccionadas en la cuenca. De los resultados de ICA obtenidos al evaluar las aguas subterráneas se determinan que existe una tendencia a mantener la calidad en 16 estaciones, lo que representa un 69.6 % del total, 6 a incrementar, para un 26 % y 1 a disminuir su calidad, este último influenciado por el incremento del contenido de nitratos. En las aguas superficiales prevalece la tendencia a mantener la calidad, mostrando alteraciones de la calidad en la época lluviosa, específicamente en el contenido de turbidez y materia orgánica.

CONCLUSIONES

1. Se diseñó un Índice de Calidad de Agua (ICA) en base a variables físicas, químicas y bacteriológicas, que permite evaluar las variaciones temporales, espaciales y estacionales del estado de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

2. El desarrollo de curvas de calidad basadas en normativas preestablecidas que marcan límites concretos de valores fijados y refrendados legalmente, ofrece buenos resultados para el diseño de Índices de calidad en usos específicos que evalúan su aptitud. La expresión matemática de los modelos facilita el cálculo y brinda valores más confiables para cada parámetro.
3. El diseño del ICA ha permitido simplificar y organizar la inmensa cantidad de datos que se genera por la RedCal, en un marco homogéneo y dinámico, el cual permite evaluar la aptitud de los cuerpos de agua en función de sus usos. Ello constituye una valiosa herramienta para que usuarios y administradores del recurso dispongan de información fácilmente comprensible, que propicie una gestión integrada del agua.
4. La evaluación realizada a las fuentes subterráneas, utilizando el ICA generado, ha dado como resultado que las mismas en el área de la cuenca Sagua la Grande presenta en general buena calidad, indicativo de no estar bajo la influencia de contaminantes que deterioren su calidad.
5. El uso del Sistema de Información Geográfica posibilita la representación de los resultados de la calidad del agua en mapas temáticos que constituyen una herramienta para la toma de decisiones en la planificación territorial y el manejo integrado de los recursos en la cuenca.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar el procedimiento para la determinación de Índices de Calidad del Agua (ICA) utilizado en el trabajo, en las demás cuencas hidrográficas de la Provincia, dado la similitud de condiciones físico geográficas y socioeconómico de éstas, lo que posibilitará disponer de una zonificación integral de la calidad del agua en el territorio y perfeccionará el manejo de éstas unidades de funcionamiento espacial.
2. Continuar aplicando y validando los pesos específicos asignados a los parámetros seleccionados, a los efectos de minimizar el sesgo que se puede introducir en el cálculo del ICA.
3. Adicionalmente a los lineamientos planteados para el cálculo del ICA, se recomienda analizar de forma individual cada una de las clasificaciones obtenidas para los parámetros seleccionados, con el objetivo de determinar cuál es el que deteriora la calidad del agua y su posible incidencia en la salud, en aquellas estaciones destinadas al abastecimiento para consumo humano.
4. Elevar la gestión integrada hacia un mejor manejo en las fuentes donde se demostró el deterioro

de su calidad por la existencia de condiciones incidentes, principalmente a causa del vertido e infiltración de contaminantes en las Zonas de Protección Sanitaria.

BIBLIOGRAFÍA

Beato, O. (2003): Diseño de redes de monitoreo para el control del ciclo hidrológico y la calidad de las aguas. CD Memorias del VI Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica Ciego de Ávila. Cuba.

Bermúdez, J. (2004). Un Indicador Global para la Calidad del Agua. Aplicación a las Aguas Superficiales de la Comunidad de Valencia. España, Vol.46, Pp. 357 a 358.

Browmn, R. (1983): A Water Quality Index –Dove-Dove” Water Sencage Works, 339 -343. **Campos M. C. (2004):** Determinación de Índices de Calidad y Empleo de los Sistemas de Información Geográfica para el Manejo y Gestión de los ríos que vierten a la bahía de La Habana. Centro de Hidrología y Calidad del Agua INRH. Habana. Cuba.

CEPIS/HPE/OPS, 1981-1990: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Programa Regional. 51pp.

Conesa Fernandez-Vitoria. (2000): Guía Metodológica para Evaluación de Impacto Del Ambiente. Ediciones Mundi-Preense. Tercera Edición. Barcelona-México, 401 p.

Córdoba, Núñez A. (2002): Evaluación de la Calidad del Agua. En Manual del Curso Internacional Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas en el siglo XXI. Costa Rica. 2002.

De las Cuevas, Fernández R. (2007): Evaluación de la Calidad de las Aguas de la Cuenca Cochino- Bermejo mediante Índices Generales de Calidad de Aguas (ICA). Tesis en opción de Master en Ciencias. ISPJAE. Habana Cuba.

DINIUS, S. H. (1987): “Design of a Water Quality Index”, W. R. Bulletin. V 23, p. 833-45. **Fagundo, J. R., (1990):** Evolución química y relaciones empíricas en aguas naturales, efecto de los factores geológicos, hidrogeológicos y ambientales. Hidrogeología (Granada) 5: 33-46. **Fernández Parada, N. J.; Solano Ortega F. (2008):** Índices de Calidad de Agua e Índices de Contaminación. Capítulo II. pp 27 -33. ISBN 958 -33-7810-0

García Fernández J. M; Gutiérrez Días J. (1988): Índices de calidad del agua; Resumen de las Experiencias Cubanas, XXIII Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. La Habana, Editora Palacio de las Convenciones, Habana Cuba. 1992 **Horton R., K. (1965):** An Index Number System for rottring warwe quality Jr. of WPCF.

LEON, V. L. (1992): Índices de Calidad de Agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala. Memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Cocoyac Mora México. 20-26 p.

Ortiz, Gallarza S.M, Hernández, Llamas A., Ortega, Rubio A. (2005): Diseño, Construcción y Aplicabilidad del Índice de Evaluación Ambiental de Ecosistemas Acuáticos (IEAEA). ISSN **(Ott, W. (1978):** Environment Indices. Theory And Practice. Ann Arbor Science, Michigan.

Secretaría y Medio Ambiente de España (1998): Manual de Interpretación y elaboración de informes, relativas a la calidad y métodos de medición, frecuencia de las muestras y del análisis de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Madrid.

LA HIDROLOGÍA ISOTÓPICA: UNA HERRAMIENTA EFECTIVA PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS¹

 voluntad
HIDRAULICA

NOVEDADES

El desarrollo humano está estrechamente vinculado a la disponibilidad de agua; de los recursos hídricos de la Tierra sólo el 2,5 % es agua dulce (OIEA, 2014), de esta fracción la mayor parte se encuentra en los hielos polares o como humedad del suelo.

La clave para la gestión sostenible de los recursos hídricos consiste en poseer los conocimientos necesarios para tomar las decisiones apropiadas. En ese sentido la hidrología isotópica es una técnica nuclear que utiliza tanto isótopos estables como radiactivos para seguir los movimientos del agua en el ciclo hidrológico. Los isótopos constituyen átomos de un elemento que difieren en el número de neutrones, y para distinguirlos las ciencias nucleares determinan su masa.

Los cambios en la concentración de isótopos de oxígeno e hidrógeno en las moléculas de agua durante las diferentes fases del ciclo hidrológico provocan que el agua quede marcada de manera natural, con huellas isotópicas que varían en función del historial de una masa de agua en particular y de su recorrido por el ciclo del agua. Sus firmas quedan preservadas, en sedimentos de océanos y lagos, en las incisiones anulares de los árboles, en glaciares y casquetes polares, en depósitos, en cuevas y en aguas subterráneas.

El cuadro resultante permite a los hidrólogos trazar mapas de las fuentes de agua subterránea; determinar la presencia de contaminantes, como trazas metálicas o compuestos químicos disueltos en agua, también se puede hacer uso de las técnicas nucleares para conocer sus orígenes. Los isótopos pueden utilizarse para investigar las fuentes de aguas subterráneas y determinar su origen, su forma de recarga, si existe riesgo de intrusión de la cuña salina, y si es posible utilizarlas de manera sostenible.

Tanto el hidrógeno como el oxígeno, que son los elementos constitutivos del agua, contienen principalmente isótopos ligeros. Cuando el agua de los océanos se evapora, los isótopos más pesados se condensan primero y precipitan antes que los más ligeros; por consiguiente, mientras más alejada de la costa sea la precipitación, menor será la cantidad de isótopos pesados que contenga (OIEA, 2014).

Los procesos de evaporación y condensación forman parte del ciclo del agua y en éstos la concentración de los isótopos de oxígeno e hidrógeno, que son parte estructural de la molécula del agua, sufren cambios de manera natural, constituyéndose en sí mismo estos cambios en huellas que pueden ser identificadas con técnicas analíticas como la espectrometría de masa.



¹ M. Sc. Ramón Rodríguez Cardona. Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada; Ing. Orlando Peña Aurquia. Grupo Empresarial de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (GEARH), orlando@gearh.hidro.cu



El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) apoya la utilización de la hidrología isotópica para mejorar el conocimiento de los recursos hídricos, asignando cada año cifras millonarias para el desarrollo de proyectos en diferentes países en aras de la ordenación de dichos recursos mediante el uso de la hidrología isotópica y, de paso, se ha impartido capacitación en esta esfera a jóvenes científicos (OIEA, 2009). Organizaciones Internacionales han identificado que entre los factores que afectan a los recursos hídricos en América Latina y el Caribe son el uso inadecuado de la tierra y la deforestación, los vertidos no controlados de aguas residuales domésticas e industriales en masas de agua superficiales y zonas costeras, la gestión deficiente de los desechos sólidos, la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales y la pérdida de la recarga de acuíferos urbanos debida a la disminución de la cubierta vegetal. Algunos de estos problemas también se manifiestan en nuestro país y a éstos le podemos sumar el proceso sostenido de sequía en los últimos años.

Cuba es miembro fundador del OIEA en 1957 e inició la ejecución de proyectos de cooperación técnica con este organismo desde 1977. Nuestro país ha recibido por este medio transferencia de tecnología, preparación de recursos humanos y equipamiento, que por otras vías le hubiera sido muy difícil y costoso adquirir.

En temas de técnicas nucleares aplicadas a la hidrología se ha ejecutado con el OIEA, que coordina sus acciones a través de la Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada de Cuba (AENTA), que a su vez, es la organización cubana que promueve el empleo de las técnicas nucleares en el país, seis proyectos de asistencia técnica (1982-2015) y se está ejecutando uno denominado "Fortalecimiento de las capacidades de hidrología isotópica para la gestión sostenible del agua en Cuba" (CUB/7/009), el cual está dirigido por el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC). Los resultados del mismo tributarán al fortalecimiento de la capacidad nacional en estudios de hidrología isotópica, la mejora de la infraestructura nacional para los análisis isotópicos (C, N, O¹⁸ y H²) y complementarios en aguas, así

como elaborar el mapa isotópico de las precipitaciones en nuestro país (Alonso, 2016). Asimismo, en esta temática se participó en 5 proyectos regionales de Latinoamérica (1989-2015) y se está participando en dos sobre: Mejora Continua del Conocimiento de los Recursos de Aguas Subterráneas para Contribuir a su Protección, Manejo Integrado y Gobernabilidad (RLA/7/018) y Desarrollo de indicadores para determinar el efecto de los plaguicidas, los metales pesados y los contaminantes emergentes en los ecosistemas acuáticos continentales, importantes para la agricultura y la agroindustria (RLA/7/019), estos proyectos regionales en lo fundamental son para capacitación y entrenamiento de personal.

La utilización sostenible de los recursos hídricos es una responsabilidad mundial. A través del ciclo hidrológico, toda el agua de la Tierra es afectada por la actividad humana. Ante la amenaza cada vez mayor de una creciente escasez de agua, las decisiones sobre los lugares de extracción, el volumen que se ha de utilizar y la manera en que se ha de gestionar, deben basarse en información fidedigna. La hidrología isotópica es una importante herramienta que se utiliza en todo el mundo para proporcionar información necesaria para adoptar las decisiones correctas en el presente y para el futuro.

CONCLUSIONES

El empleo de estas técnicas y sus resultados han demostrado a escala internacional que son herramientas efectivas para la gestión sostenible de recursos hídricos. En este sentido, el empleo de estas técnicas son pertinentes con las acciones emprendidas en nuestro país en su Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030, donde está claramente identificado que el Estado entre sus objetivos tiene: detener y revertir el deterioro de la calidad del agua, e incrementar su disponibilidad con la protección y gestión adecuadas de las fuentes, balances de distribución sostenibles, y la promoción de la cultura de ahorro, conservación y uso racional de este recurso.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, C. Proyecto CUB/7/009 "Fortalecimiento de las capacidades de hidrología isotópica para la gestión sostenible del agua en Cuba". Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC), 2016.
- Estudios de Hidrología Isotópica en América Latina 2006. OIEA, VIENA, 2009.
- Gestión de los recursos hídricos mediante la hidrología isotópica. Colección de Información del Organismo Internacional de Energía Atómica. OIEA, VIENA, 2014. 

CON FIDEL HASTA SIEMPRE¹

Los restos mortales del Comandante en Jefe, Fidel Castro, recibieron un último adiós brindado por miles de personas durante el tránsito por la Plaza de la Revolución, José Martí, en la capital cubana, tras su partida desde la Sala Granma, en el Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias.

La travesía por la Plaza de la Revolución de La Habana, la misma desde donde Fidel en innumerables oportunidades se dirigió a su pueblo, constituyó solo un breve segmento del recorrido que siguió el cortejo fúnebre, sosteniendo en sentido inverso el trayecto realizado por la Caravana de la Victoria, en enero de 1959, cuando Fidel



partió de Santiago de Cuba, y entró triunfante en la capital cubana, el día ocho de ese año. Antes de los restos ser depositados definitivamente en el cementerio de Santa Ifigenia, en la Ciudad Héroe, habrá un multitudinario acto de masas en la Plaza Antonio Maceo de Santiago de Cuba, a través del cual el pueblo indómito le rendirá merecido tributo al líder histórico de la Revolución. De esa forma y respondiendo a coincidencias históricas, los restos mortales de Fidel irán de la Plaza José Martí, a la Antonio Maceo, dos nombres que simbolizan de lo más puro a florado en el pensamiento y la acción revolucionaria en toda la historia nacional. Por añadidura, cuando las cenizas del Comandante en Jefe se depositen en el cementerio Santa Ifigenia, allí estará aledaña a los restos de nuestro Héroe Nacional, José Martí, y a los de tantos otros insignes patriotas como el Padre de la Patria, Carlos Manuel de Céspedes, Mariana Grajales, la madre de los Maceo, 30 generales de la guerra de independencia y Frank País, por solo mencionar algunas huellas.

Trabajadores, cuadros y funcionarios del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) fueron testigos, en la triste mañana del 25 de noviembre, de un hecho histórico cuando acompañaron un segmento del tránsito a la eternidad del Comandante en Jefe. Los que asistieron a la Plaza de la Revolución continúan haciendo historia junto al invicto Comandante en Jefe, quien luego de su desaparición física prosigue ensanchando su trascendencia, convertido ya en un referente insoslayable para Cuba y el mundo. 

¹ Por: Lic. Fidel Sagó Arrastre

MENSAJE DEL PCC- INRH COMO TRIBUTO A NUESTRO COMANDANTE

NO CUALQUIERA

No cualquiera, derroca una dictadura con 20 hombres desafiando al Imperio norteamericano.

No cualquiera, elimina el analfabetismo en un año.

No cualquiera, baja la mortalidad infantil de 42% a 4%

No cualquiera forma "más de 130 mil médicos", garantizando 1 médico por cada 130 personas, con el mayor índice de médicos per cápita del mundo.

No cualquiera crea "la mayor Facultad de Medicina del Mundo", graduando 1500 médicos extranjeros por año, con 25.000 médicos graduados de 84 naciones.

No cualquiera envía "más de 30 mil médicos a colaborar en más de 68 países del mundo" sumando cerca de 600.000 misiones.

¡No cualquiera logra ser la única nación latinoamericana sin desnutrición infantil!

No cualquiera logra ser el único país latinoamericano sin problema de drogas

No cualquiera logra 100% de escolarización.

No cualquiera puede circular en su país sin ver "un solo niño durmiendo en la calle".

No cualquiera logra ser el único país del mundo que "cumple la sostenibilidad ecológica"

No cualquiera logra que su población tenga "79 años de esperanza de vida al nacer".

No cualquiera "crea vacunas contra el Cáncer".

No cualquiera logra ser "el único país que erradica la transmisión madre-hijo del VIH".

No cualquiera logra tener "la mayor cantidad de medallas olímpicas de Latinoamérica".

No cualquiera sobrevive a más de 600 atentados contra su vida y a 11 Presidentes norteamericanos intentando derrocarlo.

No cualquiera sobrevive a 50 años de bloqueo y guerra económica

No cualquiera "llega a los 90 años, con tanto protagonismo en la historia mundial".

Querido por millones... Incomprendido por otros cuantos.

¡Lo que no puede hacer nadie... es ignorarlo!!!

HASTA SIEMPRE COMANDANTE EN JEFE

HOMENAJE AL COMANDANTE EN JEFE EN VILLA CLARA

Los villaclareños rindieron tributo al Comandante en Jefe Fidel Castro, desde horas tempranas del lunes 28 de noviembre el pueblo comenzó a rendirle homenaje al líder de la Revolución cubana en la Biblioteca Provincial Martí de Santa Clara. En la provincia se habilitaron 13 puntos para que el pueblo rindiera homenaje y firmara el solemne juramento de cumplir el concepto de Revolución, ofrecido por el Comandante en Jefe el primero de mayo del 2000, como expresión de la voluntad de dar continuidad a sus ideas y a nuestro socialismo.



En la Plaza Ernesto Guevara, el pueblo villaclareño estuvo una vez más junto a su Comandante en Jefe en la vigilia que efectuaron miles de personas en horas de la noche de este miércoles a la llegada de las cenizas del eterno líder de la Revolución. Se realizó en el área de las fuentes, donde se destacaron aspectos relacionados con Fidel y los jóvenes, Fidel y la Revolución y Fidel como líder universal.

Allí cantaron y regalaron su arte al eterno Comandante artistas profesionales, aficionados y estudiantes de la enseñanza artística. Además, se realizaron proyecciones de audiovisuales y se escucharon temas antológicos de la cancionística revolucionaria. Asimismo, varios jóvenes portaron retratos de Fidel que muestran su trayectoria revolucionaria en las diferentes etapas de su fructífera vida.

Los trabajadores del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de la provincia de Villa Clara participaron activamente en los homenajes y tributos realizados para honrar la memoria del Comandante, el martes 29 de noviembre a la 1:00pm se firmó el juramento en la escuela primaria "Paco Cuesta" de la ciudad de Santa Clara a lo cual asistieron un total de 800 trabajadores. Asimismo, el 30 de noviembre se realizó el tributo en la Biblioteca Provincial "Martí" asistiendo un total de 900 trabajadores. Participaron en la Vigilia realizada en la Plaza Ernesto Guevara y en la despedida de los restos del comandante un total de 400 trabajadores.

Además, se efectuaron labores de limpieza, higiene, mantenimiento y pintura de los locales e instalaciones propias del INRH VC y en la ciudad se trabajó en las redes internas, suprimiendo salideros y desobstruyendo las redes de alcantarillado en las calles Colón, Marta Abreu, Maceo y Carretera Central, se trabajó en el mantenimiento en las zonas del anillo de la circunvalación, y en la Planta Potabilizadora Autopista, se pintaron los registros de la entrada de la ciudad y los puntos de concentración como paradas de ómnibus y fachadas de las arterias principales de la ciudad.

Han sido días tristes, el pueblo nunca olvidará a Fidel.



LAS TUNAS 1 DE DICIEMBRE DE 2016



Durante estos días los trabajadores de Recursos Hidráulicos de Las Tunas, han desempeñado varias actividades en espera del paso la caravana que traslada las cenizas de nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz hasta Santiago de Cuba.

Se han hecho actividades como limpieza y embellecimiento de nuestros centros, hemos colocado banderas cubanas y del 26 de julio, fotos de nuestro comandante, de Hugo Chávez, lemas, consignas alegóricas al momento histórico y se le colocó flores al busto de nuestro Apóstol José Martí.

Se participó en la limpieza de la carretera central a lo largo de la provincia, pinturas de postes, aceras, colocación de fotos y bandera.

¡Hoy en la división de Camagüey y Las Tunas (Jobabito) 300 trabajadores de Recursos Hidráulicos que rinden honores a nuestro Comandante en Jefe, aquí en el edificio de la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos se encuentran el resto de los trabajadores donde también le diremos un Hasta la Victoria Siempre Comandante!, lle-vándolo siempre en nuestros corazones y sabiendo que hoy más que nunca tenemos que cumplir con sus ideas.

Dirección Técnica DPRH Las Tunas



CONTRIBUCIÓN HIDRÁULICA A LA AVENIDA PATRIA Y AL CEMENTERIO SANTA IFIGENIA

La Plaza Antonio Maceo de la ciudad de Santiago de Cuba acogió los restos mortales de nuestro Comandante en Jefe, Fidel Castro Ruz, y desde allí partieron hacia el cementerio de Santa Ifigenia, de la heroica urbe, donde reposarán definitivamente, aledaño al Mausoleo donde se guardan las cenizas del Héroe Nacional José Martí. Avenida Patria es el nombre popular de la arteria que une la Plaza Antonio Maceo con el cementerio Santa Ifigenia.

Tanto la ejecución de la avenida, como el acondicionamiento del campo santo para cobijar los restos del líder de la Revolución, hace un tiempo atrás constituyeron objetos de obra donde laboraron intensamente miles de santiagueros.

La contribución de los trabajadores hidráulicos estuvo presente en ambas inversiones, básicamente en lo relacionado con el aseguramiento de las redes de acueducto, alcantarillado y el drenaje. Algunas imágenes devienen fehacientes testimonios del desvelo, tesón y consagración desplegados por efectivos del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos para la concreción de la Avenida Patria, y el reacondicionamiento del cementerio Santa Ifigenia, que hoy están listos para viabilizar la ofrenda del pueblo santiaguero a Fidel.

Por: Lic. Fidel Sagó Arrastre

IRÉ A SANTIAGO¹

Quizás como nunca antes se ensancha la resonancia sonora de un inmenso coro de “agradecidos” que con el auxilio del poeta Federico García Lorca expresan: “Iré a Santiago”. Y es que la invocación se renueva y adquiere trascendental vigencia desde que a principios de diciembre de 2016, las cenizas del Comandante en Jefe, Fidel Castro Ruz, fueron depositadas en el cementerio de Santa Ifigenia, en la ciudad de Santiago de Cuba.

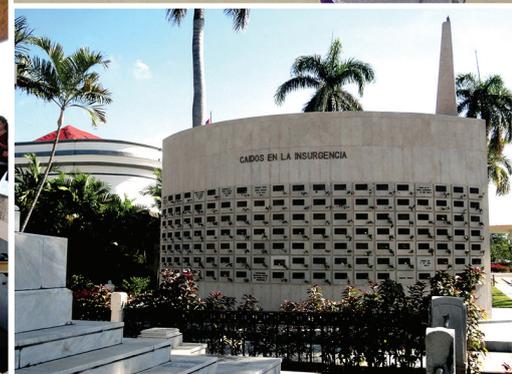
El monolito que acoge las cenizas del líder histórico de la Revolución Cubana se integra a un entorno que encierra un gran simbolismo patriótico e histórico. Se encuentra ubicado cercano al mausoleo donde des-



cansan los restos de nuestro Héroe Nacional, José Martí, y aledaño a la singular piedra extraída de la Sierra Maestra y que semeja un grano de maíz, aparece el concepto de Revolución, proclamado por Fidel el primero de mayo del año 2 000, así como los panteones dedicados a los caídos por el internacionalismo, a los mártires del 26 de Julio de 1953,



¹ Por: Ms. C. Fidel Sagó Arrastre | fidel@hidro.cu | Fotos: Del autor.



y a los combatientes muertos en la insurgencia revolucionaria.

Bajo este prisma, le nació a la indómita urbe un nuevo sitio de peregrinación. Asiduamente, desde la siete de la mañana, hasta la cinco de la tarde, llegan flores, expresiones de recogimiento y reverencias frente al reposo eterno del Comandante en Jefe.

Cada treinta minutos, de forma simultánea, se realiza el relevo de la guardia de honor establecida para el Héroe Nacional, José Martí, y para el líder histórico de la Revolución Cubana, a cargo de soldados, sargentos y oficiales de la Unidad de Ceremonias ubicada en el cementerio de Santa Ifigenia.

Por añadidura, en el camposanto santiaguero, declarado Monumento Nacional en 1937, condición ratificada en 1979, se hallan también los restos de otros insignes patriotas como el Padre de Patria, Carlos Manuel de Céspedes, Mariana Grajales, la madre de los Maceo, 30 generales de la guerra de independencia, y Frank País, por solo mencionar algunas huellas.

Arrojados con esas dimensiones simbólicas, y a modo de colofón de estas líneas, resulta lícito traer a colación y reiterar la advertencia de otro poeta, en este caso Manuel Navarro Luna, cuando sentenció: “¡Es Santiago de Cuba! ¡No os asombréis de nada!”.

“¿Cuál debe ser nuestra meta en un país que depende de la agricultura, que es largo y estrecho, y que contando con agua puede obtener unos resultados fantásticos? Con agua asegurada en nuestras tierras hay muchos cultivos que podemos emprender en cualquier época del año”. Fidel Castro Ruz

DICEN DE FIDEL

Dicen que no quiso llegar al 2017, después de vivir casi un siglo.

Dicen que antes de irse, dio gracias a la vida a la que ha revolucionado tanto.

Dicen que en el momento de partir, Fidel miró hacia atrás, y vio a Cuba de pie.

Dicen que se volvió una vez más, y mirando al pueblo cubano, con su voz finita de intimidad, le dijo que no afloje, que siga el camino. Que volverían a encontrarse en cada esquina de la historia, cantando juntas y juntos, en clave de sol.

Dicen que Fidel tenía una sonrisa en los labios, porque sentía que en el viaje se encontraría con Chávez, con Camilo, con Celia, con Haydée, con el Che... a quienes extrañaba tanto siempre, como a la victoria.

Dicen que Fidel se fue soñando nuevas revoluciones en distintos pueblos y galaxias.

Dicen que dijo, antes de marcharse, que ahora nos tocará a nosotras, a nosotros, seguir abriendo a machete los surcos de la vida nueva.

Dicen que dijo que lo había dado todo, pero todito todo, en el esfuerzo de sembrar y cosechar dignidad en los territorios arrasados.

Dicen que Fidel quedó grabado en la zafra millonaria, en playa Girón, en ese pueblo sin analfabetos, en los centros de salud, en los campos de Angola, en las misiones internacionalistas de médicos, médicas, alfabetizadores/as y guerrilleros/as generosamente desparramados por el mundo.

Dicen que antes de partir se rió en las narices de Trump, se burló de su recién estrenado despotismo, y cumplió su última misión, desbloqueando -a codazos con el poder mundial- los bordes de la historia.

Dicen que el necio gigantón ya no está para charlarnos por horas de lo humano y lo divino, haciendo del discurso interminable la revolución permanente, la pedagogía del decir y del hacer.

Dicen que sus palabras no quedaron atrapadas en los libros, sino en los corazones apasionados, y en las manos creadoras de los pueblos.

Dicen que el necio se murió como vivió, acunado por el amor de su gente, que hace de Fidel ladrillos y semillas; que hace de Fidel fuego y rebeldía; que hace de Fidel un rincón de la utopía colectiva que encendemos cotidianamente las mujeres y los hombres del pueblo.

Dicen que entró caminando en la historia, con su barba larga y su chaqueta verde oliva.

Dicen que el silencio retumbó en los continentes olvidados.

Dicen que de muchos silencios se hizo el grito que nos desgarró el alma.

Dicen que Fidel se fue, y dicen que ya está llegando.

Dicen que nuestros corazones se agrandan para recibirlo entero.

Dicen que nuestras emociones no gritan, sino susurran, como un gesto profundo, necesario, y como un compromiso: Gracias Fidel.

Hasta la victoria siempre.

Por: Claudia Korol, Liliana Duanes

http://www.cubadebate.cu/especiales/2017/01/04/dicen-de-fidel/#.WHjIH_ByRt4

MENSAJE UJC-INRH. TU PUEBLO TE LLORA, TE ACLAMA, TE APLAUDE ESTE ES NUESTRO ÚLTIMO ADIÓS.

Se ha ido un gigante físicamente, pero nos dejó sus ideales para continuar su lucha, ¡nuestra lucha! Gracias Comandante por tu visión larga y tu firme convicción de que Cuba es nuestra y de nadie más. Gracias por la formidable Voluntad Hidráulica que impulsaste, para garantizar una de las fuentes de vida más importante que tiene el ser humano. Todos los jóvenes del sistema de recursos hidráulicos te rendimos homenaje de la mejor forma que usted hubiera deseado, que es seguir batallando, trabajando y brindándole a la población cada día y con mayor calidad nuestro recurso sagrado "El Agua". **HASTA LA VICTORIA SIEMPRE COMANDANTE!!**

FIDEL Y LA VOLUNTAD HIDRÁULICA¹

“De manera que a nosotros los fenómenos naturales nos enseñaron y nos formaron la conciencia de la necesidad de crear una Voluntad Hidráulica”.

Fidel

El pensamiento de Fidel sobre la importancia y necesidad del agua está vinculado a su origen campesino, nacido en una región donde la lluvia, el río, la agricultura y el riego se convierten en una necesidad insustituible para la vida.

Esta situación, se hace aún más palpable durante su etapa guerrillera en la Sierra Maestra donde convive con los campesinos serranos cuyo sustento depende en gran medida de la pobre producción agrícola y ésta a su vez de la lluvia.

Con el triunfo de la Revolución el primero de enero de 1959 y la asunción al poder del Gobierno Revolucionario se dan las condiciones necesarias para desarrollar la hidráulica en Cuba, sector que hasta entonces tenía un gran atraso. El genio visionario de Fidel se percató que sin el desarrollo y aprovechamiento de los recursos hidráulicos sería muy difícil el desarrollo económico del país.

A los seis meses del triunfo de la Revolución, el 3 de junio de 1959, Fidel plantea la importancia del agua, el aire y la tierra para la vida de las personas y el 12 de julio en su discurso del Foro Nacional de la Reforma Agraria planteó: “...en fin, nosotros tenemos por delante la tarea de construir aquí lo que no se construyó en cincuenta años y que las condiciones de salud del pueblo están determinadas por los acueductos, los filtros, el alcantarillado”. En el programa Ante la Prensa, en septiembre del propio año planteó que en materia de acueductos y alcantarillados hay que hacer 180 acueductos con sus filtros que cuestan 300 millones de pesos.

Un año después, el 8 de septiembre de 1960 en la clausura del Congreso de la Federación Nacional de Obreros del Calzado, Tenedores y sus Anexos expresó: “...que debido al paso del huracán Donna podrán haber zonas afectadas por las lluvias y que los ciclones traían algún bien como por ejemplo, llenaban las cuencas subterráneas de nuestra isla para poder mantener las funciones que desempeñan... sobre todo en la agricultura”.

La necesidad del agua para el desarrollo de los planes sociales y económicos que venía programando la revolución y su explicación en los múltiples discursos de Fidel conducen a que en su intervención en la Clausura de La Plenaria Azucarera de Camagüey el 14 de mayo de 1962 planteara entre otras cosas que: “... la Revolución tiene que elaborar y llevar a cabo un plan hidráulico. A ese fin ya se acordó la constitución de una Comisión Nacional y están poniéndose en manos de esa comisión todos los recursos para llevar adelante ese plan... Pero estos planes hidráulicos no son buenos solamente para la seca, sino también para las épocas de lluvia, porque puede llover mucho, pero en el momento en que se necesite ni en la cantidad que se necesite... Nosotros tenemos que proponernos, como plan ambicioso a largo alcance, que en el futuro no vaya a parar al mar una sola gota de agua de lluvia...”

¹ Ing. Alfredo Álvarez Rodríguez, Asesor de la presidencia.

“El esfuerzo, principalmente, de nosotros, no es para compensar lo perdido; el esfuerzo de nosotros es para superar lo perdido, el esfuerzo es para crear condiciones de seguridad definitiva en la zona afectada por el ciclón. Y hacer este esfuerzo por Oriente”. Fidel Castro Ruz

voluntad
HIDRAULICA

MEMORIAS



voluntad
HIDRAULICA

Lo señalado anteriormente se concreta el 10 de agosto de 1962 con la creación del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, conocido por sus siglas INRH, a cuyo frente fue nombrado el Comandante. Faustino Pérez Hernández.

El Instituto asumió las tareas que se venían desarrollando por la Dirección de Recursos Hidráulicos del Ministerio de Obras Públicas actual (MICONS) referidas a las investigaciones sistemáticas hidrológicas superficiales, subterráneas, topográficas y geológicas así como la elaboración de los proyectos de presas, derivadoras, estaciones de bombeo y canales magistrales y asumir la función inversionista de esas obras. De forma paralela, aunque no formando parte de su estructura, la presidencia del Instituto atendía a la Comisión Nacional de Acueducto y Alcantarillado.

La creación del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos permitió organizar en una sola institución todas las tareas para el desarrollo hidráulico y establecer, por primera vez, las redes nacionales de observación de los distintos parámetros del Ciclo Hidrológico lo que permitió además de la información técnica para los proyectos, la información necesaria para la prevención hidrológica sobre posibles inundaciones y la toma de medidas para evitar o reducir daños humanos y materiales como fue planteado por Fidel en sus distintas intervenciones públicas sobre este tema.

Fidel concibió y así lo expresó en múltiples discursos la urgente necesidad de elaborar el Planeamiento Hidráulico en base a estudios técnicos que permitieran hacer un uso racional de este recurso tanto por la población, la agricultura, la industria, los servicios y otras producciones.

Ante la insuficiente cantidad de profesionales dedicados a la hidráulica, se firmaron convenios con la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas y Bulgaria para la asistencia técnica con especialistas de esos países, lo cual informó Fidel en La Plenaria Azucarera de Camagüey el 14 de mayo de 1962 cuando expresó: "...la Unión Soviética va a mandarnos una comisión de sus mejores técnicos de hidráulica. Y no sólo ha ofrecido el envío de esa comisión, que llegará pronto, para hacer todos los estudios necesarios, sino facilitarnos equipos, los equipos necesarios para llevar adelante ese plan hidráulico".

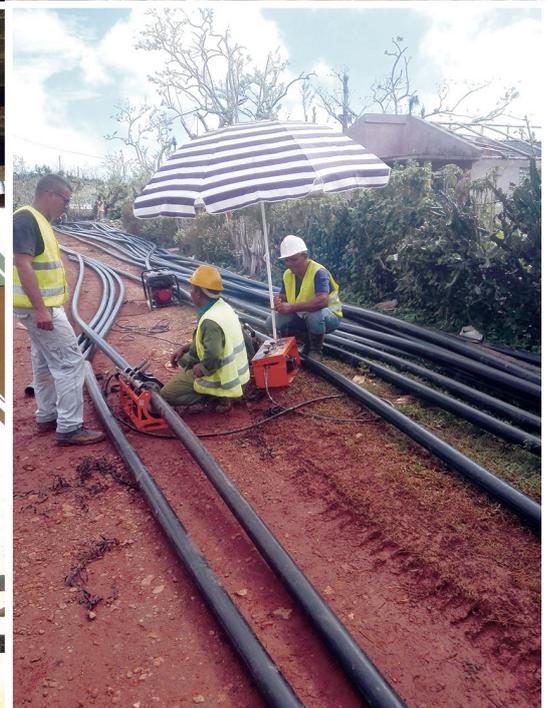
El conocimiento, dedicación y apoyo de Fidel a esta actividad era constante al informar públicamente los trabajos que se venían realizando para asegurar la demanda de agua de los distintos sectores de la economía y los servicios y el 10 de agosto de 1963, en su discurso en el acto por el primer aniversario de la creación del Instituto, entre otras cosas planteó: "...por fin empezamos a adquirir una conciencia hidráulica. ¿Saben quién nos enseñó, quién nos inculcó esa conciencia? ¿Saben quién? La sequía, los dos últimos años de sequía ¿saben qué otra cosa?

Las escaseces que nos hicieron meditar muy seriamente sobre todos los problemas y sobre los aspectos técnicos, los aspectos de organización de la producción...el año pasado se nos hizo a nosotros muy evidente que era necesario crear una Voluntad Hidráulica, una preocupación por la hidráulica..."

"...Luego vienen toda una serie de necesidades relacionadas con el agua, tal como el abastecimiento a la población, que es otro problema serio. De donde se deduce que no hay desarrollo para nuestro país si no hay desarrollo de la hidráulica. Se puede decir que la hidráulica es una actividad básica, fundamental, para el desarrollo económico de nuestro país..."

De esta forma el Instituto venía desarrollando las actividades orientadas por Fidel cuando a principio de octubre de 1963 la zona oriental del país fue afectada por el paso del ciclón Flora y producto de las intensas lluvias e inundaciones ocasionó la muerte de más de 1000 personas e innumerables daños a la agricultura, la ganadería, la industria, los servicios públicos y las redes viales. Esta situación condujo a la propuesta por Fidel de un ambicioso Plan Hidráulico para la provincia de Oriente mediante el cual se construyeron presas en los principales ríos con el fin de regular las crecidas provocadas por grandes lluvias, evitar pérdidas de vidas humanas y materiales y almacenar las aguas para su uso en los distintos sectores de la economía.

Aun bajo los efectos del ciclón Fidel se reunió con el Cnte. Faustino en las oficinas del Instituto orientando que se obtuviera toda la información técnica sobre las lluvias y las crecidas de los ríos e inundaciones y seguidamente se trasladó en compañía de Faustino a la provincia de Oriente. Ese mismo día partió en horas de la tarde un grupo técnico de la Dirección Nacional del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos con los equipos de medición para recopilar la información señalada por Fidel con cuyos datos se pudo elaborar el mapa isoyético correspondiente, la probabilidad de ocurrencia de la lluvia y su intensidad, los caudales máximos que alcanzaron los ríos y las franjas de inundación que se produjeron, estudios que han sido muy valiosos para los proyectos de las obras hidráulicas. En el informe que hizo Fidel sobre el ciclón Flora por la Cadena Nacional de Radio y Televisión el 21 de octubre de 1963 entre otras cosas expresó: "... Lo que nosotros planteamos es represar todos los ríos: el Cauto y Contramaestre, el Contramaestre y sus afluentes, Río Mayarí y sus afluentes, los del Valle de Guantánamo y sus afluentes. Sencillamente, represar todos los ríos y no volverá a haber inundaciones. Cuando llueva mucho en vez de ocurrir una desgracia para el país, será una suerte para el país, porque entonces llenaremos todas las represas y tendremos agua abundante, una agricultura segura, sobre la base del regadío..."



Pudiera concluirse que a partir de los desastres provocados por el ciclón Flora, el Programa Hidráulico no solo se convierte en una necesidad para el desarrollo sino además las presas al retener gran parte de las aguas producto de las intensas lluvias aseguran los volúmenes de agua necesarios para los distintos usos y disminuirán las inundaciones de aguas debajo de las mismas reduciendo los daños a la economía y la pérdida de vidas humanas.

Han transcurrido cincuenta y cuatro años de la creación del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y las ideas de Fidel referentes a la Voluntad y al necesario desarrollo hidráulico y su presencia física en las obras en construcción se han materializado gradualmente pasando de 13 pequeñas presas con 47 millones de metros cúbicos de capacidad total a más de 220 presas con más de 9000 millones de metros cúbicos y en los sistemas de acueducto se ha alcanzado más del 80% de la población con servicio de agua potable intradomiciliario contribuyendo significativamente en los niveles de salud alcanzados y han evitado grandes inundaciones y pérdidas de vidas humanas y el ejemplo más reciente fue el paso del ciclón Matthew por la zona oriental del país que si bien afectó más de 10 sistemas de acueducto la respuesta para su recuperación fue inmediata. 💧

"En estos momentos se están construyendo varias represas en la provincia de Oriente, porque no es solamente un problema para la agricultura... el rendimiento de la agricultura depende también de esos elementos: el agua y los abonos." Fidel Castro Ruz

Recuperación del huracán Matthew

AGUA: UNA DE LAS MAYORES URGENCIAS¹

voluntad
HIDRAULICA

MEMORIAS



Transcurridas 24 horas del paso del huracán Matthew por el oriente cubano ya se había comenzado a restablecer paulatinamente el abasto de agua en diferentes puntos de los municipios guantananeros más afectados; contar con este vital líquido es una de las mayores urgencias de la población en todo momento y en condiciones como aquellas mucho más.

La experiencia adquirida por eventos climatológicos anteriores de este tipo permitió crear condiciones, con anterioridad a la entrada del ciclón en territorio nacional, que facilitaron el inicio de las labores de recuperación.

Al igual que sucedió en otros sectores, acercamos a las provincias orientales grupos electrógenos, motobombas, pipas, tuberías y otros elementos que pudieron ser utilizados con prontitud.

Asimismo, se tomaron medidas para minimizar los daños que pudiera ocasionar la confluencia en un mismo escenario de la elevación del nivel del mar, el aumento del caudal de los ríos y el vertimiento de agua desde las presas.

Deslizamientos, obstrucciones en obras de toma ubicadas en zonas de difícil acceso, desprendimiento de tramos de conductoras en laderas de montañas y cauces de ríos, así como caída de numerosos árboles en sitios donde no era posible transitar inicialmente con medios automotores, estuvieron entre las causas fundamentales de los perjuicios

¹ Por: M. Sc. Inés María Chapman Waugh, presidenta del INRH.



contabilizados en la infraestructura de los 63 acueductos dañados, cerca del 76% de los existentes en los cinco municipios afectados en la provincia de Guantánamo.

Para la recuperación de estos sistemas fue necesario instalar alrededor de 43 kilómetros de tuberías de diferentes diámetros, 30 de ellos en el municipio de Maisí, el más golpeado de todos debido a las características del terreno.

En el caso particular de la ciudad de Baracoa, fue posible minimizar los daños en este sentido, pues están soterradas las tuberías del nuevo acueducto todavía en construcción, aunque en las comunidades aledañas fue necesario también colocar nuevas tuberías.

Entre las medidas adoptadas para garantizar el abasto de agua al iniciar la etapa de recupera-

ción, sobresale la instalación de 21 grupos electrógenos (en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas), 16 de ellos en sistemas de acueducto en condiciones muy complejas por el estado en que en ese momento se encontraban los viales, por lo cual fue necesario, en algunos casos, emplear ca-

miones de triple tracción y buldóceres. Igualmente, se utilizaron 21 motobombas para crear puntos alternativos de abasto a las pipas, así como la limpieza de cisternas y aljibes.

Producto a la crecida de los ríos y el consecuente incremento de la turbiedad de las aguas con las lluvias, fue necesario utilizar numerosos manantiales en las montañas, con agua de gran calidad, pero donde se requirió conectar tuberías, motobombas y otros elementos que complejizaron las labores, se utilizaron medios alternativos y de tracción animal.

"Los ciclones, pues, son uno de los fenómenos naturales que suelen afectar nuestros intereses: traen siempre bastante daño a las cosechas, inundaciones, en ocasiones pérdidas de vidas y un poco de alarma, aunque ya nuestro pueblo está acostumbrado a todos los problemas". Fidel Castro Ruz



En coordinación con el Ministerio de Salud Pública se mantuvo una sistemática vigilancia sobre la calidad del agua, con lo cual se evitó la proliferación de enfermedades de transmisión hídrica.

Entre las medidas a tomar en cuenta ante futuros eventos de esta naturaleza, se destaca la urgencia de colocar tapas más seguras para los reservorios de agua ubicados en las comunidades. En esta ocasión, a pesar de su llenado con tiempo suficiente, el contenido de casi la totalidad de ellos se contaminó, pues los fuertes vientos arrastraron las tapas, quedando el agua completamente desprotegida de la entrada de árboles y otros desechos. Igualmente, se realizaron numerosas investigaciones geofísica en diferentes áreas para localizar posibles manantiales de agua dulce que pudieran comenzar a ser útiles en escenarios futuros, así como el agua salobre para otros usos.

En todo fue fundamental el trabajo conjunto con diferentes organismos como el MINCIN (con la venta

de agua embotellada) que en los momentos iniciales permitió mitigar la escases de agua por las redes, MINDUS (para el mantenimiento de las pipas que trabajaban sin descanso), las FAR (con el ejemplar trabajo de apoyo en la colocación de las redes hidráulicas con sus oficiales y soldados), el MINEM (con el siempre unido trabajo en la instalación de los grupos electrógenos) y sobre todo el pueblo. A todos gracias. 💧



MEMORIAS PERDURABLES¹

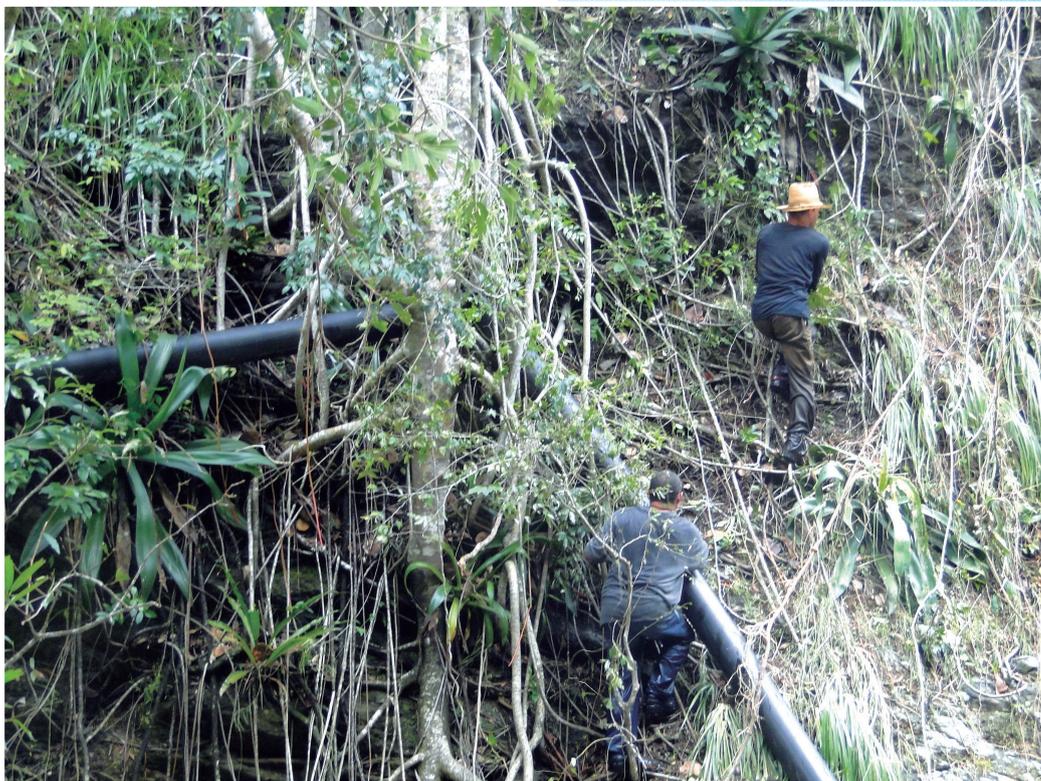
Al recibirse la alerta temprana sobre el huracán Matthew y las indicaciones de la dirección del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos de Guantánamo indicó a todas las organizaciones del Sistema, prestar atención a la evolución del fenómeno meteorológico y adoptar las medidas correspondientes para enfrentarlo si fuera necesario, conforme al plan de reducción de desastres.

El día 3 de octubre se efectuó una reunión presidida por la Presidenta y el Vicepresidente de Inversiones del INRH, donde se chequearon las medidas adoptadas por las entidades para mitigar los daños del huracán y cumplir las indicaciones del Consejo de Defensa Provincial (CDP).

Los daños más importantes ocasionados por el huracán Matthew fueron a las infraestructuras de los acueductos de Maisí, Baracoa, San Antonio del Sur, Yateras e Imías. En total se registraron 63 acueductos afectados por diversas causas. En la actualidad todos fueron recuperados.

Durante el proceso de recuperación se utilizaron 47 pipas que han realizado hasta la fecha 3 545 viajes, con un gasto de combustible de 26 125 litros de diesel. Las reparaciones y los mantenimientos efectuados por una brigada de la Empresa Integral de Servicios Automotores (EISA) del Ministerio de Industrias en el municipio Maisí, garantizaron el éxito de esta operación de abasto de agua.

Se estableció una sistemática vigilancia sobre la calidad del agua en coordinación con el Ministerio de Salud Pública (MINSAP), que posibilitó evitar la proliferación de enfermedades de transmisión hídrica, y además se aseguró



¹ Por: M. Sc. Alfredo Correa Álvarez, delegado del INRH en Guantánamo Fotos: Autores varios.



la distribución de agua embotellada por el Ministerio de Comercio Interior (MINCIN).

La recuperación está evaluada en alrededor de 6 millones de pesos hasta la fecha, en la que intervinieron más de 300 trabajadores del INRH, incluyendo los de otras provincias.

Durante el proceso de recuperación se atendieron los planteamientos históricos realizados por la población, especialmente en el municipio Maisí, en el cual se solucionaron 7 de ellos en las comunidades de La Tinta, El Guarano, Cupey, Limones, Cantillo, Diamante y Sabana. También fueron resueltos planteamientos que tenían explicada causa de no solución en las comunidades de Macabí, Boca de Jauco, Alcalá Patana y Pueblo Viejo.

En el proceso de recuperación se realizaron acciones de mejoras en el mantenimiento y las operaciones, por ejemplo, realizar la limpieza mecanizada de la obra de toma del acueducto por gravedad de Baracoa que estaba inaccesible, el montaje de una bomba nueva y una de reserva en el segundo acueducto más importante



del municipio de Baracoa, el acueducto Miel. También se ha realizado un plan de sostenibilidad a partir de las experiencias del evento.

Agradecemos la presencia imprescindible de la dirección del INRH, en especial de la compañera Inés María Chapman Waugh, y el compañero Antonio Rodríguez Rodríguez, en todas las fases del evento que ha constituido un verdadero estímulo para cuadros y trabajadores en los momentos más difíciles, y ha catalizado las soluciones a los problemas que afectan el abasto de agua a la población y la economía en el desastre. 💧



"¿Qué ocurrió? ¿Cómo se produce la inundación? La inundación se produce de golpe. Mucha gente, en esos sitios donde nunca había llegado el agua, vieron venir una ola de unos 2 metros de altura que avanzaba. Quien ha visto un río crecido sabe como es eso". Fidel Castro Ruz

MATTHEW AL ESTILO DE SANDY: LLEGÓ, GOLPEÓ, PERO NO VENCÍO¹

Mandinga, Duaba, Yumurí, o San Germán, en Baracoa; Ovando, La Máquina, Punta Caleta o Los Llanos, en Maisí, son algunos de los nombres que cobijan cuerpo y alma de un manojo de comunidades que componen la geografía de dos de las demarcaciones municipales ubicadas en el extremo oriental del Cuba, en la provincia de Guantánamo, por donde el poderoso huracán Matthew, al estilo de Sandy², el cuatro de octubre del 2016, llegó, golpeó, pero no venció.

Y esa certidumbre inmovible de convertir los reveses en victoria, siguiendo el legado de los grandes gladiadores, la transmitió personalmente en el epicentro de los acontecimientos, el General de Ejército Raúl Castro Ruz, presidente de los Consejos de Estado y de Ministros, cuando en diálogo con las personas afectadas por el meteoro, sentenció: "... Ustedes recibieron un golpe muy fuerte, pero nos recuperaremos..."³

En otro momento del intercambio de impresiones con los damnificados por el ciclón, el también Primer Secretario del Comité Central del Partido Comunista de Cuba, subrayó: "... Los felicito porque son valientes, serenos y muy revolucionarios. Estoy orgulloso de las cubanas y cubanos de todo el país, pero sobre todo de ustedes, porque han pasado una prueba muy dura..."⁴

Es una verdad reconocida en todo el país que arribar a la primera villa fundada por los españoles en 1511 no es nada fácil. Desde La Habana, son más de mil kilómetros por carretera y, cuando el trayecto se acerca a su final, hay que peregrinar por el Viaducto de la Farola, la más espectacular maravilla de la ingeniería vial cubana, que serpentea entre los entresijos de macizos montañosos como para despertar suspiros insospechados hasta en las personas más imperturbables.

Una vez en la Ciudad Primada de Cuba, para proseguir el itinerario hacia Maisí, el viajero tendrá que vencer un sinuoso recorrido en el cual la subida de La Boruga se levanta como un imponente obstáculo, pues se trata de "una de las más inaccesible del país, por su fuerte pendiente y cerradas curvas"⁵. Tal es la magnitud de esta cuesta que, desde mediados de noviembre del 2016, se inició la construcción de un vial entre los poblados de Yumurí y Jobo Claro para evitar su ascenso, y posibilitar así la circulación de ómnibus, rastras y otros medios pesados, impedidos de circular por La Boruga.

Pero Matthew capitalizó el imperativo de viajar a Baracoa y Maisí cuando con su carga de infortunio invadió el universo íntimo de miles de compatriotas. Y junto a los dos apelativos mencionados anteriormente, también incluimos a los territorios de Imías y San Antonio del Sur, que completan el cuarteto de municipios de la provincia de Guantánamo más golpeados por la furia del huracán.

Tal acicate violentado por Matthew nos hace evocar la advertencia presentada por el destacado escritor y héroe internacionalista muerto en España en la lucha contra el fascismo, Pablo de Torriente Brau, quien frente a la exuberancia física del escenario que narra en su relato testimonial sobre el Realengo 18, recomienda: "... El que quiera conocer otro país, sin ir al extranjero que se vaya a Oriente; que se vaya a las montañas de Oriente donde está el Realengo 18 y en donde se extienden otros, como el de Macurijes, el de Caujerí, el Vínculo, el Bacuney, Zarza, Pícada, Palmiján y algunos más. Que se vaya a Oriente, a las montañas de Oriente. El que quiera conocer otro país. Que monte en una mula pequeña y de cascos fir-

¹ Por: M. Sc. Fidel Sagó Arrastre | fidel@hidro.cu | Fotos: Del autor y varias colaboraciones.

² Sandy: Destructivo huracán que azotó a la zona oriental del país, particularmente, a la ciudad de Santiago de Cuba, el 25 de octubre del 2012.

³ Puig Meneses, Yaima (2016): Raúl: El golpe fue muy fuerte, pero nos recuperamos, Periódico Granma, La Habana, martes, 11 de octubre del 2016, p. 3.

⁴ Idem.

⁵ Merencio Cautín, Jorge Luis (2016): Inician apertura del vial que evitará paso por La Boruga, Periódico Granma, La Habana, martes, 21 de noviembre del 2016, p. 1.

mes y se adentre por los montes donde la luz es poca a las tres de la tarde y los ríos, de precipitado correr, se deslizan claros por el fondo de los barrancos, con las aguas frías como si vieran del monte...”⁶

Bajo otras coyunturas e influjos a los referidos por Pablo de La Torriente Brau, se hizo insoslayable viajar a Oriente. Ante ese empuje la solidaridad se vistió de prisa, y con celeridad comenzó a llegar procedente de todos los rincones del país. Caravanas de efectivos eléctricos, telefónicos y constructores enfilaron proa hacia el extremo oriental de Cuba. Y formando parte del borde delantero de esa especie de concierto de devoción y apoyo a los damnificados marcharon los trabajadores hidráulicos, liderados por la M. Sc. Inés María Chapman Wauagh, presidenta del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH).

Junto a la Presidenta del INRH, Antonio Rodríguez Rodríguez, vicepresidente del organismo, y Alexander Argilagos Moreira, director general del Grupo Empresarial de Acueducto y Alcantarillado (GEAAL), permanecieron en la ciudad de Guantánamo durante el paso del ciclón, y desde allí fiscalizaron las primeras puntualizaciones para encaminar los recursos humanos y materiales disponibles hacia las direcciones principales, según el plan de reducción de desastres, y las orientaciones del Consejo de Defensa Provincial (CDP).

SIN AGUA NO SE PUEDE VIVIR

Acorde a su condición de huracán de gran intensidad, con categoría cuatro en la escala de Saffir-Simpson y considerado el fenómeno meteorológico más poderoso que ha afectado al área del Caribe en los últimos nueve años, desde el Félix en el 2007, Matthew golpeó sin piedad al extremo oriental de Cuba, provocando grandes pérdidas en las viviendas, centros económicos y de servicios, las instalaciones eléctricas y telefónicas, en los viales, así como en los sistemas de distribución de agua potable a la población.

La magnitud de los daños colocó la varilla de medición a una altura excepcional, y en esa misma medida determinó la gran envergadura de las acciones recuperativas. En el caso del INRH, la embestida de Matthew provocó prácticamente el colapso total de 63 sistemas de acueductos en los municipios de Maisí, Baracoa, Imías, San Antonio del Sur, y Yateras.

Quebraduras de casetas de estaciones de bombeo y otras instalaciones, roturas de conductoras por deslizamientos de taludes, falta de energía eléctrica, y azolves de las obras de toma ubicadas en zonas de difíciles accesos, acentuaron el complejo panorama existente en los diversos componentes que aseguraban la distribución del agua a los residentes de esos territorios.

En ese ámbito, adquirió dimensiones estratégicas de primerísima prioridad la batalla por el agua, que tanto en la guerra como en la paz conserva su carácter de recurso indispensable para la subsistencia, pues hasta hoy se desconoce sistema viviente alguno del universo que pueda prescindir del vital líquido.

Desde la etapa previa al huracán, ya la dirección del INRH consumó un grupo de provisiones, entre las que sobresalen el

⁶ De la Torriente Brau, Pablo (1962): *El Realengo 18*, y Mella, Rubén y Machado, *Ediciones Nuevo Mundo*, La Habana, p. 67.

“...si bien es cierto que estos fenómenos ocurren muy de cuando en cuando. Pero una estadística no quiere decir que será cada 100, cada 200, cada 50 años, porque, un fenómeno como ese puede repetirse a los 5 años, y después no volver a repetirse hasta los 5 000 años”. *Fidel Castro Ruz*

alistamiento de 24 pipas para la distribución de agua, la asignación de 21 motobombas para la creación de puntos alternativos para el abasto a la población, y el aseguramiento de varias decenas de kilómetros de tuberías de diferentes diámetros para afrontar la rehabilitación de las redes que resultaran deterioradas.

VENDAVAL HIDRÁULICO PARA DESTERRAR SECUELAS DE MATTHEW

Arropados con las experiencias acumuladas en múltiples contiendas precedentes, los trabajadores hidráulicos respondieron al encono de Matthew con otra ventisca fomentada con ráfagas de esfuerzos, conmovedoras proezas laborales, y fehacientes evidencias de altruismo. Como resaltamos en líneas anteriores, las pipas de agua, con sus respectivos choferes, fueron de los primeros en aterrizar en el terreno de operaciones. Desbrozaron caminos y marcharon a la vanguardia. Atrás quedaron esposas, hijos y familia en general. Sus responsabilidades domésticas y laborales no cayeron en saco roto, gracias a los que quedaron en la retaguardia.

Orestes Miña Rodríguez, director de logística comercial de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado en la provincia de Camagüey, es uno de ellos. Lo encontramos movilizado en Maisí, al frente de la brigada de pipa, compuesta por 24 carros cisternas, tanto propios del organismo, como alquilados o asignado por el Instituto Nacional de Reserva Estatal (INRE).

La distribución del líquido está organizada a través de puntos de distribución ubicados en los Consejos Populares, destaca Miña Rodríguez, quien ha cumplido disímiles misiones en sus doce años en el Acueducto, y considera a la actual contienda como una real obra de choque.

Al preguntarle por la fecha de retorno a casa, responde desconocer esa precisión, pues lo primero es el cumplimiento de la tarea concedida, y por tanto la estadía se extenderá el tiempo que sea necesario. Lo que sí conoce con exactitud es la cantidad de viajes pipas que diariamente realizan, estadística que reporta no menos de cinco viajes por equipo como promedio, en un ciclo de 17 kilómetros de ida y vuelta entre la fuente de abasto y el punto de distribución.

Periplos como el señalado anteriormente lo interiorizado hasta la médula decenas de choferes como Ramón Fuente Maceo, trabajador de la Empresa Niquelífera Pedro Soto Alba, enclavada en el municipio de Moa, provincia de Holguín, un ejemplo de la sobresaliente faena realizada en el abasto de agua a varias comunidades y entidades económicas de Maisí, en momentos extremos luego de que el huracán provocara el colapso de la totalidad de los sistemas de agua del municipio, y casi toda su población quedara dependiendo del líquido suministrado mediante carros cisternas.

La acometida de los piperos resultó impresionante, pero no única. Fue secundada por una hueste de campaña integrada por integrantes de Brigadas de Rehabilitación de Redes Hidráulicas, proyectistas, investigadores, logísticos, miembros de comisiones de topografía, choferes administrativos, trabajadores de la Empresa de Servicios Generales, técnicos hidráulicos, y operarios de acueducto y alcantarillado.

Es habitual que las comisiones de topografía, las investigaciones hidrogeológicas, y los proyectistas antecedan a los constructores en las inversiones hidráulicas. Esta tradición no cambió en las obras emprendidas tras el paso del huracán

Matthew. Con observar de soslayo al final de cada jornada las botas y las ropas de Yanosky Pérez Díaz, director de la UEB de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de la provincia de Guantánamo, perteneciente a la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos radicada en Santiago de Cuba, se podía comprender a simple vista la envergadura de la peripecia.

Con similar precedencia y apremiados con el tiempo igualmente funcionó un grupo de trabajo que laboró en la búsqueda de fuentes alternativas de agua para el municipio de Maisí, pues en tiempos de seca los ríos padecen sed del líquido y entonces se sufre la escasez de agua. Cooperando y asesorando a esta agrupación encontramos al reconocido hidrólogo Eugenio Vidal Méndez, actualmente desempeñándose como profesor de la Universidad de Guantánamo.

El control de la calidad del agua siempre ha constituido un punto focal en la alianza estratégica sostenida entre las autoridades del INRH y el Ministerio de Salud Pública (MINSAP). Para la concreción de semejante objetivo existe una resolución conjunta firmada por los máximos directivos de ambos organismos, en la cual se establecen las pautas de esta dinámica. Por consiguiente, en tiempos tormentosos como los días sucesivos al paso de Matthew, el seguimiento de los muestreos, los niveles de cloración y turbiedad del agua, entre otros parámetros, se integraron en los protocolos de la férrea disciplina exigida.

Los compañeros del MINSAP reforzaron su colectivo. En Baracoa vimos a Nelson Escalona Cuñat, especialista del Centro Provincial de Higiene y Epidemiología de la provincia de Santiago de Cuba, como personal de apoyo, acompañando a Dennys Robaina Matos, de la Dirección Municipal de Epidemiología de Baracoa, en un instructivo intercambio de consideraciones con Jesús Raymon Limonta, especialista de la dirección de ingeniería de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de la provincia de Guantánamo, en el cual se desnudaron pormenores de las prácticas realizadas en diversos puntos para certificar la vitalidad del líquido.

La Unión Nacional Eléctrica (UNE) del Ministerio de Energía y Minas es otro de los organismos que labora estrechamente vinculado con el INRH, algo que resulta particularmente esencial para respaldar el bombeo de agua, ya sea a través del Sistema Electroenergético Nacional, o mediante Grupos Electrónicos de Emergencia. Hay que tener presente que el sistema de los Recursos Hidráulicos es uno de los organismos mayores consumidores estatales de energía eléctrica en Cuba, con un gasto de más 300 Gw/h al año, según reportes oficiales.

A propósito de ese alcance, en la sede la UEB de Acueducto y Alcantarillado en el municipio de Baracoa, pudimos dialogar con Bárbaro Ibarbiayín Santana, director de la UEB encargada de la reparación de motores de la Unión Nacional Eléctrica (UNE), y Luis González González, jefe de mantenimiento de esta entidad. Según sus declaraciones, su equipo desplegaba ingenio y sagacidad para tratar por todos los medios de minimizar las afectaciones eléctricas que causaran interrupciones en los servicios de bombeo de agua, conscientes de la repercusión social de esta operación.

La retaguardia puede tener muchos puntales, pero sin lugar a dudas uno de sus principales vértices radica en los compañeros de servicios encargados de garantizar una adecuada alimentación. La trascendencia de ese rol la interpreta cabalmente Luis Rodríguez Chacón, jefe de la brigada responsabilizada con tal función en Maisí. Su proverbial eficacia seguramente determi-

nó la decisión de traerlo desde la ciudad de Santiago de Cuba, para legitimar una estancia más pasadera a los movilizados, sobre todo en cuanto a la calidad en la elaboración de los productos alimenticios.

Rodríguez Chacón, por supuesto, no estuvo solo. Entre otros de los gladiadores del equipo allí lo acompañaron Yusmel Rodríguez Torres, Guillermo Fernández Fernández, Francisco Andrial Suárez, Geovani Bicet Neyra, y Laureana Matos Sánchez.

Además, no se puede dejar de mencionar el concurso de Abel Padilla Rivas, jefe de la zona Guantánamo-Santiago de la Empresa de Servicios Generales, también comprometido con los quehaceres pertinentes de la entidad en los municipios de Baracoa y Maisí, así como del chofer Alejandro Parra Lara, un diestro conductor ejercitado en el viaducto de La Farola.

Codo con codo con esa legión estuvieron los combatientes de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (FAR), que mostraron derroches de energía en la reconstrucción de los sistemas de acueducto de Ovando y Rubiero, por solo mencionar dos locaciones del municipio de Maisí.

PURIALES DE CAUJERÍ INSERTADO EN LA PELEA

Benito Rojas Jiménez de Castro, jefe de la UEB de Acueducto y Alcantarillado del municipio de San Antonio del Sur, con la sabiduría acumulada durante largas peripecias, propuso una iniciativa para convertir en un carro móvil ciertos Grupos Electrónicos de Emergencias (GEE) al montarlo en alguna rampa autopropulsable, y así hacer más factible su traslado para donde sea necesario, pues se tratan de equipos pesados, algunos con más de 1,2 toneladas de peso.

Efectivos de la UEB Centro de la Empresa de Mantenimiento de Redes y Obras Hidráulicas de la provincia de Villa Clara desplegaron una ingente faena en la reconstrucción de los conductos para el abasto de agua a la población de Puriales de Caujerí, en el municipio de San Antonio del Sur.

A Pedro Carrazana Mesa, lo encontramos al frente de esa agrupación, integrada además por Carlos Arteaga, Félix Gutiérrez, Juan Carlos Rodríguez, y Yosvani Valladares Montero. Al concluir un intercambio con esos constructores, la presidenta del INRH, reconoció: "la gente se nota trabajando con entusiasmo, duro y lejos de sus casas. Se ven contentos. Es algo realmente admirable y reconfortante".

EPÍLOGO

Luego de poco más de dos meses del paso de Matthew, las afectaciones que provocó en la infraestructura hidráulica, básicamente de varios municipios guantanameros, constituyen ya historias pretéritas. Los ejemplos de denuedo apuntados anteriormente sustentan los frutos cosechados hasta el momento.

Sin autocomplacencia extrema y conservando la ternura, los centenares de trabajadores hidráulicos que viajaron al Oriente para enfrentar los perjuicios causados por el fenómeno meteorológico pueden dormir tranquilos. Su travesía ha conquistado una gota de historia. Sobre sus hombros descansa una cuota de contribución que permite escribir para la posteridad: Matthew golpeó a la Mayor de las Antillas, pero no venció el carácter irreductible de los cubanos. 

INFORME SOBRE LAS ACCIONES REALIZADAS POR EL INRH, ANTES, DURANTE Y LUEGO DEL PASO DEL HURACAN MATTHEW¹

voluntad
HIDRAULICA

MEMORIAS

I. ACCIONES PREVIAS AL PASO DEL HURACAN MATTHEW

Al recibirse la alerta temprana sobre el huracán Matthew y las indicaciones de la dirección del INRH, la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos de Guantánamo indicó a todas las organizaciones del sistema prestar atención a la evolución del fenómeno meteorológico y adoptar las medidas correspondientes para enfrentarlo si fuera necesario, conforme al plan de reducción de desastres.

El día 3 de Octubre se efectuó una reunión presidida por la Presidenta y el Vicepresidente de Inversiones del INRH donde se chequearon las medidas adoptadas por las entidades para mitigar los daños del huracán y cumplir las indicaciones del CDP, siendo las principales:

1. Verificación del estado de los embalses y micropresas, en cuanto a: estado de las cortinas, estado de los aliviaderos, funcionamiento de las compuertas, aseguramiento energético, comunicaciones además de puntualizarse las medidas vigilancias y las operaciones de los mismos. Se comprobó el funcionamiento de los sistemas de telemedición de los embalses de la Yaya, Jaibo y Faustino Pérez, dotándose de celulares a los jefes de presas. Por otra parte, se coordinó con la asociación de aficionados y se logró posicionar un radioaficionado en la presa Faustino Pérez y otro en el Centro de Dirección de la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos, además se activaron 3 plantas portátiles de radio VHF y 1 fija.
2. El Jefe de la Comisión de Evacuación del Grupo Económico Social fue actualizado sobre las áreas inundables por intensas lluvias y por desbordamiento de ríos y arroyos de la provincia Guantánamo.
3. Se aseguraron las reservas de cloro e hipoclorito y se insistió sobre las medidas aplicar para asegurar la calidad del agua.
4. De conjunto con las organizaciones de la UNE en el territorio y presidido por ministro de Energía y Minas se discutieron las prioridades para el restablecimiento de los acueductos por fallas de energía eléctrica luego del paso del huracán y la demanda de los grupos electrógenos correspondiente.
5. Se designó un cuadro para crear un puesto de dirección de avanzada en Baracoa antes del huracán con indicaciones concretas.
6. Se distribuyeron los medios de transporte del organismo en el territorio conforme a las misiones planteadas, así como se asignaron por el INRH 21 motobombas para la creación de puntos alternativos de abasto de agua en pipas antes del huracán.
7. Se alistaron 24 pipas de otras provincias antes del evento.
8. Se asignaron a la provincia 93 tanques para la creación de puntos de abastecimiento de agua con una capacidad de almacenamiento total de 98 500 litros.
9. Se asignaron por el INRH tuberías de diferentes diámetros para la rehabilitación de los acueductos con posibilidades de afectación.
10. En general se apreció la situación creada por la dirección del INRH y se movilizaron los recursos humanos y materiales en la dirección principales de trabajo con el orden de prioridades adecuado.

¹ INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS. Baracoa, 11 de noviembre de 2016. "Año 58 de la Revolución"

II. ACCIONES LUEGO DEL PASO DEL HURACAN

La presidenta, un vicepresidente del INRH y el director del Grupo Empresarial de Acueducto y Alcantarillado permanecieron en la ciudad de Guantánamo durante el paso del huracán y presidieron las reuniones de puntualización de las medidas correspondiente a cada etapa según el plan de reducción de desastres y apreciándose la situación creada y movilizandolos medios y recursos humanos y materiales a las direcciones principales en especial en los municipios de Baracoa, Maisí, San Antonio del Sur, Yateras e Imías.

Afectaciones principales y proceso de recuperación

Los daños más importantes ocasionados por el huracán Matthew fueron a las infraestructuras de los acueductos de Maisí, Baracoa, San Antonio del Sur, Yateras e Imías.

Los 63 acueductos afectados que ya están recuperados, sufrieron afectaciones debido a: roturas de conductoras por deslizamiento de taludes, falta de energía eléctrica, azolves de su obra de toma ubicadas en zonas de difícil acceso, con trayectoria de sus conductoras en laderas, cauces de ríos, obstaculizadas además por la caída de números árboles, en sitios donde no es posible transitar con medios automotores por lo que el traslado de los equipos y materiales necesarios para la rehabilitación debió hacerse de forma manual o con tracción animal.

Gracias al apoyo de la población de las áreas afectadas y de las FAR, EJT, MICONS, MINEN y MINAGRIC en los casos de Maisí y Baracoa pudieron recuperarse estos acueductos superando varios grados de dificultad.

En la recuperación de estos sistemas se han instalado 36.1 km de tuberías de diferentes diámetros, 27.3 km en Maisí, 5.8 km en Baracoa, 1.7 km en San Antonio del Sur, 0.9 km en Yateras y 0.4 km en Imías todas de PEAD, lo que asegura la calidad de la recuperación.

La sustitución de tuberías de aluminio por tuberías con muchas pérdidas de PEAD con una mayor resistencia mecánica en los acueductos de Rubiero y Ovando, además del incremento de diámetros en el acueducto de Boca de Jauco, la sustitución de la tubería con sedimentos que reducían su diámetro interno en Playa Blanca, la interconexión del acueducto La Vieja con Rubiero son por citar algunos ejemplos de mejoras introducidas en el municipio Maisí.

Se continúan realizando en la actualidad mejoras en los acueductos de Maisí para disminuir las pérdidas de conducción, garantizar la calidad del agua, mitigar los efectos de la reiteradas sequías, flexibilizar las operaciones e incrementar la seguridad de los acueductos. Se prevén que con las acciones planificadas en Baracoa y Yateras se instalarán 50 km de tuberías, todas de diámetros inferiores a 250 mm de PEAD.

Las investigaciones geofísicas en la segunda terraza de Maisí en la búsqueda de agua subterráneas, la búsqueda de fuentes de abastos alternativos para los periodos de sequía o para abastecimiento en caso de crecida de ríos y en consecuencia

incremento de turbiedad son otras de las acciones que se continúan realizando en Maisí.

EL INRH y el MICONS han adoptado medidas conjuntas para la culminar en el mes de diciembre la potabilizadora de Baracoa.

Para garantizar el abasto de agua, la dirección y aseguramiento del proceso de recuperación se instalaron 21 grupos electrógenos de ellos 16 en sistemas de acueductos en condiciones muy complejas por el estado de los viales siendo necesario en algunos casos camiones de triple tracción y bulldozer.

La potencia instalada de estos grupos electrógenos supero los 1 550 kVA y trabajaron 3 080 horas con un gasto de combustible diesel de 22 515 litros.

La efectiva cooperación implementada entre el sistema de Recursos Hidráulicos de las provincias Holguín y Guantánamo permitió ante la destrucción del puente sobre el rio Toa la recuperación por la hermana provincia de 5 acueductos de Baracoa los Nava, La Cueva, Cayo Güin, Nibujón, Santa María y el Rincón.

Se emplearon 21 motobombas diesel para la creación de puntos alternativos de abasto a las pipas, para limpiezas de cisternas y aljibes, distribuyéndose 93 tanques para la creación de puntos de abastecimiento de agua con una capacidad de almacenamiento total de 98 500 litros en las zonas defensas de los municipios afectados.

Durante el proceso de recuperación se utilizaron 47 pipas que han realizado hasta la fecha 3 545 viajes con un gasto de combustible de 26 125 litros de diesel. Las reparaciones y el mantenimiento efectuado por una brigada de EISA en el municipio Maisí garantizaron el éxito de esta operación de abasto de agua.

Se estableció una sistemática vigilancia sobre la calidad del agua que ha evitado la proliferación de enfermedades de transmisión hídrica en coordinación con el MINSAP y la distribución de agua embotellada por el MINCIN.

La recuperación esta evaluada en alrededor de 3 millones de pesos hasta la fecha en la que intervinieron más de 300 trabajadores del INRH diferentes provincias del país.

Se ha indicado por la presidenta del INRH realizar un taller sobre las experiencias adquiridas con el paso del huracán Matthew.

ANEXO

Tabla No. 1 Acueductos y población afectada

No.	Municipio	Total de acueductos	Acueductos afectados	Población afectada
1	Baracoa	25	25	45 196
2	Maisí	13	13	11 704
3	San Antonio del Sur	16	9	6 522
4	Imías	14	14	13 438
5	Yateras	15	2	2 528
Total		83	63	79 388

"Y así hubo mucha destrucción, por las inundaciones, de viviendas, rebaños enteros de ganado que se ahogaron. Y las cosechas también sufrieron muchos daños (...). Las vías de comunicaciones fueron destruidas, carreteras, también las vías férreas". Fidel Castro Ruz

Tabla No. 2 Pipas que han participado en el proceso de recuperación

No.	Municipio	Pipas propias	Pipas de otros organismo	Total	Viajes	Consumo combustible
1	Baracoa	0	5	5	299	3 270
2	Maisí	4	22	26	1 907	16 869
3	San Antonio del Sur	2	6	8	598	2 699
4	Imías	2	4	6	677	2 757
5	Yateras	1	1	2	64	530
Total		9	38	47	3 545	26 125

Tabla No.3 Grupos electrógenos instalados en la recuperación

No.	Municipio	Grupos Electrógenos instalados	Potencia (kVA)	Consumo combustible diesel (l)	Horas trabajadas (h)
1	Baracoa	16	1 068.0	18 766	2 616
2	Maisí	4	470.0	3 749	464
3	Guantánamo	1	11.5	0	0
Total		21	1 549.5	22 515	3 080

Quiero enviar mi solidaridad plena del dolor y la angustia que abate a la hermana provincia de Guantánamo tras el paso del terrible y destructor huracán Matthew que azotó esta parte del Oriente cubano el pasado día 4 de octubre. Le hago llegar mi única ayuda, mis versos de aliento que estoy convencido que todo nuestro país ha de coincidir en el mismo sentir. En un momento como éste donde juntando nuestras fuerzas podemos levantar ese puente que solo ésta Revolución puede construir: el de la solidaridad.

Afectuosamente, Jesusito.

“MATTHEW”

Surca el Caribe sediento,
Como un monstruo a la deriva,
Todo a su paso derriba,
Con la fuerza de sus vientos,
Se aproxima a paso lento,
Toca tierra y se desplaza,
Arrastrando cada casa,
Cada planta, cada objeto,
Y en el Oriente completo,
Se despierta la amenaza.

Se desploma un puente allí,
Sobre las aguas del Toa,
Y el rostro de Baracoa,
Va cambiando su matiz,
Matthew devasta Maisí,
Arrastra escombros al mar,
Mientras se ve levantar,
En trozos las carreteras,
Quedan familias enteras,
Sin la sombra de un hogar.

Guantánamo se despierta,
Y cuál no sería su asombro,
Al ver que tras los escombros,
Quedan ciudades desiertas,
Como inmuebles sin cubierta,
Y sin electricidad,

Apelando a la unidad,
Para salir adelante,
Con el huracán gigante
De la solidaridad.

Cuba escucha la plegaria,
De sus hijos en oriente,
Y despliega un contingente
Con la ayuda necesaria,
La avalancha humanitaria,
De este pueblo uniformado,
Que sin dudarlo ha marchado,
Junto a Raúl con confianza,
Para llevar la esperanza,
A los más necesitados.
El pueblo guantanamero,
Confía en su Revolución,
Que sigue siendo el bastión,
De aquel primero de enero,
Genuino temple de acero,
Que tanta estirpe ha forjado,
Esa que siempre ha abrigado,
Su dignidad con orgullo,
Y que a ningún hijo suyo
Dejaría desamparado.

Volverán a levantarse,
Las viviendas destruidas,
Y las rutas obstruidas,

Volverán a utilizarse,
Un puente nuevo a de alzarse,
Por encima de la historia,
Y otro canto de victoria,
Toda amargura remedia,
Sepultando esta tragedia,
Muy adentro en la memoria.

En Cuba se oye el clarín,
Y un a degüello a su paso,
Se va esparciendo del Guaso,
Hasta el mismo Cayo Güin,
Gente de Granma, de Holguín,
Y de toda la nación,
De Maisí hasta Nibujón,
Tocando lo más sensible,
Porque nada es imposible,
Para esta Revolución.

Porque hay un Raúl presente,
Un gobierno y un partido,
Y los tres marchan unidos,
Hasta la victoria siempre,
Junto al pueblo firmemente,
Como les enseñó él,
El hombre más justo y fiel,
El más revolucionario,
El huracán solidario,
Que se hace llamar: “Fidel”.

PREMIOS FÓRUM RAMAL-INRH

“Lo que tengamos en el futuro tenemos que crearlo nosotros, tenemos que conquistarlo con nuestros brazos, con nuestro sudor y con nuestra inteligencia.”

Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz

Luego de 3 días de sesiones e intercambios científicos-tecnológicos, el Fórum Ramal del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos 2016 cerró sus puertas hasta la próxima edición en el 2018.

Queremos agradecer la colaboración del jurado, que con su experiencia contribuyeron a fortalecer este evento, ellos fueron:

- Eulalia López Álvarez
- Amneris Carreras Rodríguez
- Alberto Porto Varona
- Alfredo Álvarez Rodríguez
- Pedro José Astrain Rodríguez
- Julio Góngora Sherry

Las categorías premiadas fueron:

1. Recuperación del agua, reducción del consumo y las pérdidas por derroche y salideros.
2. Soluciones concretas que tengan beneficios e impactos verificables en la sustitución de importaciones.
3. Diversificación y mejora de la producción y los servicios y disminución de los costos de producción.
4. Introducción de nuevas tecnologías en los procesos productivos y con impactos en la gestión de los recursos hidráulicos

Por cada una de estas categorías se entregaron 3 premios: Relevante, Destacado y Mención.

PREMIOS EN LA CATEGORÍA: RECUPERACIÓN DEL AGUA, REDUCCIÓN DEL CONSUMO Y LAS PÉRDIDAS POR DERROCHE Y SALIDEROS

Premio Mención

Trabajo: Evaluación del revestimiento de canales con hormigón proyectado reforzado con fibras sintéticas.

Autor: Ramón Julián Obregón González

Premio Destacado

Trabajo: Propuesta de Alcance y Contenido para el Diseño de Acueductos y Emisarios Submarinos.

Autor: Ramón Alonso Ramírez

Premio Relevante

Trabajo: Determinación del consumo de agua en conducción cerrada a partir de la sustitución del canal terciario por mangueras flexibles en el cultivo del arroz

Autor: Héctor Moreno Guerra

Premios en la Categoría: Soluciones concretas que tengan beneficios e impactos verificables en la sustitución de importaciones.

voluntad
HIDRAULICA

MEMORIAS



Premio Mención

Trabajo: Modificación de las Coronas y Cabeza o Tapones de Perforación suministrada por EKINSA

Autor: Pablo Ferrer Pimienta

Premio Destacado

Trabajo: TradiFILTRO, filtro cerámico para la purificación del agua.

Autor: Yamila Recio Rodríguez

Premio Relevante

Trabajo: Reproyección Presa de Colas Yagrumaje Norte

Autor: José Antonio Betancourt Estrada y Anier Betancourt Labrada



PREMIOS EN LA CATEGORÍA: DIVERSIFICACIÓN Y MEJORA DE LA PRODUCCIÓN Y LOS SERVICIOS Y DISMINUCIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN

Premio Mención

Trabajo: Solución para el diseño de los registros de alcantarillado de la ciudad de Santiago de Cuba

Autor: Humberto Sánchez González, Isabel Hilarión Agüero

Premio Destacado

Trabajo: Determinación de la estabilidad del macizo rocoso en obras subterráneas hidráulicas con el empleo de softwares libres

Autor: Jorge Luis Blanco Blázquez, Rosa María Martínez Pérez

Premio Relevante

Trabajo: Levantamiento topográfico detallado para la confección de maquetas 3D

Autor: Michael Álvarez González

PREMIOS EN LA CATEGORÍA: INTRODUCCIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS Y CON IMPACTOS EN LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS

Premio Mención

Trabajo: Aplicación de las técnicas de alerta temprana ante eventos de sequía

Autor: Rafael González-Abreu Fernández

Premio Destacado

Trabajo: Trasvase Baconao – Santiago de Cuba. Soluciones aplicada a su diseño.

Autor: Aniel Álvarez González

Premio Relevante

Trabajo: Acciones para la protección de nuestras presas contra el cambio climático: retos, soluciones, generalizaciones y perspectivas

Autor: Eduardo Arturo Velazco Davis



A PROPUESTA DEL JURADO DEL EVENTO, SE ENTREGARON 2 PREMIOS DE MENCIÓN, LOS CUALES SON:

Trabajo: Empleo de software libre para modelar y simular sistemas de drenajes urbanos

Autores: Lisabet Calzadilla Ceballo, Ana Laura González Sánchez, Karel Valdez Ochoa

Trabajo: Modelación hidrológica con HEC-HMS en caso de inundaciones por eventos climatológicos de gran intensidad.

Autor: Lisardo Manuel González Saavedra

El comité organizador de este evento, decidió reconocer al expositor más joven y al de más experiencia

Expositor Más Joven: Orlando Peña Aurquía

Expositor de experiencia:

Miguel Angel

Ferrer Ferrer. 

LA ATENCIÓN A LA POBLACIÓN SE MIRA POR DENTRO¹

El más reciente encuentro nacional de las mujeres y algunos hombres que sostienen la actividad de Atención a la Población en el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, se realizó en el Centro Nacional de Superación Profesional y Capacitación Máximo Gómez Báez, ubicado en la provincia de Granma.

A juzgar por los testimonios ofrecidos por los participantes en el intercambio, la actividad devino una especie de aguda mirada por dentro, de examen de las raíces endógenas que caracterizan el funcionamiento orgánico de la actividad, con miras a mejorar de forma continua la razón de ser número uno de estos funcionarios públicos: brindarle una diligencia personalizada y de calidad a los requerimientos de la población.

El vicepresidente primero del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Ing. Abel Salas García, compartió con los asistentes a la reunión, y tuvo la oportunidad de expresar puntuales reflexiones sobre la dinámica de la misma, y los senderos que aún faltan por recorrer para proseguir consolidando su accionar. 💧

¹ Por: Lic. Fidel Sagó Arrastre.

 voluntad
HIDRAULICA

MEMORIAS



EXPERTO DESTACA NOVEDAD DE LEY DE AGUAS TERRESTRE DE CUBA

La Habana, 16 dic (PL) La Ley de Aguas Terrestres, que se someterá a la aprobación del Parlamento en su próxima sesión, permite una gestión más integral y sostenible del uso del líquido, destacó hoy un experto del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH).

En conversación con un grupo de periodistas, Edilberto Pérez, especialista de la Dirección Jurídica de ese organismo, también señaló entre las novedades de la legislación la de contener un glosario mayor que la vigente, el cual permite elevar los conocimientos acerca del agua y sus regulaciones.

La Ley incorpora otros aspectos novedosos como el de Servidumbre, que establece voluntariedades y obligaciones determinantes de las vías que garantizan el uso de las aguas terrestres.

También el Patrimonio Hidráulico estatal y privado, la responsabilidad de los organismos en la utilización del agua y resalta la importancia de la cultura jurídica sobre ese recurso, así como la necesidad de una evaluación de las tecnologías que permitan un empleo más racional en la irrigación y otras actividades.

Relacionado con ese aspecto, Pérez señaló que actualmente en el mundo de 60 a 70 por ciento del agua se utiliza en la agricultura.

La directora de Gestión de la Innovación y la Tecnología del INRH, Ana Lydia Hernández, informó que en aras de la utilización eficiente del vital líquido, ese organismo ha actualizado las normas de su consumo por el Turismo y la Agricultura.

Agregó que el INRH cuenta con un centro de investigaciones de tecnologías apropiadas para el uso del agua, situado en Camagüey -a unos 500 kilómetros al Este de La Habana- que realizó un importante estudio en una unidad del territorio, el cual será extendido por su efectividad. 💧

<http://www.prensa-latina.cu/index.php?o=rn&id=50772&SEO=experto-destaca-novedad-de-ley-de-aguas-terrestre-de-cuba>

TODO EL MUNDO SABE USAR EL AGUA, PERO NO SABE POR QUÉ TIENE QUE EXISTIR UNA LEY¹



Las aguas terrestres son un recurso natural renovable y limitado. Para Cuba las lluvias constituyen la principal fuente de este preciado líquido y su frecuencia está disminuyendo; por tal motivo, resulta necesario gestionar de manera integrada el uso de este recurso.

Bajo esta premisa y con la presencia de Esteban Lazo Hernández, presidente de la Asamblea Nacional del Poder Popular (ANPP), fue discutido en la capital cubana el Proyecto de Ley de las Aguas Terrestres.

Diputadas y diputados de Mayabeque, Isla de la Juventud, La Habana y aquellos que fueron electos en otras provincias y que residen en esta urbe discutieron este Proyecto que tiene como objetivos: ordenar la gestión integrada y sostenible de las aguas terrestres, en función del interés general de la sociedad, la salud, el medio ambiente y la economía, y el establecimiento de medidas para su protección sobre la base de su planificación y preservación en armonía con el desarrollo económico y social sostenible y la protección del medio ambiente.

Otro de los objetivos planteados en el documento es establecer las medidas para la reducción de desastres por la incidencia de los eventos hidrometeorológicos extremos en las aguas terrestres y la adaptación al cambio climático.

Durante el encuentro, el diputado José Luis Toledo Santander, presidente de la Comisión de Asuntos Constitucionales y Jurídicos de la ANPP, insistió en la importancia de este espacio de debate: “Este es uno de los procesos que integran la actividad legislativa de la Asamblea Nacional –manifestó–; ustedes saben que nuestro órgano no sesiona de manera permanente y muchos de los diputados no son profesionales en sus cargos, por lo que tenemos que encontrar otras vías y formas de elaborar las leyes; desarrollando esta actividad estamos legislando, estamos preparando cuerpos legales para su aprobación definitiva en el plenario”.

Los parlamentarios allí presentes compartieron criterios, inquietudes y ofrecieron sugerencias que fueron recogidas para valorar su inclusión en el documento final, el cual está programado para ser sometido a votación en el VIII Período de Sesiones de la actual legislatura, en diciembre próximo.

Uno de los temas tratados fue la necesidad de desarrollar una estrategia comunicacional para hacerla comprensible a la mayor cantidad de ciudadanos. En tal sentido, la diputada Mirta Millán, de la Isla de la Juventud, acotó: “La Ley no contiene la gestión comunicacional como un elemento importante para hacer viable todo lo que se propone; es posible que se incluya luego en la implementación, pero por la importancia que tiene hoy que las personas sepan cuán imprescindible es el agua, a mí me parece que pudiera estar”.

A propósito, la diputada Inés María Chapman, presidenta del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, refirió que la comunicación es fundamental en este sentido; “todo el mundo sabe usar el agua, pero no sabe por qué tiene que existir una ley”, dijo; y acotó que en este sentido el trabajo de los medios de prensa puede ser importante.

“Hay muchos problemas relacionados con este tema que nos llegan a través de cartas, planteamientos de la población y no está en ninguna ley cómo resolverlos, cómo dirimirlos jurídicamente, porque hay brechas. Esta ley responde a elementos que los ciudadanos tienen en su cotidianidad, y quizás faltaría mostrar esos ejemplos de la vida diaria para que sea de mejor comprensión para todas las personas”, indicó.

Otro aspecto muy debatido fue el artículo 7, el cual estipula que “corresponde a los órganos locales del Poder Popular en sus respectivas competencias, en relación con la gestión de las aguas terrestres, garantizar que en su territorio, todos los habitantes tengan acceso al agua potable y al saneamiento, con independencia de la responsabilidad de los prestadores de esos servicios; garantizar la planificación y el uso racional del agua en función del desarrollo económico y social de su territorio; y trabajar por la protección de las aguas terrestres y la reducción de su contaminación”.

Algunas opiniones coinciden en que no debe corresponder a los órganos locales del Poder Popular garantizar todas estas actividades, puesto que no están en sus manos los recursos necesarios para ello, lo que sí es su función velar para que todos tengan el acceso al servicio, que se cumpla este derecho, por tanto habría que diferenciar las responsabilidades de cada prestador, puesto que no aparecen explícitas en el documento.

Más de una decena de criterios fueron recogidos en esta reunión, que cierra el ciclo de debates iniciado el pasado 8 de noviembre en Santiago de Cuba y en el que participaron todos los diputados del país.

De igual modo se publicó el proyecto de Ley en el sitio web del parlamento cubano y está habilitado el correo leydeaguas@anpp.gob.cu, para que todas las personas que así lo deseen ofrezcan sus sugerencias al respecto.

<http://www.parlamentocubano.cu/index.php/todo-el-mundo-sabe-usar-el-agua-pero-no-sabe-por-que-tiene-que-existir-una-ley/> 

¹ Por Aymara Massiel Matos Gil | Fotos: Tony Hernández Mena.

Cubagua

Habana 2017

*Conocimiento
y tecnología*

A LAS PUERTAS DEL CUBAGUA 2017!!

21 AL 24 MARZO

CUBAGUA 2017 será el escenario adecuado y propicio para el intercambio técnico entre ejecutivos y especialistas del sector. Este evento internacional abre sus puertas a la exposición de conferencias sobre los últimos productos y tecnología de avanzada, así como, el intercambio de conocimientos, experiencias y buenas prácticas en el sector del Agua.

Otra vez el INRH y la Unión Nacional de Ingenieros y Arquitectos de Cuba unieron esfuerzos para la celebración de Cubagua, que reunirá en 2017 a cientos de investigadores, proyectistas, académicos y diversos especialistas afines a la rama.

El mismo tendrá sede en:

Palacio de Convenciones de la Habana, en donde sesionará el I Taller de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas (a 20 años de la creación de los Consejos de Cuencas en Cuba), el XIII Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica (UNAICC) y el IX Seminario del Uso Integral del Agua.

Recinto Ferial PABEXPO, se realizará el II Simposio Técnico-Comercial y la Exposición de Tecnologías y Productos del Agua.

Hasta ahora contamos con la información de avance, según lo organizado para el evento en general, siempre recordar que la misma puede variar a medida que vayan confirmando los expositores, conferencistas, participantes, etc.:

Tenemos la confirmación de 7 Conferencias Magistrales de personalidades extranjeras en el sector.

Para el I Taller de Cuencas Hidrográficas se ha confirmado 14 ponencias de extranjeros. Por la parte cubana contamos con 28 ponencias de especialistas confirmadas.

Por parte del XIII Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica cuenta con alrededor de 119 ponencias que pasaron la 1era fase de selección y con 30 ponencias extranjeras.

El INRH, así como los grupos empresariales y la empresa Aguas de la Habana tendrán su propio Stand personalizado para que expongan sus productos y resultados. Por la parte extranjera, han confirmado su presencia 10 países como son: España, Panamá, Estados Unidos, Francia, Irlanda, Canadá, Suiza, Italia, Hungría y China. Se seguirán incorporando a medida que se acerque la fecha de inicio de la feria expositiva.

A fin de contribuir a la educación ambiental, el INRH presentará en PABEXPO una exposición con las obras ganadoras en el concurso infantil Trazaguas y dentro del marco del evento se celebrará el 22 de marzo, Día Mundial del Agua.

La Convención concluirá con la entrega de premios por la calidad de productos y servicios prestados, la novedad tecnológica nacional, al mejor diseño de stand, a firmas agrupadas y al país con mayor participación.

Dirección de Gestión de la Innovación y la Tecnología (DGIT)

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 postulan 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; 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

HASTA SIEMPRE
COMANDANTE

