

Sobre las medidas de adaptación de los recursos hídricos cubanos ante el impacto de los cambios climáticos



Dr. Jorge Mario García Fernández
Director de Cuencas Hidrográficas del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, secretario del Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas y presidente CONAPHI-Cuba
E-mail: jorgem@hidro.cu.

► I Introducción

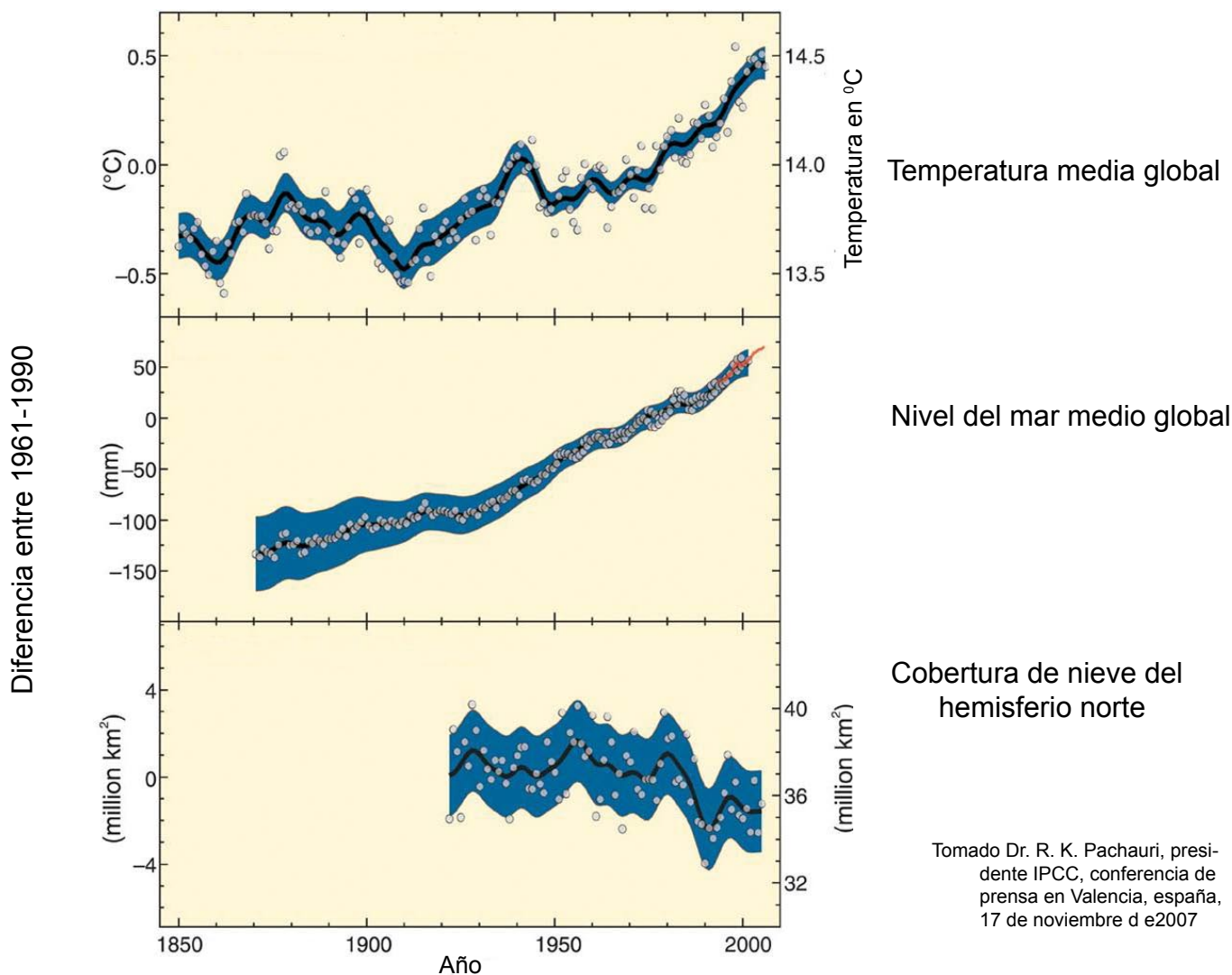
Es muy amplia la documentación internacional y nacional relativa a las evidencias del cambio climático y su impacto en la economía, sociedad y medio ambiente y, en particular, sobre los recursos naturales y, dentro de ellos, los recursos hídricos.

Desde un punto de vista general, las páginas web del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) y de su Agencia de Medio Ambiente, del Instituto de Meteorología y otras, así como de la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) y de su Programa de Trabajo de Nairobi, de la FAO, de Ministerios de Medio Ambiente de Latinoamérica y del Caribe y muchas otras, tanto gubernamentales como no gubernamentales, investigativas, docentes y académicas, reflejan la actualidad y los problemas,

así como medidas de adaptación, de mitigación y de reducción de vulnerabilidades, ante el impacto negativo de este fenómeno de carácter antrópico. Así lo demuestran la elaboración y entrega de las Comunicaciones Nacionales cubanas cumpliendo con los compromisos contraídos como país en desarrollo firmante de la Convención Marco de las Naciones Unidas (CITMA – INSMET).

Tal vez lo más claro y concreto que haya sido expresado al respecto y que resuma las complejidades y retos actuales, tanto nacionales como internacionales, fue lo escrito por Fidel Castro en su Reflexión “El Huracán”, cuando señaló “[...] el clima cambia por culpa del hombre. Los tiempos exigen más consagración, más firmeza y más conciencia”¹.

¹ FIDEL CASTRO: Reflexión “El Huracán”, en periódico *Granma*, 31 de agosto de 2008, p. 2.



Tomado Dr. R. K. Pachauri, presidente IPCC, conferencia de prensa en Valencia, España, 17 de noviembre de 2007

Dada la amplitud del tema, es propósito de este artículo brindar una exposición aproximada, no exhaustiva, de las medidas de adaptación del recurso hídrico que se vienen ejecutando en Cuba por el sistema del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), con la pretensión de contribuir además a reconocer y jerarquizar esta dimensión, tanto de orden cualitativo como cuantitativo, en lo que día a día se viene realizando en el país.

Ya con anterioridad fueron elaborados por el INRH sendos informes técnicos sobre este mismo tema ^{2 y 3}, que respondían a las necesidades de una evaluación sobre los posibles impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos del país, teniendo como destinatarios otras instituciones nacionales encargadas de este asunto.

² INRH: "Informe técnico sobre las acciones del INRH ante el impacto de los cambios climáticos en los recursos hídricos del país", de agosto de 2007. Archivo Dirección Cuencas Hidrográficas.

³ INRH: "Informe técnico sobre las medidas de adaptación ante el impacto de los cambios climáticos en los recursos hídricos del país", de enero de 2008. Archivo Dirección Cuencas Hidrográficas.

II Algunas interpretaciones y resultados de investigaciones internacionales relativas al impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos.

Según CMNUCC en "Cambio Climático: Impactos, vulnerabilidades y adaptación en Países en Desarrollo" ⁴, los impactos regionales debido al cambio climático en América Latina pueden resumirse en:

Respecto a la temperatura

→ Calentamiento por encima de la media global en casi todo su territorio, con comportamientos similares a la media global en su parte sur.

Respecto a las precipitaciones y otras variables

→ Disminución de las precipitaciones en casi toda la América Central y en el Sur de los Andes y gran variabilidad en las regiones montañosas.

→ Incremento de la reducción de los glaciares andinos.

⁴ UNFCCC: *Climate Change: Impacts, vulnerabilities and Adaptation in Developing Countries*. IPCC Secretariat Bonn, Germany, 2007.

Respecto a los eventos extremos

- Incremento de la frecuencia e intensidad de eventos extremos, muchos de ellos relacionados con el fenómeno de El Niño, particularmente: eventos intensos de lluvia que causan deslizamientos de laderas montañosas e inundaciones severas.
- Incrementos de la intensidad e los ciclones tropicales en la cuenca del Caribe, entre otros.

Las vulnerabilidades sectoriales con atención al recurso hídrico que predice esta publicación son:

Respecto al recurso hídrico

- Incremento en el número de personas que experimentarán estrés hídrico, pudiendo llegar hasta 77 millones en el año 2 020.
- Disminución del escurrimiento proveniente de los glaciares y con ello del suministro de agua para diferentes usos.
- Disminución de la calidad del agua por efecto del incremento del escurrimiento y de las sequías.

Esa misma publicación estima que los pequeños Estados insulares en desarrollo sufrirán los siguientes impactos principales:

Respecto a la temperatura

- Todas las islas del Caribe, Océano Índico y norte y sur del Pacífico experimentarán un calentamiento que debe ser menor que la media global.

Respecto a las precipitaciones

- Disminución en el Caribe de las precipitaciones del verano, en la vecindad de las Grandes Antillas.

Respecto a los eventos extremos

- Incremento de la intensidad de los ciclones tropicales,
- Blanqueamiento de corales e inundaciones de tierras en zonas bajas.

Las vulnerabilidades sectoriales con atención al recurso hídrico que predice esta publicación son:

Respecto al recurso hídrico:

- Serios compromisos con la disponibilidad del agua debido al incremento del nivel del mar,
- Cambios en el comportamiento de las precipitaciones e incrementos de la evapotranspiración.

En un contexto aún más general, se señala que las medidas de adaptación del recurso hídrico, ya descritas por diferentes países en desarrollo en sus primeras comunicaciones nacionales, se refieren a:

- Protección de los recursos de agua subterráneas.
- Mejoramiento de la gestión y del mantenimiento de la actual infraestructura hidráulica.

- Protección de las cuencas hidrográficas y zonas de captación.
- Incrementos de la captación directa de agua de lluvia y empleo de la desalinización.

Por otra parte, el informe "Resumen para Tomadores de Decisiones"⁵ señala algunos resultados de mucho interés, que en lo fundamental coinciden con los impactos anteriormente expuestos.

Reporta que en América Latina, para la mitad del actual siglo, los incrementos de temperatura y las pérdidas de humedad del suelo asociadas determinarán cambios del bosque tropical a sabanas en el este de la Amazonia y la vegetación de zonas semiáridas será sustituida por vegetación de zonas áridas. Asimismo, que existe un riesgo importante de pérdida de la diversidad biológica en zonas tropicales de la región y que los cambios en los patrones de las precipitaciones y la desaparición de glaciares afectarán las disponibilidades de agua fresca para el consumo humano, la agricultura y la industria.

Para los pequeños Estados insulares en desarrollo señala que el incremento del nivel del mar provocará serias inundaciones, erosión, peligros en la zona costera, afectaciones en la vitalidad de infraestructuras creadas, asentamientos poblacionales y facilidades que soportan la vida de comunidades costeras.

De igual manera, ocurrirá un deterioro de las actuales condiciones costeras debido a la erosión y otros factores, así como que para la mitad del presente siglo los cambios climáticos reducirán los recursos hídricos en muchos Estados insulares, entre ellos los del Caribe y el Pacífico, hasta el punto que no podrán ser satisfechas las demandas en el período menos lluvioso.

Este mismo informe compendia algunos ejemplos de medidas de adaptación, con atención especial al recurso hídrico, que pueden ser planificadas en este conjunto de países.

Respecto al recurso hídrico

- Opciones de adaptación: Extender la cosecha directa de agua de lluvia; emplear nuevas tecnologías de almacenamiento y conservación del agua; reuso de las aguas; desalinización; incrementar la eficiencia en el uso y reuso del agua.
- Contexto de políticas: Reelaborar la política sobre el agua donde sea necesario, desarrollar la gestión integrada del recurso hídrico; relacionar la gestión del agua con posibles peligros.
- Oportunidades y desafíos: disponibilidad de recursos humanos, financieros, tecnológicos, sinergias con otros sectores (agricultura, asentamientos, salud, turismo, transporte, energía).

⁵ ARA4: IPCC Summary for Policymakers of the Synthesis Report of the IPCC Four Assessment Report, 2007, Nov. 16, Draft copy.



Presa Hanabanilla.

En “Cambios climáticos y el agua”⁶, el IPCC abunda y amplía, con argumentos y detalles, sobre los impactos regionales y subregionales del cambio climático en los recursos hídricos. Refiere que “[...] han ocurrido incrementos del comportamiento extremo del clima, tales como crecidas, sequías y deslizamientos de tierras, por ejemplo: Venezuela (1999 y 2005), inundaciones (Pampa Argentina 2000 y 2002); la sequía del Amazonas (2005); granizadas y lluvias en Bolivia (2002) y Buenos Aires (2005) y el record de la temporada ciclónica del Caribe en 2005”.

III Posibles impactos en los recursos hídricos del archipiélago cubano

Aun teniendo en cuenta el reconocido hecho de la interactividad y sinergia de los probables impactos sobre el recurso agua y de éstos con otros componentes sociales, económicos y ambientales, aplicado al contexto cubano, pueden distinguirse determinados agrupamientos de estos impactos con propósitos de su ordenamiento y clasificación:

- A. Con mayor incidencia relativa en las disponibilidades cuantitativas del recurso agua.
- B. Con mayor incidencia en la ocurrencia de eventos extremos.
- C. Con mayor incidencia en el deterioro de la calidad del agua.

A. Con mayor incidencia relativa en las disponibilidades cuantitativas del recurso agua

1. Cambios en los patrones de comportamiento de las precipitaciones, que es en el caso de Cuba, su principal fuente renovable anual del recurso agua.

2. Modificaciones en la dinámica de la relación hidráulica de los acuíferos costeros con el mar, principalmente en la Llanura Sur de la Isla principal, lo

que puede traer aparejado un deterioro de la calidad de las aguas subterráneas presentes en tales formaciones por el incremento de su contenido salino y en consecuencia, cambios en las cantidades del recurso que pueden estar disponibles para los diferentes usos (abasto a población, agricultura, y otros).

3. Ambos aspectos señalados en los puntos 1 y 2, pueden influir directamente en la disminución relativa de las disponibilidades de agua, tanto superficial como subterránea, haciéndose más agudas dependiendo de su localización. Sin embargo, en términos nacionales, ya hay evidencias de esa disminución, a partir de los nuevos valores de las precipitaciones.

4. Aparición paulatina de zonas con carencias relativas del recurso agua, que en la actualidad no la padecen, quedándose sin satisfacer las necesidades del recurso para la economía, sociedad y la protección del medio ambiente. Nuevos y más agudos conflictos en el uso de las aguas embalsadas, principalmente entre su uso agrícola y acuícola, al competir éstos y tener menores alternativas de disponibilidades de agua.

B. Con mayor incidencia en la ocurrencia de eventos extremos

5. Ocurrencia de cambios en la aparición de desastres causados por fenómenos naturales, sobre todo los relacionados con los ciclos de sequías, tanto meteorológica, como hidrológica, hidráulica y socio-económica, con afectaciones al medio ambiente, la economía y la sociedad, así como de la presencia de huracanes, si bien estos últimos tienen como único impacto positivo la recarga del recurso en períodos cortos de tiempo.

6. Cambios complejos en la dinámica de las relaciones de los principales componentes ambientales (agua-suelo-bosques-aguas costeras) en los ecosistemas de mayor interés (cuencas hidrográficas, zonas montañosas, bahías, humedales, zonas costeras y otros), con la ocurrencia de modificaciones en su estructura y características, lo que puede incidir en el aumento relativo de la vulnerabilidad del país ante eventos extremos.

7. Modificaciones a considerar en la actual infraestructura de prevención y protección hidrológica ante eventos de intensas lluvias (canales, diques, aliviaderos) con probables afectaciones también a la economía y a la sociedad, dado los cambios en los patrones de referencia y su incidencia en el diseño original.

C. Con mayor incidencia en el deterioro de la calidad del agua

8. Incidencia de las variaciones de las disponibilidades de agua, en las condiciones sanitarias y el cuadro epidemiológico general y específico, dependiendo de las características de estos cambios, llegando incluso al aumento de la morbilidad de diarreas agudas (EDA) u otras, como resultado de bajas disponibilidades de agua y problemas con su calidad.

⁶ Climate Change and Water. IPCC Technical Paper VI. WMO, UNEP. Bates B.C., Kundzewics Z.W., Wu, S., and Palutikof, J.P. Geneva. ISBN 978-92-9169-123-4. Junio de 2008, p. 96.

9. En lo anterior puede influir también, el agravamiento de las condiciones sanitarias de las corrientes superficiales que atraviesan núcleos urbano-industriales y que se emplean como cuerpos receptores de residuales crudos o parcialmente tratados – cuestión muy frecuente en todo el territorio nacional – , como resultado de la disminución relativa de sus caudales originales y la disminución de sus capacidades de autodepuración naturales.

10. Repercusión de todos estos factores objetivos y tangibles, en los hábitos y costumbres del consumo de agua por la población cubana, al manifestarse variaciones de sus referencias actuales, tanto por exceso como por defecto, incrementándose su sensibilidad y vulnerabilidad ante estos fenómenos.

IV Medidas de adaptación y disminución de vulnerabilidades actualmente en ejecución en el sistema INRH.

De acuerdo con el Programa de Trabajo de Nairobi sobre el impacto, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático (CMNUCC ⁷), se identifican nueve áreas de acciones fundamentales:

1. Desarrollo e implementación de metodologías e instrumentos para la evaluación.
2. Mejoramiento de las observaciones del comportamiento de las variables hidrológicas y climáticas, así como de su procesamiento, acceso, intercambio y manejo.
3. Modelación del comportamiento del clima según escenarios.
4. Clima, riesgos y eventos extremos, su comprensión y evaluación de influencias para el desarrollo sostenible.
5. Información socio-económica y sus relaciones con las evaluaciones del impacto y vulnerabilidades.
6. Planeamiento de medidas de adaptación y empleo de prácticas exitosas.
7. Investigaciones.
8. Introducción de tecnologías para la adaptación.
9. Diversificación económica en función de disminuir el impacto y las vulnerabilidades.

El conjunto de medidas de adaptación que a continuación se relacionan para el caso cubano, muchas de ellas en ejecución en estos momentos, conforman un paquete de acciones de alcance político y de gestión, encaminadas a introducir y ampliar la introducción de soluciones paulatinas al reto de los impactos del cambio climático sobre el recurso agua.

Introducción de tecnología para la adaptación

1. Ejecutar con calidad y en el tiempo previsto, las nuevas inversiones destinadas a incrementar la satisfacción de las necesidades del recurso

para la economía, sociedad y medio ambiente, con particular atención a la renovación y rehabilitación de las redes de acueductos en las ciudades seleccionadas, nuevos acueductos y completamiento de otros, tanto desde el punto de vista emergente como estratégico. Disminuir las pérdidas de agua en redes y conductoras de acueducto, canales y equivalentes (riego) y su rehabilitación y renovación, mediante la introducción de tecnología apropiada, como expresión de un incremento en la eficiencia del uso del recurso agua en la economía, sociedad y la protección del medio ambiente, lo que trae aparejado incrementos relativos de las disponibilidades del recurso.

2. Elevar la eficiencia en el mantenimiento de la importante infraestructura hidráulica creada, así como en la administración del agua empleada para los diferentes usos económicos, sociales y ambientales.

Mejoramiento de las observaciones del comportamiento de las variables hidrológicas y climáticas, así como de su procesamiento, acceso, intercambio y manejo

3. Modernizar y fortalecer la capacidad de observación de los componentes cualitativos y cuantitativos del ciclo hidrológico (red pluviométrica, pluviográfica, hidrométrica, hidrogeológica, batimetría, de calidad).

Desarrollo e implementación de metodologías e instrumentos para la evaluación

4. Reevaluar sistemáticamente los actuales recursos hidráulicos disponibles cubanos para decidir el plan anual de uso de las aguas del país, a partir fundamentalmente de:
 - Los nuevos estudios de la lluvia en Cuba,
 - La reevaluación de los volúmenes útiles de los embalses cubanos mediante estudios batimétricos, habida cuenta de que en el 86% de los casos tienen más de 25 años de construidos y el 56% de ellos, más de 30 años,
 - Las nuevas estimaciones de los recursos disponibles en los acuíferos subterráneos,
 - El empleo de los resultados de las redes de observación del ciclo hidrológico,
 - Los avances en la eficiencia en el uso de las aguas, principalmente en el riego y la destinada a la población,
 - Los incrementos en el reuso de las aguas residuales tratadas.

Aplicar al caso cubano, con datos e informaciones nacionales que permiten ajustar aún más sus resultados, los nuevos indicadores sobre disponibilidad de agua existentes en la literatura internacional, tales como la Huella Hídrica (HH), Agua Virtual, Indicador de Estrés Hídrico, trascendiendo paulatinamente el uso

⁷ Ob. cit.: UNFCCC: *Climate Change: Impacts, vulnerabilities and Adaptation in Developing Countries.*

del indicador relacionado con el total de recursos hídricos potenciales respecto a los habitantes del país.

Investigaciones

5. Implementar proyectos de ciencia e innovación tecnológica en cuencas y otros ecosistemas vulnerables, con el objetivo de perfeccionar la prevención y protección hidrológica. Desarrollar los estudios necesarios para la introducción de las modificaciones a los proyectos de obras hidráulicas, a tenor de los nuevos impactos que se producirán por los cambios climáticos.
6. Reevaluar o evaluar, según corresponda, las actuales potencialidades hídricas en función de incrementar el empleo de la hidroenergía en el país, con especial atención a las áreas montañosas.

Planeamiento de medidas de adaptación y empleo de prácticas exitosas

7. Continuar profundizando en la aplicación del enfoque de ecosistema a la gestión integrada del recurso agua, teniendo como unidad básica de gestión, la cuenca hidrográfica. Fortalecer el funcionamiento y alcance de los Consejos de Cuencas.
8. Reducir paulatinamente la carga contaminante que se dispone en los cuerpos receptores superficiales y subterráneos, mediante la construcción de sistemas de tratamiento y elevar el reuso de las aguas residuales tratadas, con lo que se incrementan de manera relativa las disponibilidades de agua para usos que requieren de mayor calidad.
9. Elevar el reuso económico de residuos sólidos agrícolas y del tratamiento de residuales, para el mejoramiento y conservación de suelos y el mejoramiento de la producción (producción de humus, abonos verdes), evitando su disposición a las aguas superficiales y subterráneas.
10. Fortalecer el papel del aparato de inspección estatal de los recursos hidráulicos, en función del cumplimiento de la legislación vigente y el control de las medidas para su segura administración.
11. Promover la introducción de tecnologías apropiadas, tales como la cosecha directa de agua de lluvia y otras, para satisfacer demandas locales del recurso.

Información socio-económica y sus relaciones con las evaluaciones del impacto y vulnerabilidades

12. Elevar el rol de los medios masivos nacionales, provinciales y municipales, en la divulgación de que el recurso agua es renovable pero limitado, y su empleo debe ser el apropiado, de acuerdo con sus reales disponibilidades, las necesidades económicas y las costumbres de la población.
13. Elevar la concientización y educación para el uso sostenible del agua en la sociedad, economía y el medio ambiente, mediante la ampliación de las actividades y al alcance del Programa de Ahorro y Uso Racional del Agua (PAURA).

V Algunas precisiones sobre el desarrollo de las medidas de adaptación en curso en el sistema INRH.

La ejecución de los importantes planes de inversiones que en los últimos años se han aprobado por el Gobierno relacionados con estos objetivos, han implicado el empleo de nuevas tecnologías constructivas y de mantenimiento, así como del uso y administración del agua.

Cuando en lo fundamental concluya el período constructivo, se habrá alcanzado una mejoría sustantiva de la eficiencia del uso del agua para el abastecimiento de la población al menos en cinco ciudades (La Habana, Santiago de Cuba, Camagüey, Holguín y Las Tunas), aunque con menores ritmos se trabaja en el resto de las ciudades. Estas inversiones se traducen también, de manera indirecta, en el incremento relativo de las disponibilidades de agua, al poder satisfacer en el futuro, con los mismos recursos de agua actuales, otras demandas del desarrollo.

Se satisfacen de manera paulatina necesidades del abastecimiento de agua a la población con la construcción de nuevos acueductos para comunidades y se avanza en las obras de los trasvases.

Estas acciones también contribuyen a la disminución del valor de la Huella Hídrica de Cuba.

Anualmente deben destinarse importantes recursos financieros y materiales al mantenimiento de la infraestructura hidráulica del país. En ello ha de tenerse en cuenta que el Programa de Inversiones de Obras Hidráulicas, contempla tanto las presas, canales, redes de observación y derivadoras, como la piezometría y las viviendas para los que atienden los canales.

Estos planes se han visto recrecidos, como consecuencia del impacto de la actividad ciclónica sobre la infraestructura misma, que constituye una de las principales garantías con que cuenta el país en la lucha contra los cambios climáticos.

El haber desarrollado y continuar manteniendo una importante obra hidráulica, que en lo fundamental satisface las necesidades actuales de la economía, sociedad y la protección del medio ambiente, constituye una medida de reducción de posibles vulnerabilidades, ante fenómenos de escasez relativa del recurso agua en años venideros. Lo anterior, unido a los esperados incrementos de la eficiencia en su uso, tanto de la destinada a la población como a la agricultura, esta última por introducción de tecnología más eficiente para el riego, son medidas de largo alcance insertadas en este contexto y de horizonte nacional.

El funcionamiento de las redes de observación del ciclo hidrológico es el fundamento del desarrollo hidrológico y el manejo del agua en el país. Su operación es estable implicando en ello, con un amplio sentido de organización, sistematicidad y disciplina, a todo el sistema INRH y a los observadores voluntarios de la

Río Toa, en la provincia de Guantánamo, el más caudaloso de Cuba. Esta provincia tiene la región más árida de Cuba y también la más pluviosa.

lluvia. Su mejor ejemplo es la red pluviométrica nacional.

Al respecto se ejecutan y planifican ejecutar un importante número de acciones orientadas a este propósito, entre ellas:

- La fabricación nacional de pluviómetros, evaporímetros y otros equipos para el trabajo de campo, así como regletas, en proceso de puesta a punto definitiva.
- Aprobación en el Plan de Inversiones INRH 2009 de recursos financieros para el fortalecimiento y modernización de las observaciones del ciclo hidrológico y medición de las entregas del recurso a los principales usuarios.
- Aprobación y comienzo de la ejecución del proyecto PNUD-INRH de Alerta Temprana y Prevención Hidrológica en las cuencas Tíñima–Jatibonico, Cauto, Sagua de Tánamo y Guantánamo–Guaso y la próxima instalación y operación en 2009–2010, de 35 estaciones automáticas de medición y transmisión de datos e informaciones sobre lluvia, niveles y gastos.
- Aprobación y comienzo de las actividades del proyecto Caribe-Hycos para el fortalecimiento de las observaciones del ciclo hidrológico en ocho estaciones, comenzando este año por Los Portales (Cuyaguaje), Yayabo y Paso Ventura (Zaza) y Las Coloradas (Cauto), lo que permitirá obtener mediciones automáticas de lluvia, niveles, gastos y de calidad de agua.
- Elaboración del diseño de la nueva *Red informativa diaria de lluvia*, con la participación directa de las Delegaciones, Empresas de Aprovechamiento y del GEARH, la que pretende ampliar su representatividad y fortalecer el rol de las instalaciones de observación del sistema INRH.

A su vez, se mantiene la edición sistemática y con calidad del Boletín Hidrológico mensual del INRH, con la introducción de nuevas informaciones importantes, lo que constituye una actividad básica del Servicio Hidrológico del INRH y, a su vez, una de las salidas informativas que distinguen las responsabilidades estatales del Instituto, en relación con el conocimiento y evaluación permanente del comportamiento de las variables del ciclo hidrológico. Sus resultados se encuentran disponibles en www.hidro.cu⁸

El Servicio Hidrológico Nacional, formando parte del sistema de Defensa Civil cubano, da respuesta adecuada a la evaluación sistemática del comportamiento de las precipitaciones, niveles y volúmenes de



embalses, durante las lluvias extremas provocadas por bajas, tormentas tropicales y huracanes. Un ejemplo de lo anterior lo tenemos en la temporada 2008 donde incidieron los siguientes fenómenos meteorológicos: Dolly (julio), Fay y Gustav (agosto), Hanna y Ike (septiembre), así como Paloma (noviembre).

Por otra parte y orientado estratégicamente a los mismos fines, el control de la intrusión salina en las cuencas hidrográficas superficiales y acuíferos subterráneos, se realiza sistemáticamente en el sistema del INRH de diferentes formas y vías, empleando para ello las capacidades existentes, tanto en la sede central del Instituto (Direcciones nacionales), las 15 Delegaciones territoriales (14 provincias y el municipio especial Isla de la Juventud), así como en las 15 Empresas de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos, del GEARH. El Grupo y sus empresas son las encargadas de la operación y mantenimiento de las redes de observación del ciclo hidrológico.

Las observaciones de niveles y de calidad de agua para evaluar el comportamiento de la intrusión salina de los acuíferos cársicos costeros que están en relación hidráulica con el mar, es una actividad sistemática del INRH, orientada a la mejor administración del recurso, así como a su preservación y protección, soportada además, por la actividad de la inspección estatal del propio sistema y por los análisis en los Consejos de Cuencas territoriales y específicos.

La propia existencia de esta red de observaciones sistemáticas y su operación, que está en proceso de su sostenido fortalecimiento y modernización, es una garantía básica para aplicar con mayores éxitos las medidas de adaptación del recurso agua ante las amenazas actuales y futuras del impacto del cambio climático.

En 2008, el Servicio Hidrológico Nacional (INRH) tenía organizado en el país una red compuesta por 1683 pozos de observación del régimen de las aguas subterráneas y por un total de 2 274 estaciones de calidad del agua (63% aguas subterráneas).

⁸ Dirección de Cuencas Hidrográficas, Servicio Hidrológico Nacional. INRH. Boletín Hidrológico Mensual. Diciembre de 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008. En www.hidro.cu.



Canal magistral Zaza, en la provincia de Sancti Spiritus. En Cuba hay más de 760 km de canales de este tipo.

Se realizan observaciones sistemáticas mensuales de los niveles de las aguas subterráneas en los acuíferos y los resultados de las 100 unidades y tramos hidrogeológicos más importantes (fuentes de abastecimiento de agua a la población, agricultura, economía y turismo), se publican permanentemente en el Boletín Hidrológico mensual editado por el INRH. De la misma manera, se implementan medidas de adaptación del recurso hídrico subterráneo, tales como recarga de acuíferos (por ejemplo: trincheras y pozos de recarga de la Cuenca Sur Matanzas-área agrícola Victoria de Girón, en los cayos; Dique Sur de La Habana), en función del mejor aprovechamiento del agua, evitando y mitigando a su vez, la penetración de la intrusión salina.

En el mismo sentido, se controla el empleo del agua subterránea y superficial mediante el cumplimiento del Plan de Uso de Aguas, documento con respaldo legal, que rige su administración.

Dada la estrecha relación y dinámica entre las aguas superficiales y subterráneas cubanas, en las cuencas hidrográficas superficiales se localizan un número importante de estaciones de observación, como por ejemplo en la Cuenca Cauto, la mayor del archipié-

lago cubano, donde operan 127 estaciones de la red hidrogeológica y 250 estaciones de calidad de agua.

Se elaboran también evaluaciones sistemáticas del comportamiento y recursos disponibles de aguas subterráneas mediante estudios e investigaciones en cuencas de importancia económica y ambiental, dándole seguimiento en función de prever situaciones extremas (sequía, contaminación y otros).

Tanto la Ley 81 de Medio Ambiente, como el Decreto-Ley 136 de las Aguas Terrestres, así como otros instrumentos jurídicos, tales como normas y resoluciones, se emplean para velar por la calidad, uso y administración adecuada del recurso agua, existiendo violaciones de lo establecido que son motivos de aplicación de las medidas correspondientes.

Otra dimensión en la que se acciona está relacionada con el incremento de la concientización y educación para alcanzar el uso sostenible del agua, tanto en el sector económico como con toda la población, a través de diferentes programas, entre los que se destacan el Programa de Ahorro y Uso Racional del Agua (PAURA), el Concursos TRAZAGUAS y otras actividades.

Los resultados del nuevo estudio de la pluviosidad en Cuba (Mapa Isoyético para el período 1961–2000⁹) indican cambios en su régimen, tanto desde el punto de vista nacional como regional y por cuencas. En la bibliografía relacionada se pueden encontrar detalles al respecto. La disminución del valor de 1 375 mm del anterior estudio al actual de 1 335 mm, así como las variaciones en su comportamiento en las cuencas de interés nacional, son buenos ejemplos de ello. Vea la tabla 1, donde son significativas las cuencas del Cauto y Guantánamo-Guaso, con una disminución de 387 y 154 mm, respectivamente; detalles al respecto pueden encontrarse en la literatura citada.

Esto indica la urgente necesidad de enfrentar de manera especial y priorizada la gestión del agua en estas cuencas, relacionadas con la aplicación sostenible de prácticas de control de la erosión y de incrementos de la cobertura boscosa.

Estudios hidrometeorológicos indican el comportamiento cíclico de los fenómenos de sequía en el país. La última y más reciente ocurrió en el período 2003–2004–mitad del 2005, con serias afectaciones sociales, económicas y ambientales en el país. Obsérvese en la tabla 2 el comportamiento de las láminas medias en esos años.

Estudios recientes realizados por el sistema del Grupo Empresarial de Investigaciones, Proyectos e

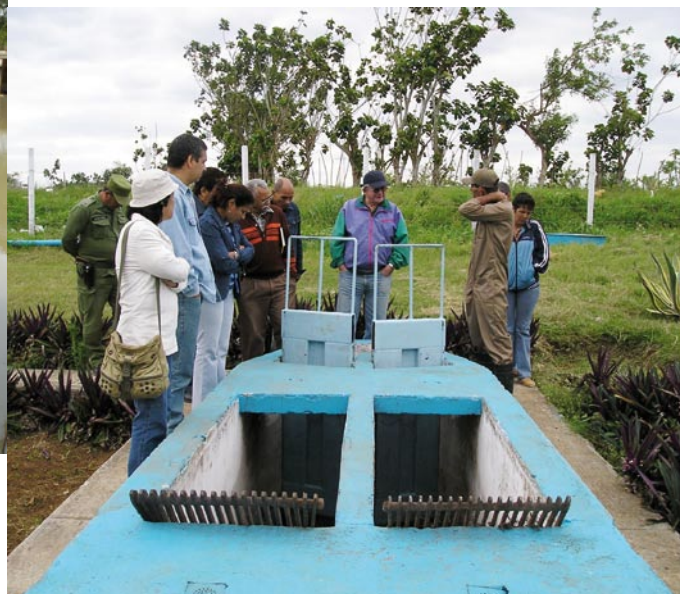
Tabla 1. Diferencias por cuencas hidrográficas.

Cuenca hidrográfica	1931-1960	1961-2000	Diferencias
Cuyaguaje	1 637	1 475	-162
Ariguanabo	1 469	1 514	45
Almendares-Vento	1 272	1 446	174
Hanabanilla	2 085	1 986	-99
Zaza	1 484	1 427	-57
Cauto	1 479	1 112	-367
Guantánamo-Guaso	1 181	1 027	-154
Toa	2 468	2 518	50

⁹ “Nuevos logros en el estudio de la pluviosidad en Cuba: Mapa Isoyético para el período 1961-2000”, en revista *Voluntad Hidráulica* No. 98. La Habana, 2006, pp. 2-14.



A la izquierda, río Hondo, en la provincia de Guantánamo. Abajo, planta de tratamiento Bejuical, en la cuenca Ariguanabo, en la provincia de La Habana.



Ingeniería del sistema INRH (GEIPI), están indicando reducciones de los volúmenes útiles de los embalses estudiados por concepto de la llegada de sedimentos terrígenos de sus cuencas de captación, en cifras no alejadas de las reportadas en la literatura internacional al respecto.

De ahí la importancia reiterada dada tanto por la Comisión Nacional de Reforestación, como por los Consejos de Cuencas nacional, territoriales y específicos, de llevar adelante con mayor efectividad el incremento de la cobertura boscosa en cuencas hidrográficas, así como las prácticas de mejoramiento y conservación de suelos.

La gestión integrada del recurso hídrico (GIRH) en cuencas hidrográficas, en su relación con los otros componentes ambientales aplicada al caso cubano, así como la evolución histórica y características de los órganos de cuencas en el país, puede encontrarse descrita en la revista *Voluntad Hidráulica* No. 98 y 99⁹ y ¹⁰. Con ese objetivo, vale la pena reiterar aquí lo allí expuesto relacionado con el desarrollo de 11 subprogramas de trabajo, que bajo la coordinación de los Consejos de Cuencas institucionalizados (Nacional, 15 Territoriales y 6 Específicos), contribuyen a materializar logros de significación en las inversiones destinadas a la protección del medio ambiente, uso de las aguas, coberturas de agua potable y saneamiento, estudios de diversidad biológica, reducción de la carga contaminante, educación ambiental y otros.

La reforestación de franjas hidrorreguladoras de embalses y del área de las cuencas superficiales es una importante medida de adaptación ante el cambio climático, con repercusiones directas en el estado, tanto cuantitativo como cualitativo, del recurso agua. De ahí que, de manera sistemática, existen relacio-

nes muy estrechas de trabajo entre el Ministerio de la Agricultura y su Dirección Forestal, con el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y su Dirección de Cuencas Hidrográficas y el Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas. La situación actual de la cobertura boscosa en las nueve cuencas de interés nacional indica mejoras paulatinas, que si bien no son las que se desean, deben responder a la meta del 29,15% de superficie cubierta de bosques para el 2015.

Otro factor determinante de esta relación dinámica e interactiva entre la protección del recurso agua y la reforestación, es la introducción y el mantenimiento de prácticas de mejoramiento y conservación de suelos, donde las medidas de control contra la erosión de la capa vegetal y la eliminación de cárcavas, ocupan un lugar muy destacado. Y precisamente estos son tres subprogramas de trabajo de los Consejos de Cuencas cubanos.

Experiencias acumuladas en años anteriores y en el actual, en los polos turísticos de Varadero, cayería norte de Villa Clara y Cayo Coco, están indicando el constante incremento del uso de volúmenes de aguas residuales tratadas en las plantas correspondientes, para el riego de monte húmedo y otros usos permitidos, lo que también contribuye a la disminución del valor de la Huella Hídrica cubana.

Tal y como se analiza y discute por García y Cantero¹¹, el empleo de diferentes indicadores de disponibilidad de agua, adecuados a las particularidades cubanas, debe ser motivo de atención por parte de

¹⁰ JORGE MARIO GARCÍA FERNÁNDEZ: "Aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión integrada de los recursos hídricos: Aproximación al caso cubano", en revista *Voluntad Hidráulica* No. 99. La Habana, 2007, pp. 2-17.

¹¹ JORGE MARIO GARCÍA FERNÁNDEZ Y LUIS CANTERO CORRALES: "Indicadores globales para la evaluación del uso sostenible del recurso agua: Caso cubano", en revista *Voluntad Hidráulica* No. 100. La Habana, 2007, pp. 12-19.

investigadores y especialistas, tanto los que desempeñan sus funciones en el campo del manejo de los recursos hídricos e hidráulicos, como en el medio ambiente.

Tómese en cuenta que en el caso cubano, los usos predominantes del agua están relacionados con la agricultura (55–60 %), abastecimiento de la población (15–20 %), industrias (10–15 %) y otros, dentro de los que se considera el gasto sanitario (7–10 %), en un orden anual promedio ascendente a unos 6 000 000 millones de metros cúbicos. De ellos, recursos superficiales son aproximadamente el 60% (53% de fuentes reguladas) y alrededor del 40 % de fuentes subterráneas.

Según A.K. Chapagain y A.Y. Hoekstra ¹², el archipiélago cubano tiene una Huella Hídrica (HH) de 1 712 m³ por habitante por año que la hace ocupar el lugar número 30, en orden descendente, entre 210 países evaluados. Este indicador refleja una importante intervención en los recursos hídricos cubanos, en función de asegurar los suministros de la cantidad y la calidad de agua para la economía, sociedad y la protección del medio ambiente.

Su interpretación adecuada, a partir de cada una de sus ventajas y limitaciones, contribuye de manera directa, entre otras, al proceso de toma de decisión sobre nuevas obras de la infraestructura hidráulica y la eficiencia en el uso del agua. Esto requiere de diseños, tratamientos y datos e informaciones recientes sobre el empleo y características del recurso agua en el país.

Coordinado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) y con la participación del INRH y de los organismos productores del país (MINAGRI, MINAZ, MINBAS, SIME y otros), se lleva



a cabo un programa de reducción de cargas contaminantes, principalmente orgánicas y biodegradables que se disponen en los cuerpos receptores superficiales, suelos y aguas subterráneas, que con limitaciones asociadas al monto de recursos financieros y a las tecnologías empleadas, entre otras, ha traído reducciones importantes de la carga y con ello, de las condiciones higiénico-sanitarias.

Estas y otras precisiones continuarán desarrollándose en el presente y futuro próximos, como resultado de asumir este reto con inteligencia, racionalidad, eficiencia y actividad creadora por parte de las autoridades del sistema INRH.

Al decir de muchos investigadores, entre ellos lo expuesto por el Comité Técnico del Global Water Partnership, "(...) el principal mensaje es que si la energía es el foco principal para las medidas de mitigación, la vía en que usamos y administramos los recursos hídricos, deviene el foco principal de las medidas de adaptación" ¹¹. ◀

¹² A.K. CHAPAGAIN Y A.Y. HOEKSTRA: "Water footprints for nations", Vol. 1. Main Report. Research Report Series No. 16. UNESCO-IHE. Noviembre de 2004.

¹³ Technical Committee (TEC). Global Water Partnership. Climate Change Adaptation and Integrated Water Resource Management. Policy Brief 5. 2007. Mike Muller (lead author).

Tabla 2. Comportamiento de las precipitaciones según LmH 1961-2000.

Región	Año									
	2004		2005		2006		2007		2008	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Occidente	1180	82	1846	128	1296	90	1446	101	1583	110
Centro	834	64	1430	109	1235	94	1632	125	1357	104
Oriente	881	69	1258	98	1518	119	1767	138	1316	103
CUBA	949	71	1 492	112	1346	101	1624	122	1408	105

Fuente: Boletín Hidrológico mensual www.hidro.cu.