



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

ICMA



FEDOMU
FEDERACIÓN DOMINICANA DE MUNICIPIOS

ADAPTACIÓN CLIMÁTICA Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Ficha Técnica 5. Suministro de agua

INTRODUCCIÓN

El suministro seguro de agua y con la adecuada calidad es imprescindible para todos los sectores del desarrollo urbano, la seguridad alimentaria, la productividad económica y tiene una alta connotación en la salud pública. La red de abastecimiento de agua es un sistema de obras de ingeniería, concatenadas que permiten llevar hasta la vivienda de cada habitante del municipio el agua de consumo. El sistema de servicios incluye varios componentes: a) captación desde fuentes de aguas superficiales/subterráneas o marinas (bocatomas y pozos) con sus instalaciones de extracción, conducción (bombas y tuberías) y almacenamiento (embalses), b) tratamiento (plantas y sistemas) c) almacenamiento (tanques) y d) red de distribución (estaciones de bombeo, tuberías y tanques intermediarios). En vista de que es esencial contar con agua potable segura para el beneficio económico y la salud física de la población, los impactos provocados por el cambio climático en este sector pueden tener grandes implicaciones (ICF/IRG, 2013). La gestión eficiente del agua puede ser técnicamente compleja y costosa, con actividades críticas como bombeo, transporte y almacenamiento (o incluso desalinización en zonas costeras) que requieren infraestructura, uso intensivo de energía y personal calificado (World Bank, 2016). La presente Ficha Técnica ofrece medidas de adaptación para el suministro de agua que como complemento a los planes de adaptación elaborados a partir de las evaluaciones de vulnerabilidad de los municipios San Pedro de Macorís (ICMA/ICF/FEDOMU/ASPM, 2016), Las Terrenas (ICMA/ICF/FEDOMU/AMLT, 2016), Santiago (ICMA/ICF/FEDOMU/CDES/AMS, 2016) y el Distrito Nacional (ICMA/ICF/FEDOMU/ADN, 2016).

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SUMINISTRO DE AGUA

Los patrones climáticos tienen una gran influencia en el suministro y la calidad del agua en todos los niveles del sistema. Los estresores climáticos pueden impactar el suministro, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua y su calidad (Tabla I), con efectos de amplio alcance en la salud pública, el crecimiento económico, y otros objetivos de desarrollo (ICF/IRG, 2013). El cambio climático puede afectar la disponibilidad de agua al aumentar la severidad de las sequías y la intensidad de los eventos meteorológicos extremos. Estos últimos pueden causar serios daños físicos en la infraestructura del servicio en los sitios de captación, almacenamiento y distribución. El aumento del nivel del mar y el mayor oleaje de tormentas pueden ocasionar la intrusión de aguas salinas con la consecuente salinización de fuentes de agua dulce. El aumento de temperatura puede aumentar la demanda de agua para consumo humano, irrigación y áreas verdes, al mismo tiempo que la evaporación de cuencas y embalses, efectos que pueden demandar mayor capacidad de almacenamiento. Las prioridades que compiten entre sí por el agua, por ejemplo, agua potable, generación de energía y agricultura, pueden exacerbar la ya reducida disponibilidad y generar mayores costos (ICF/IRG, 2013). El cambio climático también puede afectar la calidad del agua. Las tormentas más intensas pueden aumentar la sedimentación y la carga de patógenos. Las mayores temperaturas pueden fomentar el florecimiento de algas y la concentración de patógenos, y disminuir los niveles de oxígeno disuelto. En las ciudades, el “efecto de islas de calor” puede exacerbar los problemas de calidad del agua, que requerir inversiones significativas para mejorar la producción en las fuentes de agua, el desarrollo de nuevas fuentes o implementar tratamientos. En ausencia de un saneamiento adecuado, las inundaciones pueden, a su vez, conducir a la contaminación del agua de consumo con contaminantes de desechos humanos y escombros (World Bank, 2016).

Tabla I. Resumen de impactos potenciales del cambio climático sobre diferentes componentes del suministro de agua para diferentes amenazas y estresores climáticos. Fuentes: ICF/IRG (2013); World Bank (2016).

Amenazas y estresores	Captación y fuentes de agua	Tratamiento de agua	Almacenamiento y distribución
Incremento de la temperatura	Mayores pérdidas potenciales por evaporación en las fuentes. Expansión de especies acuáticas invasivas en las fuentes de agua. Aumento de la demanda para consumo humano, irrigación y áreas verdes, al tiempo que aumenta la evaporación de las cuencas y embalses de agua. Mayor agotamiento del recurso por competencia entre sectores. Cambios en la calidad por degradación de fuentes de agua debido al aumento del florecimiento de algas, la concentración de patógenos y la disminución de los niveles de oxígeno disuelto. Menor capacidad de la infraestructura existente para satisfacer la mayor demanda	Mayores necesidades y costos de tratamiento del agua debido a la menor calidad del agua (por ejemplo, aumento de la proliferación de algas, mayor contenido bacteriano y de hongos, y menor oxígeno disuelto).	Necesidad de mayor capacidad de almacenamiento debido al aumento de la demanda. Mayor pérdida de agua durante el almacenamiento. Disminución de la calidad del agua en la etapa de almacenamiento y distribución
Ascenso del nivel del mar y mayor oleaje de tormentas	Intrusión de agua salada en fuentes de agua dulce. Avance de cuña salina y salinización de fuentes de agua dulce. Intrusión salina en acuíferos costeros. Corrosión de la infraestructura de captación	Inundación de instalaciones de tratamiento y pozos en zonas de baja elevación. Corrosión de la infraestructura de tratamiento	Necesidad de mayor almacenamiento de agua para sustituir los pozos afectados por la intrusión de agua salina. Corrosión de la infraestructura de almacenamiento y distribución
Eventos extremos más intensos y con mayores precipitaciones	Mayor turbidez en los reservorios debido a mayor escorrentía. Daños físicos e inundación de la infraestructura de captación. Reducción de la calidad del agua. Contaminación de las fuentes de consumo. Mayor contaminación de los pozos debido a la escorrentía de aguas contaminadas	Menor eficiencia del tratamiento debido a cambios rápidos en la calidad del agua. Inundación de instalaciones de tratamiento durante tormentas. Interrupción de las operaciones de tratamiento debido a cortes de energía. Daños físicos en instalaciones de tratamiento de agua y redes de distribución. Interrupciones en la operación de plantas de tratamiento de agua.	Mayor necesidad de instalaciones de almacenamiento para captar agua durante tormentas cortas de gran intensidad. Mayor necesidad de asegurar la integridad de los sistemas de distribución para minimizar el ingreso de aguas contaminadas durante las tormentas. Daños físicos a las instalaciones de almacenamiento y sistemas de distribución
Reducción de precipitaciones	Reducción drástica de las fuentes de agua. Cambios en la calidad y disponibilidad de fuentes de agua. Necesidad de fuentes adicionales de para responder a sequías de corto y largo plazo. Mayores inversiones para mejorar la producción en las fuentes de agua, desarrollar nuevas fuentes de agua. Necesidad de pozos más profundos para llegar a las capas freáticas a más profundidad	Mayores inversiones para implementar tratamientos. para enfrentar la menor calidad del agua (por ejemplo, mayores concentraciones de contaminantes debido a menor dilución)	Reducción del agua en los sistemas de almacenamiento. Daños en los sistemas de almacenaje y distribución por reducción de flujos. Necesidad de mayor almacenamiento de agua para afrontar los períodos de sequía. Mayor costo y energía necesaria para distribuir el agua desde las nuevas fuentes y en mayores volúmenes de almacenamiento

ENFOQUES DE ADAPTACIÓN EN EL SUMINISTRO DE AGUA

El cambio climático requerirá la adaptación de los sistemas de agua potable. Para asegurar un suministro confiable de agua segura para consumo humano el municipio debe tener en cuenta los impactos del cambio climático y la adaptación como parte de los programas y proyectos existentes en su Plan Municipal de Desarrollo. Se cuenta con una gama de alternativas de adaptación para incrementar la disponibilidad de agua, asegurar su calidad, y proteger y fortalecer las instalaciones de tratamiento de agua (Tabla 2).

Tabla 2. Medidas de adaptación para el servicio de agua, generales y particulares para el municipio San Pedro de Macorís dirigidas a determinadas amenazas y estresores climáticos y a las consecuencias del cambio climático en conjunto. Fuentes: ICF/IRG (2013); World Bank (2016).

Amenazas y estresores	Medidas para la captación y fuentes de agua, tratamiento, almacenamiento y distribución
Incremento de la temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ● Lineamientos y controles más estrictos para el control de especie invasoras de fuentes de agua dulce ● Mayor infraestructura verde sitios de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución ● Manejo de materiales resistentes a las altas temperaturas en tanques y tuberías ● Diseños de colores reflectantes en la infraestructura expuesta, particularmente de almacenamiento ● Monitoreo de la calidad del agua a lo largo del sistema ● Tomar acciones que contribuyan a preservar la calidad del agua ● Estrategias para reducir las necesidades de refrigeración y sus costos en los puertos ● Dar una solución definitiva a las interrupciones de electricidad en la planta de tratamiento de agua
Ascenso del nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> ● Planificación de pozos en sitios alejados de la costa en zonas de riesgo de intrusión salina ● Monitoreo permanente de la intrusión salina en acuíferos costeros. ● Monitoreo permanente de la cuña salina en los ríos Soco e Higuamo ● Empleo de materiales resistentes a la corrosión en la infraestructura de captación, almacenamiento, tratamiento y distribución ● Desarrollar una estrategia de protección y monitoreo de los acuíferos en zonas costeras ● Evaluar opciones para reubicar la infraestructura de tratamiento de agua actual en la zona costera ● Instalación de mareógrafo en el puerto para monitoreo del ascenso del nivel del mar
Eventos extremos más intensos y con mayores precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> ● Protección de pozos con brocales elevados en previsión de inundaciones ● Evitar las zonas de inundación en toda la trama del sistema de suministro de agua ● Elevación de infraestructura en sitios de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución ● Empleo de materiales resistentes a la anegación y la humedad ● Localización de pozos lejos de fuentes conocidas de contaminación (vertederos o salidas de aguas residuales) y sitios inundables ● Planes de contingencia para los sitios de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución
Reducción de precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> ● Programa de saneamiento del Río Higuamo como fuente potencial de agua en el municipio ● Identificación y caracterización de fuentes contaminantes del Río Higuamo ● Plan de medidas con soluciones de tratamiento de fuentes contaminantes y monitoreo de calidad ● Aumentar la captación de agua y las alternativas de almacenamiento en el municipio ● Desincentivos o prohibir proyectos muy demandantes de agua (por ejemplo, campos de golf) ● Desarrollar proyectos para reducir las pérdidas de agua ● Evaluar nuevas fuentes de agua, incluso reciclaje de agua ● Desarrollar políticas para aumentar el uso de agua reciclada para la irrigación ● Desarrollar programas de conservación de agua ● Estructuras de captación y almacenamiento de agua en todos los nuevos proyectos
Cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> ● Elaborar un <i>Programa de gestión y manejo de cuencas de los ríos Soco e Higuamo ante el cambio climático</i> que incluya proyectos particulares de: a) reforestación y protección de fuentes de agua a diferentes alturas de la cuenca (en coordinación con otras municipalidades), b) identificación y soluciones de tratamiento para las fuentes contaminantes, c) mejoramiento y ampliación de sistemas de tratamiento, d) mejoramiento y ampliación de la cobertura del servicio de agua, e) almacenamiento y utilización de agua de lluvia y f) reciclaje y reutilización de aguas residuales tratadas ● Incorporar al <i>Programa de gestión integral municipal de residuos sólidos</i> criterios de protección de las fuentes de agua

La adaptación puede involucrar mayores inversiones, mejor operación y mantenimiento, y planeamiento a largo plazo. Por una parte, habría que considerar cambios estructurales como la construcción de reservorios, lagunas de retención, sistemas de almacenamiento de agua de lluvias, e instalaciones de tratamiento de agua. Por otra parte, se requieren cambios en la gestión, operaciones o políticas con modificaciones de las actividades de mantenimiento, las prácticas de protección del suelo para proteger la calidad del agua, y la capacitación y educación en aras de la conservación del agua (ICF/IRG, 2013). Las opciones para la adaptación urbana, en la oferta de agua, incluyen expansión del almacenamiento de agua de lluvia, reutilización de aguas residuales para riego de parques y calles de limpieza (y potencialmente para agua potable, con mayores niveles de tratamiento), eliminación de la vegetación invasora de las zonas ribereñas y eventualmente la desalinización de agua de mar en zonas costeras. Del lado de la demanda se incluyen la mejora de la eficiencia del uso del agua mediante el reciclaje de agua o mejoras físicas (por ejemplo, modernización de tuberías), promoción de prácticas tradicionales para el uso sostenible del agua, ampliación del uso de incentivos económicos, incluida la medición y cobro que ayuden a la conservación del agua y sensibilización sobre la conservación del agua y la recuperación del agua (World Bank, 2016).

ADAPTACIÓN DEL SECTOR SUMINISTRO DE AGUA EN EL ORDENAMIENTO

En todos los municipios la planificación del uso del suelo debe ser un ámbito en el que las partes interesadas formulen e institucionalicen las decisiones clave relacionadas con el manejo de las cuencas. La Tabla 3 resume los resultados del empleo de la Herramienta de ICF (2016) donde se ofrecen criterios de la vulnerabilidad del sector, la propuesta de medidas de adaptación y los instrumentos para su inclusión en el plan de ordenamiento territorial municipal para San Pedro de Macorís como ejemplo (Foto 1). Se requiere una zonificación de los sitios y zonas del sistema para garantizar el servicio fuera de las áreas de inundabilidad. Se requiere también un *Programa de gestión y manejo de cuencas ante el cambio climático* encaminado a gestionar el recurso de manera eficiente y sostenible para garantizar la seguridad hídrica ante la variabilidad climática, que incluya proyectos particulares de: a) reforestación y protección de fuentes de agua a diferentes alturas de la cuenca (en coordinación con otras municipalidades), b) identificación y soluciones de tratamiento para las fuentes contaminantes, c) mejoramiento y ampliación de sistemas de tratamiento, d) mejoramiento y ampliación de la cobertura del servicio de agua, e) almacenamiento y utilización de agua de lluvia y f) reciclaje y reutilización de aguas residuales tratadas.



Foto 1. Toma de agua en el Río Soco bajo inundación durante precipitaciones intensas.

Tabla 3. Vulnerabilidad y adaptación del servicio de agua y su relación con el Plan de ordenamiento territorial municipal de San Pedro de Macorís, empleando la Herramienta de ICF (2016).

Vulnerabilidad: El sistema de servicio de agua de San Pedro de Macorís es vulnerable a las amenazas del cambio climático con varias consecuencias. La más importante podría ser la pérdida de agua para consumo pues los escenarios de bajas y altas emisiones indican una reducción en la precipitación media anual en el 2030 (-4.26% a -2.60%) que aumentan hacia mediados de siglo (-11.9 % a -14,9 %) Además, toda la infraestructura de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución, en la ciudad o la zona costera, está expuesta a daños físicos por la incidencia de eventos meteorológicos extremos con precipitaciones intensas, inundaciones y mayor penetración del mar por el oleaje de tormenta, que serán más intensos en el futuro. En la zona costera el ascenso del nivel del mar puede salinizar los acuíferos costeros y provocar cambios en los sistemas estuarinos. Finalmente, el sistema es vulnerable al aumento de la temperatura, especialmente en las áreas más calientes del municipio, que pueden incidir sobre la calidad del agua, situación que puede agudizarse en el futuro ante aumentos de 0.7°C y 0.8°C, al 2030 y 1.4°C a 1.7°C, al 2050, en escenarios de emisiones altas y bajas, respectivamente.			
Medida de adaptación:			
1. ¿Reduce la exposición o la sensibilidad, o aumenta la capacidad de adaptación a los estresores climáticos?			
Se enfoca en reducir la exposición y la sensibilidad del sistema e incrementar su capacidad adaptativa.			
2. Con qué instrumento del ordenamiento territorial está relacionada esta medida (Ver Guía DGODT, 2016)	<input checked="" type="checkbox"/> Zonificación. <i>Zonas del sistema de suministro de agua</i>		
	<input checked="" type="checkbox"/> Políticas, planes, programas y proyectos. <i>Programa de gestión y manejo de cuencas de los ríos Soco e Higuamo ante el cambio climático</i>		
	<input checked="" type="checkbox"/> Regulaciones. Ordenanzas en línea con Decreto 42-05 que establece el reglamento de aguas para consumo humano.		
3. ¿Se espera que sea eficaz a corto plazo o largo plazo?		<input type="checkbox"/> Corto plazo	
		<input checked="" type="checkbox"/> Largo plazo	
4. ¿Qué sectores o servicios aborda la medida de adaptación?			
<input checked="" type="checkbox"/> Transporte	<input checked="" type="checkbox"/> Infraestructura	<input checked="" type="checkbox"/> Salud y educación	<input checked="" type="checkbox"/> Suministro de agua
<input checked="" type="checkbox"/> Drenaje pluvial	<input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos	<input checked="" type="checkbox"/> Agricultura y pesca	<input checked="" type="checkbox"/> Aguas residuales
<input checked="" type="checkbox"/> Áreas verdes	<input checked="" type="checkbox"/> Turismo	<input checked="" type="checkbox"/> Comercio	<input checked="" type="checkbox"/> Patrimonio histórico
<input checked="" type="checkbox"/> Asentamientos	<input checked="" type="checkbox"/> Energía	<input checked="" type="checkbox"/> Industria y zonas francas	<input type="checkbox"/> Otras
5. ¿Qué actores y recursos son necesarios para implementar efectivamente esta medida?			
<input checked="" type="checkbox"/> Gobierno Municipal	<input type="checkbox"/> Gobierno regional	<input type="checkbox"/> Gobierno nacional	<input checked="" type="checkbox"/> Población urbana
		<input checked="" type="checkbox"/> Sector privado vinculado al transporte	
<input checked="" type="checkbox"/> Otros actores importantes: INAPA, INDHRI, Ministerios de Obras Públicas y Comunicaciones y Medio Ambiente		<input checked="" type="checkbox"/> Capacidad institucional	<input checked="" type="checkbox"/> Capacidad técnica
		<input checked="" type="checkbox"/> Capacidad financiera	
Observaciones: <i>Impactos no-climáticos.</i> Contaminación de las fuentes de agua, cortes de energía que afectan la planta de tratamiento y pérdidas del agua durante la distribución, debido a fugas.			

REFERENCIAS

- ICF (2016). Climate Change Adaptation Planning Tool. ICF International Programa de Planificación para la Adaptación Climática, 8 pp.
- ICF/IRG (2013). Medidas para abordar el impacto del cambio climático en la infraestructura, preparándose para el cambio. International Resources Group, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, 44 pp. Disponible en: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JPRW.pdf
- ICMA/ICF/FEDOMU/ADN (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Distrito Nacional para el Plan de Ordenamiento Territorial. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento del Distrito Nacional. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 42 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/AMLT (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Las Terrenas para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento del Municipio Las Terrenas. Programa

- Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 39 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/ASPM (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio San Pedro de Macorís para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento de San Pedro de Macorís. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 42 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/CDES/AMS (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Santiago para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios, Consejo de Desarrollo de Santiago y Ayuntamiento del Municipio Santiago, Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 38 pp.
- JICA/ONAMET (2004). Agencia de Cooperación Internacional de Japón y Oficina Nacional de Meteorología. Atlas Climático de República Dominicana.
- MEPyD/CNCCMDL (2016). Política Nacional de Cambio Climático de la República Dominicana. Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo y Consejo Nacional para el Cambio Climático y el Mecanismo de Desarrollo Limpio, Santo Domingo, República Dominicana, 146 pp. Disponible en: <http://economia.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/planificacion/politica-cambio-climatico-julio-2016.pdf>
- World Bank (2016). Guide to climate change adaptation in cities. Web Toolkit. Transportation. Disponible en: <http://www-esd.worldbank.org/citiesccadaptation/index.html>

La producción de este material ha sido posible gracias a la generosa contribución del pueblo de los Estados Unidos a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Los contenidos son responsabilidad de sus autores y no necesariamente reflejan la opinión de la USAID o del gobierno de los Estados Unidos.