



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

DIAGNÓSTICO DE INFRAESTRUCTURAS DE AGUA Y SANEAMIENTO EN BARRIOS DE LA ZONA NORTE DEL DISTRITO NACIONAL, ORIENTADO A LA DEFINICIÓN DE POLÍTICAS TERRITORIALES DE REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO E INCREMENTO DE LA RESILIENCIA



INFORME FINAL



DIAGNÓSTICO DE INFRAESTRUCTURAS DE AGUA Y SANEAMIENTO EN BARRIOS DE LA ZONA NORTE DEL DISTRITO NACIONAL, ORIENTADO A LA DEFINICIÓN DE POLÍTICAS TERRITORIALES DE REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO E INCREMENTO DE LA RESILIENCIA

Para la realización de este trabajo fue posible contar con información generada a través del “Programa Gestión Fiscal Local Basada en Resultados en el ADN, incluyendo la Promoción del Turismo” (ATN/OC-13168-DR). Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Ayuntamiento del Distrito Nacional (ADN).

Elaborado por:

Preparado por Michela Izzo, PhD

Preparado por:

Centro de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible (CCDS)

Santo Domingo, República Dominicana

Septiembre 2014

“Este documento ha sido posible a través del generoso apoyo del pueblo de los Estados Unidos de Norteamérica a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). El contenido es responsabilidad del IDDI.

CONTENIDO

1. Resumen	9
2. Introducción	13
3. Metodología Empleada en el Estudio	19
4. Resultados	23
4.1 El sistema de agua potable y alcantarillado de Santo Domingo	23
4.2 El área de estudio	25
4.3 La vulnerabilidad del sector agua y saneamiento	31
5. Conclusiones y Medidas para la Adaptación	37
Bibliografía	45
Anexos	49
Anexo I - Lista de los indicadores usados en el estudio	51
Anexo II - Inventario de las principales infraestructuras de agua y saneamiento	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2a. Ubicación del área de estudio y principales cuencas de influencia.	16
Figura 4.1a. Inundación de zonas del Distrito Nacional en coincidencia con un evento de precipitación durante la temporada ciclónica del 2012: Ave. Caonabo (a la izquierda); Ave. Luperón (al centro); Ave. George Washington (a la derecha).	24
Figura 4.2 a. Delimitación del área de estudio, incluyendo las divisiones de los sectores con sus respectivas extensiones superficiales.	25
Figura 4.2b. Situación socio económica en el Distrito Nacional por barrios y parajes: en verde el área investigada. En alto, ubicación de hogares pobres; en bajo a la izquierda, porcentaje de hogares con necesidad de agua; en bajo a la derecha, porcentaje de hogares con necesidad de servicio sanitario (fuente: MEPYD, 2013 modificada).	26
Figura 4.2c. Ubicación de las principales infraestructuras de agua y saneamiento en el área de estudio.	27
Figura 4.2d. Mapa de riesgo de inundación del área investigada.	28
Figura 4.2e. Cambios de cobertura arbórea en las cuencas de los ríos Ozama, Haina y Nizao (fuente: Hansen et al., 2013 modificado).	30
Figura 4.3a. Mapa de Índice de Vulnerabilidad.	31
Figura 4.3b. Nivel de vulnerabilidad asociado a cada uno de los indicadores usados en el estudio.	32
Figura 4.3c. Red hidrográfica y órdenes fluviales según Strahler en el área de estudio.	33
Figura 4.3d. Topographic Wetness Index (TWI) en el área de estudio y ubicación de las principales infraestructuras de agua y saneamiento.	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2a. Fenómenos asociados al cambio climático e impactos potenciales sobre el sistema de agua y alcantarillado (fuente: Bates et al., 2008 y USAID, 2013a modificados).	14
Cuadro 4.2a. Porcentaje de superficie a riesgo de inundación por los ríos Isabela y Ozama en los sectores ribereños, por diferentes períodos de retorno.	29
Cuadro 4.2b. Cambios de cobertura arbórea en las cuencas de los ríos Ozama, Haina y Nizao (fuente: Hansen et al., 2013 modificado).	29



<http://noticias.starmedia.com>

1. RESUMEN

De acuerdo a las evidencias científicas recogidas hasta el momento, el cambio climático que está afectando el planeta está asociado a las modificaciones del clima que directa o indirectamente pueden atribuirse a influencias humanas (IPCC, 2007a). Esta problemática es una realidad que seguirá impactando al planeta por lo menos en los próximos cincuenta años (IPCC, 2007b). Los efectos del mismo cambiarán en función de la posición geográfica, así como de las condiciones territoriales específicas de la zona considerada. Los países insulares, especialmente aquellos económicamente desventajados, recibirán los impactos mayores, que tendrán consecuencias significativas en el plano social y económico.

En la República Dominicana, estudios recientes han destacado que en los últimos años han ocurrido variaciones significativas en la temperatura y en los regímenes de precipitación (Izzo, 2011). Además, análisis de vulnerabilidad llevados a cabo a diferentes escalas muestran que porcentajes significativos del territorio nacional son críticamente vulnerables frente a los fenómenos atmosféricos, incluyendo el cambio climático. Un caso específico que llama la atención son las evidencias documentadas en el Gran Santo Domingo, donde los dos sectores con mayores niveles de vulnerabilidad son el agua y la energía (Izzo et al., 2012).

La República Dominicana está entre los diez países más vulnerables en términos de impacto asociado al cambio climático (Harmeling y Eckstein, 2012), el cual puede reducir la disponibilidad de agua apta para consumo humano, por efecto de la reducción de la cantidad y/o calidad del recurso hídrico o la alteración del servicio (USAID, 2013a), debido a la incidencia de fenómenos tales como la sequía, el incremento de temperatura, la subida del nivel del mar y salinización de las capas freáticas, los ciclones tropicales, las inundaciones, entre otros.

La provisión del servicio hídrico y el tratamiento y destino de las aguas residuales constituyen aspectos críticos especialmente en un contexto de crecimiento poblacional e incremento del porcentaje de población residente en áreas urbanas: este último pasó de poco más del 60% en 2002 (ONE, 2002) al 74% actual (ONE, 2010), con una tendencia que se prevé creciente en los años venideros (ONE, 2010).

En este contexto, la Zona Norte del Distrito Nacional amerita especial atención, puesto que ha crecido de manera exponencial en la última década (ONE, 2010) y sigue expandiéndose, como producto de un proceso migratorio que, de las zonas rurales del país, se realiza sin planificación y de forma inadecuada.

La Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), como institución encargada de brindar el servicio de agua potable y alcantarillado al Gran Santo Domingo y el Distrito Nacional de la República Dominicana, trabaja para responder de manera sostenible a las necesidades de agua de una población en aumento. Con el fin de cumplir con esta misión, la CAASD ha iniciado un proceso de análisis de sus estructuras, orientado a la identificación de los principales elementos de vulnerabilidad, con especial enfoque al cambio climático, que se considera una de las amenazas más significativas para el país.

Cabe destacar que a comienzos del 2014 se inició el Programa de Infraestructuras Resilientes ante el Cambio Climático (CRIS), dirigido al fomento de servicios de infraestructura confiables y sostenibles, aún en escenarios de modificaciones climáticas. Santo Domingo - Distrito Nacional es una de las cinco ciudades seleccionadas a nivel mundial para su implementación y el Ayuntamiento del Distrito Nacional (ADN) y la CAASD son dos de las instituciones clave que están participando en el proceso e integran la mesa de trabajo sobre el tema. Estos meses de labores muestran que la experiencia está siendo extremadamente significativa, habiendo creado un espacio de coordinación y un equipo de trabajo que está definiendo líneas comunes de intervención y compartiendo datos e informaciones.

El presente estudio surge como un esfuerzo que impulsa el Instituto Dominicano de Desarrollo Integral (IDDI) dentro del Programa CRIS, para fines de organizar un inventario y una base de datos e informaciones como herramienta para la definición de políticas territoriales orientadas a la reducción de la vulnerabilidad de la zona Norte del Distrito Nacional frente a los eventos meteo-climáticos y al fomento de su capacidad adaptativa.

Los resultados obtenidos evidencian que el cambio climático representa una presión que se suma a elementos de sensibilidad que ya al presente hacen vulnerable el sistema de agua y saneamiento. De manera especial, cabe destacar que dicho sistema es insuficiente para las

exigencias de la población servida. A las limitaciones ligadas a la capacidad del sistema se agregan problemas relacionados con el estado de las instalaciones y la calidad del servicio, el cual no garantiza continuidad en la zona investigada.

En términos territoriales, el estudio ha permitido identificar áreas propensas al encharcamiento, algunas de las cuales concentradas en el territorio de Villa Consuelo. Los barrios ubicados en la ribera del Río Ozama presentan los valores más altos del índice de vulnerabilidad, debido a la criticidad de numerosos indicadores, especialmente de tipo social. De manera particular, Domingo Savio muestra alto riesgo frente a inundaciones, tanto en caso de eventos excepcionales como en caso de eventos de período de retorno reducido (2 años).

Se concluye que las infraestructuras de agua, especialmente las de almacenamiento, en sentido general muestran un nivel de vulnerabilidad alto, estando particularmente expuestas a recibir daños por acumulación de agua en zonas propensas a encharcarse.



<http://www.canalazul24.com>

2. INTRODUCCIÓN

Las fuentes de agua potable se definen como aquellas que por su naturaleza o por intervenciones apropiadas están protegidas de contaminación externa, especialmente de materia fecal (WHO, 2008).


El cambio climático es una modificación del clima directa o indirectamente ligada a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera global, la cual se suma a las causas naturales de variación climática en un período de tiempo comparable (UNFCCC, 1992). Las modificaciones se están manifestando a diferentes escalas y en diferentes formas, que incluyen el incremento de la temperatura, el derretimiento de las capas de hielo, el incremento del nivel del mar, el cambio de los patrones de precipitación, la intensificación de las tormentas, el incremento de la sequía, entre otros.






Estudios recientes conducidos en República Dominicana, muestran que en el último siglo hubo tendencias significativas de las principales variables meteo-climáticas (SEMARENA, 2009; Izzo, 2011; Pérez y Jury, 2013). Los cambios principales identificados pueden resumirse en: incremento de la temperatura, con mayor crecimiento de la mínima respecto a la máxima; reducción de la excursión térmica diaria; incremento de la erosividad de la lluvia en la costa caribeña; incremento de la evapotranspiración potencial; modificación del patrón de precipitación; reducción de las precipitaciones anuales en las áreas sotavento de las principales cadenas de montañas; incremento de las precipitaciones anuales en las áreas barlovento de las principales cadenas de montañas; incremento del nivel del mar entre 2 y 26 centímetros.

Cada uno de los fenómenos mencionados arriba tiene el potencial de producir impactos significativos sobre todos los componentes de los asentamientos humanos. El sistema de provisión hídrica y tratamiento de las aguas residuales constituye uno de los sectores más críticos en términos de consecuencias potencialmente catastróficas, especialmente tomando en cuenta una población y, por ende, una demanda de servicios en constante crecimiento: en los escenarios previstos, los sistemas de agua y alcantarillado experimentarán condiciones que frecuentemente caerán fuera del rango normal de operación (WHO, 2009). Por esta razón es sumamente importante conocer y analizar las debilidades del sistema, las fallas que pudieren presentarse y de qué manera es posible intervenir para evitarlos, garantizando la suficiente flexibilidad y resiliencia frente a diferentes escenarios previsibles.

Un aspecto importante a ser considerado es que, en países económicamente desventajados, incluyendo República Dominicana, ya al presente los sistemas de agua y alcantarillado presentan elementos de criticidad que los hacen vulnerables frente a diferentes fenómenos meteo-climáticos (Izzo et al., 2012): en este contexto, el cambio climático es una presión más que se sumará a las que ya sufren dichos servicios. En el caso de República Dominicana, país tropical de la región caribeña, para el sistema de agua potable y alcantarillado pueden preverse los impactos destacados a continuación (Cuadro 2a).

Cuadro 2a. Fenómenos asociados al cambio climático e impactos potenciales sobre el sistema de agua y alcantarillado (fuente: Bates et al., 2008 y USAID, 2013a modificados).

Fenómeno asociado al cambio climático	Posibles impactos sobre el sistema de agua potable	Posibles impactos sobre el sistema de alcantarillado
 <p>Aumento de los episodios de precipitación intensa</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a las infraestructuras. • Reducción de la calidad del agua. • Incremento de los costos de mantenimiento y gestión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Superación de la capacidad del sistema, en todos sus componentes, especialmente en el caso de sistemas combinados (aguas residuales y agua de lluvia). • Incremento de la contaminación ambiental y los riesgos para la salud. • Daños a las infraestructuras, por inundación y/o deslizamientos. • Incremento de los costos de mantenimiento. • Paro del sistema de tratamiento debido a interrupciones del suministro de energía.

 <p>Alteración del patrón de precipitación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor incertidumbre en la planificación del uso del recurso hídrico. • Incremento de los costos de mantenimiento de las infraestructuras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de los costos de mantenimiento. • Incremento de la contaminación ambiental y los riesgos para la salud.
Fenómeno asociado al cambio climático	Posibles impactos sobre el sistema de agua potable	Posibles impactos sobre el sistema de alcantarillado
 <p>Aumento de la incidencia e intensidad de la sequía</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la disponibilidad de agua. • Reducción de la calidad del agua. • Incremento de los costos de tratamiento para compensar la menor calidad del recurso hídrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impactos no significativos: la reducción del flujo en el sistema de alcantarillado podría causar problemas en el transporte de sólidos gruesos y en el rendimiento del tratamiento.
 <p>Aumento de la actividad ciclónica tropical</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupciones del suministro eléctrico que altera el abastecimiento de agua para la población. • Daños a las infraestructuras. • Reducción de la calidad del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Superación de la capacidad del sistema. • Daños a las infraestructuras. • Incremento de la contaminación ambiental
 <p>Incremento de la temperatura</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor demanda de agua por la población. • Disminución del contenido de oxígeno disuelto, pautas de mezclado y capacidad de autodepuración. • Incremento de los costos de tratamiento debido a la menor calidad del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la capacidad de autodepuración del agua superficial. • Incremento de los costos de tratamiento de las aguas residuales debido a la menor calidad de las mismas.
 <p>Aumento del nivel del mar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la salinización de los acuíferos costeros y reducción de las fuentes de abastecimiento de agua potable. • Incremento de la corrosión de las infraestructuras de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Influencia sobre los flujos, con disminución de la capacidad de desagüe y acumulación de la descarga.

El abastecimiento de agua potable y la recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales de la ciudad de Santo Domingo están bajo la responsabilidad de la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), institución de servicio público con carácter autónomo creada mediante la Ley 498 del 13 de abril de 1973.

Las fuentes de provisión progresivamente aprovechadas para el servicio de agua potable de la ciudad capital se encuentran en las cuencas de los ríos Ozama, Haina y Nizao (Figura 2a).

El área de jurisdicción de la CAASD es de 1,244 km², con una población beneficiaria del servicio que alcanza los tres millones de habitantes. La provisión de agua potable está basada para un 82% por sistemas superficiales y para la restante parte por sistemas de pozos, para una capacidad instalada de 571 millones de galones diarios, correspondiente a una disponibilidad promedio de 416 galones por persona por día. El 64% del agua producida es distribuida por bombeo, con inevitables altos costos de producción ligados a los gastos de energía eléctrica



Figura 2a. Ubicación del área de estudio y principales cuencas de influencia.

para el accionamiento de las bombas. El consumo promedio de agua se estima en 112 galones por personas por día, un valor significativamente superior al de muchos países europeos (CAASD, 2014).

El área objeto del presente estudio abarca una superficie de 12.6 km². Cuenta con una población de usuarios que asciende a las 349 mil personas y es abastecida mediante el aprovechamiento de los sistemas Duey, Isa Mana, Isabela, Valdesia y algunos pozos sectoriales. El sistema Valdesia está establecido en el Río Nizao, funciona por gravedad, contando con una producción de 6 m³/s, y proporciona agua a la zona noroeste dos días a la semana (jueves y lunes). El campo de pozos sectoriales noroeste tiene una producción promedio de 0.176 m³/s (CAASD, 2014).

Para el control de calidad de agua, la CAASD cuenta con 459 puntos de muestreo diseminados en toda su área de jurisdicción (CAASD, 2014). Respecto a la calidad, la CAASD lleva a cabo controles sobre los coliformes totales y el índice de potabilidad en los últimos años se ha colocado entre el 98 y el 99%, por lo que se considera que el agua es de buena calidad (BID, 2009).



3. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL ESTUDIO

El punto de partida del estudio es la definición del concepto de vulnerabilidad. Si bien la etimología latina de la palabra (de *vulnus*, o sea “herida”, más el sufijo *bilis*, que indica posibilidad) no deja duda sobre el hecho de que la vulnerabilidad expresa el grado en que un sistema puede ser afectado por la ocurrencia de un determinado evento, no existe una definición universalmente aceptada que permita caracterizarla y medirla (Downing et al., 2002).

Siguiendo una de las definiciones más acreditadas, la vulnerabilidad es función de tres componentes, cuales son *exposición*, *sensibilidad* y *capacidad adaptativa* (Turner et al., 2003; Metzger et al., 2006; Tao et al., 2011), definidas de la manera siguiente:

- *Exposición*: extensión y modalidades en que un sistema resulta sujeto a eventos potencialmente dañinos, los cuales constituyen una amenaza para el sistema mismo.
- *Sensibilidad*: grado en que un sistema resulta influenciado por factores relacionados con cada una de las amenazas consideradas. Sintetiza los puntos débiles del sistema.
- *Capacidad adaptativa*: habilidad de sacar provecho y evitar pérdidas frente a la ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino. Sintetiza las fortalezas del sistema.

Apartir del marco conceptual descrito arriba, el estudio ha sido estructurado en tres componentes principales:

1. Recolección, organización y análisis de la información existente;
2. Zonificación de la zona analizada en función de diferentes niveles de criticidad frente a amenazas meteo-climáticas específicas;
3. Propuesta de medidas de mejora de la capacidad adaptativa frente al cambio climático.

La primera fase fue llevada a cabo en estrecha colaboración con la CAASD y el Ayuntamiento del Distrito Nacional (ADN). Ambas instituciones proporcionaron los datos y las informaciones existentes y necesarias para realizar el estudio, además de involucrarse en la definición de la metodología de análisis y en algunos levantamientos de campo. Otros contactos institucionales involucraron la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET) y el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), entidades de referencia para la recolección y el monitoreo de variables meteo-climáticas en el país. Finalmente, las principales variables socio-económicas fueron obtenidas de la Oficina Nacional de Estadística (ONE) y el Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPYD).

Tomando en cuenta la interdependencia existente entre las diferentes infraestructuras antrópicas, a parte del sistema de agua potable y alcantarillado, el análisis consideró también el componente vial, puesto que las vías de acceso a las principales estructuras hídricas representan un punto clave para la reducción de la vulnerabilidad de las mismas en escenarios de cambio climático.

Los datos recolectados incluyeron los siguientes:

- Modelo Digital del Terreno, con resolución de 1 m;
- Ortofotos;
- Ubicación de las principales estructuras e infraestructuras de agua y alcantarillado;
- Ubicación de los puntos de monitoreo y datos de calidad de agua;
- Diseños de la red de distribución de agua;
- Diseños del sistema vial;
- Principales variables socio-económicas.

Cabe destacar que el Modelo Digital del Terreno sobre el cual se trabajó es una elaboración de los datos LIDAR originales, lo cual no ha permitido eliminar completamente el efecto “manzana” de los edificios filtrados. La disponibilidad de los datos LIDAR originales permitiría evaluar de manera más precisa el efecto topográfico sobre la hidrografía, garantizando una mejor zonificación del área investigada.

El análisis fue luego orientado a investigar documentos y estudios previos sobre el sector, con especial enfoque en la evaluación de la vulnerabilidad del mismo frente al cambio climático. La identificación de las zonas a más alto riesgo de inundación fue basada en el estudio del *United States Armed Corps of Engineers* (USACE, 2001), cuyos mapas fueron gerefereenciados, obteniendo una precisión en el rango de 10 metros.

De las cuencas relevantes para los sistemas de agua y saneamiento de la zona investigada se llevó a cabo un análisis de variación de la cobertura arbórea, usando datos del Servicio Geológico (USGS) y de la Agencia Aeroespacial (NASA) de los Estados Unidos (Hansen et al., 2013). Dichos datos tienen una resolución espacial de un arco segundo (alrededor de 30 metros) y son proporcionados en forma de cierre de copas de la vegetación con altura superior a los 5 metros. En el presente estudio, se consideran cubiertos por árboles todos los píxeles que presentan un porcentaje de cierre de copas superior al 50%.

El modelo digital del terreno de alta resolución fue utilizado para obtener algunos parámetros hidrográficos del área investigada. En primer lugar, el modelo original fue filtrado para la corrección del efecto topográfico producido por los terrenos edificados, que generaban un desnivel innatural respecto al pavimento de las calles. Para fines de corregir este fenómeno se compararon diferentes técnicas y los mejores resultados fueron obtenidos mediante la aplicación de los métodos de operación “*neighborhood*”, que permiten estimar el valor filtrado de un punto a partir del análisis de los valores de los puntos que los rodean, dentro de un radio específico. En el caso del presente estudio, se usó el valor medio, con una ventana de 45 metros de lado.

Los datos fueron organizados en un Sistema de Información Geográfica (SIG), que incluye capas vectoriales y datos RASTER relativos a los sistemas de agua y alcantarillado, así como al sistema vial y otras variables territoriales. La ubicación geográfica de los diferentes componentes y la superposición de capas informativas facilitó la identificación de las áreas más vulnerables.

Para las elaboraciones se usó software libre de la *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo, 2014) y del Departamento de Geografía Física de la Universidad de Göttingen (SAGA, 2014). Para las elaboraciones estadísticas se usó el software R (versión 3.1.1) (R Development Core Team, 2010).

Para el área territorial analizada, a partir del modelo digital del terreno, se extrajo la red hidrográfica, mediante el uso de los módulos *r.stream* y *r.watershed* del software GRASS (OSGeo, 2014). Sucesivamente, para fines de identificar áreas de concentración de flujo, se realizó una clasificación de los órdenes fluviales de Strahler, mediante la aplicación del módulo *r.stream.order* (OSGeo, 2014).

Para analizar el fenómeno del encharcamiento, se analizó la distribución territorial del *Topographic Wetness Index (TWI)*, un índice usado para cuantificar el control topográfico sobre los procesos hidrológicos (Beven and Kirkby, 1979). Es calculado mediante la fórmula siguiente:

Inatanb

donde a es el área de drenaje arriba del punto considerado dividida por la resolución de celda y b es la pendiente local. El TWI es una medida de la extensión de acumulación de flujo en un punto determinado de la superficie topográfica.

Para los diferentes sectores de la zona investigada, se llevó a cabo una evaluación de la vulnerabilidad con relación a agua y saneamiento, en función del valor asumido por los indicadores presentados en Anexo I. Para garantizar que cada indicador tenga el mismo peso en el cálculo del índice de vulnerabilidad, cada uno de ellos fue llevado a una escala entre 0 y 100, restando al valor de cada uno (x_i) el mínimo de la serie de valores (x_{min}) y dividiendo por la diferencia entre el valor máximo y el mínimo ($x_{max} - x_{min}$) de la misma y multiplicando el resultado por 100, según la fórmula siguiente:

$$xi=100 \cdot \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

El índice de vulnerabilidad fue calculado como media aritmética de los indicadores estandarizados.



4. RESULTADOS

4.1 EL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE SANTO DOMINGO

La gestión del sistema de agua potable presenta elementos de insostenibilidad, puesto que el costo de producción para la provisión de un metro cúbico de agua es de RD\$19.69 (BID-INECON, 2011), mientras que el agua es comercializada a RD\$6.00/m³ para clientes residenciales y comerciales y RD\$10.00/m³ para clientes industriales (CAASD, 2014). Esto significa que en el mejor de los casos se está recuperando entre el 30 y el 50% de los costos, sin tomar en cuenta las pérdidas, las cuales superan el 50% del agua despachada, debido a conexiones ilegales y fugas (USAID, 2013b).

Los registros de funcionamiento del sistema de acueducto manejado por la CAASD evidencian que en términos de vulnerabilidad frente a los eventos meteo-climáticos las criticidades mayores están ligadas tanto a la sequía como a las lluvias abundantes. La primera determina una reducción de más del 80% de la capacidad de abastecimiento del sistema Haina-Manoguayabo, afectando a más de 500 mil personas, mientras que las segundas, debido a las crecidas y el consiguiente arrastre de material granular, produce frecuentemente daños y salida de operación de los sistemas. Además, son frecuentes las interrupciones causadas por la falta de estabilidad del sistema eléctrico nacional (CAASD, 2014).

Para enfrentar los desafíos ligados a la mejora del sistema de provisión de agua, así como la adaptación a condiciones climáticas en continua modificación, la CAASD tiene previstas tres líneas estratégicas de intervención:

- Implementar programas de mejoras de la eficiencia operativa, para aumentar la producción, incluyendo mantenimiento electromecánico a equipos de bombeo, rehabilitación de redes obsoletas, plan de sectorización, e instalación de medidores;
- Priorizar fuentes alternativas;
- Implementar programas para hacer la gestión comercial más eficiente.

En tema de aguas residuales, la CAASD cuenta con 23 plantas de tratamiento de aguas residuales, con capacidad de diseño de 65 mil m³/día, pudiendo abastecer una población poco superior a las 400 mil unidades. De dichas El sistema de alcantarillado es mixto, mezclando las aguas residuales con las aguas de lluvia; además, cuenta con redes que por más del 80% están constituidas por tubería de 8 pulgadas de diámetro, las cuales son insuficientes para el desagüe de la ciudad en caso de evento pluviométrico (CAASD, 2014), especialmente con la concomitante acción negativa ejercida por la basura que se acumula en las alcantarillas.

La situación apenas descrita produce una serie de consecuencias, que hacen ineficaz el sistema y causan eventos significativos de contaminación ambiental:

- Se estima que sólo el 5% de la población cuenta con servicios de tratamiento de las aguas residuales: de 12 plantas de tratamiento identificadas para el estudio del Plan Maestro del Alcantarillado Sanitario (World Bank, 2004; CAASD, 2014) sólo 5 operan;
- Menos del 20% (726 de los 4,279 km totales) de las calles de Santo Domingo cuenta con redes de alcantarillado sanitario;
- La mayor parte de las aguas residuales es vertida directamente a las fuentes de agua superficiales, a los acuíferos subterráneos o al Mar Caribe, sin ningún tipo de tratamiento;
- Los eventos pluviométricos, hasta aquellos con período de retorno breve, producen inundaciones frecuentes en numerosas áreas de la ciudad (Figura 4.1a).



Figura 4.1a. Inundación de zonas del Distrito Nacional en coincidencia con un evento de precipitación durante la temporada ciclónica del 2012: Ave. Caonabo (a la izquierda); Ave. Luperón (al centro); Ave. George Washington (a la derecha).

Estudios llevados a cabo recientemente en el sector (OPD, 2014) confirman la criticidad de la situación en tema de agua y saneamiento a escala nacional, con problemas destacados en los grandes centros urbanos. Una de las conclusiones alcanzadas por el citado estudio es que el agua disponible es abundante. Sin embargo, la población experimenta frecuentes situaciones de escasez debido a varios factores, entre los cuales: modalidad de distribución espacial y temporal; alto consumo en riego; altas pérdidas en el sistema de distribución; precariedad del sistema de saneamiento. En el Gran Santo Domingo, el 81% de la población no dispone de redes de alcantarillado y, en las zonas donde están presentes, se encuentran en mal estado, especialmente por el exceso de años de servicio (OPD, 2014).

4.2 EL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está constituida por catorce sectores de la zona norte del Distrito Nacional, denominada Circunscripción 3, en una zona delimitada al norte por los ríos Ozama e Isabela, al este por el Río Ozama, al oeste por la Avenida Máximo Gómez y al sur por los sectores Miraflores, San Juan Bosco, San Carlos y Zona Colonial (Figura 4.2a). La misma se encuentra incluida en un cuadrado de vértices con coordenadas (UTM WGS84): 403317, 2043036; 403317, 2047351; 407683, 2043036; 407683, 2047351.

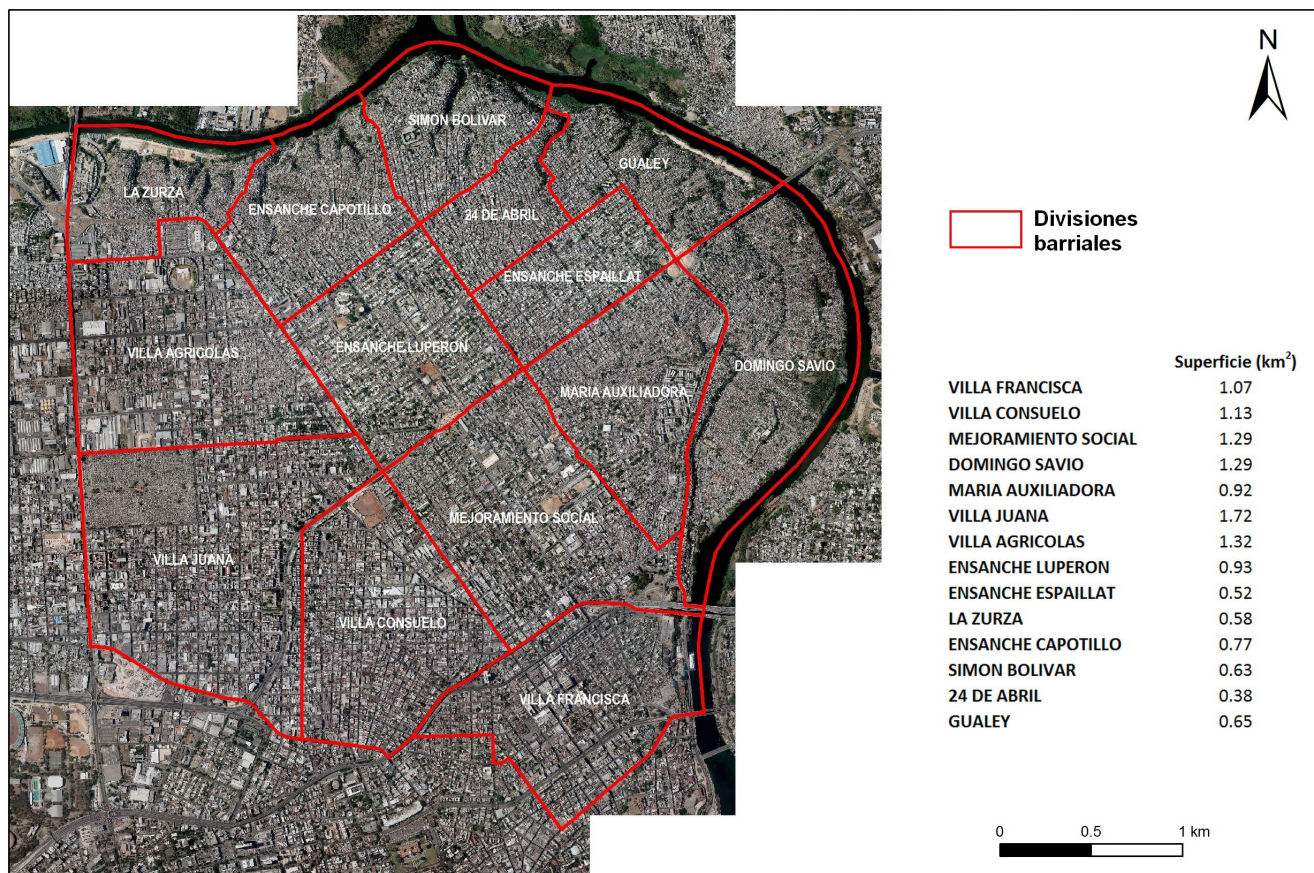


Figura 4.2a. Delimitación del área de estudio, incluyendo las divisiones de los sectores con sus respectivas extensiones superficiales.

La zona de investigación se caracteriza por albergar una población urbana de condición económica principalmente baja (MEPYD, 2013). Según datos del Censo Nacional 2010 (ONE, 2010), se evidencia que el 50% de la población de la Circunscripción 3 está agrupada en cinco sectores: Domingo Savio, María Auxiliadora, Ensanche Capotillo, Villa Juana y Mejoramiento Social. Sin embargo, en términos de densidad poblacional, los sectores con mayor concentración son, en orden decreciente, Villa Agrícolas, Gualey, La Zurza y Capotillo.

Dentro del área, los sectores ribereños presentan la más alta concentración de hogares pobres, la cual alcanza el 70% en La Zurza, el Ensanche Capotillo, Gualey y Domingo Savio (MEPYD, 2013). Entre las limitaciones experimentadas por la población residente en dichos sectores, es relevante la falta de acceso a servicio hídrico de calidad, siendo alto el porcentaje de hogares con necesidad de agua (MEPYD, 2013). Según lo presentado en la figura siguiente (Figura 4.2b), los sectores a orilla del río presentan también porcentajes significativos de hogares que carecen de servicio sanitario adecuado (MEPYD, 2013).

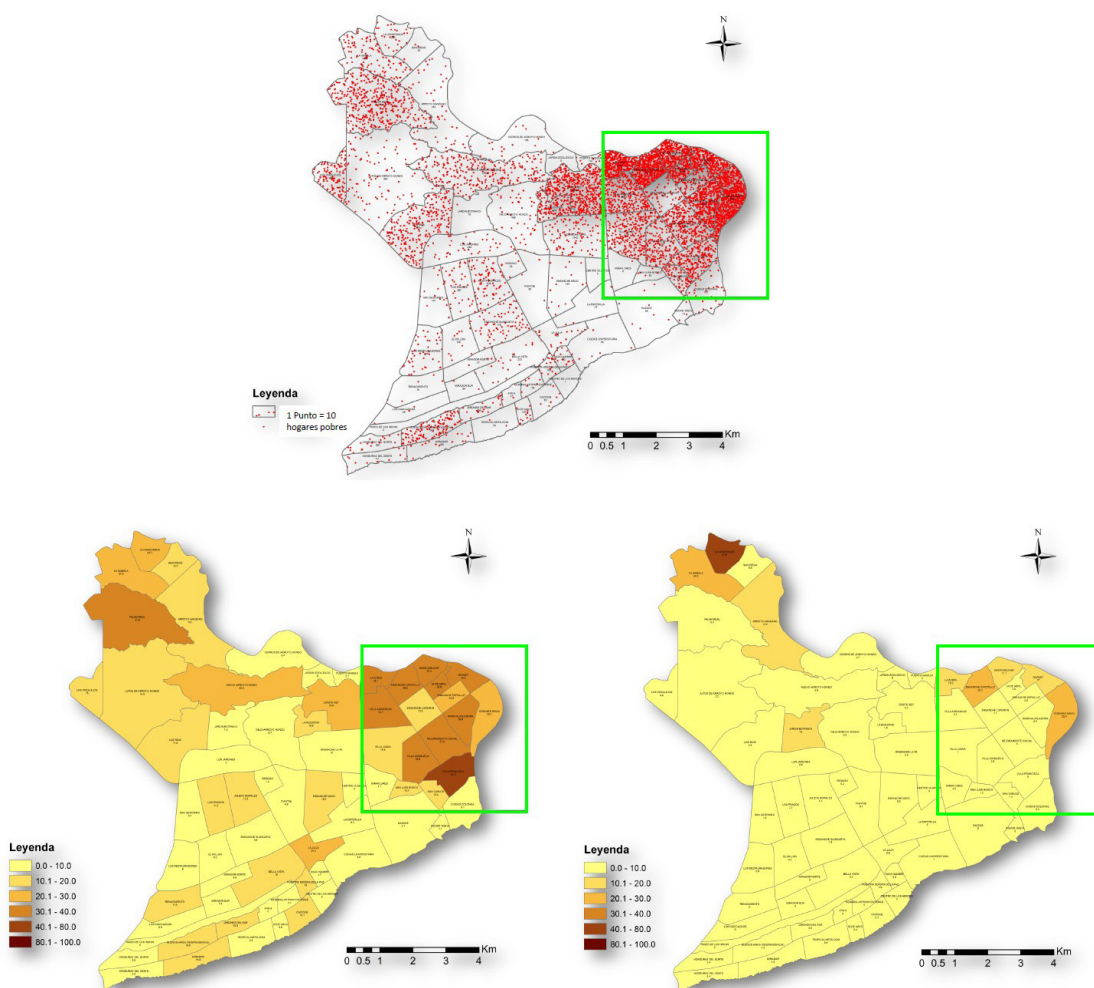


Figura 4.2b. Situación socio económica en el Distrito Nacional por barrios y parajes: en el cuadrado verde el área investigada. En alto, ubicación de hogares pobres; en bajo a la izquierda, porcentaje de hogares con necesidad de agua; en bajo a la derecha, porcentaje de hogares con necesidad de servicio sanitario (fuente: MEPYD, 2013 modificada).

Las cuencas que tienen relevancia para el sistema de agua y saneamiento de la zona analizada son las de los ríos Ozama, Haina y Nizao (Figura 4.1a), las cuales cuentan con una extensión superficial de 2,738 km², 562 km² y 1,038 km² respectivamente. De los ríos Haina y Nizao depende la provisión de agua potable, mientras que los ríos Ozama e Isabela son las fuentes de agua donde se lleva a cabo el vertido de las aguas residuales producidas en la zona. Además, a sus dinámicas están vinculados aspectos significativos de gestión de riesgo, puesto que su orilla es sede de estructuras e infraestructuras antrópicas que están expuestas a diferentes elementos de peligrosidad.

La Figura 4.2c muestra la distribución de las principales infraestructuras de agua y saneamiento en el área de estudio.

Mapa de infraestructuras de agua y saneamiento

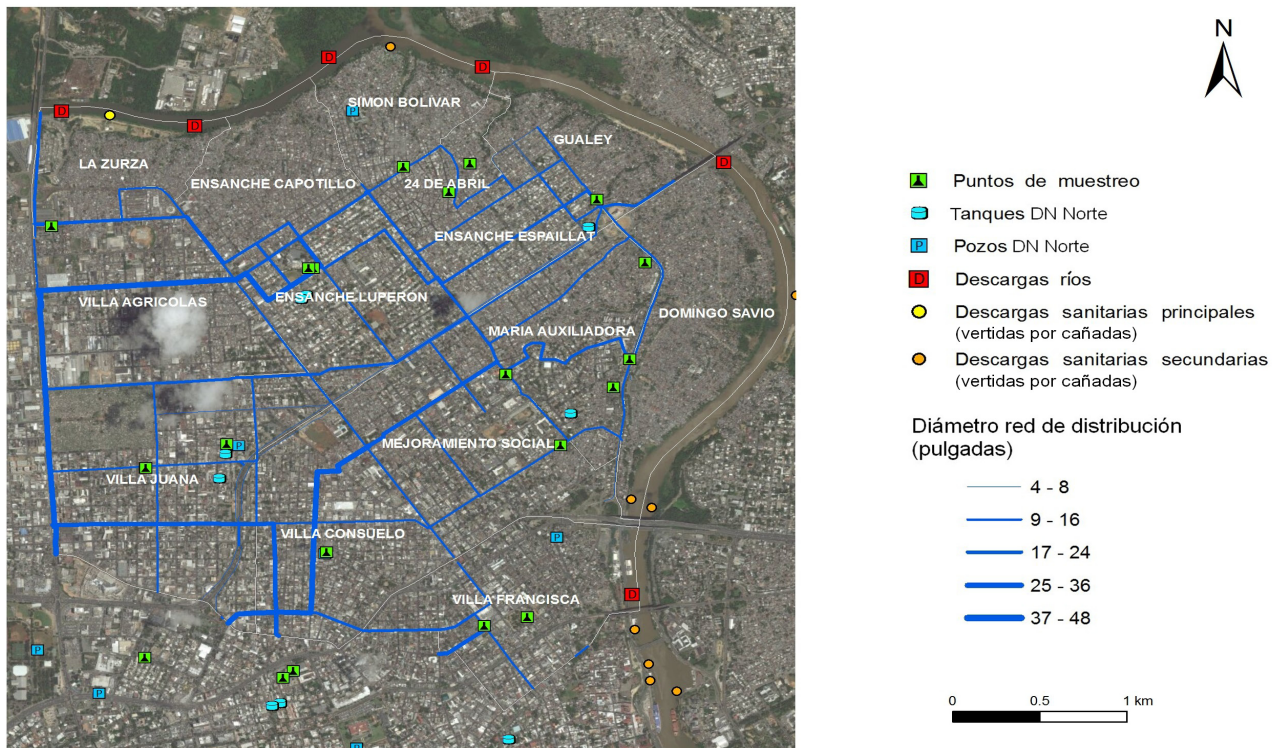


Figura 4.2c. Ubicación de las principales infraestructuras de agua y saneamiento en el área de estudio.

El estudio del riesgo de inundación, llevado a cabo para eventos con períodos de retorno de 2, 10, 25, 50 y 100 años respectivamente (USACE, 2001), evidencia que todos los sectores ribereños están expuestos, en las zonas más cercanas al río (Figura 4.2d).

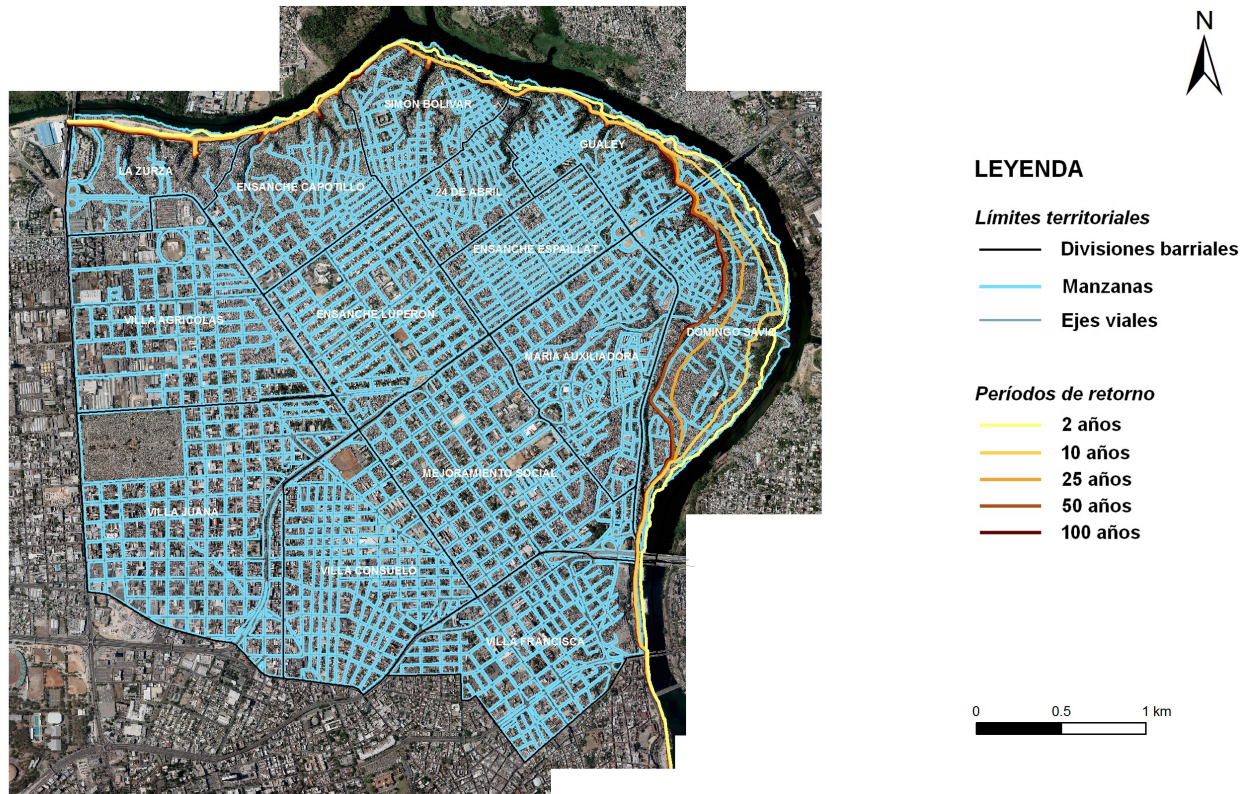


Figura 4.2d. Mapa de riesgo de inundación del área investigada.

Entrando más en los detalles, dos de los sectores investigados, correspondientes a Domingo Savio y Gualey, presentan un porcentaje significativo del territorio en riesgo de inundaciones, hasta en caso de eventos con períodos de retorno muy bajo (2 años), o sea situaciones de precipitación que pueden definirse ordinarias (Cuadro 4.2a).

Cuadro 4.2a. *Porcentaje de superficie a riesgo de inundación por los ríos Isabela y Ozama en los sectores ribereños, por diferentes períodos de retorno.*

Período de retorno	Domingo Savio	Gualey	La Zurza	Simón Bolívar	Ensanche Capotillo	Villa Francisca	Mejoramiento Social
2 años	5.3	5.3	7.0	2.9	0.2	0.1	0.0
10 años	23.9	13.0	9.7	7.9	2.0	1.7	0.1
25 años	54.6	17.6	10.6	8.4	2.2	1.8	0.1
50 años	67.0	18.7	11.9	9.0	2.6	2.0	0.2
100 años	68.4	20.0	13.1	9.8	2.9	2.1	0.2
Subtotal	68.4	20.0	13.1	9.8	2.9	2.1	0.2
Zonas de bajo riesgo	31.6	80.0	86.9	90.2	97.1	97.9	99.8

El 68% del territorio de Domingo Savio está expuesto a un riesgo alto de inundación, evidenciándose zonas que son susceptibles de recibir daños significativos en coincidencia de cualquier evento de precipitación.

La cobertura arbórea de las cuencas es uno de los condicionantes de mayor relevancia, tanto en términos de estabilidad del caudal de las fuentes de agua, como en términos de control de avenidas, reduciendo los episodios de crecidas repentinas. Datos de la NASA (Hansen et al., 2013), muestran que, de las tres cuencas, la del río Ozama presenta los porcentajes más bajos de cobertura arbórea (Cuadro 4.2b y Figura 4.2e). En el mismo cuadro, analizando la evolución de la cobertura arbórea en el período 2000-2012, en todas las cuencas las áreas con pérdida de cobertura arbórea superaron aquellas con incremento de la misma; también en esta circunstancia, la cuenca del río Ozama es la que presenta las pérdidas mayores, con un déficit de 106 km².

Cuadro 4.2b. *Cambios de cobertura arbóreas en las cuencas de los ríos Ozama, Haina y Nizao (fuente: Hansen et al., 2013 modificado).*

Cuenca	Superficie con cobertura arbórea (km ²) (año 2000)	% respecto al total	Superficie sin cobertura arbórea (km ²) (año 2000)	% respecto al total	Ganancia de cobertura arbórea (km ²) (2000-2012)	Pérdida de cobertura arbórea (km ²) (2000-2012)
Ozama	1,276	46.6	1,462	53.4	36	142
Haina	350	62.3	212	37.7	4	17
Nizao	770	74.2	268	25.8	5	24

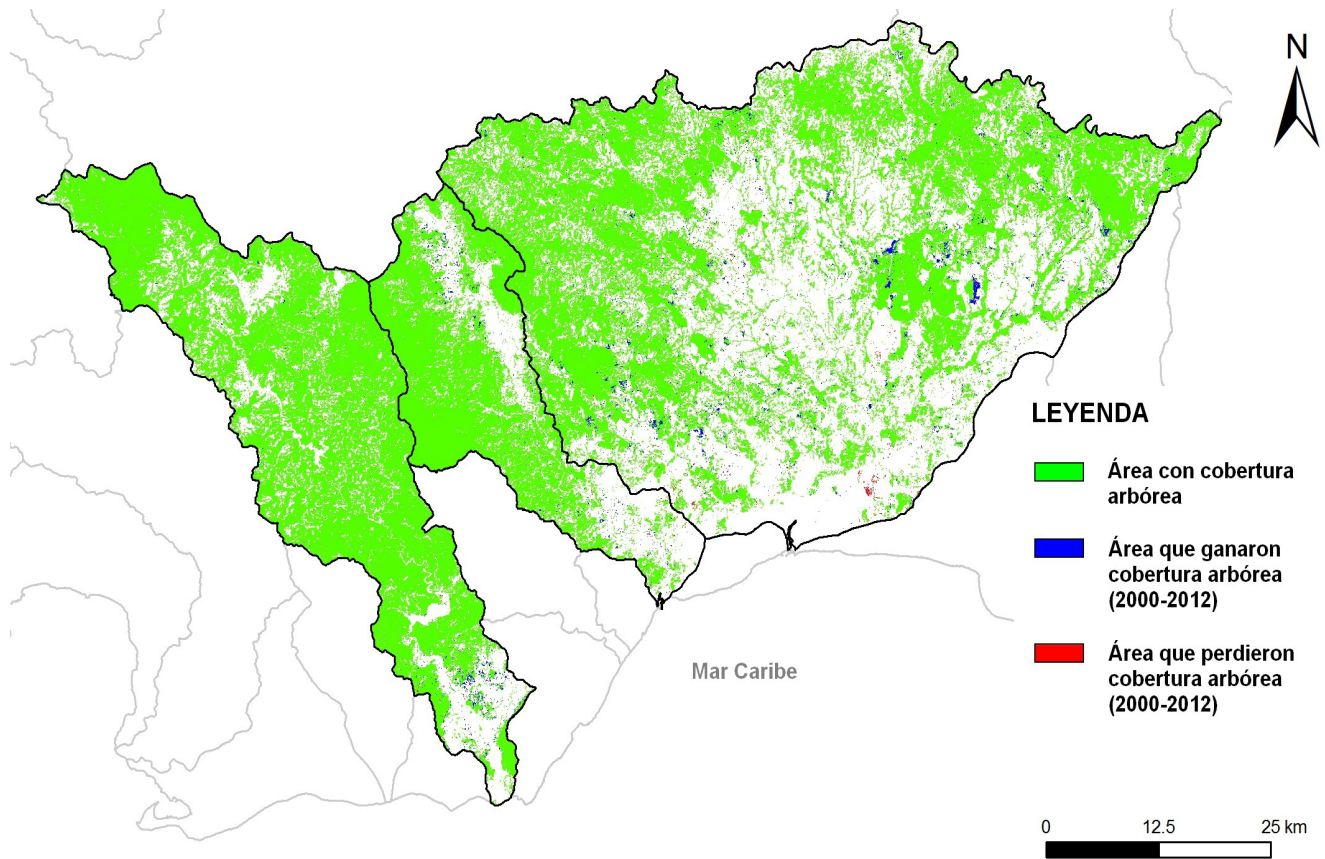


Figura 4.2e. Cambios de cobertura arbórea en las cuencas de los ríos Ozama, Haina y Nizao (fuente: Hansen et al., 2013 modificado).

4.3 LA VULNERABILIDAD DEL SECTOR AGUA Y SANEAMIENTO

El análisis evidencia que los sectores de La Zurza, Ensanche Capotillo, Simón Bolívar, Gualey y Domingo Savio presentan los más altos niveles de vulnerabilidad (Figuras 4.3a y b), confirmando que los barrios ribereños concentran numerosos elementos de criticidad social, económica y ambiental, según lo destacado por otros estudios llevados a cabo en la zona.

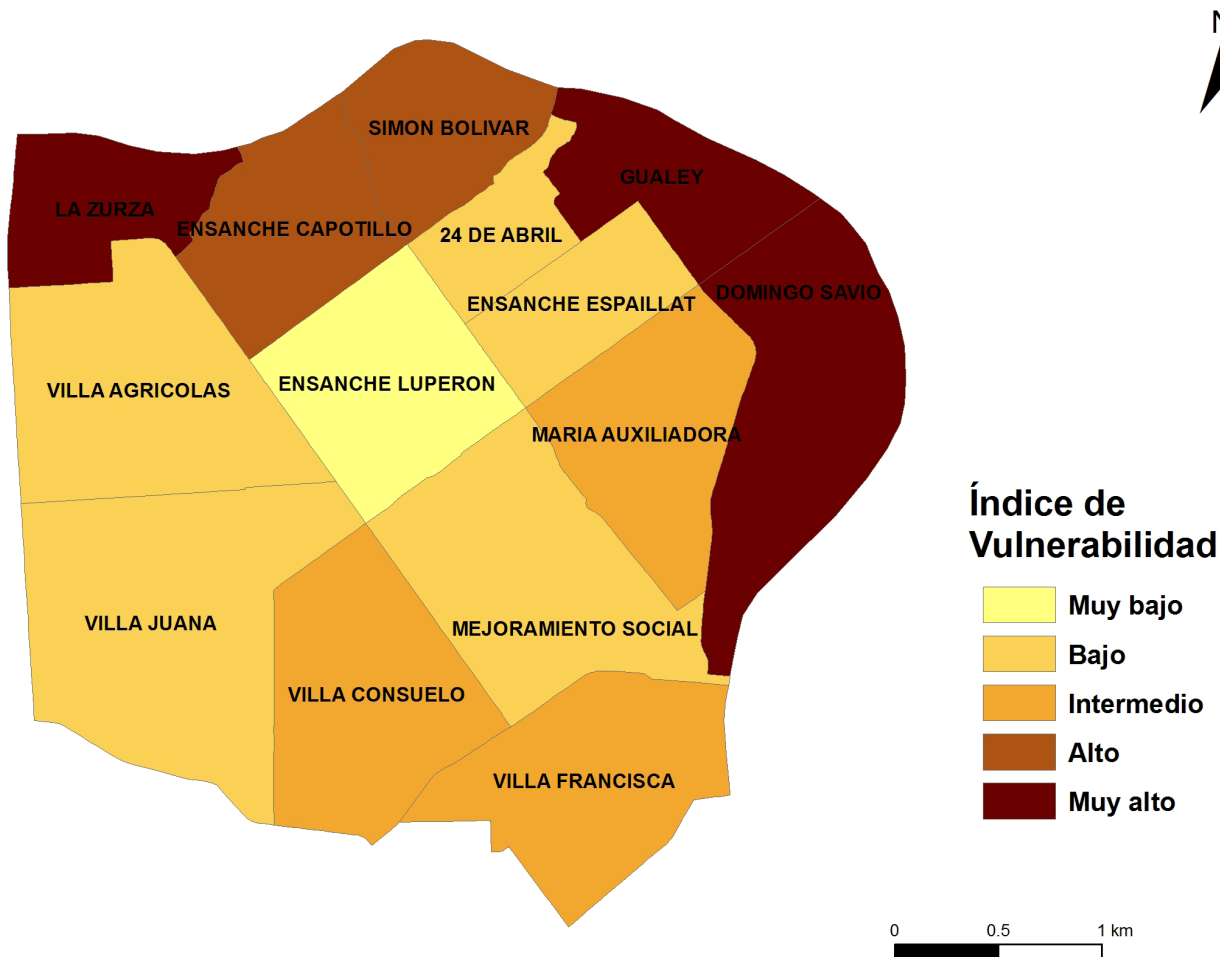


Figura 4.3a. Mapa de Índice de Vulnerabilidad.

En términos de agua y saneamiento, la provisión de agua potable es garantizada en todos los sectores analizados, siendo superior al 90% el porcentaje de viviendas que cuentan con conexión a la red pública. Los elementos de criticidad están asociados a la calidad del servicio: la discontinuidad obliga a la población a tener tanques de almacenamiento que, a parte de generar incomodidades obvias en la gestión del recurso hídrico, facilita su contaminación y favorece focos de cría de mosquitos, incrementando en la zona el riesgo de enfermedades tales como dengue y chikungunya, transmitidas por este vector.

Mayores problemas presentan las aguas residuales que en la mayor parte de los casos no son tratadas y son vertidas directamente a los cuerpos hídricos, superficiales o subterráneos.

Las investigaciones realizadas, tanto en términos de análisis documental como de levantamiento de campo, muestran que las estructuras del sistema de agua y alcantarillado se encuentran en mal estado, confirmando la situación observada en otras áreas de la ciudad (USAID, 2013b; CAASD, 2014). Además, la capacidad del sistema es insuficiente para las exigencias de la población servida. El inventario de las infraestructuras en el área de estudio se presenta en Anexo II, el cual incluye la ubicación de las mismas y notas sobre su estado.

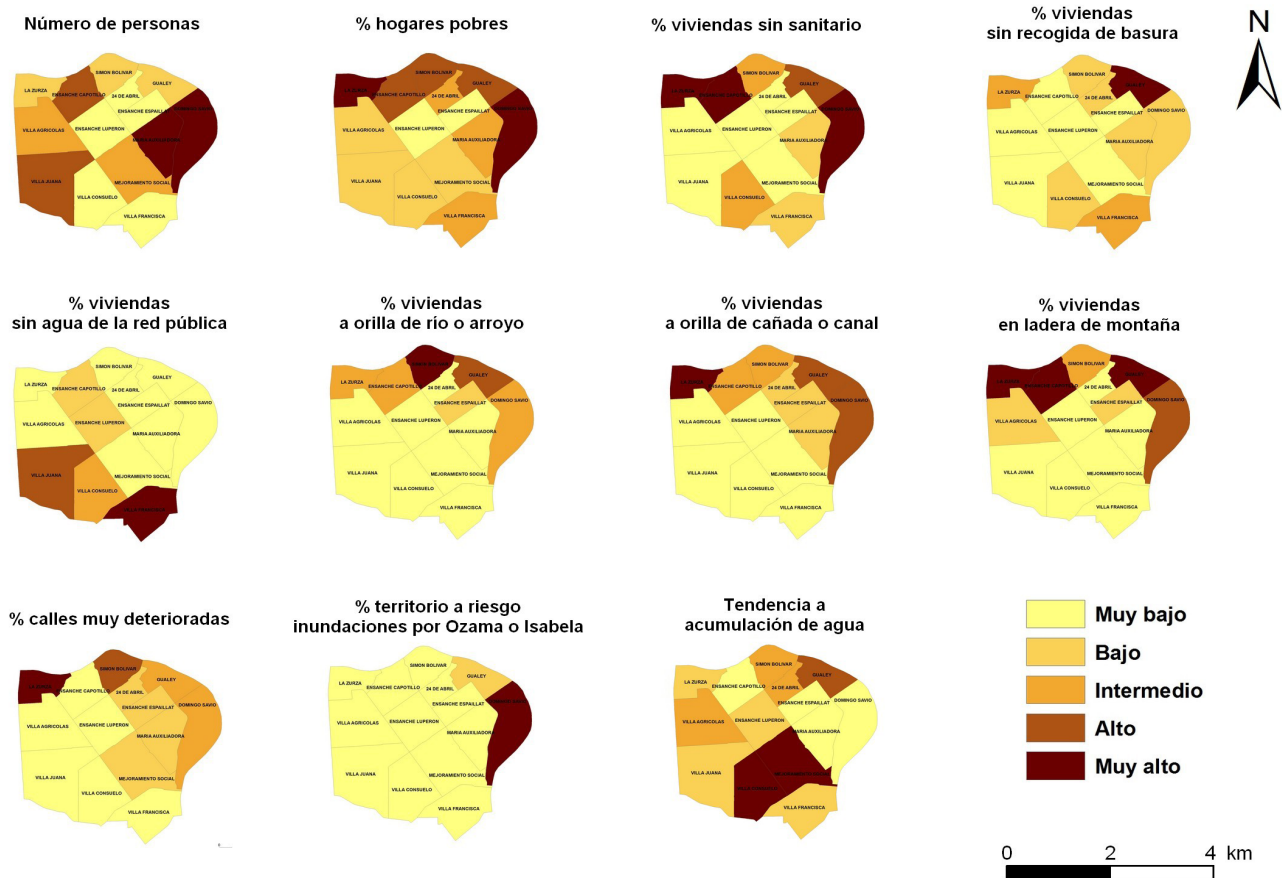


Figura 4.3b. Nivel de vulnerabilidad asociado a cada uno de los indicadores usados en el estudio.

El análisis hidrográfico evidencia la existencia de zonas con mayor concentración de flujo y tendencia al encharcamiento (Figuras 4.3c y d).

Entre los sectores donde los cursos de agua alcanzan el mayor orden fluvial se encuentran Ensanche Luperón, María Auxiliadora, La Zurza, Domingo Savio, Simón Bolívar, Ensanche Capotillo y Villa Juana. Un orden fluvial más alto implica, en caso de eventos de precipitación, caudales mayores en los puntos de concentración de flujo (cauces).

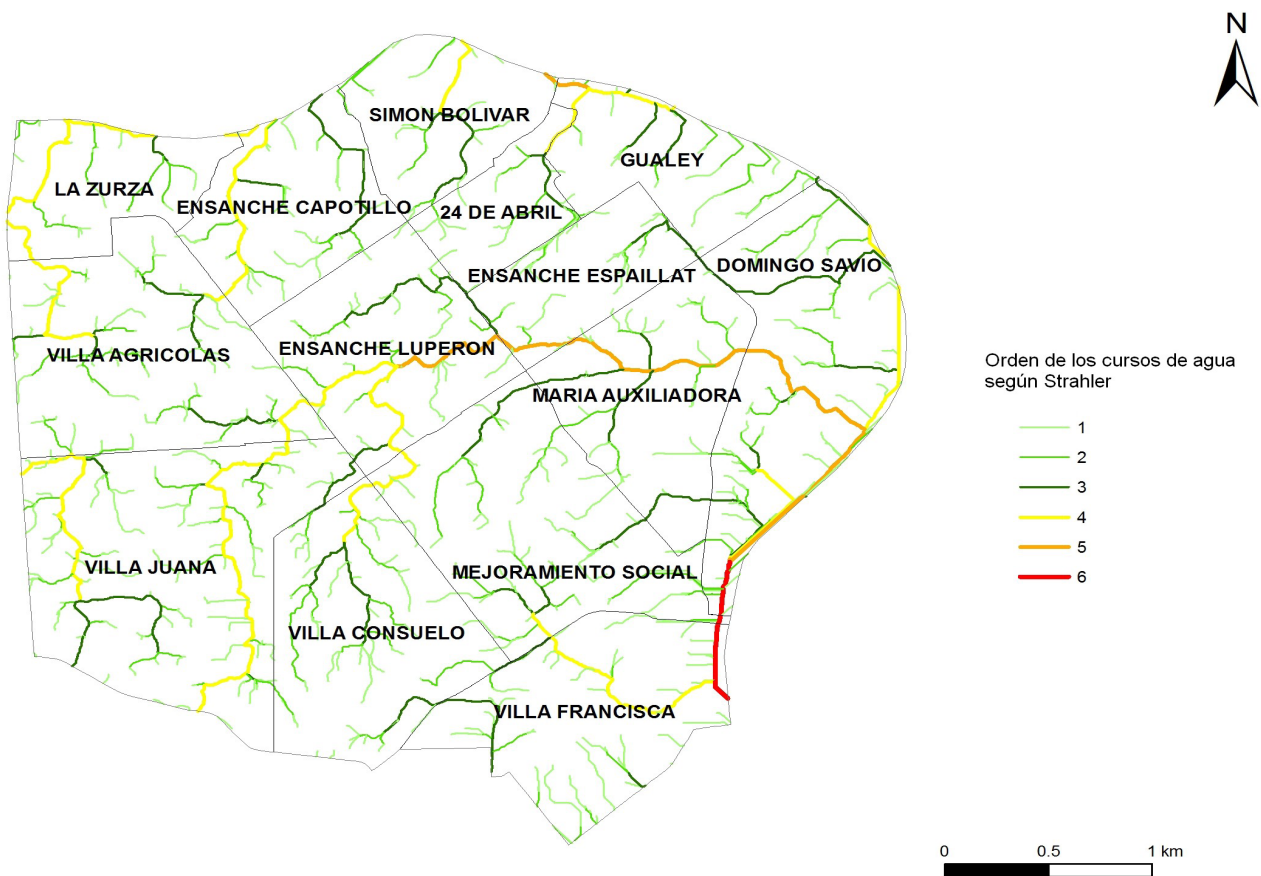


Figura 4.3c. Red hidrográfica y órdenes fluviales según Strahler en el área de estudio

Las áreas con características topográficas que favorecen el encharcamiento se concentran mayormente en los sectores de Villa Consuelo, Villa Juana, Ensanche Luperón, Ensanche Espaillat y Villas Agrícolas.

Las infraestructuras de agua más expuestas a riesgo de daños en caso de eventos de precipitación, estando ubicadas en zonas con TWI igual o superior a 8.5, son las siguientes:

- **Tanques**

- a. Tanque de Villa Juana (TWI = 8.8), sector Villa Juana;
- b. Tanque Moscoso Puello I (TWI = 8.4), sector Ensanche Luperón;

- **Punto de muestreo**

- a. Punto de muestreo de calidad de agua en la Calle Tunti Cáceres (TWI = 11.3);
- b. Punto de muestreo de calidad de agua en la salida del tanque de Villa Juana (TWI = 9.7), sector Villa Juana;
- c. Punto de muestreo de calidad de agua en la Calle Báez No. 88 (TWI = 9.0), sector Villa Juana;
- d. Punto de muestreo de calidad de agua en la Calle Frank Díaz No. 41 (TWI = 9.0), sector María Auxiliadora;
- e. Punto de muestreo de calidad de agua en la Calle Jacinto de la Concha esq. Caracas (TWI = 8.5), sector Villa Juana;

- **Pozos**

- a. Pozo en la Calle Américo Lugo No. 9 (TWI = 9.0), sector Villa Juana;
- b. Pozo en la Escuela Cuba (TWI = 8.8), sector Villa Consuelo.

En el caso del tanque de Villa Juana, al elemento de exposición representado por su ubicación en un área sujeta a encharcamiento, deben sumarse las malas condiciones de las instalaciones.

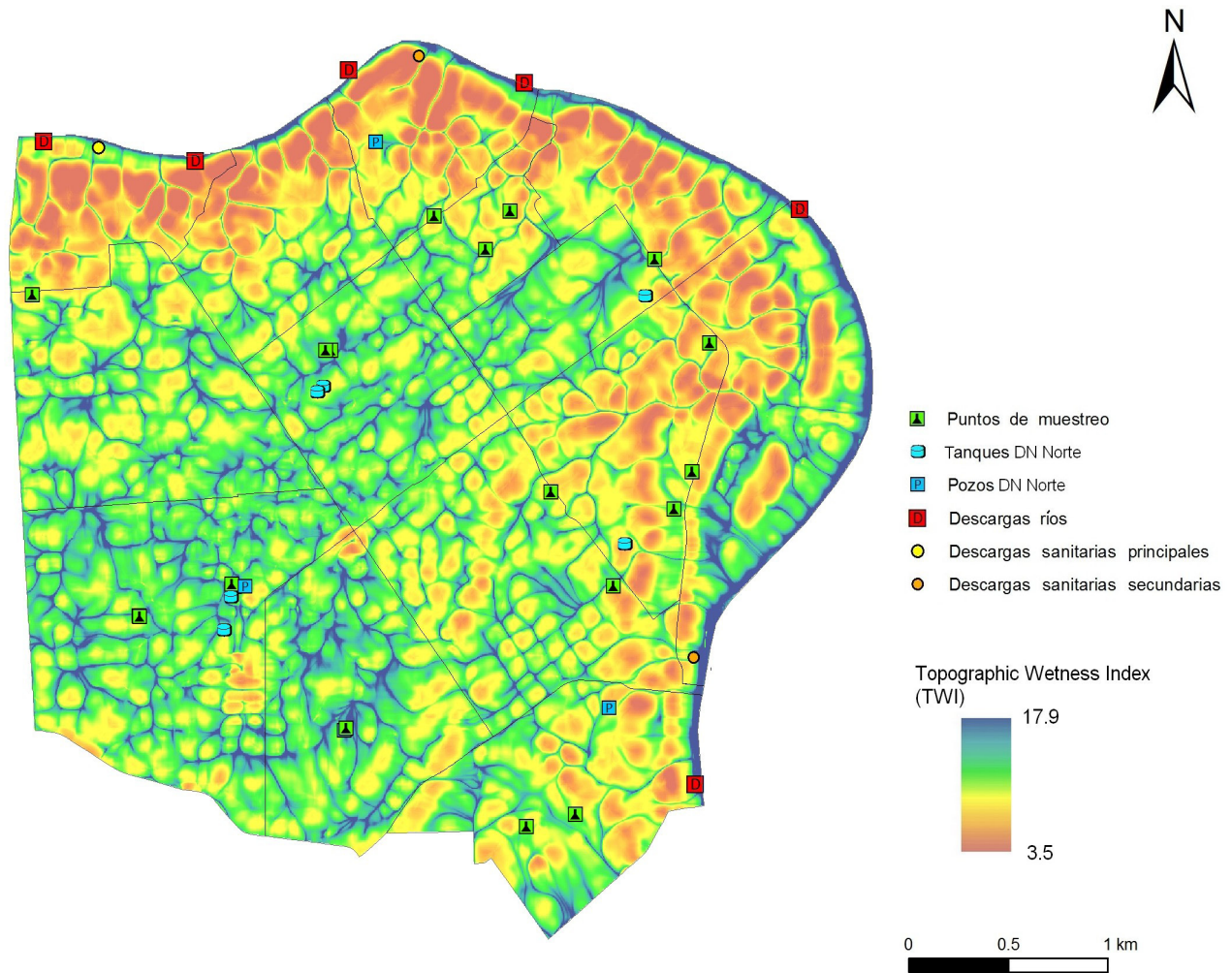


Figura 4.3d. *Topographic Wetness Index (TWI) en el área de estudio y ubicación de las principales infraestructuras de agua y saneamiento.*

Debido a la estructura territorial constituida por sistemas de terrazas, las zonas norte y este, más próximas a la ribera del Río Ozama, presentan bajo TWI, siendo las áreas unos altos estructurales. Hacen excepción el sector de Domingo Savio y la porción sureste de Gualey, ubicados en zonas aluviales bajas.

En estas áreas ribereñas constituidas por la escarpada de transición de una terraza a la otra, se vuelve significativo el riesgo de daños ocasionados por deslizamientos. Estudios conducidos en algunos sectores de la Circunscripción 3 (IDDI-OXFAM-UE, 2010) evidencian la presencia de zonas de alto riesgo por deslizamiento, donde es elevada la frecuencia de daños ocasionados a viviendas y otras infraestructuras antrópicas. Para fines de una evaluación exhaustiva del riesgo por deslizamiento, en el área es necesario realizar un estudio geomorfológico profundo, acompañado por un análisis geotécnico de los terrenos y una evaluación de las edificaciones ahí presentes.

Uno de los puntos a señalar, que constituye una limitación importante a la hora de desarrollar estrategias que reduzcan la vulnerabilidad del sector y aumenten su capacidad adaptativa a condiciones climáticas cambiantes, es la disponibilidad de informaciones y datos y las modalidades de acceso a los mismos. Según patrones que se repiten cada vez que se desarrolla una investigación, la disponibilidad real de datos e informaciones en República Dominicana y los tiempos de acceso a los mismos constituyen un verdadero talón de Aquiles, puesto que las energías empleadas para la búsqueda rara vez es compensada por el producto obtenido, con consiguientes impactos sobre el alcance de los estudios y el respeto de los tiempos de entrega de los resultados.

En el ámbito más específico del sector de agua y alcantarillado, cabe destacar que la CAASD no cuenta con una base de datos única, sino que cada departamento dispone de una base de datos específica, la cual no es directamente accesible para el personal técnico de otras áreas. Esto dificulta tener una idea precisa de las informaciones efectivamente disponibles e impide realizar un cruce de datos importante a la hora de llevar a cabo cualquier tipo de análisis orientado a la gestión integrada del recurso hídrico. Actualmente, no se cuenta con un sistema de monitoreo en tiempo real del sistema de agua y alcantarillado y, aún menos, se cuenta con acceso a las bases de datos de otros actores clave en tema de gestión de recursos hídricos. Los registros de caudal más actualizados para los cursos de agua de interés en términos de abastecimiento y peligrosidad de la zona investigada pertenecen al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) y llegan al 1992, mientras que la mayor parte de las series se interrumpen en los años '70 del siglo pasado.



5. CONCLUSIONES Y MEDIDAS PARA LA ADAPTACIÓN

Los resultados del estudio evidencian que el cambio climático es sólo una presión que se añade a numerosos elementos de vulnerabilidad ya existentes y ligados frecuentemente a factores internos al sistema de gestión de agua y saneamiento.

La capacidad insuficiente de las infraestructuras, la calidad del servicio y las debilidades en términos de estado de los componentes del sistema y de insostenibilidad de la gestión representan los principales desafíos que las instituciones y la sociedad en su totalidad deberán enfrentar para alcanzar un desarrollo humano fundamentado en el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. El estudio evidencia además que el territorio de la Circunscripción 3 presenta características topográficas que, en determinadas zonas, favorecen la concentración de flujo y/o el encharcamiento, pudiendo afectar infraestructuras de agua y saneamiento ahí ubicadas.

El estudio tiene importantes implicaciones en términos de mejora del conocimiento del territorio y como herramienta para una mejor planificación del mismo, destacando las áreas más expuestas, por factores topográficos, al encharcamiento y la concentración de flujo de agua. La investigación llevada a cabo tiene altísimo potencial de replicación, evidenciando la importancia de extender la zonificación a todo el territorio del Distrito Nacional, una vez que estén disponibles los datos LIDAR originales.

Los resultados alcanzados permiten definir una serie de medidas que se consideran prioritarias para fines de reducir la vulnerabilidad del sistema de agua y saneamiento, en una perspectiva de adaptación a condiciones climáticas diferentes y cambiantes. Entre las acciones que se consideran esenciales pueden citarse las destacadas a continuación.

- **Protección de los recursos hídricos.** Es una estrategia de adaptación importante y costo-efectiva para garantizar la calidad del agua en los años venideros. Un punto clave para su implementación es la evaluación y gestión integral del recurso a nivel de cuenca hidrográfica, teniendo como meta el desarrollo de Planes de Salubridad Hídrica (Global Water Partnership, 2005). Es importante que las instituciones públicas se integren en los programas que están llevando a cabo otras entidades, como son PRONATURA, el Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC), the Nature Conservancy (TNC), entre otras. Se considera fundamental la protección de los recursos hídricos presentes en el territorio del Distrito Nacional, incluyendo acciones en el marco legal.
- **Soluciones alternativas y diferenciadas para el tratamiento de las aguas residuales.** Particular atención debe darse a las plantas de tratamiento, especialmente en áreas vulnerables, a fin de asegurar y mejorar su confiabilidad y capacidad de hacer frente a variaciones de flujo que, en escenario de cambio climático, se caracterizan por magnitud incierta y por cambios repentinos. En términos generales, es importante preferir el tratamiento local de las aguas residuales, en lugar de un tratamiento único antes de la descarga a los cuerpos hídricos receptores. En esta línea, sobre todo tomando en cuenta los costos elevados que conlleva la ampliación de la capacidad de las plantas de tratamiento, además de la utilización de sistemas descentralizados, es fundamental fomentar la construcción de sistemas de alcantarillado independientes, el tratamiento de los reboses combinados del alcantarillado (o sea, la mezcla de aguas residuales y escorrentía), y la inyección de agua de lluvia en el subsuelo. Se hace necesario pensar en enfoques alternativos para el manejo de las aguas de lluvias, favoreciendo soluciones que incidan tanto en términos de calidad y cantidad de las aguas como en el aprovechamiento del potencial contenido en ellas. En términos de cantidad, se debe pensar en soluciones que atenúen y retengan las aguas en la fuente, permitiendo su infiltración en los acuíferos y facilitando su flujo gradual en los cuerpos de agua receptores. En términos de calidad, el tratamiento de las aguas de lluvia debe realizarse mediante sistemas naturales descentralizados, como suelos, vegetación y lagunas. Finalmente, el tratamiento de las aguas de lluvia debe ser estructurado de manera que se pueda aprovechar el valor agregado de las mismas, tanto en términos de disponibilidad de agua en tiempos de sequía, como en términos de mejora del paisaje y de los ecosistemas urbanos, incrementando por un lado las oportunidades recreativas y por el otro salvaguardando la biodiversidad. Además, la presencia de sistemas naturales garantiza la atenuación de la escorrentía y el impacto de las crecidas, reduciendo el riesgo asociado a variaciones repentinas en escenarios de cambio climático. El manejo diferencial de las aguas de lluvia es también una solución importante para reducir los costos de tratamiento de las aguas residuales. Una guía interesante para orientar el proceso de planificación de las soluciones más apropiadas y viables es el kit desarrollado por la Unión Europea (Philip et al.,

2011). Uno de los aspectos a tomar en cuenta para el tratamiento de las aguas residuales es la disminución de la capacidad de autodepuración del agua superficial, debido al aumento de la temperatura: en este sentido, es indispensable pensar en medidas que permitan compensar este fenómeno. La implementación exitosa de acciones en este sentido debe pasar por una mejora del marco legal, que actualmente no define a quién pertenece la competencia en tema de aguas pluviales. En este sentido, es necesario fomentar un espacio de coordinación interinstitucional entre la CAASD, el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones y el Ayuntamiento del Distrito Nacional. Un punto de partida para la implementación de medidas en este ámbito es el Plan Maestro de la CAASD, el cual contiene directrices en tema de saneamiento.

- **Mejora de la administración de los recursos hídricos.** Una de las debilidades actuales del sistema de agua y alcantarillado es el déficit crónico que presenta el actual sistema de abastecimiento de agua, que se sitúa por encima de los RD\$10 por cada metro cúbico de agua provista (BID-INECON, 2011; CAASD, 2014). En este sentido, para fines de reducir la vulnerabilidad actual y orientarse hacia una gestión adaptada a escenarios más inciertos y variables, es prioritario elaborar un plan de gestión que supere las limitaciones actuales y que incorpore, como variable adicional, el cambio climático. La disminución, el aumento o la mayor variabilidad de la disponibilidad de agua aumentarán los conflictos entre los diferentes usuarios consumidores, por ende, las instituciones administradoras del recurso desempeñarán un rol clave en la gestión de las dinámicas sociales correspondientes, jugando un papel importante en tema de reducir los conflictos. Para estos fines, los planes deberán contener herramientas apropiadas para aplicar una repartición del agua en base a principios de equidad y eficiencia, previendo usos compartidos del recurso hídrico con otros sectores. En este ámbito es indispensable elaborar e implementar planes orientados a incrementar el número de conexiones legales. La CAASD, en coordinación con el Gobierno Central, debe aplicar el plan asociado a la evaluación existente, previendo una fase de actualización de la misma.
- **Desarrollo de estrategias basadas en la gestión de la demanda.** La gestión de la demanda de agua debe ser considerada el principal recurso hídrico de que se dispone, puesto que a la mejora de la eficiencia en el uso del agua urbana en las grandes ciudades logra disminuir el consumo total de agua, a pesar de los incrementos poblacionales. Una estrategia basada en la gestión de la demanda genera posibilidades de superar los episodios de sequía, que, en escenarios de cambio climático, se prevén más frecuentes e intensos (IPCC, 2007b). Es fundamental adoptar acciones que permitan reducir la demanda, mediante mecanismos efectivos de control y fiscalización, de manera que la población consuma solamente el agua que efectivamente necesita. Dichas intervenciones deben ser respaldadas por oportunas

medidas de educación y sensibilización sobre la escasez del recurso, la importancia de cuidarlo y su uso eficiente. Es indispensable también adecuar la red de distribución, evitando las fugas de agua. Un último aspecto importante en este ámbito es el desarrollo de un sistema tarifario diferenciado, que establezca tarifas diferentes según el usuario y el tipo de actividad. Actores clave en este contexto son el Centro de Información Ambiental del ADN, la CAASD y los organismos de la sociedad civil.

- **Mejora de la coordinación entre las diversas entidades gubernamentales y revisión de los marcos institucionales y legales que faciliten la aplicación de medidas de adaptación.** Una medida vinculada a las dos anteriores, de la cual constituye un supuesto imprescindible, siendo la base lógica para las negociaciones que se llevarán a cabo, es procurar mejorar la coordinación entre las diversas entidades que intervienen en la gestión del recurso hídrico, revisando de manera oportuna los marcos institucionales y legales que faciliten la aplicación de medidas de adaptación al cambio climático. Este último fenómeno tiene implicaciones sobre todos los aspectos de la vida diaria, tanto a nivel individual como de grupos humanos, por consiguiente, todos los componentes de la sociedad, a diferente nivel, deben tener la conciencia de los impactos potenciales y adoptar, cada uno en su esfera de intervención, las medidas que reduzcan la vulnerabilidad del sistema. Para esto, es indispensable poder contar con una red de relaciones basada en reglas generales compartidas que permitan desarrollar el diálogo interinstitucional para el aprovechamiento compartido del recurso hídrico de forma estratégica y constructiva. Para alcanzar la gestión integrada del recurso hídrico, es necesario intervenir en diferentes líneas, tales como: *infraestructuras de conexión*, que constituyen un requisito previo indispensable para una gestión conjunta de los recursos hídricos; *criterios operacionales claros y consensuados* entre todos los actores; *regulador del sistema*, que permita hacer frente a la toma de decisiones en situaciones que no permitan un proceso de discusión participativa; *voluntad política*, orientada al uso equitativo y sostenible del recurso hídrico y no influenciada por los intereses económicos de grupos dominantes. Cabe destacar la importancia de seguir fomentando el desarrollo y la ampliación de la plataforma creada en el ámbito del Programa CRIS, el cual puede servir como modelo para elaborar un esquema de desarrollo institucional. De la misma manera, es prioritario continuar los esfuerzos para la formulación, aprobación y promulgación de la Ley de Agua. Es finalmente importante fortalecer el Consejo Directivo de la CAASD, fomentando la inclusión de representantes de las cuencas de los ríos Nizao, Haina y Ozama.
- **Desarrollo de opciones inocuas y poco costosas que no impliquen necesariamente soluciones convencionales.** Dicha medida aplica especialmente para abastecer de agua a comunidades de escasos recursos. Los sectores analizados se caracterizan por bajos niveles económicos y por recibir la provisión de agua solamente uno o dos días a la semana,

por ende, es importante pensar en el desarrollo de soluciones que, en la medida de lo posible, los hagan autosuficientes, como por ejemplo uso de aguas pluviales, utilización de aguas regeneradas o de aguas desaladas. Bajo esquemas de participación comunitaria, es importante el desarrollo de proyectos que mejoren el aprovechamiento de los recursos hídricos a nivel local y domiciliario. Una solución interesante, que permitiría reducir los problemas ligados al almacenamiento doméstico de agua, es la creación de espacios de almacenamiento de agua lluvia en estructuras públicas, garantizando acceso fácil y efectivo al recurso hídrico en caso de escasez. Dichas medidas deben ser acompañadas por mejora de la capacidad de captación de las estructuras existentes, mediante acciones de readecuación y adaptación de su diseño. Actores clave para la implementación de este tipo de acciones son el Centro de Información Ambiental del ADN, la CAASD, el Ministerio de Educación, la Oficina de Supervisión de Obras del Estado, el Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPYD).

- **Participación pública en la planificación hídrica.** Para hacer frente a las presiones adicionales que el cambio climático causará sobre el recurso agua, es indispensable un cambio de mentalidad de la población acerca del valor del mismo, incluyendo la interiorización de la importancia de la reutilización del agua y de la responsabilidad individual y colectiva que conlleva el uso sostenible del recurso. Para garantizar una real y efectiva participación de la sociedad civil en la gestión integrada del agua, es indispensable que se desarrollen planes de educación: un elemento importante es la integración en los currículos escolares de la cuestión ambiental y del debate sobre el uso sostenible de los recursos naturales. A esto deben sumarse campañas orientadas a alcanzar todos los estratos de la población, de manera que las personas dispongan de informaciones objetivas y herramientas que les permitan participar en las mesas de diálogo para el desarrollo de una estrategia de manejo integrado de los recursos hídricos, su preservación y uso eficiente. Las caras publicitarias con que cuenta el ADN representan un buen punto de partida, a bajo costo, para el desarrollo de campañas masivas sobre el tema. Actores clave para la elaboración, implementación y difusión de dichas medidas a diferentes niveles son: el Ministerio de Educación; el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales; el Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillado (INAPA) y la CAASD, quienes cuenta con programas de concienciación el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), quien posee una Sala del Agua para fines educativos; las Juntas de Vecinos, como anillo de conexión con el territorio a nivel local; otras organizaciones de la sociedad civil. Entre todos ellos debe concertarse un plan integral de difusión, donde resulten coordinadas las acciones a todos los niveles.

- **Mejora del sistema de información y monitoreo.** Los resultados del análisis realizado evidencian carencias significativas tanto en términos de informaciones de base como de sistemas de gestión de los datos disponibles. En primer lugar, es necesario establecer mediciones permanentes en diferentes puntos de las cuencas hidrográficas relevantes para el sistema de agua y saneamiento, incluyendo el monitoreo de precipitaciones, caudales, humedad del suelo, aguas subterráneas, y calidad de agua, entre otras variables. Debe establecerse una línea base sobre el estado actual del sistema. En segundo lugar, es indispensable integrar los datos e informaciones recolectadas en un Sistema de Información Geográfica (SIG) único, donde, con accesos diferenciales y bajos estándares comunes, todos los actores converjan tanto en términos de depósito de la información como de utilización del recurso. En el corto plazo, y sobre todo tomando en cuenta las dificultades de intercambio institucional de informaciones, se debe trabajar por lo menos en la terminación de un SIG dentro de la CAASD, donde cada uno de los departamentos tenga la posibilidad de compartir y tener acceso a la información disponible. Un apoyo interesante en tal sentido puede venir de acuerdos con universidades e institutos académicos, mediante programas de tesis y pasantías. Un ejemplo a seguir, actualmente implementado de forma experimental en Jarabacoa, es la experiencia desarrollada por la Charles River Watershed Assotiation en Boston, donde se ha constituido un sistema de monitoreo basado en una red de voluntarios, que trabajan bajo altos estándares y contribuyen a la producción de información relevante. Es importante llevar a cabo en el área de la Circunscripción 3 un estudio geomorfológico y geotécnico de alta resolución, para fines de evaluar de manera detallada el riesgo por deslizamiento de las edificaciones y demás infraestructuras presentes. Un estudio de la red de calles y los flujos de tránsito vehicular es indispensable para la elaboración de planes de gestión de tráfico que hagan eficiente la circulación, facilitando el acceso a las principales estructuras e infraestructuras presentes en el territorio, en diferentes condiciones meteorológicas. En tal sentido, actores clave son la Autoridad Metropolitana de Transporte (AMET), la Mesa de Tránsito y Movilidad Urbana, el Ayuntamiento del Distrito Nacional (ADN). Para fines de mejorar la circulación de informaciones relevantes entre las instituciones, debe trabajarse para el establecimiento de protocolos y convenios y fomentar, según el modelo de CRIS, espacios de trabajo en conjunto, que faciliten el flujo de informaciones y datos, generando mayor confianza interinstitucional.
- **Fomento de la investigación en tema de modelización.** Para mejorar la capacidad de cuantificar los impactos asociados al cambio climático y desarrollar estrategias de manejo integrado orientado a la adaptación, es indispensable contar con estudios científicos y modelos que simulen, de manera apropiada, los sistemas analizados, permitiendo la identificación de las soluciones más viables, en diferentes escenarios (Philip et al., 2011). Actores clave para este ámbito son las universidades y los institutos académicos, el Ministerio de Medio

Ambiente y Recursos Naturales, la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET), el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), el Servicio Geológico Nacional (SGN), entre otros.

- **Desarrollo de Planes de Ordenamiento Territorial (POT).** El manejo integral del recurso hídrico debe estar incluido en una planificación más amplia que abarque el aprovechamiento sostenible de todos los bienes y recursos presentes en el territorio. A pesar de los esfuerzos hechos en los últimos años, es necesario mejorar la base científica de los estudios que preceden la definición de los POT y, sobre todo, aumentar la implementación de los mismos. En este ámbito, el Ayuntamiento del Distrito Nacional tiene un rol importante para hacer que los planes que se desarrollan a nivel de gobierno central lleguen al ciudadano. Para tales fines, debe poder contar con el apoyo entidades tales como la Dirección General de Ordenamiento Territorial, la Autoridad Metropolitana de Transporte (AMET), el Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPYD), el Ministerio de Medio Ambiente, entre otras.
- **Desalinización.** Tomando en cuenta que el Gran Santo Domingo está entre las provincias con los mayores problemas de intrusión marina en las capas freáticas, los métodos de tratamiento de agua constituyen una opción que contribuiría al abastecimiento de agua para una población cada vez más numerosa, a pesar de los crecientes problemas de salinización en áreas costeras muy urbanizadas. En la actualidad, las tecnologías disponibles son generalmente de membrana y, a pesar de una tendencia a la disminución progresiva de los costos, resultan ser más onerosas que los métodos tradicionales de tratamiento de agua dulce, en una relación de 50 a 1: en términos comparativos, el costo de desalinización del agua marina se estima alrededor de US\$1/m³, mientras que el tratamiento de agua salobre es de unos US\$0.60/m³ y la cloración de agua dulce es US\$0.02/m³ (Zhou and Tol, 2005). Considerando la alta demanda energética de soluciones de esta naturaleza, dicha medida debería ser acompañada por el desarrollo de sistemas de aprovechamiento de energía renovable, que, considerando el potencial de la zona, en Santo Domingo deberían estar basados en el aprovechamiento del solar y las mareas. Se considera que dichas intervenciones sean a tomarse en cuenta como medida última, especialmente cuando haya escasez de otros recursos hídricos. Tomando en cuenta la abundancia de recursos hídricos con que cuenta el país, la opción de desalinización debe ser precedida por medidas de mejora de la captación, reducción de las pérdidas, aprovechamiento de la lluvia y de los recursos hídricos subterráneos, previa evaluación de su calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Bates B, Kundzewicz ZW, Wu S, Palutikof J (2008) *El cambio climático y el agua*. Documento Técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra.
- Beven KJ, Kirkby MJ (1979) A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin*, 24(1), 43-69. DOI:10.1080/02626667909491834
- BID (2009) *Planes estratégicos para el sector de agua potable y saneamiento: síntesis de República Dominicana*. Banco Interamericano de Desarrollo, Santo Domingo.
- BID-INECON (2011) *Plan de Gestión Empresarial*. Banco Interamericano de Desarrollo e Ingenieros y Economistas Consultores S.A, Santo Domingo.
- CAASD (2013) *Plan Maestro del Alcantarillado Sanitario del Gran Santo Domingo*. Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo, D.N.
- CAASD (2014) *Situación actual del agua en el Gran Santo Domingo*. Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo, D.N.
- Downing TE, Patwardhan A, Mukhala E, Stephen L, Winograd M, Ziervogel G (2002) Vulnerability assessment for climate adaptation. *Adaptation Planning Framework Technical Paper 3*. Habana/Oxford 20-sep-02
- Global Water Partnership (2005) *Planes de Gestión Integrada del Recurso Hídrico: manual de capacitación y guía operacional*. Global Water Partnership, Red Internacional para el Desarrollo de Capacitación en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (Cap-Net) y United Nations Development Programme (UNDP). http://www.gwp.org/Global/GWP-CAM_Files/Manual%20Planes%20GIRH.pdf
- Hansen MC, Potapov PV, Moore R, Hancher M, Turubanova SA, Tyukavina A, Thau D, Stehman SV, Goetz SJ, Loveland TR, Kommareddy A, Egorov A, Chini L, Justice CO, Townshend JRG (2013) *High-resolution global maps of 21st-century forest cover change*. *Science*, 342, 850–53.
- Harmeling S, Eckstein D (2012) *Global Climate Risk Index 2013*. German Watch, Bonn.

- IDDI-OXFAM-UE (2010) *Preparación barrial para la reducción de la vulnerabilidad en el sector de los Tres Brazos*. Instituto Dominicano de Desarrollo Integral, Intermon OXFAM y Unión Europea, Santo Domingo.
- IPCC (2007a) Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: The Physical Science Basis. [Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2007b) Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Izzo M (2011) *Analisi del clima e delle dinamiche climatiche nella Repubblica Dominicana e delle relative influenze sul territorio*. PhD thesis, Università degli Studi del Molise, Italy.
- Izzo M, Rathe L, Arias Rodríguez D (2012) *Puntos críticos para la vulnerabilidad a la variabilidad y cambio climático en la República Dominicana y su adaptación al mismo*. Programa para la Protección Ambiental, USAID, TNC, IDDI, Santo Domingo.
- MEPYD (2013) *Atlas de la pobreza 2010: Distrito Nacional*. Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, Santo Domingo.
- Metzger MJ, Rounsevell MDA, Acosta-Michlik L, Leemans R, Schröter D (2006) The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114, 69-85.
- ONE (2010) *IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010*. Oficina Nacional de Estadística, Santo Domingo.
- ONE (2002) *VIII Censo Nacional de Población y Vivienda 2002*. Oficina Nacional de Estadística, Santo Domingo.
- OPD (2014) *¿Qué pasa con el agua?* Unidad de Políticas Públicas del Observatorio Político Dominicano. Fundación Global Democracia y Desarrollo (FUNGLODE), Santo Domingo.

- OSGeo (2014) <http://grass.osgeo.org/>
- Pérez CR, Jury MR (2013) Spatial and temporal analysis of climate change in Hispañola. *Theoretical and Applied Climatology*, 113(1-2), 213-224. DOI: 10.1007/s00704-012-0781-0
- Philip R, Anton B, Loftus AC (2011) *SWITCH training kit: integrated urban water management in the city of the future*. ICLEI European Secretariat GmbH, Freiburg, Germany. <http://www.switchtraining.eu/>
- R Development Core Team (2010) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>
- SAGA (2014) <http://www.saga-gis.org/>
- SEMARENA (2003) *Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descargas*. Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Santo Domingo.
- SEMARENA (2009) *Segunda Comunicación Nacional, Proyecto Cambio Climático 2009*. Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Santo Domingo.
- Tao S, Xu Y, Liu K, Pan J, Gou S (2011) Research progress in agricultural vulnerability to climate change. *Advances in Climate Change Research*, 2(4), 203-210.
- Turner BL, Matson PA, McCarthy JJ, Corell RW, Christensen L, Eckley N, HovelsrudBroda G, Kasperson JX, Luers A, Martello ML, Mathiesesn S, Naylor R, Polsky C, Pulsipher A, Schiller A, Selin H, Tyler N (2003) Illustrating the Coupled Human-Environment System for Vulnerability Analysis: Three Case Studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100 (13).
- USACE (2001) *Rio Ozama and Rio Isabela Floodplain Management Maps*. United States Army Corps of Engineers, Jacksonville District.
- USAID (2013a) *Medidas para abordar el impacto del cambio climático en la infraestructura: preparándose para el cambio*. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Washington, D.C.
- USAID (2013b) *Estrategia de cooperación para el desarrollo del país: años fiscal 2014-2018*. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Washington, D.C.

- WHO (2008) *Water safety manual*. World Health Organization, Geneva.
- WHO (2009) *Vision 2030: the resilience of water supply and sanitation in the face of climate change*. World Health Organization, Geneva.
- World Bank (2004) *Environmental priorities and strategic options: country environmental analysis*. Caribbean Country Management Unit Environmentally and Socially Sustainable Development, LCR Region.
- Zhou Y, Tol RSJ (2005) Evaluating the cost of desalinization and water transport. *Water Resources Research*, 41, 1-10. DOI:10.1029/2004WR003749

ANEXOS

ANEXO I - LISTA DE LOS INDICADORES USADOS EN EL ESTUDIO

I1	
Nombre del indicador	Número de personas domiciliadas
Unidad de medida	Número de personas
Fuente del dato	Oficina Nacional de Estadística (ONE)
Año o período de referencia	2010
Tipo de datos	Datos oficiales
Metodología de cálculo	Censo poblacional: conteo
Periodicidad de medición	Decenal
Desagregación	Sectorial
Comentario	Sectores municipales con una población más numerosa tienen una mayor demanda en términos de agua para consumo humano y servicio de saneamiento, ejercitando una mayor presión sobre el sistema.
Fuente bibliográfica	IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010

Sector	Valor
24 DE ABRIL	16,870
DOMINGO SAVIO	44,863
ENSANCHE CAPOTILLO	34,708
ENSANCH E ESPAILLAT	16,803
ENSANCHE LUPERON	13,710
GUALEY	21,147
LA ZURZA	22,435
MARIA AUXILIADORA	38,744
MEJORAMIENTO SOCIAL	28,101
SIMON BOLIVAR	25,397
VILLA AGRICOLAS	26,674
VILLA CONSUELO	19,358
VILLA FRANCISCA	19,887
VILLA JUANA	34,043

I2

Nombre del indicador	Porcentaje de hogares pobres
Unidad de medida	%
Fuente del dato	Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPYD)
Año o período de referencia	2010
Tipo de datos	Datos oficiales
Metodología de cálculo	Censo poblacional: porcentaje de hogares pobres respecto al total de hogares del sector.
Periodicidad de medición	Variable
Desagregación	Sectorial
Comentario	Hogares de condiciones económicas limitadas están más expuestos a eventos potencialmente peligrosos y tienen una menor capacidad de enfrentar las consecuencias asociadas y de recuperarse de los daños ocasionados.
Fuente bibliográfica	Atlas de la Pobreza 2010: Distrito Nacional

Sector	Valor
24 DE ABRIL	37.5
DOMINGO SAVIO	68.7
ENSANCHE CAPOTILLO	56.9
ENSANCHE ESPAILLAT	19.2
ENSANCHE LUPERON	14.8
GUALEY	57.8
LA ZURZA	66.3
MARIA AUXILIADORA	40.8
MEJORAMIENTO SOCIAL	34.7
SIMON BOLIVAR	47.9
VILLA AGRICOLAS	35.9
VILLA CONSUELO	28.1
VILLA FRANCISCA	37.9
VILLA JUANA	27.9

13

Nombre del indicador	Porcentaje de viviendas sin sanitario
Unidad de medida	%
Fuente del dato	Oficina Nacional de Estadística (ONE)
Año o período de referencia	2010
Tipo de datos	Datos oficiales
Metodología de cálculo	Censo poblacional: porcentaje de hogares sin sanitario respecto al total de hogares del sector.
Periodicidad de medición	Decenal
Desagregación	Sectorial
Comentario	Viviendas sin sanitarios tienen una descarga directa de las aguas residuales a los cuerpos hídricos superficiales, representando una fuente de contaminación y a la vez un punto de debilidad del sistema de saneamiento.
Fuente bibliográfica	IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010

Sector	Valor
24 DE ABRIL	4.0
DOMINGO SAVIO	22.0
ENSANCHE CAPOTILLO	20.0
ENSANCH E ESPAILLAT	1.0
ENSANCHE LUPERON	1.0
GUALEY	17.0
LA ZURZA	19.0
MARIA AUXILIADORA	7.0
MEJORAMIENTO SOCIAL	5.0
SIMON BOLIVAR	11.0
VILLA AGRICOLAS	4.0
VILLA CONSUELO	13.0
VILLA FRANCISCA	6.0
VILLA JUANA	1.0

I4

Nombre del indicador	Porcentaje de viviendas sin recogida de basura
Unidad de medida	%
Fuente del dato	Oficina Nacional de Estadística (ONE)
Año o período de referencia	2010
Tipo de datos	Datos oficiales
Metodología de cálculo	Censo poblacional: porcentaje de hogares sin recogida de basura respecto al total de hogares del sector.
Periodicidad de medición	Decenal
Desagregación	Sectorial
Comentario	Viviendas que no cuentan con dicho servicio eliminan sus desechos sólidos en basureros improvisados, que constituyen una fuente de presión para el sistema de alcantarillado, provocando frecuentes fenómenos de obstrucción.
Fuente bibliográfica	IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010

Sector	Valor
24 DE ABRIL	8.0
DOMINGO SAVIO	7.0
ENSANCHE CAPOTILLO	4.0
ENSANCH E ESPAILLAT	1.0
ENSANCHE LUPERON	2.0
GUALEY	26.0
LA ZURZA	16.0
MARIA AUXILIADORA	8.0
MEJORAMIENTO SOCIAL	3.0
SIMON BOLIVAR	9.0
VILLA AGRICOLAS	6.0
VILLA CONSUELO	9.0
VILLA FRANCISCA	13.0
VILLA JUANA	2.0

I5

Nombre del indicador	Porcentaje de viviendas sin agua de la red pública
Unidad de medida	%
Fuente del dato	Oficina Nacional de Estadística (ONE)
Año o período de referencia	2010
Tipo de datos	Datos oficiales
Metodología de cálculo	Censo poblacional: porcentaje de hogares sin agua de la red pública respecto al total de hogares del sector.
Periodicidad de medición	Decenal
Desagregación	Sectorial
Comentario	Viviendas que no cuentan con acceso al servicio de agua pública deben usar otras medidas para poder satisfacer sus necesidades, resultando más susceptibles a recibir impactos negativos en caso de fenómenos naturales.
Fuente bibliográfica	IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010

Sector	Valor
24 DE ABRIL	1.0
DOMINGO SAVIO	0.0
ENSANCHE CAPOTILLO	2.0
ENSANCH E ESPAILLAT	0.0
ENSANCHE LUPERON	2.0
GUALEY	1.0
LA ZURZA	1.0
MARIA AUXILIADORA	1.0
MEJORAMIENTO SOCIAL	1.0
SIMON BOLIVAR	1.0
VILLA AGRICOLAS	1.0
VILLA CONSUELO	3.0
VILLA FRANCISCA	5.0
VILLA JUANA	4.0

I6

Nombre del indicador	Porcentaje de viviendas a orilla de río o arroyo
Unidad de medida	%
Fuente del dato	Oficina Nacional de Estadística (ONE)
Año o período de referencia	2010
Tipo de datos	Datos oficiales
Metodología de cálculo	Censo poblacional: porcentaje de hogares a orilla de río o arroyo respecto al total de hogares del sector.
Periodicidad de medición	Decenal
Desagregación	Sectorial
Comentario	Viviendas ubicadas a orilla de ríos o arroyos están expuestas a inundaciones en caso de fenómenos de precipitación intensa y/o abundante, con impactos sobre sus servicios de agua y saneamiento.
Fuente bibliográfica	IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010

Sector	Valor
24 DE ABRIL	3.1
DOMINGO SAVIO	17.3
ENSANCHE CAPOTILLO	20.8
ENSANCH E ESPAILLAT	11.1
ENSANCHE LUPERON	0.0
GUALEY	24.5
LA ZURZA	19.5
MARIA AUXILIADORA	6.5
MEJORAMIENTO SOCIAL	0.0
SIMON BOLIVAR	35.0
VILLA AGRICOLAS	0.0
VILLA CONSUELO	0.0
VILLA FRANCISCA	2.2
VILLA JUANA	0.0

Nombre del indicador	Porcentaje de viviendas a orilla de cañada o canal
Unidad de medida	%
Fuente del dato	Oficina Nacional de Estadística (ONE)
Año o período de referencia	2010
Tipo de datos	Datos oficiales
Metodología de cálculo	Censo poblacional: porcentaje de hogares a orilla cañada o canal respecto al total de hogares del sector.
Periodicidad de medición	Decenal
Desagregación	Sectorial
Comentario	Viviendas ubicadas a orilla de cañada o canal están expuestas a crecidas repentinas que puedan ocasionarse en coincidencia de episodios de precipitación intensa y/o abundante, con impactos sobre sus sistemas de agua y saneamiento.
Fuente bibliográfica	IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010

Sector	Valor
24 DE ABRIL	13.9
DOMINGO SAVIO	50.5
ENSANCHE CAPOTILLO	33.6
ENSANCH E ESPAILLAT	20.4
ENSANCHE LUPERON	0.0
GUALEY	52.7
LA ZURZA	67.6
MARIA AUXILIADORA	19.5
MEJORAMIENTO SOCIAL	4.7
SIMON BOLIVAR	36.6
VILLA AGRICOLAS	4.2
VILLA CONSUELO	4.3
VILLA FRANCISCA	7.6
VILLA JUANA	3.4

Nombre del indicador	Porcentaje de viviendas en ladera de montaña
Unidad de medida	%
Fuente del dato	Oficina Nacional de Estadística (ONE)
Año o período de referencia	2010
Tipo de datos	Datos oficiales
Metodología de cálculo	Censo poblacional: porcentaje de hogares ubicadas en ladera de montaña respecto al total de hogares del sector.
Periodicidad de medición	Decenal
Desagregación	Sectorial
Comentario	Viviendas ubicadas en ladera de montaña están mayormente expuestas a fenómenos de deslizamiento, con impactos sobre sus sistemas de agua y saneamiento.
Fuente bibliográfica	IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010

Sector	Valor
24 DE ABRIL	3.7
DOMINGO SAVIO	27.5
ENSANCHE CAPOTILLO	35.0
ENSANCH E ESPAILLAT	9.5
ENSANCHE LUPERON	2.4
GUALEY	39.7
LA ZURZA	42.0
MARIA AUXILIADORA	3.8
MEJORAMIENTO SOCIAL	1.7
SIMON BOLIVAR	18.7
VILLA AGRICOLAS	10.2
VILLA CONSUELO	0.0
VILLA FRANCISCA	4.1
VILLA JUANA	3.1

19

Nombre del indicador	Porcentaje de calles muy deterioradas
Unidad de medida	%
Fuente del dato	Oficina Nacional de Estadística (ONE)
Año o período de referencia	2010
Tipo de datos	Datos oficiales
Metodología de cálculo	Censo poblacional: porcentaje de calles en muy malas condiciones respecto al total de calles del sector.
Periodicidad de medición	Decenal
Desagregación	Sectorial
Comentario	Sectores con porcentajes más altos de calles deterioradas presentan mayores debilidades en términos de transporte y comunicación, lo que reduce su capacidad de respuesta en caso de evento de peligrosidad meteorológica, con posibles impactos también para el servicio de agua y saneamiento.
Fuente bibliográfica	IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010

Sector	Valor
24 DE ABRIL	13.0
DOMINGO SAVIO	18.4
ENSANCHE CAPOTILLO	2.8
ENSANCH E ESPAILLAT	12.9
ENSANCHE LUPERON	3.9
GUALEY	20.0
LA ZURZA	44.7
MARIA AUXILIADORA	17.5
MEJORAMIENTO SOCIAL	16.2
SIMON BOLIVAR	34.1
VILLA AGRICOLAS	2.0
VILLA CONSUELO	6.2
VILLA FRANCISCA	0.6
VILLA JUANA	2.7

110

Nombre del indicador	Porcentaje de territorio a riesgo de inundación por los ríos Isabela y Ozama
Unidad de medida	%
Fuente del dato	United States Army Corps of Engineers (USACE)
Año o período de referencia	2001
Tipo de datos	Estudio técnico
Metodología de cálculo	Cálculo de porcentaje de territorio del sector a riesgo de inundación mediante sobreposición de la capa vectorial de las curvas de inundación con diferentes períodos de retorno (2, 10, 25, 50 y 100 años) con la capa vectorial de los límites barriales.
Periodicidad de medición	NA
Desagregación	Cuenca hidrográfica de los ríos Isabela y Ozama
Comentario	Sectores con porcentajes más amplios de zonas a riesgo de inundación provocadas por los dos ríos principales de la zona están mayormente expuestos a recibir efectos adversos en caso de fenómenos de precipitación intensa y/o abundante, con posibles impactos también para el sistema de agua y saneamiento.
Fuente bibliográfica	USACE (2001) Rio Ozama and Rio Isabela Floodplain Management Maps. United States Army Corps of Engineers, Jacksonville District

Sector	Valor
24 DE ABRIL	0.0
DOMINGO SAVIO	68.4
ENSANCHE CAPOTILLO	2.9
ENSANCH E ESPAILLAT	0.0
ENSANCHE LUPERON	0.0
GUALEY	20.0
LA ZURZA	13.1
MARIA AUXILIADORA	0.0
MEJORAMIENTO SOCIAL	0.2
SIMON BOLIVAR	9.8
VILLA AGRICOLAS	0.0
VILLA CONSUELO	0.0
VILLA FRANCISCA	2.1
VILLA JUANA	0.0

I11

Nombre del indicador	Indicador combinado de tendencia a la acumulación de agua
Unidad de medida	N/A
Fuente del dato	Elaboración propia a partir de modelo digital del terreno proporcionado por la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD)
Año o período de referencia	2013
Tipo de datos	Datos oficiales
Metodología de cálculo	Filtro, mediante la herramienta r.neighbors (media y ventana 45 x 45) del software GRASS, del modelo digital del terreno original, para la eliminación del efecto producido por las áreas ocupadas por edificaciones. Identificación de las áreas con convergencia de las líneas de flujo y tendencia a acumulación de agua, mediante uso de las herramientas r.stream y r.watershed del software GRASS. Cálculo de los órdenes fluviales, mediante la herramienta r.stream.order del software GRASS. Cálculo del Topographic Wetness Index (TWI), mediante el software SAGA GIS. Cálculo de media (m) y desviación estándar (sd) del orden fluvial (OF) y TWI por cada barrio, mediante sobreposición de la capa raster de las elaboraciones anteriores con la capa vectorial de los límites barriales. Combinación de los dos índices en un indicador obtenido según la fórmula siguiente: $I11 = mOFsdOF^2 \cdot mTWIsdTWI^2$
Periodicidad de medición	N/A
Desagregación	Resolución 1m, con cobertura del área de la Circunscripción
Comentario	Sectores con valores más altos del indicador presentan mayor tendencia a la acumulación de agua en su territorio, con impactos en términos de dificultad de acceso y gestión de las infraestructuras de agua y alcantarillado en caso de fenómenos de precipitación, no necesariamente abundante y/o intensa.
Fuente bibliográfica	Modelo Digital del Terreno con resolución de 1 m, desarrollado a partir de imágenes LIDAR.

Sector	Valor
24 DE ABRIL	6.80
DOMINGO SAVIO	3.37
ENSANCHE CAPOTILLO	4.06
ENSANCHE ESPAILLAT	6.40
ENSANCHE LUPERON	7.57
GUALEY	7.20
LA ZURZA	5.48
MARIA AUXILIADORA	4.60
MEJORAMIENTO SOCIAL	9.73
SIMON BOLIVAR	5.87
VILLA AGRICOLAS	8.31
VILLA CONSUELO	11.84
VILLA FRANCISCA	5.86
VILLA JUANA	7.48

ANEXO II - INVENTARIO DE LAS PRINCIPALES INFRAESTRUCTURAS DE AGUA Y SANEAMIENTO

Sector	Componente	Dimensiones	Estado	Ubicación
LA ZURZA	Planta de tratamiento A.R.		En fase de construcción.	Calle Brisas de la Isabela, La Zurza
	Punto de medición de calidad de agua		Están presentes las cajitas, pero están oxidadas y en mal estado.	Multifamiliar La Zurza, detrás del Edificio A (403449, 2046136)
	Descarga sanitaria principal			403781, 2046482
	Descarga directa al Río Isabela			403506, 2046870
	Descarga directa al Río Isabela			404270, 2046777
	Tubería			
	Línea 24" de acero	1,204 m		
	Línea 16" de PVC	4 m		
	Línea 12" de PVC	11 m		
ENSANCHE CAPOTILLO	Tubería			
	Línea 24" de acero	597 m		
	Línea 24" LJ	50 m		
	Línea 20" de acero	117 m		
	Línea 20" LJ	330 m		
	Línea 16" de PVC	19 m		
	Línea 12" de PVC	74 m		
SIMON BOLIVAR	Pozo de producción	1,090 m3/día		Politécnico Nuestra Señora del Carmen (405174, 2046869)
	Punto de medición de calidad de agua		Ya no se toman muestras.	Calle Ovando No. 61 (405470, 2046514).
	Descarga sanitaria secundaria			405392, 2047283
	Descarga directa al Río Isabela			Próximo a la Zona Industrial La Isabela (405039, 2047213)
	Descarga directa al Río Ozama			Próximo a El Algibe (405923, 2047153)
	Tubería			
	Línea 16" de PVC	12 m		

Sector	Componente	Dimensiones	Estado	Ubicación
24 DE ABRIL	Punto de medición de calidad de agua		Se realizan muestras regulares. No existen cajitas de protección y la pileta de toma de muestra está llena de agua	Calle 8 No.24 (405730, 2046352)
	Punto de medición de calidad de agua		El punto no cuenta con las cajitas de protección.	Calle Progreso No. 42 (405853, 2046535)
	Tubería			
	Línea 16" de PVC	1399 m		
	Línea 6" de PVC	10 m		
GUALEY	Punto de medición de calidad de agua		Están presentes las cajitas de protección, pero están oxidadas y en mal estado.	Calle 18 (cerca del Puente de la 17), Caseta del tanque de Gualley (406581, 2046306)
	Tubería			
	Línea 24" LJ	469 m		
	Línea 12" de PVC	115 m		
	Línea 12" AC	544 m		
	Línea 8" de PVC	243 m		
	Línea 8" AC	565 m		
	Línea 6" de PVC	238 m		
	Línea 4" de PVC	41 m		
VILLA AGRICOLAS	Tubería			
	Línea 42" HD	1,665 m		
	Línea 42" PEAD	107 m		
	Línea 24" de acero	383 m		
	Línea 24" LJ	1,139 m		
	Línea 16" AC	2,107 m		
	Línea 16" de PVC	194 m		
	Línea 12" de PVC	825 m		
	Línea 12" AC	319 m		
	Línea 8" de acero	7 m		

Sector	Componente	Dimensiones	Estado	Ubicación
ENSANCHE LUPERON	Tanque Moscoso Puello I	2.6 x 106 gal (10,000 m3)	Operando.	404910, 2045694
	Tanque Moscoso Puello II	2.6 x 106de gal (10,000 m3)	Operando.	404883, 2045669
	Punto de medición de calidad de agua		Punto de medición en mal estado.	Salida del tanque No. 1 en Moscoso Puello (404953, 2045867)
	Punto de medición de calidad de agua			Salida del tanque No. 2 en Moscoso Puello (404926, 2045868)
	Tubería			
	Línea 42" HD	608 m		
	Línea 30" HD	34 m		
	Línea 28" de acero	17 m		
	Línea 24" de acero	85 m		
	Línea 24" HD	59 m		
	Línea 24" LJ	3,661 m		
	Línea 20" de acero	228 m		
	Línea 20" LJ	293 m		
	Línea 16" de PVC	11 m		
	Línea 12" de PVC	785 m		
	Línea 8" AC	955 m		
	Línea 8" de PVC	552 m		
	Línea 6" de PVC	23 m		

Sector	Componente	Dimensiones	Estado	Ubicación
ENSANCHE ESPAILLAT	Tanque Gualey	50,000 gal (190 m3)	Operando. Posee tres cisternas que reciben agua de la red de distribución.	
	Tubería			
	Línea 24" LJ	1,217 m		
	Línea 16" de PVC	860 m		
	Línea 12" de PVC	584 m		
	Línea 12" AC	509 m		
	Línea 8" AC	866 m		
	Línea 8" de PVC	869 m		
	Línea 6" de PVC	489 m		
	Tanque Villa Juana	350,000 gal (1,308 m3)	Operando, pero instalaciones en malas condiciones. El sistema de cloración está ubicado en la misma caseta de operación	404411, 2044524
VILLA JUANA	Pozo de producción	2,180 m3/día		Calle Americo Lugo (404466, 2044728)
	Punto de medición de calidad de agua		El punto está ubicado cerca de un séptico. La gente no tiene conocimiento de que se hayan nunca tomado muestras de agua.	Calle M. Baez No. 88, frente al colmado Yenny (403990, 2044590)
	Punto de medición de calidad de agua			Calle Mauricio Baez No. 88, salida del tanque de Villa Juana (404454, 2044743)
	Tubería			
	Línea 48" HD	184 m		
	Línea 42" HD	868 m		
	Línea 42" PEAD	204 m		

Sector	Componente	Dimensiones	Estado	Ubicación
	Línea 30" LJ	1,169 m		
	Línea 24" de acero	5 m		
	Línea 24" LJ	1,538 m		
	Línea 20" de acero	7 m		
	Línea 16" AC	1,490 m		
	Línea 16" de acero	97 m		
	Línea 16" de PVC	8 m		
	Línea 12" de acero	2 m		
	Línea 12" HD	105 m		
	Línea 12" de PVC	1,827 m		
	Línea 12" AC	1,383 m		
	Línea 8" AC	1,039 m		
	Línea 8" de PVC	2,346 m		
VILLA CONSUELO	Pozo de producción (profundidad 57.91 m, diámetro 10")			405016, 2044041
	Punto de medición de calidad de agua			Calle Tunti de Cáceres No. 55 (405029, 2044052)
	Tubería			
	Línea 48" HD	210 m		
	Línea 42" HD	1,381 m		
	Línea 30" LJ	835 m		
	Línea 24" LJ	521 m		
	Línea 16" AC	2,115 m		
	Línea 16" de acero	18 m		
	Línea 12" de acero	18 m		
	Línea 12" de PVC	447 m		
	Línea 12" AC	5 m		
	Línea 8" AC	1,194 m		
	Línea 8" de PVC	566 m		

Sector	Componente	Dimensiones	Estado	Ubicación
MEJORAMIENTO SOCIAL	Punto de medición de calidad de agua		El punto no cuenta con las cajitas de protección.	Calle Samaná No. 48 (406373, 2044736)
	Tubería			
	Línea 42" HD	10 m		
	Línea 36" HD	828 m		
	Línea 30" HD	91 m		
	Línea 24" LJ	801 m		
	Línea 16" AC	349 m		
	Línea 12" de PVC	1,202 m		
	Línea 12" AC	1,168 m		
	Línea 8" de PVC	543 m		
	Línea 6" de PVC	320 m		
	Tanque Guachupita	265,000 gal (1,000 m3)	Operando, pero instalaciones en malas condiciones.	406429, 2044937
	MARIA AUXILIADORA	Punto de medición de calidad de agua		El punto no cuenta con las cajitas de protección.
Punto de medición de calidad de agua			El punto no cuenta con las cajitas de protección. Hace más de un año que no se toman muestras.	Calle Francisco del Rosario Sánchez, Edif. No. 10 (406769, 2045285)
Punto de medición de calidad de agua			El punto no cuenta con las cajitas de protección.	Cisterna del Instituto Dermatológico, detrás del Hospital Luis e Aybar (406057, 2045188)
Tubería				
Línea 24" LJ		1,068 m		
Línea 12" de PVC		2,550 m		
Línea 12" AC		386 m		
Línea 8" de PVC		1,012 m		
Línea 6" de PVC		1,509 m		

Sector	Componente	Dimensiones	Estado	Ubicación
VILLA FRANCISCA	Pozo de producción	1,360 m3/día		Calle Vicente Noble esq. Francisco Henríquez y Carvajal (406348, 2044148)
	Punto de medición de calidad de agua		Están presentes las cajitas de protección, pero están oxidadas y en mal estado.	Calle Jacinto de la Concha esq. Caracas (406182, 2043637)
	Punto de medición de calidad de agua		Están presentes las cajitas de protección, pero están oxidadas y en mal estado.	Calle José Martí, frente al Destacamento Policial (405934, 2043581)
	Descarga directa al Río Ozama			Borojol (406781, 2043783)
	Tubería			
	Línea 30" HD	321 m		
	Línea 24" LJ	675 m		
	Línea 16" de PVC	99 m		
	Línea 16" HD	584 m		
	Línea 16" AC	436 m		