

La geografía de la crisis del agua: ¿Dónde está Puerto Rico?

Omar Pérez Figueroa
Universidad de Puerto Rico
Facultad de Ciencias Sociales
Departamento de Sociales General y Geografía

Tesis presentada en cumplimiento
de los requisitos del
Programa de Estudios de Honor
Universidad de Puerto Rico
Recinto de Rio Piedras

Mayo 2012

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las personas que convirtieron esta experiencia en una llena de luz y sabiduría, y a las que hicieron posible que concluyera este trabajo, pues hubo momentos en que no estaba seguro de terminarlo. A mi madre, Maribel, por dedicar tiempo para corregir el trabajo, tener la paciencia de discutirlo y hacerme entender que las cosas buenas toman tiempo. Aunque ella no lo sabe, su afán y empeño para finalizar su tesis doctoral me sirvió de ejemplo para desarrollar y concluir este trabajo.

Gracias al Dr. Carlos Guilbe, quien me brindó de su tiempo para hacer este trabajo de investigación, y también tuvo paciencia y estuvo dispuesto a quedarse conmigo para concluir este proyecto. Por esto y más le estaré eternamente agradecido. Al Dr. Carlos Ramos Bellida y la Dra. Idsa Alegría Ortega quienes no sólo han sido mi mentor y mentora, sino que me enseñaron a mirar y apreciar la vida de forma diferente. A los que ya no están, les agradezco que me ayudaran a entender y aprender otras cosas en el camino a concluir esta tesina.

A mis amistades y familia, porque aun cuando no siempre comprendieron por qué hacía este trabajo siempre estuvieron dispuestos/as a apoyarme y motivarme para terminarlo.

A todos y todas que de una forma u otra me corrigieron e hicieron comentarios sobre la tesina, muchas gracias.

Y al Agua, pues alrededor de ella he disfrutado los mejores momentos de mi vida y me ha llevado a conocer nuevos lugares y personas de las que he aprendido mucho, para ellos y ellas mi eterna gratitud y respeto.

Dedicatoria

A todos y todas los que luchan, han luchado y seguirán luchando por un recurso de agua limpio, bueno y gratis. A todos y todas los que han hecho que haya podido concluir uno de mis sueños. Ustedes han reforzado mis creencias que los sueños sí son posibles.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIAS	III
TABLA DE CONTENIDO.....	IV
LISTA DE TABLAS Y GRÁFICAS.....	VII-VIII
ACRONIMOS.....	IX
EPIGRAFE	X
CAPÍTULO I	1-27
Introducción	1
Trasfondo Histórico	5
<i>Planificación de Puerto Rico</i>	5
Revisión de literatura	8
<i>Problema hidrológico en Puerto Rico</i>	8
Infraestructura deficiente y servicio ineficientes a comunidades	9
Problemas con la calidad del agua potable	15
Intervención gubernamental	16

Marco conceptual.....	18
<i>Modelos de planificación</i>	18
Instrumento	21
<i>Aproximación Metodológica al problema del agua</i>	21
<i>Modelos de Análisis: crisis hídrica</i>	23
CAPÍTULO II	28-66
Perspectiva Mundial: recurso agua	28
Perspectiva del Caribe	36
<i>Cuba</i>	40
<i>República Dominicana</i>	43
<i>Jamaica</i>	46
<i>Haití</i>	48
Perspectiva de Puerto Rico	52
CAPÍTULO III.....	68
Análisis de los problemas hidrológicos en las Antillas	68
Conclusión	73
REFERENCIAS.....	81

LISTA DE GRÁFICAS, ILUSTRACIONES, MAPAS Y TABLAS

	Páginas
Gráfica 1: Sedimentación de los embalses en Puerto Rico	12
Gráfica 2 Promedio anual de precipitación de Jamaica	46
Gráfica 3 Promedio de lluvia en Puerto Rico 1950-2010	52
Gráfica 4 Promedio de lluvia de 1985-2005	53
Gráfica 5 Agua producida por la AAA	57
Gráfica 6 Población de Puerto Rico	63
Gráfica 7 Comparación del crecimiento poblacional y la producción de agua de AAA	65
Gráfica 8 Comparación del agua producida y la precipitación	74
Ilustración 1 Crisis del agua en Puerto Rico	2
Ilustración 2 Distribución de agua en el planeta	29
Ilustración 3 Presupuesto de agua para Puerto Rico	56
Ilustración 4 Zona impermeabilizada en Santa Isabel	66
Mapa 1 Ubicación de los embalses en Puerto Rico	14
Mapa 2 Disponibilidad de agua en el mundo	34
Mapa 3 Precipitación anual en el Caribe	37

Mapa 4 Promedio anual de lluvia en Cuba	40
Mapa 5 Promedio de precipitación para República Dominicana	44
Mapa 6 Recursos hidrológicos de Haití	49
Mapa 7 Precipitación en Puerto Rico 1930-1960	54
Mapa 8 Precipitación en Puerto Rico 1970-2000	55
Tabla 1 Cobertura en agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe	39
Tabla 2 Problemas hidrológicos en las Antillas Mayores	68
Tabla 3 Soluciones a los problemas de agua en las Antillas Mayores	70

Acrónimos

AAA	Autoridad Acueductos y Alcantarillados
DRNA	Departamento de Recursos Naturales y Ambientales
EPA	Environmental Protection Agency
FAO	Organización de Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
IRNH	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
JPPR	Junta de Planificación de Puerto Rico
JCA	Junta de Calidad Ambiental
MGD	Millones de Galones de Agua Diarios
NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PRASA	Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority
USGS	United States Geological Survey
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura

Satisfying the increased demands for food, water, and material goods of a growing global population while at the same time protecting the ecological services provided by natural water ecosystems requires new approaches to using and managing fresh water.

Sandra L. Postel

CAPITULO 1

Introducción

“Según la EPA para el 2006 el 100% de los embalses y el 85% de los ríos en Puerto Rico no cumplían con los parámetros de calidad de dicha agencia”¹

El agua es fuente principal de vida y sin ella nuestra existencia resultaría imposible. Ninguna sociedad puede subsistir sin este recurso. El agua potable limpia, así como buenos sistemas de limpieza son fundamentales para el desarrollo y sobrevivencia del ser humano (Törnqvist, 2008). Sin embargo, nuestro planeta atraviesa por múltiples problemas relacionados con este recurso. La crisis de agua resulta de la falta de acceso y del manejo inadecuado del recurso agua (Gleick, 1988). A medida que la población mundial aumenta, así mismo crecen los problemas relacionados a los abastos de agua, se hace evidente que enfrentamos una crisis hidrológica (Jackson, 2001). Por ésta razón, el uso y manejo del recurso agua se ha convertido en un tema de alcance global. Ya en la década del 90, el manejo y uso de éste líquido se convirtió en un tema de importancia en la política mundial.

Hay países dónde la cantidad de precipitación es demasiado baja, mientras que en otros no existe la infraestructura adecuada para proveer el servicio. Por ejemplo, la crisis hidrológica del norte de África responde a bajos niveles de precipitación; mientras que en

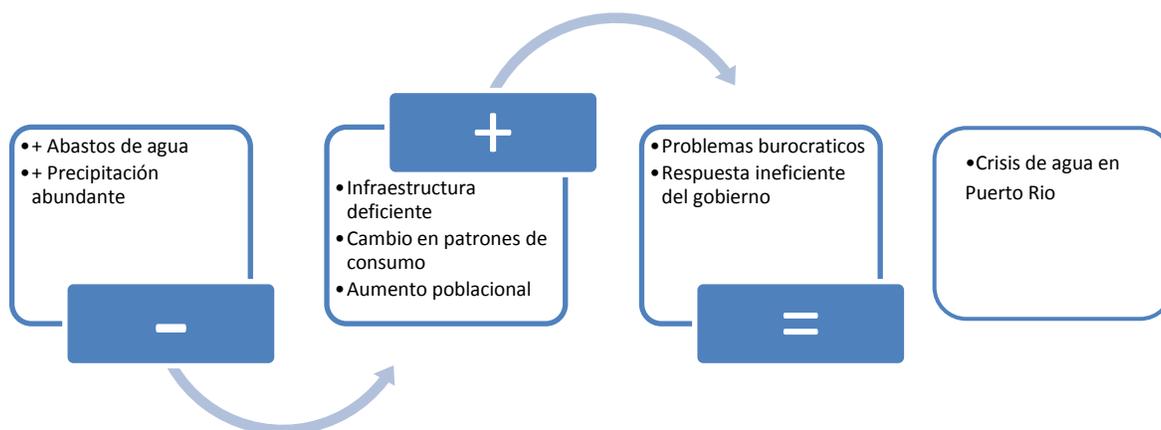
¹ Environmental Protection Agency (2006). *Guía del dueño de hogar para sistemas sépticos*. Washington.

México la crisis responde a la falta de infraestructura para limpiar el agua. México sólo limpia el 30% de sus aguas municipales (Poy & Nornadi , 2005).

Al igual que en otras partes del planeta, Puerto Rico atraviesa por una crisis de agua que se refleja en la infraestructura, oferta, demanda, y problemas burocráticos para su distribución y uso (Torres, 2009)). Este problema se expone en la **Ilustración 1**.

Ilustración 1

Elementos que abonan a la crisis de agua potable en Puerto Rico



El esquema anterior refleja solo el problema de agua potable en Puerto Rico desde una perspectiva de su manejo, distribución y uso. Este esquema se utilizará como punto de partida para analizar el problema del agua de Puerto Rico. Si se añadieran otros enfoques como el biológico y químico, el esquema podría variar. No obstante, el problema del agua en Puerto Rico no es uno de falta de agua, como ha pretendido hacer creer el gobierno, sino que se relaciona al mal uso y manejo del recurso (Navarro, 2002).

Este trabajo incluye un recuento de la evolución de la planificación en Puerto Rico, ya que es muy importante este concepto por la influencia que ha tenido en la situación

hidrológica actual. Luego de esto se presentara un panorama general de los problemas del agua en la Isla.

La metodología utilizada para la elaboración de este trabajo es principalmente la de investigación documental, desarrollada en la búsqueda de material sobre el manejo y uso del agua. Me enfoque en particular en la planificación y cómo la misma influye en la creación de planes orquestados para el buen uso del líquido.

Por una parte la metodología incluirá las fuentes de información que se utilizaron para definir los componentes del estrés hídrico. Para ello se utilizaron diferentes fuentes y se obtuvo un banco de datos de la información recopilada. En Puerto Rico no hay un lugar único donde se pueda obtener toda la información sobre el recurso agua, sino que está dispersa en distintas entidades. Parte de la aportación de este trabajo será la eventual publicación de este banco de datos. La información recopilada incluye: mapas topográficos, hidrológicos, climatológicos; documentos oficiales gubernamentales, fotos, artículos de periódico, gráficas sobre la cantidad de agua caída de diferentes años.

Posteriormente se incluye el estado actual de los recursos hidrológicos a nivel mundial, dividiéndolos por regiones. De otra parte el marco de análisis del problema del agua se hace a la luz de la definición del concepto de estrés hídrico y sus componentes: el aumento poblacional, manejo inadecuado (acuíferos sobre explotados), aumento de patrones de consumo y sequía.

Luego de la identificación de las fuentes de información, pasé a una etapa que se enfoca en el análisis regional, particularmente las Antillas Mayores: Cuba, Jamaica, Republica Dominicana, Haití y Puerto Rico. Hice un análisis comparativo de cómo se han manejado

la crisis en la diferentes Antillas y cuáles han sido las respuestas gubernamentales a raíz de los conceptos de planificación, del cual se desprende las visiones de Andreas Faludi, Cambell & Fainstain. Este análisis es importante porque se podría determinar cuál es el modelo mejor o más adecuado o qué características se pueden utilizar, ya que geográficamente las Antillas Mayores se parecen a Puerto Rico. Desarrollé esta parte en el Capítulo 5.

Así mismo definiré que es planificación y cuáles son las diferentes ópticas y tipos de la misma. Estas son: planificación comprensiva, planificación institucional y visión incrementalista. Esta última no es un modelo en sí, sin embargo para propósitos de este trabajo la utilizaremos como tal. La óptica principal que se utilizó fue la incrementalista de Andrea Faludi. Esta óptica se complementa y contrasta con las de Cambell y Fainstain de planificación institucional y planificación comprensiva. Esta perspectiva incrementalista nos brinda algunas características que pueden explicar el problema del agua de Puerto Rico. Finalmente concluiré con un análisis sobre cómo la ausencia de un mecanismo de planificación puede afectar el manejo del recurso agua e impactar el desarrollo urbano, económico y social de Puerto Rico

Trasfondo Histórico

Planificación en Puerto Rico

El recurso agua es afectado por los procesos y métodos de planificación utilizado por las agencias gubernamentales. Para tener una idea más clara de los cambios en las visiones de planificación y como esta han afectado o afectan el recurso agua haremos un pequeño recuento histórico de la planificación en Puerto Rico².

Comencemos con la invasión de Estados Unidos en la Isla en el 1898 que introduce el modelo económico del capitalismo laissez-faire (García, 2008). Éste parte de la premisa de que las fuerzas de regulación y desarrollo económico surgirían por sí mismas. Sin embargo, “la gran depresión” del 1930 en Estados Unidos obligó al gobierno a tomar parte activa e intervenir en la economía para salir de la crisis. A raíz de este proceso, la planificación adquiere dos nuevas vertientes: el modelo indicativo y modelo de libre competencia. En el primero el gobierno tenía una visión centralista en la cual se establecían metas y objetivos para cumplir unos fines. En el segundo, la visión de la actuación gubernamental es más limitada, ya que este asume el rol de observador y no es parte activa del desarrollo de metas y objetivos. Bajo esta última vertiente se establecieron en Puerto Rico las agencias encargadas de la planificación (García, 2008).

Con la extensión del Nuevo Trato a la Isla en la década de los 30, se instauran las primeras piezas de la planificación centralista bajo el régimen norteamericano. Con la

² La planificación físico-espacial en Puerto Rico tuvo sus comienzos en el siglo XVI debido a la ordenación territorio-espacial de una filosofía religiosa-política implementada por España.

llegada del gobernador Rexford Tugwell se establecen nuevos planes para el desarrollo de la infraestructura, dada la experiencia de este gobernador como *City Planner* en New York. El gobernador Tugwell y Muñoz Marín desde el Senado trabajaron para el establecimiento de lo que eventualmente se convertiría en la Junta de Planificación de Puerto Rico. Esto permitió la aprobación de la Ley 213 del 12 de mayo de 1942, conocida como Ley de Planificación, Urbanización y Zonificación de Puerto Rico. Uno de los objetivos de la ley era la planificación urbana³. La Ley 213 guiaría el desarrollo económico y bienestar social de los habitantes de Puerto Rico.

Observamos que una de las prioridades de dicha ley era el desarrollo económico, no era prioridad los recursos naturales y mucho menos el agua. Así mismo dicha ley creó la Junta de Planificación, esta establecía que su junta estaría compuesta por tres miembros, los cuales serían nombrados por el gobernador en consentimiento con el Senado. En aquel momento la preocupación mayor del gobierno era el aspecto económico del desarrollo.

En cuanto a su funcionamiento la Junta de Planificación estableció como prioridad una óptica global y promovió el desarrollo de la infraestructura de una manera coordinada. Toda su actividad se daba de manera centralizada desde la Oficina del Gobernador. Otras funciones que la Junta de Planificación hacía eran la reglamentación relacionada al desarrollo urbano, rural o de infraestructura. Sin embargo, en 1975 como parte de la Ley 75 del 24 de junio de 1975, la función de reglamentación pasó a la Administración de Reglamentos y Permisos (ARPE). No obstante, la política de desarrollo económico de

³ La planificación urbana es el conjunto de instrumentos y técnicas que se redactan para el uso del terreno y las condiciones para su transformación y conservación. (Allison 1986).

compra de terrenos para desarrollo urbano y rural como parte de sus funciones se mantuvo hasta la administración del Dr. Pedro Rosselló (1992-2000), cuando se impulsó la venta de propiedades gubernamentales.

Esta visión de la ley 213 continuó su vigencia hasta la década del 70 a la del 80, cuando hubo un cambio de dirección en cuanto a la planificación. En un principio estaba centralizada, lo que causó que se planificara para un conjunto con unas metas específicas, sin embargo con la influencia del modelo de planificación de Estados Unidos de libre competencia, la planificación se descentralizó. Esto último dificultaba una planificación uniforme, pues si un municipio entendía que no era importante zonificar un área para la conservación de un río y prefería desarrollarla, esto iba afectar a otros municipios que consideran importante su conservación.

En la década del 80 el concepto de planificación estratégica comienza a ser adoptado por el gobierno en la administración de la Isla. Esto en sí no es un modelo, sino un método de trabajo cuyo objetivo principal radica en crear un balance entre los riesgos y las oportunidades con relación a los planes de acción (García, 2008). Este método es difícil de considerar a largo plazo, ya que descentraliza la planificación. Es decir, contrario a que las agencias y municipios planifiquen para un futuro común y ordenado, cada uno va a planificar para lo que entienda son sus metas. Este concepto de descentralización de la planificación fue la una de las influencias en la creación de la Ley 81 del 30 de agosto de 1991, Ley de Municipios Autónomos del Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Esto significó que cada municipio radicara su propio plan de orden territorial, puesto que actualmente no existe uno para todo Puerto Rico, apenas está en proceso de realizarse. A raíz del traspaso de más facultades a los municipios, hubo un rápido crecimiento de la

urbanización. Esta nueva etapa de la municipalización ha tenido efecto negativo sobre la planificación y una de sus consecuencias ha sido la impermeabilización de terrenos.

Aunque sabemos que el Plan de Manejo Integral de Agua y una política pública dictan como se debe planificar en torno al recurso agua y la dirección en que debe ir la misma; lo cierto es que con la implementación de la Ley de Municipios Autónomos de 1991 y ante la ausencia de un plan de uso de terrenos (PUT) para la Isla, no hay un manejo concertado entre agencias y municipios en cuanto al manejo del agua. Cada cual trabaja para su propio interés y necesidad. En ausencia del PUT se han desarrollado los Planes de Ordenación Territorial (POT). El orden jerárquico de planificación es que el POT responde al PUT, pero en vista que no hay un PUT los POT han dictado como se planifica regionalmente, que no necesariamente coincide con el PUT. Dentro del PUT el agua tiene un gran significado, pues una de sus metas es proveer la mayor pureza de las aguas a la vez que asegura los abastos para las generaciones futuras. Es decir, que las áreas marcadas para el desarrollo, estarán limitadas dependiendo de donde este ubicado el recurso agua.

Como hemos podido ver, la planificación en Puerto Rico ha estado dirigida en dos direcciones. Se agruparan en dos principales: la centralizada y la competencia libre. Un cambio en esta visión en uno u otro sentido ha influenciado positivamente o negativamente en la planifican de los recursos hidrológicos en la Isla.

Revisión de Literatura

Problemas hidrológicos en Puerto Rico

La problemática del recurso del agua en la Isla es muy complicada tanto como en diferentes partes del mundo y tienen diferentes vertientes. En este capítulo mostramos cuan complejo es el problema del agua en Puerto Rico, enumeramos sus causas y por ultimo seleccionamos un problema en el cual nos enfocaremos para el escrito.

El problema en el suministro de agua potable en la Isla en mi opinión pudiera deberse a una combinación de elementos, entre los que se pueden incluir: tuberías rotas, sedimentación de embalses, sistema de distribución anticuado, entre otros. Exploremos pues la

a) Infraestructura deficiente y servicio ineficientes a comunidades

Problemas en la infraestructura me refiero a tuberías averiadas y tuberías antiguas que causan que el servicio sea ineficiente o que simplemente no exista. Esto ha promovido la gestión de grupos y movimientos como: “Agua pa’l campo” en Canóvanas y “Agua pa’ Caguas” en Caguas en la década del 90, entre otros. Estos grupos se crearon para luchar por una mejor infraestructura y servicio de agua. Durante décadas estas comunidades no han podido resolver sus problemas a nivel municipal. Sus reclamos se dirigieron hacia San Juan, dónde se encuentran las oficinas centrales de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA), ya que este servicio estaba centralizado a nivel estatal.

Los intentos de mejorar la infraestructura del servicio de agua no han sido del todo fructíferos, porque según afirma el planificador José Rivera Santana (2000), la aprobación de proyectos se hace sin tomar en cuenta la capacidad de infraestructura del

agua. La infraestructura de agua de Puerto Rico tiene muchas ramificaciones y es muy compleja para su mantenimiento por parte de las autoridades gubernamentales, las cuales desconocen cuanto abarca la red hidrológica (Rivera, 2000). Durante el 1998 la infraestructura hidrológica era tan ineficiente que se perdió 44 % del total de agua que era producida. Este 44% es equivalente a la capacidad de almacenaje de dos veces la represa Carraízo (Navarro, 2002). Carraízo tiene una capacidad de almacenaje de 40 metros de profundidad y se extiende sobre 9, 000 metros de longitud. De nada vale explotar nuevas fuentes de abastos de agua, cuando se pierde esta dramática cantidad de agua en roturas y en agua que se pierde y no se contabiliza (Navarro, 2002).

Dado que el gobierno desconoce el número exacto del andamiaje de tuberías por falta de información. Para propósitos de este trabajo, se hizo un cálculo y obtuve un número promedio. Determine ese estimado al multiplicar el número total de casas, según el CENSO, 2010, por 20 pies (6.09 metros) de tuberías por casa. Los 20 pies (6.09 metros) es un estimado de longitud que instala un contratista cuando construye una casa. Al multiplicar 1, 240,456 (número total de casas) por 20 pies (6.09 metros) de tuberías, el resultado es 24, 809,120 pies (7, 563,756.098 metros). El número que he calculado podría ser un punto de referencia para poder identificar de forma precisa. No obstante, hay que tomar en consideración que cada contratista instala nueva tubería para propósitos particulares y no la armoniza con la tubería existente de escorrentía, aguas residuales y aguas usadas, aumentando así el número de tubería y duplicando sus funciones.

Otro problema con el andamiaje de tuberías y su corrección esta relacionado al suministro de agua potable es que no todas las comunidades están conectadas al servicio de alcantarillados de la AAA. Esta desconexión del sistema no representa una

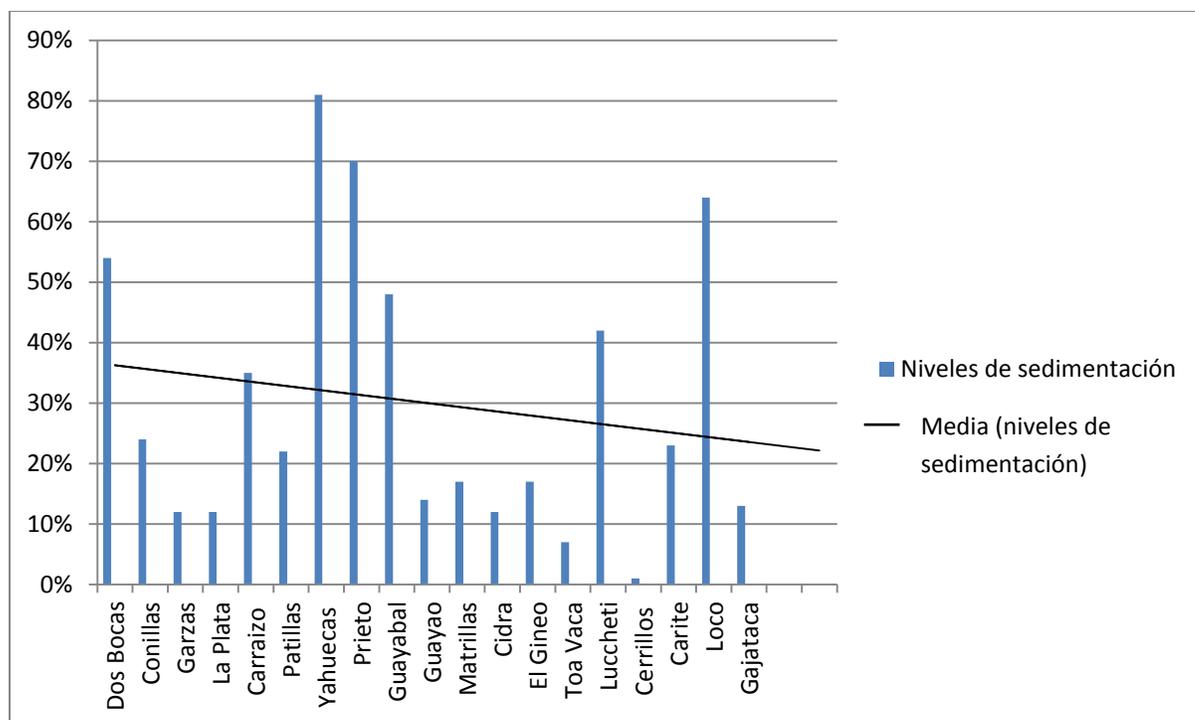
problemática en sí mismo. El problema surge cuando las comunidades descargan sus aguas usadas y sucias directamente a los cuerpos de agua. Existen 252 comunidades en la Isla que no están conectadas a los sistemas de alcantarillados y 151 que cuentan con deficiencias críticas (Padilla Rodríguez, 2007). Estas comunidades obtienen su agua de sistemas muy rudimentarios, operados por las mismas comunidades (Soderberg, sin año). Sin embargo, las comunidades se han visto forzadas ellas mismas a gestar sus sistemas de agua dado la poca cobertura del alcantarillado en Puerto Rico. La cobertura del alcantarillado de la Isla en la década del 90 solo cubría el 55% de la población, esto significa que más de 1.8 millones de familias descargan sus aguas usadas directamente a los cuerpos de agua.

El problema de la ineficiencia de la infraestructura se agrava con la sedimentación de los embalses. La mayoría de los embalses en la Isla se construyeron a partir de *Operación Manos a La Obra 1948*⁴, anterior a este proyecto sólo existían los embalses de Carite construido en 1917, Guayabal en 1914 y Comerío en 1907. La principal fuente de recolección del recurso agua son los embalses. Por esta razón es importante mantener los niveles de sedimentación bajos, ya que niveles altos de sedimentación significa menos capacidad de almacenaje de agua. La sedimentación de embalses representa un serio problema que afecta el almacenaje y distribución de agua en la Isla. Situación, que fue provocada al incrementarse el desarrollo económico descoordinado y en desfase con los recursos naturales. Como secuela proliferó el desarrollo urbano en la “siembra de cemento, causando y agudizando la deforestación en las áreas de captación de las cuencas hidrográficas. Esta situación ocasionó que el sedimento antes retenido por la

⁴ Modelo económico implementado en Puerto Rico durante del 1948. Éste consistía en la inversión de capital extranjero para crear empleos, infraestructura y un sistema de beneficencia social

vegetación, ahora desembocara en ríos y embalses, disminuyendo así su capacidad de almacenamiento. Para el 2008 casi tres cuartas partes de los embalses de Puerto Rico están sedimentados en un 50% de su capacidad. La **Gráfica 1**, compara el porcentaje de sedimentación de los embalses de Puerto Rico para el año 2008.

Gráfica 1 Sedimentación de los embalses de Puerto Rico



Fuente: DRNA, Banco de Datos Hidrológicos de Puerto Rico, Oficina del Plan de Aguas, 2008

Según la gráfica, anterior los embalses con mayor sedimentación, y que deseo resaltar, son los embalses Dos Bocas, Carraizo, Yahuecas y Loco, debido a que estos embalses están ubicados en áreas de expansión urbana y sirven a áreas de alta densidad poblacional. Esto significa un problema en la distribución de agua, ya que hay menos capacidad de almacenaje de agua. Creado por la sedimentación precisamente provocada por las áreas de alta densidad poblacional que impacta negativamente el medioambiente. La línea exponencial significa que la media de sedimentación de los embalses es casi el

30%. Es decir que la mayoría de los embalses presentados en la gráfica anterior están sedimentados. Según Soler-López (2001) los factores que contribuyen a la sedimentación de los embalses son: el grado de inclinación de las laderas de la cuenca, uso de terrenos, desarrollo agrícola como la siembra de tabaco en etapas temprana de construcción del embalse, impacto humano y lo más importante eventos frecuentes de mucha lluvia como tormentas y huracanes. La pérdida de almacenaje de agua en 14 embalses estudiados fluctúa entre 12 y 81 por ciento de su capacidad original, para un promedio de 35 por ciento (Soler-López, 2001). Uno de los factores que causa más sedimentación en los embalses es la deforestación, por lo tanto, es importante que estas áreas tengan mucha vegetación para que retengan la mayor cantidad de agua posible y la lluvia no erosione el suelo. Si las áreas están desforestadas la cantidad de sedimento que se acumula en los embalses aumenta drásticamente, reduciendo así la capacidad de almacenamiento. El **Mapa 1**, muestra la ubicación de los embalses en la Isla (resaltado en rojo)

Mapa 1 Ubicación de los embalses de Puerto Rico



Fuente: DRNA, 2008

Del mapa se desprende que la mayoría de los embalses están en la región geomorfológicamente definida como el Interior Central Montañoso. Dada su localización resulta imprescindible que estas áreas tengan una buena cubierta boscosa para retener el sedimento. Actualmente el interior montañoso cuenta con una cubierta boscosa, pero en áreas de Orocovis y Morovis se han comenzado a ver parchos de áreas deforestadas debido a la construcción de casas o al desarrollo agrícola.

El dragado de ríos y embalses es una solución a corto plazo para disminuir la sedimentación, sin embargo es una alternativa muy costosa. Según el *Plan de Mejoras Capitales 2010* de la AAA, el nuevo dragado de Carraízo costará aproximadamente 7 millones de dólares. El dragado no constituye una solución permanente a dicho

problema. Si la erosión continúa en el área de captación de los embalses, estos se seguirán sedimentando. Una posible solución a largo plazo para este problema es reforestar las partes altas de captación y eventualmente crear un plan nacional de reforestación de cuencas hidrográficas.

b) Problemas con la calidad del agua potable

Ahora bien no solo tenemos problemas con la infraestructura de las tuberías, sino también con la calidad de agua de los ríos y embalses. De acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), agencia federal encargada de velar porque el agua cumpla con el *Water Clean Act 1977*⁵, no solo en el territorio de Estados Unidos sino en Puerto Rico. En la Isla sólo el 15 % de sus ríos cumple con los parámetros de limpieza de la EPA. Por ejemplo, el Río Gurabo está contaminado con cobre y el 100% de los embalses no cumplen con los parámetros que establece el *Water Clean Act 1977* (Soderberg, 2007). Por un lado, de la extensión total de los lagos artificiales (embalses), 7,288 hectáreas⁶ están dañadas o deterioradas, debido a nivel bajos de oxígeno disuelto (JCA, 2010). Buenos niveles de oxígeno disuelto son importantes, ya que permite la vida y reproducción de los organismos que limpian el agua. Además, permite la vida de la fauna que habita el cuerpo de agua. Por otro lado, un total de 713 acres (289 hectáreas) de los lagos están dañados o deteriorados para la recreación, debido a la alta concentración de coliformes fecales⁷ y el 28% de hectáreas están imposibilitadas para beber, debido a sus altos niveles de arsénico.

⁵ The Clean Water Act de 1977, 33 U.S.C. §1251 et seq. (1972)

⁶ La hectárea es igual a 2.47 acres y 640 acres=1mi². Así que 7,288 hectáreas son 28mi²

⁷ Bacteria que se transmite por medio del excremento humano

Cada dos años la EPA en conjunto con la JCA publica un documento, *Informe Integrado 305b 303d*⁸, sobre la calidad de los cuerpos de agua en Puerto Rico. De acuerdo a este documento, para el 2010 la cuenca del Río Grande de Loíza se encontraba contaminada. Esta cuenca hidrográfica es la más grande de la Isla e incluye más de 50 cuerpos de agua. La contaminación se debe a la extracción de material de corteza terrestre, a la filtración de lixiviados en pozos sépticos, a las actividades de los vertederos y aplicación de pesticidas. En esta cuenca se encontraron dos tipos de contaminantes: arsénico y surfactantes. El primero está asociado al cáncer y el segundo contaminante se encuentra en los detergentes y al quedarse suspendido en el agua dificultan su filtración y también se le asocia con enfermedades pulmonares.

c) Intervención gubernamental

La respuesta del estado atada a esta problemáticas del agua no ha resuelto el problema. Podría reflejar de su parte una ausencia de implementación de planes en cuanto a la planificación del agua. En la Isla existen reglamentaciones, penalidades, leyes y planes para resolver el problema del agua, sin embargo no se cumplen ni se refuerza su implantación y como consecuencia la Isla continua con los problemas de falta de abastos de agua. En el 1994, Puerto Rico experimentó una de las más grandes sequías en toda su historia. La sequía no sólo afectó la disponibilidad del liquido, sino que hubo un manejo inadecuado del recurso (Santiago, 2002). Los abastos que se proveyeron durante la época de sequía no fueron lo suficiente para satisfacer la demanda de la población por agua durante este período (Torres Abreu, 2009). Esto pudiera responder a la ausencia de un

⁸ Informe Integrado 303d-305b, según requerido por la Ley Federal de Agua Limpia, el mismo se publica cada dos años y contiene la evaluación de la calidad de agua en ríos, quebradas, costas, lagos, lagunas, aguas subterráneas y estuarios de la Isla.

plan integral de manejo de sequías. Un plan integral es importante porque delimita las estrategias para mitigar la situación. Esta ausencia de un plan integral podría indicar la falta de modelos de planificación eficaces, lo que ha resultado en la improvisación o respuestas simplistas frente a un problema complejo.

Otra de las situaciones que afecta negativamente esta problemática del agua es el pago por el servicio de agua. Los problemas de pago se dividen en tres sub temas. El primero es la no facturación. Esto significa que se está conectado al sistema de alcantarillados, pero no se le factura por el servicio. El segundo es el no pago, lo cual significa que aunque se le factura a la persona por el servicio, la misma no realiza el pago. El tercero es el hurto, lo cual significa que el usuario está conectado ilegalmente al sistema de distribución o extrae agua ilegalmente.

Un ejemplo de la extracción ilegal de agua sucedió con a la Marina de Estados Unidos. A este se le acusó de extraer agua sin permiso del Río Blanco de Naguabo. Esta situación ocurrió desde el 1942 hasta su salida en el 2003. El DRNA emitió una Orden de cese y desista núm. (99-164-FA) contra la Marina de Estados Unidos por la extracción de agua. La Marina de Estados Unidos nunca pudo ser procesada por este hurto, ya que el Tribunal de Circuito de Apelaciones de Boston resolvió que el cuerpo militar goza de inmunidad soberana y que por tanto no le aplicaba la Ley 136 de 1976, *Ley de Conservación, de Desarrollo y Uso de los Recursos de Agua* (The Associated Press, 2002). Esta ley establece que “Es política pública del Estado Libre Asociado mantener el grado de pureza de las aguas de Puerto Rico que requiera el bienestar, la seguridad y el desarrollo del país, asegurar el abasto de aguas que precisen las generaciones puertorriqueñas presentes y futuras mediante el establecimiento de áreas de reserva de aguas y aprovechar las aguas y

cuerpos de agua de Puerto Rico con arreglo al interés público y a criterios de uso óptimo, beneficioso y razonables”.

El hurto de agua complica la situación hidrológica de la Isla, ya que agrava los problemas financieros de la AAA. Si las personas, empresas privadas y públicas no cumplen con la responsabilidad de pagar el servicio del agua que consumen, habrá menos recursos económicos para sostener y mantener el servicio en condiciones adecuadas u óptimas. Según las estadísticas oficiales de AAA, 81 millones de galones diarios (MGD) del total del agua que se produce no se facturan. De estos 81 MGD de agua no facturada, el 86.4% corresponde a las roturas, el 9.9% a hurto y el 3.7% en el lavado de filtros (Informe AAA, Pág. 76, 1998).

Durante el año fiscal 2009-2010 la AAA recaudó \$5.5 millones como resultado de la iniciativa llamada Programa de Reducción de Agua No Facturada (PRANF). En el período del año 2009-2010 se revisaron 34,024 casos, de los cuales 19,716 dieron positivo a hurto de agua. El total de dinero que se generó con esta iniciativa durante el 2009-2010 excedió los \$5.7 millones.

Marco Conceptual

Modelos de planificación

Este trabajo utiliza la óptica del modelo de planificación de tipo incrementalista de Faludi (1976), complementada con las teorías de planificación de Scott Cambell y Susan Fainstain (2004). Primero, se define el concepto de planificación y luego, se identificarán los modelos específicos utilizados en la investigación. Planificación es la

intervención con intención de alterar el curso existente de un evento (Cambell and Fainstain 2004). Según dicha definición el tiempo y momento en que se implanta la planificación es esencial y de ella depende su éxito o fracaso. Cambell & Fainstain (2004) argumentan que la planificación comprensiva es un tipo de planificación importante; ésta toma en cuenta un plan que dictamina la política pública en términos de transportación, uso de terreno, recreación, impacto ambiental y vivienda. Estos factores brindan una visión más completa al momento de planificar. *La planificación comprensiva*, se define como el intento de coordinar los múltiples desarrollos y regular las iniciativas que se llevan a cabo en una región o ciudad. Este sistema de planificación aunque es bueno, cuenta con varias críticas. Una de ellas se refiere a lo complicado de su aplicación, ya que hay que coordinar “muchos desarrollos” a la vez y esto resulta en una tarea muy complicada para el planificador/a (Altshuler, 1965). Como respuesta a esta crítica se originó la *planificación de óptica incrementalista*. Según Faludi (1976) el enfoque incrementalista ante la planificación, no planifica a largo plazo; ya que favorece el estado actual y realmente no propicia grandes cambios. Esta visión se caracteriza por la reacción a corto plazo ante un problema y brinda una solución temporera, pero no prevé para que la situación no vuelva a ocurrir, ni mucho menos investiga su origen o causante.

Otro modelo es la *planificación institucionalizada*, que surge de la visión amplia del gobierno sobre un problema en específico (Tips, 1982). La planificación institucionalizada depende de un manejo eficiente de una serie de proyectos coordinados por parte del gobierno. Para contar con una planificación uniforme se debe planificar a nivel estatal tomando en cuenta los problemas de cada área, sino la planificación sería

descoordinada y su solución no guardaría relación con el problema. Esta situación en consecuencia podría afectar otras áreas, considerando que no hay una solución coordinada. La aplicación descoordinada de la planificación institucionalizada podría explicar el problema actual de la ley de municipios autónomos, en la cual cada municipio planifica para sí y por tanto aislado de un esfuerzo común de planificación estatal.

La planificación institucionalizada es una herramienta imprescindible, si se quiere conservar el recurso agua, para futuras generaciones. Un ejemplo de la planificación institucionalizada puede observarse en los países de las Antillas Mayores, los cuales en su mayoría tienen planes de reforestación de cuencas hidrográficas. Esto les asegura el suministro de agua durante los próximos 50 años. Estos modelos antillanos los explicaremos más adelante.

Como hemos señalado, es necesario definir claramente el concepto de planificación al que nos referimos para identificar cuan abarcadora y eficiente puede resultar a largo plazo. En este trabajo hemos planteado la complejidad del problema del agua y frecuentemente se ha argumentado que el problema es la sequía o la escasez. El problema podría responder a un cambio de modelo de planificación y no a la falta de éste, pues sí ha ocurrido un proceso de planificación.

Puerto Rico según lo investigado aparenta haber tenido una planificación de corte incrementalista que no ha resuelto el problema de un manejo inadecuado del agua (infraestructura deficiente) y una demanda de este líquido que no toma en cuenta el aumento en patrones de consumos. Una de las soluciones de rasgos incrementalista, respecto al manejo inadecuado es el dragado de los embalses, aunque no es una solución

permanente, sino transitoria. Se tendría que realizar el dragado una y otra vez, si las áreas de captación se siguen erosionando y siguen llevando sedimentos al embalse, medida que a largo plazo no resuelve el problema.

Dicha situación se agrava, porque no estamos preparados para enfrentar una posible crisis mayor en los próximos años. Entendemos que la Isla necesita una planificación de tipo comprensiva que considere la diversidad de factores y entidades que tienen que incluirse en un esfuerzo para atender un problema de esta complejidad. La situación sería diferente si implantáramos una planificación institucionalizada que respondieran a una planificación uniforme y no fragmentada, como actualmente ocurre. Como consecuencia tenemos una planificación desparramada y el resultado es un desarrollo desarticulado.

Instrumento

Aproximación metodológica al problema del agua

“La escasez de agua ha hecho que aumente el uso de aguas residuales para la producción agropecuaria en comunidades pobres urbanas y rurales. Más del 10% de las personas de todo el mundo consume alimentos regados con aguas residuales que pueden contener sustancias químicas u organismos patológicos.”⁹

La recopilación de información se obtuvo a través de visitas a las bibliotecas de varias agencias gubernamentales y luego se visitó las bases de datos de JSTOR y EBSCO, donde se obtuvo información sobre el manejo y uso del agua a nivel internacional y mundial.

⁹ Organización mundial de la salud (sin fecha) Diez datos sobre la escasez de agua.
<http://www.who.int/features/factfiles/water/es/index.html> (accesada, 4, marzo, 2010)

En el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, (DRNA) y en la Junta de Calidad Ambiental (JCA) se revisaron los documentos sobre los abastos de agua y se obtuvo la reglamentación sobre manantiales y pozos sépticos, *water data*¹⁰(1986-2005), Plan Integral de Agua y el documento 305b y 305d. El Plan Integral de Agua fue uno de los recursos que se utilizaron para hacer el marco hidrológico actual de la Isla. En la Junta de Planificación de Puerto Rico (JPPR) se encontró un documento que nos contextualiza las consecuencias de la sequía del 1994. Además se utilizó su portal electrónico para obtener reglamentos relacionados al manejo del agua. En la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) no se encontró el Plan de Aguas ni información relacionada al patrón de uso del líquido. Sin embargo, tuve que utilizar contactos personales para encontrar la información en esta agencia.

En la agencia federal United States Geological Survey (USGS) se obtuvieron los mapas hidrológicos y topográficos de la Isla, que se utilizaron para hacer el marco hidrológico de la Isla. Esta información se obtuvo en su portal de internet <http://pr.water.usgs.gov>, ya que la agencia no cuenta con una biblioteca y tienen un plan de digitalizar todos sus documentos. También se obtuvo el ciclo hidrológico, el cual muestra en donde cae la lluvia o en donde se almacena.

Información sobre las leyes que tienen vigencia con el recurso agua, y cuáles son las leyes que se aplica se obtuvieron en la Biblioteca de la Escuela de Derecho de la Universidad de Puerto Rico. Utilicé El Digesto de Puerto Rico y las Leyes de Puerto Rico Anotadas (L.P.R.A.). Allí se encontraron las leyes que se utilizaron para crear un

¹⁰ Documento preparado en conjunto por la NOAA y el USGS que contabilizaba y realizaba análisis del agua y precipitación en la Isla.

marco legal del agua. Algunas de las leyes encontradas incluyen: The Clean Water Act de 1977, 33 U.S.C. §1251 et seq. (1972), Ley para la Conservación, el Desarrollo y Uso de los Recursos de Agua de Puerto Rico de 1976.12 L.P.R.A § 1501, Ley sobre Política Publica Ambiental de 1970, 12 L.P.R.A. § 1122, y la Ley Núm. 5 de 21 de julio de 1977, Ley para proteger la pureza de las aguas potables de Puerto Rico.

Además, se revisaron las Acciones Legislativas sobre el recurso agua en Puerto Rico. Se realizo una búsqueda de todas las medidas radicadas por la Cámara y el Senado de Puerto Rico sobre el recurso agua entre el 1993-2010. Se visitó la biblioteca de Servicios Legislativos, ubicad al lado oeste del Capitolio. La biblioteca cuenta un portal de internet www.oslpr.org. En este portal se buscaron todas las medidas relacionada al agua desde 1993 hasta 2010. Sin embargo, esta información no se ha incluido ya que se utilizará como la base de otra investigación futura.

Cabe señalar que la información que obtuve en diferentes agencias, y en muchos otros lugares de lo mencionado como los portales de internet, sin embargo la más importante que se utilizó fueron las agencias o lugares particulares¹¹.

Modelos de Análisis: Crisis hídrica

Los modelos de planificación no se desarrollan a partir de un problema específico, sino son esquemas generales para atender distintos problemas. Para el caso de la crisis hídrica en Puerto Rico se ha adoptado el modelo de planificación institucionalizada con rasgo incrementalista, que parte de una propia conceptualización del problema del agua. Esa descripción del problema del agua contrasta con otras conceptualizaciones de la crisis

¹¹ La mayoría de la bibliotecas visitadas no tenían la información actualizada sobre el recurso agua

hídrica, lo que quiere decir que no hay uniformidad en la aproximación del problema. Dichas aproximaciones y las experiencias prácticas: España y África, además de las políticas internacionales que se han desarrollado sobre el tema, nos obligan a elaborar una definición de crisis hídrica que se atempere al caso puertorriqueño.

Gleick (1988), define la crisis hidrológica como la falta de acceso y manejo inadecuado del agua. Esto cobra verdadera significación al incorporar el esquema desarrollado por el Instituto Internacional de Agua de Estocolmo, el cual propone un mayor número de variables e indicadores que integran un índice de vulnerabilidad para el agua (Ávila García 2002). Estas son: “a) la confiabilidad en la disponibilidad natural del agua (variaciones de la precipitación, capacidad de almacenamiento y regulación del agua, dependencia de fuentes externas y no locales de agua); b) la capacidad económica para satisfacer la demanda de agua (Producto Interno Bruto); c) la relación entre aprovechamiento y disponibilidad del agua”. No obstante, para comprender la crisis hídrica en Puerto Rico es necesario incorporar el estrés hídrico como condicionante.

El estrés hídrico ocurre cuando una región o área consume más agua de la que puede producir. Hay cuatro factores que entendemos son determinantes para que ocurra el estrés hídrico. Estos son: 1) aumento poblacional, 2) manejo inadecuado (acuíferos sobre explotados), 3) aumento de patrones de consumo y 4) sequía. La combinación de uno o más de estos factores del estrés hídrico podría causar una crisis hidrológica en una región. Observemos esto en más detalle.

La ONU estima que para el 2025 dos tercios de la población no tendrá acceso al agua potable. En consecuencia, el aumento poblacional, causa que cada vez los recursos sean más limitados, ya que hay más gente consumiendo la misma cantidad de agua.

El manejo inadecuado del líquido incrementa el problema del agua, por ejemplo, la tubería obsoleta no puede ofrecer un buen sistema. Esto hace que en ocasiones el sistema filtre agua y en consecuencia se desperdicie el recurso. Los acuíferos sobre explotados son también una manifestación del manejo inadecuado del agua. En estos casos, al acuífero se le extrae más cantidad de agua a un ritmo más rápido de lo que se recarga, por lo tanto, sino no se espera esta recarga los acuíferos se podrían secar.

El aumento en los patrones de consumo, los cuales se han modificado históricamente, hacen que tareas para las cuales se necesitaba una cantidad menor de agua en la actualidad requieran una mayor (Torres, 2009). Un ejemplo es la agricultura y los campos de golf, que contrasta drásticamente la forma en que se administra el agua. Si no se atienden estos patrones de consumo podría significar la escasez del recurso.

La sequía es el último factor que podría causar crisis hidrológica en la Isla. Actualmente, el país está en riesgo de sufrir de estrés hídrico, lo que pudiese redundar en una crisis hidrológica como se muestra en el **Mapa 2** (ver pág. 41). Es muy importante esta observación, puesto que si en un futuro en Puerto Rico se manifestara el estrés hídrico, el problema hidrológico que hay actualmente podría ser mayor y el agua estaría racionada e inclusive escasearía. Según la Organización Mundial de Meteorología 1992, en su Vocabulario Meteorológico Internacional, la sequía se define como: “Un período de tiempo con condiciones meteorológicas anormalmente secas...”

Existen tres tipos de sequías, sin embargo añadiremos una cuarta que creemos es muy pertinente para el trabajo. La primera es la *sequía meteorológica*. Esta ocurre cuando hay una disminución de precipitación en un período determinado de tiempo (días, meses,

años). Este tipo de sequía solo incluye datos de precipitación. La segunda es la *sequía hidrológica* y se refiere a una reducción en los niveles de ríos, lagos, agua subterránea, acuíferos por debajo de un nivel específico en tiempo específico. Estos datos solo incluyen disponibilidad del agua y tasas de consumo. La tercera es la *sequía agrícola*. Ésta se refiere al impacto de la sequía meteorológica e hidrológica sobre la agricultura. La agricultura necesita unas condiciones muy particulares para posibilitar su desarrollo como lo es la humedad, si estos niveles se reducen el crecimiento será menor y entonces la producción se reducirá. El cuarto tipo a que nos referimos es la *sequia social* la cual responde más a factores sociales que climatológicos. Según Benedytk Dziegielewski, cuando existe sequía social hay un desfase entre el crecimiento poblacional, la construcción de nuevas viviendas, falta de planificación integral y una infraestructura precaria (Pérez, 1995b).

La crisis hidrológica en las Antillas se analiza de la siguiente manera. Primero, se establece en qué estado de la crisis se encontraba, es decir, su ocurrencia, estaba en riesgo de que ocurriera no padecía de estrés hídrico, que es nuestro indicador de crisis hidrológica. Por último, produje dos tablas, la primera establecía los problemas que había acontecido en las Antillas, que a su vez causaban una crisis hidrológica como anteriormente mencionamos. La categoría de los problemas incluía; sequía, problemas de infraestructura y estrés hídrico. La segunda tabla indica cuáles estrategias utilizaron los gobiernos para resolver la crisis. Las categorías de esta tabla incluyen: plan integral, plan de sequía, reforestación de cuencas hidrográficas y proyectos de educación. Tomamos estas categorías, por entender que para resolver el problema del agua se deben

tomar en cuenta todos estos elementos. El análisis completo de esta sección se encuentra en la sección Perspectiva del Caribe.

CAPITULO II

Perspectiva Mundial: Recurso Agua

“Según la Organización de las Naciones Unidas para el 2025, dos tercios de la población mundial no tendrán acceso a agua potable”¹²

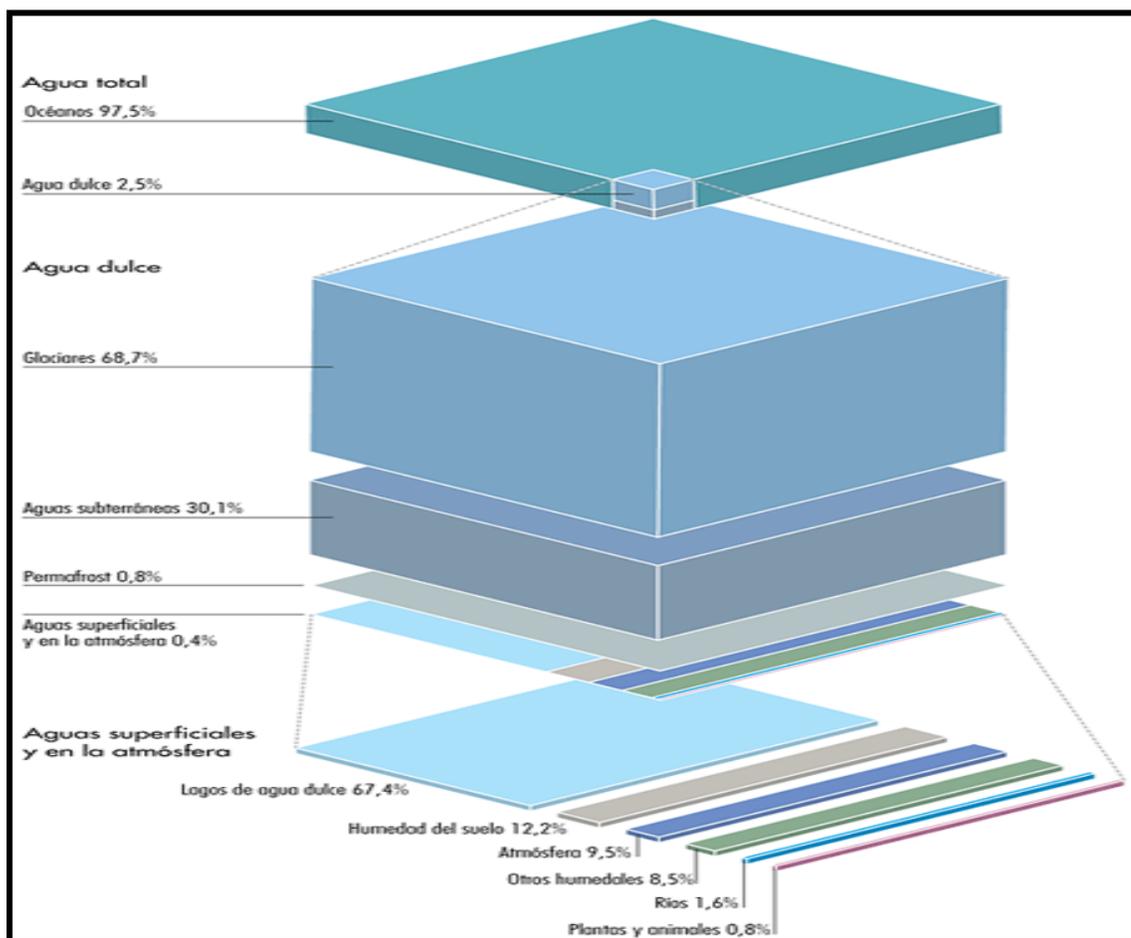
Este capítulo ofrece una idea de cuál es la situación actual de los recursos hidrológicos del Mundo. También ubica la situación hidrológica de Puerto Rico dentro del marco Caribeño, comparándola con las Antillas Mayores: Cuba, República Dominicana, Jamaica y Haití.

El agua es un recurso renovable. Tiene un ciclo hidrológico en el cual la lluvia cae, se evapora, se condensa para volver a llover y así sucesivamente se repite el ciclo. Sin embargo, debido a patrones de consumo y al cambio climático se hace cada vez más difícil considerar el agua como un recurso renovable. EL recurso deja de ser renovable cuando se consume más rápido de lo que se puede reponer y esto es lo que está ocurriendo en algunas partes de nuestro planeta. Según Muriente (2007) el agua ha dejado de ser un recurso renovable, ya que la sociedad lo ha deteriorado y lo ha utilizado inapropiadamente. Si bien es cierto que el ciclo del agua es un proceso continuo su renovación no es constante. La ONU señala que mientras la cantidad de personas van en aumento, la cantidad de agua disponible por `habitante se afecta severamente. A nivel mundial se ha señalado las limitadas reservas de agua en todo el planeta tierra. Actualmente los océanos cubren el 97.5 % del total de agua en el mundo, el restante 2.5

¹² Organización de las Naciones Unidas (2003) 1st World Water Development Report WWDR, 'Water for People, Water for Life' Accedido el 10 de diciembre de 2009 en <http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/>

% es agua dulce. De esta cantidad el 68.9% se concentra en glaciares y capas de hielo congelado. El 30.8% está en humedales, agua de pantanos y sólo el 0.3% se encuentra en ríos y lagos. Estos porcentajes muestran cómo el agua dulce que bebemos es un recurso limitado. La **Ilustración 2** muestra la distribución del recurso agua en nuestro planeta.

Ilustración 2 distribución de agua en el planeta



(Martin, 2007)

El diagrama muestra el agua dulce como un recurso limitado porque al compararla con el agua de los océanos vemos como el agua disponible en su mayoría es salada. Al ser

limitada resulta imprescindible su conservación y buen manejo de la misma. La mayoría del agua dulce disponible está contenida en glaciares por tanto, a medida que se derritan los glaciares habrá menos líquido dulce disponible. Esto nos impone la tarea importante de minimizar las actividades antropogénicas que aceleran el derretimiento.

Para una tercera parte de la población mundial el acceso al agua es deficiente. Peor aún más de un billón de personas no tiene agua potable, 2.5 billones de personas carecen de alcantarillados, 1.2 billones no consumen agua potable y 1.5 millones de niños mueren al año por enfermedades relacionadas al agua contaminada (WWAP, 2006).

Las personas que viven en extrema pobreza no saben si al siguiente día podrán obtener agua. Muchas veces, la cantidad de agua necesaria para una buena higiene es demasiado costosa para pagarla o comprarla a vendedores de agua, o está demasiado lejos para transportarla. Todo esto provoca que se utilice agua contaminada de los ríos o fuentes de agua cercanas. Las personas que viven en la pobreza no tienen acceso o tienen acceso limitado a servicios de saneamiento. Y en los casos que tienen acceso en ocasiones el costo es demasiado alto como para que toda la familia lo pueda utilizar. Muchas familias cultivan tierras que han sido rescatadas y las cuales no tienen acceso a agua limpia y segura. Los sistemas de drenaje del agua de lluvia en las zonas urbanas en su mayoría son inadecuados. Estos sistemas no proveen sistemas formales para recogido de desperdicios sólidos. El costo del servicio agua en algunos lugares es demasiado caro como para que las personas lo puedan costear. Por ejemplo en Cochabamba, Bolivia, en el 2006 una familia promedio destinaba el 20% de su ingreso mensual al agua. Para el 2009 (CIA, 2009) la población de Cochabamba pobre vivía con menos de 2.00 dólares diarios. Aun

cuando estas comunidades se vieron afectadas por la privatización del agua, éstas establecieron cooperativas para distribuirla.

Como parte del problema del agua a nivel mundial la privatización del suministro y los altos costos ha sido un tema político importante. Además, muchos de los recursos de agua dulce son compartidos por más de un país, lo cual ocasiona que en muchas ocasiones las naciones entren en conflictos bélicos por el control del mismo.

Cada país tiene su propia visión de uso y manejo del recurso agua y aunque en muchos países sigue dominando la visión del recurso agua como un dominio público, en muchos otros se ha privatizado y se ha limitado su acceso. Internacionalmente se han firmado muchos acuerdos y leyes sobre el uso y acceso al agua potable (United Nation Environment Program, 2002). Muchas de las cuencas hidrográficas y grandes ríos se extienden más allá de una sola ciudad o estado y por lo tanto, se comparte ese recurso. Se estima que hay unas 263 cuencas compartidas, extendidas por casi la mitad de la superficie del planeta y distribuidas entre 145 países (Wolf & Meredith, 2002). Dada la importancia del agua, las actividades de un estado o país pueden crear conflicto con el estado o nación con quienes comparten ese recurso. Un ejemplo son los conflictos entre México y Estados Unidos relacionados con los ríos; Bravo, Colorado y Tijuana (Poy & Nornadi, 2005). Las naciones en conflicto han firmado acuerdos legales internacionales para manejar los conflictos (United Nations Environment Program, 2002). Algunos ejemplos de estos tratados internacionales son:

- Tratado entre Haití y República Dominicana. *Treaty of peace, of friendship and of arbitration between the Dominican Republic and the Republic of Haiti, signed at Saint-Domingue* (febrero, 1929) Cuenca Artibonite

- Tratado entre Guatemala y México. *Agreement between the United Mexican States and The Republic of Guatemala on the protection and improvement of the environment in the border area* (abril, 1987). Cuenca Candelaria
- Tratado entre Guatemala y México. *Agreement between the United Mexican States and The Republic of Guatemala on the protection and improvement of the environment in the border area* (abril, 1987). Cuenca Coatan Achute
- Tratado entre México y E.U.A. *Minute No. 291 of the International Boundary and Water Commission, U.S.A. and Mexico, concerning improvements to the conveying capacity of the international boundary segment of the Colorado River* (julio,1994). Cuenca Rio Colorado
- Tratado entre México y E.U.A. *Mexico-US agreement on the permanent and definitive solution to the salinity of the Colorado River Basin International Boundary and Water Commission Minute No. 242* (agosto, 1973). Cuenca Rio Colorado

El problema del agua ha incrementado en el planeta, en parte debido a la óptica de considerar el agua como un bien común versus los que consideran el líquido como un bien económico (Cuesta, 2009). Mundialmente el agua es una industria que produce 425 billones de dólares al año (Salina, 2008). El agua se ha tornado en un recurso muy lucrativo y se ha privatizado en muchas partes del mundo (Barlow & Clarke, 2005). Un ejemplo fue la privatización del agua en Cochabamba, Bolivia. En el año 2000 el Banco Mundial (BM) le condicionó al gobierno de Cochabamba la renovación de un préstamo de 25 millones de dólares a cambio de la privatización de sus servicios de agua. En este caso, la privatización del agua no sólo representaba una preocupación si el recurso sería

mejor manejado, sino que implicaría que dicha comunidad tendría que destinar, en promedio, una quinta parte de lo que ganaban para pagar por el agua. El gobierno boliviano puso en subasta a SEMAPA, empresa del gobierno encargada de administrar el recurso. Solo una compañía estuvo dispuesta a comprarla y esta era Aguas de Tunari, una corporación constituida por grandes compañías transnacionales: *International Water Limited*: Inglaterra; Edison: Italia; Bechtel: Estados Unidos; Abengoa, España y dos compañías bolivianas: ICE y SOBOCE. La Ley 2029 del 29 de octubre de 1999, Ley de Servicios de Agua Potable y Alcantarillados, establecía el marco legal para la privatización del servicio agua. Amparada en dicha ley, el gobierno de Bolivia privatizó el agua de Cochabamba otorgándole el contrato a las Aguas de Tunari en aguas de uso campesino (Alurralde ed. Al 2009). Una parte de ella establecía que todo recurso de agua sería provisto por dicha compañía y que se requería de una licencia para recoger agua. Como consecuencia de esa privatización, aumentaron las tarifas de agua a \$20. Esta cantidad podría parecer poco dinero, si estuviéramos considerando países desarrollados. Sin embargo, en Cochabamba, significaba que una persona promedio iba a estar gastando una quinta parte de su salario mensual en la factura del agua.

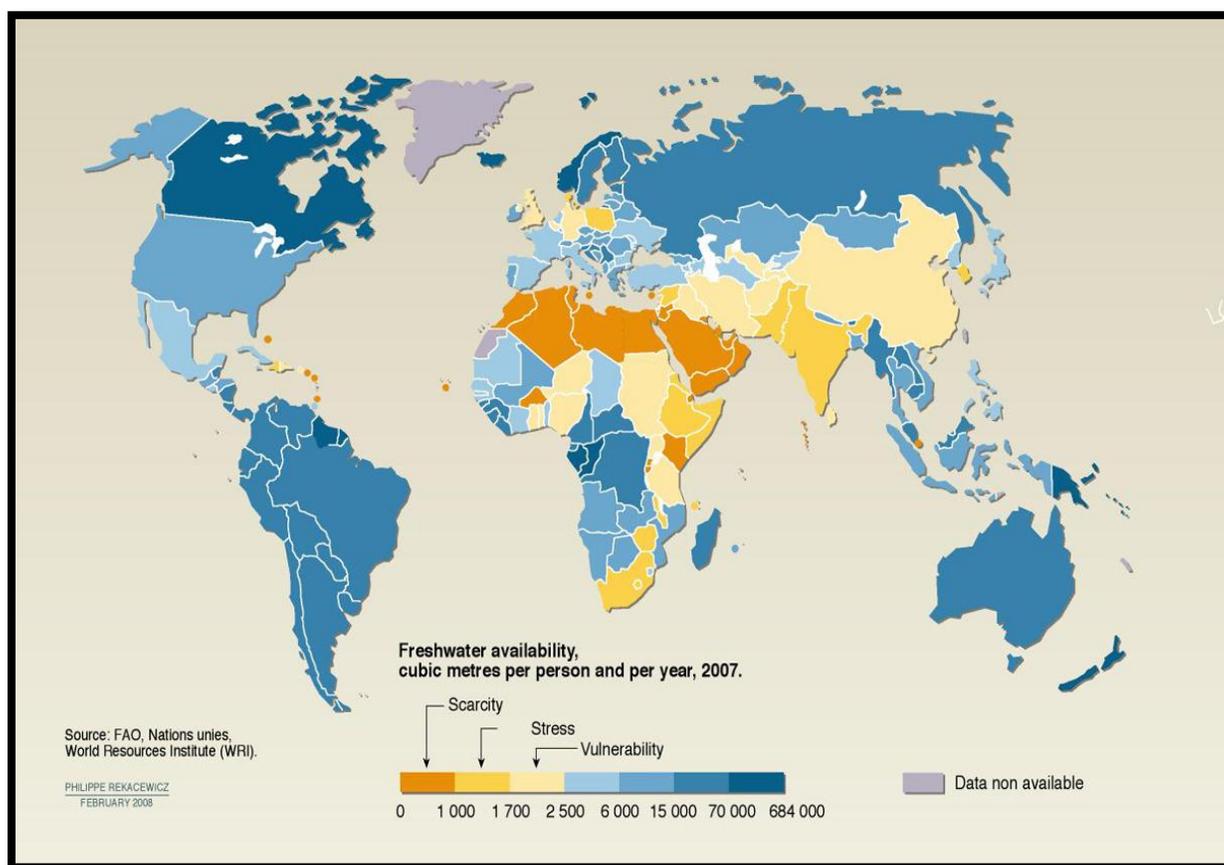
Con el aumento en la tarifa del agua, los disturbios y las protestas comenzaron en Bolivia. Un grupo de jóvenes intentó asumir el control de la plaza principal de Cochabamba, luego se llevó a cabo una huelga general que duró 4 días. La crisis llegó a su punto máximo cuando un Capitán del Ejército boliviano, disparó su rifle contra la muchedumbre que se encontraba protestando e hirió de muerte al joven de 17 años, Víctor Hugo Daza. Esta muerte desencadenó una serie de diálogos por parte del gobierno y los manifestantes, finalizando con una sección especial del Parlamento Boliviano en la

que se redactó la Ley 2066 del 11 de abril del 2000 que sustituye la anterior (Ley 2029). La nueva ley limita la privatización del agua.

El ejemplo de Cochabamba es ilustrativo de los conflictos suscitados por el control del agua. Otros ejemplos de los conflictos por el control del agua son el judeo-palestino, el de Turquía con Siria y el de Irak por el control de la represa de Ataturk.

El **Mapa 2** muestra la distribución del agua a nivel mundial.

Mapa 2 Disponibilidad del agua en el mundo



El punto más alarmante de esta crisis se puede observar en los países de la parte norte de África. Este continente está constituido por 52 países, de los cuales 13 sufren de estrés

hídrico y más de la mitad del continente enfrenta problemas de abastos (Poy & Nornadi, 2005). El estrés hídrico ocurre cuando la demanda excede la cantidad disponible del recurso durante un período determinado (United Nation Environment Program, sin fecha). El 53% de los africanos no cuentan con una infraestructura adecuada de saneamiento (FAO, 2007).

La situación de Asia es también crítica. En Asia habitan casi dos terceras partes de la población mundial, no obstante, cuenta con apenas una tercera parte de los abastos disponibles de agua. Varios países de Asia se han visto obligados a racionar el agua como una medida para enfrentar la crisis, como por ejemplo Damasco la capital de Siria. Este estado brinda sólo 12 horas de agua al día a esa población. Aunque Asia cuenta con gran cantidad de recursos hidrológicos, encabeza la lista de los países con más cauces contaminados.

Europa cuenta con la mayor densidad de población y tiene varios países que aunque el mapa no lo muestra, han comenzado a experimentar estrés hídrico como: Chipre, Italia, España, Grecia y Rumania entre otras. La escasez del líquido por sequías, faltas de abastos y aumento poblacional ha provocado en Europa la sobre explotación de las aguas subterráneas (Poy & Nornadi 2005).

Contrario a Europa, Oceanía, cuenta con niveles muy elevados de la disponibilidad del recurso agua, debido en parte a la baja densidad poblacional. En Oceanía, la tierra que se le dedica al cultivo no supera los 3 millones de hectáreas (4, 687 mi²), lo que significa que no se pierde mucha agua en el riego, ya que la actividad que más agua consume a nivel mundial es la agricultura.

Las regiones polares mantienen el 10% del agua dulce del mundo, ésta es la mayor reserva de agua dulce del mundo.

América Latina y el Caribe es la región más rica del mundo en cuanto a la disponibilidad de los recursos hidrológicos. Y aunque el Caribe Antillano experimenta estrés hídrico, no es el caso de Cuba y Jamaica. Los problemas hidrológicos de esta región incluyen: malos sistemas de distribución, falta de limpieza, tratamiento deficiente de aguas e incremento en la deforestación. Esto se traduce en la muerte de 153 mil personas al año por enfermedades relacionadas al agua. Por ejemplo en la Ciudad de México, México, solo se trata adecuadamente el 32% de descargas municipales y el 26% de aguas industriales, el resto se arroja al ambiente sin ningún procesamiento, debido a la falta de drenaje y escaso tratamiento de las aguas municipales. (Poy & Nornadi, 2005).

Perspectiva del Caribe

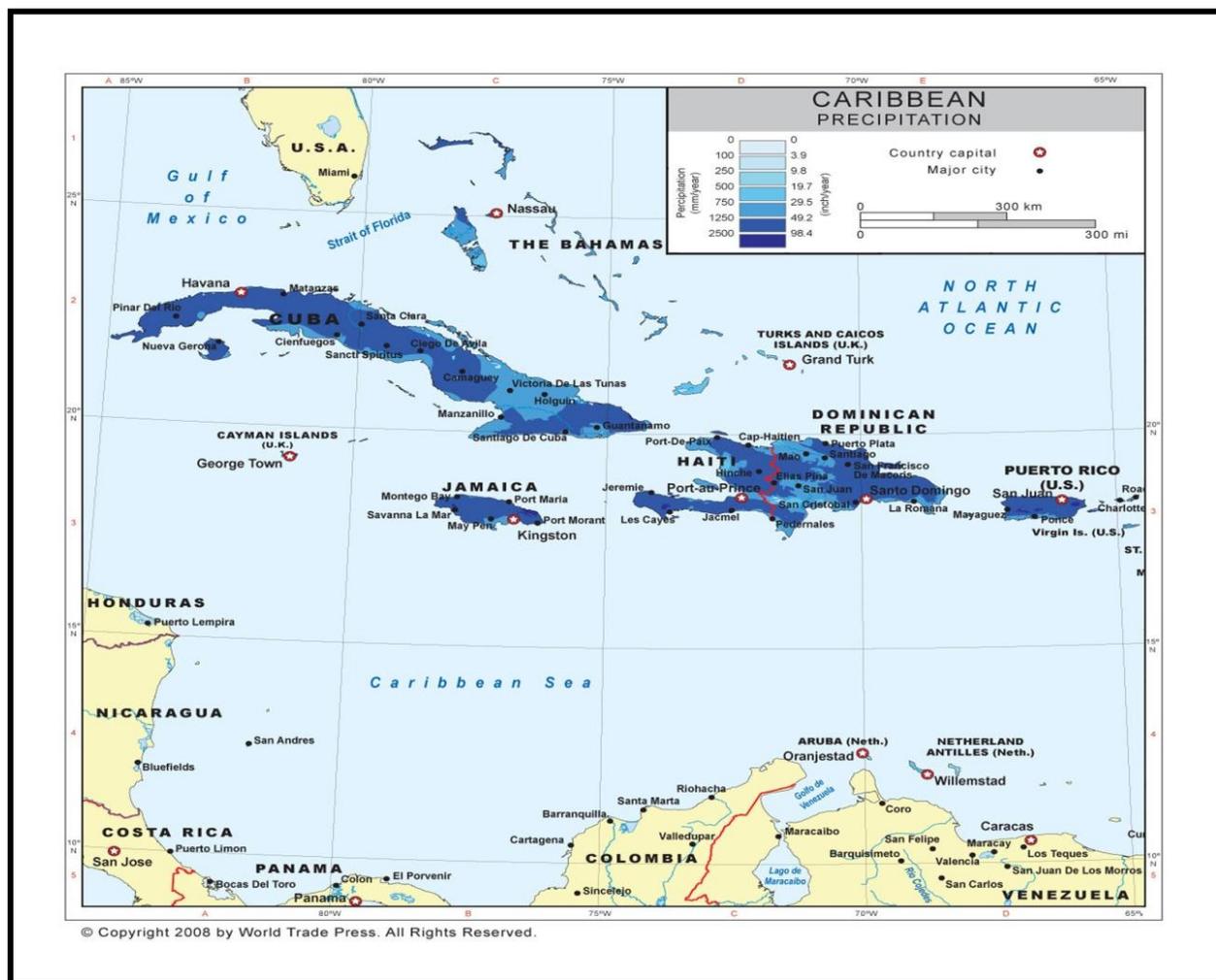
“La escasez de agua afecta a una de cada tres personas en todos los continentes del planeta. La situación está empeorando con el aumento de las necesidades de agua debido al crecimiento demográfico, el avance del proceso de urbanización y el aumento de los usos en los hogares y las industrias”¹³

En esta sección se expone el marco de la situación del agua en el Caribe Antillano. Presento las situaciones hidrológicas de las Antillas Mayores (Cuba, República

¹³ Organización mundial de la salud (sin fecha) Diez datos sobre la escasez de agua. <http://www.who.int/features/factfiles/water/es/index.html> (accedida, 4, marzo, 2010)

Dominicana, Haití, Jamaica y Puerto Rico) y finalmente se realiza un análisis de los problemas en común, las soluciones que se han utilizado y cuáles de ellas, si alguna, se podría implantar en Puerto Rico. El período de estudio de estos países cubre del 2005 al 2011 y la información previa se utilizó para establecer el marco hidrológico de algunas de las Isla. El **Mapa 3** muestra el promedio de precipitación para el Caribe.

Mapa 3 Precipitación anual en las Antillas Mayores



Según el **Mapa 3** las Antillas Mayores reciben un promedio de 1250 a 2500 milímetros (49 a 98 pulgadas) de precipitación durante todo el año, que es más que la precipitación

media del planeta tierra. Estas cantidades de precipitación hacen del Caribe una excelente fuente hidrológica. La gestión de los servicios de agua en el Caribe es muy ineficiente a pesar de los esfuerzos e iniciativas gubernamentales para tratar de mejorarlos.

Según el *Informe Regional sobre la evaluación 2000 en la Región de las Américas (2001)*, América Latina y el Caribe tenían para el 2000 aproximadamente 497 millones de habitantes, a diferencia de los 209 millones que había en 1960. Para el 2000, alrededor de 130 millones personas carecían de conexiones de agua potable en sus casas y 255 millones carecen de conexiones de alcantarillado y solamente alrededor de 86 millones están conectados a sistemas de saneamiento. Es decir que aunque con el pasar del tiempo ha aumentado la cobertura de conexiones de agua potable todavía en el 2012 hay regiones que no tienen acceso al agua potable.

El desarrollo y la industrialización han aumentado la demanda de agua en los centros urbanos, colocando así más estrés sobre la infraestructura hidrológica. En el siglo XX creció la población pobre en los centros urbanos, en consecuencia, esto creó problemas económicos y un problema sanitario muy complejo. El *Informe Regional sobre la evaluación 2000 en la Región de las Américas (2001)* establece que el Caribe cuenta con varias limitaciones que afectan al sector hidrológico, como lo es la estructura inadecuada del sector y de los organismos que prestan los servicios en los países, en especial, la excesiva división de responsabilidades y duplicación de funciones.

Los números de cobertura del servicio de agua para América Latina y el Caribe son alarmantes. Para el año 2000 no tenían acceso a alguna forma de agua potable limpia 76,540 millones de personas (Informe Regional Sobre la Evaluación en la Región de las

Américas, 2000). En el 2008 tuvieron acceso a fuentes de agua potable 117 millones de personas, mientras que todavía quedan 38 millones personas que no tienen acceso a fuentes de agua potable sin contaminantes (Joint Monitoring Program for Water Supply and Sanitation, WHO/UNICEF, 2008).

En las áreas rurales de América Latina y el Caribe, las soluciones van dirigidas al suministro de agua enfocados en los problemas de ingeniería (Informe Regional Sobre la Evaluación en la Región de las Américas, 2000, Página 13). En América Latina y el Caribe, solamente 241,311 millones de personas (48,61%) están conectadas a sistemas de alcantarillado sanitario y 151,921 millones de personas (30,60%) de la población, son atendidas por sistemas de saneamiento no centralizados como: letrinas, fosos sépticos, entre otros, los cuales si no se supervisan correctamente podrían afectar los acuíferos y el recurso agua en general. En el centro urbano de Puerto Rico, el porcentaje de agua que se trata es de 100%, República Dominicana 95%, en Cuba el 91%, en Jamaica el 90,45% y en Haití el 20%. Estas cifras son buenas comparadas con otras regiones como el Norte de África. La **Tabla 1** muestra la cobertura de agua potable en América Latina y el Caribe para los años 1960-2000.

Tabla 1 Evolución de la cobertura de agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe

Evolución de la cobertura en agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe (población en millones de habitantes)									
Año	Total	Con agua*		Con alcantarillado **		Con letrinas o tanques sépticos		Con algún grado de saneamiento	
1960	209	69	33%	29	14%	N.D.	–	N.D.	–
1971	287	152	53%	59	21%	N.D.	–	N.D.	–
1980	339	236	70%	95	28%	105	31%	200	59%
1990	429	341	80%	168	39%	116	27%	284	66%
Eval. 2000	497	420	85%	241	49%	152	31%	393	79%

* Con conexión domiciliaria o fácil acceso.
** Solamente alcantarillado, en la gran mayoría de los casos sin tratamiento de los efluentes.

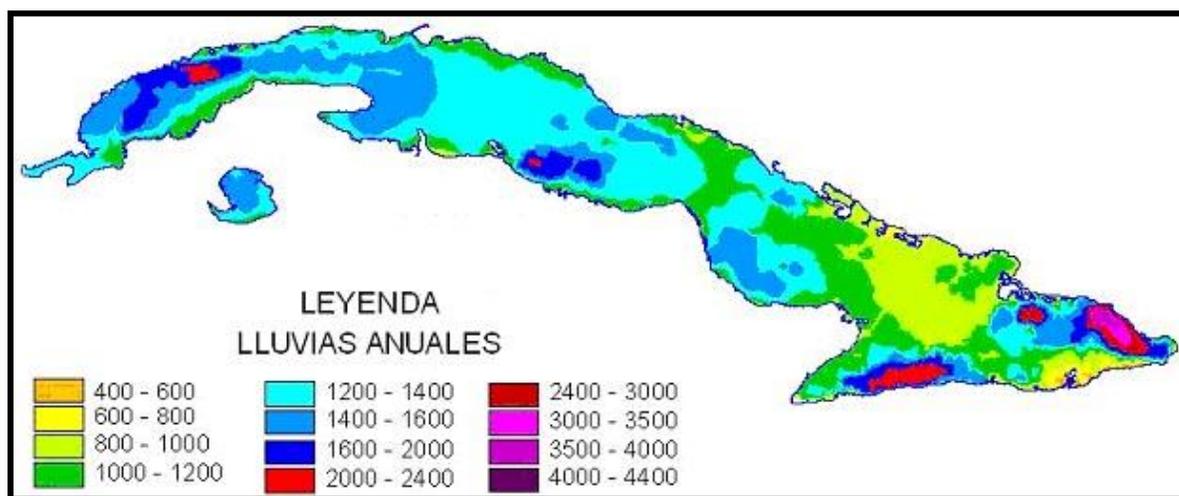
(Informe Regional Sobre la Evaluación en la Región de las Américas, 2000)

La última columna, de este cuadro (circulada en rojo) muestra el aumento de la cobertura de *algún grado de saneamiento*. Sin embargo, para el 2000 solo el 49% de los habitantes tenía alcantarillado. Como consecuencia del crecimiento urbano muchas ciudades tienen sus sistemas de alcantarillados sanitarios obsoletos, incapaces de hacer frente a la creciente demanda de aguas residuales. A continuación se presenta la situación de cada uno de los países de las Antillas mayores.

Cuba

Según la UNESCO, Cuba está en el puesto 102 respecto a una lista de 196 países con más agua disponible. Esta es la más grande de las Antillas mayores y al igual que Puerto Rico tiene una parte interior montañosa, la cual ayuda a la vasta precipitación que ambas islas reciben. El **Mapa 4** muestra el promedio de precipitación anual de Cuba.

Mapa 4 Promedio anual de las lluvias de Cuba (mm)



(INRH, 2003)

Desde 1963 al presente Cuba ha un gran parte de su presupuesto (2,000 millones) en a obras de infraestructura hidrológica. La infraestructura hidrológica en Cuba cuenta con 241 represas, 798 micro represas, 778 km de canales y 2,524 estaciones de bombeo. La Isla cuenta con un Programa de Manejo Integrado de las Cuencas Hidrográficas, que asegura la protección, la disponibilidad y el aprovechamiento de los recursos hídricos (INHR, 2003).

A pesar de que Cuba cuenta con una cantidad por encima del promedio mundial de precipitación, según el mapa de la página 37, se encuentra en la categoría “de vulnerable” aunque no experimente estrés hídrico. Esta categoría de vulnerabilidad podría responder a las sequías y sistema de infraestructura deficiente como señalamos más adelante. El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos es el organismo encargado de organizar y dirigir la protección de las aguas terrestres, cuencas, cauces naturales, las obras e instalaciones hidráulicas contra peligros de contaminación, degradación, calidad de las aguas, además de la distribución, según decretado por la Ley Núm. 114 del 6 de junio de 1989.

Dentro del marco legal cubano la higiene es prioridad y dentro de la higiene, el abasto de agua es el objetivo más importante de éste. Esta prioridad reduce los riesgos de un estrés hidrológico. En el 2004, 2005 y en noviembre 2008, Cuba sufrió una de sus peores sequías meteorológicas desde el 1936 (INHR, 2003). Las provincias más afectadas de la sequía del 2004 fueron: Villa Clara, Sancti Spíritus, Camagüey, Las Tunas, Holguín y Granma; destacándose además Ciego de Ávila y Santiago de Cuba. La sequía es un fenómeno acumulativo y ese efecto se refleja en el agotamiento de los recursos hídricos, de difícil recuperación en un corto plazo de tiempo.

Aunque Cuba ha invertido una gran cantidad de dinero en infraestructura y cuenta con un plan integral de manejo, tiene en mal estado sus redes de distribución y se pierde hasta la tercera parte del agua que se bombea para el consumo en los diferentes sectores de consumo. No obstante, el 95% de la población cubana recibe los servicios de agua potable (Lara, 2006).

Como parte de la política pública de Cuba sobre el recurso agua, se han creado varias iniciativas para la conservación y protección del recurso. Entre ellas se encuentran: el Programa de Ahorro y Uso Racional del Agua (PURA), programas de reforestación y el *Programa Nacional de Cuencas*. El programa PURA propone revisar constantemente la infraestructura para eliminar salideros y verificar el cumplimiento de las medidas de ahorro y utilizar riego de goteo o medidas agrícolas que ahorren agua. Además, en momentos de debate expone ideas y propone acciones para que se utilicen las medidas de ahorro y uso racional del recurso agua. Para divulgar las acciones que promuevan la disminución del consumo de agua utiliza: expresiones en murales, publica afiches y carteles, envía mensajes a través de la radio y otros medios de divulgación

En Cuba la iniciativa de reforestación surge como propuesta del Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo y reflejado en la Estrategia Ambiental Nacional de la República de Cuba, como estrategias para luchar contra la desertificación y sequía en el plan Programa de Acción Nacional Contra la Desertificación y la Sequía. (PAN). En su plan, *Programa Nacional de Cuencas*, considera la reforestación de las cuencas como pieza clave, no solo para la sustentabilidad ambiental, sino para la conservación de agua. Como parte de esta iniciativa se adoptó la definición de la Organización Mundial de Meteorología 1992 sobre la sequía. La cual la define como un período de condiciones

meteorológicas secas y suficientemente largas de falta de precipitación que puede causar un gran desbalance hidrológico. Dentro de esta definición se derivan tres tipos de sequías: meteorológica¹⁴, hidráulica¹⁵ y agrícola¹⁶. La sequía en Cuba es manejada por el *Plan Nacional para el Manejo de Sequía*. Este plan establece que se reduzca el agua a un nivel que no cause grandes efectos en la población hasta la llegada de lluvia a los territorios. Parte de las estrategias para lidiar con esta crisis ha sido el boletín que emite el INRH cada mes y en momentos de crisis lo hace cada semana. Este boletín se especializa en información sobre los niveles de precipitación, nivel de embalses y nivel de los acuíferos. Este informe permite prevenir los efectos de la sequía en el caso que ocurra y alerta a la población sobre los mismos para que no los tome desprevenidos.

República Dominicana

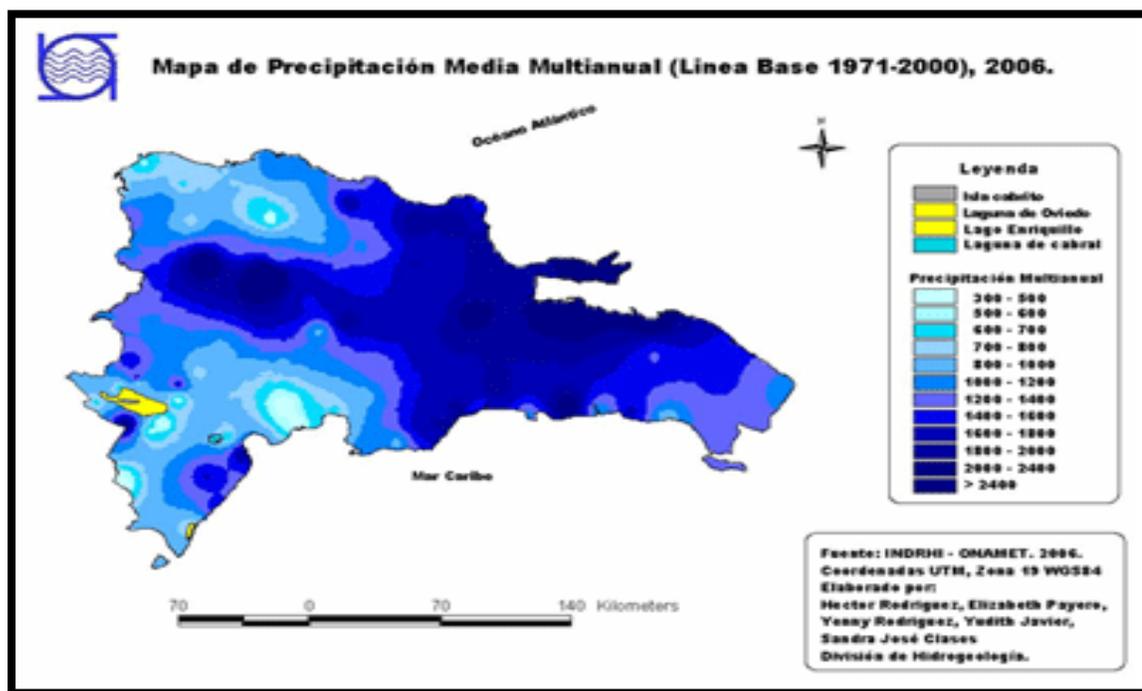
Según UNESCO la República Dominicana ocupa la posición 123 de 196 de países con más recursos hidrológicos disponibles. El **Mapa 5** muestra la distribución de la precipitación que recibió la República Dominicana durante el período de año 1971-2006.

¹⁴ Ocurre cuando se observan lluvias inferiores a las esperadas

¹⁵ Ocurre cuando las aguas subterráneas llegan a un agotamiento que deja de alimentar aquellos ríos que normalmente los drenan

¹⁶ Ocurre cuando se observan lluvias inferiores a las esperadas para un periodo superior admitido por los cultivos

Mapa 5 Promedio de Precipitación para República Dominicana (mm)



(INDRHI, 2006)

En el 1965 se creó el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI). Antes de su creación República Dominicana tenía un pobre desarrollo hidrológico, que se definía por la ausencia de grandes represas y embalses para el almacenamiento del agua, enfocados en el riego de miles de tierras agrícolas. Luego de la creación del INDRHI el área agrícola bajo riego aumentó de casi 15 millones a 28 millones de hectáreas. También incrementó la capacidad de almacenamiento en los embalses, aumentó de cero a 1,637 millones de metros cúbicos.

A pesar de toda la cantidad de lluvia que recibe la República Dominicana, la manifestación de estrés hídrico es patente. El crecimiento poblacional, uno de los factores del estrés hídrico, ha causado la sobre explotación de los acuíferos subterráneos. Otro de los problemas hidrológicos es la sequía. Durante 2011 la República Dominicana atravesó por una sequía meteorológica que ha deteriorado todo el país. La Corporación

del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD) disminuyó un 40 por ciento en los sistemas Haina-Manoguayabo y Duey, debido a la sequía. Las pocas lluvias que se registraron en los últimos cuatro meses en el país, ha reducido el nivel de las aguas en los principales sistemas que abastecen. El Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA) tiene un plan para mitigar los efectos de la sequía, este incluye la disminución del servicio de agua a la población. De seguir constante el crecimiento poblacional y de no mitigarse la sequía, la situación hidrológica del país podría empeorar. Y aunque se había pronosticado que las lluvias serían pocas, en el mes de Julio (2011) la República Dominicana fue azotada por fuertes lluvias torrenciales, terminando así la sequía.

República Dominicana no ha desarrollado aun un Plan Hidrológico; ni una visión integral a largo plazo (Rodríguez, 2010), la mayoría de las soluciones propuesta son a corto plazo, aunque tienen otros planes de educación. Este problema es similar al que enfrenta Puerto Rico donde también las soluciones son a corto plazo.

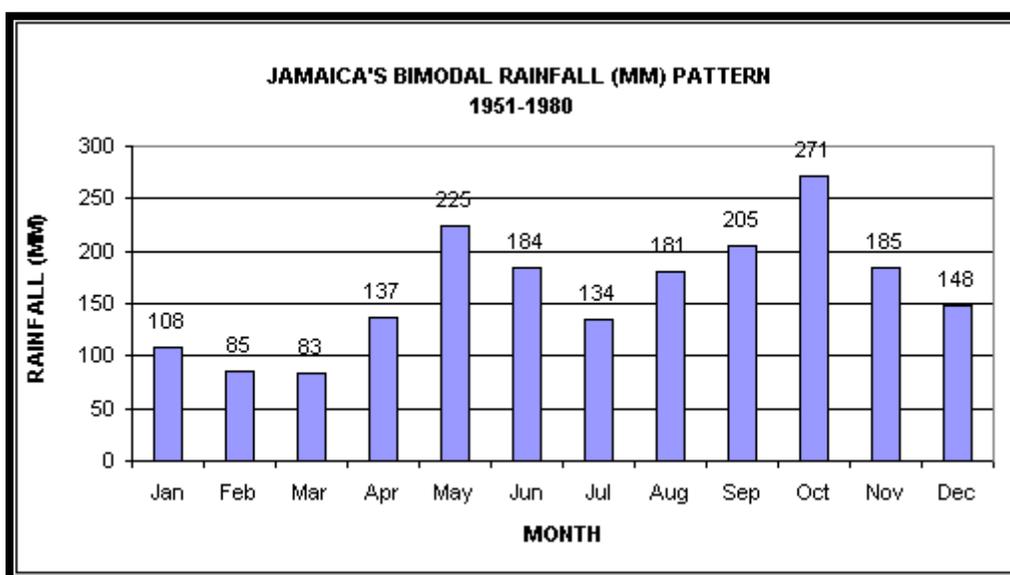
Una de las maneras para mitigar los problemas del agua, ha sido la implantación del Programa Cultura del Agua. Dicho proyecto tiene como fin educar a la población civil sobre la toma de decisiones relacionadas al uso, conservación, protección, distribución y manejo del agua. Además, República Dominicana ha intentado minimizar sus problemas del agua con la reforestación de cuencas hidrográficas. El plan de reforestación de cuencas hidrográficas surge como parte del *Plan Nacional Quisqueya Verde* de 1997. Este responde al cumplimiento con los acuerdos de los *Objetivos del Milenio de la ONU* y se enfoca en conservar el agua y combatir la desertificación. Como parte del plan se han sembrado ya más de 90 millones de árboles. También en enero de este año la

Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana (EGEHID) implementó varios programas de siembra de árboles para mantener la producción de agua. Uno de estos proyectos impacta directamente la cuenca del Río Yaque del Sur, que desemboca en el Mar Caribe, siendo ésta una de las cuencas más grande y más importantes de República Dominicana.

Jamaica

La **Gráfica 2** presenta el promedio de precipitación de Jamaica del 1951 al 1980.

Gráfica 2



(Water Resources Authority, Jamaica 1980)

La gráfica anterior y el **Mapa 3** (pág. 44) muestran que Jamaica cuenta con una vasta cantidad de agua, no obstante, los recursos están mal distribuidos en tiempo y lugar. La mayor cantidad de lluvia que recibe la isla de Jamaica es de 5,080 mm (2008) y proviene de las Montañas Azules, área de mayor precipitación y captación en la Isla.

Según el **Mapa 2** en la página 34, la isla de Jamaica se encuentra en la categoría de vulnerable, aunque no experimento estrés hídrico. La infraestructura deteriorada y la falta de mantenimiento de los sistemas de drenaje son parte de los problemas hidrológicos de la Isla (Jamaica *Ministry of Water*, 1999). También el agua destinada a la irrigación, muy importante en Jamaica, no es autosustentable y el gobierno tarda mucho en recuperar el gasto invertido en al agua utilizada para la agricultura.

Uno de los primeros intentos para establecer programas para la conservación y buen manejo del recurso agua en Jamaica fue el *Water Shed Protection Act 1963*. La misma implementaba un plan de protección de sedimentos y contaminantes para las cuencas hidrográficas. No es hasta el 1985 que surge la Autoridad de Recursos Hidrológicos (WRA por sus siglas en inglés). Esta entidad tiene la responsabilidad de regular, controlar y manejar los recursos hidrológicos. La Comisión Nacional de Agua es responsable por la distribución del agua en el sector urbano en la Isla. La mayoría de los residentes de las áreas urbanas tienen acceso a agua potable. Hay lugares que tienen hasta un 97% de acceso, pero en las áreas rurales solo el 39% tiene acceso al agua potable (*Jamaica Ministry of Water*, 1999).

La política pública del gobierno es crear unos estándares mínimos sobre los servicios sanitarios para la subsistencia de la vida y salud pública, la cual debe estar accesible a toda la ciudadanía. Con el propósito de cumplir con este mandato se han creado varias iniciativas tales como la creación de un Plan Integral de Manejo de Recursos Hidrológicos, el Plan Integral de Irrigación y los planes de cuencas hidrográficas. De estos planes se han completado 7 en las principales 10 cuencas hidrográficas y se ha

implementado un plan educativo para concienciar a la ciudadanía sobre la importancia del agua (Jamaica *Ministry of Water*, 1999). Otro de su plan de manejo es la Ley de Recursos de Agua (1995), la cual fue promulgada en el Parlamento jamaicano en septiembre de 1995 y convertida en la Ley el 1 de abril de 1996. Esto marcó un esfuerzo de 25 años para corregir las carencias en la legislación sobre la administración apropiada, el desarrollo y el empleo óptimo de los recursos de agua de la Isla.

Haití

El promedio anual de precipitación de Haití (**Mapa 3**) es de 1400 milímetros de lluvia. Y como muestra el **Mapa 6** este país posee muchos recursos hidrológicos, alrededor de 30 ríos principales y sobre 100 ríos pequeños.

Mapa 6 Recursos hidrológicos de Haití



(WRA, 2000)

La falta de abastecimiento de agua potable en Haití es un problema muy serio, aunque el país tenga una precipitación media anual de 1,400 milímetros que ya habíamos dicho es superior al promedio mundial. Lo cual esperaríamos que esa precipitación abundante sea agua suficiente para satisfacer las necesidades de la población. Cada año, algunas áreas reciben sólo 400 milímetros de precipitación, mientras otras áreas reciben 3,600 milímetros. Aproximadamente sólo el 10 por ciento del agua total disponible en el país es usada por el sector doméstico y del 90 por ciento restante es utilizado para la irrigación.

Actualmente, podemos decir que según establecidos los parámetros Haití experimenta estrés hídrico. La densidad poblacional por milla cuadra es mayor de 48 mil habitantes y

su crecimiento poblacional es uno de los más altos de planeta. Por lo que el factor poblacional es un factor determinante que agrava el problema de abastos. No sólo el sistema de abasto en las áreas rurales es defectuoso, sino que en muchos lugares no existe. Con el terremoto del 2010 la situación debe haberse deteriorado. Esto sumado a la distribución desigual de precipitación, al aumento poblacional y la pobre utilización de los recursos disponibles de agua, son las causas principales del pobre abastecimiento de agua. Contribuye a esto también la ausencia de un plan de uso y manejo integral. En 1990 sólo el 39% de 5.9 millones de habitantes tenía acceso a agua y sólo el 24% a sistemas de sanidad (*Water Resources Assessment of Haití, 2000*).

Se puede decir que en el 2011 no hay una política pública comprensiva respecto al agua. Muchas agencias gubernamentales y no gubernamentales trabajan para proveer agua a la ciudadanía, muchas de las cuales realizan su trabajo con poca o ninguna coordinación entre ellas, lo que en muchas ocasiones multiplica los esfuerzos (*Water Resources Assessment of Haití, 2000*).

La deforestación es otro factor que aporta a la crisis hidrológica de Haití. Lac de Peligre, la reserva natural más grande del país ha perdido 30% del almacenamiento de agua, debido a la sedimentación causada por la deforestación (*Water Resources Assessment of Haití, 2000*). La deforestación causa serios problemas como la aceleración de la erosión del suelo, disminuye el porcentaje de recarga de los acuíferos, aumenta la escorrentía superficial y a su vez afecta a los corales y ecosistemas; igualmente incrementa la turbidez, afecta manglares y disminuye la producción agrícola. Estos problemas se

suman a la falta de accesibilidad de los datos hidrológicos para tener un cuadro claro de la magnitud del problema que enfrentan ellos

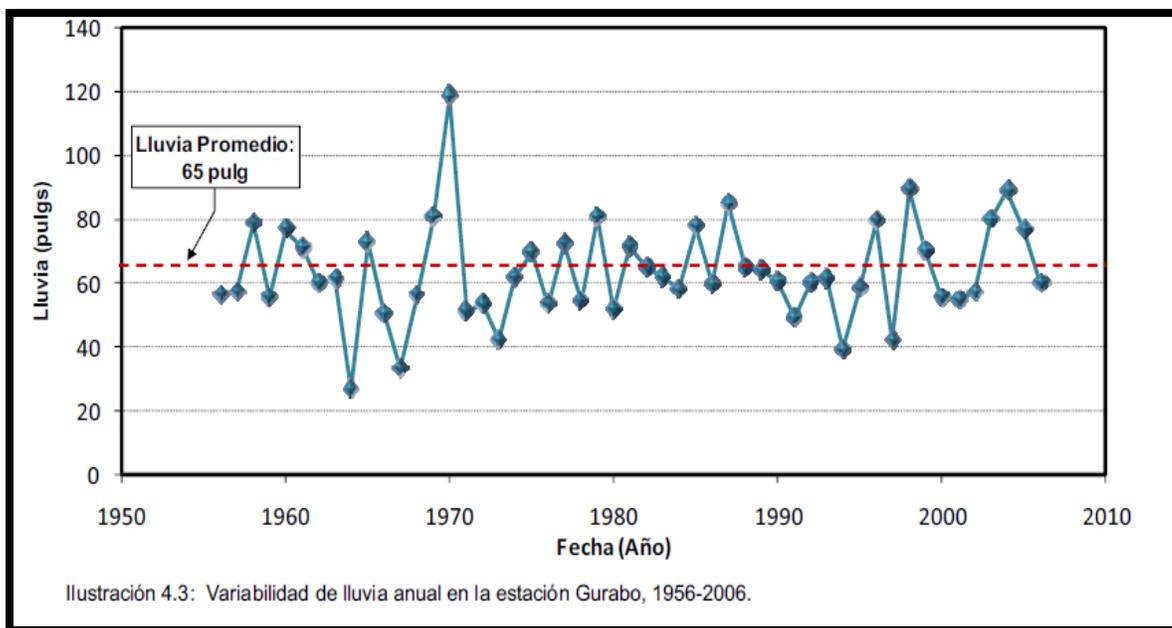
Haití no tiene una política comprensiva de agua. Las leyes actuales relacionadas con el agua están fragmentadas, al igual que las agencias que las ponen en vigor. Sin embargo, en los últimos años (2010-2011), el Ministère des Travaux Publics y los Transportes et Communications (MTPTC) reconocieron la necesidad de realizar una gestión comprensiva nacional del agua y se creó el Unité de Reformé du Secteur en Eau Potable (URSEP). Las agencias de gobierno trabajan actualmente para establecer una nueva política de agua potable. Luego de este proyecto se espera que desarrollen una política de saneamiento nacional que incluya nuevas leyes y la creación de una agencia reguladora.

El gobierno como parte de sus estrategias para minimizar el problema del agua, ha decidido crear un plan de manejo de cuencas hidrográficas. Si se siguen las recomendaciones de la implantación de un manejo de cuencas hidrográficas, se podría reducir los desperdicios no tratados que entran al sistema de agua y la deforestación y esto en consecuencia aumentaría la expectativa de vida y mejoraría la sanidad y la salud de los haitianos.

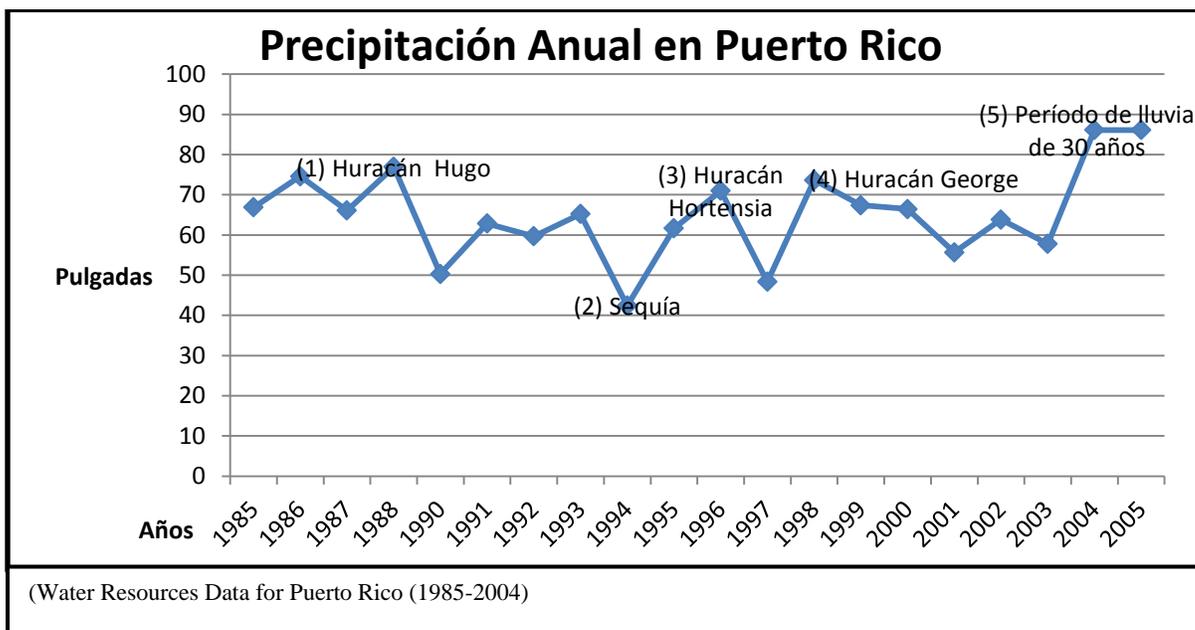
Perspectiva Puerto Rico

Examinemos ahora el caso de Puerto Rico en cuanto al manejo del agua y los problemas comunes que comparte con el resto de las Antillas. Para tomar en cuenta la planificación de los abastos de agua es importante conocer la cantidad de precipitación que recibe la Isla y donde cae. Este conocimiento nos permite conocer cuáles son las áreas de captación, lo cual es imprescindible para la construcción de áreas de almacenamiento (embalses) y transportación a pueblos con precipitación baja. Según la **Gráfica 3**, confeccionada por DRNA, la precipitación anual en Puerto Rico en períodos de 10 años, desde el 1950 hasta el 2010 es de 65 pulgadas anuales. Mientras que la **Gráfica 4**, diseñada por el USGS muestra el promedio de precipitación del 1985 al 2005.

Gráfica 3 Promedio de Lluvia de 1950-2010



Gráfica 4 Promedio de Lluvia de 1985-2005

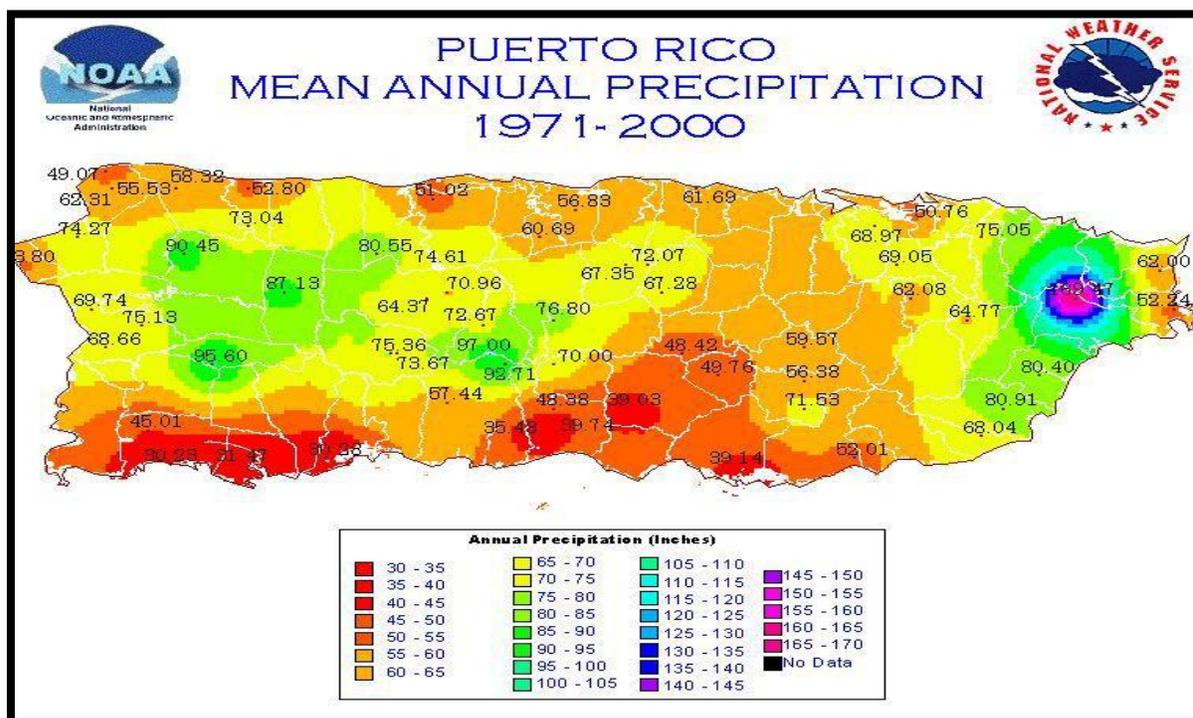


El promedio de precipitación según el USGS es de 70 pulgadas. Científicos como J.D Neelin (2006) argumentan con varios modelos de cambios climáticos, que el Caribe podría ser un área propensa a recibir largos períodos de poca precipitación y sequía. Sin embargo, el promedio de la precipitación de los últimos 24 años se ha mantenido constante en Puerto Rico, excepto por alguna leve variación, debido a una situación extrema de clima, ya sea por huracanes o por fuertes lluvias. Debe señalarse que la manera en que se presenta la información en cada gráfica, no permite al investigador/a tener un dato exacto por año.

A pesar de toda la lluvia que cae en Puerto Rico, como observamos anteriormente y de toda la producción de agua existente que veremos mas adelante, el **Mapa 2** (página 44) muestra que la Isla esta vulnerable a un estrés hídrico.

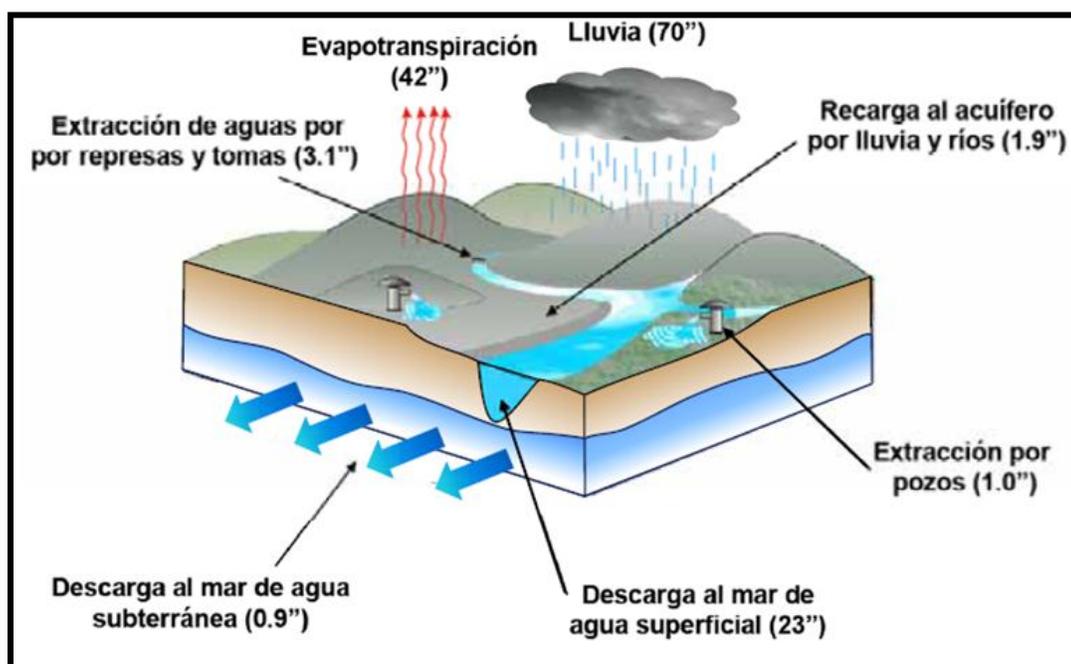
Además, una mirada a los **Mapa 7 y 8** nos indica que la distribución de la precipitación no ha sido uniforme durante el período 1930-2000. La estabilidad de cantidad de

Mapa 8 Distribución de la precipitación en Puerto Rico 1970-2000



Para iniciar la discusión del caso de Puerto Rico es necesario saber que no toda el agua que cae se almacena. En la **Ilustración 3** mostramos el presupuesto de agua de Puerto Rico. La misma muestra donde se almacenan, se pierden, se evaporan, se descargan y se extraen el promedio anual de 70 pulgadas que caen de lluvia.

Ilustración 3 Presupuesto de agua para Puerto Rico

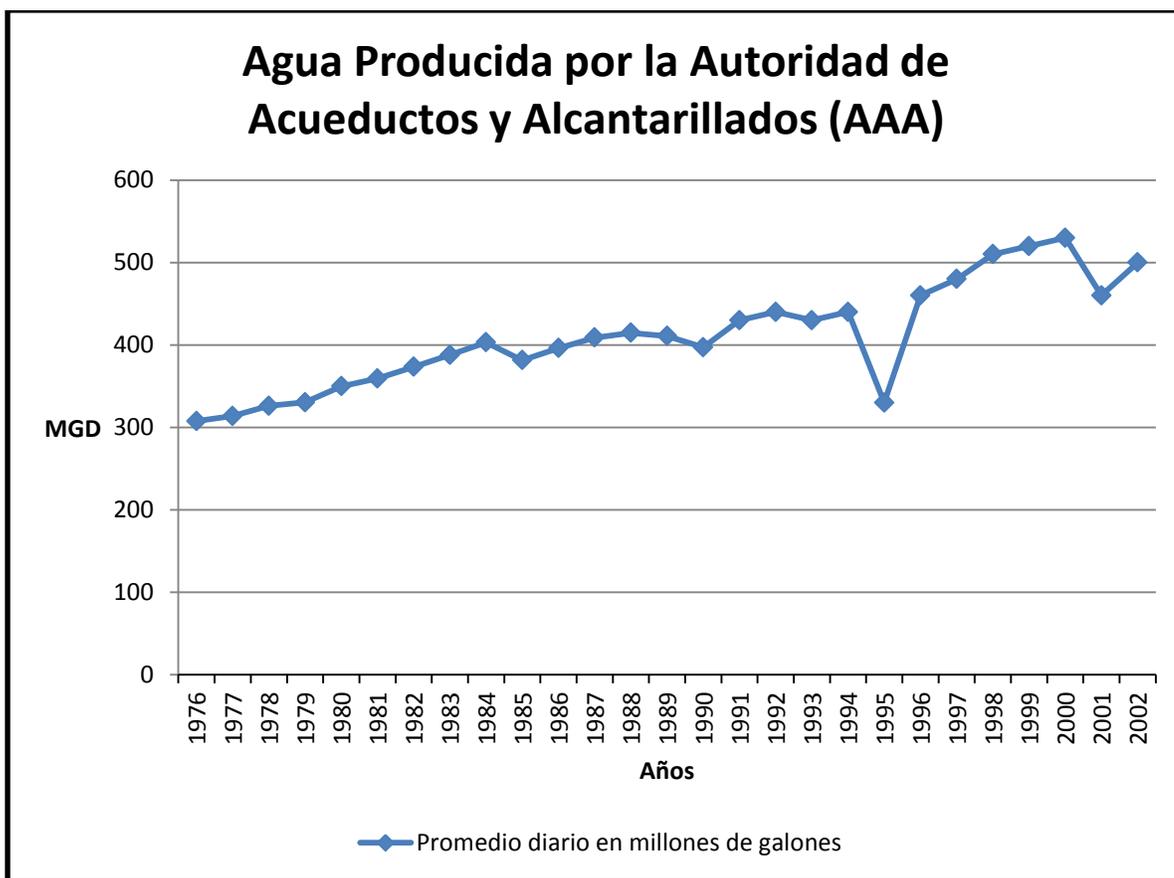


(DRNA, 2008)

De las 70 pulgadas anuales de precipitación, sólo 1.9 va dirigida a recargar los acuíferos, 3.1 pulgadas van destinadas a las tomas de aguas de la AAA y 42 pulgadas del agua que cae, se pierde por evapotranspiración. Lugares con poca precipitación dependerán de pozos y acuíferos y de embalses con capacidad de suplir agua. No obstante, la cantidad de lluvia que cae por región no es uniforme, eso limita las recargas de los sistemas de abastos. Es decir, si llueve en los lugares que no hay áreas de captación de agua es como si no lloviera, pues esa agua no es almacenada, es decir se pierde.

Otra dimensión que nos permite tener un cuadro más amplio de la problemática del agua en Puerto Rico tiene que ver con la producción de agua. La **Gráfica 5** que muestra el aumento de agua producida desde el 1976 hasta el 2002.

Gráfica 5 Agua producida por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillado (AAA)



(AAA, 2002)

La gráfica anterior muestra como al pasar de los años, la cantidad de agua producida ha aumentado. Esto podría ser un indicador de que la demanda de agua ha aumentado. Según el *Estimated Water Used in Puerto Rico (2005)* una familia promedio de cuatro personas en Puerto Rico utiliza alrededor de 365 de galones diarios de agua. Esta cantidad es comparable con la de Estados Unidos, pero es casi el triple de lo que se consume en Latinoamérica. El consumo de agua doméstica está estimado en 375 mgd para Puerto Rico. Esta gráfica nos muestra que el consumo de agua en la Isla ha aumentado exponencialmente, mas adelante veremos esta gráfica para compararlo

conjuntamente con el factor crecimiento poblacional y el factor de precipitación. Este análisis podría tener una implicación en cuanto a la aplicabilidad de los modelos de planificación en Puerto Rico.

Como hemos observado en las diferentes gráficas tanto la producción de agua como la precipitación han sido constantes en la Isla y aún cuando en el 1994, año de sequía, cayeron 40.42 pulgadas, cantidad menos del promedio mundial de 50 pulgadas. Antes y después de la sequía¹⁷ del 1994, el promedio de lluvia no había bajado significativamente. Podríamos inferir que aunque cayó una cantidad significativa de lluvia, antes de la sequía del 1994, esa lluvia no pudo prevenir la sequía. Además, cabe destacar, que Puerto Rico en el 2008 fue el 6to país con más densidad de represas por milla cuadrada (George Ortiz, 2008). Esto significa que había lugares de almacenamiento y que el problema no se debía a su ausencia. Nos preguntamos: si llovió constantemente durante los años anteriores al 1994 ¿Por qué hubo sequía? ¿Qué ocurrió con la infraestructura de almacenamiento? ¿Estaban sedimentados los embalses? ¿Falló esta infraestructura en retener esa agua o falló el gobierno en el uso y manejo efectivo del recurso? Trataremos de contestar algunas de estas interrogantes en la sección siguiente.

La deforestación contribuye a la problemática hidrológica de Puerto Rico. El intenso proceso de deforestación que se dio en la Isla a finales del siglo XIX y las primeras décadas del siglo XX, provocó que en los años cuarenta sólo el 6% de la Isla mantuviera una cubierta de bosque (Koenig, 1953). En el año 1990 la cubierta de bosque había

¹⁷ Según definida por el gobierno y los meteorólogos la sequía es la ausencia de precipitación en un periodo de tiempo, sin embargo esta definición no incluye la sequía política que resulta de un mal manejo de los recursos.

aumentado a 32% (Franco, Weaver y Eggen- McIntosh, 1990). La consecuencia de la eliminación de la cubierta boscosa ha sido la erosión de suelos que a su vez provoca la sedimentación de ríos y embalses reduciendo así la recarga de los acuíferos. También en áreas sin árboles, la tasa de evaporación es muy alta, contribuyendo así a la sequía terrestre y en consecuencia causando erosión.

Durante la década del 50 del siglo XX bajo la administración del entonces Gobernador Muñoz Marín se creó un plan de reforestación dirigido a reforestar las áreas impactadas por la agricultura. Un ejemplo de una de estas áreas forestada es lo que hoy día forma parte del área boscosa de Cayey. Aunque, Puerto Rico cuenta con planes dirigidos a la reforestación es muy poco lo que se ha hecho sobre este asunto en la Isla.

En la actualidad no existe un plan concertado de reforestación a largo plazo, lo que existe es el Programa de Forestación Urbana y Comunidades (PFUC), el cual es administrado por el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) con el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos por sus siglas en inglés de (USFS). Este provee ayuda financiera a comunidades, entidades públicas y municipios para el manejo de recursos forestales. Un ejemplo de esto es el *Plan de Conservación de la Cuenca del Estuario de San Juan*.

Uno de los primeros intentos por continuar con la labor de reforestación ocurrió en 1999, cuando se aprobó la Ley Núm. 213 de 5 de agosto de 1999, según enmendada, conocida como “Ley de Bosques Urbanos de Puerto Rico”. Esta ley tiene el propósito de manejar, restaurar y conservar los bosques de Puerto Rico. En el 2004 hubo otro esfuerzo por reforestar la Isla titulado *Reforestando 100x35*. Sin embargo, no es hasta el año 2010 que se creó una ley oficial para la reforestación. Esta es la Ley 214 de 21 de diciembre de

2010, denominada Ley de Programa de Reforestación de Puerto Rico Verde; el cual estimula la reforestación de las cuencas, además de incluir a los árboles.

Una manera de conservar el agua en la Isla, implantada ya por la mayoría de las Islas del Caribe, ha sido la formulación e implementación de un plan integral de reforestación de cuencas hidrográficas. En la Isla lo que existe es una guía de reforestación de cuencas hidrográficas. Esta Guía de reforestación de Cuencas Hidrográficas establece los pasos para reforestar cualquiera de las cuencas hidrográficas de la Isla. Esta estrategia de reforestación no es obligatoria a nivel gubernamental y su implantación es totalmente voluntaria. En Puerto Rico no existe un plan nacional de reforestación de cuencas hidrográficas. La necesidad de reforestar las cuencas hidrográficas en la Isla es de vital importancia para la conservación del recurso agua para Puerto Rico. Cada vez que ocurren eventos catastróficos como sequías, se evidencia el problema que representan los embalses sedimentados. Es así, ya que el espacio que pudo haber ocupado el agua almacenada para mitigar la sequía lo está ocupando el sedimento.

En Puerto Rico existe una reglamentación extensa dirigida a la conservación y al buen uso del agua, que incluyen:

- *Reglamento para el control de Agua subterránea*
- Estándares de calidad de agua
- Folletos informativos sobre la importancia de la conservación y el buen uso del recurso
- Estimado de demanda de agua
- Plan Integral para el Manejo del Recurso Agua (2008)

- Ley Núm. 9 del 18 de junio de 1970, efectiva el 1 de julio de 1970, según enmendada hasta el 4 de marzo de 2000. Ley de Política Pública Ambiental.
- Ley Núm. 408 de 22 de septiembre de 2004. Ley de Aguas.
- Ley Núm. 136 del 3 de junio de 1976 efectiva el 3 de junio de 1976 según enmendada hasta el 1998. Ley para la Conservación, el Desarrollo y el Uso de Recursos de Agua de Puerto Rico.
- Guía de Reforestación de Cuencas Hidrográficas de Puerto Rico (1997)

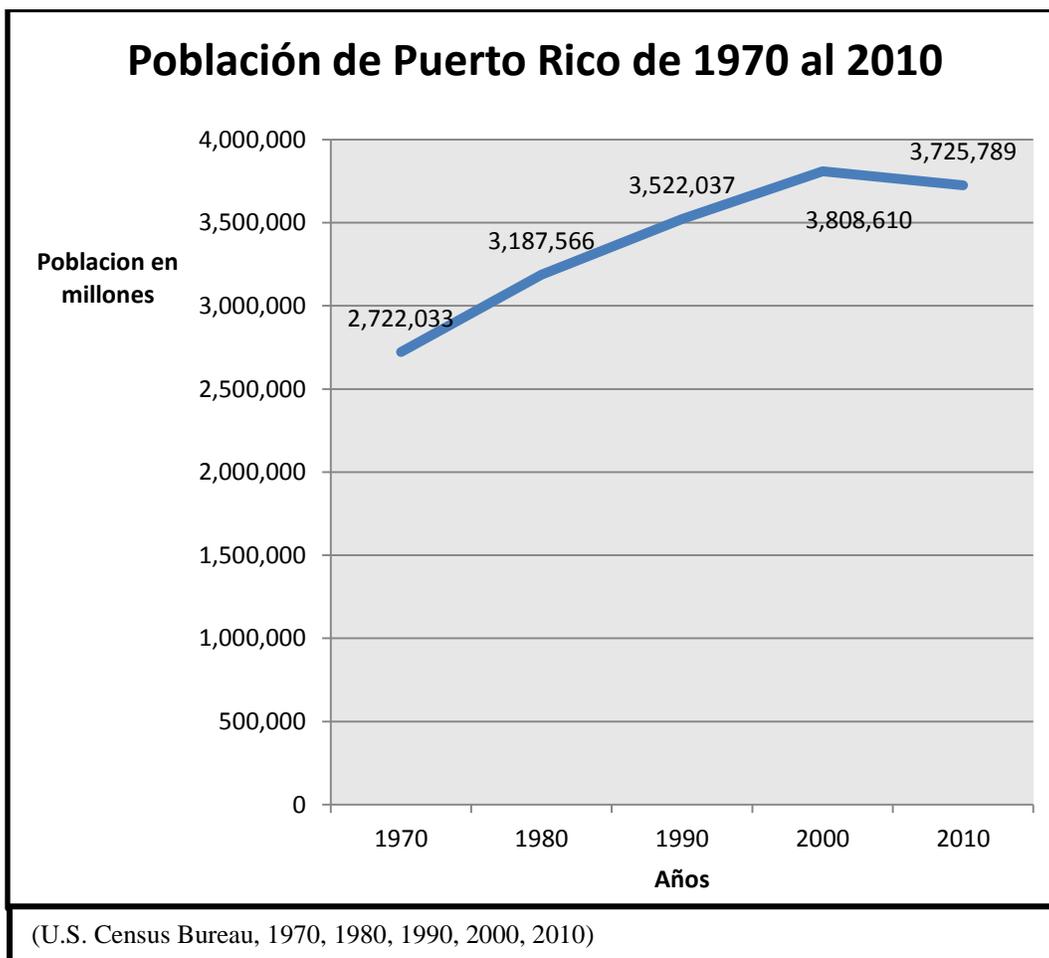
No obstante, el *Plan Integral Para el Manejo, Conservación y Uso de los Recursos de Agua de Puerto Rico (2008)* es la herramienta básica mediante la cual se cumple con la política pública respecto al agua en Puerto Rico y busca entre otras cosas minimizar el estrés hidrológico y posibles sequías. El Estado Libre Asociado de Puerto Rico ha creado este documento para proteger, garantizar el suministro y calidad del agua, establecer guías sistemáticas para la evaluación de propuestas de infraestructura, establece prioridades de manejos y provee continuidad a la planificación y manejo del agua en Puerto Rico. Esto queda establecido en La Ley Núm. 136 de 3 de junio de 1976, según enmendada, conocida como "Ley para la Conservación, el Desarrollo y Uso de los Recursos de Agua de Puerto Rico". En ella se le requiere al Secretario del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales preparar, adoptar y mantener un Plan Integral de Conservación, Desarrollo y Uso de los Recursos de Agua de Puerto Rico.

El lector se preguntara si existe toda esta reglamentación con relación al buen uso y manejo del agua ¿Por qué entonces la Isla enfrenta problemas relacionados al agua? La falta de implantación de estos reglamentos y leyes deja un gran margen para que la ciudadanía, desarrolladores y contratistas utilicen el recurso agua como ellos entiendan es lo mejor, situación que podría ser contraria a todo lo que establecen los reglamentos y leyes. Otro de los problemas es que el Plan Integral actual realmente no integra los

esfuerzos de otras agencias, sino que sólo se enfoca en la visión de DRNA. Adicional a esto se duplican esfuerzos por parte de muchas de las agencias, resultando en la pérdida de recursos. También hay que destacar, que una cosa es que exista en la Isla un amplio campo legal que reglamente la conservación y el uso del agua. No obstante, otra es la realidad, a juzgar por esta en la que se pierde más agua de la que se produce, problemas burocráticos entre otros, lo cierto es que los recursos y esfuerzos que se destinan hacer cumplir las leyes y sus propósitos son pocos.

Como explicamos en dos secciones anteriores el crecimiento poblacional es un factor que crea el estrés hídrico, exploremos pues la realidad de Puerto Rico en este campo. Las primeras gráficas que se presentan a continuación ilustran el crecimiento poblacional en La Isla y la relación entre la población de Puerto Rico y el agua. En la **Gráfica 6** se presenta el crecimiento de la población de Puerto Rico desde la década del 70 hasta el 2010.

Gráfica 6



El aumento en la población ha sido lento pero constante hasta el 2010, según la **Gráfica 6**. Si la población aumenta, se esperaría que la demanda de agua aumentara, pero esto no es necesariamente cierto. Si bien es cierto que mientras hay un crecimiento poblacional constante, podríamos deducir que habría menos agua disponible porque hay mas población utilizando el mismo recurso. Sin embargo, esta misma relación inversamente proporcional no se debe asumir con la demanda de agua y el crecimiento poblacional. Debemos establecer la diferencia entre el aumento poblacional respecto a la

disponibilidad del recurso y otra es el crecimiento poblacional respecto a la demanda por agua.

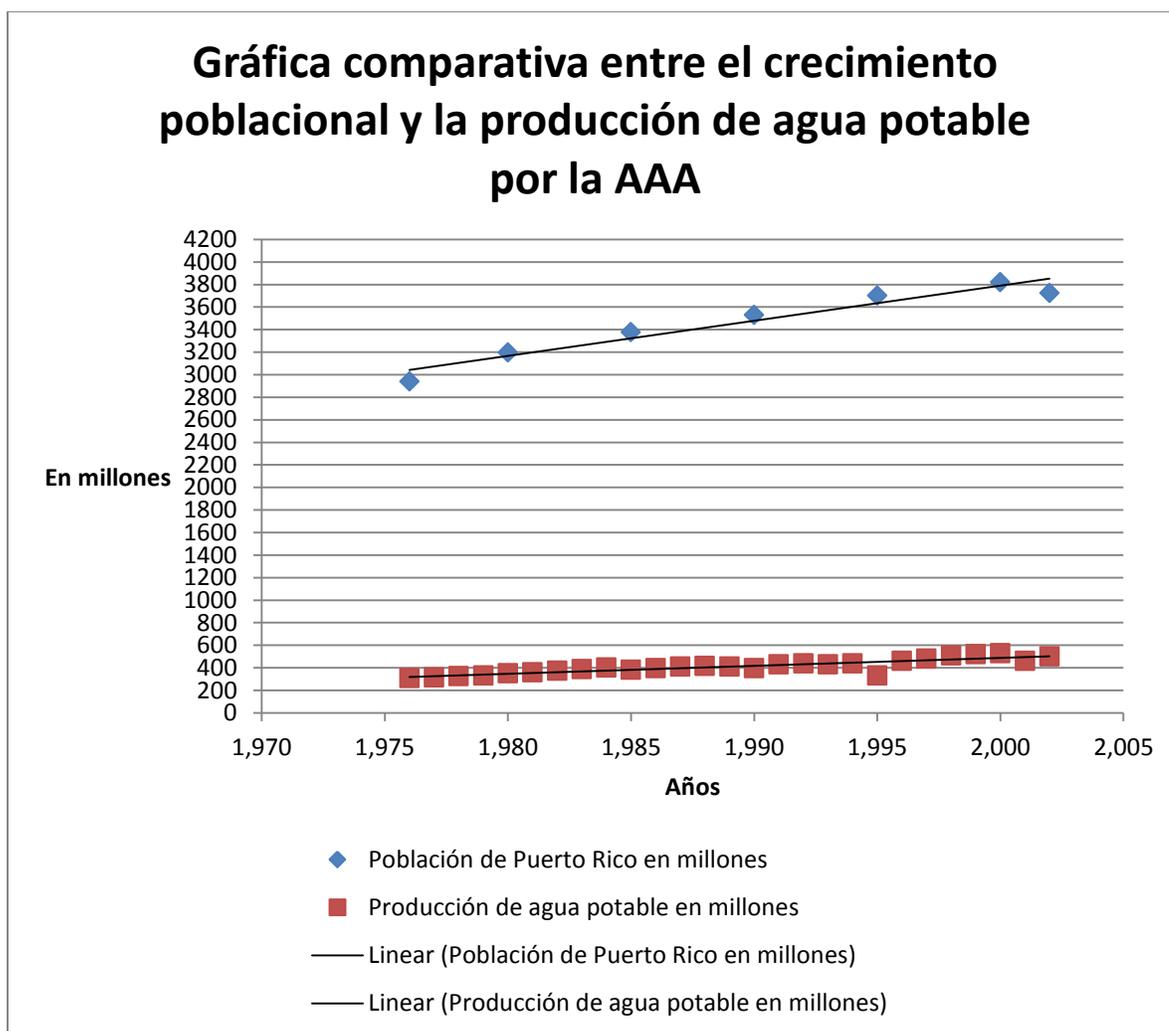
Es muy importante entender que la demanda de agua es estimada y no responde a los patrones de consumo de la población puertorriqueña (Abreu, 2009). La demanda se obtiene estimando las necesidades futuras de una población respecto al uso del agua, ya sea industrial, doméstico, PBI, entre otros. Así mismo los factores que se utilizan para obtener la demanda de agua no incluyen los patrones de consumo. Las proyecciones realizadas por las agencias de gobierno sobre la demanda de agua, no ha tomado en cuenta el aumento en patrones de consumo. El consumo de agua se ha modificado mientras la sociedad se ha modernizado. Tareas que antes utilizaban menos agua ahora utilizan más cantidad. Según Fernando Fagundo (2003, citado en Arroyo 2003), Puerto Rico es el país con mayor congestión vehicular del mundo, se le atribuye aproximadamente 2.4 millones de autos (1 por cada 1.7 habitantes), esta cifra sigue en aumento y es tres veces mayor que Estados Unidos. Estas cifras nos dan una idea de la cantidad de automóviles hay en la Isla. Se estima que se pierden sobre 400 litros de agua en el lavado de carro con una manguera. Si extrapolamos esta cantidad de carros con la cantidad que se utiliza para lavar un auto podemos observar que es mucha el agua que se pierde en el lavado de carros. Si el aumento de carros continúa en aumento como esta predicho, tendremos un aumento en el consumo de agua en esta actividad.

Más aun, los patrones de consumo se pueden identificar, como el ejemplo anterior, pero queda de las agencias que se encargan de hacer el estimado de demanda si lo incorporan o no. Aunque parezca que hay una estrecha relación entre población y demanda, la realidad es que el problema es mucho más complejo. No obstante, la demanda de agua si

se puede relacionar con el agua producida. El gobierno utiliza esta medida de demanda como un medidor de cuánta agua se debería producir.

A continuación se presenta la **Gráfica 7**, que muestra la relación del crecimiento poblacional con la producción de agua en la Isla.

Gráfica 7

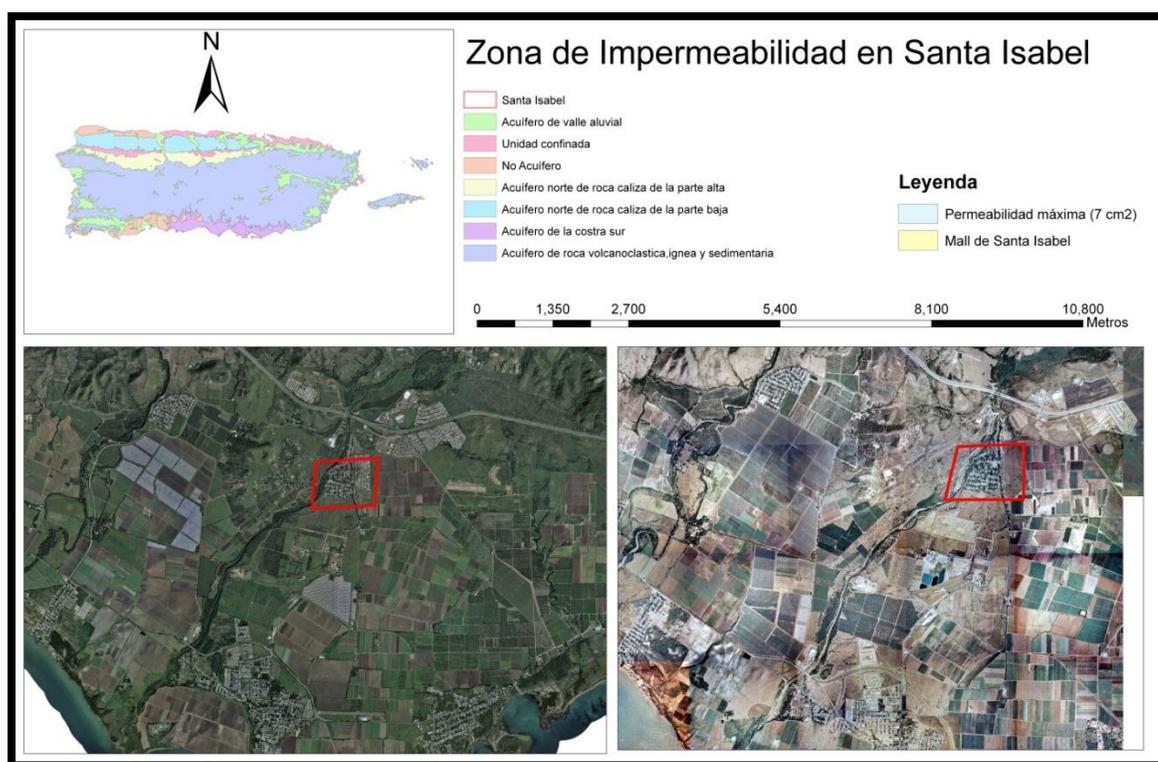


La gráfica anterior muestra la relación de crecimiento directamente proporcional de la producción de agua con el crecimiento poblacional. Podemos plantear como premisa que

el aumento poblacional generará la producción de más agua para satisfacer las necesidades de la creciente población. El aumento de producción se debe a un incremento en la demanda que incluye al sector agrícola, industrial, doméstico, turístico y urbano.

El desarrollo urbano no planificado es otro factor que abona al problema hidrológico de la Isla. El patrón de desarrollo urbano en la Isla en combinación con el aumento en los patrones de consumo ha impermeabilizado¹⁸ el terreno con capacidad de almacenar agua. El concreto hace una función de sombrilla, al no permitir que el agua llegue hasta los acuíferos. La **Ilustración 4** muestra la construcción de un centro comercial y una urbanización en Santa Isabel en terrenos del acuífero sur que tienen una alta permeabilidad (7cm² por minuto).

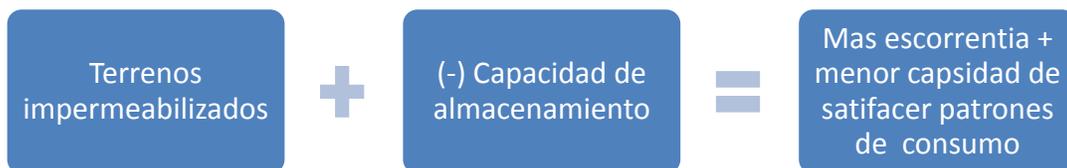
Ilustración 4 Zona Impermeabilizada en Santa Isabel



(Pérez, 2012)

¹⁸ Impermeabilización significa que el terreno ya no permite que el agua atraviese las capas de la tierra.

En la ilustración anterior muestra a la izquierda como era el terreno en el 1970 y a la derecha como era en el 2010. Se puede observar como se ha urbanizado el terreno al pasar del tiempo. El polígono rojo es el área de Santa Isabel, que esta en terrenos del acuífero sur que fue desarrollada como la parte de la construcción de un centro comercial. Estas construcciones como parte del aumento en patrones de consumo han causado la impermeabilización de los terrenos en los acuíferos. Con la impermeabilización del terreno, el agua va a perder el potencial de almacenamiento en el acuífero. Esto significa que si hay más terrenos impermeabilizados, la capacidad de almacenamiento se reducirá drásticamente y en consecuencia la distribución del agua también se afectará. La impermeabilización del suelo podría tener varios resultados; disminución de agua para satisfacer la demanda y en casos extremos la desaparición del acuífero. La situación de la impermeabilización del terreno y su consecuencia negativa en el almacenamiento, como resultado de patrones de consumo se muestra en este mapa conceptual.



CAPITULO III

Análisis de los problemas hidrológicos en las Antillas Mayores

Al igual que Puerto Rico, sus vecinos del Caribe enfrentan problemas relacionados a la infraestructura de distribución de agua potable, posibilidad de estrés hídrico, manifestación del mismo y sequías. La **Tabla 2** que muestra cuáles problemas de agua son comunes en las Antillas Mayores respecto al agua, en el período de estudio (1950 a 2010).

Tabla 2. Problemas hidrológicos en las Antillas Mayores

País	Problemas de infraestructura	Sequía	Estrés hídrico
Cuba	X	X	—
República Dominicana	X	X	X
Haití	X	X	X
Jamaica	X	—	—
Puerto Rico	X	X	—

Las Antillas Mayores reciben una cantidad abundante de precipitación, sin embargo todas sufren de problemas hidrológicos. Las dos Antillas que actualmente (2010) experimentan estrés hídrico son Haití y República Dominicana. Aunque las demás Antillas no muestran estrés hídrico, son vulnerables a experimentarlo. En la medida que los factores que causen el estrés hídrico se incrementen, ya sea por el aumento en la

población, el sobre uso de sus manantiales y agua subterránea sin dejar que se recarguen y sequías, el recurso agua estará más limitado.

La **Tabla 2** indica que uno de estos problemas hidrológicos es de la pobre infraestructura. Este problema se manifiesta de diferentes maneras dependiendo del país. Por ejemplo Cuba, Puerto Rico, República Dominicana y Jamaica tienen una infraestructura en general deficiente, muchas de ellas están obsoletas o son muy deficientes. En el área rural se intensifica el problema, República Dominicana y Jamaica tienen muy poca infraestructura y Haití carece de ella. Una de las maneras de lidiar con el problema de la infraestructura ha sido la inversión en nueva infraestructura. Es necesario saber cómo se realiza la inversión en infraestructura ya que podría causar un problema de mal uso de fondos. Si se invierten fondos en una nueva tubería y ésta realiza la misma función de una tubería previamente instalada, esto significa que se está haciendo una mala inversión porque ya hay una infraestructura haciendo el trabajo y no es necesaria la instalación de una segunda.

En la **Tabla 3** se presentan ejemplos de soluciones implantadas en las Antillas Mayores para enfrentar los problemas del agua.

Tabla 3. Soluciones a los problemas de agua en las Antillas Mayores

País	Plan Integral	Plan de Sequía	Reforestación de cuencas hidrográficas	Proyectos de educación
Cuba	X	X	X	X
República Dominicana	—	X	X	X
Haití	—	—	—	—
Jamaica	X	—	X	X
Puerto Rico	X	—	X	X

Según la tabla anterior uno de los métodos utilizados para combatir el problema del agua ha sido la reforestación de las cuencas. Esta es imprescindible para asegurar los abastos de agua, ya que el agua se retiene en los acuíferos y no se pierde por escorrentía. Así mismo, maximiza la capacidad de almacenamiento de los embalses. También la reforestación de cuencas detiene la erosión del terreno y hace el terreno más fértil.

Sólo dos países de las Antillas Mayores (Cuba y República Dominicana) tienen planes para mitigar la sequía. Según la **Tabla 2** la mayoría de las Antillas Mayores han sufrido sequía meteorológica. Ello debido a que las sequías son recurrentes y son parte de los problemas hidrológicos de las antillas todas deberían contar con un plan de mitigación de sequías, y no esperar a que ocurra el evento para lidiar con él. Un plan para el manejo de la sequía es el que dicta como se manejará y cuáles deben ser las estrategias para minimizar su impacto. En alguna de las antillas los planes de sequia están dentro de los planes de mitigación de los problemas hidrológicos.

La mayoría de los planes de mitigación y soluciones están contemplados en los planes integrales, lo cual hace imprescindible tener un Plan Integral para el manejo adecuado de los recursos hidrológicos. Estos planes son el resultado de las políticas públicas que existen en los diferentes países sobre cómo manejar el recurso agua. Un factor importante dentro de los planes integrales es la educación ambiental que incluye la educación sobre el problema del agua. La educación es lo que facilita la conservación y buen manejo del recurso.

Los planes de educación de Cuba y República Dominicana están enfocados en las escuelas primarias. Esto es muy importante, puesto que en ellas se encuentran los futuros ciudadanos, líderes políticos, desarrolladores y planificadores que asumirán la responsabilidad de desarrollar el país. Si se educa a esta población desde las etapas tempranas del desarrollo, cuando crezcan tendrán una conciencia clara sobre la importancia del recurso y el esfuerzo que se tendrá que hacer para la conservación y buen manejo del recurso será mínimo. En Puerto Rico, el plan de educación derivado del Plan Integral establece el desarrollo y adopción conjuntamente con el Departamento de Educación y las universidades públicas y privadas de un plan educativo sobre los recursos de agua en la Isla dirigido a todos. Sería interesante estudiar la implantación y efectividad de estas campañas en Puerto Rico.

Pareciera ser que las agencias en Puerto Rico conocen a cabalidad la importancia del agua y las consecuencias de no hacer un buen uso, pero esto no es necesariamente cierto. Así como la población se educa sobre este problema, urge que también lo haga el personal de las agencias. Me refiero a empleados/as y personal que trabajan con las

agencias encargadas del uso y la distribución del agua¹⁹. Sin el adecuado conocimiento y adiestramiento estas personas no solo dan un servicio no informado, sino que podrían estar violentando las políticas, reglamentos y leyes de manejo y conservación del agua. En el Plan Integral la educación de los empleados está concertada bajo la creación de un programa de becas inter agencial (AAA, AEE, PRIDCO) para promover el entrenamiento especializado en hidrología y recursos de agua. Actualmente (2012) estas becas no ha entrado en vigor.

Podemos decir que las estrategias principales de la mayoría de las Antillas Mayores para lidiar con el problema del agua se derivan de un Plan Integral, que a su vez deriva otras estrategias para mitigar la situación, como por ejemplo, la reforestación de cuencas y la creación de un plan de sequía. Resulta entonces imprescindible la creación de un plan nacional de reforestación de cuencas hidrográficas en Puerto Rico. Un plan de sequía debería estar concertado también; como han señalado algunos científicos, el área del Caribe es propensa a la sequía, además todas las Antillas excepto Jamaica ha enfrentado sequías durante el período de estudio. También es muy importante la creación de un plan de educación concertado inter agencial y para toda la población. Este esfuerzo debe promocionarse en todos los medios y dirigirse a las escuelas de nivel primario.

¹⁹ Durante el 2011 trabajé en la Oficina del Plan de Agua en Recursos Naturales. En mi experiencia trabajando en la agencia, experimenté el poco conocimiento sobre el elemento de algunas de las oficinas cuando iba a buscar información sobre el recurso.

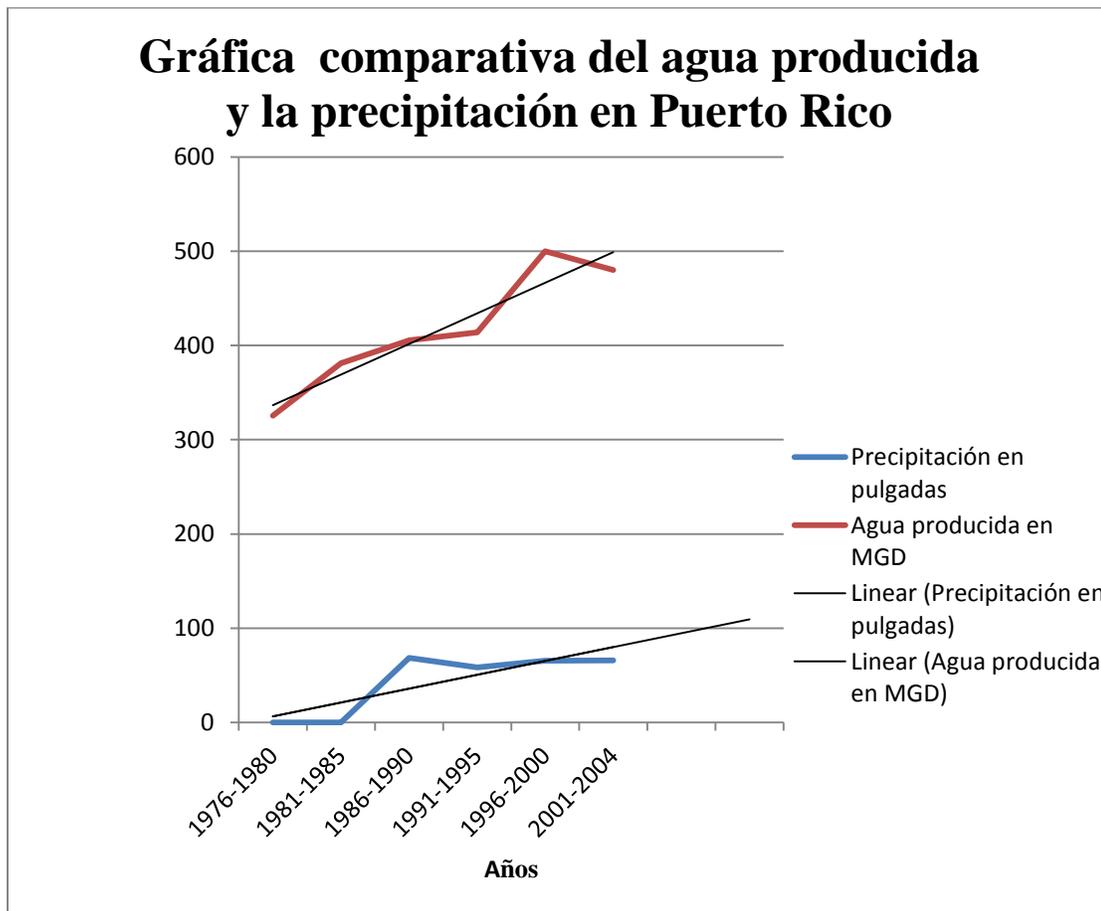
Conclusión

“El agua es fuente de vida, permite y mejora la calidad de vida del ser humano y su buen uso es imprescindible para la supervivencia del ser humano, ya que no hay otro mundo al que nos podamos mudar”²⁰

La problemática del agua en Puerto Rico ha sido atendida muy poco a través del tiempo. Los estimados muestran que a mayor población más agua se producirá para satisfacer esa demanda. Sin embargo, esto no quiere decir que a mayor precipitación, como la que hemos tenido, significa mayor producción de agua, como mostraremos en la gráfica a continuación presento la relación entre agua producida y precipitación en Puerto Rico.

²⁰ Cita del autor

Gráfica 8



Esta gráfica presenta la relación directamente proporcional que hay entre el incremento en la producción de agua y la precipitación. Hay que tomar en cuenta que la gráfica muestra que se produce más agua que la que se puede recolectar en eventos de lluvia porque la producción se basa en muchas fuentes de agua, no solamente la precipitación. Como mostramos en secciones anteriores no toda la que cae se recolecta. Aunque las dos gráficas muestran que ha habido un aumento exponencial, esto no significa que un aumento en la cantidad de precipitación significa un aumento en la producción de agua. Si en un año llueve menos y no se realiza un buen plan de manejo de almacenamiento y

distribución, la población estaría más propensa a un racionamiento, que no es necesariamente considerado por la planificación institucionalizada.

La planificación institucionalizada en Puerto Rico se ha enfocado en la construcción de infraestructura como principal pilar para resolver el problema de agua en la Isla. La realidad es que sí se necesita una infraestructura, pero es necesario que esté trabajada o construida integralmente y en conjunto con los planes de conservación. Ello se hace evidente si consideramos el manejo de las represas y embalses artificiales. Por ejemplo, la represa Carraízo principal suplidor del agua de la región metropolitana que incluye la capital, desde su construcción ha perdido sobre 35% de su capacidad de almacenaje debido a la sedimentación. Esta reducción ha persistido, aunque el embalse fue dragado. Durante la administración gubernamental del 1994 entendió que esta era la solución para un problema de abastos. Es aquí cuando la reforestación de cuencas resulta imprescindible para la retención de sedimentos que es una solución permanente al problema y no una solución provisional como lo es el dragado.

Con un nivel de precipitación alto y con una vasta cantidad de cuerpos de agua que la Isla posee, no deberíamos tener problemas relacionado al abasto de agua. De no crear este plan de reforestación de cuencas, en un futuro podríamos tener más embalses sedimentados, lo que provocaría la inversión millonaria en procesos de su dragado y esto a su vez causaría que fondos que podrían ser destinados a nuevos esfuerzos en cambios de planificación, tendrían que destinarse en una solución, que como sabemos no elimina el problema.

En este sentido impera la necesidad de un plan integral realmente inter agencial sobre el recurso agua. La manera en que se ha manejado el recurso agua en Puerto Rico es

delegando cada función del manejo del agua a una diferentes agencias. Esto representa un problema de coordinación, y fragmentación de metas. Cada agencia coordina una fase diferente del recurso agua, y sus metas no necesariamente son las mismas y en muchas ocasiones, son contradictorias. Por ejemplo la AAA está encargada del manejo y distribución del recurso, mientras que el JCA está encargado en la conservación del recurso. Esto podría significar que si la meta de la AAA es producir equis cantidad de agua, esta no necesariamente tomará en cuenta la necesidad de la conservación, ya que está enfocada en la producción y distribución del recurso y más aún en satisfacer la creciente demanda de agua. Pero no sólo el manejo del recurso agua debería ser coordinado, a través de todas las ramas del gobierno. A veces la legislatura y el Senado van por un lado y el ejecutivo por otro porque básicamente responden a cuestiones político partidistas. Esto no debería ser así cuando se trata de un recurso natural en el cual se le va la vida a la gente.

El USGS argumenta que la capacidad de recargar el agua de los acuíferos en Puerto Rico es menor, cada vez más el terreno de piedra caliza, la cual permite que el agua penetre está siendo cada vez más urbanizado de forma acelerada. En un evento de lluvia, el agua que antes permeaba hacia el acuífero ahora se va a perder en escorrentía. Esto a la larga podría significar estrés hídrico, que ocurre cuando la cantidad de agua que se consume es mayor a la que se produce, además de que esto podría implicar que se sequen los acuíferos.

No existen escenarios posibles de planificación ni desarrollo, si no hay agua. En distintas partes del mundo se manifiesta el problema del agua. Como hemos señalado en el Norte de África se manifiesta en la ausencia del líquido y en Puerto Rico la crisis de agua se ha

experimentado a través de una infraestructura deficiente, aumento en patrones de consumo, y problemas burocráticos, entre otros.

Como resultado de la investigación realizada hemos identificado nuevos factores de esta crisis: ausencia de mecanismos eficientes de planificación (mal manejo), respuesta deficiente gubernamental y la ausencia de un modelo de análisis para identificar la crisis hídrica que se atempere al caso puertorriqueño.

Como hemos discutido en los capítulos anteriores, el mal manejo del recurso responde a la ausencia de mecanismos de planificación. Debido a este mal manejo, como consecuencia hay una infraestructura deficiente. Actualmente la infraestructura hidrológica existente en la Isla no está habilitada para manejar la demanda que va en aumento. Es importante destacar que aunque somos un país que tiene una gran tubería por milla cuadrada con una gran cantidad de precipitación todo el año, esto no asegura un buen sistema de abasto. La visión incrementalista de planificación implantada por el gobierno plantea soluciones a corto plazo y no prevé para el futuro. Si bien el gobierno tiene planes orquestados para la planificación de este recurso, su visión incrementalista hace que la respuesta gubernamental no sea la más eficiente. De modo que, la implantación de este plan se ve afectada negativamente por la interferencia de la política partidista y el cambio de gobierno cada cuatro años. En conversaciones personales con el personal de la agencia (DRNA) ellos comentaron que una de las razones para no implementar completamente el plan fue la transición de gobierno del PPD a PNP del 2008-2009, en el cual el nuevo gobierno no respaldó ni apoyó la mayoría de las políticas desarrolladas por el anterior gobierno en El Plan Integral de Agua.

Conuerdo con la autora Mildred Delerme en las conclusiones de su tesis *Planificación y conservación del recurso agua en Puerto Rico* (1988). En la misma la autora afirma que las agencias relacionadas al manejo del agua tienen diferentes funciones y esta situación las lleva a trabajar con un enfoque sectorial y regional y no con el problema integralmente. Las agencias han llegado en un punto de especialización institucional creando problemas a nivel operacionales. Esta situación debilita alcanzar un esfuerzo común, requisito para llevar a cabo un buen uso y planificación del recurso agua. Un ejemplo de esto es el proyecto educativo de la AAA llamado *Charlas sobre el manejo de cuencas hidrográficas* (2011). Esto es un esfuerzo interagencial por crear conciencia sobre el buen manejo de las cuencas, sin embargo este esfuerzo no incluye al DRNA, agencia encargada por ley de conservar y planificar el recurso agua. Si bien las prioridades DRNA han estado chocando con las de la AAA, es inconcebible que en un esfuerzo de esta magnitud no se incluya a la agencia encargada de la conservación. Esto es un ejemplo de como la burocracia política o simplemente ineficiente afecta el buen manejo del recurso agua. Esto también podría formar parte del juego político el cual hablo en el capítulo 5.

Examinamos que en el contexto de las Antillas Mayores los países que contaban con un plan integral de manejo de recursos hidrológicos, donde se establecía las estrategias para resolver la crisis del agua. Aunque reconocemos que el plan integral no es el único documento creado para resolver la crisis hidrológica como parte de la planificación institucionalizada, es de este plan del cual deberían derivarse los otros esfuerzos. Al comparar a Puerto Rico con estos otros países antillanos, encontramos que aunque tiene igualmente un plan integral que agrupa muchas de las estrategias que se plantean en las

antillas y que entendemos resolvería la crisis en la Isla, sólo ha implementado una ínfima parte de dicho plan debido a la burocracia gubernamental. Esto es un claro ejemplo de como la burocracia afecta el manejo del recurso agua.

Reconozco que queda mucho por hacer para solucionar la problemática del agua en Puerto Rico. Primeramente, debemos reconocer que enfrentamos una crisis hidrológica, aunque la mayoría de la población no la reconozca. Los factores que hemos analizado y discutido como la infraestructura deficiente, ausencia de mecanismos de planificación y burocracia gubernamental evidencian que sí, que tenemos delante de nosotros una crisis. Igualmente planteo que los esfuerzos gubernamentales realizados para enfrentar el problema del manejo y distribución del agua no han sido eficaces.

Como consecuencia de este panorama, la Isla está propensa a experimentar de estrés hídrico. Si continuamos haciendo caso omiso de estos factores que han ocasionado la crisis, la situación continuará agravándose hasta llegar un punto donde Puerto Rico enfrentará, entonces, estrés hídrico. Cuando llegue ese momento, las consecuencias serían devastadoras para la población.

No obstante, todavía se pueden realizar esfuerzos para resolver la problemática de agua en Puerto Rico. Uno de esos podría ser establecer colaboraciones interagenciales con metas comunes y tener clara voluntad política de parte del gobierno encaminada aunar esfuerzos para implantar completamente el plan integral de agua. La legislación no puede ir por un lado y la implantación por otro. Tiene que plantearse el manejo del agua como una prioridad de todos en el país, por encima de banderas políticas. El almacenamiento, conservación y manejo del agua debe ser un asunto, inclusive de

seguridad nacional, que sea llevado al unísono por todos los que comparten y componen los partidos y actores gubernamentales.

En conjunto con las anteriores, se podría crear un instituto donde se recopilarían y generarían informes de todos los datos relacionados al uso y manejo del agua. De esta manera se podría diseñar planes de manejos que realmente sean integrales y tomar decisiones basadas en evidencia científica. Es igualmente necesario dedicar esfuerzos para educar a la sociedad puertorriqueña sobre la importancia de un recurso que ya no es infinito. Recordemos que atender la crisis es responsabilidad de todos.

Referencias

- Agencia de Protección Ambiental (2006). *Guía del dueño de hogar para sistemas sépticos*. Washington, Estados Unidos. Recuperado el 25 de mayo de 2010 en www.epa.gov/owm/septic
- Agencia de Protección Ambiental (s.f.). *Cada Gota Cuenta*. Recuperado el 12 de diciembre de 2009 en: <http://www.epa.gov>
- Agencia EFE (2009). *Acaba el foro de Estambul sin reconocer el acceso al agua como un derecho humano*. La Opinión Versión electrónica. Recuperado el 8 de noviembre de 2009 en <http://www.laopinion.es>
- Alvarado, León, G. (2010). *Advierte la AAA a Educación*. Archivo Digital del Periódico El nuevo Día. San Juan, Puerto Rico.
- Alurralde J., Jordán R., Pacheco P., & Vadillo A. (2009) Agua, tierra, minería y bosques. *Conflictos y potencialidades de los recursos naturales en Bolivia.*: Cuaderno de Futuro 25. Impresión Sagitario, Bolivia
- Arbona, Sonia I. (1991). *Land use and water pollution in Puerto Rico*. Disertación Doctoral. Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras.
- Arrojo, P. (2006). *El reto ético de La nueva cultura del agua: Funciones valores y derechos en Juego*. Ediciones Paídos Ibérica, S.A.
- Arroyo, M. P. (1999). *La lluvia no asegura un buen servicio de agua*. Archivo Digital del Periódico. El Nuevo Día. San Juan, Puerto Rico.
- Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (1996). *Estudio de necesidad de Producción de Agua para Puerto Rico hasta el año 2050*. San Juan, Puerto Rico.
- Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (2008) *Ahora del Agua, Conservación del recurso*. San Juan, Puerto Rico.
- Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (2008) *El ciclo del agua potable*. San Juan, Puerto Rico.
- Barlow, M., & Clarke T. (2005). *Oro Azul: Las multinacionales y el robo organizado de agua en el mundo*. Editorial Paídos Ibérica, S.A
- Barreto, M. (2007). *Geografía de cuerpos de agua dulces en Puerto Rico*. Artículo sin publicar.
- Bernard, F and Sagalyn, L. (1989). *Downtown INC How America Rebuild Cities*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Birce, L y Molinelli, J (2002) *El Desparramamiento Urbano*. Alianza Geográfica. Recuperado el 18 de abril de 2009 en: <http://alianzageografica.org>
- Bonnet, G. (1999). *Luchan por mercado de agua EE.UU.* Archivo Digital del Periódico El nuevo Día. San Juan, Puerto Rico.
- Bustamante R, Chair Group Irrigation and Water Engineering & CEPAL (2002) Legislación de Agua en Bolivia. UMSS, Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua. Cochabamba, Bolivia.
- Cabrera, G. (1997). *Puerto Rico y su historia íntima, 1500-1996*. San Juan: Academia Puertorriqueña de la Historia; Centro de Estudios Avanzados de Puerto Rico y el Caribe. Tomo 1. P. 712-715, San Juan.
- Calvesbert, R.J., (1970) Climate of Puerto Rico and U.S. Virgin Islands, revised: U.S. Environmental Science Services Administration, Climatography of the United States 60-52, 29 p.
- Cambell, S. & Fainstain S, (2005) Readings in Planning Theory. Blackwell Publishing
- Carrascode, O. (1999). *En marcha un plan para adelantar 11 proyectos vitales de agua*. Archivo Digital del Periódico El Nuevo Día. San Juan, Puerto Rico.
- Clift, J. (2007) *Water*. Chelsea Green Publishing Company, Vermont
- Colón, J. F. (1999). *Mayor la perdida de agua por las averías*. Archivo Digital del Periódico El nuevo Día. San Juan, Puerto Rico.
- Delorme, M. (1980). *Planificación y conservación del recurso agua en Puerto Rico*. Disertación Doctoral. Universidad de Puerto Rico, Río Piedras
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (2004). *Calidad de Aguas Superficiales de Puerto Rico*. San Juan, Puerto Rico
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (2006). *Las Aguas Subterráneas y Los Acuíferos de Puerto Rico*. San Juan, Puerto Rico.
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (2008). *Plan Integral de Recursos de Agua de Puerto Rico*. San Juan, Puerto Rico
- Ennio, Giusti, U. (1978). *Hidrogeología del karso de Puerto Rico*. Geological Survey Professional paper 1012.
- Esterrich, Lombay, G (2005) *Funcionamiento de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados como corporación publica luego de la administración de ONDEO*. Tesis Doctoral. Universidad de Puerto Rico, Río Piedras.

- Estado Libre Asociado de Puerto Rico Oficina del Contralor (2006) Unidad 3020 de Aguas Usadas Puerto Nuevo. Período auditado: 1 de enero al 31 de diciembre de 2006. Décimoquinto informe. San Juan, Puerto Rico
- Faludi, A. (1976). *A Reader in Planning Series*. Great Britain: Pergamon Press, Oxford.
- Federal Water Pollution Control Act (1948), 33 U.S.C. 1251 - 1376 et seq. As amended by: P.L. 100-4, February 4, 1987; 101 Stat. 7.
- Gleick, Peter H. (1988) *Water in Crisis: Paths to Sustainable Water Use*. Ecological Applications, Vol. 8, No. 3, pp. 571-579. Ecological Society of America
- García, J. (2008). *La planificación en Puerto Rico*. Editorial Grupo Creativo Siembra INC, San Juan
- Guzmán, Rios, S (1988) *Hidrology and Water Quality of the Principal Springs in Puerto Rico*. U.S Geological Survey. Water-Resources Investigations Report 85-4269
- Gonzales, L. C. (2004). *Contaminado el 40 por ciento de los ríos*. Versión digital del Periódico Primera Hora. San Juan, Puerto Rico. Recuperado el 20 de mayo del 2005 en <http://archivo.primerahora.com/archivo.asp?guid=B2E0B2EFF7184E6BB8D822EC6A55A777&year=2004&mon=9&keyword=Carl%20Soderberg>
- Harvey, D. (1985). *On Planning the Ideology of Planning in the Urbanization of Capital*. Baltimore Johns Hopkins University Press pp. 165-184.
- Hofe, M. (2009). *Problemática del agua, su protección jurídica y prevención de la contaminación*. Revista Newsmatic, Edición N° 53. Recuperado el 18 de noviembre de 2009 en: <http://www.newsmatic.e-pol.com>.
- Hostos, A. (1966) *Historia de San Juan, ciudad murada: ensayo acerca del proceso de la civilización en la ciudad española de San Juan Bautista de Puerto Rico, 1521-1898*. San Juan, Puerto Rico: Instituto de Cultura Puertorriqueña
- Instituto de Investigación sobre recursos de agua y el ambiente de Puerto Rico (2005). *Estudio sobre el uso del agua agrícola en Puerto Rico*. Mayagüez, Puerto Rico.
- Inter News Service. (2010). *AAA atiende rotura en línea principal que deja varios municipios sin agua*. Periódico Primera Hora versión digital. Recuperado el 20 de febrero de 2010 en <http://www.primerahora.com/aaaatienderoturaenlineaprincipalquedejavariosmunicipiossinagua-368651.html>

- Inter News Service (2010). *Alcalde de Bayamón intenta calmar la crisis del agua debido a avería de la AAA*. Periódico Primera versión digital. Recuperado el 22 de febrero de 2010 en <http://www.primerahora.com/alcaldedebayamonintentacalmarlacrisisdelaguadebidooaveriadelaaaa-368740.html>
- Jowett, A. J. (1986) China's Water Crisis: The Case of Tianjin. *The Geographical Journal*, Vol. 152, No. 1, pp. 9-18.
- Junta de Calidad Ambiental. (2003). *Reglamento de estándares de calidad de agua de Puerto Rico*. San Juan, Puerto Rico.
- Junta de Calidad Ambiental (1988). *Reglamento para el control de la erosión y prevención de sedimentación*. San Juan, Puerto Rico.
- Junta de Calidad Ambiental (2003). *Reglamento de estándares de calidad de agua de Puerto Rico*. San Juan, Puerto Rico.
- Junta de Calidad Ambiental (1988). *Reglamentos para el control de la inyección subterránea*. San Juan, Puerto Rico.
- Junta de Calidad Ambiental (2006). *Posos de Puerto Rico*. San Juan, Puerto Rico.
- Junta de Planificación (2006). *Inventario de recursos de agua de Puerto Rico*. San Juan, Puerto Rico.
- Junta de Planificación (2006). *Mapa de clasificación de suelo*. San Juan, Puerto Rico.
- Junta de Calidad Ambiental (1990) *Programa para el control de tanques de almacenamiento soterrado*. San Juan, Puerto Rico.
- Koenig, N. (1954) A Comprehensive Agricultural Program for Puerto Rico. *Journal of Farm Economics* Vol. 36, pp. 172-175.
- León, I. A. (2004) Apartes de la Historia de los Acueductos. *Agua Latinoamericana*. Vol. 4 Núm.3. pp. 21-22
- León, G. E. (2009). En Negociaciones con la EPA varios Alcaldes .Archivo Digital del Periódico El Nuevo Día.
- Ley para la Conservación, el Desarrollo y Uso de los Recursos de Agua de Puerto Rico de 1976, 12 L.E.P.R.A § 1501
- Ley sobre Política Publica Ambiental de 1970, 12 L.E.P.R.A. § 1122
- Ley para proteger la pureza de las aguas potables de Puerto Rico (Núm. 5) del 21 de julio de 1977.

- Ley de política pública ambiental (Núm. 9) del 18 de junio de 1970, según enmendada el 4 de marzo de 2000.
- Ley de Aguas Ley (Núm. 408) del 22 de septiembre de 2004. .
- Ley para la conservación, el desarrollo y el uso de recursos de agua de Puerto Rico (Núm. 136), del 3 de junio de 1976, según enmendada en el 1998.
- Ley Para el plan de uso de terrenos del Estado Libre Asociado de Puerto Rico (Núm. 550) del 3 de octubre de 2004.
- Ley Orgánica de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico (Núm. 170) del 23 de julio de 1974.
- Lincoln, Allison. (1986) *¿What Is Urban Planning For?* The Town Planning Review Vol. 57 (No. 1). pp. 5-16
- López, M. & Del Mar, T. (2006). *Atlas Ambiental de Puerto Rico*. La editorial Universidad de Puerto Rico. San Juan, Puerto Rico.
- Marrero, M. R. (1999). *Se organiza Caguas para protestar por agua*. Archivo Digital del Periódico EL Nuevo Día.
- Martin, D. (2007). *Composición de agua a nivel mundial*. Recuperado el 23 de febrero de 2010 en: <http://www.agua-mineral.net/wp-content/uploads/2009/06/distribucion-agua-planeta.png>
- Martínez, A. (1999). *Dorado gana un caso de agua*. Archivo Digital del Periódico El Nuevo Día.
- Mehan, T (2002). *The Clean Water and Drinking Water Infrastructure Gap Analysis*. Washington D.C
- Morris, G. L. (6 de marzo, 2008). *Hydrology of Water Supply Intakes*. 1ra Conferencia de Flujos Ambientales en Ríos de Puerto Rico, en el edificio de oficinas ambientales, DRNA, San Juan, Puerto Rico.
- Morris, G & Portalatín, J, (2010) *Guía para el manejo de Ríos en Puerto Rico*: Departamento de Recursos Naturales y Ambientales.
- Navarro, A (2002) *Marine Fact Sheet 48*. Recuperada el 1 de mayo de 2011 en <http://www.seagrant.pr.org>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (2009). *Puerto Rico Mean Annual Precipitation 1971-2000*. Recuperado el 13 de febrero de 2010 en www.srh.noaa.gov/.../pr_mean_annual_pcp.jpg

- Organización de las Naciones Unidas (2010) Asamblea general. Congreso de Derechos Humanos. A/HRC/RES/18/1. Recuperado el 2 de diciembre de 2009 en <http://www.worldwatercouncil.org>
- Organización Meteorológica Mundial (1992) *Vocabulario Internacional*. (No 182). Publicaciones Ginebra, Suiza.
- Organización Mundial de la Salud (s.f.). *Diez datos sobre la escasez de agua*. Recuperado el 2 de febrero de 2010 en: <http://www.who.int/features/factfiles/water/es/index.html>
- Organización de las Naciones Unidas (2003). *1st World Water Development Report, 'Water for People, Water for Life*. Recuperado el 10 de diciembre de 2009 en: <http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/>
- Ortiz, Zayas, J, Quiñones, F, Silvana Palacios, Anheles Vélez y Hernán Mas. (2004). *Características y condiciones de los principales embalses de PR*. San Juan, Puerto Rico.
- Pérez, Figueroa. O (2012) Mapa de la zona impermeabilizada en Santa Isabel
- Pérez, J. (1999). *Quejas a granel por el agua*. Archivo Digital del Periódico El nuevo Día. San Juan, Puerto Rico.
- Pérez, J. (1999). *Agua detallada*. Archivo Digital del Periódico El nuevo Día. San Juan, Puerto Rico.
- Pérez, J. (1999). *Obligado informar todos los datos del agua*. Archivo Digital del Periódico El nuevo Día. San Juan, Puerto Rico.
- Pérez, J.J (1995b) Sequia en la imaginación. *EL Nuevo Día*, 6 de mayo, p.7
- Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas 2006. 2° Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. Expo agua Zaragoza 2008 S.A
- Poy ,L. & Nornadi M. (2005). *Las Guerras de Agua*. La Jornada, Edición especial: México
- Poy ,L. & Nornadi M. (2005). *Explosión demográfica y sobre explotación esterilizan la tierra*. La Jornada, Edición especial: México
- Price, M. (2003). *Agua Subterránea*. México, Limusa.
- Peter, A. Franco, Peter L. Weaver, and Susan Eggen-McIntosh (1997) *Forest Resources of Puerto Rico*. Department of Agriculture of United States. Forest Service, Southern Research Station. 45 pp

- Ramirez, J. A. (1999). "*pillo*" de agua en Añasco. Archivo Digital del Periódico El nuevo Día. San Juan, Puerto Rico.
- Raven, H. P & Pearce, F (2001). *The Theory of population-environment links*. AAAS Atlas of Population & Environment. University of California Press, Berkeley, pp, 7-14
- Resto, N. E. (1999). *No más agua gratis*. Archivo Digital del Periódico El nuevo Día. San Juan, Puerto Rico.
- Robert, B. Jackson, Stephen R. Carpenter, Clifford N. Dahm, Diane M. McKnight, Robert J. Naiman, Sandra L. Postel and Steven W. Running (2001). Water in a Changing World. *Ecological Applications* .Vol. 11, No. 4 (Aug., 2001), pp. 1027-1045.
- Salina I. (2008). *Flow: For love of water*. Estados Unidos. Publicada por Oscilloscope Laboratories
- Rivera Santana, J. (2000) *La Planificación del Recurso Agua*. Revista Jurídica UIPR 35(1) p. 65
- Soler-López L. R. (2005). *Sedimentation Survey result of the principal water supply reservoir of Puerto Rico*. Publication of the U.S. Geological Survey
- Torres Abreu A. (2009). *¿Satisfacer o manejar la demanda? Perspectivas dominantes en torno al debate sobre el consumo de agua en Puerto Rico*. Revista de Ciencias Sociales. Núm. 20. Centro de Investigaciones Sociales, Universidad de Puerto Rico, Rio Piedras
- Torres, W. I. (1999). *Acueden al tribunal for falta de agua*. Archivo Digital del Periódico El Nuevo Día. San Juan, Puerto Rico.
- Torres, W. I. (1999). *Llega el agua potable a Santa Rosa de Lima*. Archivo Digital del Periódico El nuevo Día. San Juan, Puerto Rico.
- Taller de Formación Política (2002) *El agua en Puerto Rico: ¿Crisis de la naturaleza o crisis social?* Centro Grafico Grafito. Vega Alta, Puerto Rico.
- Theobald, D. M. Spies T., Kline J., Maxwell B, Hobbs N. T. & Dale V. H. (2005). *Ecological Support for Rural Land-Use Planning*. Ecological Applications Vol: 15 (Num: 6). P. 1906-1914
- Tips, W. (1982) *Environmental Management within an Institutionalized Planning Process - Avoiding a Paradox in the Belgian Environmental Movement* *Environmental Management*. The Environmentalist, pp 143-158. Elsevier Sequoia, Netherland

- Thornley, J. (1974). Book review of A Reader in Planning Theory, Faludi. *Urban Studies*, Vol 11 (num. 1). Recuperado el: el 8 de marzo de 2010 en: http://usj.sagepub.com/cgi/pdf_extract/11/1/111. (pp 111-112)
- Törnqvist, R Ed. Al. Malmqvist, P, Kärrman, E and Norstrom, A. (2008). *A Water science and technology : a journal of the International Association on Water Pollution Research*. Vol. 58 (no. 3). Recuperado el 14 de marzo de 2010 en: <http://biblioteca.uprrp.edu:2054/ehost/pdf?vid=6&hid=14&sid=bee5834c-45b1-4f9b-998f-e1e58bc8a29c%40sessionmgr14>. (p. 563-570)
- Thalia D. Veve and Bruce E. Taggart, U. (1996). *Atlas of ground water-resources in Puerto Rico the U.S Virgin islands*. U.S Geological Survey. Water-Resources Investigacion Report 94-4198. San Juan, Puerto Rico
- United Nation Enviornment Program, Division of Early Warning and Assessment Global Resources Information Data Base. (s.f). *EEA multilingual Enviornmental Glossary*. Recuperado el 4 de marzo de 2010 en: <http://www.grid.unep.ch>
- Valle, L. Y. (2007). *Vuelta a la era hidroeléctrica*. Archivo Digital del Periódico El nuevo Día. San Juan, Puerto Rico.
- Wanda L. Molina-Rivera and Fernando Gómez-Gómez, U. (2005). *Estimated Water Use in Puerto Rico, 2005*. U.S Geological Survey, San Juan
- WHO/UNICEF Joint Monitoring Program for Water Supply and Sanitation. (2010). *A Snapshot of Drinking-water and Sanitation in the MDG region Latin-America & Caribbean* . Recuperado el 5 de noviembre de 2011 en: <http://www.wssinfo.org>
- Wolf T Aaron & Meredith A (2002) *The Atlas of International Freshwater Agreement*. United Nations Environment Programme. ISBN: 92 807 2232 8. Naiarobi, Kenya.