

7.0 Producción y Uso Histórico de Agua 1960-2002

Los usos principales de agua fresca en Puerto Rico incluyen la producción de agua potable (AAA y privado), riego agrícola (AEE y privado), actividades industriales y comerciales. En la Isla también se utiliza agua de mar (salina) para enfriamiento de calderas en las plantas de termoeléctricas de la AEE y privadas (AES, Ecoeléctrica), y en cantidades menores para producir agua potable (AAA, Ecoeléctrica). El USGS mantiene un programa en un acuerdo cooperativo con agencias del ELA para estimar la cantidad de agua que se extrae anualmente para cada una de las actividades indicadas. El proyecto se denomina "Uso de Agua en Puerto Rico", aunque refleja las extracciones de fuentes de agua superficiales y subterráneas, las cuales generalmente son menores que el uso actual. Los datos más recientes disponibles son los del año 2002, aunque los mismos son preliminares (Apéndice 10.13). Independiente de los estudios del USGS, la AFI llevó a cabo en el 2003 un análisis de las extracciones y uso de agua para abasto público (AAA) en la Isla. En esta sección del Plan Integral de Aguas, se utilizan los datos recopilados por el USGS para el año 2002, actualizados para el renglón de abasto público con la información de la AFI (Apéndice 10.13).

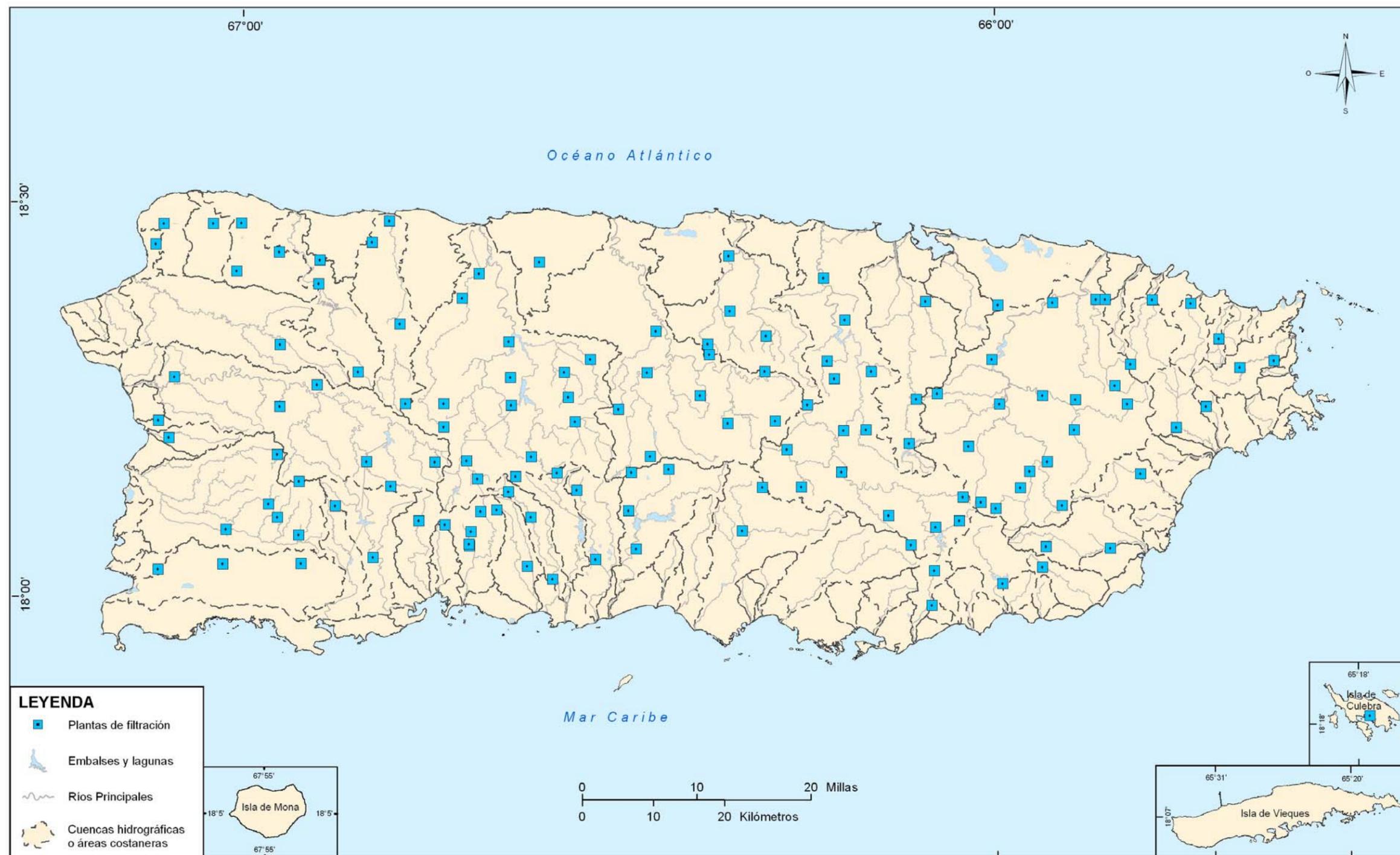
Los estudios del USGS incluyen datos de extracciones de agua en las siguientes categorías:

1. **Abasto Público:** Este renglón estima la cantidad de agua que extrae la AAA de quebradas, ríos, embalses, manantiales y acuíferos para producción de agua potable en 138 plantas de filtración y 110 pozos (estos últimos con extracción significativa o mayor de 100 galones por minuto). La AAA sirve aproximadamente el 97 por ciento de la población en la Isla, equivalente a 3.8 millones de habitantes. El balance de la población, aproximadamente 125,000 habitantes, reciben agua de hasta 270 sistemas de acueductos rurales independientes (denominados "Non-PRASA"), que extraen agua de pozos, quebradas, manantiales y acuíferos (Apéndice 10.14). El inventario del USGS no incluye estos sistemas Non-PRASA. La AAA recientemente completó un estudio sobre estos sistemas. Los datos del USGS tampoco desglosan la cantidad de agua que la AAA supe a industrias, comercios, entidades de gobierno y agricultores. Este renglón se describe en la Secciones 7.0.1, 7.0.2 y 7.0.3.
2. **Abasto Agrícola:** El sector agrícola extrae agua para riego y procesos relacionados a la agricultura, principalmente de los acuíferos en las regiones Norte y Sur, seguido de los sistemas de riego operados por la AEE en las regiones Sur, Suroeste y Noroeste. El abasto para usos agrícolas incluye el sector público (sistemas de riego de la AEE) y privado o autoabastecido (franquicias emitidas o reconocidas por el DRNA a agricultores independientes que no están conectados a los sistemas de riego de la AEE, ubicados primordialmente en los valles costaneros de la Provincia del Sur). Sobre este renglón, es importante apuntar que el DRNA revisó los estimados preparados por el USGS para el

2000 y datos preliminares para el 2002. El DRNA opina que los estimados del USGS en este sector son menores de los usos actuales, como se explica en la Sección 7.0.2.

3. **Abasto Industrial:** El informe del USGS indica que los acuíferos son la fuente principal de agua que utiliza el sector industrial, particularmente del Acuífero Inferior (Artesiano) en la Región del Karso entre Manatí y Barceloneta. Estas extracciones se describen en la Sección 7.0.3.
4. **Abasto Comercial:** Los comercios en la Isla usan primordialmente agua producida por la AAA, debido a que gran parte de su demanda es proveer agua a sus empleados y clientes. Las extracciones comerciales ocurren en el sector turístico y su uso es mayormente en hospedерías para abasto público y en campos de golf para riego de gramas. Este renglón se describe en la Sección 7.0.4.
5. **Otros Usos:** Los inventarios de extracciones de agua preparados por el USGS luego del 2000 no incluyen las siguientes categorías de extracciones de agua importantes en la Isla:
 - a. **Aguas Salinas y Salobres para Desalinización:** La AEE (Palo Seco), la AAA (Culebra) y Ecoeléctrica (Guayanilla), operan plantas desalinizadoras que utilizan cantidades menores de aguas salinas o salobres.
 - b. **Uso de Aguas en Plantas Hidroeléctricas:** La AEE utiliza agua de ríos y embalses para generar electricidad en las plantas hidroeléctricas descritas en la Sección 7.0.5. Esta agua es devuelta a sus fuentes esencialmente sin consumo, y en general se descarga hacia el mar, es reusada en embalses o ríos aguas abajo del punto de extracción en las tomas de la AAA, o es descargada a canales para alimentar los sistemas de riego en la Región Sur.
 - c. **Aguas Salinas para Enfriamiento de Plantas Termoeléctricas:** La AEE, la AES y Ecoeléctrica también extraen aproximadamente 3,100 mgd de aguas salinas para enfriamiento en sus plantas generatrices de energía eléctrica. La AEE extrae agua de mar en Puerto Nuevo (San Juan), Palo Seco (Cataño), Aguirre (Salinas), Costa Sur (Guayanilla), Cambalache (Arecibo). La AES extrae agua de la Bahía de Jobos, mientras que Ecoeléctrica lo hace de la Bahía de Guayanilla. Estas aguas son descargadas nuevamente por la AEE y estas empresas a las bahías o canales costaneros de donde son extraídas.

Tomando en cuenta los factores anteriores de extracciones y uso de agua en Puerto Rico y sus Islas adyacentes, el DRNA estima que en el 2002 la extracción de agua de quebradas, ríos, embalses, manantiales y acuíferos en la Isla para todos los usos era de aproximadamente 722 mgd. La AAA extrajo 612 mgd (518 mgd de fuentes superficiales y 94 mgd de los acuíferos), de los cuales retornó 36 mgd a los ríos y quebradas luego de haberla usado para el lavado de filtros de las plantas de filtración de la AAA (Figura 7-1).



Fuente: Autoridad de Acueductos y Alcantarillados, 2003.

Figura 7-1. Plantas de filtración en Puerto Rico.[]

Esto resultó en una extracción neta de 576 mgd, que se distribuyó a los usuarios residenciales, oficinas del gobierno, comercios e industrias en la Isla. En el 2002 la AAA facturó aproximadamente 254 mgd, incluyendo 175 mgd al sector residencial, 33 mgd a las oficinas de gobierno, 29 mgd a los comercios, 9 mgd al sector industrial, y 8 mgd para control de incendios (hidrantes o “bocas de incendio”). La AAA y el DRNA estiman que aproximadamente el 13 % del agua que recibieron estos sectores (74 mgd) no fueron facturados (denominadas pérdidas fiscales o comerciales), lo que resulta en unas entregas (consumo) netas de 328 mgd. Esto resulta en que las pérdidas reales (filtraciones y roturas) en los sistemas de distribución de la AAA son de aproximadamente el 43 % de la producción neta (576-328=248 mgd). Estos estimados asumen que las pérdidas fiscales y reales son uniformes en cada sector y proporcionales a la facturación de la AAA. Distribuyendo las pérdidas fiscales, se concluye que el sector residencial utilizó 226 mgd; el industrial utilizó 26 mgd, que incluyen los 12 mgd que provee la AAA y 14 mgd de pozos propios en los acuíferos de las áreas donde ubican; y el sector comercial (centros comerciales, hoteles, restaurantes y negocios) utilizó 36 mgd primordialmente de la AAA (33 mgd) además de extraer 3 mgd de pozos. La AAA supe 43 mgd a las agencias del Gobierno Central y los gobiernos municipales. Separadamente, los sistemas privados utilizan hasta 12 mgd para uso residencial. Estos balances se resumen en la Figura 7-2.

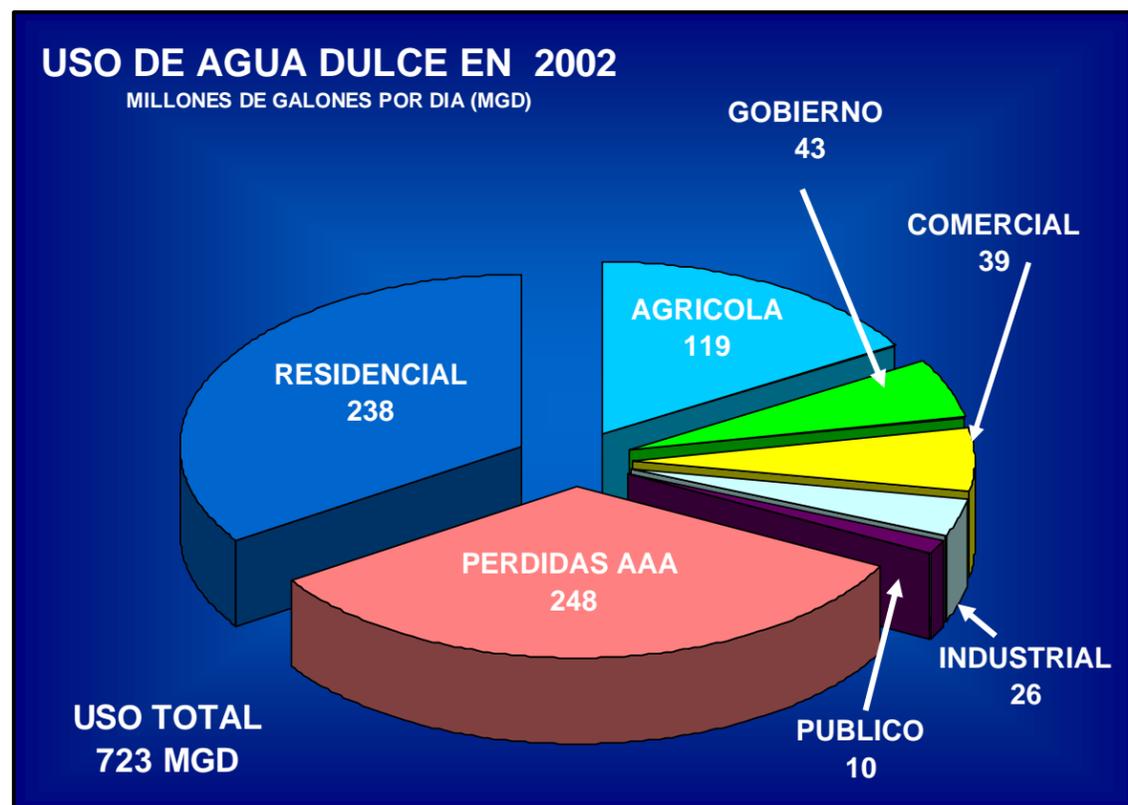
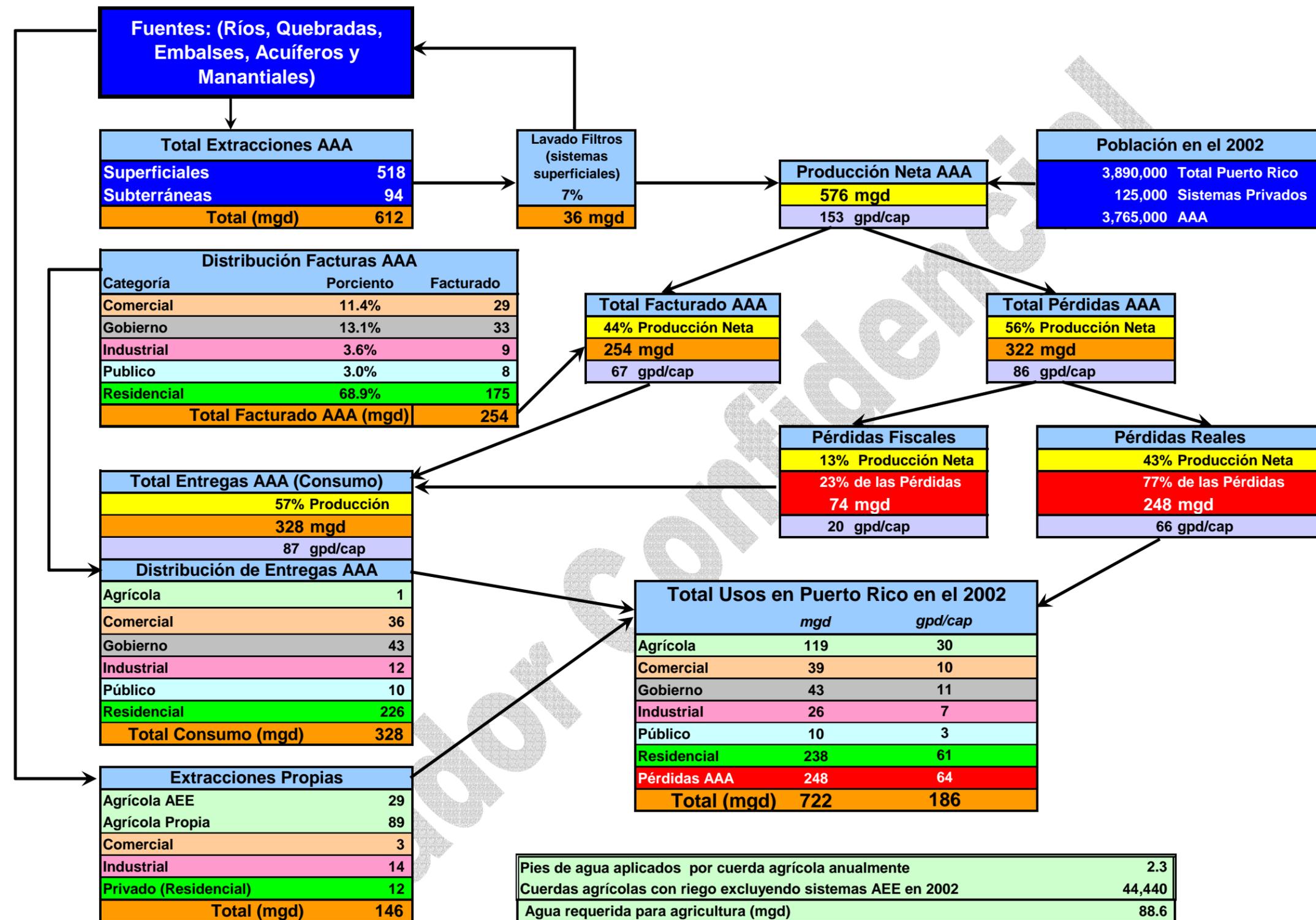


Figura 7-2. Uso de Agua Dulce en Puerto Rico en el 2002.

Los datos en la Figura 7-2 nos permiten llegar a varias conclusiones fundamentales sobre el uso de agua fresca en Puerto Rico:

1. El total de extracciones de agua en la Isla continua aumentando, alcanzando 723 mgd en el 2002. La AAA continúa siendo el usuario principal de agua fresca (Apéndice 10.15).
2. El uso residencial es mucho menor de lo que se percibe generalmente, siendo de aproximadamente 226 mgd suministrados por la AAA y 12 mgd de los sistemas privados, lo que equivale a un consumo per cápita de 64 mgd. Este valor no está en conflicto con los estimados anteriores de consumo de hasta 90-95 galones por persona por día. La diferencia entre este valor y los 64 gppd estimados en uso residencial surge del consumo de los residentes en actividades fuera del hogar, tales como las escuelas, los trabajos, restaurantes, centros comerciales y las oficinas de gobierno. Es interesante notar que el consumo per cápita promedio en los sistemas privados es de 96 mgd. Las pérdidas en estos sistemas aparentan ser mínimas.
3. Las pérdidas reales en los sistemas de distribución de la AAA son de aproximadamente el 43 % de la producción, equivalente al 43 % de la producción neta de la agencia. Este valor se sustenta al considerar el consumo per cápita antes descrito con la producción neta de la AAA.
4. El consumo de agua en las oficinas del Gobierno Central y los gobiernos municipales es una fracción sustancial del uso total de agua fresca en la Isla, representando el 13 % del agua producida por la AAA.

En la Figura 7-3 se provee el flujo estimado de las extracciones y uso de agua en la Isla en el 2002.



Fuente: Modificado del US Geological Survey, 2002.

Figura 7-3. Extracciones y uso estimado de agua en Puerto Rico en el 2002.

Las aguas superficiales (quebradas, ríos, embalses y manantiales) proveyeron el 85% (518 mgd) del agua dulce utilizada en la Isla en el 2002. Los embalses suplieron aproximadamente 370 mgd del agua utilizada por la AAA, equivalente al 60% del total de las extracciones para abasto público. En comparación, las aguas subterráneas (acuíferos) proveyeron el 15% del total (94 mgd) (Figura 7-4).

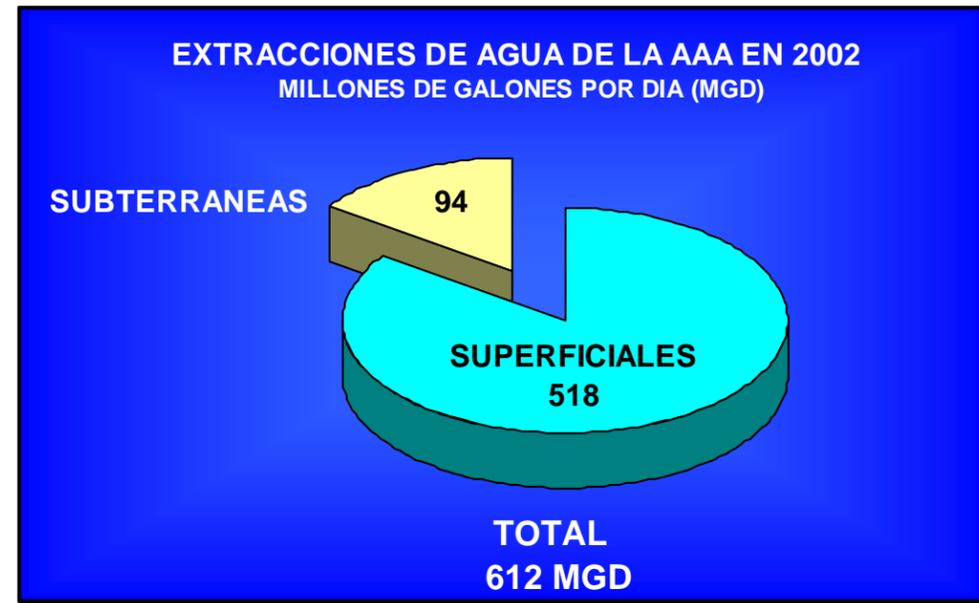
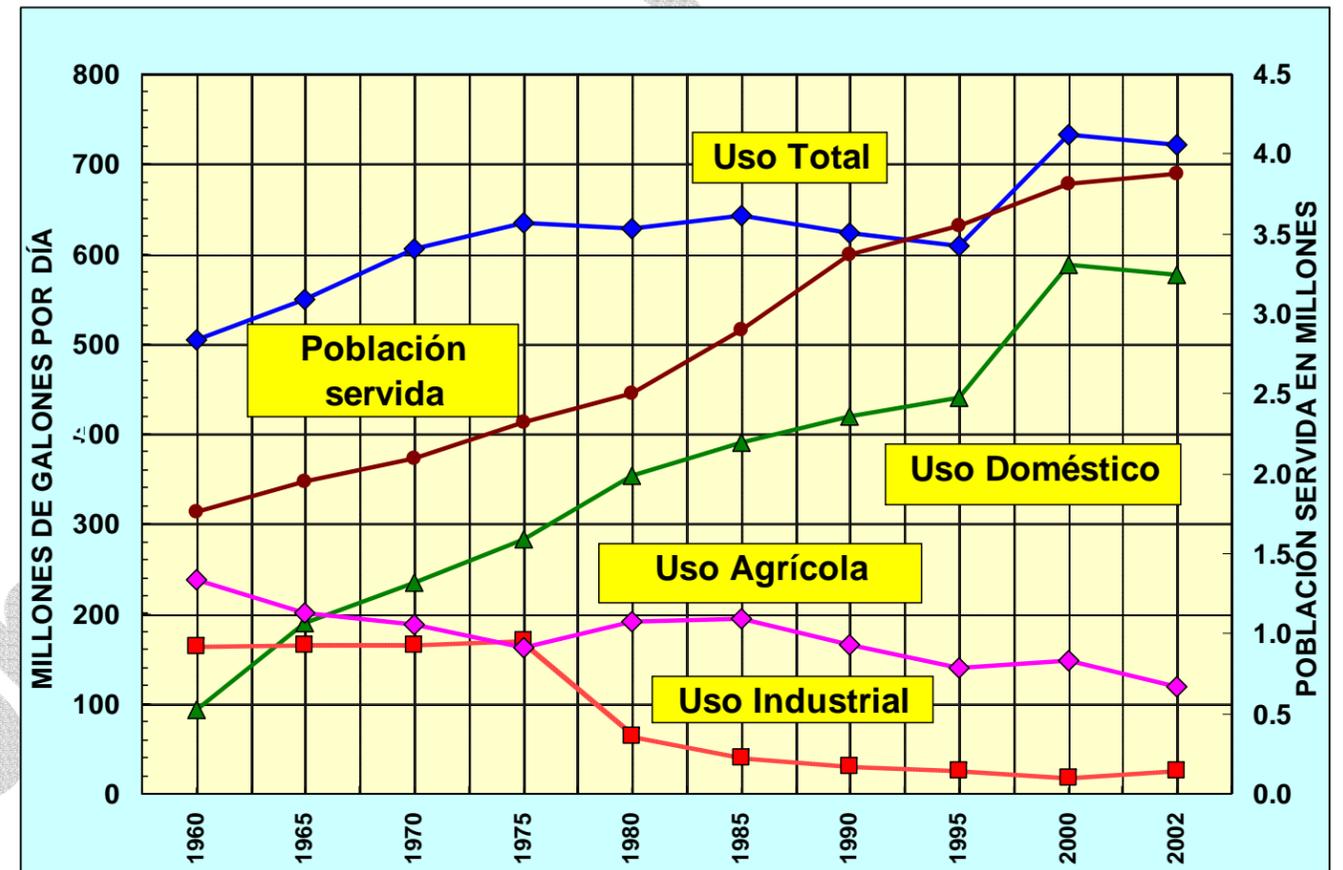


Figura 7-4. Extracciones de agua superficial y subterránea en Puerto Rico, 2002.

Las extracciones totales de agua dulce en la Isla han aumentado dramáticamente desde 1960, cuando comenzó a estimarse el uso total (Figura 7-5). Datos del USGS establecen que el uso total aumentó de 500 mgd en 1960 a aproximadamente 699 mgd en el 2000. El DRNA estima el uso actual (2002) en aproximadamente 712 mgd. El aumento histórico en las extracciones de agua desde 1960 se debe en gran parte al consumo doméstico, representado por el incremento en la población en la Isla. El número de habitantes servidos por la AAA aumentó de 1.8 millones en 1960 a aproximadamente 3.8 millones en el 2002. Los sistemas de producción de agua potable "Non-PRASA" operados por entidades privadas (estimados en 270), que sirven a aproximadamente 125,000 residentes de zonas rurales, utilizan aproximadamente 12 mgd de agua de quebradas, manantiales y pozos.

Los usos agrícolas e industriales disminuyeron significativamente luego del cierre progresivo de la industria azucarera en 1975. En el año 2002, el sector agrícola utilizó aproximadamente 29 mgd de los sistemas de riego de la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) en los valles del sur y norte, así como 89 mgd de los acuíferos, principalmente en la Región Sur.



Fuente: Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, 2004.

Figura 7-5. Uso histórico de agua en Puerto Rico, 1960-2002.

7.0.1 Uso Doméstico

El sector doméstico es el renglón que mayor cantidad de agua utiliza en Puerto Rico, Vieques y Culebra. Este sector incluye las extracciones de agua por parte de la AAA, así como las de los sistemas privados ("Non-PRASA"). Como se indicara en la sección anterior, la AAA extrajo en el 2002 aproximadamente 612 mgd de agua dulce, divididos en 518 mgd de aguas superficiales y 94 mgd de subterráneas para producción de agua potable. Los sistemas Non-PRASA (estimados 270), extrajeron aproximadamente 12 mgd de aguas superficiales y subterráneas (basado en una extracción per cápita de 85 galones por persona por día (gpd). La AAA estima que 8 mgd provienen de aguas superficiales y 4 mgd de pozos. Los estudios de la AAA sugieren que en los sistemas Non-PRASA el uso per cápita es menor que en los acueductos públicos operados por la AAA. Los sistemas Non-PRASA, con la excepción de varios acueductos, no utilizan filtros, por lo que la extracción es esencialmente equivalente a la producción.

El agua que produce la AAA (576 mgd netos) se distribuye a los usuarios residenciales, industriales, comerciales, y agencias del Gobierno Estatal y de los gobiernos municipales. Además, la AAA provee agua para los sistemas públicos de control de incendio (hidrantes). Los análisis de la AAA y el DRNA establecen que la AAA distribuye el agua que produce como se ilustra en la Tabla 7-1. Esta distribución establece que el abasto residencial previo a las pérdidas en los sistemas de distribución de la AAA es de 327 mgd.

Tabla 7-1. Distribución del agua producida por la AAA en Puerto Rico luego de las pérdidas en los sistemas de distribución.

[mgd, millones de galones por día]

Sector de Uso	Millones de galones por día (mgd)
Comercial	36
Industrial	12
Público	10
Gobierno	43
Residencial	225
Agrícola	1
Total	327

Fuente: Autoridad de Acueductos y Alcantarillados, 2004.

7.0.2 Uso Agrícola

Las extracciones de agua por el sector agrícola en Puerto Rico en el 2002 fueron de aproximadamente 119 mgd, de acuerdo a estimados del DRNA. Este valor revisa los estimados preliminares del USGS para este sector, que fueron de 74 mgd. El uso de agua agrícola incluye aguas superficiales provistas de los distritos de riego operados por la AEE, primordialmente en la Región Sur, y aguas subterráneas obtenidas de pozos privados. La AAA suple una cantidad menor de agua para usos agrícolas, primordialmente a vaquerías, porquerizas y fincas de plantas ornamentales.

El USGS, en su inventario del 2000, estimó el uso de agua por este sector en 94.5 mgd. Sin embargo, en el 2002 estimó el uso en 40 mgd de los sistemas de riego de la AEE y 34 mgd de pozos privados, para un total de 74 mgd. Estos estimados no coinciden con los datos de fincas bajo riego en el 2002 informadas por la AEE y obtenidas por el Departamento de Agricultura Federal (USDA, 2003). Esta agencia federal estimó en 14,560 las cuerdas regadas con agua provista por la AEE, quien a su vez estimó que suministró 32,840 acres-pies para riego de estos terrenos. Esto resulta en una aplicación promedio de 2.3 acres-pies por cuerda de terreno

anualmente. El USDA también estimó que en el 2002 se regaban 31,370 cuerdas adicionales privadas. Utilizando la razón de riego anual de 2.3 acres-pies por cuerda, resulta en una aplicación anual de aproximadamente 72,151 acres-pies adicionales. La suma del riego público y el privado es de 119 mgd. Este es el valor utilizado en el Plan Integral para estimar las necesidades futuras de agua por el sector agrícola.

7.0.3 Uso Industrial

El uso industrial del agua es el tercero en magnitud en Puerto Rico luego de las extracciones domésticas y agrícolas. Las industrias obtienen el agua que utilizan primordialmente de pozos propios y de las plantas de filtración operadas por la AAA, además de una cantidad menor de quebradas y ríos. Las industrias farmacéuticas son las que usan la mayor cantidad de agua a través de la Isla, particularmente en las zonas de Manatí a Barceloneta, Humacao y Mayagüez a San Germán. Históricamente, el uso de agua por el sector industrial ha disminuido significativamente con el cierre de las centrales azucareras, así como de otras industrias que utilizaban cantidades grandes de agua dulce, tales como las petroquímicas y las fábricas que producen cartón y papel.

El DRNA estima que en el 2002 las industrias en la Isla utilizaron aproximadamente 26 mgd de agua dulce. Este total incluye 12 mgd que la AAA suple, más 14 mgd que las industrias se suplen mediante pozos propios (13.7 mgd) y tomas de agua superficiales (0.3 mgd). El USGS, en su informe de Uso de Agua en Puerto Rico en el 2000 (USGS, 2004), incluye como uso industrial solamente el agua obtenida por las industrias mismas de pozos y tomas superficiales. Aunque el agua provista por la AAA está contabilizada por el USGS en el total de extracciones y producción para uso doméstico, no está descrita en la categoría correcta. Esto implica que los abastos disponible para abasto público son 12 mgd menores que la Producción Neta de las plantas de filtración de la AAA. Por ende, el déficit entre el abasto y la demanda es mayor que lo anteriormente descrito.

El uso industrial varía también con el desarrollo de las industrias, lo cual está atado al desarrollo económico de Puerto Rico. Las proyecciones de desarrollo industrial del Departamento de Desarrollo Económico (DDE) y de la Compañía de Desarrollo Industrial (PRIDCO), apuntan a la ubicación en la Isla de un gran número de empresas que requerirán abastos de agua. Esto sugiere que este renglón de uso de agua en la Isla continuará aumentando durante las próximas décadas.

7.0.4 Uso Comercial

El uso comercial del agua en Puerto Rico es considerado parte del abasto público debido a que el agua se consume primordialmente por empleados y clientes de los negocios que la utilizan. Aunque el USGS clasifica esta categoría como la de menor importancia en la Isla, esto se refiere a abastos propios. Los comercios obtienen el agua que utilizan primordialmente de la AAA y de pozos propios. Los hoteles, centros comerciales y supermercados son los principales usuarios de agua dulce en el sector comercial en la Isla, particularmente en la Zona Metropolitana de San Juan. Históricamente, el uso de agua por el sector comercial ha aumentado levemente en proporción a los desarrollos urbanos en la Isla.

El uso de agua por el sector comercial excede el uso industrial, de acuerdo a estudios del DRNA y la AFI basados en la facturación de agua por parte de la AAA durante un período de 60 días entre diciembre del 2001 a enero del 2002. Este análisis reveló que el 11.4 % del agua facturada por la AAA fue al sector comercial. Esto es equivalente a una tasa anual de hasta 29 mgd. Este valor no incluye abastos propios principalmente de aguas subterráneas mediante franquicias emitidas por el DRNA. El USGS contabilizó esta parte del uso comercial durante el 2002, estimando extracciones de 2.5 mgd. Conjuntamente con el agua que provee la AAA, el uso comercial total es de aproximadamente 39 mgd, incluyendo la fracción no-facturada. Al igual que el uso industrial abastecido por la AAA, la porción del uso comercial suplida por la AAA se contabiliza con los abastos públicos. Esto establece que los abastos de agua disponibles al sector residencial son menores que lo tradicionalmente aceptado en la Isla.

7.0.5 Uso Hidroeléctrico

La AEE opera once (11) sistemas hidroeléctricos alimentados de aguas provenientes de embalses a través de Puerto Rico, con una capacidad hidroeléctrica en el 2003 de aproximadamente 67,525 kilovavatios (Kva) (5,468 megavatios (MW) de electricidad. Estos sistemas fueron construidos comenzando en 1913 como parte de una red hidroeléctrica que incluía 20 plantas hidroeléctricas alimentadas de 15 embalses en la zona montañosa de la Isla. Los once sistemas en operación utilizan un promedio diario de 87 mgd de aguas de 10 embalses generando el 1.7% de toda la energía que produce la AEE. El agua es descargada aguas abajo de las unidades hidroeléctricas, donde en la mayor parte de las instancias es reusada para generar electricidad nuevamente, para abasto a plantas de filtración de la AAA, o para riego en las Regiones Noroeste y Sur de la Isla.

Los sistemas hidroeléctricos desarrollados durante este período tenían una capacidad combinada original de 127,205 kilovatios (Kva). Las plantas hidroeléctricas construidas en Puerto Rico se resumen en la Tabla 7-2. La Tabla también muestra la capacidad de producción actual de cada sistema, incluyendo aquellos sistemas cuya operación ha sido discontinuada. Actualmente, la capacidad de producción es el 53.1% de la capacidad original. Esta reducción se debe a que la AEE ha discontinuado la operación de unidades generatrices en algunos sistemas y ha reducido la capacidad en otros sistemas. La principal razón para discontinuar estas unidades está relacionada a mermas en la capacidad de los embalses donde operaban, debido a la

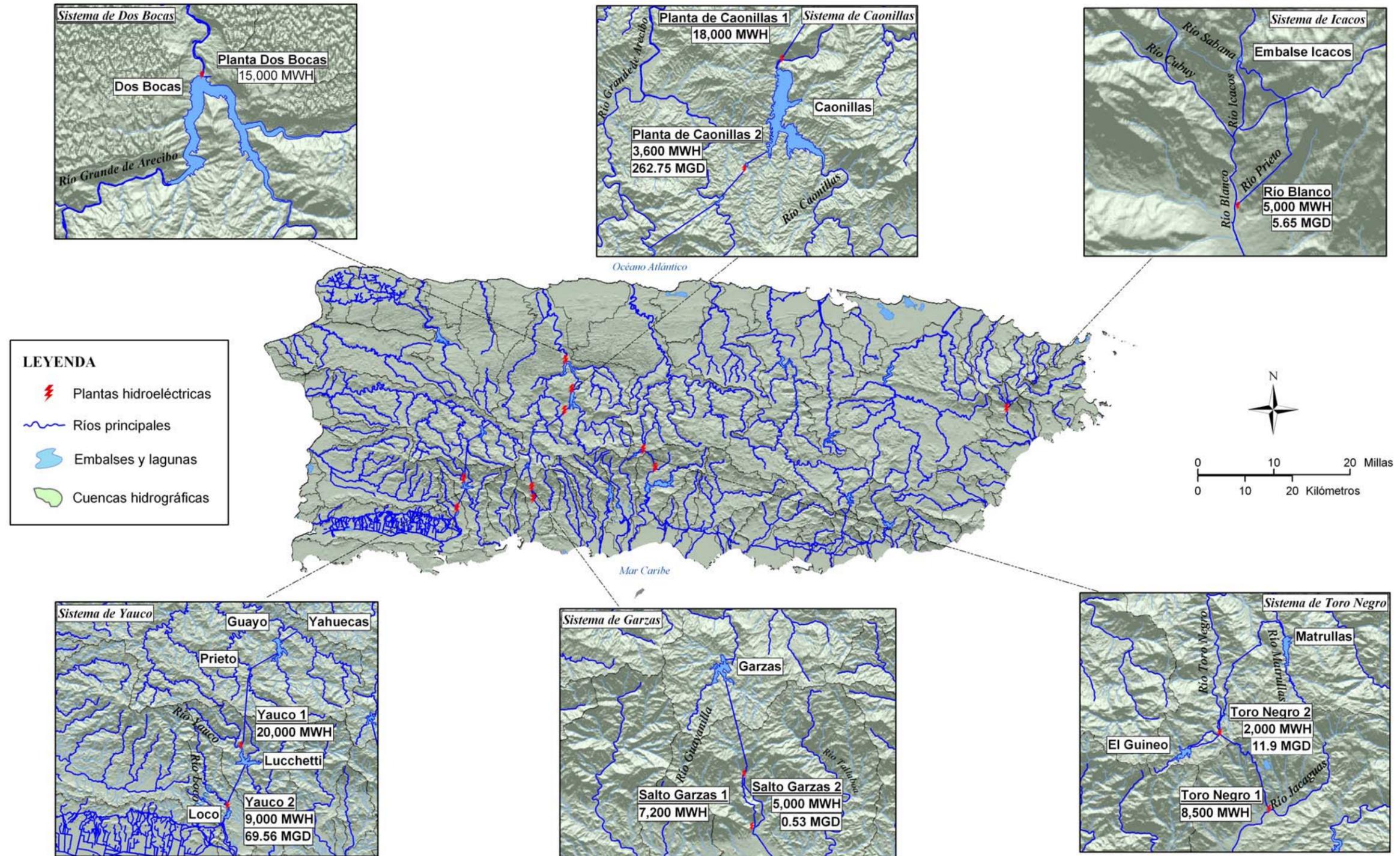
acumulación acelerada de sedimentos. También han ocurrido problemas operacionales que han resultado en el cierre de unidades, ya que en estos casos, el flujo de agua en los embalses no se ha reducido.

Estos sistemas generan 165,712 megavatios por hora. Esta cantidad de electricidad es equivalente al 0.6% de toda la energía que produce o adquirió la AEE en la Isla en el 2003. Los sistemas hidroeléctricos en operación en el 2004 se ilustran en la Figura 7-6. Detalles de estos sistemas se incluyen en el Inventario de Recursos de Agua.

Tabla 7-2. Unidades hidroeléctricas instaladas en Puerto Rico por la WRA, la AFF y la AEE desde 1913 a 1960, incluyendo las unidades discontinuadas durante este período.

Unidad de Producción	Año	Capacidad original (Kilovatios)	Capacidad actual (Kilovatios)	Producción actual (Megavatios) (sep 2003-oct 2004)
Comerio 1	1907	2,000	0	0
Comerio 2	1913	4,000	0	0
Carite 1	1915	4,200	0	0
Carite 2	1924	800	0	0
Isabela 1	1928	880	0	0
Toro Negro 1	1929	5,400	5,500	16,914
Río Blanco	1930	6,250	3,125	3,354
Carite 3	1931	800	0	0
Toro Negro 2	1937	2,400	2,000	2,426
Isabela 2	1938	1,000	0	0
Garzas 1	1941	9,000	3,600	9,644
Garzas 2	1941	6,300	5,000	1,514
Dos Bocas	1942	22,500	5,000	54,882
Isabela 3	1947	1,250	0	0
Isabela 4	1947	1,625	0	0
Caonillas 1	1949	17,600	9,000	0
Caonillas 2	1950	5,000	3,600	0
Yauco 1	1953	25,000	25,000	50,495
Yauco 2	1953	10,000	4,500	26,483
Patillas	1984	1,200	1,200	0
Total		127,205	67,525	165,712

Fuente: Autoridad de Energía Eléctrica, 2004.



Fuente: Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, 2004.

Figura 7-6. Sistemas hidroeléctricos activos en Puerto Rico en el 2003.

7.1 Proyecciones de Uso de Agua al 2025

El desarrollo de estrategias efectivas para el manejo, uso y conservación de los recursos de agua en la Isla requiere proyecciones de las necesidades de cada sector que utiliza este importante recurso. Estos sectores incluyen la producción de agua potable, el riego agrícola, y los usos industriales y comerciales. Las demandas de los sistemas naturales no se consideran en este análisis por interpretarse que no aumentan o disminuyen. Las proyecciones de demanda de agua futura pueden obtenerse por métodos racionales, tales como el uso de datos históricos de tendencias de crecimiento en cada sector, extrapoladas hacia el futuro hasta el marco de referencia. En el Plan Integral de Aguas el marco de referencia es el año 2025. Otro método utilizado es el del uso de modelos matemáticos que tomen en consideración varios factores que afectan el uso de agua. Estos factores pueden incluir elementos sociales, económicos, culturales y técnicos, incluyendo los límites de desarrollo sustentable de una fuente o fuentes de agua. El uso de estos modelos "socioeconómicos" para proyecciones de demanda de agua permite evaluar alternativas variadas para diferentes condiciones de desarrollo de una ciudad, municipio, región o país. Los modelos ofrecen ventajas sobre los métodos racionales, ya que permiten evaluar interacciones entre los factores que afectan el uso del agua, así como la sensibilidad de cada parámetro. Esto permite determinar el error estadístico que pueden representar desviaciones de un parámetro en comparación con los otros.

En el desarrollo de proyecciones de demanda de agua futuras como parte del Plan Integral de Aguas de Puerto Rico, se utilizó el sistema o modelo denominado "IWR-MAIN". Las siglas representan el Instituto de Recursos de Agua del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EUA (IWR), quien desarrolló el sistema. El término MAIN se refiere a "Municipal and Industrial Needs", como una medida para determinar demandas de agua futura de estos dos importantes sectores de consumo. MAIN, como generalmente se define, fue calibrado utilizando datos socioeconómicos del Censo Federal del 2000, ajustado con las proyecciones de desarrollo socioeconómico de la Isla derivadas por la Junta de Planificación a finales del 2003. El modelo permite calcular las proyecciones de demanda de agua futuras en la Isla tomando en consideración los siguientes factores:

1. Escenarios de control de pérdidas en los sistemas de la AAA.
2. Variaciones en el uso per cápita de agua por los residentes de la Isla.
3. Cambios en las proyecciones de desarrollo económico basado en tendencias locales en lugar de generales.
4. Segregación de las proyecciones de demanda de agua al nivel municipal en la Isla y de barrios en un municipio en particular.

5. Escenarios de conservación de agua utilizando diferentes métodos físicos y gerenciales.

En el análisis de proyecciones de demanda hasta el año 2025 se asumieron las siguientes condiciones:

1. Crecimiento de la población de 0.9% por año, basado en los datos del Censo Federal y las proyecciones de la JP.
2. Crecimiento económico promedio de un 1.03% en la Isla, basado en datos de ingresos per cápita de la JP (2000 a 2025).
3. Escenarios de control de pérdidas en los sistemas de distribución de la AAA, reduciendo las pérdidas de los estimados actuales de 45% de la producción en incrementos hasta alcanzar un 20% en el año 2010 y en años subsiguientes (CDM, 2003).
4. Consumo per cápita promedio residencial en la Isla de 160.9 galones por unidad por día (gpud).
5. Un Ingreso per cápita promedio de \$14,752 aumentando a \$19,658 en el año 2025.
6. Datos de lluvia y temperatura promedio mensuales.
7. Datos de distribución de empleos por sectores mediante el uso del código de estándares industriales (SIC) y proyecciones de la JP al 2025.
8. Densidad de residencias por milla cuadrada y habitantes por residencia.

Resultados de las Proyecciones: Las simulaciones se segregaron al nivel de municipio, proveyendo estimados de la necesidad de producción de agua potable. Estos estimados representan el escenario de proyección de crecimiento socioeconómico proyectado por la JP con alternativas para el control de pérdidas por parte de la AAA. Los resultados por municipios para los escenarios de control de pérdidas antes indicados se resumen en la Tabla 2-14. Estos resultados establecen lo siguiente:

1. Escenario manteniendo las pérdidas vigentes de la AAA de 41.3% de la producción neta de agua potable: Sin reducción en las pérdidas, la AAA necesitará satisfacer una demanda de 540 mgd para el año 2010; 555 mgd en el 2020; y 558 mgd en el 2025.
2. Escenario de reducción de pérdidas progresivas a un máximo de 20% de la producción neta de la AAA en el 2025: La AAA necesitaría satisfacer una demanda de 375 mgd para el año 2010; y 377 mgd en el 2020 y el 2030.
3. Escenario de aumento poblacional constante.
4. Escenario de aumento poblacional según datos históricos.
5. Escenario de aumento en ingreso per cápita constante.
6. Escenario de aumento en ingreso per cápita según datos históricos.
7. Escenario de aumento en unidades de vivienda constante.
8. Escenario de aumento en unidades de vivienda según datos históricos.
9. Escenario de costo real igual a costo nominal.
10. Escenario de aumento en costo real según datos históricos.
11. Escenario de aumento en número de empleos constante.
12. Escenario de aumento en número de empleos según datos históricos.

Para cada uno de estos escenarios se evaluó la aplicación medidas de conservación las cuales se resumieron en dos (2) escenarios: 1) constante restringido y 2) según datos históricos con restricción. Estos escenarios donde se evaluaron medidas de conservación resultaron en proyecciones de demanda por debajo de los estimados en el 2003.

Estos escenarios confirman los análisis llevados a cabo por la AAA en 1994, ya que las proyecciones actuales de necesidad de producción de agua potable no son muy disimilares a las obtenidas anteriormente. Los resultados también confirman estimados anteriores llevados a cabo por la AFI sobre las necesidades de infraestructura de la AAA con un control de pérdidas efectivo. Las reducciones en pérdidas en los sistemas de la AAA son equivalentes al desarrollo de nueva infraestructura, lo que elimina o reduce la necesidad de nuevos embalses, tomas de agua, plantas desalinizadoras, plantas de filtración y pozos.

7.3 Proyecciones de Demanda de Agua por Municipio

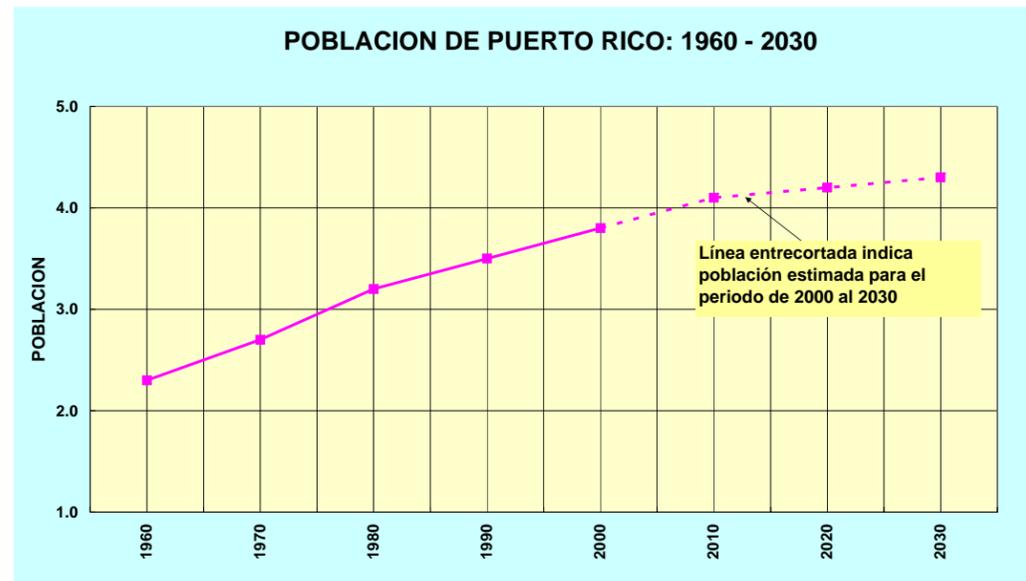
La demanda de agua municipal en Puerto Rico es función del uso residencial y el crecimiento de los sectores agrícolas, industriales y comerciales. Los análisis utilizando el modelo IWR-Main anteriormente referido se limitan a estimar la necesidad de producción de agua para el sector doméstico, que incluye la mayor parte de la demanda residencial y parte de los sectores industriales y comerciales. No existen otros estudios que permitan proyectar el aumento en el uso de agua por los sectores industriales, comerciales y el gobierno en cada municipio. En el 2002, estos renglones representaron el 31% de los abastos de agua producidos por la AAA. El único modo de estimar un valor de estos renglones es proyectando el crecimiento en proporción al aumento de la población y el aumento en producción por la AAA. Sobre esto, es razonable concluir que los sectores comerciales e industriales exhibirán aumentos paulatinos en la demanda de agua. El aumento en la población y el desarrollo del turismo en la Isla promoverán aumentos en consumo de agua. Es de esperarse que la industria continúe creciendo, pero el uso de agua industrial no ha aumentado significativamente en las últimas dos décadas debido al reuso interno y mermas en el desarrollo industrial en la Isla.

Estimados de proyecciones de demanda de agua en los municipios en Puerto Rico, Vieques y Culebra se obtuvieron de los resultados de la calibración del modelo IWR-MAIN. Estos datos se basan en las proyecciones de población en cada municipio y los datos de la JP sobre el posible desarrollo socioeconómico en cada región de la Isla. Los datos representan el escenario de mayor demanda, en el cual no se implantan reducciones en las pérdidas en los sistemas de la AAA.

7.2 Población Histórica y Proyectada al 2025

El crecimiento de la población en Puerto Rico es uno de los factores más importantes que afectan el uso de agua. El consumo residencial constituye el renglón más importante en el uso de agua en la Isla, representando el 66% de toda el agua que se usa. Los usos agrícolas e industriales representan el 9% del total del agua que se usa en la Isla. El uso total de agua en la Isla ha aumentado a medida que aumenta la población, aún cuando los sectores agrícolas e industriales de hayan reducido (USGS, 2003).

La población de la Isla en el 2004 era de aproximadamente 3,913,100 habitantes, según proyecciones de la JP basadas en el Censo Federal del 2000 (Figura 7-7). La tasa de crecimiento anual de la población de Puerto Rico ha descendido de 1.45% en 1960 a 0.79% en el 2000. La Junta de Planificación estima que la población de la Isla continuará aumentando, alcanzando aproximadamente 4,214,400 habitantes en el 2025.



Fuente: Junta de Planificación, 2003.

Figura 7-7. Aumento en la población de Puerto Rico 1960 al 2000 y proyecciones de crecimiento hasta el 2030.



Tabla 7-3. Proyecciones de demanda de agua por municipios en Puerto Rico al 2030.

Area de Estudio	Municipios	Demanda 2002 (mgd)	Demanda 2005 (mgd)	Demanda 2010 (mgd)	Demanda 2020 (mgd)	Demanda 2030 (mgd)
Arecibo	Arecibo	10.19	10.47	10.95	11.98	13.10
	Hatillo	3.96	4.07	4.26	4.66	5.09
	Camuy	3.59	3.69	3.85	4.22	4.61
	Quebradillas	2.59	2.66	2.78	3.04	3.33
	Subtotal	20.34	20.89	21.85	23.90	26.13
Norte Central	Barceloneta	2.27	2.33	2.44	2.67	2.92
	Florida	1.26	1.29	1.35	1.48	1.62
	Manatí	4.62	4.75	4.97	5.43	5.94
	Vega Baja	6.30	6.48	6.77	7.41	8.10
	Vega Alta	3.86	3.96	4.15	4.53	4.96
	Dorado	3.46	3.56	3.72	4.07	4.45
	Toa Alta	3.25	3.34	3.50	3.82	4.18
	Subtotal	25.04	25.72	26.90	29.42	32.18
Metro	Toa Baja	9.58	9.84	10.29	11.25	12.31
	Toa Alta	3.25	3.34	3.50	3.82	4.18
	Bayamón	22.81	23.43	24.50	26.80	29.31
	Cataño	3.06	3.14	3.29	3.60	3.93
	Guaynabo	10.19	10.46	10.94	11.97	13.09
	San Juan	44.22	45.43	47.51	51.96	56.83
	Trujillo Alto	7.71	7.92	8.28	9.06	9.91
	Subtotal	100.82	103.57	108.31	118.47	129.57
Este Central	Caguas	14.30	14.69	15.37	16.81	18.38
	Gurabo	3.74	3.84	4.02	4.40	4.81
	Juncos	3.71	3.81	3.99	4.36	4.77
	San Lorenzo	4.17	4.29	4.48	4.90	5.36
	Subtotal	25.93	26.64	27.86	30.47	33.32
Noreste	Carolina	18.94	19.46	20.35	22.26	24.35
	Canóvanas	4.41	4.53	4.74	5.18	5.67
	Loíza	3.31	3.40	3.56	3.89	4.26
	Río Grande	5.33	5.48	5.73	6.26	6.85
	Luquillo	2.02	2.07	2.17	2.37	2.59
	Fajardo	4.14	4.26	4.45	4.87	5.33
	Ceiba	1.83	1.88	1.97	2.15	2.36
	Sub area total	21.05	21.62	22.61	24.73	27.05
	Subtotal	39.99	41.08	42.97	46.99	51.40

Tabla 7-4. Proyecciones de demanda de agua por municipios en Puerto Rico al 2030, continuación ...

Area de Estudio	Municipios	Demanda 2002 (mgd)	Demanda 2005 (mgd)	Demanda 2010 (mgd)	Demanda 2020 (mgd)	Demanda 2030 (mgd)
	Humacao	6.01	6.17	6.46	7.06	7.72
	Las Piedras	3.51	3.61	3.77	4.13	4.51
	Vieques	0.93	0.95	1.00	1.09	1.19
	Culebra	0.19	0.20	0.20	0.22	0.24
	Yabucoa	4.00	4.10	4.29	4.69	5.13
	Maunabo	1.30	1.33	1.39	1.52	1.67
	Subtotal	18.35	18.85	19.71	21.56	23.58
Guayama	Patillas	2.05	2.11	2.20	2.41	2.64
	Arroyo	1.95	2.00	2.09	2.29	2.50
	Guayama	4.51	4.63	4.85	5.30	5.80
	Salinas	3.17	3.25	3.40	3.72	4.07
	Subtotal	11.68	11.99	12.54	13.72	15.00
Villalba	Villalba	2.84	2.92	3.05	3.34	3.65
	Juana Díaz	5.14	5.28	5.53	6.04	6.61
	Coamo	3.83	3.93	4.11	4.50	4.92
	Santa Isabel	2.21	2.27	2.37	2.59	2.83
	Ponce	0.95	0.98	1.02	1.12	1.22
	Subtotal	14.97	15.38	16.08	17.59	19.24
Ponce	Ponce	18.04	18.53	19.38	21.19	23.18
	Peñuelas	2.72	2.79	2.92	3.20	3.50
	Guayanilla	2.35	2.41	2.52	2.76	3.02
	Yauco	4.72	4.85	5.07	5.55	6.07
Subtotal	27.83	28.58	29.89	32.70	35.76	
Mayaguez	Mayagüez	10.02	10.29	10.77	11.78	12.88
	Añasco	2.89	2.96	3.10	3.39	3.71
	Hormigueros	1.69	1.74	1.82	1.99	2.17
Subtotal	14.60	15.00	15.68	17.15	18.76	
San Germán	Cabo Rojo	4.78	4.91	5.13	5.61	6.14
	San Germán	3.78	3.88	4.06	4.44	4.85
	Lajas	2.67	2.75	2.87	3.14	3.44
	Sabana Grande	2.64	2.71	2.84	3.10	3.39
	Guánica	2.23	2.29	2.39	2.62	2.86
Subtotal	16.10	16.53	17.29	18.91	20.69	

Tabla 7-4. Proyecciones de demanda de agua por municipios en Puerto Rico al 2030, continuación ...

Noroeste	Isabela	4.52	4.65	4.86	5.32	5.81
	Aguadilla	6.59	6.76	7.07	7.74	8.46
	Aguada	4.28	4.40	4.60	5.03	5.50
	Moca	4.04	4.15	4.34	4.75	5.19
	Rincón	1.50	1.54	1.62	1.77	1.93
	Subtotal	20.94	21.51	22.49	24.60	26.90
Cidra	Aguas Buenas	2.96	3.04	3.18	3.47	3.80
	Cidra	4.35	4.47	4.68	5.11	5.59
	Cayey	4.82	4.95	5.18	5.67	6.20
	Comerio	2.04	2.09	2.19	2.39	2.62
	Aibonito	2.70	2.77	2.90	3.17	3.47
	Naranjito	3.02	3.11	3.25	3.55	3.89
	Barranquitas	2.94	3.02	3.16	3.46	3.78
	Subtotal	22.83	23.45	24.53	26.83	29.34
Central	Corozal	3.75	3.86	4.03	4.41	4.82
	Morovis	3.05	3.13	3.28	3.58	3.92
	Orocovis	2.43	2.49	2.61	2.85	3.12
	Ciales	2.02	2.07	2.17	2.37	2.59
	Jayuya	1.76	1.81	1.89	2.07	2.27
	Subtotal	13.01	13.37	13.98	15.29	16.72
Oeste Central	Utuado	3.60	3.70	3.86	4.23	4.62
	Adjuntas	1.95	2.00	2.09	2.29	2.50
	Lares	3.50	3.60	3.76	4.12	4.50
	Maricao	0.66	0.67	0.71	0.77	0.84
	San Sebastián	4.50	4.62	4.83	5.29	5.78
	Las Marías	1.13	1.16	1.21	1.32	1.45
	Subtotal	15.33	15.75	16.47	18.02	19.71
	Total	387.75	398.31	416.56	455.61	498.31
Crecimiento anual						
Consumo promedio (g/d/p)						
* Crecimiento basado en 0.9% anual						
**Crecimiento basado en los censos del 1990 y 2000						

7.4 Sector Doméstico

Los estimados de uso de agua del DRNA establecen que cada puertorriqueño consume un promedio de 95 galones de agua potable por día. Utilizando los estimados de población hasta el 2025, el DRNA estima que el consumo de agua aumentará a 408 mgd en ese año (DRNA, 2004). La producción de agua por parte de la AAA para satisfacer esta demanda depende en gran medida de reducir las pérdidas reales y contabilizadas en sus sistemas de distribución. Varios escenarios de necesidad de producción tomando en cuenta la población de la Isla y reducciones en las pérdidas se resumen en la Figura 7-8. Diversos escenarios son posibles, incluyendo el ideal, donde se reducen las pérdidas a un máximo del 20% de la producción neta de la AAA, hasta mantener el *status quo* de que no ocurrirán mejoras en el control de pérdidas.

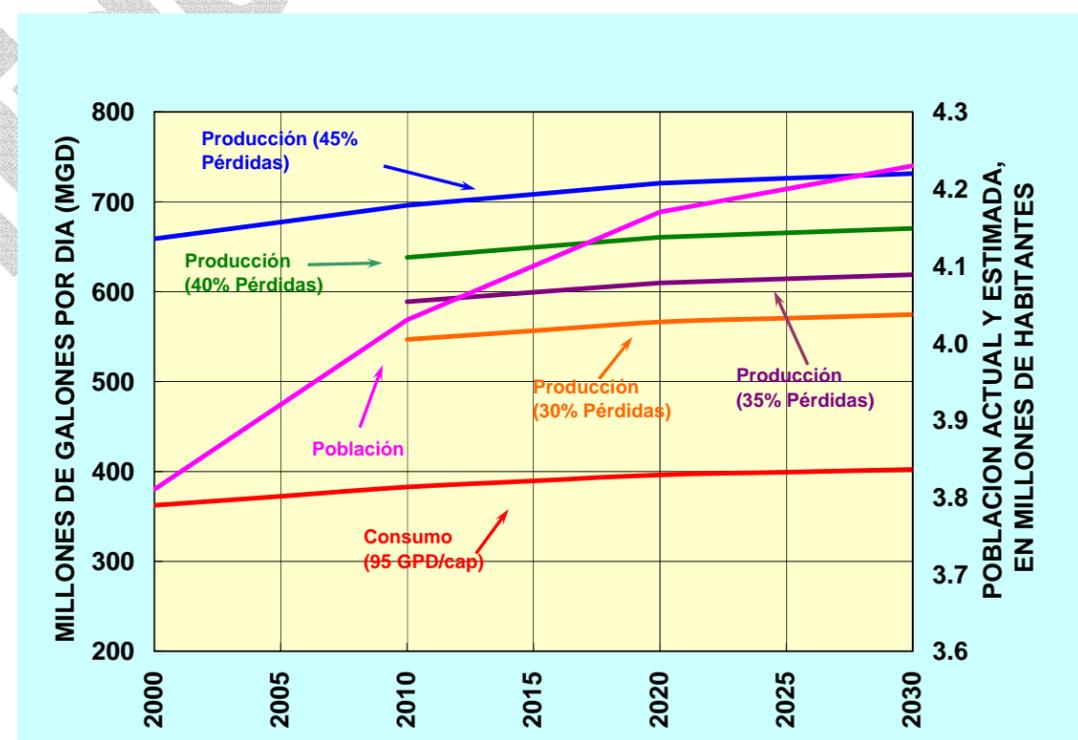


Figura 7-8. Proyecciones de producción y consumo de agua potable en Puerto Rico, para diferentes escenarios de pérdidas del 2000 – 2030.

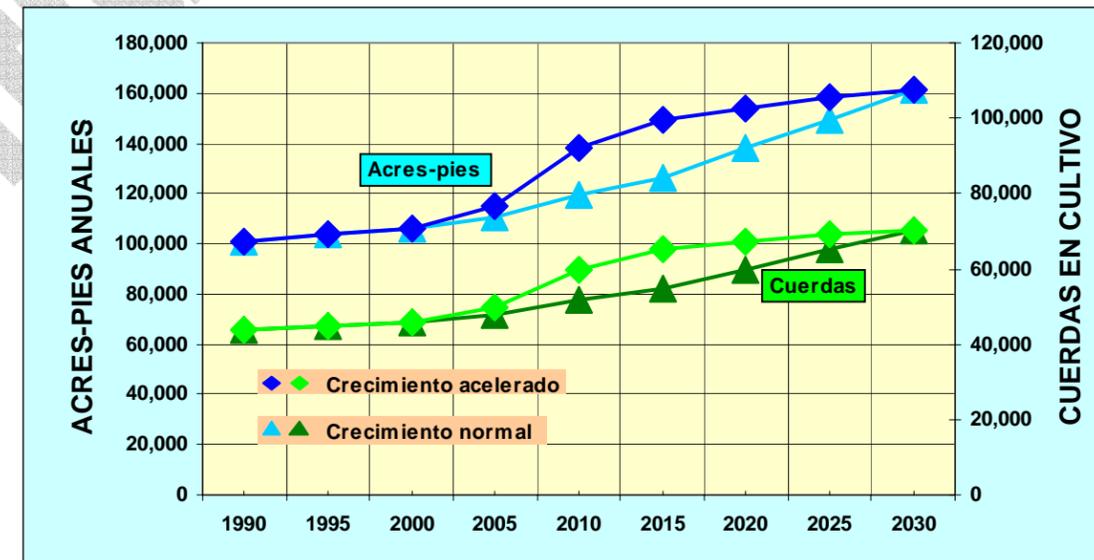
7.5 Sector Agrícola

El sector agrícola es el segundo en importancia en el uso de agua dulce en Puerto Rico. Las actividades agrícolas, incluyendo riego, ganadería, avicultura y ornamentales, utilizan un promedio diario de aproximadamente 119 mgd. Esto incluye 29 mgd de los Distritos de Riego operados por la AEE, así como 90 mgd proveniente de pozos privados, y tomas en ríos y quebradas. El riego agrícola, primordialmente en los valles costaneros de la Región Sur, utiliza la mayor parte del agua que consume el sector agrícola. El Departamento de Agricultura Federal estima que en el 2002 se cultivaban en la Isla aproximadamente 690,700 cuerdas, de las cuales 45,930 cuerdas recibían riego agrícola. Esto incluía aproximadamente 14,560 cuerdas regadas con agua proveniente de los sistemas de la AEE y 31,370 cuerdas regadas con agua de pozos privados. La AEE proveyó aproximadamente 32,840 acres-pies de agua para regar estos terrenos, lo que es equivalente a una tasa de aplicación de 2.3 acres-pies por cuerda por año. Utilizando esta misma tasa de aplicación de agua a las fincas regadas con agua subterránea de pozos privados, se estima que este segmento utilizó aproximadamente 99,730 acres-pies por año de aguas subterráneas. El total de uso de agua por el sector de riego agrícola se estima en 119 mgd (133,350 acres-pies por año).

El desarrollo del Plan incluyó estimar las demandas futuras de agua del sector agrícola, de modo que el DRNA y el ELA puedan planificar proveer los abastos necesarios para promover una agricultura vigorosa y eficiente. Estos estimados tomaron en cuenta varios factores de importancia, incluyendo:

1. Los terrenos actualmente bajo cultivo que utilizan riego. Estos se estiman en 45,930 cuerdas (USDA, 2003).
2. Los terrenos adicionales en las reservas agrícolas de los valles de Lajas y Culebrinas. Estas dos reservas agrícolas representan un área potencialmente cultivable de aproximadamente 23,000 cuerdas. Se asumió que todos estos terrenos estarían bajo cultivo en o antes del 2030. Varios escenarios de desarrollo de estos terrenos se consideraron en el análisis, incluyendo aumentos paulatinos hasta que todos los terrenos estén bajo riego, y alternativas donde la mayor parte del desarrollo ocurra en los próximos 10 años.
3. Se asumió una aplicación promedio de 2.3 acres-pies por cuerda por año. Este estimado se basó en las tasas de riego actuales en el Valle de Lajas, que posiblemente representen las condiciones de mayor uso de agua, esto debido a la poca lluvia, las altas temperaturas y el viento en la zona. Las proyecciones de demanda de agua basadas en las condiciones antes descritas se resumen en la Figura 7-9. Esta figura incluye dos alternativas de desarrollo y uso adicional de agua para riego. Las alternativas reflejan diferentes tasas de desarrollo, reflejando la primera la tendencia reciente de aumentos paulatinos de entre 2,000 a 4,000 cuerdas por año. La segunda alternativa acelera el uso de agua asumiendo que las Reservas Agrícolas del Valle de Lajas y de Culebrinas se desarrollan casi en su totalidad en los próximos 15-20 años. Esto conllevaría un aumento

en el número de cuerdas bajo riego de 50,000 a 70,000 en toda la Isla. Específicamente en el Valle de Lajas, este escenario conllevaría el desarrollo de aproximadamente 20,000 cuerdas adicionales, lo que conllevaría un gasto adicional de agua de aproximadamente 46,000 acres-pies de agua (equivalente a un promedio de 41 mgd). Como se indicara en la Sección 6.8.3, en la Región Suroeste no se dispone de esta cantidad de agua, ya que el rendimiento seguro del Proyecto del Suroeste y el Distrito de Riego del Valle de Lajas es de aproximadamente 16 mgd. En comparación, la cuenca del Río Culebrinas dispone de recursos de agua abundantes, aunque no existen embalses que permitan almacenar el agua para proveer riego durante períodos de estiaje. La mayor parte del año, el flujo en el Río Culebrinas cerca de la Central Coloso exceden 27 mgd el 99 % del tiempo (DRNA, 2004), aunque la AAA extrae hasta 10 mgd para la Planta de Filtración de Aguadilla y la nueva planta de Moca.



Fuente: Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, 2004.

Figura 7-8. Estimados de la demanda de agua para riego agrícola en Puerto Rico hasta el 2030.

7.6 Sector Industrial-Comercial

Las industrias y el comercio constituyen el tercer renglón de importancia en el uso de agua en Puerto Rico. Anteriormente, los estudios de uso de agua en la Isla llevados a cabo por el *USGS* desglosaban solamente el agua que estos sectores se suplían de pozos y tomas propios. Sin embargo, una parte sustancial del agua que utiliza la industria y el comercio la suministra la AAA.

1. En el 2002, las industrias en la Isla utilizaron aproximadamente 23 mgd de agua de pozos propios (9 mgd) y suministrados por la AAA (9 mgd). El consumo de agua industrial no ha aumentado significativamente en las últimas décadas debido al tipo de industrias (primordialmente farmacéuticas y de alta tecnología), las cuales no utilizan grandes cantidades de agua. Además, la industria se ha adaptado a las normas federales del programa *NPDES* que requiere minimizar las descargas de contaminantes al medioambiente, reusando una parte sustancial del agua que utilizan. el potencial de contaminación.
2. En contraste, los comercios utilizaron aproximadamente 31.5 mgd primordialmente de la AAA (29 mgd) y de tomas propias (2.5 mgd). La mayor parte del agua utilizada por los comercios se consume en hoteles y centros comerciales, además de la infinidad de negocios pequeños que existen en Puerto Rico, Vieques y Culebra.

Las proyecciones al 2030 de necesidad de producción de agua de estos sectores son inciertas, ya que no existen estudios definitivos sobre el crecimiento de ambas áreas de la economía. En el sector industrial, la Compañía de Desarrollo Industrial de Puerto Rico (*PRIDCO*, pro sus siglas en inglés) prepara estimados generales de los posibles proyectos industriales que incluyen sus planes generales de desarrollo económico. Sin embargo, en la última década ha ocurrido una merma en las tendencias recientes en la ubicación de industrias en la Isla.

El desarrollo de las Reservas Agrícolas de los valles de Lajas y Culebrinas no puede llevarse a cabo sin proveer abastos adicionales de agua para riego. En el Valle de Lajas no existen recursos de agua para el desarrollo propuesto. El Distrito de Riego del Suroeste tampoco tiene la capacidad de proveer el agua requerida para el riego de 20,000 cuerdas de terrenos. En el caso del Valle de Lajas, la AAA comenzó en el 2004 un estudio para determinar la viabilidad de capturar parte de los desbordes del Embalse Loco hacia el mar y desviarlos hacia el Valle de Lajas. En este embalse se desbordan hacia el Río Loco y el mar un promedio anual de 88,000 acres-pies (Figura 7.9). La recuperación de parte de esta agua permitiría el desarrollo del Valle de Lajas según planificado, además de proveer agua para las plantas de filtración de la AAA. La única otra alternativa para proveer el agua necesaria en el Valle de Lajas es el desarrollo del Embalse Casei, en la cuenca del Río Grande de Añasco, que tiene el potencial de suplir hasta 50 mgd de agua a las regiones Oeste y Suroeste. En el caso del Valle del Río Culebrinas, la AAA evalúa la posible ubicación de un embalse fuera del cauce que pudiera aumentar los abastos para riego.



Fuente: *US Geological Survey*, 2002.

Figura 7-9. La represa Loquito en Yauco (al fondo) es parte de la infraestructura hidroeléctrica y de riego operada por la Autoridad de Energía Eléctrica. El canal en la foto ilustra el comienzo de la red de canales de riego que abastece el Distrito de Riego del Valle de Lajas (foto por Sigfredo Torres, *USGS*, 2002).