

1ra. Conferencia sobre Sequia y Cambio Climático

Cambios en las Tendencias y Patrones de uso del Agua en Puerto Rico

Universidad Metropolitana
San Juan, Puerto Rico

Alejandro Silva Huyke

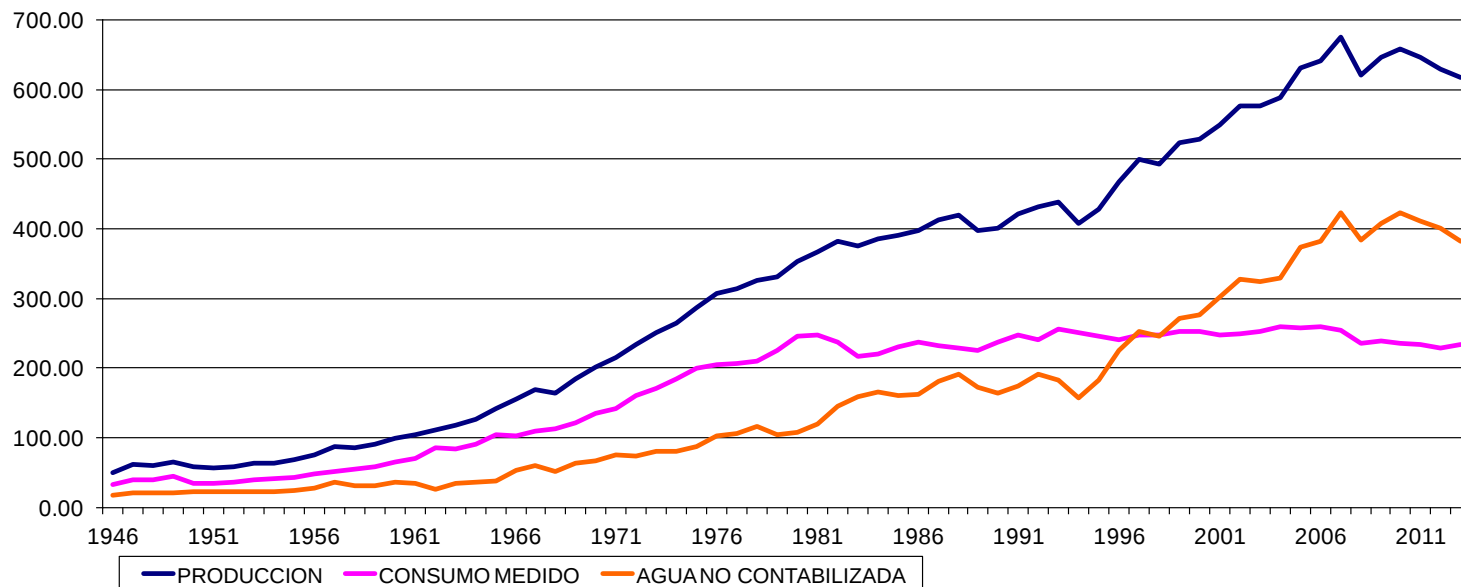
23 de abril de 2015

Objetivos de la Presentación

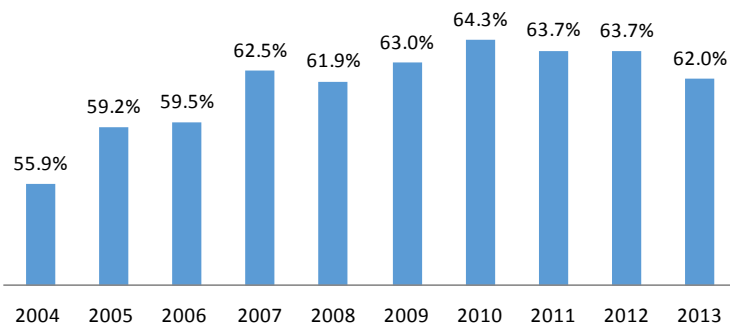
- Presentar un perfil de los patrones y tendencias en el uso de agua para cada uno de los sectores en Puerto Rico.
- Discutir cálculos preliminares de balances de disponibilidad del recurso, bajo condiciones de sequía, para cada una de las regiones del País.
- Identificar posibles impactos del proceso de cambio climático sobre la disponibilidad del recurso agua en Puerto Rico.
- Analizar los retos que enfrentamos y esbozar algunas estrategias pertinentes a la planificación y administración de los recursos de agua.

REQUERIMIENTOS DE PRODUCCION USOS EXTRACTIVOS		
2013		
SECTOR	MGD	% del Total
SERVIDO POR LA AAA	588.7	87.4%
NON PRASA	7.0	1.0%
AUTO ABASTO RESIDENCIAL	2.4	0.4%
INDUSTRIAL AUTOABASTECIDO	4.3	0.6%
TERMoeLECTRICAS	2.4	0.4%
OPERACIONES AGRONOMICAS	58.4	8.7%
OPERACIONES AGROPECUARIAS	10.0	1.5%
TOTAL	673.3	100.0%

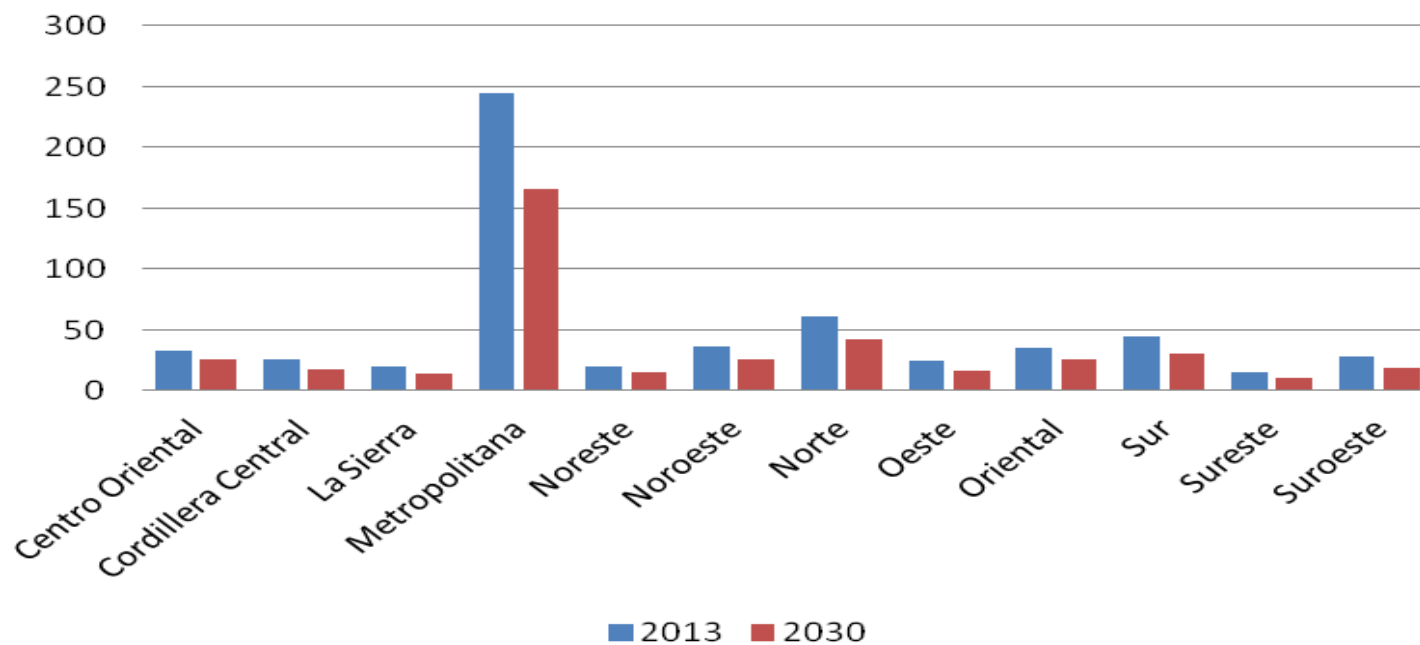
PRODUCCION, CONSUMO MEDIDO Y AGUA NO CONTABILIZADA SECTOR SERVIDO POR LA AAA



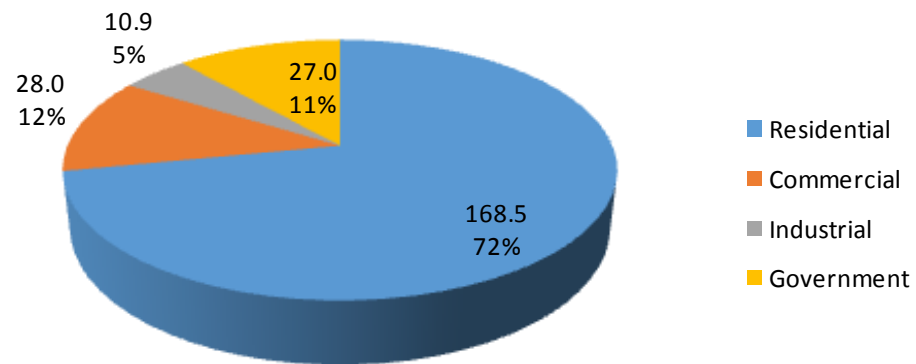
Por Ciento de Agua No Contabilizada Sector Servido por la AAA



REQUERIMIENTOS DE PRODUCCION SECTOR SERVIDO POR LA AAA 2013 - MGD

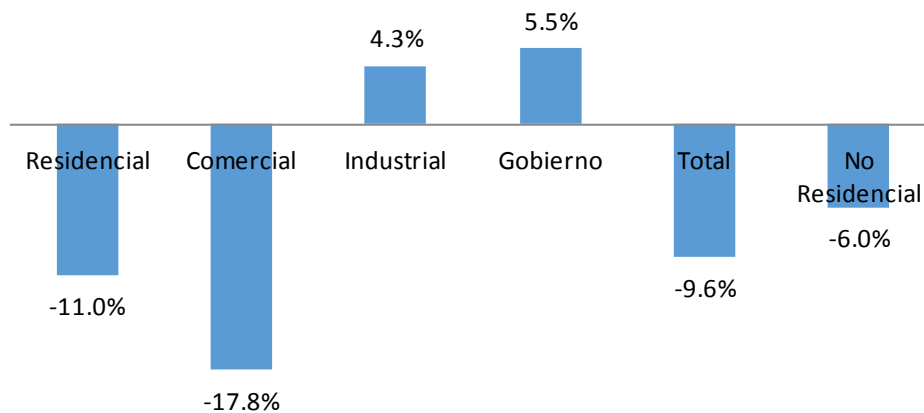


Consumo de Agua por Sector AAA 2013 - MGD



Consumo de Agua Servida por la AAA

Tasa de Cambio del 2004 al 2013



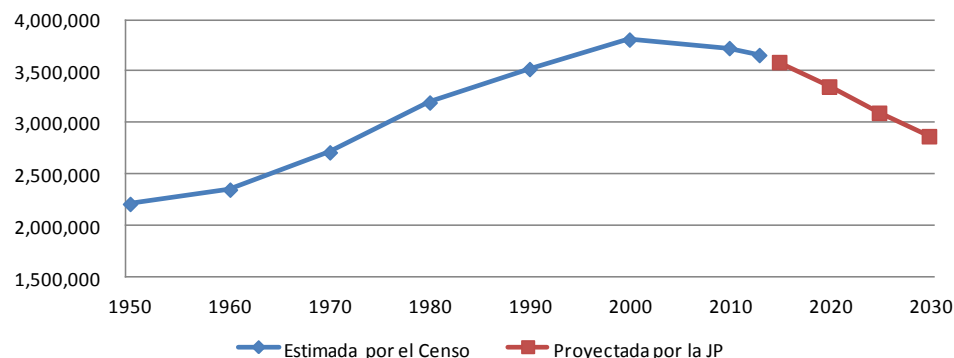
Datos sobre Uso de Agua Dulce en Puerto Rico

Sector Servido por la AAA

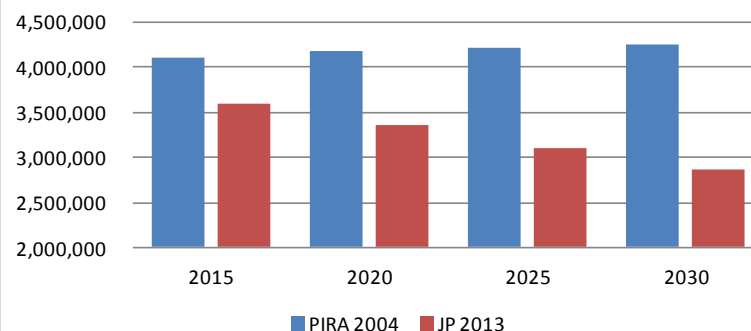
			Cambio	
	1995	2013	Total	%
Produccion	429.0	588.7	159.7	37.2%
Consumo	246.2	234.4	-11.8	-4.8%
ANC Total	182.8	382.6	199.8	109.3%
ANC %	42.6%	62.0%	19.4%	45.5%
Poblacion	3,665,324	3,658,168	(7,156)	-0.2%

Cambio Poblacional Proyectado

Poblacion Estimada y Proyectada en Puerto Rico



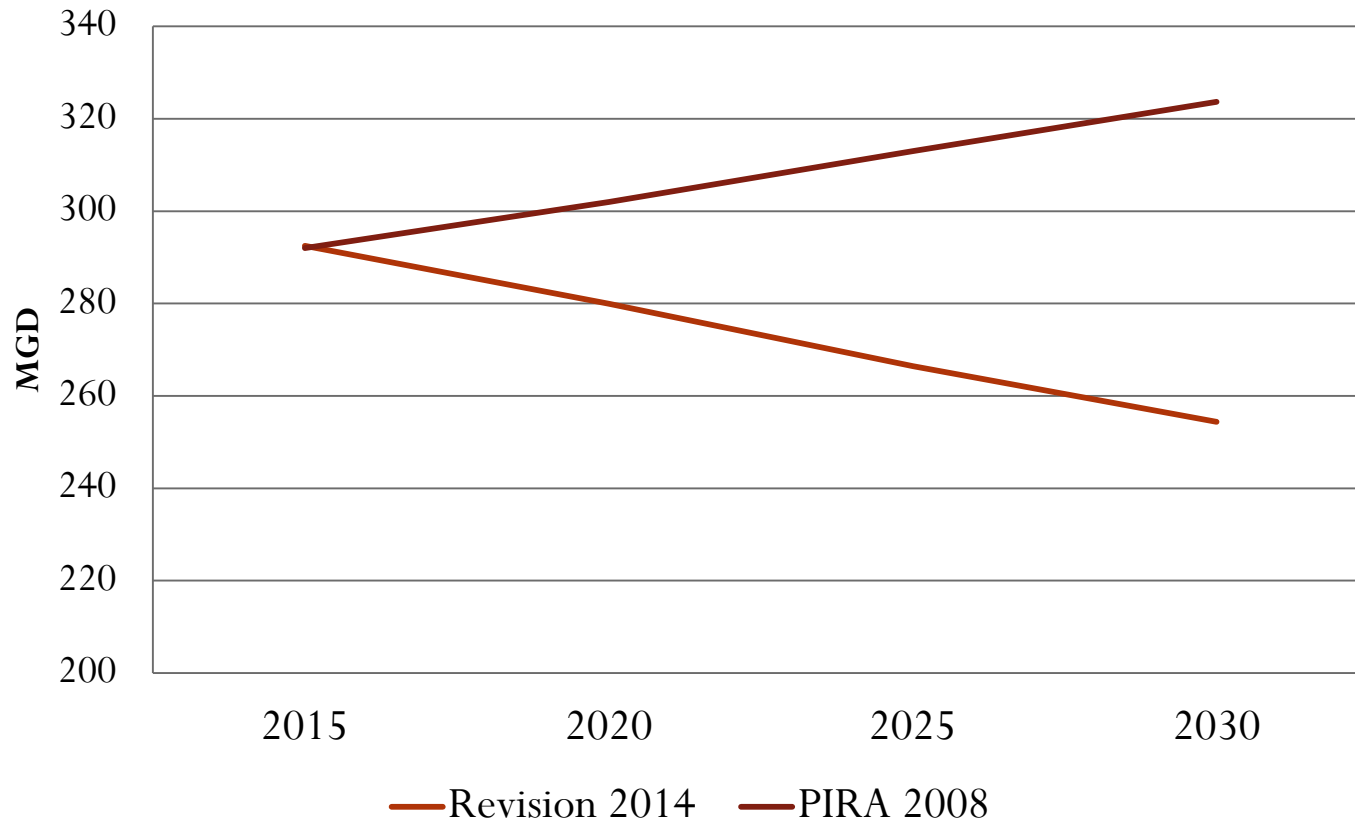
Proyecciones de Poblacion Comparadas



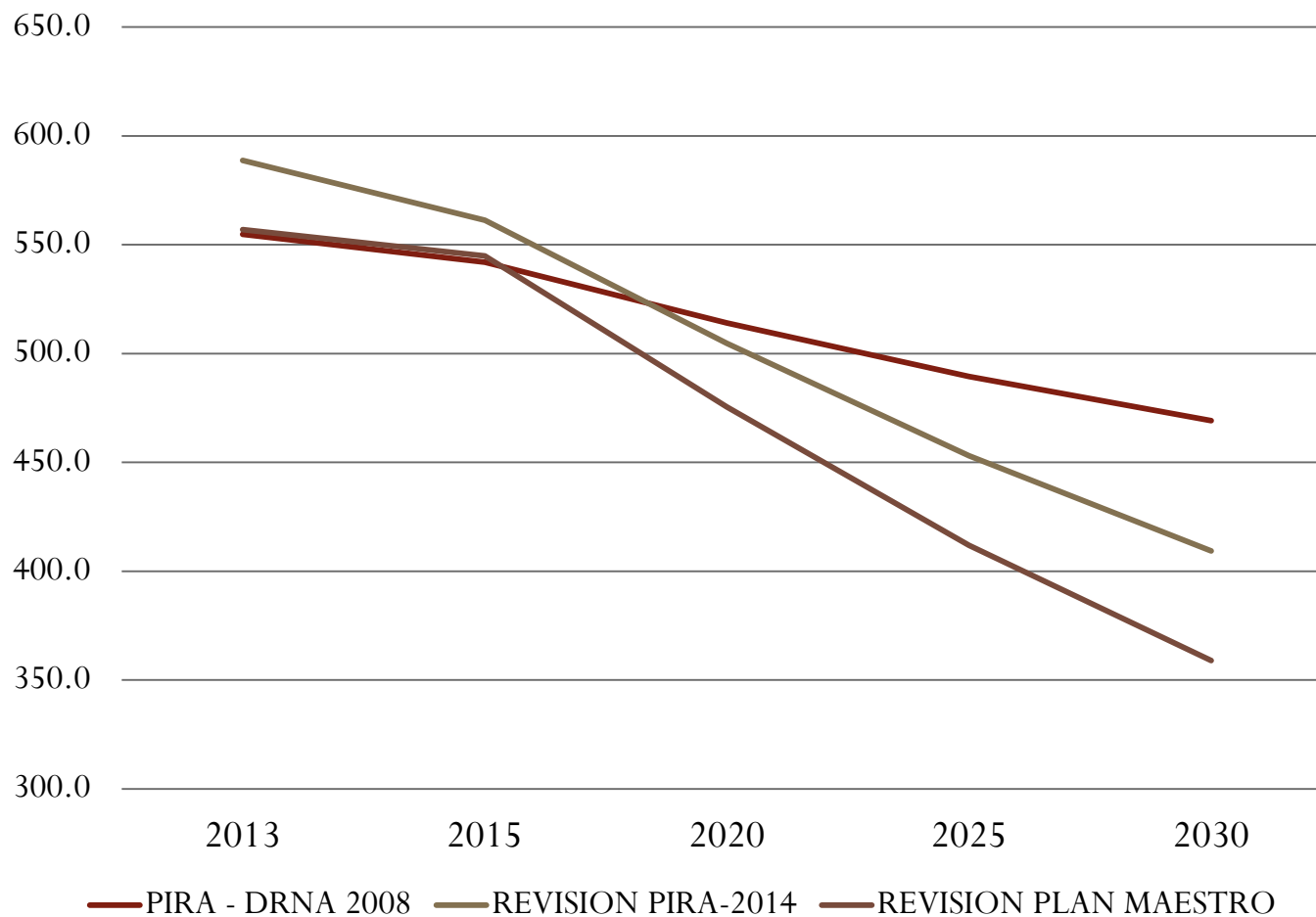
Población Estimada y Proyectada en Puerto Rico

Año	Número de Personas	% de Cambio Década
1950	2,210,703	18.3%
1960	2,349,544	6.3%
1970	2,712,033	15.4%
1980	3,196,520	17.9%
1990	3,522,037	10.2%
2000	3,808,610	8.1%
2010	3,725,789	-2.2%
2020	3,352,315	-10.0%
2030	2,869,462	-14.4%

Proyecciones de Demanda de Agua Sector Servido por la AAA



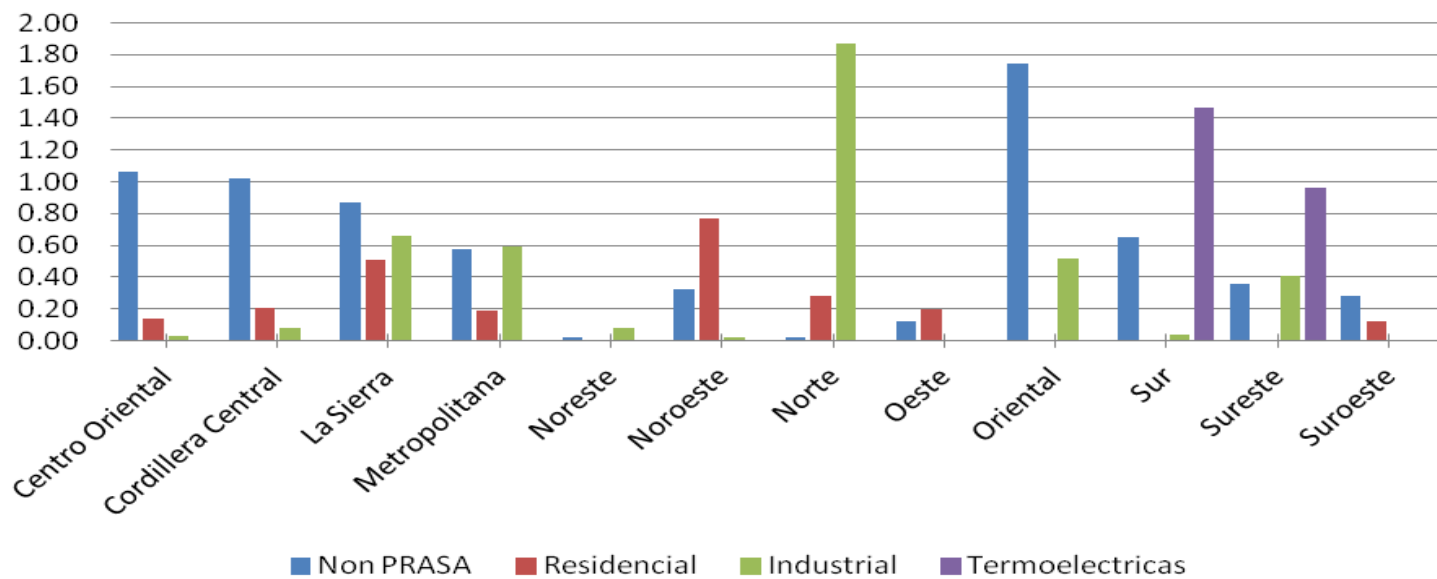
PROYECCIONES DE REQUERIMIENTOS DE PRODUCCION
SECTOR SERVIDO POR LA AAA - CON CONTROL DE PERDIDAS



Datos sobre Uso de Agua Dulce en Puerto Rico
Sectores Autoabastecidos

Sector	1995	2010	Total	%
Industrial	6.9	4.3	-2.6	-37.6%
Residencial	11.9	9.5	-2.5	-20.6%
Termoelectricas	2.2	2.4	0.3	12.5%
Total	21.0	16.2	-4.8	-22.8%

Requerimientos de Produccion Sectores Autoabastecidos

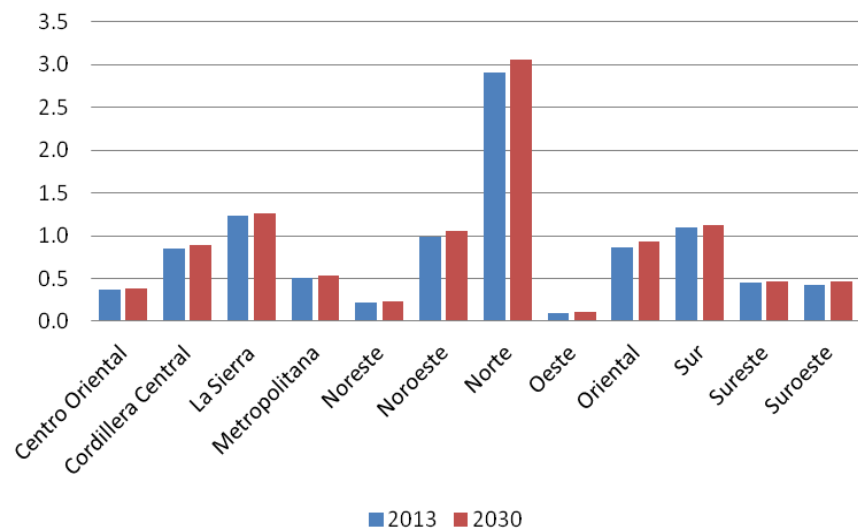


Datos sobre Uso de Agua Dulce en Puerto Rico

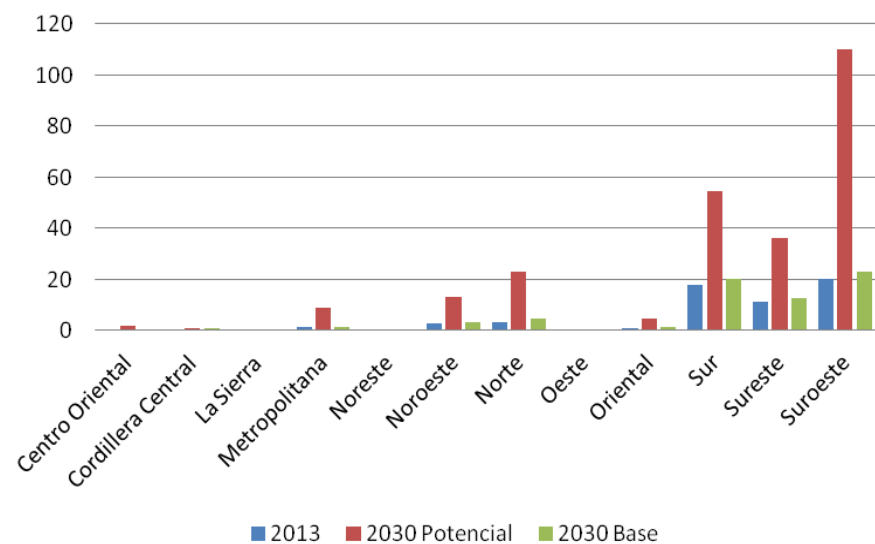
Sector Agrícola

Segmento	1995	2010	Cambio	
			Total	%
Riego superficial	74.6	15.7	-58.9	-79.0%
Riego pozos	28.2	20.0	-8.1	-28.9%
Pecuario	6.3	10.0	3.8	60.1%
Total	109.1	45.8	-63.3	-58.0%

REQUERIMIENTOS DE PRODUCCION USOS AGROPEQUARIOS- MGD



REQUERIMIENTOS DE PRODUCCION USOS AGRONOMICOS- MGD



Balances en la Disponibilidad Regional del Recurso

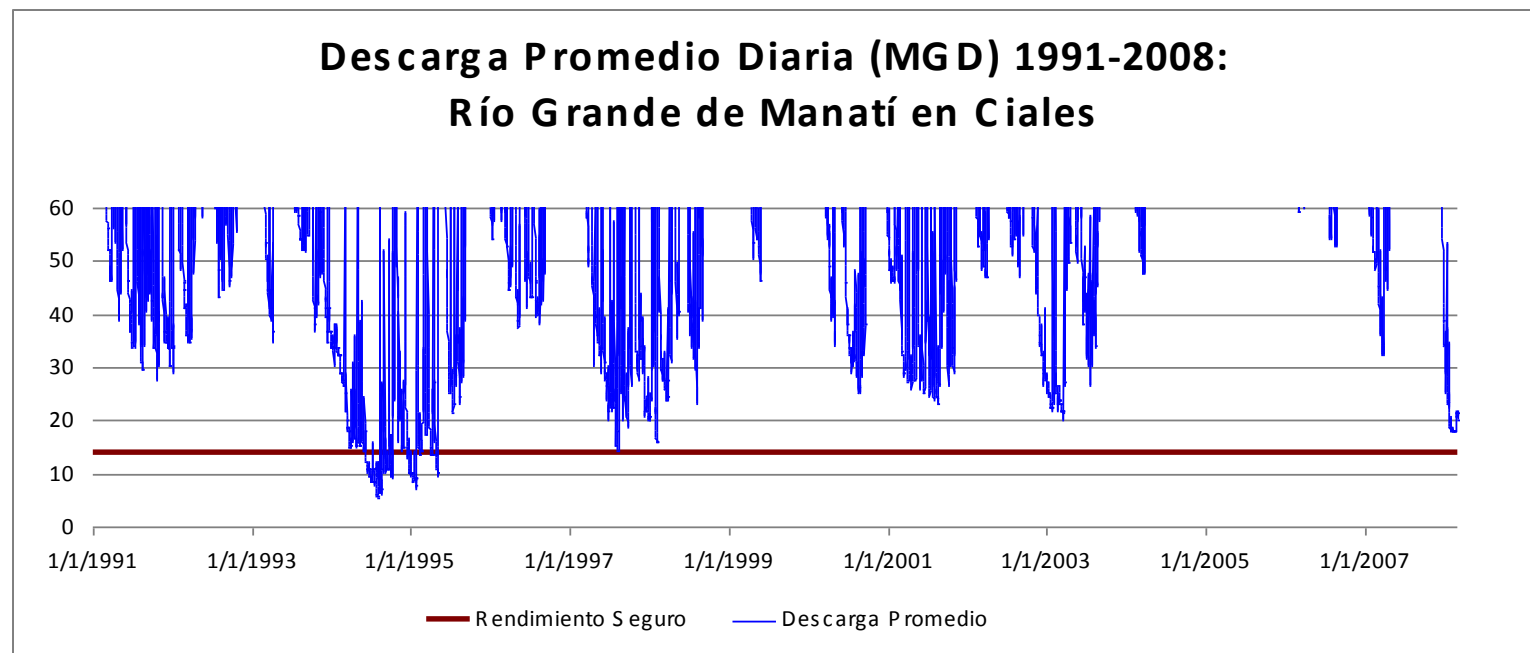
Criterios de diseño de sistemas de abasto de agua potable

Debido a los impactos económicos adversos y disloques sociales ocasionados por la falta del agua, los sistemas de abasto doméstico e industriales deben proveer un alto nivel de confianza para evitar tener que interrumpir el servicio, aún en períodos de sequía. El estándar de diseño para abastos domésticos e industriales es de un 99 por ciento de confianza. El cumplimiento con este criterio conlleva proveer un servicio donde no haya racionamiento en más de 36 días en cada década.

El rendimiento seguro de una fuente de abasto se define como la cantidad de agua que puede ser extraída de forma confiable durante períodos de sequía.

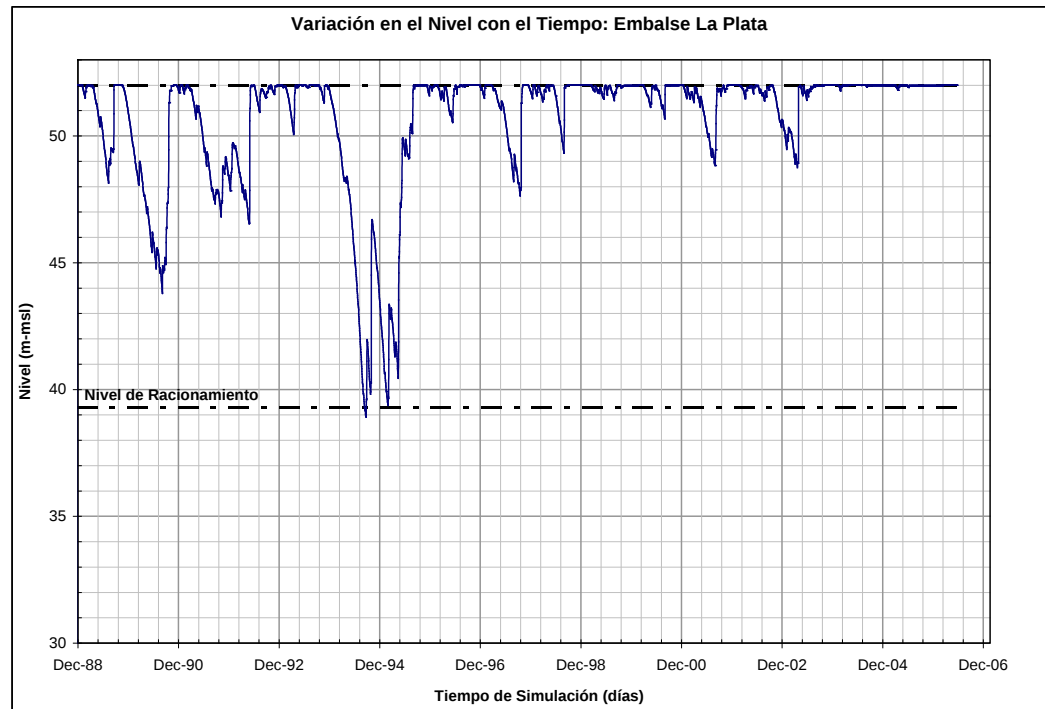
Tomas Superficiales

En el caso de tomas de ríos y otras corrientes superficiales, por norma general, el mismo se computa ordenando una serie histórica de datos de flujo promedio diario para estimar el valor que excede el 99 por ciento del conjunto de datos (Q99). No obstante, el flujo disponible para abasto de agua será aquel que excede las necesidades ambientales del ecosistema acuático (caudal ecológico), el que, dependiendo de las condiciones del lugar, podrá ser mayor al Q99. Sin embargo, hay muchos sitios en la Isla donde las tomas y los embalses desvían la totalidad del flujo, sin mantener un flujo ambiental aguas abajo.



Embalses

El rendimiento seguro de los embalses se define como la razón de extracción que puede sostenerse durante un evento histórico de sequía extrema, sin que sea necesario racionar el agua por más de un por ciento (1%) de los días. Los valores de rendimiento seguro de embalses deberían considerar mantener un caudal ambiental, aguas abajo de la presa con el objetivo de preservar los ecosistemas acuáticos. La mayoría de los embalses al presente no mantienen un flujo ambiental aguas abajo.

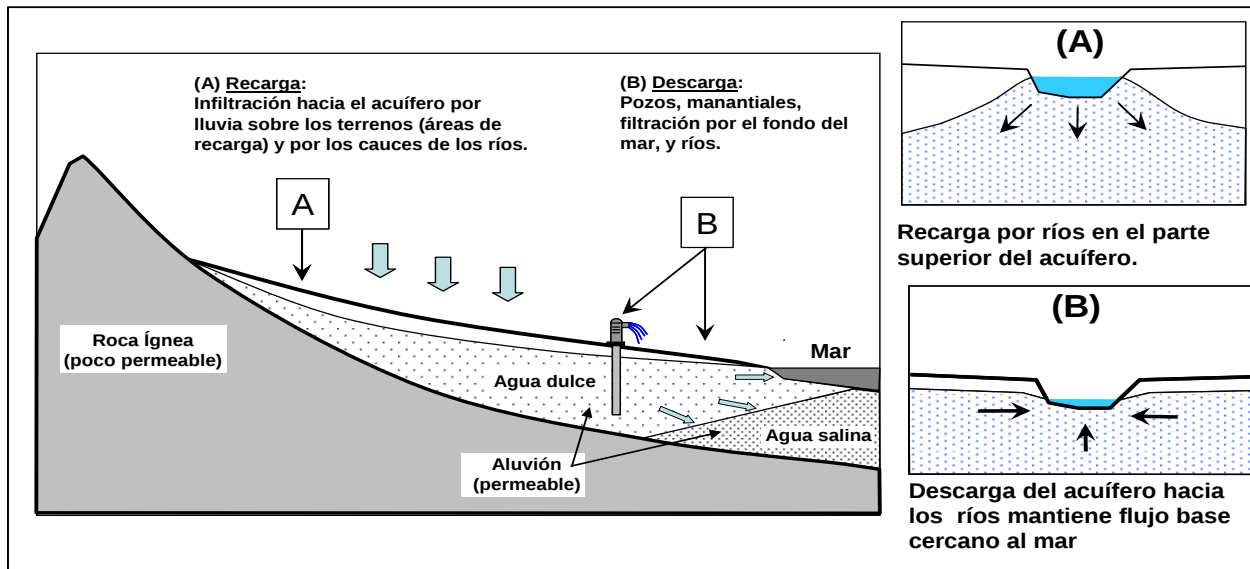


Comportamiento de nivel para el Embalse La Plata, resultante del análisis de rendimiento.

Acuíferos

El rendimiento seguro de un acuífero se define como la cantidad de agua que puede ser extraída, sin que se produzca un deterioro a largo plazo en la calidad y caudal del mismo.

La explotación sostenible del agua subterránea siempre requiere una razón de bombeo inferior a la totalidad de la recarga, pero en los acuíferos costeros, los cuales contienen agua salobre en adición al agua dulce, la tasa de extracción sostenible es menos que la recarga porque siempre tiene que mantener flujo hacia el mar para frenar el proceso de la intrusión salina.



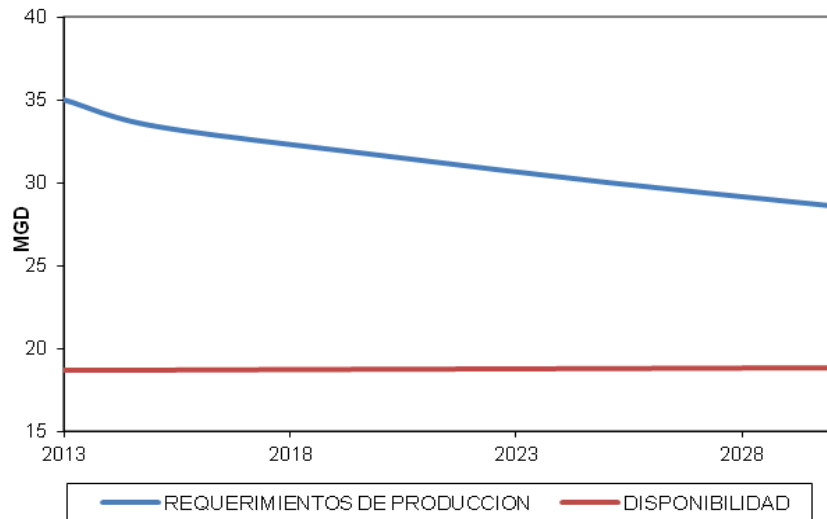
Patrones de recarga y descarga en la Costa Sur

Regiones de Planificacion

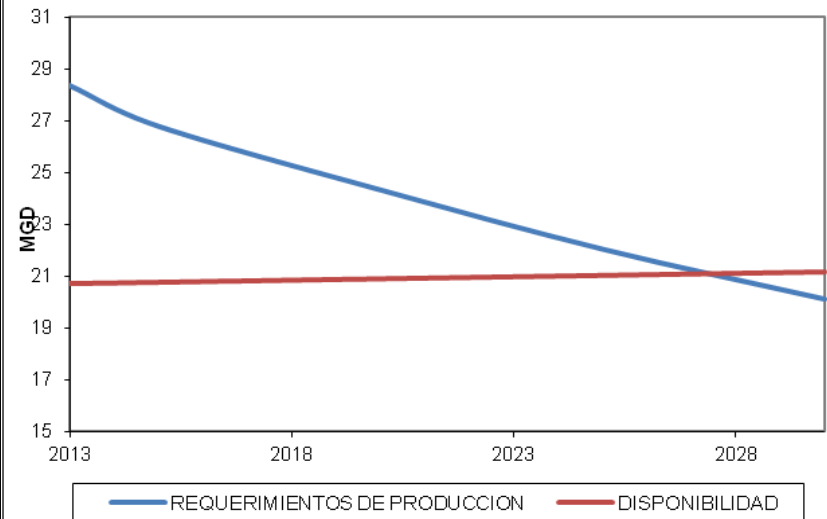


Regiones con Deficiencias Estructurales

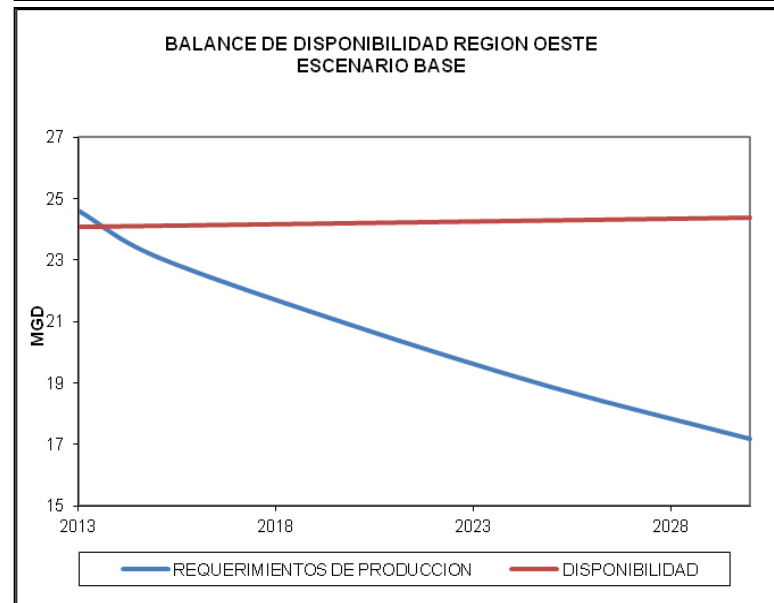
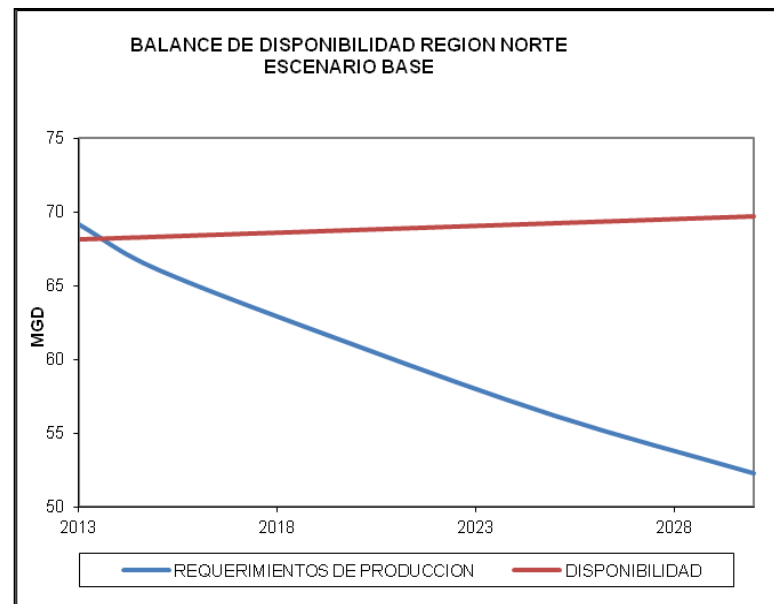
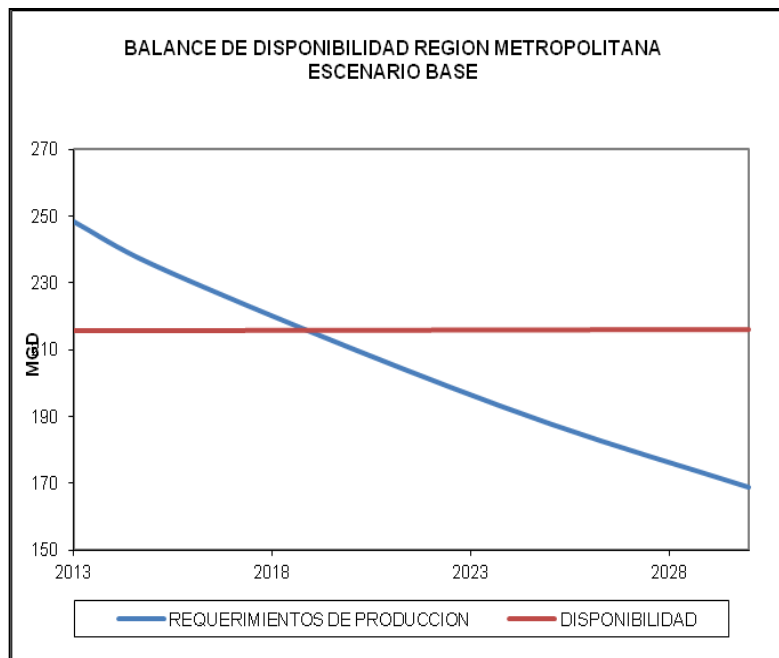
**BALANCE DE DISPONIBILIDAD REGION CENTRO ORIENTAL
ESCENARIO BASE**



**BALANCE DE DISPONIBILIDAD REGION CORDILLERA
CENTRAL
ESCENARIO BASE**

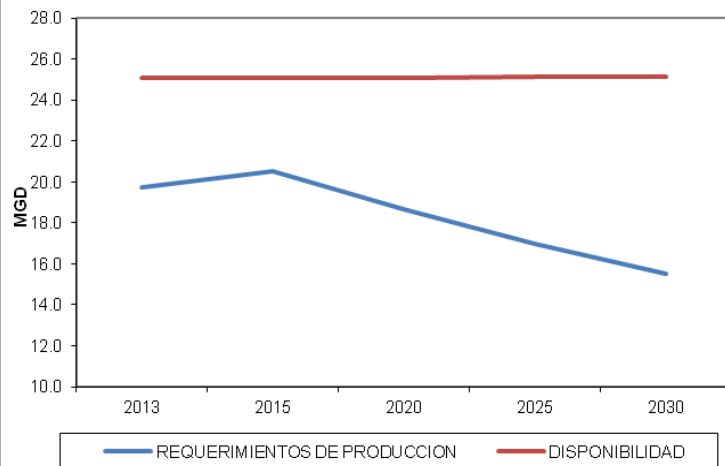


Regiones con Deficiencias a Corto Plazo

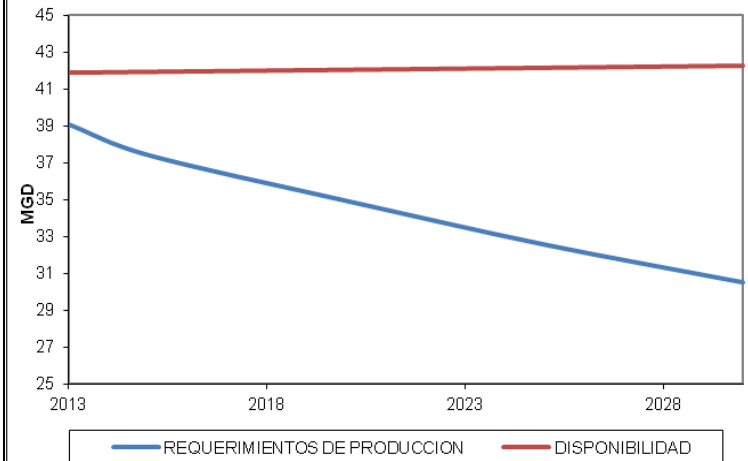


Regiones con Superávit de Disponibilidad

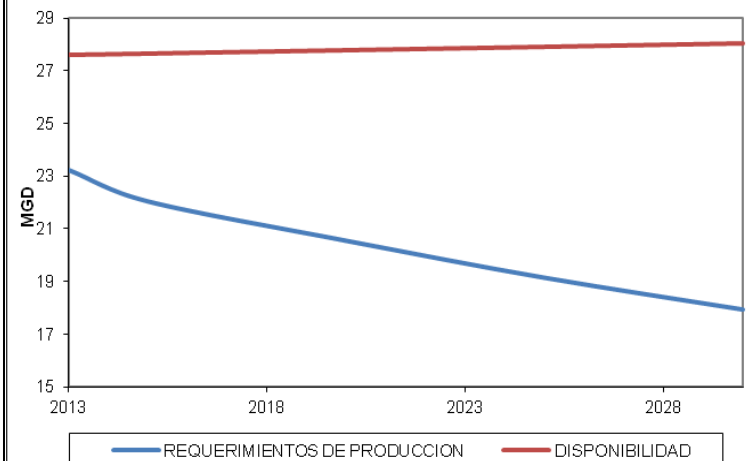
**BALANCE DE DISPONIBILIDAD REGION NORESTE
ESCENARIO BASE**



**BALANCE DE DISPONIBILIDAD REGION ORIENTAL
ESCENARIO BASE**

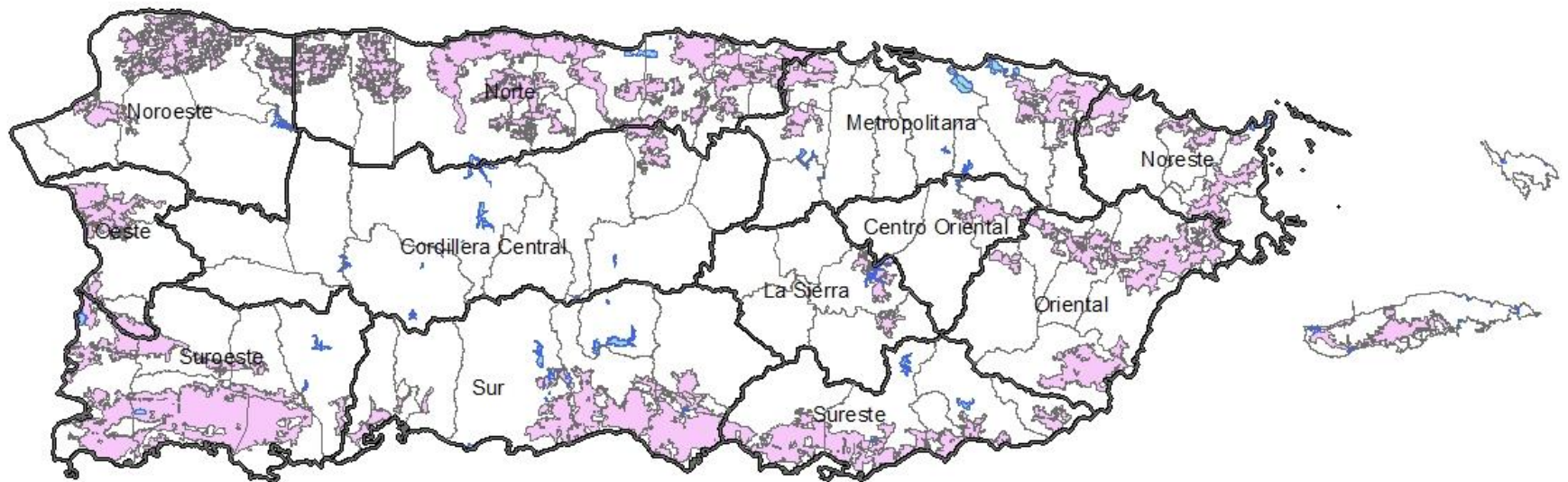


**BALANCE DE DISPONIBILIDAD REGION LA SIERRA
ESCENARIO BASE**

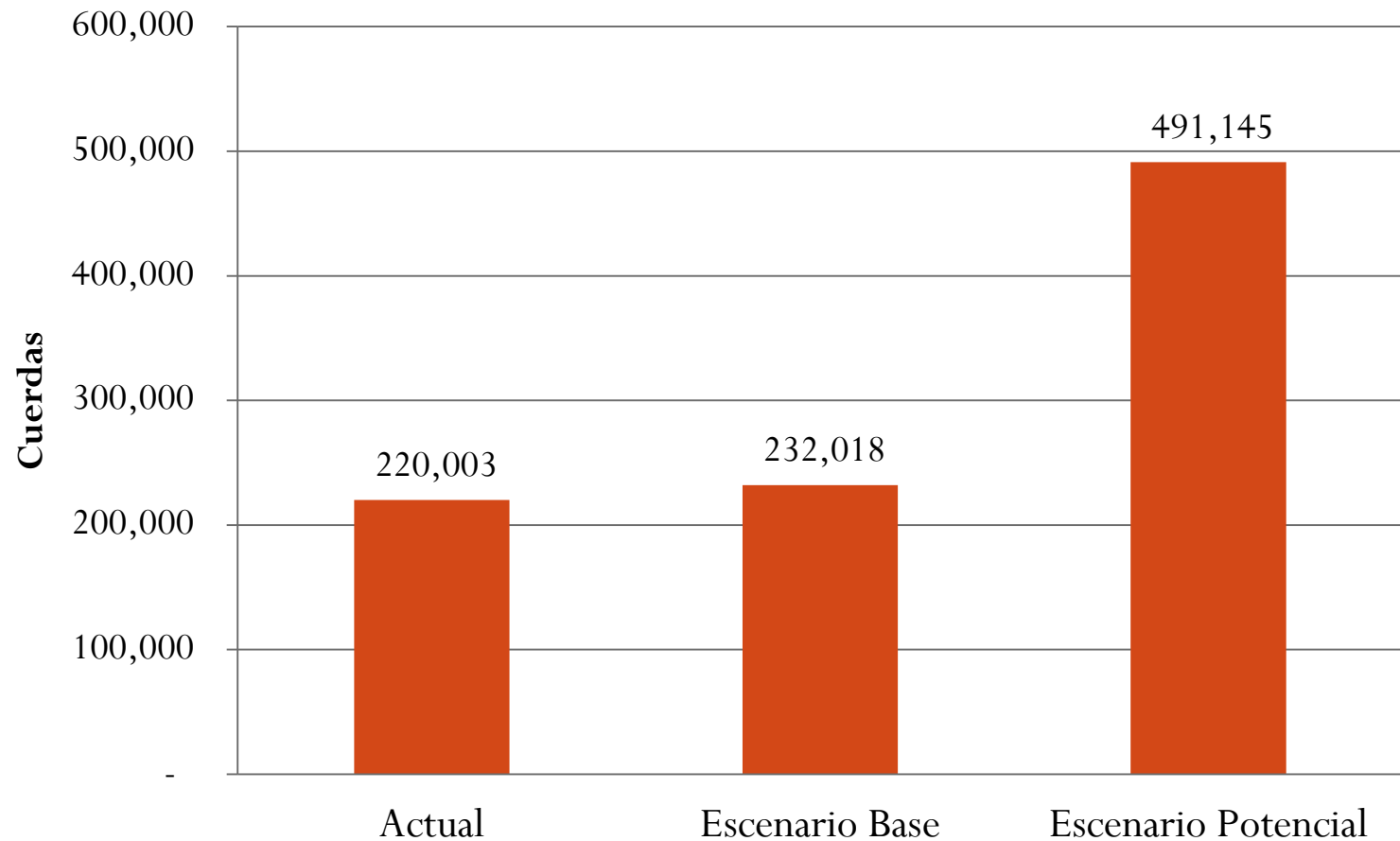


Limitaciones para Aprovechar el Potencial Agrícola

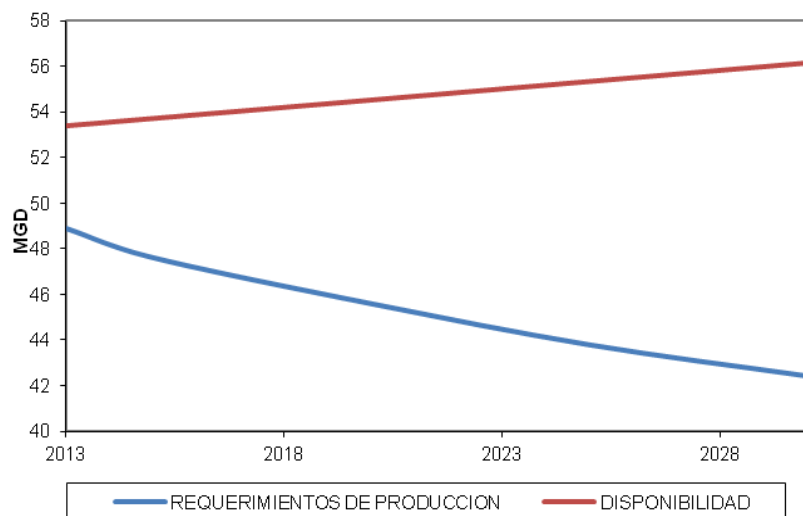
TERRENOS EN RESERVAS AGRICOLAS



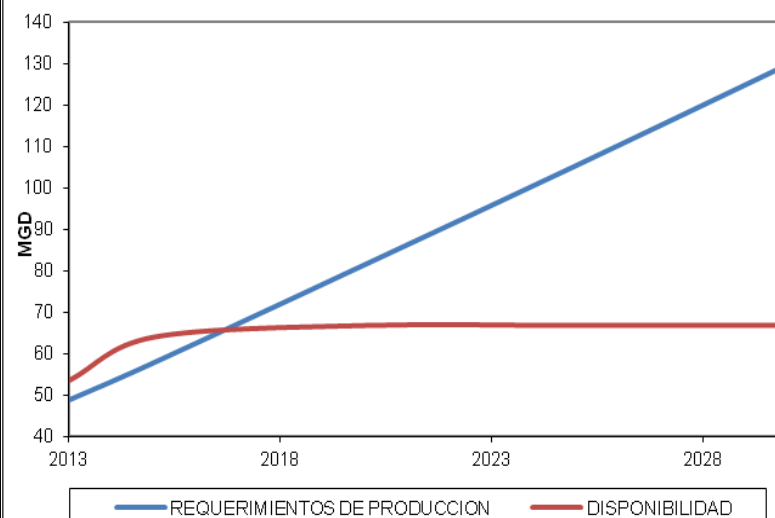
Proyecciones de Terrenos Bajo Cultivo



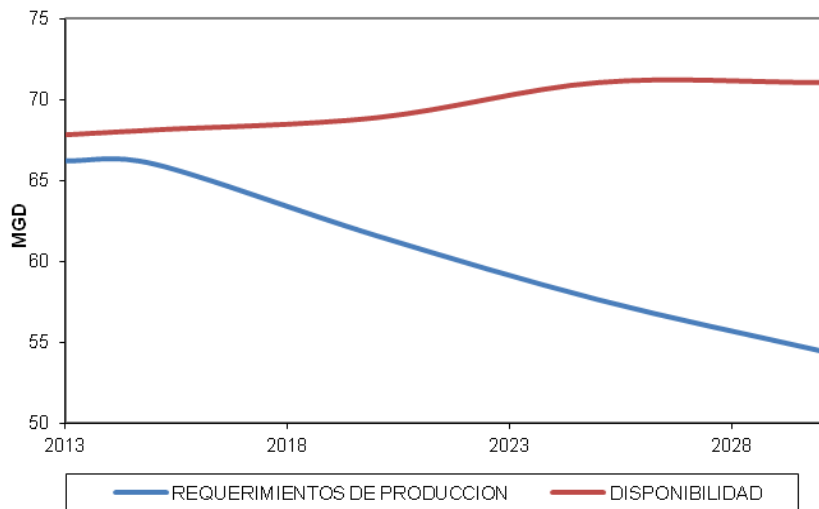
**BALANCE DE DISPONIBILIDAD REGION SUROESTE
ESCENARIO BASE**



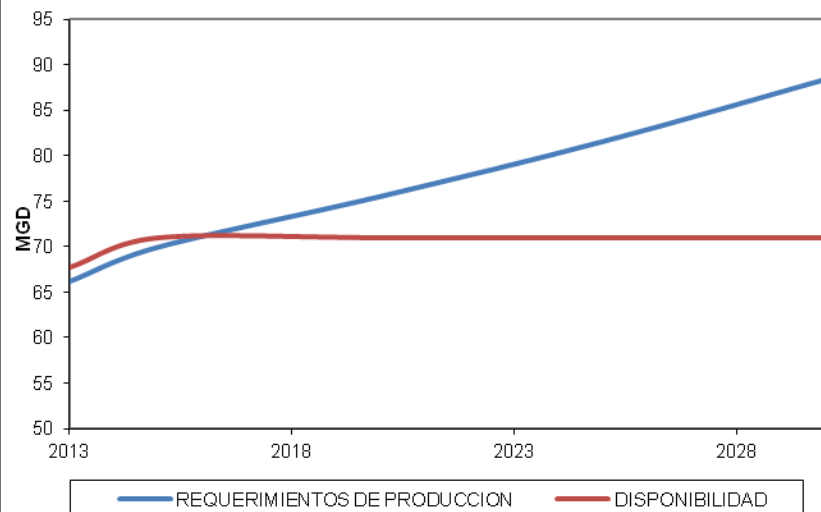
**BALANCE DE DISPONIBILIDAD REGION SUROESTE
ESCENARIO POTENCIAL**



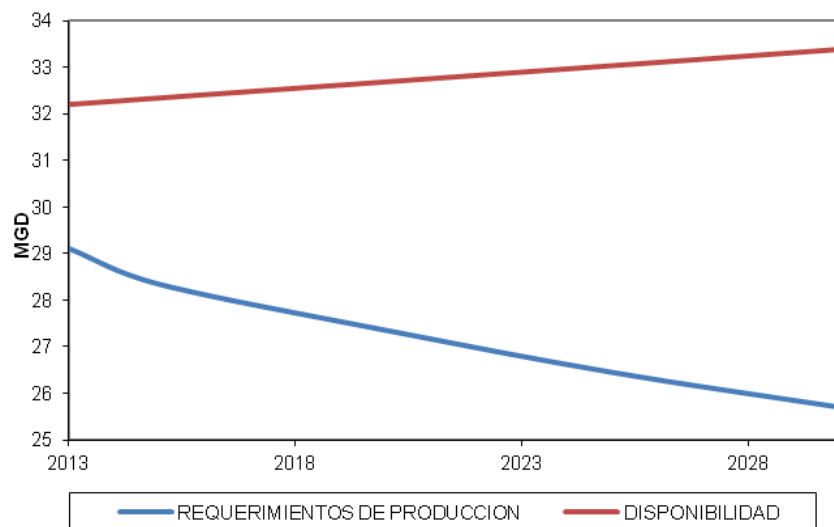
**BALANCE DE DISPONIBILIDAD REGION SUR
ESCENARIO BASE**



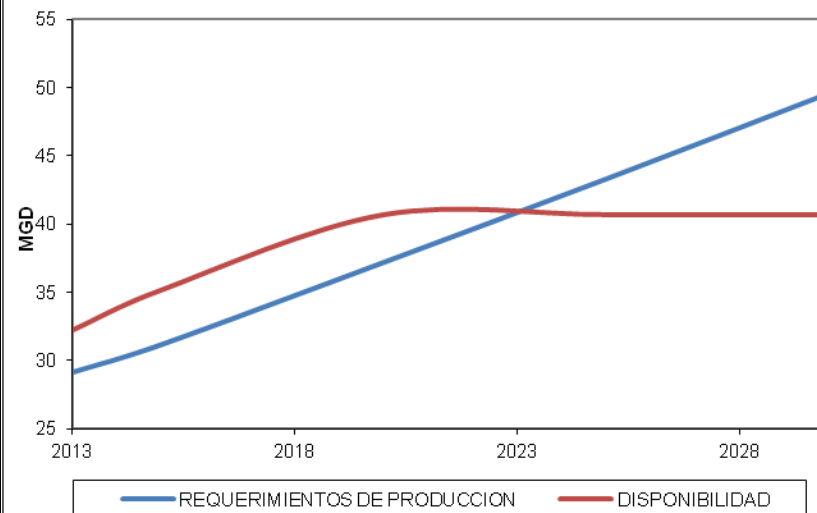
**BALANCE DE DISPONIBILIDAD REGION SUR
ESCENARIO POTENCIAL**



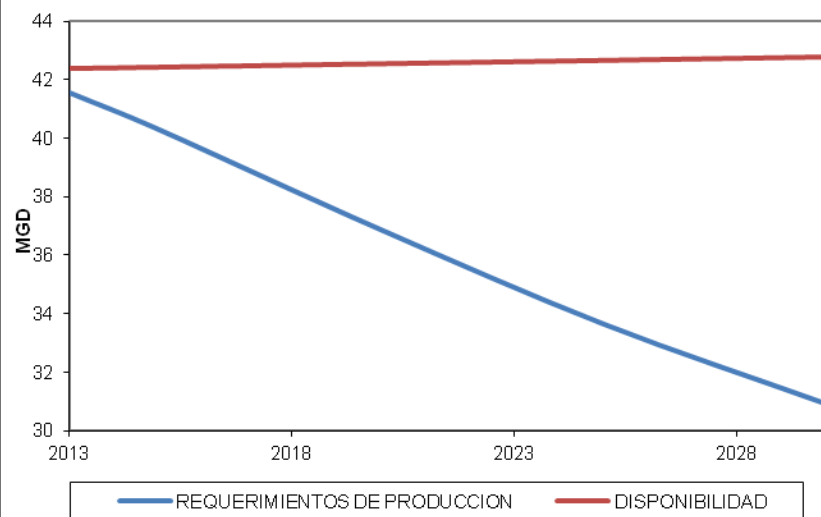
**BALANCE DE DISPONIBILIDAD REGION SURESTE
ESCENARIO BASE**



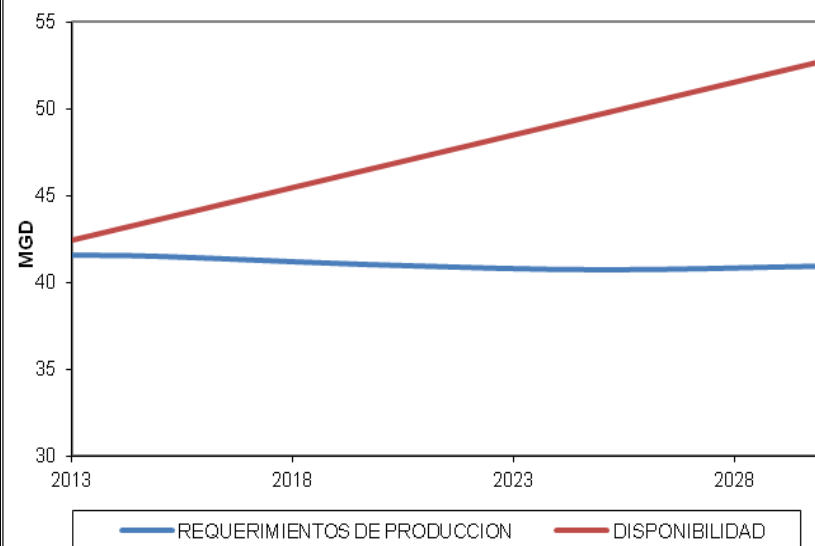
**BALANCE DE DISPONIBILIDAD REGION SURESTE
ESCENARIO POTENCIAL**



**BALANCE DE DISPONIBILIDAD REGION NOROESTE
ESCENARIO BASE**



**BALANCE DE DISPONIBILIDAD REGION NOROESTE
ESCENARIO POTENCIAL**



Impacto del cambio climático sobre disponibilidad de agua potable

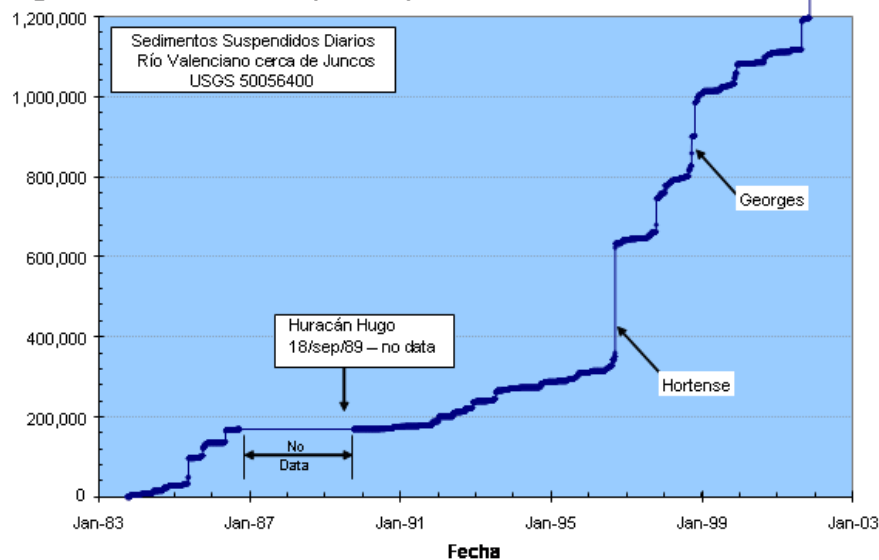
Entre los efectos más notables del calentamiento global se encuentran cambios climáticos donde:

- Aumenta el nivel promedio del mar, provocando erosión costanera y un movimiento de la zona marítimo terrestre hacia el interior.
- Se agudizan los extremos del ciclo hidrológico, por lo que se espera que se registren sequías recurrentes más intensas y prolongadas, así como un incremento en eventos de alta precipitación con potencial de causar daños catastróficos.

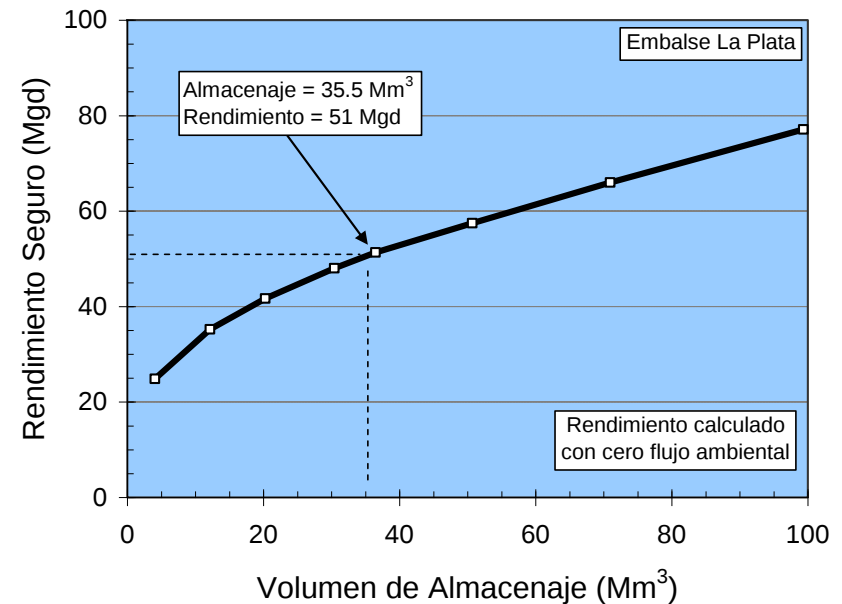
El impacto combinado de estas transformaciones climáticas se traducirá en una disminución en el potencial de extracción sustentable de agua en todas las fuentes del recurso.

1. El rendimiento seguro de ríos y quebradas se reducirá al registrarse sequías más intensas que disminuyen el flujo base que discurre en las corrientes superficiales, disminuyéndose así los niveles de caudales mínimos disponible para abasto de agua en estos eventos.

Carga Acumulativa de Sedimentos (toneladas)



Gráfica de aporte diario de sedimentos por el Río Valenciano durante ocho años señalando la importancia de los eventos de lluvia extraordinaria.



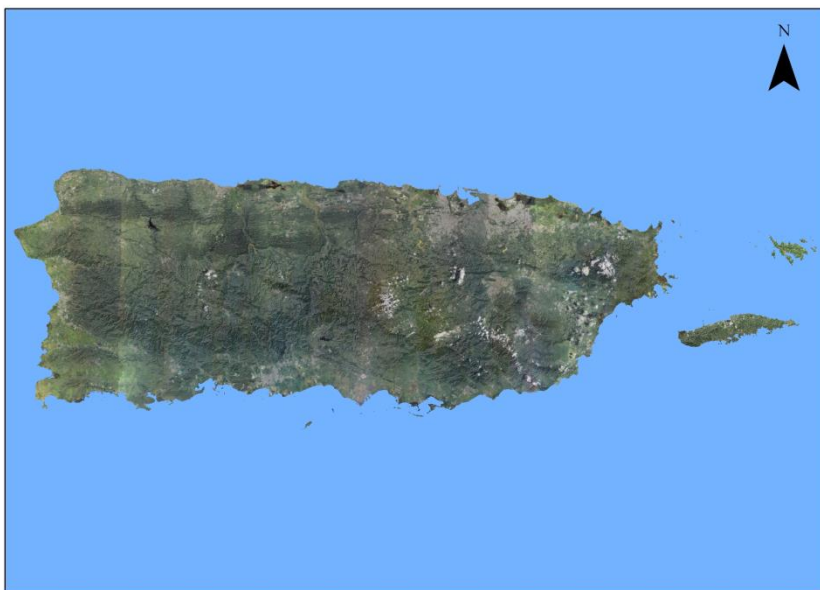
Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Embalse La Plata.

El rendimiento seguro de los embalses también se verá afectado por el impacto combinado de una disminución en la entrada de agua durante épocas de sequía y el efecto de la pérdida de capacidad de almacenaje, que se espera ocurra al acelerarse el proceso de sedimentación de embalses, debido a mayores tasas de erosión de terrenos durante los eventos de alta precipitación magnificados por el cambio climático.

En el caso de las aguas subterráneas, se espera una disminución en el rendimiento seguro de los acuíferos costaneros debido a la interacción de los siguientes factores:

- a. Una merma en la recarga debido a la disminución de precipitación en épocas de sequías.
- b. Una menor infiltración de esorrentías superficiales, en zonas de recarga de acuíferos, durante periodos de alta precipitación, producto de las mayores velocidades de flujo que se generan al aumentar la intensidad de estos eventos.
- c. Una disminución en la extensión productiva del acuífero al reducirse su capacidad por motivo del movimiento esperado en la cuña de agua salina que se producirá al desplazarse la línea de costa hacia el interior de la Isla.

Impacto esperado del cambio climático sobre las costas en Puerto Rico



Retos para la planificación y administración del recurso agua

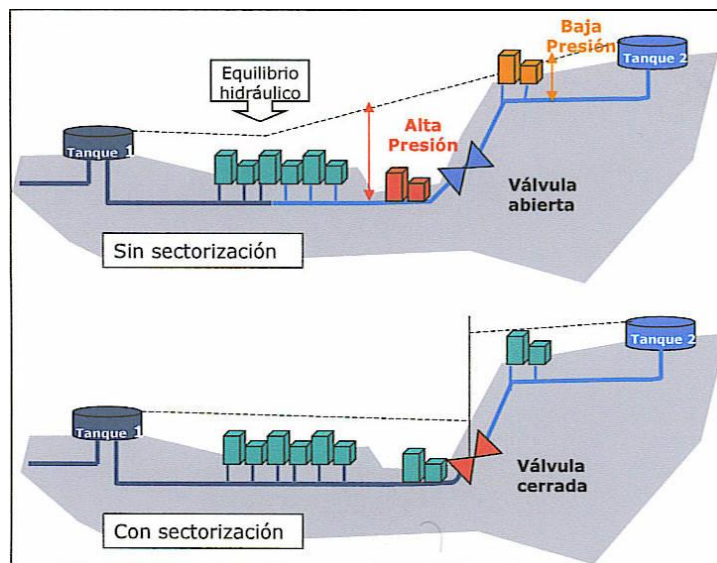
Las soluciones propuestas no deben verse como una agenda a largo plazo para atender problemas que podrían ocurrir en un futuro lejano. Todo lo contrario, representan acciones urgentes que deben ser agilizadas con premura. Estas son medidas dirigidas a atender problemas existentes que se espera se agudicen con el avance del proceso del calentamiento global y podrían representar la única oportunidad para garantizar el disfrute de nuestros recursos de agua a las generaciones futuras.

I. Implantar programas continuos de investigación científica en el área de recursos de agua

- Fortalecer los trabajos del Banco de Datos Hidrológicos del DRNA.
- Ampliar la red de pozos de monitoria de niveles y calidad de agua subterránea.
- Desarrollar y mantener capacidades de modelaje hidrológico para apoyar investigaciones, diseños y la administración del recurso, entre los que se encuentran los siguientes:
 - ❖ Modelos operacionales de explotación de agua subterránea
 - ❖ Modelos de optimización de producción de sistemas multiobjetivos
 - ❖ Desarrollo de Planes de manejo de sequía basados en criterios hidrológicos

II. Instaurar innovaciones tecnológicas y mejorar la eficiencia operacional

- Atender de forma proactiva el problema de las pérdidas de sistema de distribución.
- Optimización de sistemas de distribución de agua potable mediante técnicas de regulación de presiones, sectorización y utilización de equipos de telemetría.
- Implantar sistemas computadorizados de manejo y mantenimiento de facilidades basados en modelos de optimización de redes utilizando sistemas geográficos de información.
- Elaborar planes operacionales para el uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas de forma que se maximice el rendimiento de las fuentes.
- Evaluar opciones de interconexión de sistemas regionales para aumentar el rendimiento en épocas de sequía.



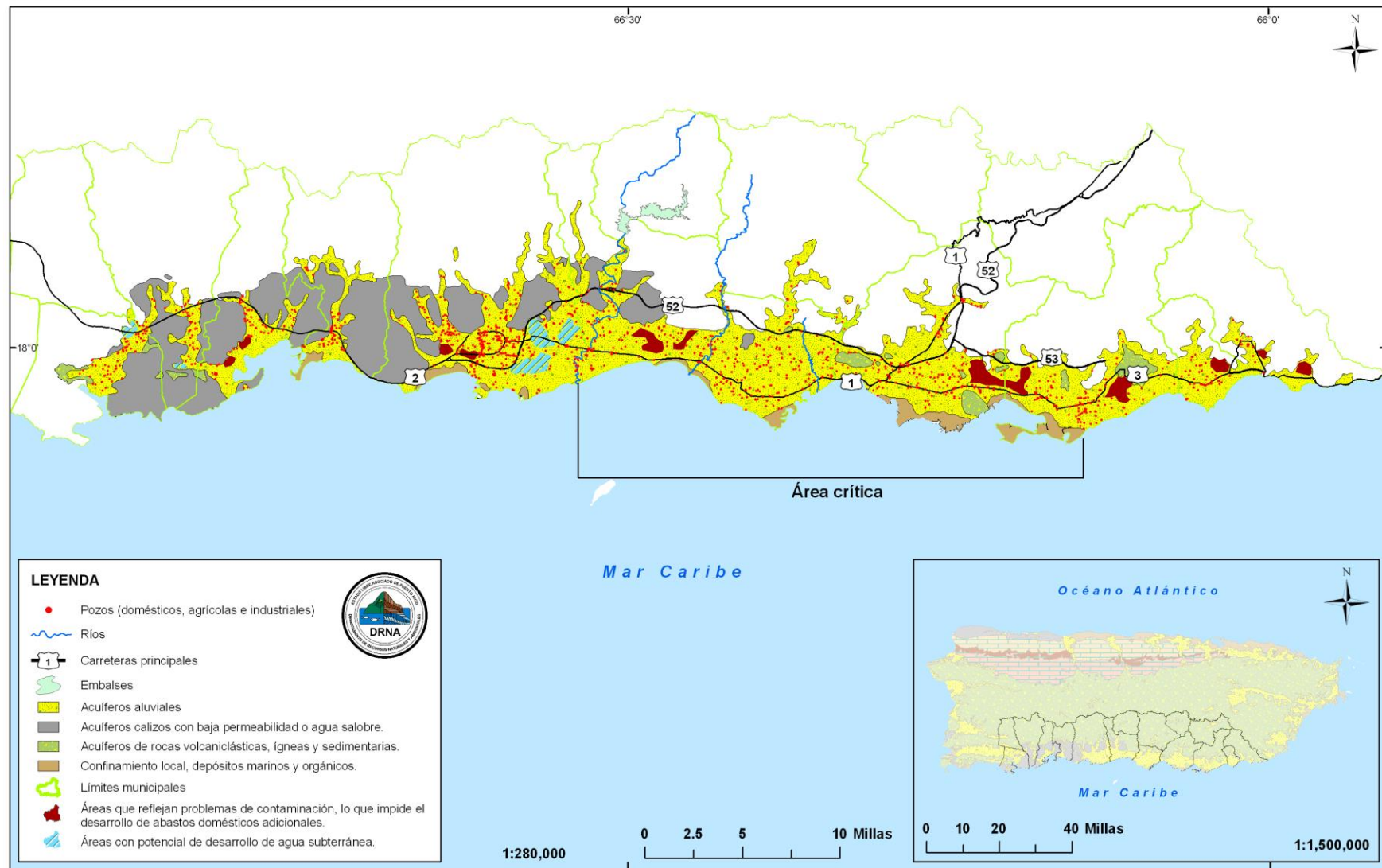
III. Atender la agudización de conflictos de uso del recurso

A. Sector Ambiental vs. Usos Extractivos

En Puerto Rico el principal conflicto respecto al uso de los recursos de agua, ocurre entre el abasto doméstico y las necesidades para usos recreativos, estéticos y ambientales. La disponibilidad de agua para estos usos ha disminuido debido a la creciente extracción para suplir sistemas de abasto doméstico. Esta situación se manifiesta en problemas tales como:

- Intrusión salina en acuíferos costaneros
- Caudales ambientales inadecuados
- Deterioro de la integridad de sistemas ribereños
- Impedimentos a procesos de migración de especies
- Aumento en la concentración de contaminantes

Ilustración 6.10 Áreas críticas de la intrusión salina en la Costa Sur



Entre los proyectos recomendados podemos señalar los siguientes:

- Modelar los requerimientos de caudales ambientales en las principales cuencas y desarrollar estrategias para asegurar el flujo ecológico y la protección de rutas migratorias de especies nativas
- Desarrollar programas de educación ambiental, centrados en el concepto de manejo de cuenca, que genere cambios de actitudes en las comunidades sobre la forma de valorar los servicios que proveen los recursos naturales y cree conciencia sobre la necesidad de movilizarse para conservarlos.
- Desarrollar proyectos dirigidos a la configuración de corredores riparios y la creación de corredores biológicos que integren las diversas reservas forestales del País.
- Diseñar e implantar medidas estructurales y no estructurales para la protección de las áreas de recarga de acuíferos.

B. Sector Agrícola vs. Doméstico

Al presente, el agua disponible es suficiente para satisfacer las demandas de ambos sectores. No obstante, de haber un aumento en la actividad agrícola, que aproveche el potencial total de las tierras disponibles, se puede desarrollar un conflicto entre usuarios que compiten por el mismo recurso.

Para atender la situación recomendamos las siguientes estrategias:

- ☐ Utilizar el exceso de agua disponible en los sistemas de riego para desarrollar proyectos de recarga artificial de acuíferos en áreas estratégicas para la recarga de los mismos (Guayama, Salinas y Coamo).
- ☐ Desarrollar proyectos de uso conjunto de aguas subterráneas y superficiales que permita aumentar la producción de agua superficial durante periodos húmedos, conservando la opción de aumentar la extracción de aguas subterráneas en épocas de sequía.
- ☐ Diseñar un programa de incentivos y apoyo técnico a los agricultores de Juana Díaz y Santa Isabel para fomentar la disminución en el uso de agua subterránea y lograr que realicen los ajustes necesarios para cambiar su fuente de abasto a fuentes superficiales.

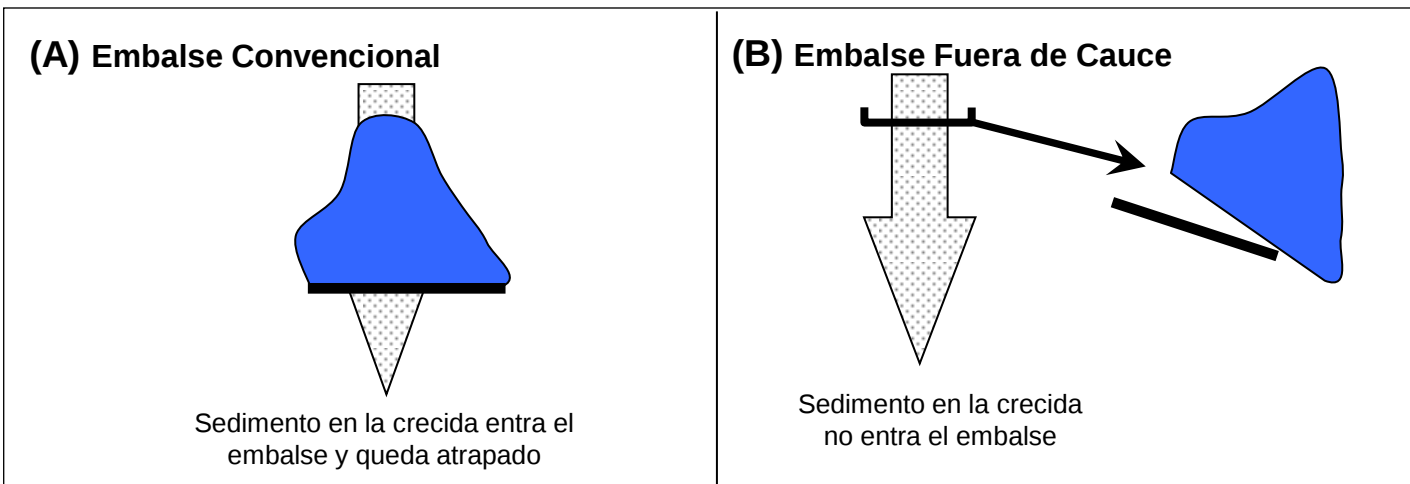
IV. Desarrollo de nuevas fuentes de abasto con características sustentables

En el desarrollo de nuevas fuentes de abasto, resulta crítico asegurar que su diseño permita minimizar los problemas que limitan su sostenibilidad.

Embalses

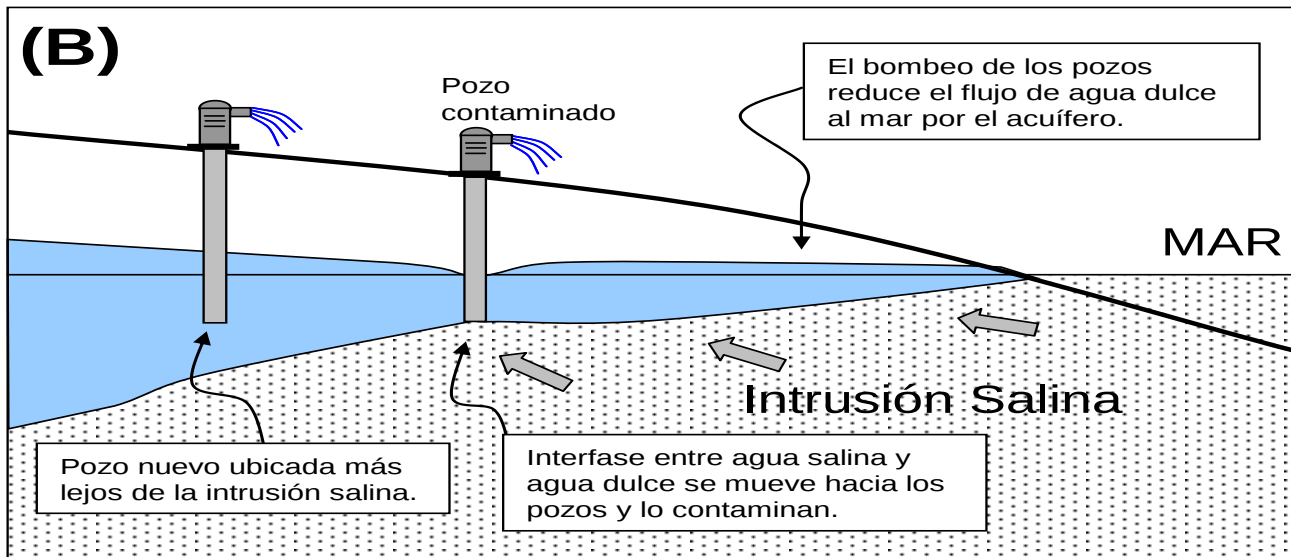
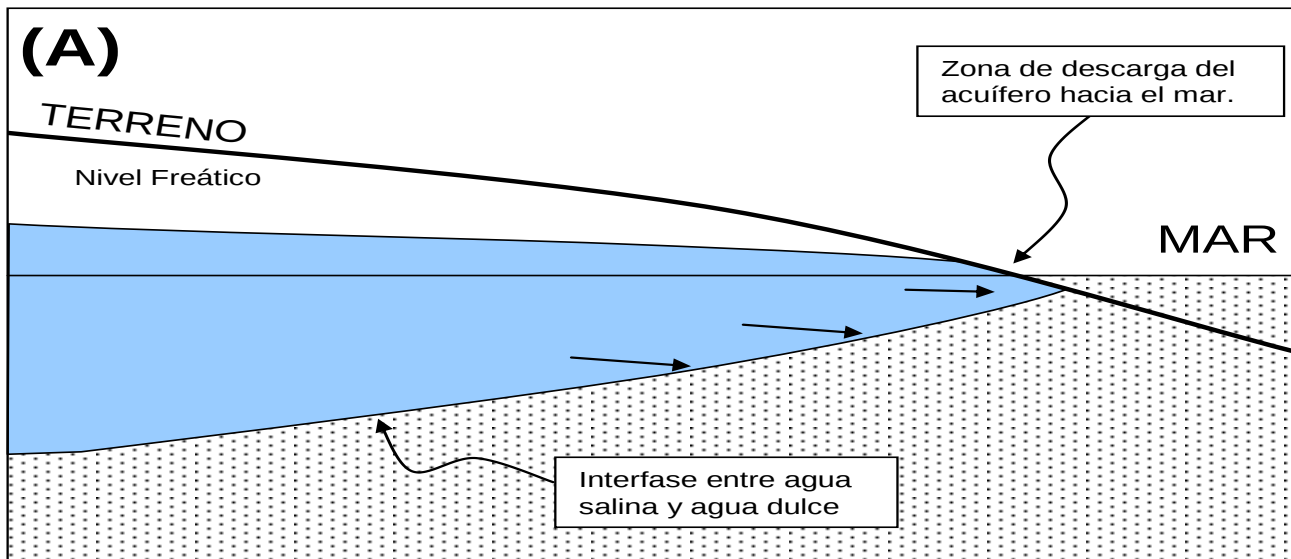
Los embalses nuevos deben ser diseñados para evitar la acumulación rápida de sedimentos, lo que disminuye su capacidad y resulta en costos de rehabilitación altos, tanto en el aspecto económico como en el ambiental. En la medida de lo posible se debe utilizar la construcción de embalses fuera del cauce como la estrategia preferida para embalses nuevos, lo cual conlleva importantes beneficios ambientales además del control de la sedimentación.

Toda propuesta para embalses nuevos debe contener un plan de manejo de su cuenca que reglamente usos y desarrollos en la misma.



Aguas Subterráneas

- El diseño y operación de pozos debe responder a un plan de manejo de aguas subterráneas donde no se afecte la integridad del acuífero. La operación de los mismos debe estar basada en los resultados de modelos hidrológicos.
- La extracción de agua subterránea debe configurarse a base de baterías de pozos de un relativo bajo caudal, localizados alejados de la costa y a poca profundidad. La explotación de los pozos grandes debe ser sustituida por dos o más pozos de menor caudal, mejorando así la distribución de la extracción dentro del acuífero.



Proceso de contaminación de un pozo en un acuífero costero debido a la intrusión salina: (A) condición natural: nótese que la presencia de agua salada en la parte inferior de un acuífero costero es una condición natural. (B) Condición de bombeo en exceso: se observa cómo el avance de la interfase de la intrusión de agua salina contamina un pozo operacional

Tomas Superficiales

Las tomas superficiales, incluyendo los embalses, deben asegurar caudales ecológicos que incluyan un flujo mínimo para mantener las funciones ambientales. Su diseño debe minimizar el impacto sobre los habitáculos y patrones migratorios de especies aguas abajo, así como reducir el efecto sobre el transporte de sedimentos gruesos, las arenas y gravas necesarios para mantener el lecho del río, y el equilibrio dinámico de los llanos y el litoral costero.

