

# Gestión del agua, valoración y desempeño económico del Canal de Panamá

Eduardo Zegarra Méndez

Editores:

Javier Grau

Guillermo Lagarda

Jennifer Linares

Departamento de Países de  
Centro América, México,  
Panamá y la República  
Dominicana del BID

NOTA TÉCNICA N°  
IDB-TN- 1308

# Gestión del agua, valoración y desempeño económico del Canal de Panamá

Eduardo Zegarra Méndez

Editores:

Javier Grau

Guillermo Lagarda

Jennifer Linares

Eduardo Zegarra Méndez es economista de la Pontificia Universidad Católica del Perú e investigador principal de GRADE

Javier Grau es especialista de la División de Agua y Saneamiento del BID

Guillermo Lagarda es Economista del Departamento de Países de Centro América, México, Panamá y la República Dominicana del BID

Jennifer Linares es Asistente de Investigación del Departamento de Países de Centro América, México, Panamá y la República Dominicana del BID

Abril 2017

Catalogación en la fuente proporcionada por la  
Biblioteca Felipe Herrera del  
Banco Interamericano de Desarrollo  
Zegarra Méndez, Eduardo.

Gestión del agua, valoración y desempeño económico del Canal de Panamá / Eduardo  
Zegarra Méndez; editores, Javier Grau, Guillermo Lagarda, Jennifer Linares.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1308)

1. Water-supply -Panama -Panama Canal Watershed. 2. Climatic changes - Economic  
aspects-Panama- Panama Canal Watershed. 3. Panama Canal-Social conditions. I.  
Grau, Javier. II. Lagarda, Guillermo. III. Linares, Jennifer. IV. Banco Interamericano de  
Desarrollo. Departamento de Países de Centroamérica, México, Panamá y la  
República Dominicana. V. Título. VI. Serie.

IDB-TN- 1308

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2017 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Informe final de consultoría

“Gestión del agua, valoración y desempeño económico del Canal de Panamá”

para el Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Consultor Eduardo Zegarra Méndez (GRADE)

Editores:

Javier Grau

Guillermo Lagarda

Jennifer Linares

Abril del 2017

## Contenido

Introducción .....	3
Sección 1. Antecedentes, objetivos y actividades de la consultoría .....	4
1.1 Objetivos y metodología .....	4
1.2 Actividades desarrolladas.....	5
Sección 2 Evolución de las variables hidrológicas y de gestión del agua en la cuenca del Canal 7	
2.1 Fuentes de regulación del agua para operación del Canal de Panamá.....	7
2.2 Las precipitaciones pluviales en la cuenca del Canal .....	8
2.3 Descargas ( <i>runoffs</i> ) al lago Gatún .....	11
2.4 Importancia del fenómeno de El Niño en precipitaciones en la cuenca del Canal .....	13
2.5 Años secos y años húmedos en la cuenca del Canal .....	15
Sección 3 Uso del agua para la operación del Canal .....	17
3.1 Los niveles máximos y mínimos del lago Gatún.....	17
3.2 El agua para operar los juegos de esclusas .....	20
Sección 4 Uso del agua para consumo humano y energético .....	23
4.1 El uso del agua para consumo humano.....	23
4.2 El uso no rival del agua para generación de energía.....	25
Sección 5 Relación entre variables hidrológicas y económicas: valoración de los usos rivales e impacto de los años secos.....	28
5.1 Relación entre esclusajes, tránsito y carga .....	28
5.2 La relación entre carga e ingresos por peaje .....	29
5.3 Valor por esclusaje en la operación del Canal.....	30
5.4 Valoración entre el agua para uso de agua potable y el agua para tránsitos con plena capacidad del Canal (2015) .....	31
5.5 Impacto económico de la ocurrencia de un año seco.....	33
Sección 6 Consideraciones iniciales sobre la expansión del Canal de Panamá.....	34
6.1 Operación inicial del canal ampliado .....	34
6.2 Uso de agua del Canal y escenarios futuros.....	36
7. Conclusiones y recomendaciones .....	37

## Introducción

El presente documento es el informe final de la consultoría sobre “Gestión del agua, valoración y desempeño económico del Canal de Panamá” solicitado por el Banco Interamericano de Desarrollo.

El informe se divide en siete secciones. La primera sección describe las características básicas del estudio y las actividades desarrolladas por el consultor para su elaboración. La segunda sección analiza las variables hidrológicas y de gestión del agua en la cuenca del Canal. La tercera sección se centra en la demanda de agua para la operación del Canal, es decir, para el tránsito de embarcaciones.

La cuarta sección, por su parte, describe el uso de agua para consumo humano y para la generación de energía eléctrica. Tanto en la tercera sección como en la cuarta sección se plantean algunas proyecciones de las variables de uso y demanda de agua para los próximos veinte años. La quinta sección presenta estimaciones sobre el valor económico del agua en los dos usos rivales del Canal: transporte y agua potable. Se establecen valores comparables bajo criterios alternativos para medir el volumen de agua realmente utilizado para la operación del Canal.

La sexta sección se enfoca en el funcionamiento del canal ampliado, que inició operaciones a mediados del año 2016. Si bien los datos sobre la operación del canal ampliado aún son limitados, se pueden establecer algunas tendencias útiles para proyectar la demanda futura de agua en el nuevo escenario ampliado. Finalmente, la séptima sección plantea las principales conclusiones y recomendaciones del estudio.

## Sección 1. Antecedentes, objetivos y actividades de la consultoría

El Canal de Panamá es un importante motor de la economía panameña y del mundo, ya que aporta 6,8% al PIB panameño y es el punto focal del transporte asociado al 6% del comercio mundial. Tras casi diez años de trabajos de ampliación, el Canal ha inaugurado su tercer juego de esclusas a mediados del 2016. Sin embargo, la fecha de inauguración coincidió con uno de los periodos de sequía más largos registrados en el país, a causa del fenómeno de El Niño y de fenómenos asociados con el cambio climático mundial.

El Canal de Panamá depende del agua generada en la llamada 'cuenca del Canal', por lo que una escasez aguda de agua puede llegar a ser un tema crítico para el funcionamiento de la vía interoceánica. De hecho, en el 2015, frente a la falta de lluvias, la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) tuvo que tomar medidas tales como la restricción del paso de buques de gran calado (afectando a 18,5% de los buques que transitaron por la vía) y la eliminación del uso de asistencia hidráulica en la operación de las esclusas y los esclusajes conjuntos, lo cual limitó el paso múltiple de embarcaciones.

Puesto que el Canal representa uno de los principales activos para la economía de Panamá, resulta importante conocer a mayor profundidad la correlación económica entre las condiciones hídricas y el funcionamiento del Canal. Cualquier medida orientada a promover la sostenibilidad de la cuenca debe tomar en consideración tanto las implicaciones del medioambiente como las implicaciones sociales y económicas. El Gobierno es consciente de esto y ha favorecido el diálogo y la formación de conocimiento para la elaboración de estructuras políticas públicas adecuadas.

### 1.1. Objetivos y metodología

El objetivo de esta consultoría es contribuir a la definición de modelos organizativos y estrategias para el diseño e implementación de planes multisectoriales para la adecuada gestión integral de la cuenca del Canal. El informe se enfoca específicamente en medir las relaciones cuantitativas entre variables hidrológicas y de gestión del agua en la cuenca del Canal y variables relacionadas con el desempeño económico del Canal y de otras actividades económicas usuarias del recurso hídrico. Un objetivo importante del estudio es establecer el valor económico del agua en sus dos usos rivales: navegación y consumo local. Los resultados del trabajo servirán de puente de comunicación entre la academia, el sector privado y el público para estructurar la agenda de políticas públicas de corto y mediano plazo en torno a la gestión del agua y al desempeño económico de la cuenca del Canal.

Se han desarrollado los siguientes procesos analíticos:

- Identificación de variables relevantes para la gestión del agua en el Canal: oferta y uso de agua en el Canal (precipitaciones, niveles de los lagos Gatún, Alajuela y Miraflores, número de esclusajes)
- Identificación de variables relacionadas con el desempeño económico del Canal: tránsito por tipo de embarcaciones, relación entre esclusajes y tránsito; carga media del tránsito; ingresos por peaje
- Análisis de la relación entre indicadores de gestión del agua y variables de gestión económica del Canal
- Valoración económica de los distintos uso del agua en la cuenca del Canal en las condiciones actuales y futuras
- Proyecciones de gestión y valoración del agua de la cuenca del Canal en diversos escenarios (incluyendo la ampliación)
- Conclusiones de la investigación, y presentación de recomendaciones de política y revisión institucional, con el objetivo de hacer la gestión de la cuenca y del propio Canal más sostenible desde el punto de vista económico, social y ambiental
- Disseminación de resultados.

## 1.2. Actividades desarrolladas

El consultor realizó dos viajes a la Ciudad de Panamá para el recojo de información y la realización de entrevistas a personas e instituciones relacionadas con la gestión del agua del Canal. En la primera visita, realizada en el mes de marzo del 2016, se tuvieron reuniones importantes con la división de la gestión de agua de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) que permitieron acceder a una buena parte de la información histórica de las variables de gestión del agua. Esta información es la que más se ha utilizado para la elaboración del presente informe.

Asimismo, se mantuvieron conversaciones con el personal del área económica de la ACP, y se le solicitó formalmente información sobre variables económicas, pero lamentablemente esta no fue respondida. Cabe señalar que los funcionarios del área económica solicitaron la firma de un acuerdo de confidencialidad en el uso de los datos, requerimiento que fue aceptado y cumplido de parte del consultor y la contraparte del BID. Sin embargo, sí fue posible acceder a información pública sobre la evolución mensual de variables económicas (tránsitos, peajes, carga) del Canal generada por la Contraloría de la República de Panamá para el periodo 1994-2015. Esta información ha sido también clave para el análisis en este informe.

En una segunda visita en julio del 2016, a pedido del BID, se presentaron los primeros resultados del análisis de las relaciones entre variables de gestión de agua y variables económicas del Canal. La presentación formal se hizo en el XI Simposio Internacional del Ambiente “Tendencias en la gestión de cuencas, agua, residuos y emisiones: impactos en Panamá”, realizado entre el 12 y el 13 de julio del 2016.

Luego se realizó una visita a Panamá en la que fue posible conversar con altos funcionarios de la empresa pública de agua potable y alcantarillado de Panamá, IDAAN, que es un actor importante en el uso de agua de la cuenca del Canal. También se accedió a información relevante de esta institución sobre sus plantas de tratamiento y los planes de expansión en la cuenca. Igualmente, se logró conversar con personal de la parte operativa de la gestión del agua en el Canal, validando y consolidando criterios para una adecuada articulación entre variables de gestión del agua y variables económicas.

Finalmente, entre los meses de noviembre de 2016 y febrero de 2017 se accedió a información sobre la operación del canal ampliado (hasta noviembre de 2016), lo cual ha permitido una primera aproximación a las condiciones de funcionamiento de la nueva infraestructura con el tercer juego de esclusas, y que se presentan en la sección final de este informe.

## Sección 2 Evolución de las variables hidrológicas y de gestión del agua en la cuenca del Canal

En esta sección se desarrolla el análisis de variables hidrológicas y de gestión (regulación) del agua en la cuenca del Canal, que son las que generan la oferta disponible de agua para la operación del Canal y para otros usos. Inicialmente, se presentan las fuentes de regulación del recurso, para luego analizar la evolución histórica de las precipitaciones y los impactos de la ocurrencia del fenómeno de El Niño en la cuenca.

### 2.1. Fuentes de regulación del agua para operación del Canal de Panamá

La cuenca del Canal tiene tres mecanismos (artificiales) de regulación del agua: (i) lago Gatún (ii) lago Alajuela; (ii) lago Miraflores. La ubicación de estos tres cuerpos de agua se pueden observar en el mapa siguiente.

**Mapa 2.1 Lagos utilizados para la operación del Canal de Panamá**



Fuente: Google Maps.

El lago Gatún está ubicado en la zona norte hacia la costa atlántica del Canal, y es un reservorio clave para el agua del sistema, tanto por su tamaño como por sus funciones operativas. Este lago cumple dos funciones fundamentales para la operación del Canal: (i) el abastecimiento de agua para los procesos de esclusaje de las embarcaciones en ambos extremos del Canal; y (ii) la

navegación de los buques en la mayor parte del trayecto del Canal, como se puede observar en el Mapa 2.1.

El lago Alajuela, por su parte, es utilizado para regular las descargas del caudaloso río Chagres al lago Gatún. El represamiento del río Chagres (convertido en lago artificial Alajuela) fue una pieza clave en la consolidación de la operación del Canal en la década de los treinta, en la medida que permite regular el nivel del agua del lago Gatún. Además de esta regulación, Alajuela es usado para la extracción de agua para tratamiento en agua potable y también para la generación de energía con base en la represa Madden.

El lago Miraflores, de otro lado, es un pequeño cuerpo de agua ubicado en la zona sur, cerca a la costa pacífica, y que cumple una función importante en el Canal, ya que se utiliza para que las embarcaciones transiten entre las dos primeras esclusas del Pacífico y la esclusa Pedro Miguel, antes de pasar a los cauces de circulación hacia el lago Gatún.

Estos tres cuerpos de agua son manejados en forma integral por la ACP para la operación del Canal. El manejo conjunto permite abastecer de agua al sistema de tránsito de embarcaciones de acuerdo a criterios operativos y de seguridad de navegación, buscando ofrecer un servicio confiable y predecible a los usuarios y clientes que utilizan el Canal regularmente. Por ello, es importante analizar los factores que determinan la cantidad de agua disponible en estos cuerpos de agua que, en realidad, están interconectados. Esta cantidad de agua viene determinada por la frecuencia e intensidad de las precipitaciones en la cuenca, que se analizan a continuación.

## 2.2 Las precipitaciones pluviales en la cuenca del Canal

Para construir las series de precipitación de esta cuenca, se han usado dos fuentes de información:

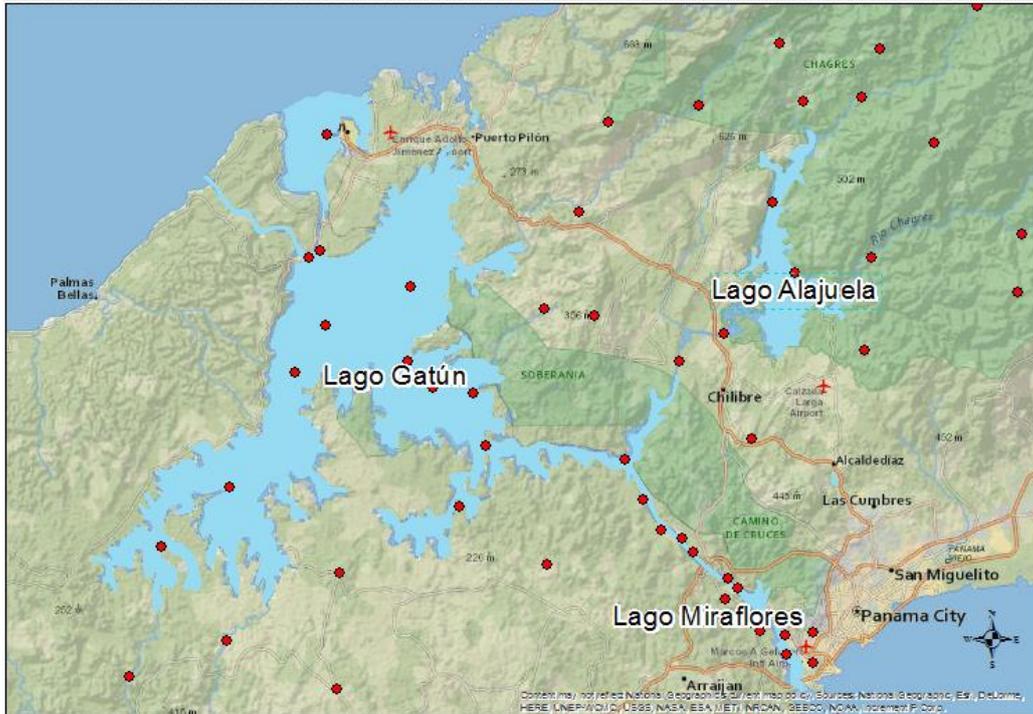
- (i) series diarias de precipitación 1950-2016 proporcionadas por la ACP (hasta marzo de 2016);
- (ii) series mensuales de precipitación 1911-2000 del Informe MWH (2001)<sup>1</sup>;

Ambas series se basan en datos de las estaciones hidrometeorológicas de la ACP ubicadas en puntos específicos de la cuenca del Canal. El Mapa 2.2 muestra las estaciones actualmente operativas en la cuenca.

---

<sup>1</sup> MWH-Montgomery Watson Harza (2001). "The Panama Canal: Study of Variations and Trends in the Historical Rainfall and Runoff Data in the Gatun Lake Watershed". Report on Contract N° CC-3-536, diciembre de 2001.

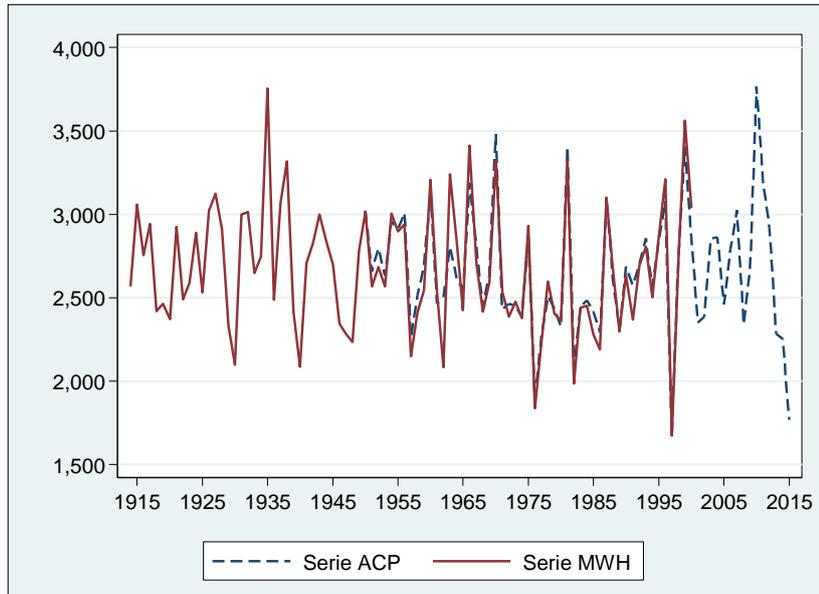
**Mapa 2.2 Ubicación de estaciones hidrometeorológicas de la ACP en 2016**



Fuentes: ACP y Google Maps.

Las series diarias de precipitación (i) fueron agregadas (sumadas) al nivel mensual. En el caso de las series mensuales de precipitación (ii) de MWH, se ingresaron manualmente los datos mensuales del Informe (2001), ya que este realiza algunos ajustes de interpolación mediante el método de polígonos Thiessen, que permite una mejor medición de la precipitación media mensual en el conjunto de la cuenca relevante para el lago Gatún. La evolución del total anual de precipitaciones de ambas series mensuales (agregadas por año) se muestran en el gráfico siguiente:

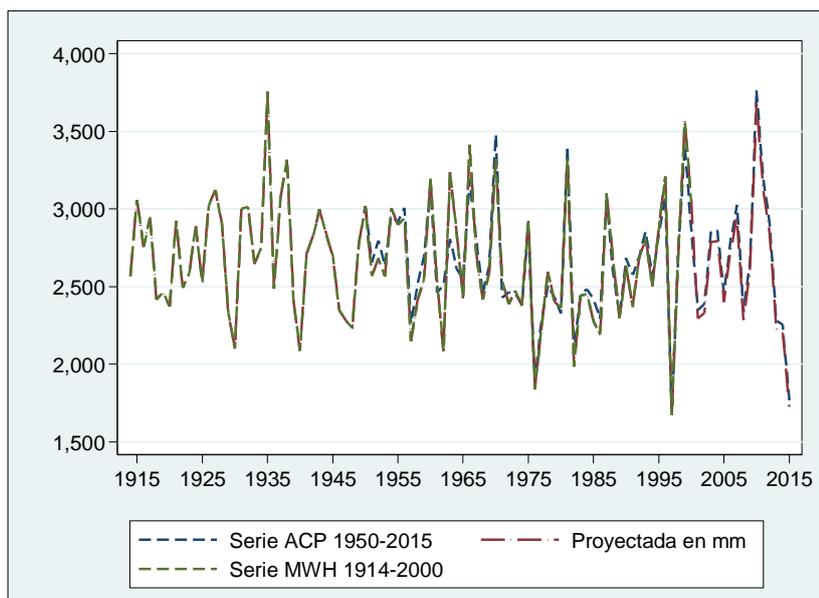
**Gráfico 2.1 Precipitación total anual (mm) en cuenca del Canal**



Fuentes: ACP e Informe MWH (2001).

Como se ve, las series de ACP y MWH están fuertemente correlacionadas (coeficiente de correlación de 0.95) en el periodo común, por lo que se puede plantear que son bastante similares. Sobre esta base, se proyectó la serie de MWH (solo disponible para 1911-2000) para el periodo 2001-2015, utilizando las tasas de cambio mensuales de las series (mensuales) de ACP para dicho periodo. Esto nos permite disponer de series mensuales completas para el periodo 1911-2015 para precipitaciones. La serie proyectada y las dos series utilizadas para la proyección se muestran a continuación.

**Gráfico 2.2 Serie proyectada y usadas para proyección (mm)**



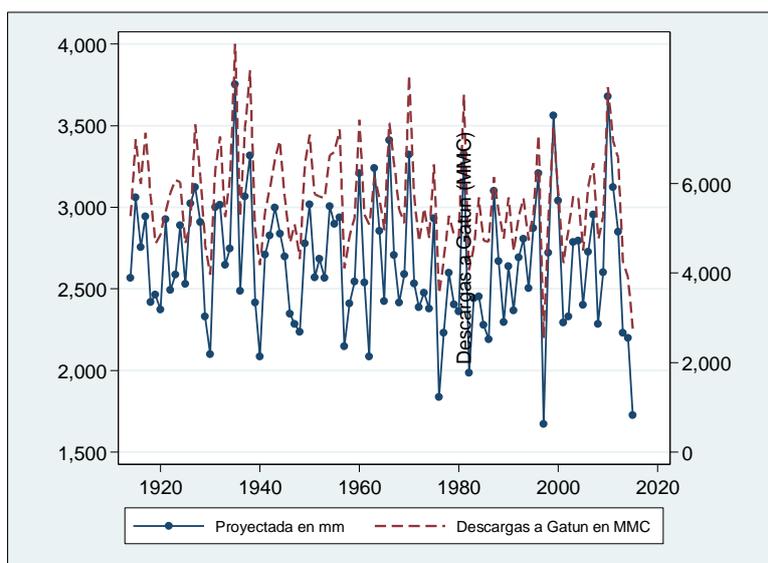
Fuentes: ACP e Informe MWH (2001).

Según el Plan Maestro del Canal de Panamá (2006), en promedio, un 59% de las precipitaciones anuales de la cuenca llega a los lagos Alajuela y Gatún. De este total, un 9% se pierde por evaporación en los lagos, con lo que la escorrentía neta se estima en un 32% del total de precipitaciones anuales. Esta escorrentía es la que alimenta las descargas anuales al lago Gatún, principal cuerpo de agua para la operación del Canal, y que se analiza a continuación.

### 2.3. Descargas (*runoffs*) al lago Gatún

Una variable importante en la gestión del sistema hídrico del Canal son las descargas desde Alajuela hasta Gatún, en la medida que reflejan la capacidad de regulación de todo el esquema. Estas descargas mensuales de agua son medidas por la ACP. En el Gráfico 2.3 se puede ver el volumen de descarga total anual en millones de metros cúbicos (MMC) para el periodo 1911-2015 sobre la base de la información proporcionada por la ACP.

**Gráfico 2.3 Precipitaciones y descargas a lago Gatún 1914-2015**



Fuentes: ACP y proyecciones.

Como se puede apreciar, existe una clara relación entre las precipitaciones anuales y las descargas medidas al lago Gatún. La relación entre precipitaciones y descargas anuales al lago Gatún se puede estimar mediante una regresión lineal simple con una variable de tendencia para el periodo 1914-2015.

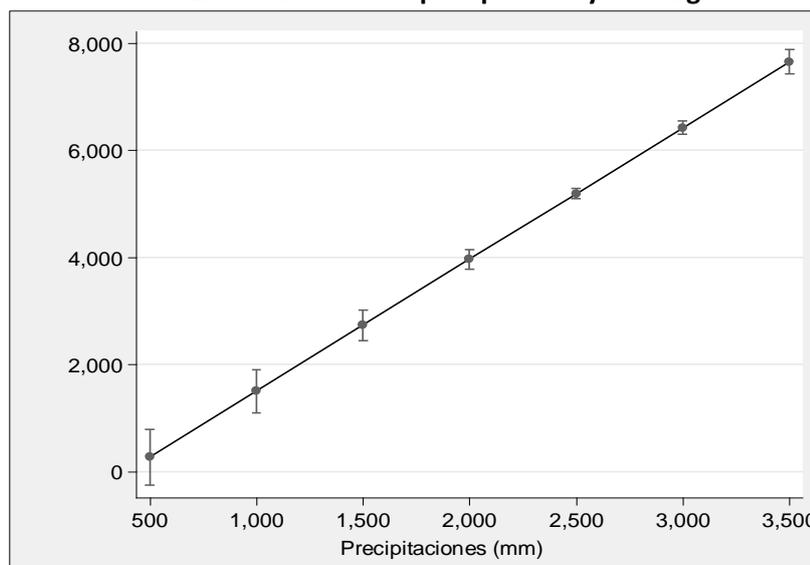
**Cuadro 2.1 Regresión de precipitaciones en descarga anual a lago Gatún 1914-2015**

Observaciones	102					
F(2,99)	282.5					
R2	0.85					
MSE	461.5					
	Coef.	Err. Estd.	t	P>t	[95%	Interv. Conf.]
Precipitaciones	2.702	0.117	23.19	0.000	2.471	2.934
Año	-3.655	1.564	-2.34	0.021	-6.757	-0.552
Constante	5,623	3,125	1.80	0.075	-578.6	11,825

Fuentes: ACP y proyecciones.

La relación es estadísticamente significativa e indica que por cada mm anual de precipitación en la cuenca, se generan 2.7 MMC de descarga adicional en el lago Gatún. La variable de tendencia anual es negativa e indica reducciones seculares en las descargas de un promedio de 3.7 MMC por año, luego de controlar por las precipitaciones. En el Gráfico 2.4 se puede ver la relación entre precipitación y descarga anual generada por la estimación de la regresión.

**Gráfico 2.4 Relación entre precipitación y descarga anual**



Fuentes: ACP y proyecciones.

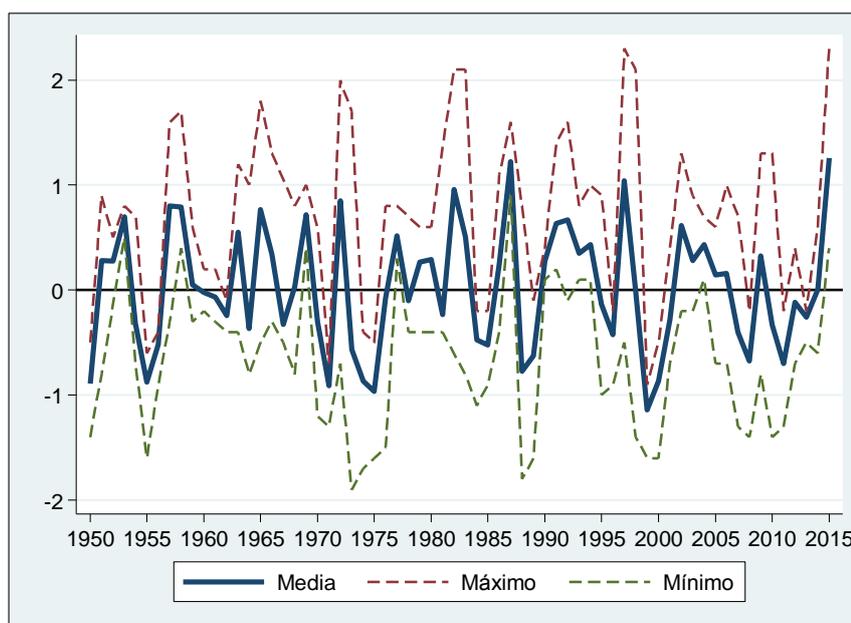
Como se desprende de la regresión, la descarga es lineal y creciente con respecto a las precipitaciones<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> También se estimaron especificaciones cuadráticas para las variables de precipitación y de tendencia, pero no fueron significativamente distintas a la especificación lineal en ambas variables.

## 2.4. Importancia del fenómeno de El Niño en precipitaciones en la cuenca del Canal

La ocurrencia del fenómeno de El Niño (aumento en la temperatura media en el océano Pacífico) tiene influencia en las series de precipitación en la cuenca del Canal. Se utilizará el índice ONI (Oceanic Niño Index) generado por la institución NOAA de los Estados Unidos y que es considerado un indicador importante para el monitoreo de la ocurrencia del fenómeno de El Niño. El índice ONI considera el promedio de tres meses de las temperaturas del océano Pacífico en las coordenadas 120°-170°W, que es conocida como la región 3.4 de El Niño. NOAA considera que existen condiciones para la ocurrencia de El Niño cuando el índice es +0.5 o más alto, indicando que el Pacífico Tropical Centro-Oriental está significativamente más caliente que lo normal. Condiciones para La Niña<sup>3</sup> ocurren cuando el ONI es menor a -0.5, es decir, que la misma sección del océano Pacífico está más fría de lo usual. En el Gráfico 2.5 se puede apreciar la serie del índice anual para el periodo 1950-2016.

**Gráfico 2.5 Valores de ONI 1950-2016**



Fuente: NOAA.

En el gráfico se pueden ver periodos en los que ocurrieron fenómenos de El Niño fuertes como 1982-83, 1991, 1997-98 y recientemente en 2015-2016. Entre 1950 y 1980 también ocurrieron periodos de El Niño (1957-58, 1964-65 y 1973), con algo menos de intensidad que los registrados en las últimas tres décadas. El Gráfico 2.5 también indica que luego de la ocurrencia de El Niño, es frecuente observar el comportamiento inverso (La Niña) en el periodo inmediato, es decir, de reducción en la temperatura media del océano.

<sup>3</sup> El Fenómeno conocido como La Niña hace referencia a periodos en los cuales la temperatura del océano baja por debajo de lo normal y tiende a ocurrir luego de cada Niño.

En este contexto, es importante considerar el efecto que puede tener en la variable de descargas al lago Gatún la del índice ONI (ver regresión previa). En este caso, solo se dispone de una serie anual 1950-2015, y se generó una regresión entre descargas anuales, precipitación, valor medio del índice ONI y la variable de tendencia anual. Los resultados de la nueva regresión se presentan a continuación:

Cuadro 2.3 Regresión de descargas al lago Gatún 1950-2015

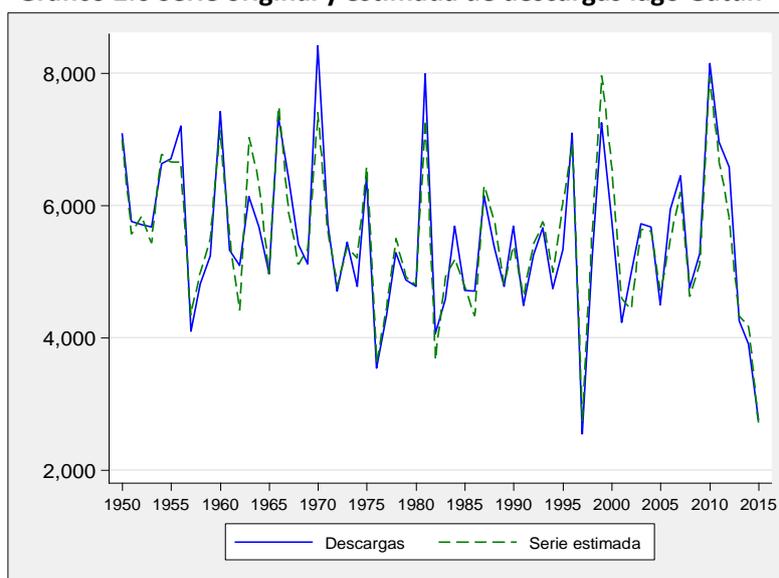
	Sin Índice ONI	Con Índice ONI
Precipitaciones	2.61***	2.46***
	(0.1)	(0.1)
Temporal (años)	-8.74***	-8.94***
	(2.6)	(2.5)
Índice ONI		-270.65***
		(87.7)
Constante	-753.43**	-352.44
	(379.3)	(379)
Observaciones	66	66
F	241.1	185.6
R2	0.88	0.90
MSE	408.38	383.302

\* p<0.1, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

Fuente: cálculos propios usando datos de ACP, NOAA e Informe IWM (2001).

La variable del índice ONI cumple una función propia en la determinación de las descargas, con un coeficiente de -270.6, que indica una menor descarga de 271 MMC al lago Gatún por cada incremento de 1 punto en el índice ONI. La evolución de la variable original de descarga y el valor estimado por la regresión para el periodo 1950-2015 se puede observar en el Gráfico 2.6.

Gráfico 2.6 Serie original y estimada de descargas lago Gatún



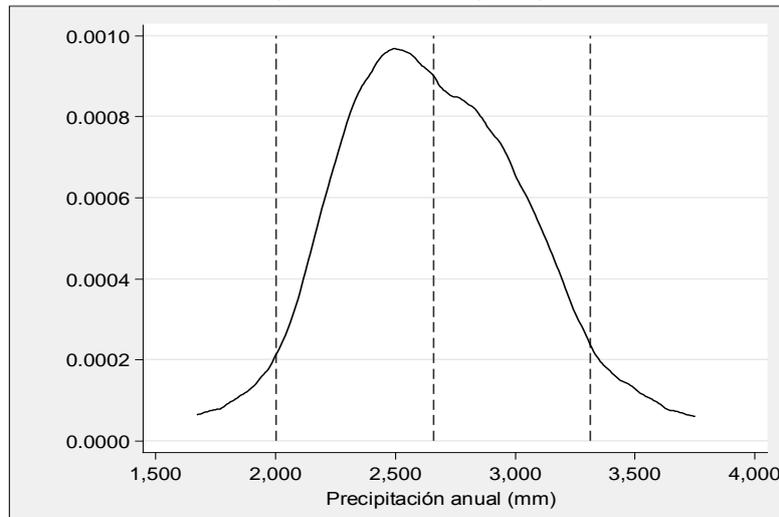
Fuente: estimados propios basados en datos de regresión.

La serie estimada es bastante precisa, por lo que se puede plantear que es posible proyectar bastante bien el comportamiento de las descargas anuales al lago Gatún sobre la base de datos sobre precipitaciones y el índice ONI asociado al fenómeno de El Niño.

## 2.5. Años secos y años húmedos en la cuenca del Canal

En función a las condiciones climáticas, se observa una fuerte variabilidad interanual en las precipitaciones en la cuenca del Canal:

**Gráfico 2.7 Función de probabilidad de precipitaciones 1914-2015**



Fuentes: ACP y proyecciones.

El gráfico estima una función de probabilidad de la serie de precipitaciones 1914-2015 y el valor de la media y de la media  $\pm 1.65$  desviación estándar. Estos valores son útiles para identificar ocurrencias de años húmedos y secos. Tomando en cuenta estos puntos críticos según la Media y Desviación Estándar, se tienen los siguientes años “secos” (menor a  $\text{Media} - 1.65 \times \text{Desviación Estándar}$ ) y “húmedos” (mayor a  $\text{Media} + 1.65 \times \text{Desviación Estándar}$ ).

**Cuadro 2.4 Años secos y húmedos 1914-2015**

	<b>Precipitación anual (mm)</b>
<b>Años secos</b>	
1976	1,838
1982	1,985
1997	1,672
2015	1,725
<b>Años húmedos</b>	
1935	3,754
1938	3,316
1966	3,412
1970	3,322
1981	3,324
1999	3,562
2010	3,678

Fuentes: ACP y proyecciones.

Cabe hacer notar que los cuatro años secos se han generado en el periodo 1975-2015, es decir, en las últimas cuatro décadas. Si se toma dicho periodo como relevante para predecir la ocurrencia de un año seco, se tiene una probabilidad de  $4/40=10\%$  de ocurrencia actualmente. Esto implica que en los próximos diez años, se tendrá por lo menos un año seco, muy probablemente asociado a la ocurrencia del fenómeno de El Niño. Más adelante se utiliza esta información para medir el posible impacto de un año seco en la operación del Canal.

## Sección 3 Uso del agua para la operación del Canal

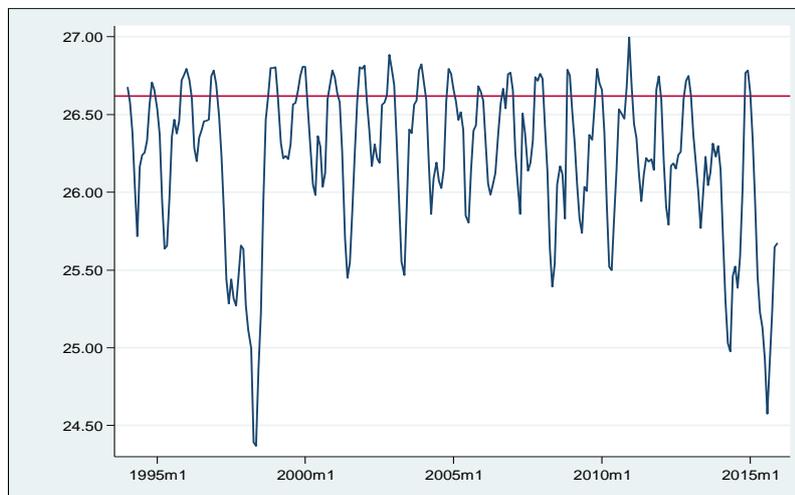
Existen dos usos fundamentales del agua para la operación del Canal de Panamá. En primer lugar, el lago Gatún es parte del curso de navegación de las embarcaciones, por lo que debe mantener un cierto mínimo nivel que permita ofrecer un calado máximo a los clientes que usan el Canal. De otro lado, el agua del mismo lago es utilizada para operar los juegos de esclusas que permiten subir y bajar a las embarcaciones entre ambos océanos. En este contexto, es importante analizar cada uso del agua y las restricciones que imponen a la operación del Canal.

### 3.1 Los niveles máximos y mínimos del lago Gatún

El nivel del lago Gatún se convierte en un tema importante para la gestión del Canal debido a dos condiciones. En primer lugar, existe un nivel máximo de almacenamiento de agua del lago por encima del cual el excedente de agua debe ser vertido al mar para evitar daños en la infraestructura. De otro lado, el lago Gatún tiene un limitado nivel de profundidad que impone restricciones al tránsito de embarcaciones de mayor calado. Cuando el lago baja a un cierto nivel mínimo, no es posible que transiten embarcaciones de calado alto, limitando los servicios que el Canal puede ofrecer a los usuarios y clientes.

La generación de excedentes de agua (el nivel del lago Gatún supera el nivel máximo utilizado por la ACP de 26.62 metros), ocurre generalmente en los meses más húmedos entre octubre y diciembre de cada año. En general, todos los años se deben desechar excedentes debido a la fuerte estacionalidad en las precipitaciones y los límites en la capacidad de almacenamiento del sistema, como se puede apreciar en el Gráfico 3.1 de niveles máximos del lago por mes entre 1994 y 2015.

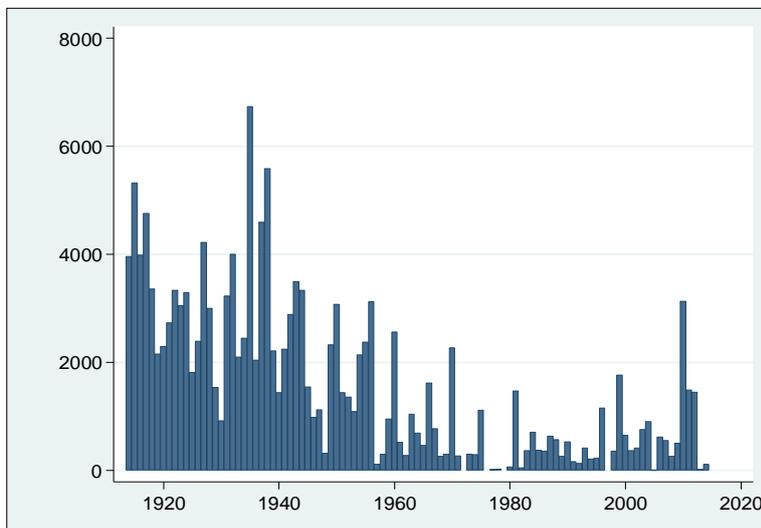
**Gráfico 3.1 Niveles máximos mensuales del lago Gatún 1994-2015**



Fuente: ACP.

El Gráfico 3.2 presenta los excedentes totales anuales arrojados al mar en dicho periodo:

**Gráfico 3.2 Excedentes del lago Gatún 1914-2016 (MMC)**

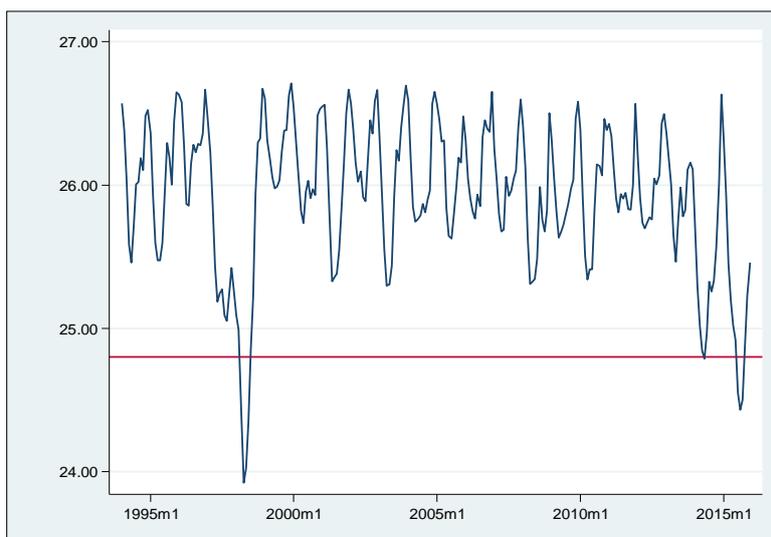


Fuente: ACP.

Se puede ver una clara tendencia negativa en la generación de excedentes hasta fines de la década de 1970, y luego una reversión moderada de tendencia entre 1980 y 2015.

El segundo tipo de restricción en la operación del Canal es el nivel mínimo del lago Gatún para el tránsito de embarcaciones de mayor calado. Debido a la limitada profundidad del lago, se requiere un nivel mínimo de 24.8 m para poder ofrecer el tránsito a embarcaciones de hasta 12 m de calado, conformadas en gran parte por buques panamax. Si el lago baja de ese nivel, la autoridad debe establecer restricciones de calado, que implican menos carga posible en las embarcaciones para poder atravesar el Canal. El Gráfico 3.3 muestra los niveles mínimos mensuales del lago en el periodo 1994-2015.

**Gráfico 3.3 Niveles mínimos mensuales del lago Gatún 1994-2015**



Fuente: ACP.

Se puede ver que la situación crítica de alcanzar el nivel mínimo se ha presentado solamente en dos periodos entre 1994 y 2015, básicamente durante la ocurrencia del fenómeno de El Niño en los periodos 1997-98 y 2015-16. El Cuadro 3.1 consigna los episodios con el nivel del lago por debajo del límite de 24.8 m en todo el periodo de operación del Canal 1914-2016.

**Cuadro 3.1 Meses con nivel mínimo crítico**

Año	Mes	Nivel
1977	Abril	24.78
1977	Mayo	24.55
1977	Junio	24.71
1998	Marzo	24.39
1998	Abril	23.92
1998	Mayo	24.02
1998	Junio	24.35
2014	Mayo	24.79
2015	Julio	24.55
2015	Agosto	24.43
2015	Setiembre	24.50
2016	Febrero	24.78
2016	Marzo	24.38

Fuente: ACP.

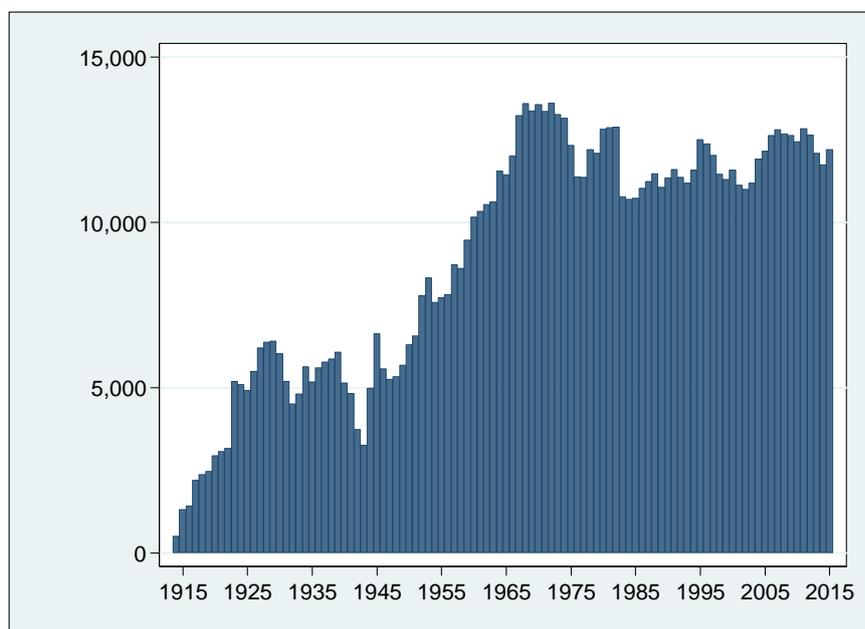
Desde 1914 hasta 1977, no se registró ninguna ocurrencia del nivel del lago por debajo del mínimo (tampoco ningún año “seco” de acuerdo a nuestra definición en 2.5), en gran parte también porque la demanda por el uso del agua no era tan fuerte como en las últimas tres décadas. Cabe recordar que el nivel del lago baja no solamente por la menor ocurrencia de

precipitaciones y descargas al lago, sino también por el mayor uso de agua tanto para consumo humano como para los esclusajes de las embarcaciones.

### 3.2. El agua para operar los juegos de esclusas

La ACP utiliza agua de la cuenca, más específicamente del lago Gatún, para cargar y descargar los juegos de esclusas del sistema, permitiendo el tránsito de embarcaciones y la generación de ingresos económicos por peajes. Así, el número de esclusajes es una variable fundamental en la operación del Canal, ya que está directamente relacionada con el tránsito de embarcaciones. La evolución histórica de esta variable se puede ver en el Gráfico 3.4.

Gráfico 3.4 Esclusajes por año 1914-2015



Fuente: ACP.

Desde el inicio de las operaciones del Canal, se incrementaron rápidamente los esclusajes anuales hasta los años previos a 1930, y luego se observa un comportamiento irregular y un declive de casi quince años en la operación del Canal, asociado a la gran depresión económica de los años treinta y la contracción del comercio mundial hasta el fin de la Segunda Guerra Mundial. En el periodo de la posguerra, sin embargo, se retomó un fuerte crecimiento del número de esclusajes anuales hasta llegar a un máximo de aproximadamente 13.600 esclusajes por año a mediados de los sesenta, aunque con otro declive en la primera mitad de los años setenta (crisis del petróleo e inestabilidad en el comercio). En el periodo 1980-2015, se observa una tendencia moderadamente creciente, y los esclusajes anuales se ubican en un promedio de entre 11.834 y 12.886.

Cabe destacar que esta evolución se debe a que el Canal de Panamá habría llegado a un límite máximo de esclusajes por año desde mediados de la década de 1960, mientras en los años previos era posible incrementar más o menos “libremente” el número de esclusajes ante una mayor demanda por el uso del Canal. Esto sugiere que la cantidad de agua anual disponible para la operación del Canal no era una restricción importante en el periodo previo a 1965, pero que luego esta ha empezado a ser una restricción crecientemente relevante. Por eso, cuando se estiman regresiones del rol de las descargas al lago Gatún y una variable temporal en el número de esclusajes para los periodos hasta y después de 1965, se obtienen los siguientes resultados:

**Cuadro 3.2 Regresiones de descargas en esclusajes 1914-2015**

	Hasta 1965	Después 1965
Descargas	-0.087	0.161*
	(0.16)	(0.09)
Año	150.9***	-13.98*
	(11.81)	(7.96)
Constante	-286,278***	39,063**
	(22,953)	(15,907)
Observaciones	52	50
F	82.16	3.38
R2	0.77	0.126
rmse	1277.075	807.51

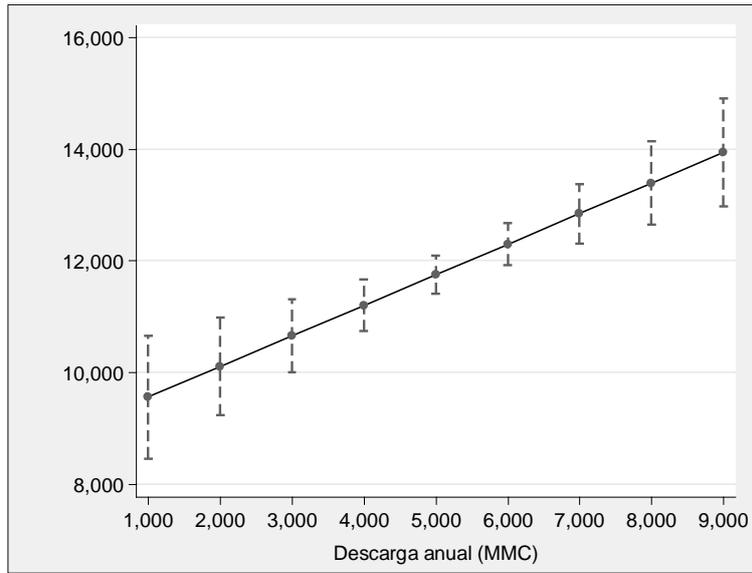
Fuente: estimados propios con base en datos de ACP.

Mientras la relación entre descargas y esclusajes no es estadísticamente significativa (e incluso negativa) para el periodo 1914-1965, es positiva y estadísticamente significativa (al 10%) para el periodo 1966-2015. El coeficiente estimado es de 0.161 MMC/esclusaje, con un error estándar de 0.09 MMC<sup>4</sup>.

En el Gráfico 3.5 se puede ver la relación esperada entre descargas al lago Gatún y esclusajes para el periodo posterior a 1965 de acuerdo a los estimados del Cuadro 3.2.

<sup>4</sup> Cabe mencionar que la ACP considera que se utilizan 0.21 MMC por cada esclusaje realizado. Este estimado está dentro del intervalo de confianza al 90% del estimado puntual de 0.161MMC en la regresión para el periodo 1966-2015.

**Gráfico 3.5 Relación estimada entre descargas al lago Gatún y esclusajes 1966-2015**



Fuente: estimados con base en regresión.

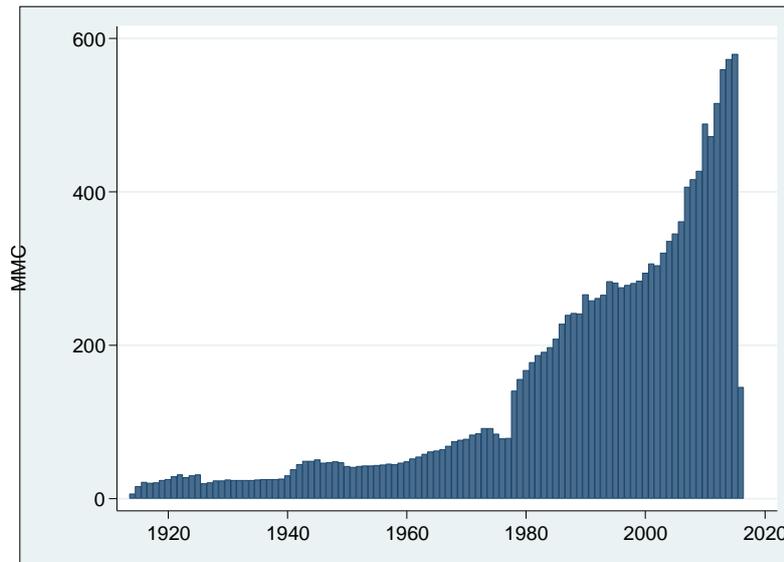
## Sección 4. Uso del agua para consumo humano y energético

El agua de la cuenca del Canal de Panamá se utiliza también para el consumo humano (agua potable), el cual tiene prioridad de acuerdo a la legislación vigente. Además, la escorrentía en el lago Alajuela y los excedentes de agua del lago Gatún son utilizados para la generación de energía. En esta sección se analizarán las tendencias del uso de agua para consumo humano y para energía en la cuenca.

### 4.1. El uso del agua para consumo humano

Una parte del agua de la cuenca es extraída para su potabilización y distribución a la población (de las ciudades de Panamá, Colón y otros centros poblados). En el Gráfico 4.1 se registra la extracción anual de agua (en Alajuela y Gatún) para dicho fin desde el inicio de las operaciones del Canal (1914) hasta la actualidad.

**Gráfico 4.1 Extracción anual de agua para consumo humano 1914-2016\* (MMC)**

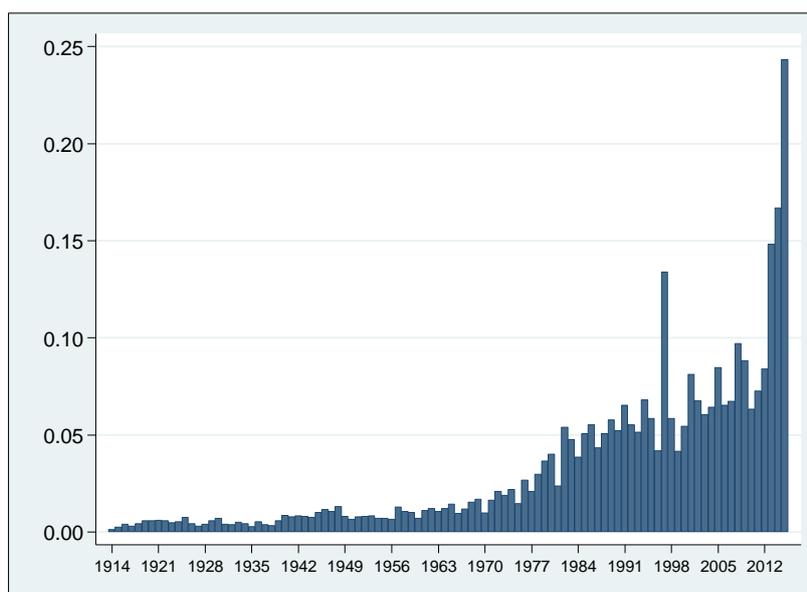


Nota: \* 2016 solo hasta abril.

Fuente: ACP.

Es importante determinar qué impactos ha venido teniendo la extracción de agua potable (prioritaria) en la disponibilidad de agua para operaciones del Canal. Una manera de evaluar la importancia de la extracción de agua para consumo humano es la proporción que esta implica con respecto a las descargas en el lago Gatún. Esta proporción se observa en el Gráfico 4.2.

**Gráfico 4.2 Proporción de extracción de agua para consumo humano en las descargas al lago Gatún según IDAAN (%)**



Nótese que en un año muy seco como 2015, la proporción de agua utilizada para consumo humano fue equivalente a casi el 25% de las descargas al lago Gatún. Es evidente que la extracción de agua para consumo humano se ha convertido en una restricción importante para la capacidad de operación del Canal, situación que puede volverse más crítica aún si se mantiene el ritmo histórico de crecimiento de demanda y consumo de agua en las ciudades de Panamá, Arraiján y Colón. Igualmente, esta restricción se haría aún más crítica con la ocurrencia de un año seco (generalmente asociado al fenómeno de El Niño) que, como se vio anteriormente, tiene una alta probabilidad de ocurrir en los próximos diez años.

Una estimación de la relación entre extracción anual y los años desde 1914 hasta 2015 en una especificación cuadrática genera los siguientes resultados:

**Cuadro 4.1 Estimación del uso de agua para consumo humano**

Obs	103					
F(3,100)	510.86					
R2	0.9109					
MSE	44.839					
	Coef.	Error Estd.	t	P>t	[95%	Interv. Conf]
Año	-283.8	22.0	-12.92	0	-327.3962	-240.2451
Año#Año	0.0733	0.0056	13.12	0	0.0622334	0.0844088
Constante	274676	21576	12.73	0	231870.2	317482.5

Fuente: ACP.

Igualmente, la estimación permite hacer una proyección para los próximos diez años, asumiendo se mantiene la tendencia histórica, como se puede ver en el Cuadro 4.2.

**Cuadro 4.2 Proyección de consumo humano (MMC)**

	Mínimo	Media	Máximo
2015	453	478	502
2016	464	490	515
2017	475	502	528
2018	486	514	541
2019	497	526	554
2020	508	538	568
2021	520	551	581
2022	531	563	595
2023	543	576	609
2024	554	589	623
2025	566	602	637

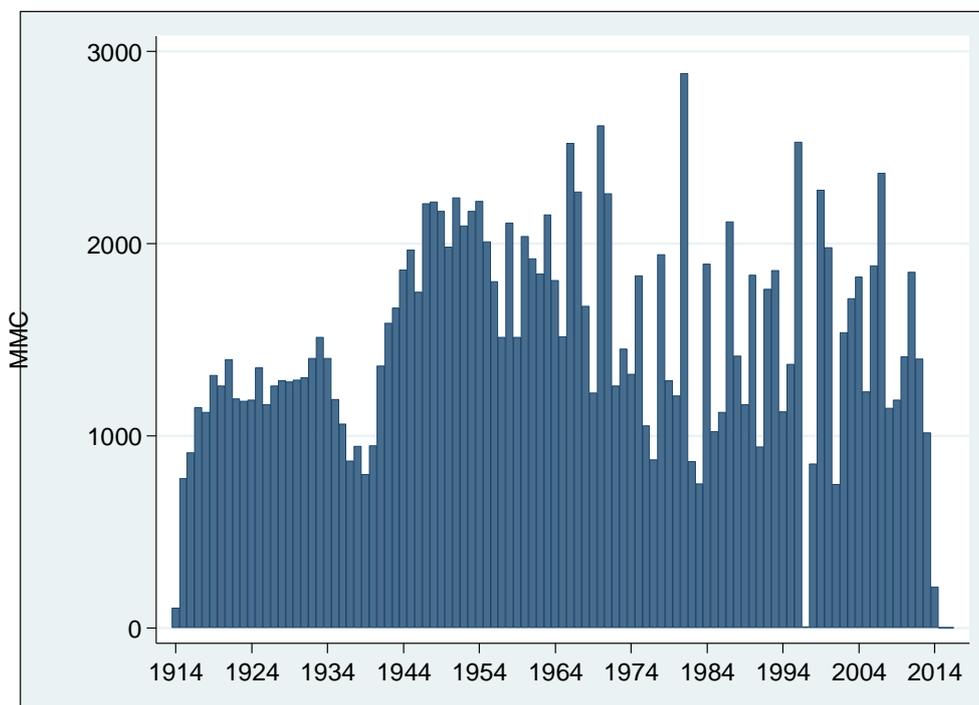
Fuente: proyección con base en datos de ACP.

Para el año 2015, se extraen casi 480 MMC anuales para agua potable, y la cifra se incrementaría —de seguirse la tendencia histórica— a 600 MMC para el 2025, con un rango entre 566 y 637 MMC. Obviamente, esta posible evolución según la tendencia histórica requeriría que se incremente en forma consistente la capacidad de potabilización en los sistemas que operan con agua de la cuenca del Canal.

#### 4.2. El uso no rival del agua para generación de energía

El uso de agua para generación de energía se produce en dos circunstancias en la cuenca. En primer lugar, se aprovecha la represa Madden en el lago Alajuela para generar energía en forma permanente. Este uso, no obstante, es del tipo no consuntivo, en la medida que el agua es reutilizada en otras actividades. La segunda forma de generación está asociada a la presa de descarga en el lago Gatún, en la que se genera energía solamente cuando existen excedentes (se llega al nivel máximo operativo del lago). En el Gráfico 4.3 se puede apreciar la evolución histórica del uso de agua para fines energéticos en el lago Gatún (no se considera el uso no consuntivo del agua para energía en Alajuela).

**Gráfico 4.3 Uso de agua del lago Gatún para generación de energía**



Fuente: ACP.

A diferencia del caso del agua para consumo humano, se observa una gran variabilidad anual, que refleja el carácter excedentario del uso del agua. En el Cuadro 4.3 se consignan las correlaciones entre el uso de agua de la cuenca del Canal para fines energéticos y otras variables hidrológicas, como las precipitaciones, las descargas al lago Gatún y la elevación máxima del lago.

**Cuadro 4.3 Correlaciones de uso de agua para energía con otras variables hidrológicas**

	Uso energía	Precipitaciones	Descargas	Elevación máxima
Uso energía	1			
Precipitaciones	0.3741	1		
Descargas Gatún	0.4838	0.0659	1	
Elevación máxima Gatún	0.4566	0.2783	0.4910	1

Fuente: elaboración propia con base en datos de ACP.

Se observa una alta correlación con las descargas y con la elevación máxima del lago Gatún durante cada año. Igualmente, la correlación con las precipitaciones es importante (0.37) y en conjunto, esto indica que el uso energético solo se realiza cuando existe cierta abundancia relativa de agua en la cuenca del Canal, en general, y en el lago Gatún, en particular.

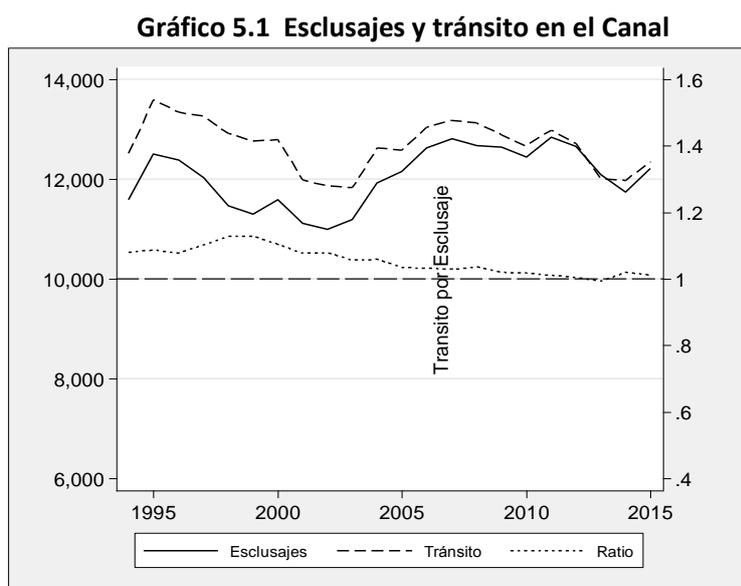
Debido a este comportamiento en los dos casos de generación de energía usando el agua de la cuenca, no se observa rivalidad significativa entre el uso del agua para fines energéticos y el uso tanto para agua potable como para navegación. En otras palabras, en realidad no hay competencia por el uso del agua para fines energéticos con respecto a los otros dos usos, los que sí muestran competencia y rivalidad entre sí, como se vio anteriormente.

## Sección 5 Relación entre variables hidrológicas y económicas: valoración de los usos rivales e impacto de los años secos

En esta sección, se utiliza información económica como los tránsitos, carga y peajes, relacionándola con las variables de gestión del agua asociada a la operación del Canal, como los esclusajes. En este contexto, también se evaluarán los impactos económicos de la ocurrencia de un año seco, que generalmente se asocian al fenómeno de El Niño, como se vio en la segunda sección.

### 5.1 Relación entre esclusajes, tránsito y carga

La información económica de operación del Canal solo se cuenta desde el año 1994 en adelante, por lo que el análisis se centrará en el periodo iniciado ese año<sup>5</sup>. La aproximación a las variables económicas requieren mirar la relación entre el número de esclusajes y el tránsito por año en el Canal en el periodo 1994-2015, como se muestra a continuación.



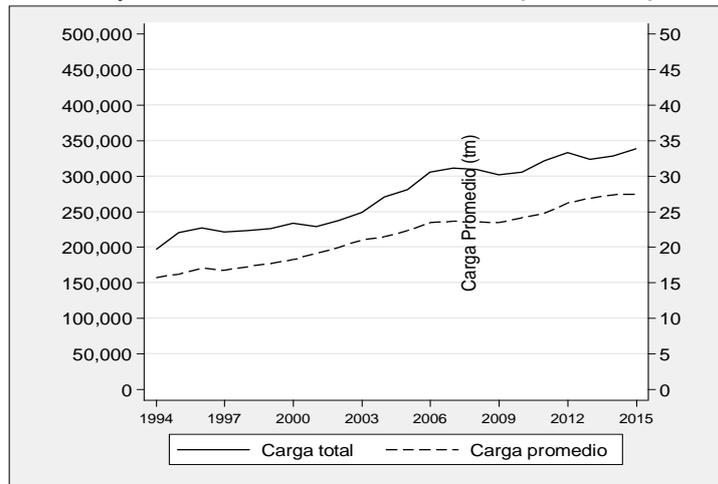
Fuente: Contraloría de la República de Panamá.

En las últimas dos décadas se ha ido generando un ajuste en el ratio entre número de embarcaciones (tránsito) y los esclusajes, hasta llegar casi a una paridad de uno a uno (1 esclusaje=1 tránsito).

Igualmente pertinente es observar la carga total y el promedio por embarcación en el mismo periodo, aspecto que se presenta en el Gráfico 5.2.

<sup>5</sup> Se ha accedido a información pública de la Contraloría sobre variables económicas claves del Canal, como el tránsito, el peso y la carga promedio de los buques así como ingresos por peajes para el periodo 1994-2015. No se cuenta con dicha información para el periodo previo de operaciones del Canal.

**Gráfico 5.2 Carga neta total y carga promedio de embarcaciones que transitan el Canal 1994-2015 (toneladas)**



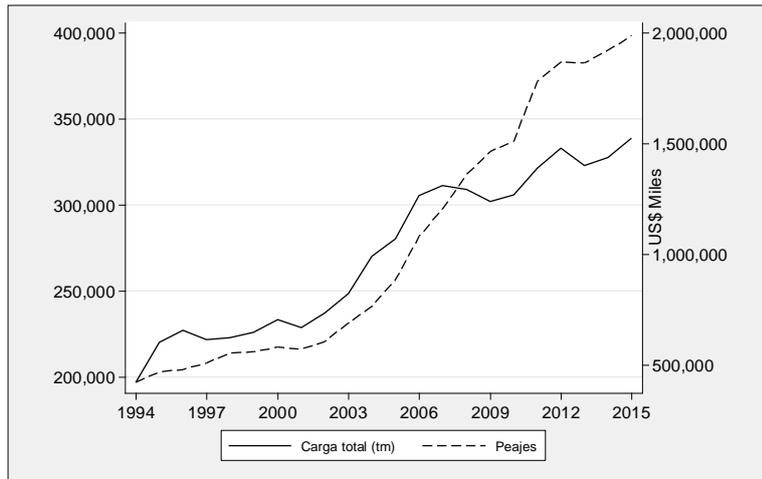
Fuente: Contraloría de la República de Panamá.

Tanto la carga neta total como la carga promedio por embarcación han aumentado sistemáticamente en el periodo 1994-2015. Esta tendencia permite generar mayores ingresos al Canal por esclusaje (y uso de agua), ya que los peajes se establecen en función a la capacidad de carga neta de las embarcaciones. Es evidente que los navieros buscarán utilizar el máximo de capacidad por la que deben pagar peaje.

## 5.2. La relación entre carga e ingresos por peaje

El Canal de Panamá se maneja desde que fuera transferido a las autoridades panameñas como un negocio sostenible que busca generar utilidades en función a la atención de los segmentos más dinámicos y rentables del mercado de servicios de transporte marítimo. En este contexto, una variable fundamental es el costo del servicio para los usuarios y clientes, lo que a su vez se convierte en los ingresos brutos por la operación del Canal. En el Gráfico 5.3 se consignan los ingresos por peajes y la carga total que atravesó el Canal entre 1994 y 2015.

**Gráfico 5.3 Carga total y peajes en tránsito de Canal**



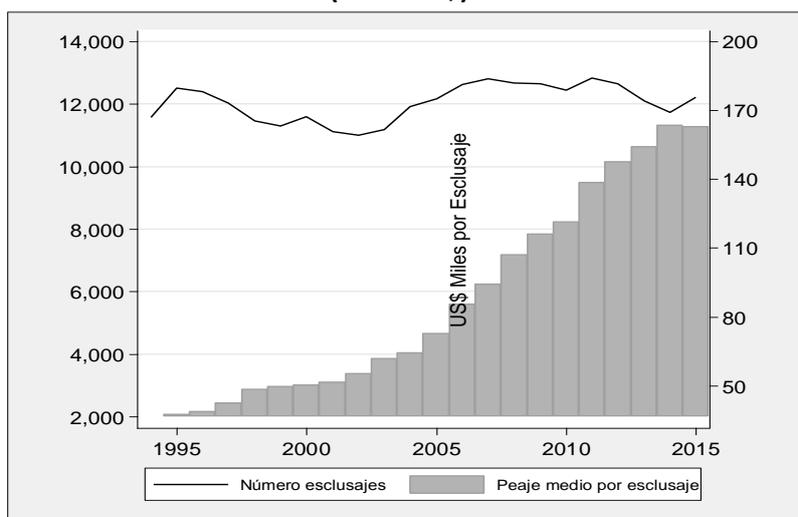
Fuente: Contraloría de la República de Panamá.

En el periodo 1994-2007, los ingresos por peajes aumentaron en la misma proporción que la carga total del tránsito, lo que implicó que no hubiera incrementos significativos en las tarifas por carga promedio. No obstante, en el periodo posterior a 2008, sí se observa un aumento más que proporcional en los ingresos por peajes que en la carga neta total, indicando aumento en las tarifas medias por tonelada de carga o capacidad de carga de las embarcaciones. Esta tendencia incrementó significativamente la rentabilidad de las operaciones del Canal en este último periodo.

### 5.3. Valor por esclusaje en la operación del Canal

Las dos tendencias analizadas previamente –el incremento en la carga media de las embarcaciones que circulan por el Canal, así como del costo del peaje por unidad de carga– han generado un aumento considerable en el valor del tránsito por esclusaje, como se puede apreciar en el Gráfico 5.4.

**Gráfico 5.4 Valor de tránsito por esclusaje  
(Miles US\$)**



Fuente: Contraloría de la República de Panamá.

El valor en dólares corrientes por esclusaje se ha triplicado entre 1994 y 2015, situándose en casi US\$ 160.000 por esclusaje (o lo equivalente por embarcación en tránsito asumiendo paridad entre esclusajes y tránsitos) en 2014-2015.

No obstante, como señaló el Plan Maestro del Canal (2006), en esta etapa el Canal de Panamá llegó a una especie de “plena capacidad”, en la que ya no se podían generar incrementos significativos en la carga media y en la carga total del tránsito, en la medida que se habría llegado a un tope máximo de las embarcaciones y carga que pueden operar los sistemas de esclusas y tránsito (canal en plena capacidad)<sup>6</sup>.

#### 5.4. Valoración entre el agua para uso de agua potable y el agua para tránsitos con plena capacidad del Canal (2015)

Con los datos analizados previamente, es posible evaluar el valor del agua utilizada por los dos usos rivales (agua potable y agua para tránsito) en función a la cantidad utilizada y los ingresos generados en cada caso. Para cada uso, es necesario conocer la cantidad de agua utilizada anualmente y el precio pagado por los consumidores y usuarios en cada caso, ejercicio que se hará para el año 2015.

Como se estimó previamente, en el año 2015 un esclusaje promedio en el Canal generaba un ingreso esperado de US\$ 160.000. Un elemento clave para poder estimar el valor del agua

<sup>6</sup> Esta restricción ha sido levantada con la ampliación del Canal que inició operaciones en junio de 2016 (la expansión fue realizada entre 2009-2016). Esta ampliación permite incrementar la carga media de las embarcaciones que pueden pasar por el Canal en forma significativa, con el consiguiente aumento en los peajes. Este tema se analiza con algunas cifras iniciales más adelante.

utilizada se refiere a la cantidad que debe asignarse para generar dicho valor. En este caso, se pueden utilizar dos valores alternativos. En primer lugar, la ACP estima el uso de agua en 0.21 MMC por esclusaje, basándose en la cantidad de agua que almacenan las esclusas. El otro valor posible es el estimado en el Cuadro 5.1, que relaciona las descargas al lago Gatún y los esclusajes. El estimado promedio de la relación es 0.161. Este valor podría reflejar mejor la real relación estructural entre esclusajes y descargas anuales a Gatún, equivalente a la cantidad de agua que requiere el sistema para la operación de los tránsitos.

En cuanto al agua potable, se utilizará el criterio de valoración del precio medio al consumidor final de IDAAN, que es actualmente de US\$ 210.000 por MMC (US\$ 0.21 por 1.000 litros). Con estos datos es posible generar el valor del agua para cada uso para el año 2015, como se aprecia en el Cuadro 5.1.

**Cuadro 5.1 Valoración de agua para tránsito y consumo humano**

	Tránsito		Potable	Relación tránsito/potable	
	ACP	Estimación		ACP	Estimación
(1) MMC por esclusaje marginal	0.208	0.161			
(2) Valor de esclusaje (US\$)	160.000	160.000			
(2)/(1) Valor x MMC (US\$)	769.231	993.789	220.000	3.50	4.52
Cantidad vendida (millones US\$)	1,920		121	16	

Fuente: estimación propia con base en datos de ACP.

Se obtiene un valor por MMC de US\$ 769.231 usando el valor agua por esclusaje de ACP, y de US\$ 993.789 con el estimado medio relacionado con las descargas al lago Gatún. Esto equivale a 3.5 veces el valor del agua potable con el primer criterio y 4.52 veces con el segundo. El cuadro también muestra la distinta dimensión del valor del negocio. Mientras la operación del Canal equivale a mover casi US\$ 2,000 millones anuales, el de la venta de agua potable equivale a US\$ 121 millones (el valor del negocio de transporte es 16 veces el de agua potable).

Igualmente, deben considerarse los múltiples impactos económicos directos e indirectos de ambas actividades que, en el caso del Canal, son mucho más amplios debido a sus importantes encadenamientos hacia atrás y adelante con otras actividades económicas. La producción de agua potable, de otro lado, tiene menores encadenamientos, aunque es de gran impacto en el bienestar de la sociedad (condiciones de saneamiento). Estos criterios de escala, encadenamientos productivos y beneficios sociales son también importantes para una adecuada valoración del agua en el conjunto de la economía. En un ejercicio más integral y utilizando una

tabla insumo-producto y valoraciones sociales del agua potable, podría valorizarse el agua en función a consideraciones económicas más agregadas de cada actividad, tanto directas como indirectas.

### 5.5. Impacto económico de la ocurrencia de un año seco

Como se vio anteriormente, existe una relativamente alta probabilidad de ocurrencia en la cuenca del Canal de años bastante secos (1 de cada 10 años), los que se estiman a partir de la distribución de las precipitaciones como años en que estas son menores a la media esperada en 1.65 desviaciones estándar. En el análisis histórico de precipitaciones, se vio que desde 1975 a 2015 se tuvieron cuatro años con estas características: 1976, 1982, 1996 y 2015. También se considera como años húmedos aquellos con precipitaciones por encima de la media más 1.65 desviaciones estándar. En función a esto, es posible relacionar la ocurrencia de años secos y húmedos a las descargas al lago Gatún y, a su vez, estas al número de esclusajes que pueden realizarse. Ambas relaciones se han estimado para el periodo 1966-2015, como se muestra a continuación:

**Cuadro 5.2 Relaciones estimadas 1966-2015**

	Descargas	Esclusajes
Seco	-2,087***	
	(394.8)	
Húmedo	2,511***	
	(359.49)	
Año	-1.169	-13.988*
	(7.44)	(7.96)
Descargas		0.161*
		(0.09)
Constante	7,640	39,063**
	(14,819)	(15,907)
Observaciones	50	50
F	28.655	3.385
R2	0.651	0.126
rmse	753.503	807.51

\* p<0.1, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

Fuente: elaboración propia con base en datos de ACP

La ocurrencia de un año seco se refleja en una menor descarga al lago Gatún de 2,087 MMC en dicho año. Esto implica una caída en el número esperado de esclusajes de  $2087 \times 0.161 = 336$ . Valorizados a US\$ 160.000, los menores esclusajes equivalen a US\$ 54 millones menos de recaudación de peajes con respecto a un año normal.

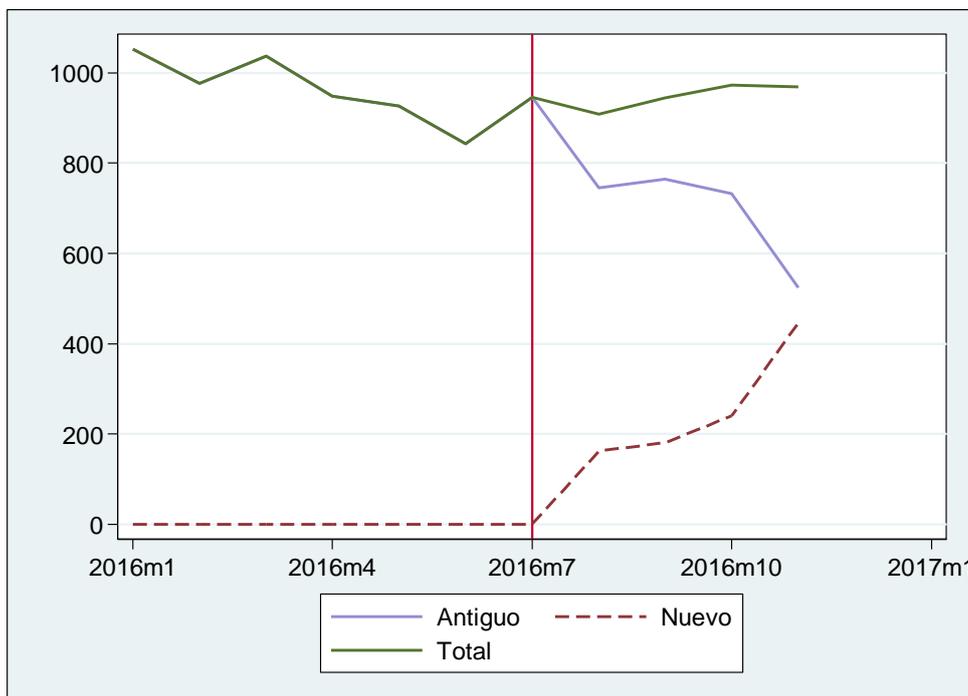
## Sección 6 Consideraciones iniciales sobre la expansión del Canal de Panamá

En las secciones previas se ha analizado el uso del agua y la relación entre variables hidrológicas y económicas con datos del funcionamiento del Canal previos al inicio de operaciones del canal ampliado, que recién empezó a funcionar en junio del 2016. Al momento de realizar este informe, no se pudo tener aún datos suficientes sobre la operación del canal ampliado como para poder sacar conclusiones firmes. No obstante, se utilizarán algunos datos iniciales sobre la operación para intentar proyectar algunos cambios en los retornos económicos del tránsito en el nuevo contexto.

### 6.1. Operación inicial del canal ampliado

Se han obtenido algunos datos iniciales de tránsito y carga por el Canal desde el inicio de la operación del canal ampliado en junio del 2016, como se puede ver en el Gráfico 6.1 para el tránsito por las esclusas antiguas y nuevas (canal ampliado).

**Gráfico 6.1 Tránsitos por canal antiguo y ampliado enero a noviembre 2016**

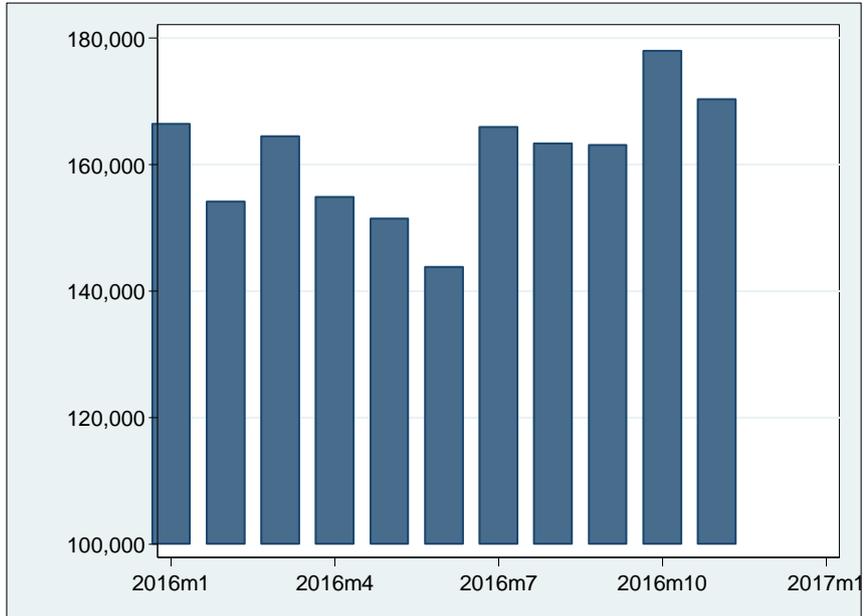


Fuente: ACP.

Desde los primeros meses de operación del canal ampliado, ya se ha empezado a observar una importante recomposición de los tránsitos en favor del canal ampliado, lo que implica el pase de embarcaciones de mayor calado y capacidad de carga, que además generan más ingresos por

unidad de agua utilizada. La evolución de los ingresos por peaje en el año 2016 puede apreciarse en el siguiente gráfico:

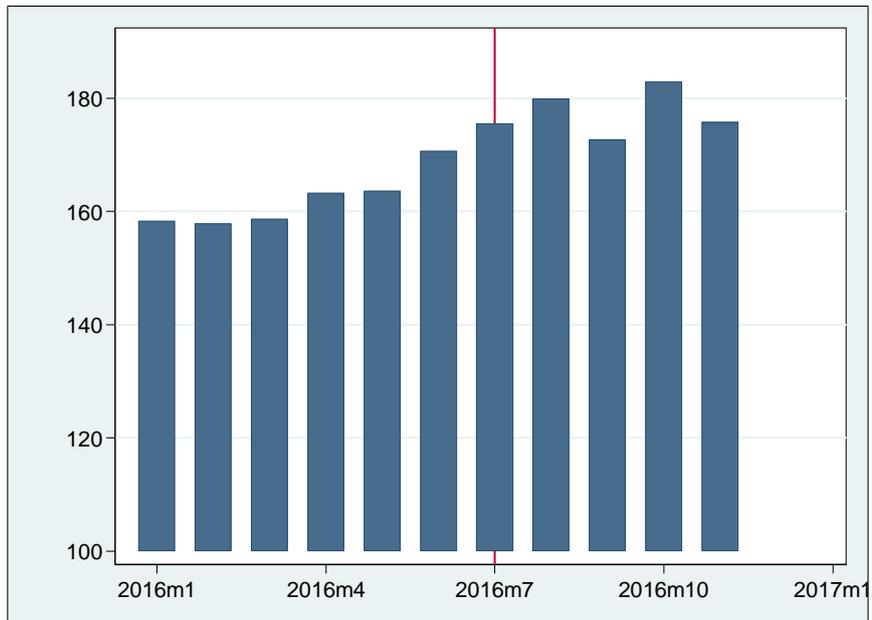
**Gráfico 6.2 Ingresos por concepto de peajes del Canal de Panamá**



Fuente: ACP.

La nueva composición está llevando, además, a un incremento en el peaje por tránsito:

**Gráfico 6.3 Ingresos de peajes por tránsito**



Fuente: ACP.

Claramente, el canal ampliado está permitiendo el tránsito de embarcaciones de mayor calado y capacidad de carga, con el consiguiente incremento en los ingresos. En esta etapa inicial, los

ingresos por tránsito (y por esclusaje) aún se ubican en un promedio de US\$ 175.000, cifra superior a los US\$ 160.000 alcanzados en 2015, por ejemplo. Para el año 2018 se esperaría un incremento en este promedio, en la medida que se utilice más el canal ampliado para tránsitos de mayor envergadura.

## 6.2. Uso de agua del Canal y escenarios futuros

Las pocas cifras disponibles sobre operación del Canal (referidas solamente a tránsito, carga y peajes) no son suficientes para conocer el volumen de agua que realmente se viene utilizando bajo los nuevos términos de operación del Canal. Los meses de operación inicial del Canal han sido bastante húmedos, con lo que no se ha podido ver si la disponibilidad de agua impone alguna restricción a la operación del canal ampliado. En los próximos años se podrá establecer mejor, con datos adicionales, la nueva relación entre tránsito y uso del agua. No obstante, no se prevén cambios significativos en esta relación en la medida que el canal ampliado utiliza una cantidad de agua similar para los esclusajes.

Lo que sí queda claro es que la rentabilidad por esclusaje del Canal aumentará. En los primeros meses de operación se ha observado un incremento desde US\$ 160.000 hasta US\$ 175.000. Es probable que este aumento se mantenga e incluso se haga más importante en los próximos años. Esto implica que el diferencial del valor del agua para tránsito y uso para agua potable podría incluso ampliarse de los estimados de la quinta sección. En conjunto, el valor del agua para tránsito sería entre 4 y 5 veces el valor del agua potable, considerando solo el valor bruto (ventas) generado por cada actividad.

Igualmente, en la próxima década se esperaría una expansión del consumo de agua potable de 480 MMC anuales a cerca de 600 MMC al 2025. Esta posible expansión, más la ocurrencia de un año seco en la próxima década, aumentaría la presión sobre el uso del agua de la cuenca entre ambas actividades.

En este caso, deben evaluarse alternativas para reducir o detener el fuerte crecimiento del consumo de agua potable de la cuenca (ya sea por mayor eficiencia en producción o en consumo), o alternativas para expandir la oferta de agua, ya sea para la actividad de potabilización o también para la propia operación del Canal. La brecha existente de valor entre el agua para el tránsito y para el consumo humano (de entre 4 a 5 veces) genera un espacio económico importante para evaluar el costo-beneficio de las alternativas. Un MMC de mayor disponibilidad anual para el tránsito de embarcaciones genera un valor de casi US\$ 1 millón, lo que podría considerarse el costo de oportunidad para el uso del agua en la cuenca en las actuales condiciones.

## 7. Conclusiones y recomendaciones

En el presente estudio se han establecido algunas relaciones cuantitativas entre variables hidrológicas y de gestión del agua, con variables de desempeño económico del Canal de Panamá. Esto ha permitido hacer un primer ejercicio de valoración del agua de los dos usos rivales principales en la cuenca del Canal: navegación y consumo humano del agua. El uso energético es un uso no rival con las otras dos alternativas, por lo que no tiene sentido económico generar una valoración comparable.

En el estimado general, el valor por MMC del agua para navegación es entre 3.6 y 4.8 veces el valor para producir agua potable. Esta valoración se basa en los precios del transporte y el agua potable en el año 2015. Esta brecha de valoración económica es importante, y debe ser utilizada como base para evaluar el costo-beneficio de diversas alternativas, ya sea para ahorrar agua o para dotar de una mayor cantidad a los usuarios de la cuenca.

Las series históricas hidrológicas permiten establecer con certeza que la disponibilidad de agua de la cuenca está relacionada con la ocurrencia del fenómeno de El Niño. Durante episodios de este fenómeno, se ha observado una importante reducción en la disponibilidad de agua en la cuenca. En los últimos cuarenta años (1975-2015), han ocurrido cuatro años secos, en los que en promedio, se redujo en unos 2.000 MMC la descarga al lago Gatún (de un promedio de 5.630 MMC anuales). Esta menor descarga de agua para operación del Canal implica una reducción de 336 esclusajes y una pérdida de ingresos por unos US\$ 54 millones anuales. Para los próximos diez años se esperaría la ocurrencia de un año seco por lo menos una vez.

Igualmente, se ha podido constatar un crecimiento importante del uso de agua para consumo humano, llegando a 480 MMC en 2015, con una proyección a 600 MMC para el año 2025. De mantenerse este crecimiento según la tendencia histórica, se tendría una menor disponibilidad de agua para enfrentar un año seco, por ejemplo.

La reciente ampliación del Canal con la construcción de un tercer juego de esclusas ha incrementado la rentabilidad de los tránsitos por el Canal al permitir la navegación de barcos de mayor tamaño y calado, con mayor carga por unidad de agua utilizada. Esta tendencia se consolidará en los próximos años, y ampliaría la brecha de valoración de no haber un aumento en las tarifas por el consumo de agua potable en las ciudades. En un contexto de creciente brecha de valor del agua entre ambas actividades, se harían cada vez más rentables alternativas tanto para ahorrar agua como para incrementar la dotación utilizable para ambas actividades. Cabe señalar que el costo de oportunidad de 1 MMC anual adicional para operación del Canal

es de casi US\$ 1 millón, con lo que se pueden evaluar alternativas versus los costos correspondientes.

Las recomendaciones más importantes del presente trabajo se orientan a que las autoridades tanto del Canal como aquellas encargadas del agua y saneamiento evalúen alternativas para aliviar la creciente tensión por el uso del recurso entre navegación y agua potable. Aunque la magnitud de la tensión no es muy grande en las actuales condiciones del canal ampliado, todo indica que esta irá en aumento en la próxima década, en un contexto de ocurrencia de años secos y de incrementos previsible en la demanda por agua potable.

Se prevé que el Canal irá incrementando su rentabilidad por unidad de agua utilizada a medida que se usen con mayor intensidad las nuevas esclusas, lo cual aumentará la brecha de valor con el uso del agua para consumo humano. La única forma de encarar esta creciente tensión es con la evaluación de alternativas tecnológicas y operativas que permitan ya sea ahorrar agua para consumo humano (aumento de tarifas de agua potable, incentivos para el consumo más eficiente de hogares y empresas, reducción de pérdidas por conducción y no facturación) o bien incrementar la oferta (inversión en nuevos sistemas de captación y distribución de agua hacia los usuarios de la cuenca, extracción de agua subterránea). El alto valor del agua en la cuenca asegura que algunas de estas alternativas empiecen a ser rentables no solo social sino también económicamente.