ESTUDIO DE RENDIMIENTO SEGURO PARA EL LAGO PATILLAS

Sometido a:

VCI CONSTRUCTION INC

Preparado por:

Angel Román-Más, MS, PH, PHg
PO Box 11850 MSC-582
San Juan Puerto Rico 00922-1850
Tel: (787) 759-8000
Mobil: (787) 406-6962
e-mail: romas@coqui.net

29 de marzo del 2006

ESTUDIO DE RENDIMIENTO SEGURO PARA EL LAGO PATILLAS

Por

Angel Román-Más, MS, PH, PHg

Tabla de Contenido

1.0	Resumen		3
2.0	Introducción		5
3.0	Rendimiento Seguro		7
	3.1	Metodología	7
	3.2	Resultados	9
4.0	Disponibilidad Agua		19
	41	Metodología	19
	42	Resultados	25
5.0	Conclusiones		27
6.0	Referencias		28

Apéndices

Apéndice A:	Simulación de almacenamiento diario para una tasa de extracción de 19 mgd
Apéndice B:	Simulación de almacenamiento diario para una tasa de extracción de 20 mgd
Apéndice C:	Simulación de almacenamiento diario para una tasa de extracción de 21 mgd
Apéndice D:	Simulación de almacenamiento diario para una tasa de extracción de 22 mgd
Apéndice E:	Simulación de almacenamiento diario para una tasa de extracción de 23 mgd
Apéndice F:	Simulación de almacenamiento diario para una tasa de extracción de 24 mgd
Apéndice G:	Simulación de almacenamiento diario para una tasa de extracción de 25 mgd
Apéndice H:	Simulación de almacenamiento diario para una tasa de extracción de 30 mgd
Apéndice I:	Datos de entregas de agua del Lago Patillas par uso agricola
Apéndice J:	Simulación de disponibilidad de agua

Figuras

Figura 3.2a	Relación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 19 mgd	10
Figura 3.2b	Relación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 20 mgd	11
Figura 3.2c	Relación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 21 mgd	12

Figura 3.2d Relación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 22 mgd 13
Figura 3.2e Relación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 23 mgd 14
Figura 3.2f elación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 24 mgd 15
Figura 3.2g Relación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 25 mgd 16
Figura 3.2h elación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 30 mgd 17
Figura 3.2i Curva de Rendimiento del Lago Patillas 18
Figura 4.1a Uso de agua del Lago Patillas para Actividades Agrícolas 21

Tablas

Tabla 4.1a Proyecciones de la Necesidad de Producción de Agua Potable para el Área de Servicio del Lago Patillas en el Año 2000 22
Tabla 4.1b Proyecciones de la Necesidad de Producción de Agua Potable para el Área de Servicio del Lago Patillas en el Año 2050 23

Tabla 4.2 Resultados de la Simulación de los Eventos de Sequía que Resultan en Razonamientos en las Entregas de Aguas del Lago Patillas 26

1.0 RESUMEN

VCI Construction (VCI) ha propuesto el desarrollo de 967 unidades de vivienda unifamiliar de interés social en una finca de su propiedad localizada en el kilómetro 152.7 de la Carretera Estatal PR-3 en el Barrio Aguirre del Municipio Salinas. El consumo de agua potable para el proyecto propuesto será de 0.383 mgd. En respuesta a una consulta realizada por VCI, la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) indicó en varias comunicaciones escritas que podía suplir la demanda de agua potable del proyecto siempre y cuando el desarrollador restaurara uno de los pozos localizados al Sureste de área del proyecto. Esta estrategia resulta en extracciones de agua adicionales en este sector del Acuífero Principal del Abanico Aluvial de Salinas. De acuerdo a los datos disponibles, las extracciones en este sector del acuífero exceden su rendimiento seguro durante periodos de sequía. Por lo tanto, extracciones adicionales en este sector del acuífero ponen en riesgo la calidad de sus aguas debido a intrusión de aguas salobres provenientes del mar.

VCI al igual que otros desarrolladores de viviendas en el Municipio de Salinas y la Oficina de Infraestructura del Municipio de Salinas le solicitan a la AAA que evalúe otras alternativas para suplir la demanda de agua de estos proyectos. A estos efectos, la AAA propuso mejoras a la Planta de Patillas para incrementar su capacidad de 6 a 10.5 mgd y la construcción de una línea de transmisión principal que se conectará a la línea de transmisión del Sector Cuatro Calles en Arroyo hasta el Pueblo de Salinas a lo largo de la Carretera Estatal PR-3, y un tanque de almacenamiento de 2 mgd. Este caudal de agua adicional de (4.5 mgd) sería reservado por la AAA para atender las necesidades del municipio de Salinas. En particular para proveer agua potable a los nuevos desarrollos de vivienda que se han programado en este municipio y para reducir las extracciones de agua para uso doméstico del Acuífero Principal del Abanico Aluvial de Salinas. La Oficina de Infraestructura de Salinas convocó a los desarrolladores de viviendas en este municipio para formar a un consorcio que levantara los fondos necesarios para realizar las mejoras necesarias a la infraestructura de agua potable identificadas por la AAA. Este consorcio se organizó bajo el nombre corporativo de Salinas Water Consortion Inc

. VCI al igual que los otros desarrolladores que participan del consorcio y la Oficina de Infraestructura de Salinas cuestionaron si el Lago Patillas tiene la capacidad de suplir los 4.5 mgd que la AAA propone. A estos efectos, VCI contrata los servicios de RMA para que lleve a cabo un estudio de rendimiento seguro del Lago Patillas y determine si el mismo tiene la capacidad para suplir este volumen agua.

RMA simuló el almacenamiento diario en función del porciento del almacenamiento máximo para las tasa de extracción de 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 y 30 mgd. Para estas simulaciones se mantuvo una reserva de 25 porciento del almacenamiento máximo. El porciento del récord en que se extrajo agua

resultante de la simulación de los almacenamientos diarios fue relacionado a la tasa de extracción para preparar la curva de rendimiento. De acuerdo a la curva de rendimiento el Lago Patillas es capaz de suplir alrededor de 19 mgd el 99.9 porciento del tiempo, alrededor de 25 mgd el 99 porciento del tiempo y en exceso de 30 mgd el 97 porciento del tiempo.

La simulación de disponibilidad de agua demuestra que el Lago Puede suplir el 100 por ciento de la demanda de agua potable de los Municipios de Arroyo, Patillas. Guayama y Salinas el 99.22 por ciento del tiempo manteniendo una reserva de 25 por ciento de su capacidad y sin afectar la recarga al acuífero principal regional. Además indica que durante estos 88 días el lago hubiera podido suplir el 80 por ciento del agua requerida para uso doméstico y que el lago puede suplir 100 por ciento de la demanda de agua para actividades agrícolas el 94 por ciento del tiempo y el 100 por ciento de la demanda industrial el 75 por ciento del tiempo.

2.0 INTRODUCCIÓN

VCI Construction (VCI) ha propuesto el desarrollo de 967 unidades de vivienda unifamiliar de interés social en una finca de su propiedad localizada en el kilómetro 152.7 de la Carretera Estatal PR-3 en el Barrio Aguirre del Municipio Salinas. La finca tiene una cabida total de 1.293 km^2 (329 cuerdas). Unos 653,074.53 m^2 (166.2 cuerdas) de la cabida total serán desarrollados. Las restante 0.661 km^2 (162.8 cuerdas) serán dedicadas a: (1) servidumbre de la Autoridad de Energía Eléctrica 383,292 m^2 (97.5 cuerdas), (2) área de conservación asociada a una quebrada sin nombre 111,310 m^2 (28.3 cuerdas) y (3) reserva arqueológica 1,583 m^2 (0.4 cuerdas), (3) área de conservación asociada al Cerro Sabater 143,852 m^2 (36.6 cuerdas).

Se estimó que el consumo de agua potable para el proyecto propuesto será de 0.383[1] millones de galones de agua diarios (mgd). En respuesta a una consulta realizada por VCI, la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) indicó en varias comunicaciones escritas que podía suplir la demanda de agua potable del proyecto siempre y cuando el desarrollador restaurara uno de los pozos localizados al Sureste de área del proyecto. Esta estrategia resulta en extracciones de agua adicionales en este sector del Acuífero Principal del Abanico Aluvial de Salinas. De acuerdo a los datos disponibles, las extracciones en este sector del acuífero exceden su rendimiento seguro durante periodos de sequía. Por lo tanto, extracciones adicionales en este sector del acuífero ponen en riesgo la calidad de sus aguas debido a intrusión de aguas salobres provenientes del mar.

VCI al igual que otros desarrolladores de viviendas en el Municipio de Salinas y la Oficina de Infraestructura del Municipio de Salinas le solicitan a la AAA que evalúe otras alternativas para suplir la demanda de agua de estos proyectos. A estos efectos, la AAA propuso mejoras a la Planta de Patillas para incrementar su capacidad de 6 a 10.5 mgd y la construcción de una línea de transmisión principal que se conectará a la línea de transmisión del Sector Cuatro Calles en Arroyo (en construcción por Consorcio Agua Para Todos, Inc. de Guayama) hasta el Pueblo de Salinas a lo largo de la Carretera Estatal PR-3, y un tanque de almacenamiento de 2 mgd. Este caudal de agua adicional de (4.5 mgd) sería reservado por la AAA para atender las necesidades del municipio de Salinas. En particular para proveer agua potable a los nuevos desarrollos de vivienda que se han programado en este municipio y para reducir las extracciones de agua para uso doméstico del Acuífero Principal del Abanico Aluvial de Salinas.

[1] La Autoridad de Acueductos y Alcantarillados disponen que cada unidad de vivienda consume 400 gal/día de agua potable.

La Oficina de Infraestructura de Salinas convocó a los desarrolladores de viviendas en este municipio para formar a un consorcio que levantara los fondos necesarios para realizar las mejoras necesarias a la infraestructura de agua potable identificadas por la AAA. De esta forma los desarrolladores miembros del consorcio hace el compromiso de aportar $2,000.00 por unidad de vivienda para el financiamiento de esta infraestructura. Este consorcio se organizó bajo el nombre corporativo de Salinas Water Consortion Inc. y fue inscrito en el Departamento de Estado el 6 de marzo del 2006 bajo en número 49197. En cartas con fecha del 22 de junio y del 25 de junio del 2006. El Presidente SWCI, Osvaldo Doménech Rivera, y el Director Regional Auxiliar de la Región Sur de la AAA, Johnny González Vélez, certifican el compromiso entre la AAA, y el SWCI así como que el proyecto Paseo Costa del Sur III es parte del SWCI.

VCI al igual que los otros desarrolladores que participan del consorcio y la Oficina de Infraestructura de Salinas cuestionaron si el Lago Patillas tiene la capacidad de suplir los 4.5 mgd que la AAA propone. A estos efectos, VCI contrata los servicios de RMA para que lleve a cabo un estudio de rendimiento seguro del Lago Patillas y determine si el mismo tiene la capacidad para suplir este volumen agua.

3.0 RENDIMIENTO SEGURO

3.1 Metodología

El rendimiento seguro se define como la cantidad de agua que puede suplir una reserva un porciento dado de tiempo sin que esta reserva pierda su integridad hidrológica, se afecten la calidad de las aguas, o se impacte la biota presente en ella. Típicamente el rendimiento seguro se determina mediante una curva de rendimiento la cual relaciona las tasas de extracción de agua con el porciento del récord que dicha extracción puede ser sostenida.

El desarrollo de la curva de rendimiento comienza con simulando el almacenamiento diario para una tasa específica de extracción. La siguiente ecuación fue utilizada para definir el almacenamiento diario.

$$S_i = I_i + S_{i-1} - Q_i \qquad (1)$$

donde:

S_i = almacenamiento para el día i en acres-pie,

I_i = caudal de entrada a través de tributarios para el día i en acres-pie,

S_{i-1} = almacenamiento computado el día anterior en acres-pie y

Q_i = agua extraída en acres-pie.

El caudal de entrada fue computado de los datos de escorrentias reportados por el USGS para estaciones de aforo aguas arriba del lago. Los datos de la estación “Río Grande de Patillas at Lago Patillas” fueron utilizados para computar el almacenamiento durante el periodo de tiempo comprendido entre el 1 de octubre de 1949 y el 31 de diciembre de 1958. Los datos de la estación “Río Grande de Patillas near Patillas” fueron utilizados computar el almacenamiento diario durante el periodo de tiempo comprendido entre el 1 de octubre de 1966 y el 26 de febrero del 2006. Esto implica que el record utilizado para el computo del rendimiento seguro incluye unos 18,004 días (49.32 años). Este es un record relativamente largo para este tipo de análisis. Los datos de escorrentía fueron ajustados para considerar el área de captación que contribuye al lago y que no es registrada en la estación.

El almacenamiento diario resultante tiene que ser ajustado para el almacenamiento máximo. En otras palabras el almacenamiento diario no puede exceder el almacenamiento máximo. Las siguientes expresiones fueron utilizadas para ajustar el almacenamiento diario.

$$\text{Si } S_i > S_{max} \text{ entonces, } S_i = S_{max} \qquad (2)$$

$$\text{Si } S_i > S_{max} \text{ entonces, } S_i = S_i \qquad (3)$$

El almacenamiento máximo fue definido del estudio de sedimentación del Lago Patillas publicado por el USGS (Soler-Lopez et al, 1999). De acuerdo a este estudio, el almacenamiento del Lago Patillas en 1997 era de 11,025 acre-feet. Soler-Lopez y otros (1999) indican que el lago presenta una tasa anual de sedimentación de 121.61 acre-feet. Para efectos de los cómputos antes descritos, comenzamos con un almacenamiento reportado para 1997 y el mismo fue reducido utilizando la tasa de sedimentación reportada por Soler y otros (1999).

El almacenamiento diario resultante también tiene que ser ajustado para el almacenamiento mínimo. El almacenamiento mínimo esta dado por el volumen de agua que se tiene que mantener en la reserva para asegurarse que esta mantiene su integridad hidrológica, la calidad de las aguas y la biota. Se asumí que un 25 porciento del almacenamiento máximo tiene que permanecer en reserva continuamente. Las siguientes expresiones fueron utilizadas para llevar a cabo este ajuste en el cómputo del almacenamiento diario.

$$S_e = 0.25\, S_{max} \qquad (4)$$

$$\text{Si} \quad S_i < S_e \quad \text{entonces,} \quad Q_i = 0 \quad \text{hasta que} \quad S_i > S_e \qquad (5)$$

donde:

S_e = almacenamiento mínimo requerido para mantener la integridad hidrológica, la calidad de las aguas y la biota

Una vez se ajustan los almacenamientos diarios, se computa el porciento del almacenamiento máximo diario (P_i). La siguiente expresión fue utilizada para computar el porciento del almacenamiento máximo diario.

$$P_i = [(S_{max} - S_i) / S_{max}] * 100 \qquad (6)$$

donde:

P_i = porciento del almacenamiento máximo,

S_{max} = almacenamiento máximo del lago en acres-pie.

Finalmente se determina el porciento del número total de días que incluye el récord de la simulación en que se pudo mantener la tasa de extracción adoptada. La siguiente expresión fue utilizada para computar el porciento el número total de días que incluye el récord de la simulación en que se pudo mantener la tasa de extracción adoptada.

$$N = [(N_q - N_r] * 100 \qquad (7)$$

donde:

N = porciento del récord que se extrajo Qi,

N_q = número de días que hubo extracción

N_r = número total de días que incluye el récord.

3.2 Resultados

El almacenamiento diario en función del porciento del almacenamiento máximo fue computado para las tasa de extracción de 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 y 30 mgd. Las Figuras 3.2a a la 3.2h muestran los resultados de estas simulaciones. Nótese que en estas simulaciones el porciento del almacenamiento máximo nunca es menor de 25 porciento. El lector es referido al Apéndice A a H de este informe para copias completas de las simulaciones del almacenamiento diario.

El porciento del récord en que se extrajo agua resultante de la simulación de los almacenamientos diarios fue relacionado a la tasa de extracción para preparar la curva de rendimiento (Figura 3.2i). De acuerdo a la curva de rendimiento el Lago Patillas es capaz de suplir alrededor de 19 mgd el 99.9 porciento del tiempo, alrededor de 25 mgd el 99 porciento del tiempo y en exceso de 30 mgd el 97 porciento del tiempo.

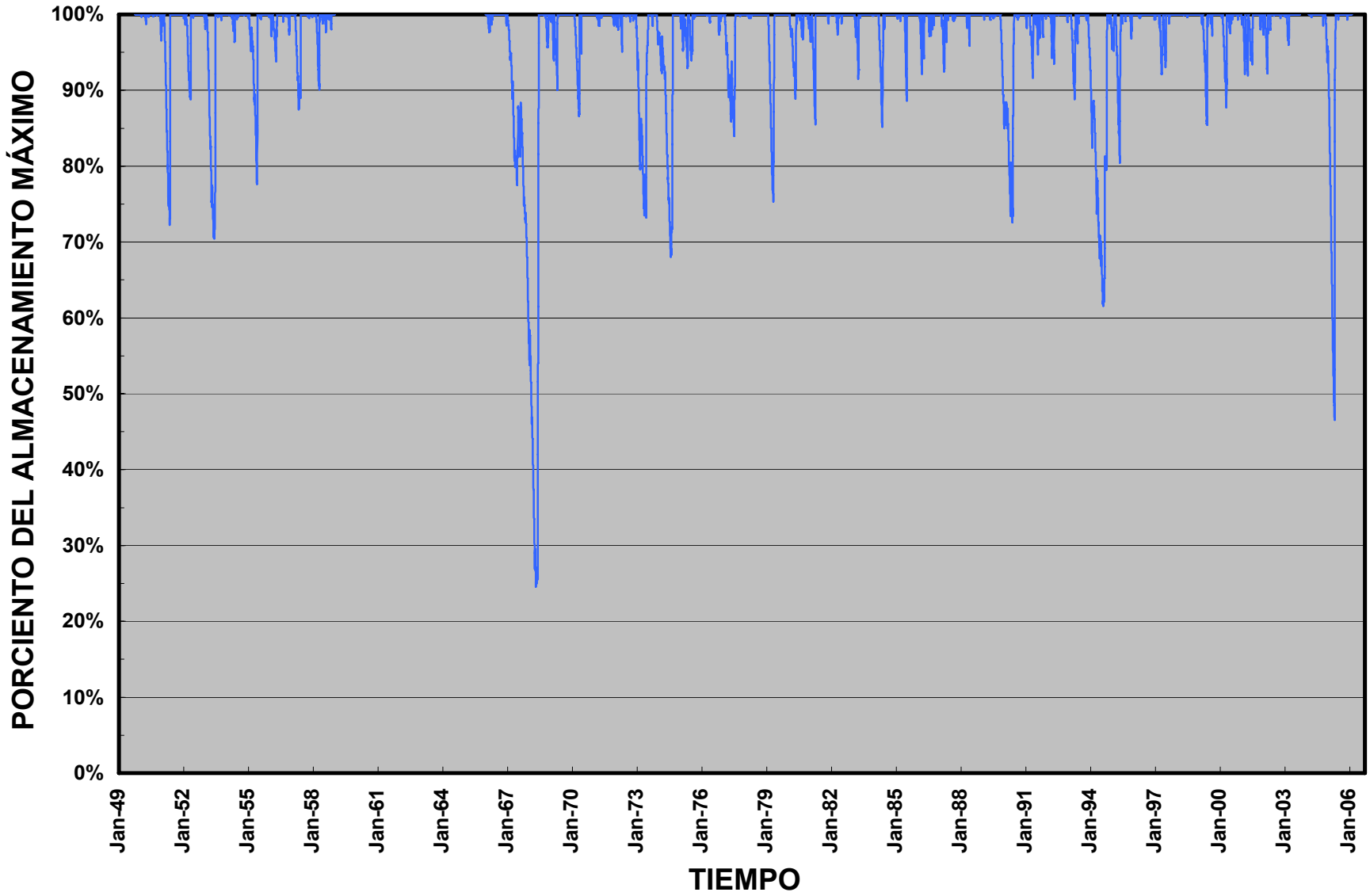


Figura 3.2a.— Relación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 19 MGD

Estudio de Rendimiento Seguro Lago Patillas
Paseo Costa del Sur III
Bo. Aguirre, Salinas, Puerto Rico

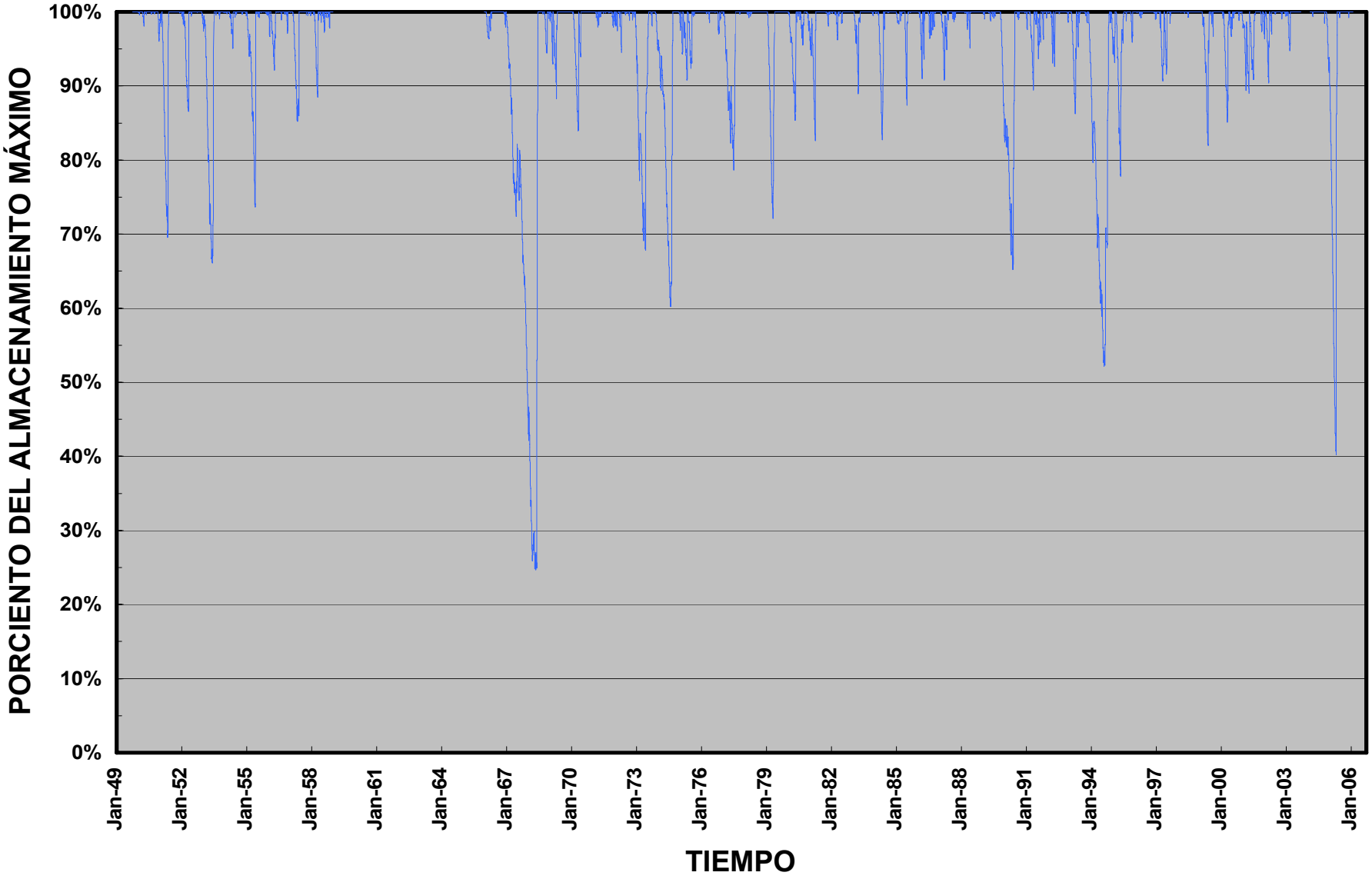


Figura 3.2b.— Relación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 20 MGD

Estudio de Rendimiento Seguro Lago Patillas
Paseo Costa del Sur III
Bo. Aguirre, Salinas, Puerto Rico

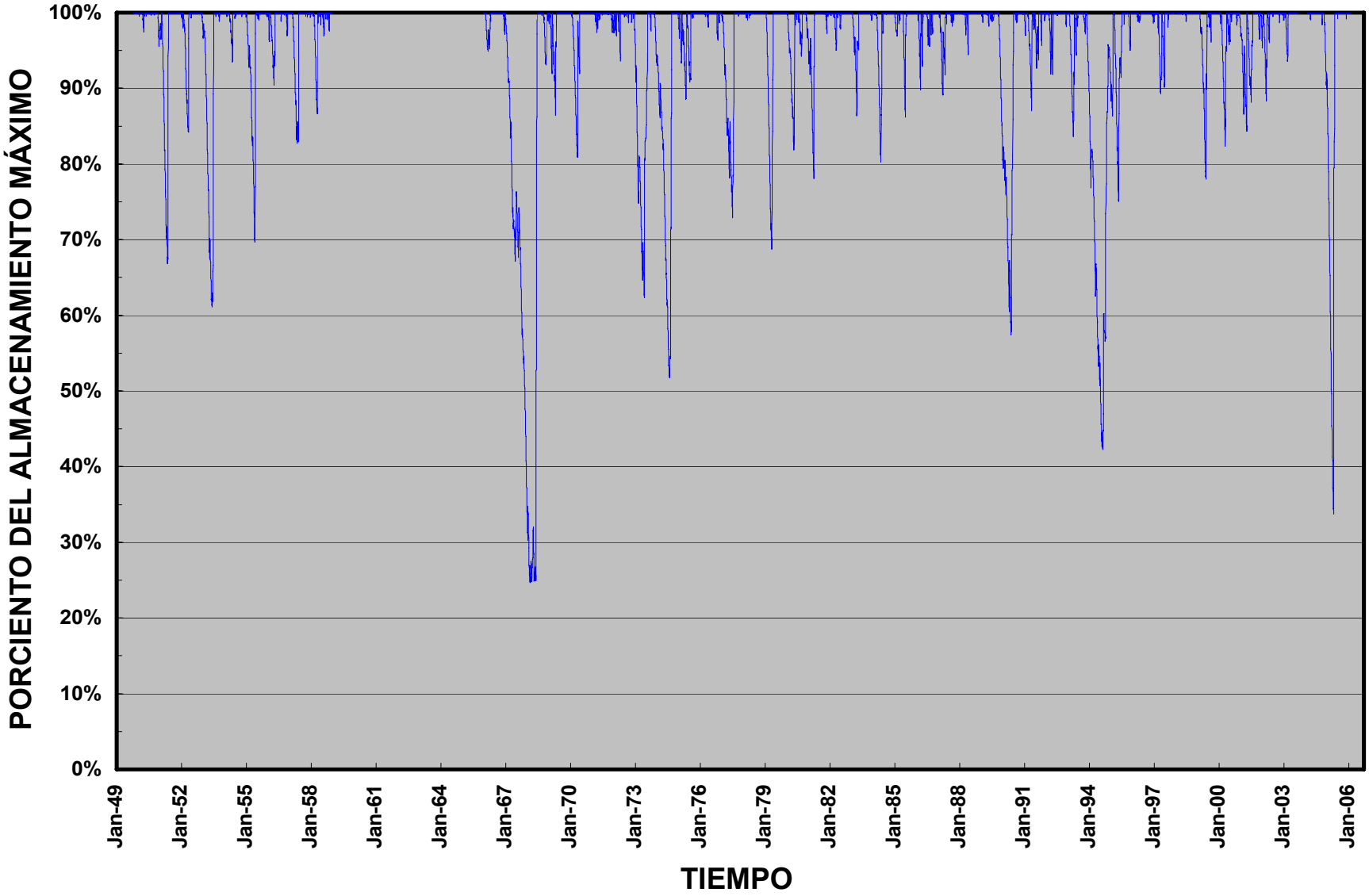


Figura 3.2c.— Relación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 21 MGD

Estudio de Rendimiento Seguro Lago Patillas
Paseo Costa del Sur III
Bo. Aguirre, Salinas, Puerto Rico

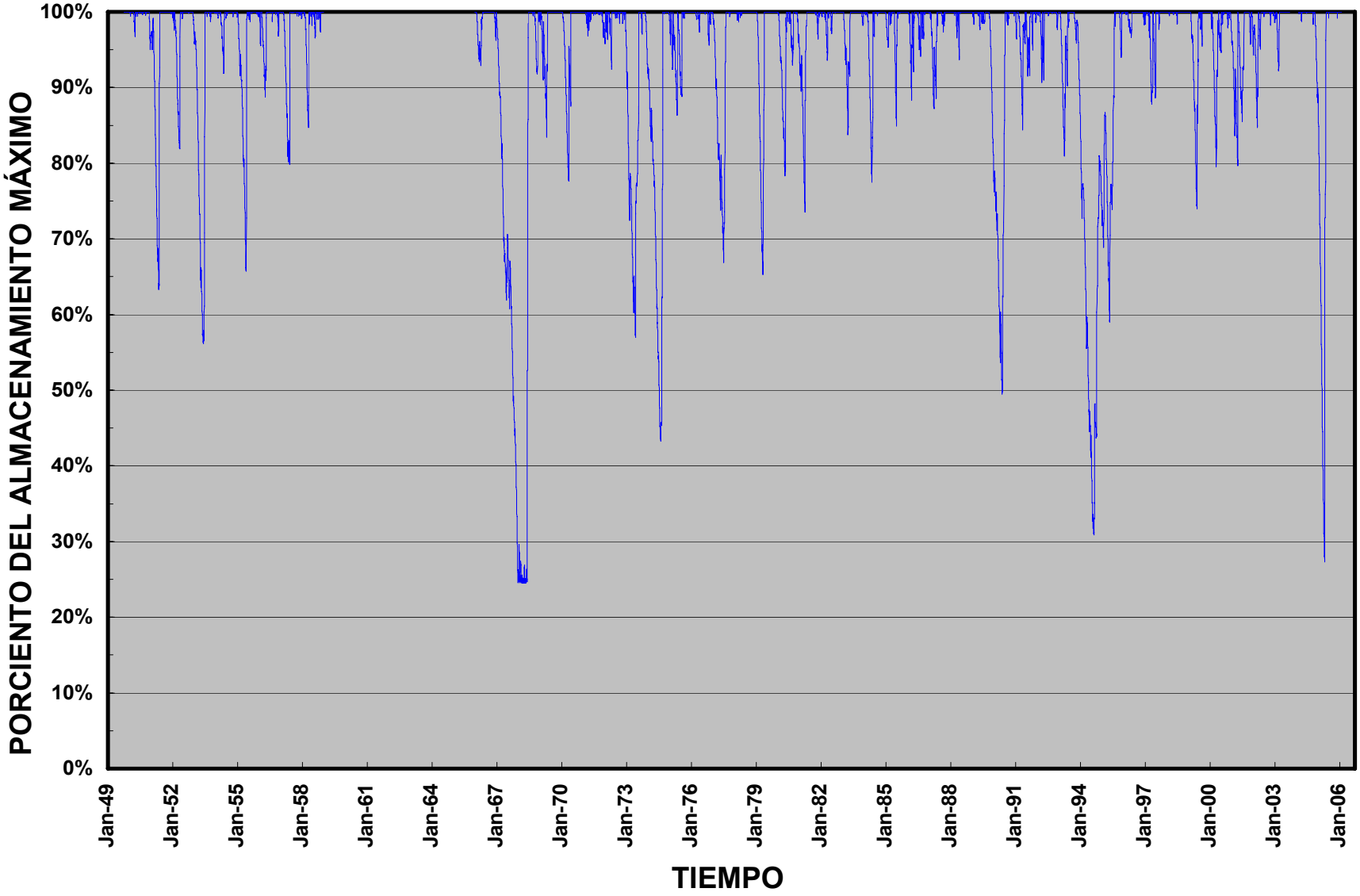


Figura 3.2d.— Relación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 22 MGD

Estudio de Rendimiento Seguro Lago Patillas
Paseo Costa del Sur III
Bo. Aguirre, Salinas, Puerto Rico

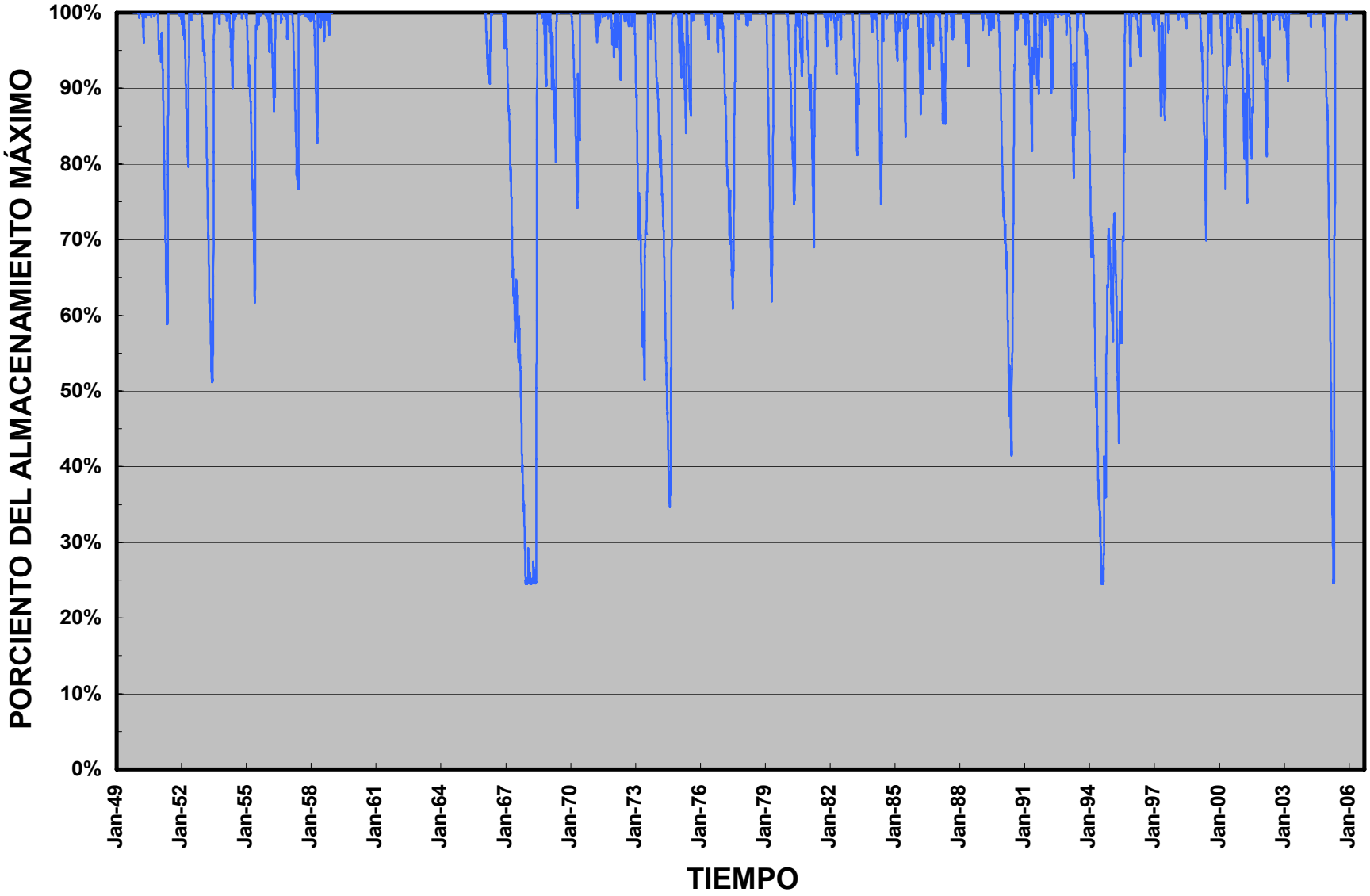


Figura 3.2e.— Relación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 23 MGD

Estudio de Rendimiento Seguro Lago Patillas
Paseo Costa del Sur III
Bo. Aguirre, Salinas, Puerto Rico

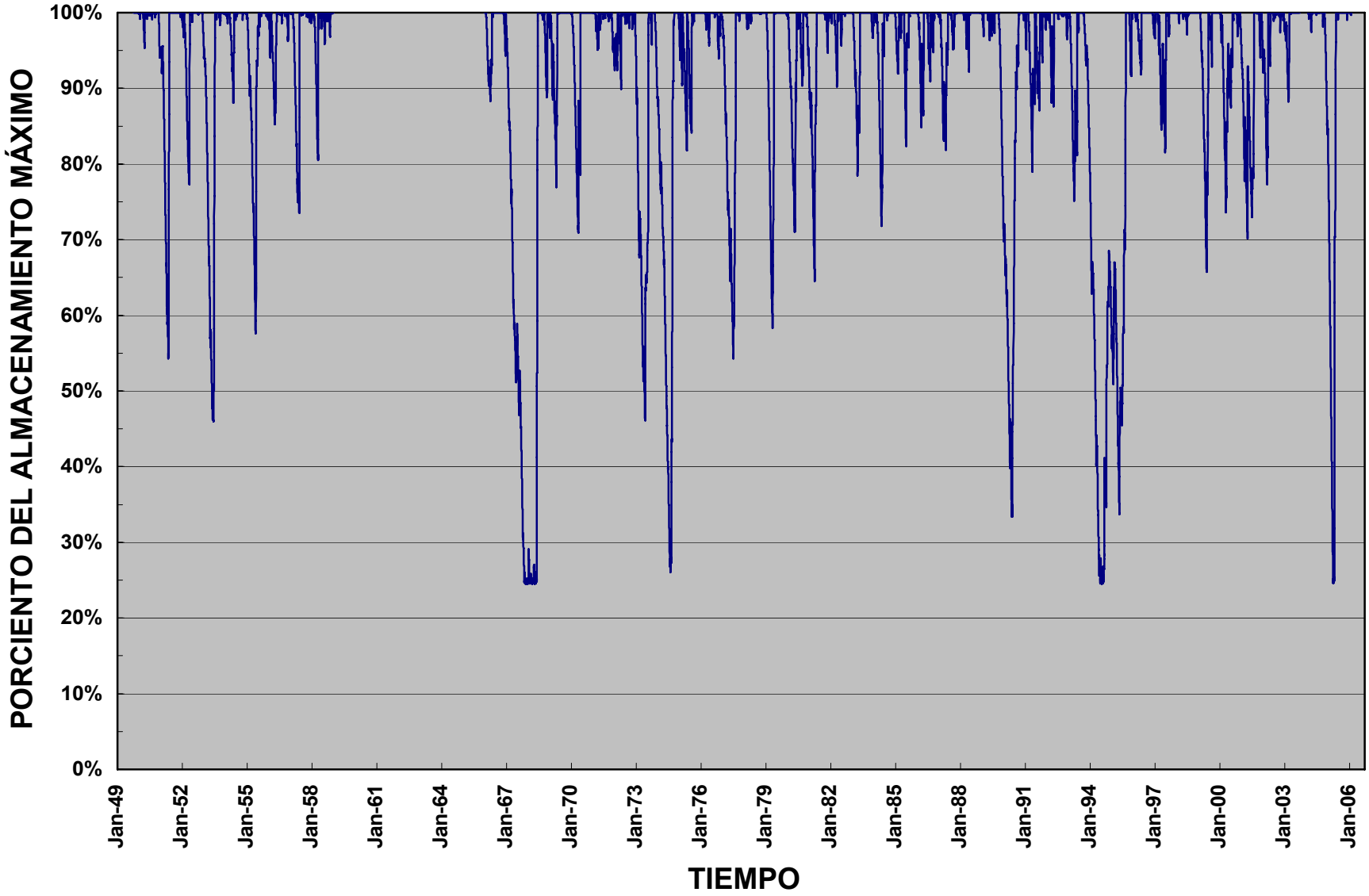


Figura 3.2f.— Relación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 24 MGD

Estudio de Rendimiento Seguro Lago Patillas
Paseo Costa del Sur III
Bo. Aguirre, Salinas, Puerto Rico

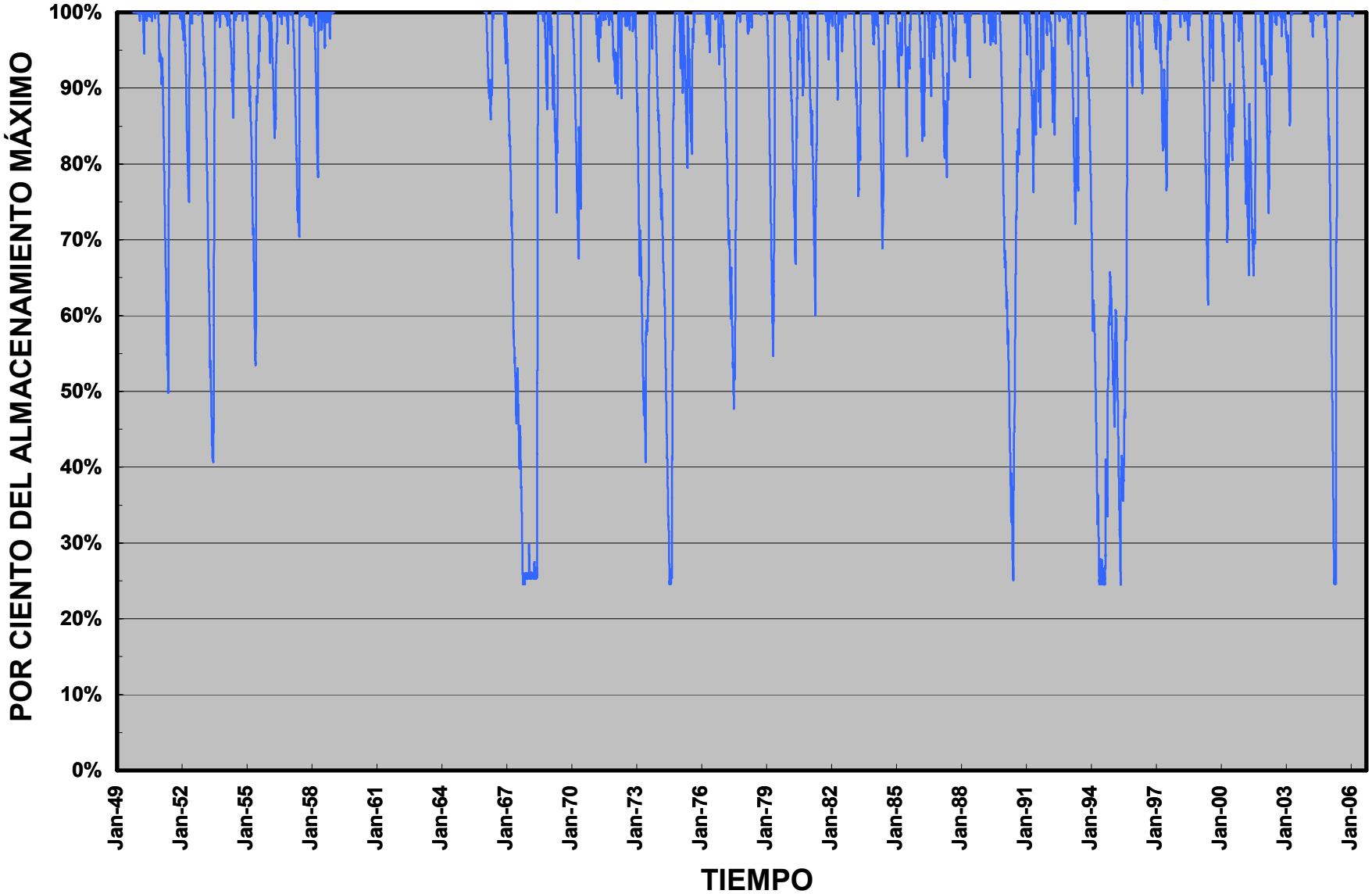


Figura 3.2g.— Relación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 25 MGD

Estudio de Rendimiento Seguro Lago Patillas
Paseo Costa del Sur III
Bo. Aguirre, Salinas, Puerto Rico

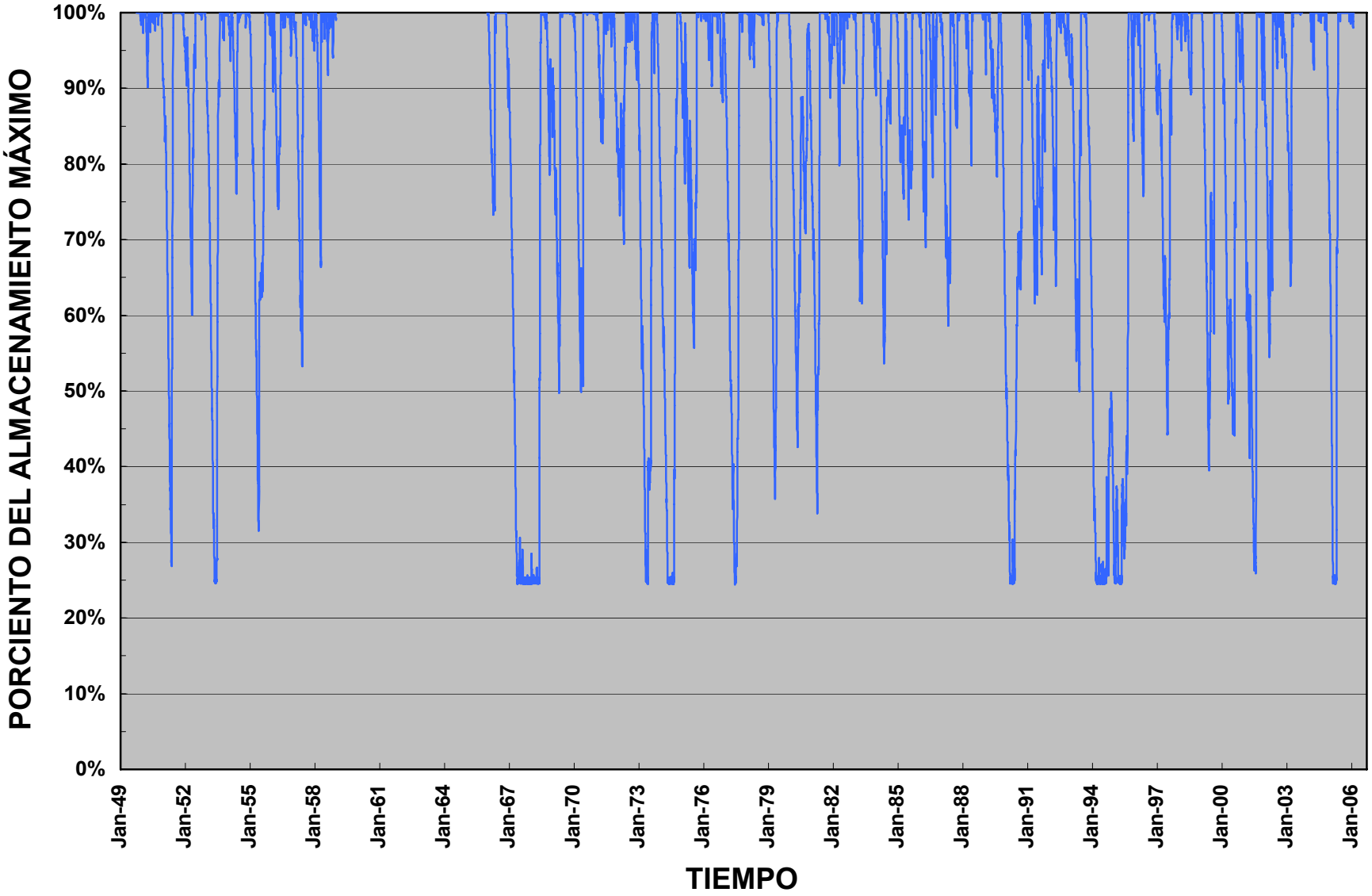


Figura 3.2h.— Relación de Porciento del Almacenamiento Disponible a un Ritmo de Extracción de 30 MGD

Estudio de Rendimiento Seguro Lago Patillas
Paseo Costa del Sur III
Bo. Aguirre, Salinas, Puerto Rico

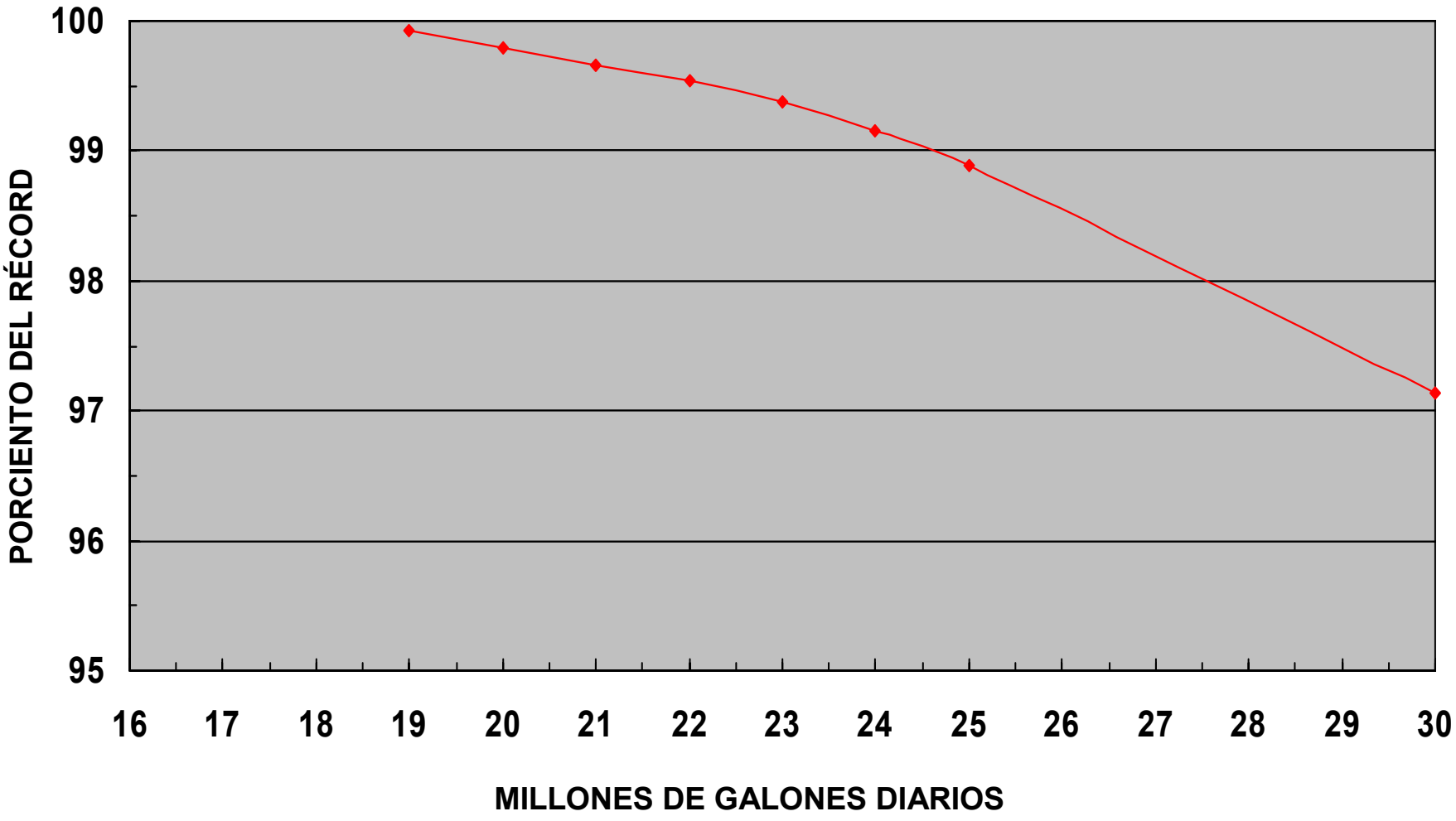


Figura 3.2i.— Curva de Rendimiento del Lago Patillas

Estudio de Rendimiento Seguro Lago Patillas
Paseo Costa del Sur III
Bo. Aguirre, Salinas, Puerto Rico

4.0 DISPONIBILIDAD DE AGUA

4.1 Metodología

La disponibilidad de agua para un uso en particular es función del rendimiento seguro y de las extracciones de agua para otros usuarios que en ley tienen prioridad. El primer paso para determinar la disponibilidad de agua para el acueducto de Salinas es computar el almacenamiento diario del Lago Patillas incluyendo las entregas de agua actuales a los usuarios domésticos, agrícolas e industriales. La siguiente expresión fue utilizada para computar el almacenamiento diario.

$$S_i = I_i + S_{i-1} - (Q_g) - (Q_a) - (Q_s) - (Q_p) \qquad (8)$$

donde:

S_i	=	almacenamiento para el día en acres-pie,
I_i	=	caudal de entrada a través de tributarios en acres-pie,
S_{i-1}	=	almacenamiento computado el día anterior en acres-pie,
Q_g	=	recarga al acuífero en acres-pie,
Q_a	=	agua requerida para uso agrícola en acres-pie,
Q_s	=	agua requerida por uso industrial en acres-pie y
Q_p	=	agua requerida para uso doméstico en acres-pie.

El próximo paso en la simulación de la disponibilidad de agua es determinar cuanta agua extraerían del lago los diferentes usuarios.

Recarga el Acuífero: De acuerdo a Quiñónez-Aponte y otros (1996), los canales de riego contribuyen cerca de un 23.06 por ciento de la recarga total al acuífero. Nótese que esta es la cantidad de agua que se pierde a través del fondo y de los bancos del Canal de Riego Patillas y que va a recargar el acuífero. En el año 2000 CSA Arquitects and Engineers midió simultáneamente el flujo del Canal de Riego Patillas en múltiples lugares. La diferencia en flujo fue utilizada para determinar cuanta agua el canal estaba perdiendo. Los resultados de este estudio demuestran que el Canal Patillas pierde alrededor de 2 mgd al acuífero. Este valor fue adoptado en la simulación de disponibilidad de agua.

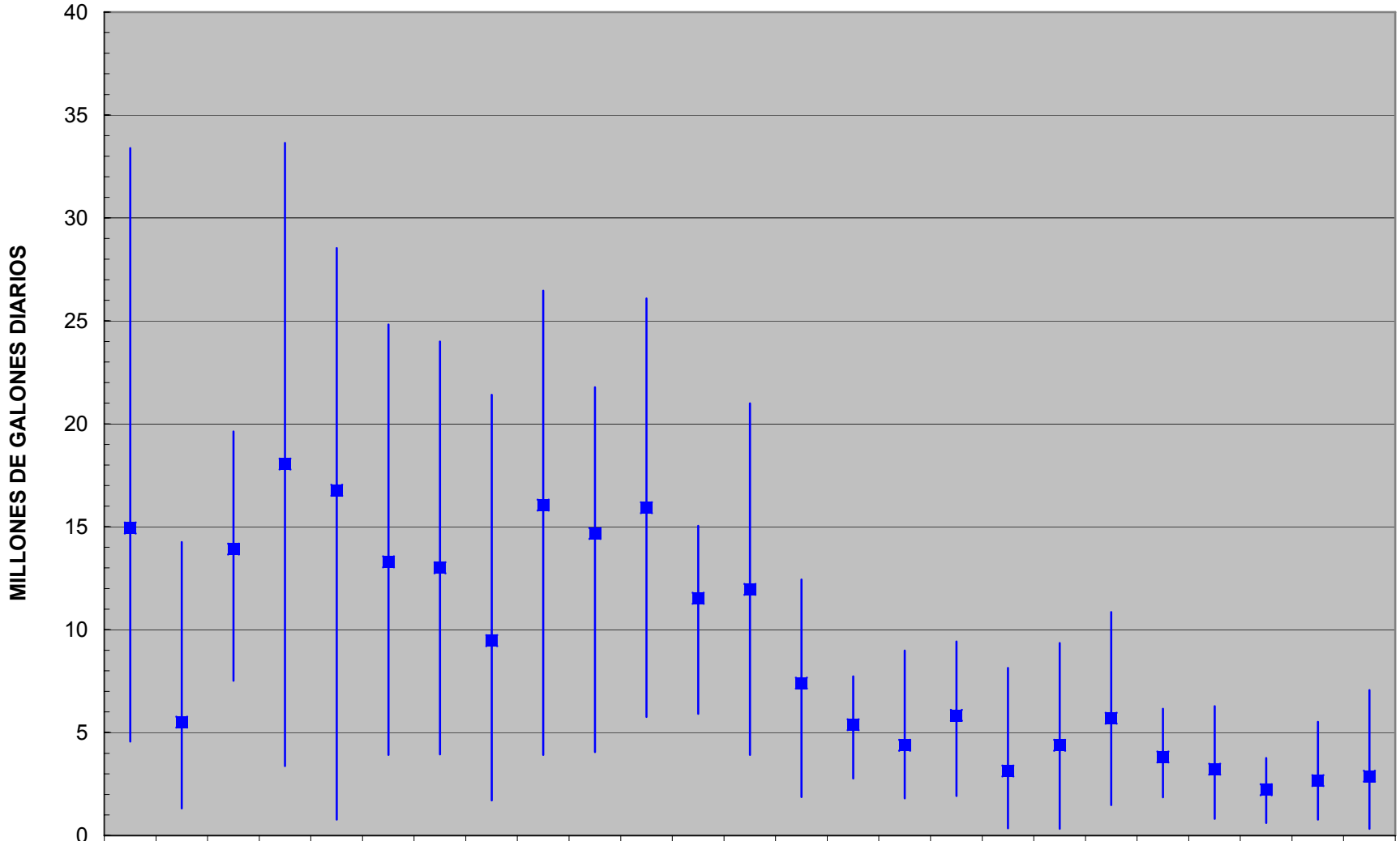
Uso Agrícola: A través del canal de riego el Lago Patillas suple agua a múltiples fincas en .los municipios de Patillas, Arroyo, Guayama y Salinas. De acuerdo a los récord del Distrito de Riego de Guayama de la Autoridad de Energía Eléctrica, las entregas de agua del Lago Patillas para usos agrícolas se ha ido reduciendo de alrededor de 15 mgd en 1981 y menos de 3.0 mgd

en el 2005 (Figura 4.1a). Entre 1981 y 1994 las entregas de agua para uso agrícola fueron relativamente consistentes, fluctuando alrededor de los 15 mgd. Las variaciones observadas son con mucha probabilidad función de la lluvia. Sin embargo, a partir del 1994 las entregas de agua del Lago Patillas se reducen significativamente; por debajo de los 10 mgd. Entre 1994 y el 2000 las entregas de agua para uso agrícola continúan reduciéndose. A partir del año 2000 las entregas de aguas son menores de 3.0 mgd. El lector es referido al Apéndice I para los datos de entrega de aguas para uso agrícola y las estadísticas generadas con estos datos. Basado en lo anterior se asumió que el uso agrícola no debe exceder los 7 mgd. Este valor fue adoptado en la simulación de disponibilidad de agua.

Uso Doméstico: Para determinar la cantidad de agua que se requiere para uso domestico en el área de servicio del Lago Patillas se utilizó el Estudio de Necesidad Producción de Agua Para Puerto Rico hasta el Año 2050 que publicara la AAA en 1996. Este estudio proyecta la demanda de agua para Puerto Rico por municipio. El programa de computadoras IWR-MAIN (Institute of Water Resources Municipal and Industrial Needs), Versión 5.1, desarrollado por el Instituto de Recursos de Agua del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos fue utilizado para llevar a cabo las proyecciones. Este programa es un modelo econométrico basado en algoritmos desarrollados por varios estudios de demanda de agua realizados en Estados Unidos. Como parte del estudio se evaluaron la necesidad de producción bajo cuatro (4) escenarios:

1. la tendencia de crecimiento de la demanda, basada en las condiciones socioeconómicas actuales,
2. la opción de intervenir para reducir la producción de agua controlando las pérdidas en el sistema de 50 a 25 por ciento,
3. la opción de intervenir para reducir la producción de agua mediante la aplicación de medidas dirigidas a estimular una disminución en el consumo,
4. la opción de intervenir para reducir la producción de agua mediante la aplicación de medidas dirigidas a estimular una disminución en el consumo y controlando las pérdidas en el sistema.

La Tabla 4.1a y b resume los resultados de este estudio para el 2000 y el 2050. Nótese que se incluyeron los municipios de Patillas, Arroyo, Guayama y Salinas. Para efectos de la simulación de la disponibilidad de agua estos municipios constituyen el área de servicio del Lago Patillas. Nótese que en el peor de los escenarios (No Acción) la necesidad de producción de agua en el año 2000 fue de 20,157 m^3/d (12.26 mgd) mientras que para el 2050 será de 22,426 m^3/d (13.64 mgd). Esto resulta en un incremento anual de 125 m^3/d (0.0276 mgd). Para la simulación de la disponibilidad de agua, se asumió que la demanda de agua del Lago Patillas al presente es



	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
MAXIMO	33.39	14.26	19.63	33.64	28.54	24.82	24	21.41	26.46	21.78	26.09	15.04	20.99	12.44	7.73	8.99	9.43	8.14	9.35	10.85	6.15	6.28	3.76	5.52	7.06
MINIMO	4.56	1.31	7.52	3.37	0.77	3.92	3.94	1.71	3.92	4.06	5.76	5.92	3.92	1.87	2.77	1.81	1.92	0.36	0.33	1.48	1.86	0.81	0.61	0.77	0.33
PROMEDIO	14.94	5.51	13.91	18.05	16.77	13.3	13.01	9.47	16.05	14.67	15.92	11.52	11.96	7.41	5.38	4.39	5.84	3.13	4.39	5.7	3.82	3.22	2.23	2.67	2.88

Figura 4.1a.— Uso de agua del Lago Patillas para Actividades Agrícolas

Estudio de Rendimiento
Seguro Lago Patillas
Paseo Costa del Sur III
Bo. Aguirre, Salinas, Puerto Rico

Tabla 4.1a.-- Proyecciones de la Necesidad de Producción de Agua Potable para el Área de Servicio del Lago Patillas en el Año 2000

ESCENARIO	USO	ARROYO (mgd)	GUAYAMA (mgd)	PATILLAS (mgd)	SALINAS (mgd)	REGION (mgd)
NO ACCIÓN	RESIDENCIAL	0.99	1.84	0.78	1.29	4.90
	COMERCIO	0.07	0.25	0.07	0.08	0.47
	INDUSTRIAL	0.06	0.24	0.02	0.02	0.34
	GOBIERNO	0.13	0.47	0.10	0.14	0.84
	FUENTES PUBLICAS E HIDRANTES	0.12	0.24	0.07	0.15	0.58
	DEMANDA TOTAL	1.37	3.04	1.04	1.68	7.13
	PÉRDIDAS	0.97	2.22	0.74	1.20	5.13
	NECESIDAD DE PRODUCCIÓN	**2.34**	**5.26**	**1.78**	**2.88**	**12.26**
MEDIDAS DE CONSERVACIÓN	RESIDENCIAL	0.93	1.72	0.73	1.21	4.59
	COMERCIO	0.06	0.23	0.07	0.07	0.43
	INDUSTRIAL	0.06	0.22	0.02	0.01	0.31
	GOBIERNO	0.13	0.44	0.10	0.13	0.80
	FUENTES PUBLICAS E HIDRANTES	0.12	0.24	0.07	0.15	0.58
	DEMANDA TOTAL	1.30	2.85	0.99	1.57	6.71
	PÉRDIDAS	0.97	2.22	0.74	1.20	5.13
	NECESIDAD DE PRODUCCIÓN	**2.27**	**5.07**	**1.73**	**2.77**	**11.84**
CONTROL DE PERDIDAS	RESIDENCIAL	0.99	1.84	0.78	1.29	4.90
	COMERCIO	0.07	0.25	0.07	0.08	0.47
	INDUSTRIAL	0.06	0.24	0.02	0.02	0.34
	GOBIERNO	0.13	0.47	0.10	0.14	0.84
	FUENTES PUBLICAS E HIDRANTES	0.12	0.24	0.07	0.15	0.58
	DEMANDA TOTAL	1.37	3.04	1.04	1.68	7.13
	PÉRDIDAS	0.59	1.30	0.45	0.72	3.06
	NECESIDAD DE PRODUCCIÓN	**1.96**	**4.34**	**1.49**	**2.40**	**10.19**
CONTROL DE PERDIDAS Y CONSERVACIÓN	RESIDENCIAL	0.93	1.72	0.73	1.57	4.95
	COMERCIO	0.06	0.23	0.07	0.10	0.46
	INDUSTRIAL	0.06	0.22	0.02	0.01	0.31
	GOBIERNO	0.13	0.44	0.10	0.12	0.79
	FUENTES PUBLICAS E HIDRANTES	0.12	0.24	0.07	0.15	0.58
	DEMANDA TOTAL	1.30	2.85	0.99	1.95	7.09
	PÉRDIDAS	0.55	1.22	0.42	0.49	2.68
	NECESIDAD DE PRODUCCIÓN	**1.85**	**4.07**	**1.41**	**2.44**	**9.77**

Tabla 4.1b.-- Proyecciones de la Necesidad de Producción de Agua Potable para el Área de Servicio del Lago Patillas en el Año 2050

ESCENARIO	USO	ARROYO (mgd)	GUAYAMA (mgd)	PATILLAS (mgd)	SALINAS (mgd)	REGION (mgd)
NO ACCIÓN	RESIDENCIAL	1.26	1.99	1.06	1.72	6.03
	COMERCIO	0.08	0.35	0.10	0.10	0.63
	INDUSTRIAL	0.09	0.35	0.02	0.01	0.47
	GOBIERNO	0.14	0.42	0.11	0.13	0.80
	FUENTES PUBLICAS E HIDRANTES	0.12	0.24	0.07	0.15	0.58
	DEMANDA TOTAL	1.69	3.35	1.36	2.11	8.51
	PÉRDIDAS	0.97	2.22	0.74	1.20	5.13
	NECESIDAD DE PRODUCCIÓN	**2.66**	**5.57**	**2.10**	**3.31**	**13.64**
MEDIDAS DE CONSERVACIÓN	RESIDENCIAL	1.15	1.84	0.97	1.57	5.53
	COMERCIO	0.07	0.32	0.09	0.10	0.58
	INDUSTRIAL	0.09	0.32	0.02	0.01	0.44
	GOBIERNO	0.13	0.39	0.10	0.12	0.74
	FUENTES PUBLICAS E HIDRANTES	0.12	0.24	0.07	0.15	0.58
	DEMANDA TOTAL	1.56	3.11	1.25	1.95	7.87
	PÉRDIDAS	0.97	2.22	0.74	1.20	5.13
	NECESIDAD DE PRODUCCIÓN	**2.53**	**5.33**	**1.99**	**3.15**	**13.00**
CONTROL DE PERDIDAS	RESIDENCIAL	1.26	1.99	1.06	1.72	6.03
	COMERCIO	0.08	0.35	0.10	0.10	0.63
	INDUSTRIAL	0.09	0.35	0.02	0.01	0.47
	GOBIERNO	0.14	0.42	0.11	0.13	0.80
	FUENTES PUBLICAS E HIDRANTES	0.12	0.24	0.07	0.15	0.58
	DEMANDA TOTAL	1.69	3.35	1.36	2.11	8.51
	PÉRDIDAS	0.42	0.84	0.34	0.53	2.13
	NECESIDAD DE PRODUCCIÓN	**2.11**	**4.19**	**1.70**	**2.64**	**10.64**
CONTROL DE PERDIDAS Y CONSERVACIÓN	RESIDENCIAL	1.15	1.84	0.97	1.57	5.53
	COMERCIO	0.07	0.32	0.09	0.10	0.58
	INDUSTRIAL	0.09	0.32	0.02	0.01	0.44
	GOBIERNO	0.13	0.39	0.10	0.12	0.74
	FUENTES PUBLICAS E HIDRANTES	0.12	0.24	0.07	0.15	0.58
	DEMANDA TOTAL	1.56	3.11	1.25	1.95	7.87
	PÉRDIDAS	0.39	0.78	0.31	0.49	1.97
	NECESIDAD DE PRODUCCIÓN	**1.95**	**3.89**	**1.56**	**2.44**	**9.84**

aquella proyectada en el estudio de la AAA para el año 2050 bajo el escenario de la No Acción y que la demanda aumentará a una tasa igual a la computada cuando se comparan los datos del 2000 con los del 2050. Nótese que al adoptar estos números se esta siendo agresivo en términos de la demanda de agua para uso doméstico.

Uso Industrial: Varias industrias y negocios reciben agua del Lago Patillas para suplir total o parcialmente su demanda de agua. La más notable de estas en la Planta de Carbón de la AES localizada en la cual tiene un acuerdo con la AEE para extraer 2 mgd. Para efectos de la simulación de la disponibilidad de agua se asumió que los usuarios industriales y comerciales requieren 3.0 mgd del Lago Patillas.

Una vez determinado la cantidad de agua requerida por cada usuarío se procede a computar el almacenamiento diario. El almacenamiento diario computado es ajustado para el almacenamiento máximo utilizando las ecuaciones 2 y 3. De acuerdo a la Ley de Agua de Puerto Rico el uso doméstico tiene prioridad sobre cualquier otro usuario. En el caso del Lago Patillas el uso agrícola tiene prioridad sobre los usos industriales y comerciales. Utilizando las ecuaciones a continuación, el almacenamiento diario es ajustado (eliminando usuarios) hasta que sea mayor o igual al almacenamiento mínimo.

Si $Si < Se$ **entonces, eliminó uso industrial** **(9)**

$$Si = Ii + Si\text{-}1 - (Qg) - (Qp) - (Qa)$$

Si $Si < Se$ **entonces, eliminó uso agrícola** **(10)**

$$Si = Ii + Si\text{-}1 - (Qg) - (Qp)$$

Si $Si < Se$ **entonces, eliminó uso doméstico** **(11)**

$$Si = Ii + Si\text{-}1 - (Qg)$$

Entonces se pasa a computar el porciento del periodo de record en que se pudo extraer agua para cada uso

$$N = [(Ni - Nr] * 100 \quad \textbf{(Industrial)} \qquad \textbf{(12)}$$

donde:

N	=	porciento del récord que se extrajo para uso industrial,
Ni	=	número de días que hubo extracción,
Nr	=	número de días que incluye el récord.

$$N = [(Na - Nr] * 100$$ **(Agrícola)**

donde:

N	=	porciento del récord que se extrajo para uso agrícola,
Na	=	número de días que hubo extracción,
Nr	=	número de días que incluye el récord.

$$N = [(Nd - Nr] * 100$$ (Doméstico)

donde:

N	=	porciento del récord que se extrajo para uso doméstico,
Nd	=	número de días que hubo extracción,
Nr	=	número de días que incluye el récord.

4.2 Resultados

La simulación de disponibilidad de agua demuestra que el Lago puede suplir el 100 por ciento de la demanda de agua potable de los Municipios de Arroyo, Patillas. Guayama y Salinas el 99.22 por ciento del tiempo manteniendo una reserva de 25 por ciento de su capacidad y sin afectar la recarga al acuífero principal regional (Tabla 4.2). Nótese que 100 por ciento de la demanda de agua potable implica la total desactivación de los pozos que nutren el sistema de distribución de la AAA en los municipios de Patillas, Arroyo, Guayama y Salinas. Más aun, la simulación indica que durante estos 88 días el lago hubiera podido suplir el 90 por ciento del agua requerida para uso doméstico. Los resultados de la simulación también señalan que el lago puede suplir 100 por ciento de la demanda de agua para actividades agrícolas el 94 por ciento del tiempo y el 100 por ciento de la demanda industrial el 75 por ciento del tiempo. El lector es referido al Apéndice J para los resultados completos de esta simulación.

Tabla 4.2.--Resultados de la Simulación de los Eventos de Sequía que Resultan en Razonamientos en las Entregas de Aguas del Lago Patillas

EVENTO	USO		
	DOMESTICO	AGRICOLA	INDUSTRIAL
COMENZO	06/07/67	02/12/68	1/25/66
TERMINO	05/10/68	05/12/68	06/03/68
NUMERO DE DIAS	88	311	557
PORCIENTO DEL RECORD	0.78	2.15	4.92
COMENZO	NA	06/25/73	12/20/72
TERMINO	NA	06/11/73	06/11/73
NUMERO DE DIAS	NA	18	174
PORCIENTO DEL RECORD	NA	0.16	1.51
COMENZO	NA	06/21/74	11/17/73
TERMINO	NA	08/17/74	08/17/74
NUMERO DE DIAS	NA	88	273
PORCIENTO DEL RECORD	NA	0.78	2.41
COMENZO	NA	06/21/77	12 /23/73
TERMINO	NA	07/13/77	07/13/77
NUMERO DE DIAS	NA	22	202
PORCIENTO DEL RECORD	NA	0.19	1.78
COMENZO	NA	NA	01/16/80
TERMINO	NA	NA	04/21/81
NUMERO DE DIAS	NA	NA	462
PORCIENTO DEL RECORD	NA	NA	4.08
COMENZO	NA	04/23/90	10/18/89
TERMINO	NA	05/21/90	08/15/90
NUMERO DE DIAS	NA	43	232
PORCIENTO DEL RECORD	NA	0.38	2. 05
COMENZO	NA	04/21/94	10/13/93
TERMINO	NA	06/21/95	18/16/95
NUMERO DE DIAS	NA	191	672
PORCIENTO DEL RECORD	NA	1.69	6.93
COMENZO	NA	NA	04/26/97
TERMINO	NA	NA	07/18/97
NUMERO DE DIAS	NA	NA	0.74
PORCIENTO DEL RECORD	NA	NA	84

5.0 CONCLUSIONES

De acuerdo a la curva de rendimiento el Lago Patillas es capaz de suplir alrededor de 19 mgd el 99.9 porciento del tiempo, alrededor de 25 mgd el 99 porciento del tiempo y en exceso de 30 mgd el 97 porciento del tiempo.

La simulación de disponibilidad de agua demuestra que el Lago Puede suplir el 100 por ciento de la demanda de agua potable de los Municipios de Arroyo, Patillas. Guayama y Salinas el 99.22 por ciento del tiempo manteniendo una reserva de 25 por ciento de su capacidad y sin afectar la recarga al acuífero principal regional. Además indica que durante estos 88 días el lago hubiera podido suplir el 80 por ciento del agua requerida para uso doméstico y que el lago puede suplir 100 por ciento de la demanda de agua para actividades agrícolas el 94 por ciento del tiempo y el 100 por ciento de la demanda industrial el 75 por ciento del tiempo.

6.0 REFERENCIAS

Autoridad de Acueductos y Alcantarillados, 1996, Estudio de Necesidad de Producción de Agua para Puerto Rico Hasta el Año 2050, Autoridad de Acueductos y Alcantarillados

Soler-Lopez et al, 1999: Sedimentation Survey of Lago Patillas, Abril 1997, US Geological Survey, Water Resources Investigation Report 99-4030

CSA Arquitects and Engineers, 1999: Patillas / Guamaní Canal System Inspection, Autoridad para el Financiamiento de la Infraestructura