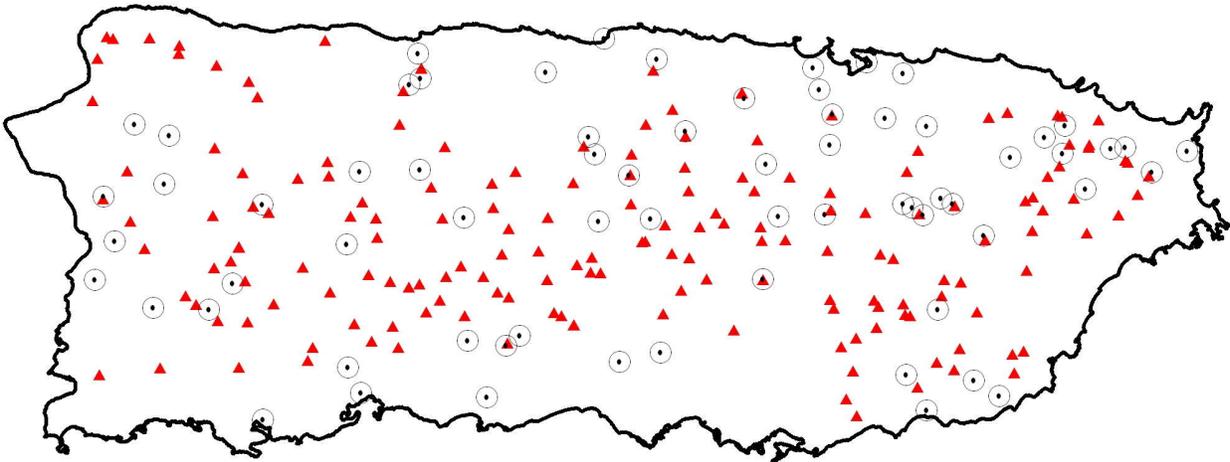


Rendimiento Disponible de Ríos y Lagos en las Tomas de Agua Cruda de la AAA



Leyenda

▲ Tomas de la AAA ● Estaciones del USGS

Borrador

10 de abril de 2007

Informe Preparado para:

Oficina Plan de Agua
Departamento de Recursos Naturales y Ambientales
San Juan, Puerto Rico

Preparado por:

Gregory L. Morris Engineering
San Juan, Puerto Rico
www.gmaeng.com

Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS DE RENDIMIENTO SEGURO	2
3. ECUACIÓN DE REGRESIÓN REGIONAL	3
3.1. ECUACIÓN DE REGRESIÓN REGIONAL PARA FLUJO EL 99% DEL TIEMPO.....	4
3.2. ECUACIÓN DE REGRESIÓN REGIONAL PARA FLUJO PROMEDIO.....	5
4. RESULTADOS DEL ANALYSIS DE RENDIMIENTO SEGURO DEL LAS TOMAS DE LA AAA EN RÍOS Y QUEBRADAS.....	9
5. RENDIMIENTO SEGURO DEL LAS TOMAS DE LA AAA EN EMBALSES	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
6. RESULTADOS DEL RENDIMIENTO SEGURO DE EMBALSES	16
5.1 RESUMEN DE RESULTADOS	16
5.2 LAGO CARITE	17
5.3 LAGO CARRAIZO	20
5.4 LAGO CIDRA.....	23
5.5 LAGO GARZAS.....	26
5.6 LAGO GUAJATACA	29
5.7 LAGO EL GUINEO	32
5.8 LAGO MATRULLAS.....	35
5.9 LAGO GUAYABAL.....	38
5.10 LAGO LA PLATA	41
5.11 LAGO PATILLAS.....	44
5.12 LAGO GUAYO	47
5.13 LAGO LOCO	50
5.14 LAGO LUCCHETTI.....	53
5.15 LAGO PRIETO.....	56
5.16 LAGO YAHUECAS	59
5.17 SISTEMA DE RIEGO DEL VALLE DE LAJAS.....	61
5.18 LAGO TOA VACA.....	64

Lista de Tablas:

Tabla 1: Datos Utilizados para Determinar la Ecuación Regional.

Tabla 2: Resultados del Análisis de Rendimiento Seguro de las Tomas de la AAA en Ríos.

Tabla 3: Estaciones del USGS Utilizadas para Determinar Caudal Promedio.

Tabla 4: Resultados del Análisis de Rendimiento Seguro de los Embalses.

Tabla 5: Datos del Lago Carite.

Tabla 6: Datos del Lago Carrraizo.

Tabla 7: Datos del Lago Cidra.

Tabla 8: Datos del Lago Garzas.

Tabla 9: Datos del Lago Guajatca.

Tabla 10: Datos del Lago El Guineo.

Tabla 11: Datos del Lago Matrullas.

Tabla 12: Datos del Lago Guayabal.

Tabla 13: Datos del Lago La Plata.

Tabla 14: Datos del Lago Patillas.

Tabla 15: Datos del Lago Guayo.

Tabla 16: Datos del Lago Loco.

Tabla 17: Datos del Lago Lucchetti.

Tabla 18: Datos del Lago Prieto.

Tabla 19: Datos del Lago Yahuecas.

Tabla 20: Análisis de Excedencia de Flujos.

Tabla 21: Rendimiento Seguro para el Sistema del Valle de Lajas

Tabla 22: Datos del Lago Toa Vaca.

Lista de Figuras:

Figura 1: Localización de las tomas de la AAA y las estaciones del USGS.

Figura 2: Relación entre Q_{99} , área de captación y precipitación anual promedio.

Figura 3: Relación entre caudal promedio, área de captación y precipitación anual promedio.

Figura 4: Curva de nivel vs volumen para el Lago Carite.

Figura 5: Comportamiento de nivel para el Lago Carite, resultante del análisis de rendimiento.

Figura 6: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Carite.

Figura 7: Curva de nivel vs volumen para el Lago Carraizo.

Figura 8: Comportamiento de nivel para el Lago Carraizo, resultante del análisis de rendimiento.

Figura 9: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Carraizo.

Figura 10: Curva de nivel vs volumen para el Lago Cidra.

Figura 11: Comportamiento de nivel para el Lago Cidra., resultante del análisis de rendimiento.

Figura 12: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Cidra.

Figura 13: Curva de nivel vs volumen para el Lago Garzas.

Figura 14: Comportamiento de nivel para el Lago Garzas, resultante del análisis de rendimiento.

Figura 15: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Garzas.

Figura 16: Curva de nivel vs volumen para el Lago Gaujatata.

Figura 17: Comportamiento de nivel para el Lago Gaujatata, resultante del análisis de rendimiento.

Figura 18: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Gaujatata.

Figura 19: Curva de nivel vs volumen para el Lago El Guineo.

Figura 20: Comportamiento de nivel para el Lago El Guineo, resultante del análisis de rendimiento.

Figura 21: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago El Guineo.

Figura 22: Curva de nivel vs volumen para el Lago Matrullas.

Figura 23: Comportamiento de nivel para el Lago Matrullas, resultante del análisis de rendimiento.

Figura 24: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Matrullas.

Figura 25: Curva de nivel vs volumen para el Lago Guayabal

Figura 26: Comportamiento de nivel para el Lago Guayabal, resultante del análisis de rendimiento.

Figura 27: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Guayabal

Figura 28: Curva de nivel vs volumen para el Lago La Plata.

Figura 29: Comportamiento de nivel para el Lago La Plata, resultante del análisis de rendimiento.

Figura 30: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago La Plata.

Figura 31: Curva de nivel vs volumen para el Lago Patillas.

Figura 32: Comportamiento de nivel para el Lago Patillas, resultante del análisis de rendimiento.

Figura 33: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Patillas.

Figura 34: Curva de nivel vs volumen para el Lago Guayo.

Figura 35: Comportamiento de nivel para el Lago Guayo, resultante del análisis de rendimiento.

Figura 36: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Guayo.

Figura 37: Curva de nivel vs volumen para el Lago Loco.

Figura 38: Comportamiento de nivel para el Lago Loco, resultante del análisis de rendimiento.

Figura 39: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Loco.

Figura 40: Curva de nivel vs volumen para el Lago Lucchetti.

Figura 41: Comportamiento de nivel para el Lago Lucchetti, resultante del análisis de rendimiento.

Figura 42: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Lucchetti.

Figura 43: Curva de nivel vs volumen para el Lago Prieto.

Figura 44: Comportamiento de nivel para el Lago Prieto, resultante del análisis de rendimiento.

Figura 45: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Prieto.

Figura 46: Análisis de Excedencia.

Figura 47: Comportamiento de nivel para el Lago Guayo, resultante del modelo HEC-ResSim.

Figura 48: Comportamiento de nivel para el Lago Lucchetti, resultante del modelo HEC-ResSim.

Figura 49: Comportamiento de nivel para el Lago Loco, resultante del modelo HEC-ResSim.

Figura 50: Comportamiento de nivel para el Lago Prieto, resultante del modelo HEC-ResSim.

Figura 51: Comportamiento de nivel para el Lago Yahuecas, resultante del modelo HEC-ResSim.

Figura 52: Curva de nivel vs volumen para el Lago Toa Vaca.

Figura 53: Comportamiento de nivel para el Lago Toa Vaca, resultante del análisis de rendimiento.

Figura 54: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Toa Vaca.

Rendimiento Disponible de Ríos y Lagos en las Tomas de Agua Cruda de la AAA

10 de abril de 2007

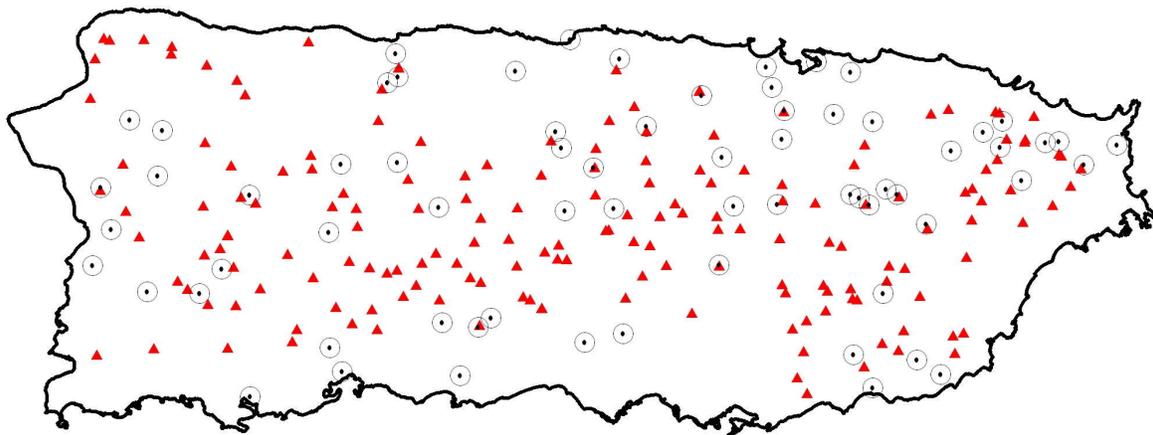
1. INTRODUCCIÓN

El rendimiento seguro para un sistema de abasto municipal se define como el caudal de agua disponible el 99% del tiempo, sin el requerimiento de racionamiento. El suministro del agua nunca se debe de interrumpir en sistemas municipales, aún durante sequía. El propósito de este análisis es determinar el rendimiento seguro en las tomas de agua municipal en Puerto Rico.

La manera más confiable para determinar el rendimiento seguro de un cuerpo de agua es por medio del monitoreo continuo de los flujos para un periodo de 30 años, para asegurar un tiempo suficientemente largo para capturar los eventos de sequía fuertes que tienen mayor incidencia en definir el valor del rendimiento. En Puerto Rico los estaciones de aforo están operados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Los estaciones de aforo con el mayor récord de datos ya cuentan con casi 50 años de operación, incluyendo tanto los eventos de sequía fuerte de los años 1967-68 como los del 1994-95. Sin embargo, la gran mayoría de los estaciones de aforo tienen un récord mucho más corto, pero de estos muchos contienen datos de la sequía del 1994-95.

La AAA opera unos ____ tomas de agua en Puerto Rico, y la gran mayoría de ellos no cuentan con un estación de aforo suficientemente cercano para hacer una determinación directo de los flujos. La Figura 1 ilustra la localización de los estaciones del USGS y las tomas de la AAA, donde se puede apreciar el número de tomas que no están cercanos a un estación de aforo. Esto requiere la utilización de métodos indirectos para determinar el rendimiento seguro.

La Autoridad de Acueductos y Alcantarillado (AAA) cuenta con tomas de agua cruda localizadas en dos diferentes clases de cuerpos de agua: ríos y embalses, y la metodología para determinar el rendimiento seguro en ambos es diferente. La estimación del rendimiento seguro en estas tomas se complica aún más debido al efecto de las tomas aguas arriba en reducir el caudal disponible aguas abajo, un efecto que también registra en los datos de aforo del USGS cuando se opera una toma aguas arriba de un estación de aforo.



Leyenda

- ▲ Tomas de la AAA
- Estaciones del USGS

Figura 1: Localización de tomas de la AAA y estaciones de aforo del USGS.

Este documento describe las diferentes metodologías utilizadas para calcular el valor del rendimiento seguro en cada de las tomas de la AAA. Este análisis de rendimiento seguro se basa en la premisa de que los datos de aforo del USGS registrados desde el año 1960 serán respectivamente iguales a las condiciones futuras. Aquí no se incorpora ningún ajuste para un efecto de invernadero, cuyo impacto en los flujos mínimos no se puede cuantificar en la actualidad.

Hay una gran cantidad de estaciones de aforo que contienen un registro relativamente corto. Sin embargo, al incluir en un registro corto los años de sequía fuerte de 1994-95, que afectó casi toda la isla, se entiende que dicha estación de aforo incorpora un evento de sequía suficientemente severa para proveer datos confiables de los flujos mínimos. En el área de este de Puerto Rico también ocurrió una sequía muy fuerte durante 1967-1968.

2. ENFOQUE DEL ANÁLISIS DE RENDIMIENTO SEGURO

2.1. Rendimiento Seguro en los Ríos

En el caso de los ríos, el rendimiento seguro se define directamente de la secuencia de los flujos diarios. Este secuencia se puede determinar por dos maneras: (1) por leer directamente el registro de la estación de aforo si el mismo se encuentre en casi la misma localización como la estación de aforo, o (2) de aplicar un factor para ajustar los datos de un estación de aforo a otro punto en el mismo río u en otro río cercano con condiciones

similares. Un tercer caso existe cuando no existe un estación de aforo cercano, se ha utilizado datos de todos los estaciones de aforo en Puerto Rico con registros largos para preparar una ecuación de regresión regional, en lo cual se puede estimar los flujos en base al área de cuenca y la lluvia promedio anual. Por ende, el rendimiento seguro de una toma se puede determinar por cualquier de tres métodos.

En el caso de los lagos, el rendimiento seguro se analice tomando en cuenta la relación entre los influjos, la extracción por la toma, y el cambio en el volumen de agua almacenada, llevando a cabo dichos cálculos día por día. Esto es la única metodología utilizada para calcular el rendimiento de las tomas en los embalses. Sin embargo, igual a las tomas de los ríos, ha sido necesario estimar el influjo total hacia el lago en base a uno o más estaciones del USGS que no aforan la totalidad de la cuenca tributario a la represa. Esto requiere, igual como el caso de los ríos, la aplicación de un factor de ajuste para estimar el caudal tributario a la represa en base a uno o más estaciones de aforo en otros puntos de la cuenca. Por ende, un ecuación de regresión regional para estimar el caudal se utiliza también en al análisis de los embalses.

3. ECUACIÓN DE REGRESIÓN REGIONAL

Un total de 26 estaciones del USGS fueron utilizadas para generar las dos ecuaciones regionales: (1) caudal . Estas estaciones fueron seleccionadas en base al siguiente criterio: 1) más de 15 años de data 2) fuera de la zona costera, para eliminar en lo posible la interacción con los acuíferos costeros. La **Tabla 1** muestra la estaciones utilizadas y los datos necesarios para hacer la relación.

Tabla 1: Datos Utilizados para Determinar la Ecuación Regional.

Estación del USGS	Río	Periodo de Datos	Área de Cuenca (mi ²)	Precipitación Anual Promedio (in)	Caudal Promedio (cfs)	Caudal 99% (cfs)
50010500	Río Guajataca	May/1969-Sept/2006	3.16	94.29	37.7	0.64
50030460	Río Orocovis	Abr/1981-Sept/2006	5.03	74.53	11.4	0.45
50034000	Río Bauta	Abr/1969-Sept/2006	16.7	78.49	22.4	3.1
50038320	Río Cibuco	May/1969-Sept/2006	15.1	72.84	12.6	1.9
50043000	Río de la Plata	Abr/1960-Sept/1996	54.8	68.61	29.2	4.1
50043800	Ría La Plata	Dic/1988-Sept/2006	108.5	62.96	23.7	8.9
50050900	Río Grande de Loíza	Oct/1977-Sept/2006	6	105.3	12.3	4.8
50051310	Río Cayaguas	Sept/1977-Sept/2006	10.2	101.43	31.7	9.2
50051800	Río Grande de Loíza	Feb/1990-Sept/2006	41.1	97.88	53.8	14
50053025	Río Turabo	Ene/1990-Sept/2006	7.14	93.37	42.8	4.4

Estación del USGS	Río	Periodo de Datos	Área de Cuenca (mi ²)	Precipitación Anual Promedio (in)	Caudal Promedio (cfs)	Caudal 99% (cfs)
50055000	Río Grande de Loíza	Nov/1959-Sept/2006	89.2	83.6	17.7	22
50055100	Río Caguaitas	Feb/1990-Sept/2006	5.3	67.81	39.0	1.5
50055750	Río Gurabo	Mar/1990-Sept/2006	22.3	71.04	24.9	2.1
50056400	Río Valenciano	Ene/1970-Sept/2006	16.4	82.21	24.7	2.7
50057000	Río Gurabo	Nov/1959-Sept/2006	60.2	71.6	41.4	7.9
50061800	Río Canóvanas	Mar/1967-Sept/2006	9.84	76.65	88.4	2.8
50063800	Río Espíritu Santo	Ago/1966-Sept/2006	8.62	103.24	25.7	5.9
50064200	Río Grande	May/1967-Sept/2006	7.31	92.71	34.1	3.7
50065700	Río Mameyes	Oct/1966-Ene/1985	11.8	131.6	38.4	8.5
50081000	Río Humacao	Jul/1974-Sept/2006	6.65	90.4	53.6	4.4
50082800	Río Guayanés	Ene/1969-Oct/1982	4.69	95.31	58.0	3.5
50106100	Río Coamo	Ene/1989-Sept/2006	43.5	45.78	185.7	1.1
50110900	Río Toa Vaca	Abr/1989-Sept/2006	14.2	60.6	102.8	0.74
50131990	Río Guanajibo	Abr/1991-Sept/2006	34.6	64.6	66.3	2.6
50136000	Río Rosario	Jun/1960-Sept/1983	16.4	96.46	22.0	5.2
50136400	Río Rosario	Oct/1985-Sept/2006	18.3	95.47	139.5	7.5

3.1. Ecuación de Regresión Regional para Flujo el 99% del Tiempo (Q₉₉).

Se utilizó la siguiente ecuación para relacionar los datos de área y precipitación:

$$Q_{99} = x * (A^a * R^b) \quad 3.1$$

donde:

x= coeficiente

A= área de captación (mi²)

R= precipitación anual promedio (pulgadas)

a,b= exponentes

La **Figura 2** muestra la reacción encontrada entre área, precipitación y Q₉₉.

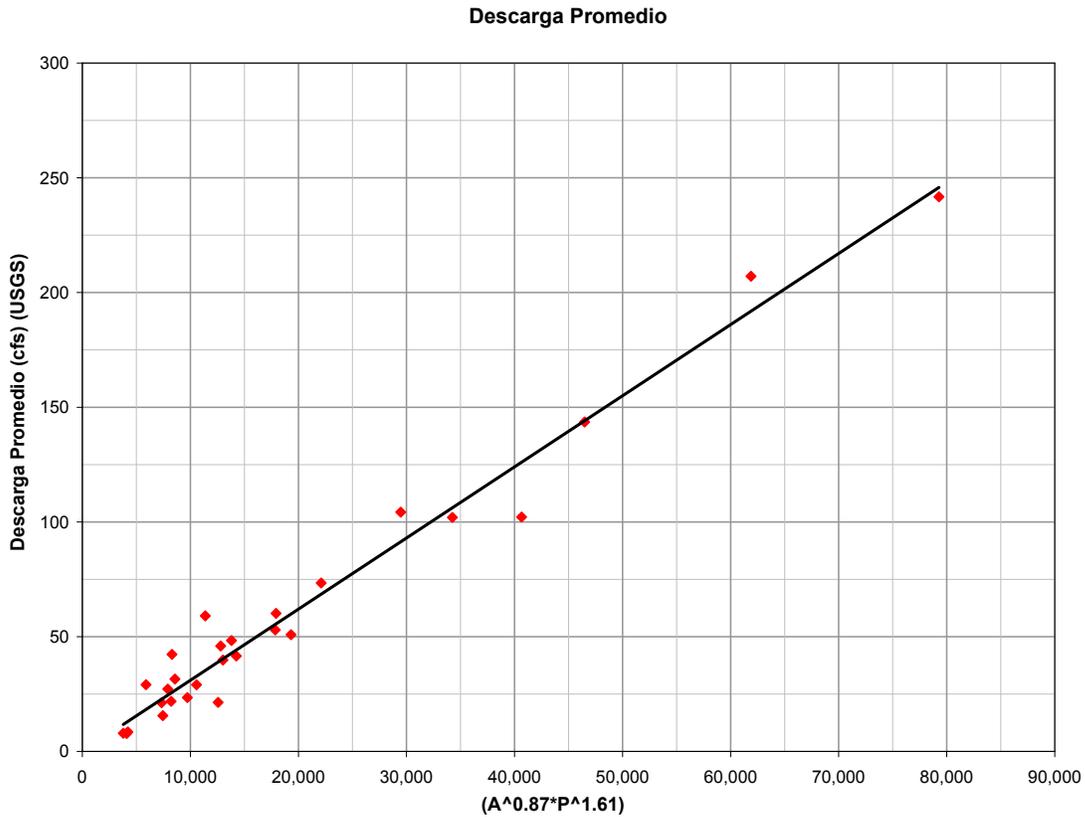


Figura 2: Relación entre Q_{99} , área de captación y precipitación anual promedio.

Mediante un análisis de regresión se deriva la siguiente ecuación regional:

$$Q_{99}(cfs) = 8 \times 10^{-8} * (A^{1.011} * R^{3.327}) \quad 3.2$$

3.2. Ecuación de Regresión Regional para Flujo Promedio ($Q_{promedio}$).

Se utilizó la siguiente ecuación para relacionar los datos de área y precipitación:

$$Q_{promedio} = x * (A^a * R^b) \quad 3.3$$

donde:

x= coeficiente

A= área de captación (mi^2)

R= precipitación anual promedio (pulgadas)

a,b= exponentes

La **Figura 3** muestra la reacción encontrada entre área, precipitación y caudal promedio.

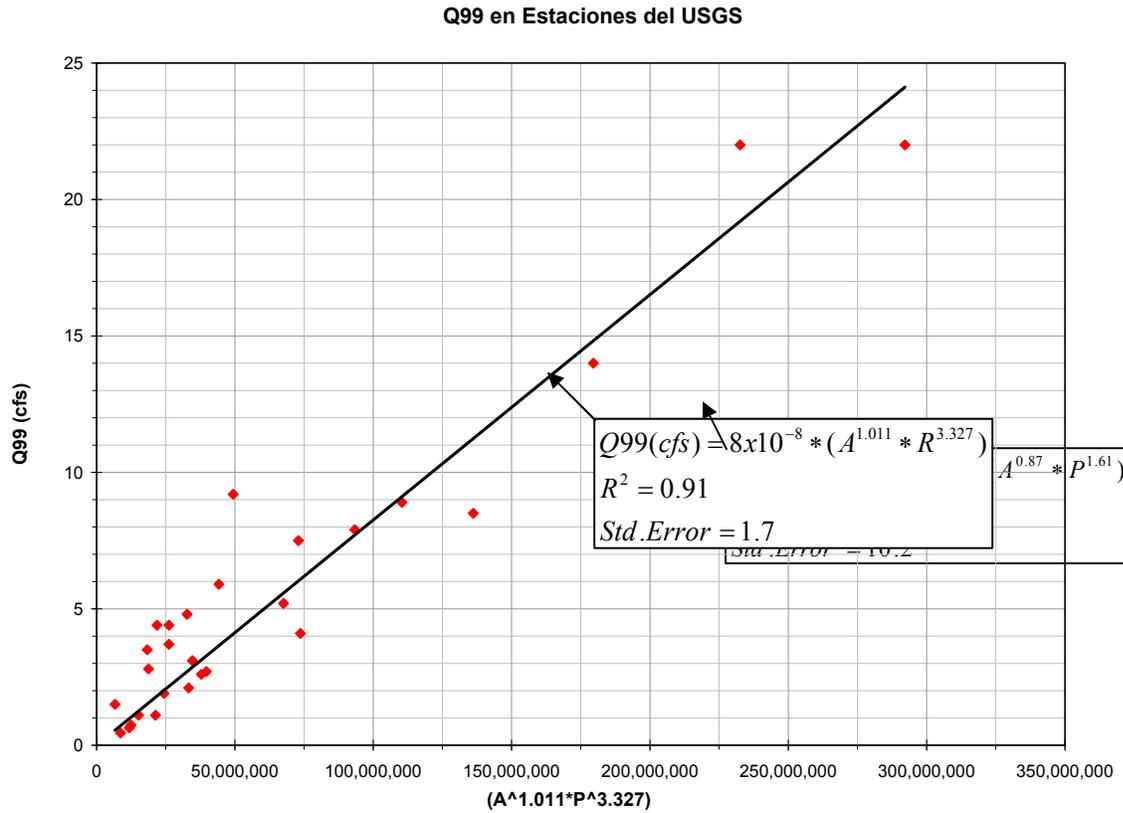


Figura 3: Relación entre caudal promedio, área de captación y precipitación anual promedio.

Mediante un análisis de regresión se deriva la ecuación:

$$\text{Caudal Promedio}(cfs) = 3 * 10^{-3} * (A^{0.87} * P^{1.61}) \quad 3.4$$

4. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL RENDIMIENTO SEGURO DE LAS TOMAS DE LA AAA.

4.1. Rendimiento Seguro de las Tomas de la AAA en Ríos y Quebradas.

La ecuación regional de Q_{99} se utilizó para determinar el rendimiento seguro en aquellas tomas donde no existiera ninguna estación del USGS (con un registro de más de 25 años) aguas arriba de la toma o en una cuenca adyacente.

De lo contrario, se utilizó la ecuación regional de $Q_{promedió}$ para determinar una proporción entre el caudal promedio de la estación del USGS y de la localización de la toma de la AAA. Esta proporción se utilizó como factor de ajuste para el Q_{99} de la estación del USGS como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Q_{99(toma)} = \frac{Q_{premedio_Toma}}{Q_{promedio_USGS}} * Q_{99(USGS)} \quad 4.1$$

4.2. Rendimiento Seguro de las Tomas de la AAA en Embalses.

La determinación del rendimiento seguro de los embalses se basó en la simulación del comportamiento del lago utilizando un intervalo de cómputo de 1 día y data histórica de flujo (McMahon and Mein, 1986). El análisis de comportamiento se realizó calculando un balance de agua utilizando la siguiente ecuación:

$$V_{t+1} = V_t + (V_{entrada})_t - (V_{vertedor})_t - (V_{extraido})_t \quad 4.2$$

donde:

V_{t+1} = Volumen final

V_t = Volumen inicial

$V_{entrada}$ = Volumen de entrada

$V_{vertedor}$ = Volumen excedente

$V_{extraido}$ = Volumen extraído

Para este análisis, el rendimiento seguro esta definido por la razón de extracción ininterrumpida que puede ser sostenida el 99% del tiempo, ocasionado un racionamiento en 1% del total de días y sin permitir que se vacíe la represa. El racionamiento es implementado en una reducción del 25% del caudal extraído. El racionamiento se inicia cuando el volumen del lago es menor al 25% del volumen activo. La corrida de cada simulación se hizo mediante un proceso iterativo hasta converger en un rendimiento seguro que produzca racionamiento de 1% del total de días de la simulación.

Para realizar el balance de agua es necesario el caudal de entrada hacia el embalse, por lo cual es calculado en base a los datos de una estación cercana del USGS. Esto conlleva multiplicar el caudal diario de la estación por un factor de ajuste lo que resultaría en un caudal ajustado. Este factor toma en consideración la diferencia en área de captación y cantidad de lluvia entre la localización de la estación de aforo y la represa. Este factor de ajuste se determina como la razón del caudal anual promedio en ambos puntos, ambos determinados utilizando la ecuación regional para flujo promedio. Esta proporción se utilizó como factor de ajuste para el caudal de la estación del USGS como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Q_{ajustado} = \frac{Q_{premedio_lago}}{Q_{promedio_USGS}} * Q_{USGS} \quad 4.3$$

5. RESULTADOS DEL ANALYSIS DE RENDIMIENTO SEGURO DEL LAS TOMAS DE LA AAA EN RÍOS Y QUEBRADAS

Esta sección presenta una tabla donde se resume el estimado de rendimiento seguro para cada toma de río de la AAA por la ecuación regional de regresión para flujos bajos. Rendimientos actuales son influenciados por factores tales como; extracciones aguas arriba, descarga de plantas de tratamiento, en adición con la variabilidad natural de una cuenca a otra.

Tabla 2: Resultados del Análisis de Rendimiento Seguro de las Tomas de la AAA en Ríos.

Nombre Común de la Toma	MUNICIPIO	Sistema Suplido	Planta Suplida	Cuerpo de Agua (Río, Quebrada, Canal)	Estación del USGS	Area (mi ²)	Area Efectiva (mi ²)	Precipitación Annual Promedio (in)	Rendimiento Seguro (MGD)
Adjuntas Vieja	Adjuntas		Adjuntas Vieja - Olimpia WTP	Río Cidra	N/A	1.11	1.11	85.7	0.24
Guilarte	Adjuntas		Guilarte	Río Guilarte	N/A	1.39	1.39	82.3	0.26
Río Garzas	Adjuntas		Adjuntas	Río Las Vacas	N/A	7.17	1.0	91.3	0.27
Río Saltillo	Adjuntas		Adjuntas Vieja - Olimpia WTP	Río Saltillo	N/A	1.32	1.32	81.9	0.25
Río Tanama	Adjuntas		Tanamá Package	Río Tanama	N/A	0.38	0.38	73.7	0.05
Santa Isabel	Adjuntas		Santa Isabel WTP	Río Coabey	N/A	0.32	0.32	78.4	0.05
Río Culebrinas	Aguadilla			Río Culebrinas	50147800	96.45	84.28	87.0	17.1
Minillas	Aguas Buenas		Minillas	Río de Bayamon	N/A	20.12	11.96	66.6	1.15
Río Bayamon (Guaynabo)	Aguas Buenas		Guaynabo WTP	Río de Bayamon	N/A	26.82	6.7	67.3	0.66
Río Caguitas	Aguas Buenas		Aguas Buenas	Río Caguitas	N/A	5.89	5.89	68.7	0.62
Algarrobo Aibonito	Aibonito	Algarrobo-Aibonito			N/A	0.45	0.45	47.7	0.01
La Plata (Aibonito)	Aibonito		Aibonito WTP	Río la Plata	50043000	65.88	40.9	62.6	1.7
Usabón	Aibonito		Aibonito WTP	Río Usabón	N/A	8.58	8.58	52.2	0.36
Río Grande de Añasco	Añasco		Miradero WTP	Río Grande de Añasco	50149000	161.19	82.3	86.6	50.6

Nombre Común de la Toma	MUNICIPIO	Sistema Suplido	Planta Suplida	Cuerpo de Agua (Río, Quebrada, Canal)	Estación del USGS	Area (mi^2)	Area Efectiva (mi^2)	Precipitación Annual Promedio (in)	Rendimiento Seguro (MGD)
Río Humata	Añasco		Añasco WTP	Río Humata	N/A	1.35	1.35	85.6	0.29
Esperanza	Arecibo		Esperanza (Cienegueta)	Río Tanama	50028000	36.76	25.43	83.1	12.8
Super Acueducto Este	Arecibo	Super Ac.-Este		Río Grande de Arecibo	N/A	240.33	24.7	70.1	2.83
Super Acueducto Metro	Arecibo	Super Ac.-Metro		Río Grande de Arecibo	N/A	240.33	24.7	70.1	2.83
Super Acueducto Norte	Arecibo	Super Ac.-Norte		Río Grande de Arecibo	N/A	240.33	24.7	70.1	2.83
Tanama	Arecibo		Tanamá Package	Río Tanama	N/A	46.90	10.14	77.2	1.59
Barrancas	Barranquitas		Barrancas WTP	Río Grande de Manati	N/A	3.10	3.10	67.8	0.31
Botijas	Barranquitas		Barranquitas WTP	Río Botijas	N/A	1.51	1.51	66.7	0.14
Cedro I	Barranquitas		Cedro Arriba WTP	Río Frio	N/A	1.07	1.07	67.7	0.11
Piñonas	Barranquitas		Barranquitas WTP	Río de Barranquitas	N/A	0.35	0.35	61.4	0.02
Río Riito	Bayamón		Barrio Nuevo WTP	Río Cuesta Arriba	N/A	4.34	4.34	68.9	0.46
Caguas Norte	Caguas		Caguas North WTP	Río Grande de Loiza	50055000	90.17	51.3	84.8	14.6
Quebrada Morena	Caguas		San Salvador	Quebrada Morena	N/A	0.58	0.58	101.3	0.22
Quebradillas Gravedad	Caguas		Caguas WTP	Quebrada Las Quebradillas	N/A	6.36	6.36	66.0	0.59
Río Turabo Bombeo	Caguas		Caguas WTP	Río Turabo	N/A	16.82	16.2	80.9	2.98
Cubuy Bombeo	Canóvanas		Cubuy WTP	Río Cubuy (Loiza)	50075000	2.59	2.04	78.8	1.3
Cubuy Gravedad	Canóvanas		Cubuy WTP	Quebrada Los Santos	50075000	0.55	0.55	82.6	0.4
Río Canóvanas	Canóvanas		Canóvanas WTP	Río Canóvanas	50061800	17.03	14.45	76.0	3.0
Río Canóvanillas	Canóvanas		Canóvanas (New) WTP	Río Canóvanillas	50061800	15.39	15.39	71.3	2.4
Guavate Bombeo	Cayey		Guavate WTP	Río Guavate	N/A	1.17	1.06	94.6	0.32
Guavate Gravedad	Cayey		Guavate WTP	Tributario Río Guavate	N/A	0.11	0.11	95.8	0.03

Nombre Común de la Toma	MUNICIPIO	Sistema Suplido	Planta Suplida	Cuerpo de Agua (Río, Quebrada, Canal)	Estación del USGS	Area (mi^2)	Area Efectiva (mi^2)	Precipitación Annual Promedio (in)	Rendimiento Seguro (MGD)
La Central	Cayey		Cayey Urbana	Río la Plata	N/A	21.88	11.84	82.5	2.31
Puente de Hierro	Cayey		Cayey Urbana	Tributario Río La Plata	N/A	2.45	2.45	64.1	0.20
Río Chiquito	Cayey		Culebras WTP	Río Chiquito	N/A	1.81	1.81	79.9	0.31
Río Fajardo	Ceiba		Fajardo	Río Fajardo	50075000	4.28	4.28	151.5	7.0
Cordillera (Ciales)	Ciales		Ciales WTP	Río Cialitos	N/A	16.44	13.13	77.4	2.08
Fronton	Ciales		Fronton WTP	Río Yunes	N/A	9.65	9.65	72.3	1.21
Las Delicias	Ciales		Las Delicias WTP	Río Cialitos	N/A	3.32	3.32	69.4	0.36
Posas (Jaguas-Pesas)	Ciales		Posas WTP	Río Toro Negro	N/A	31.35	22.2	84.2	4.67
Coamo Arriba	Coamo		Coamo Filter Plant	Río Coamo	N/A	9.36	9.21	53.9	0.44
Pulguillas	Coamo		Pulguillas	Tributario Río Coamo	N/A	0.15	0.15	52.8	0.01
Cedritos	Comerio		Cedritos WTP	Tributario Río Arroyata	N/A	1.04	1.04	63.9	0.08
La Plata Comerio	Comerio		Comerio Urbana	Río la Plata	N/A	113.73	37.86	58.0	2.32
Palomas	Comerio	Palomas-Comerio			N/A	0.15	0.15	64.3	0.01
Cibuco	Corozal		Corozal WTP	Río Cibuco	N/A	5.05	5.05	77.6	0.80
Don Carlos	Corozal		Corozal WTP	Río Dos Bocas	N/A	0.19	0.19	76.2	0.03
Negros	Corozal		Negros WTP	Río Grande de Manati	N/A	13.19	8.97	74.2	1.23
Carite	Guayama		Carite Compacta	Tributario Río La Plata	N/A	0.77	0.77	96.4	0.25
Río Guamani	Guayama		Carite Compacta	Río Guamani	N/A	8.21	7.27	67.6	0.73
Jaguas Pasto	Guayanilla		Jaguas Pasto	Río Guayanilla	N/A	5.89	5.89	91.9	1.64
Santa Rosa	Guaynabo		Guaynabo WTP	Río Guaynabo	N/A	19.6	19.6	71.9	2.44
Gurabo	Gurabo		Gurabo	Río Gurabo	N/A	56.81	33.37	67.4	3.37
Hatillo	Hatillo		Camuy (Hatillo) WTP	Río Camuy	N/A	58.91	45.30	75.2	6.60
Canalizo	Jayuya		Canalizo WTP	Río Jauca	N/A	0.31	0.31	74.8	0.04
Coabey	Jayuya	Bo. Coabey			N/A	0.22	0.22	84.1	0.04
Hogares Seguros	Jayuya		Hogares Seguros	Río Jauca	N/A	0.69	0.69	74.2	0.09

Nombre Común de la Toma	MUNICIPIO	Sistema Suplido	Planta Suplida	Cuerpo de Agua (Río, Quebrada, Canal)	Estación del USGS	Area (mi^2)	Area Efectiva (mi^2)	Precipitación Annual Promedio (in)	Rendimiento Seguro (MGD)
Jayuya	Jayuya		Jayuya WTP	Río Saliente	N/A	11.48	11.21	82.4	2.18
Mameyes Limon	Jayuya		Mamayas Arriba (El Limon) WTP	Río Limon	N/A	0.49	0.49	69.8	0.05
Veguita	Jayuya	Bo. Veguita		Tributario	N/A	1.42	1.42	75.3	0.20
Ceiba Sur	Juncos		Ceiba Sur	Río Valenciano	N/A	15.10	15.10	82.2	2.92
Espino - Río Prieto	Lares		BO. RIO PRIETO	Tributario Río Prieto	N/A	1.13	1.13	88.6	0.27
Indiera Alta	Lares		Indiera Alta WTP	Río Prieto (Anasco)	N/A	8.81	6.68	75.5	0.97
Lares	Lares		Lares WTP	Río Guajataca	N/A	2.54	2.54	94.2	0.76
Espino - Las Marías	Las Marías	Espino-Las Marías		Río Prieto (Anasco)	N/A	1.13	1.13	88.6	0.27
Río Mayaguecillo	Las Marías		Las Marías WTP	Río Mayaquecillo	N/A	3.19	3.19	103.3	1.30
Juncos Gravedad	Las Piedras		Juncos	Río Gurabo	50075000	3.09	3.09	86.7	2.2
Pueblito del Río	Las Piedras		Juncos	Río Gurabo	N/A	11.43	8.34	69.5	0.92
Sabana Las Piedras	Las Piedras		Humacao	Río Humacao	N/A	6.63	6.63	90.4	1.75
Cristal	Luquillo		Luquillo	Río Cristal	50065500	1.12	1.12	137.0	1.4
Sabana	Luquillo		Luquillo	Río Sabana	50065500	1.13	1.13	127.7	1.3
Bucarabones	Maricao	Bucarabone		Tributario	N/A	0.77	0.77	93.7	0.22
La Josefa	Maricao	La Josefa			N/A	0.77	0.77	93.7	0.22
Los Viveros	Maricao		Maricao WTP	Río Maricao	N/A	1.79	1.79	98.2	0.61
Monte del Estado	Maricao		Monte del Estado WTP	Río Bonelli	N/A	1.30	1.30	82.7	0.25
Orama	Maricao		Maricao WTP	Río Bonelli	N/A	6.14	4.8	92.9	1.38
Matuyas	Maunabo		Matuyas (WTP)	Tributario Río Maunabo	N/A	0.35	0.35	77.6	0.05
Río Cañas	Mayagüez		Miradero WTP	Río Canas (Anasco)	N/A	6.09	6.09	88.7	1.50
Río Yagüez	Mayagüez		Mayagüez Vieja WTP	Río Yaguez	N/A	4.41	4.41	88.2	1.06
Morovis Sur	Morovis		Morovis Sur WTP	Río Grande de Manatí	N/A	53.72	29.74	82.2	3.5

Nombre Común de la Toma	MUNICIPIO	Sistema Suplido	Planta Suplida	Cuerpo de Agua (Río, Quebrada, Canal)	Estación del USGS	Area (mi^2)	Area Efectiva (mi^2)	Precipitación Annual Promedio (in)	Rendimiento Seguro (MGD)
Morovis Urbana	Morovis		Morovis	Río Morovis	N/A	1.25	1.25	75.7	0.18
La Mina	Naguabo	Cubuy-Naguabo			50075000	1.40	1.40	111.7	1.6
Río Blanco	Naguabo		Río Blanco	Río Blanco	N/A	17.59	16.19	109.4	8.12
Tablones-R. Santiago	Naguabo		Naguabo (El Duque)	Río Santiago	50075000	0.98	0.98	124.2	1.4
Anones	Naranjito		Cedro Arriba WTP	Quebrada Anones	N/A	1.40	1.40	66.4	0.13
Cedro II	Naranjito		Cedro Arriba WTP	Tributario R. Manatí	N/A	1.12	1.12	70.0	0.12
Naranjito	Naranjito		Naranjito WTP	Río Guadiana	N/A	3.45	3.45	67.0	0.33
Coli I	Orocovis		Orocovis Filter Plant	Río Orocovis	N/A	2.59	2.59	72.6	0.33
Coli II	Orocovis		Orocovis Filter Plant	Río Orocovis	N/A	1.12	1.12	76.3	0.16
Gallera San Miguel	Orocovis		Apeadero WTP	Río	N/A	0.23	0.23	78.7	0.04
Las Marías	Orocovis		Orocovis Filter Plant	Río Botijas	N/A	7.08	5.62	70.2	0.64
Matrullas	Orocovis		Matrullas Filter Plant	Río Matrullas	N/A	0.06	0.06	74.9	0.01
Sanamuerto	Orocovis		Sanamuerto WTP	Río Sana Muertos	N/A	3.23	3.23	86.9	0.74
Marin Alto	Patillas	Marin Alto		Quebrada Los Colones	N/A	0.23	0.23	85.6	0.05
Malpaso	Peñuelas		Malpaso	Río Macana	N/A	0.49	0.49	95.8	0.15
Río Jaguas	Peñuelas		Penuelas Filter Plant	Río Guayanes	N/A	7.19	5.88	95.4	1.85
Rucio	Peñuelas		Rucio WTP	Río Tallaboa	N/A	0.59	0.59	83.1	0.11
Soplaera	Peñuelas	Jagua Ceiba		Río Guayanes	N/A	1.30	1.30	99.7	0.47
Jaices	Ponce		Real Anon Filter Plant	Río Anon	N/A	0.57	0.57	77.7	0.09
Jurutungo	Ponce		Real Anon Filter Plant	Río Anon	N/A	2.45	2.45	83.8	0.50
Río Portugués	Ponce		Guaraguao Package	Río Portugues	N/A	2.41	2.41	80.4	0.42
Tibes	Ponce		Tibes	Tributario R. Portugues	N/A	1.17	1.17	72.9	0.15
Río Guajataca	Quebradillas		Quebradillas WTP	Río Guajataca	N/A	43.87	8.7	87.9	2.09
El Verde	Río Grande		El Yunque	Río Espiritu Santo	50063800	13.07	10.11	98.7	5.0

Nombre Común de la Toma	MUNICIPIO	Sistema Suplido	Planta Suplida	Cuerpo de Agua (Río, Quebrada, Canal)	Estación del USGS	Area (mi^2)	Area Efectiva (mi^2)	Precipitación Annual Promedio (in)	Rendimiento Seguro (MGD)
El Zarzal	Río Grande		Zarzal	Tributario Q. Jimenez	50065500	0.15	0.15	120.0	0.2
El Zarzal	Río Grande		Zarzal	Tributario Q. Jimenez	50065500	0.14	0.14	124.6	0.2
Guzman El Yunque	Río Grande		El Yunque	Río Río Grande	50064200	10.34	8.57	86.8	3.2
Guzman Río	Río Grande		Guzman Arriba WTP	Río Río Grande	50075000	1.78	1.78	100.6	1.7
Jiménez	Río Grande		Jimenez-Morovis	Quebrada Grande	N/A	0.67	0.67	111.1	0.34
Morovis	Río Grande	Morovis-Río Grande		Río Espiritu Santo	50075000	2.00	2.00	122.6	2.6
Palmer	Río Grande		Palmer	Río Mameyes	50065500	12.34	12.34	131.6	10.7
La Máquina	Sabana Grande		La Maquina WTP	Río Cruces	N/A	2.44	2.44	79.7	0.42
Rincon Pozo	Sabana Grande		Sabana Grande WTP	Río Guanajibo	N/A	6.06	6.06	74.3	0.83
Río Caín	San Germán		San German WTP	Río Cain	N/A	2.10	2.10	84.7	0.44
Río Hoconuco	San Germán		San German WTP	Río Hoconuco	N/A	1.74	1.63	90.1	0.42
Cayaguas	San Lorenzo		San Lorenzo	Río Cayaguas (Loiza)	N/A	10.23	10.13	101.3	3.91
Espino I	San Lorenzo		Espino	Río Emajagua	N/A	0.66	0.66	102.9	0.26
Espino II	San Lorenzo		Espino	Tributario Río Emajagua	N/A	0.20	0.20	105.1	0.08
Jagual	San Lorenzo		Jagual	Quebrada Blanca	N/A	3.27	1.78	74.4	0.24
Quebrada Arenas	San Lorenzo	Q. Arenas		Tributario Río Cayaguas	N/A	0.11	0.11	100.8	0.04
Quebrada Honda	San Lorenzo	Q. Honda			N/A	1.48	1.48	99.6	0.53
Perchas	San Sebastián		Perchas WTP	Quebrada Sumaria	N/A	67.33	29.5	79.0	5.04
Río Culebrinas Bombeo	San Sebastián		San Sabastián WTP	Río Culebrinas	N/A	12.17	5.45	95.0	1.69
Río Culebrinas Gravedad	San Sebastián		San Sabastián WTP	Río Culebrinas	N/A	6.72	6.72	96.5	2.20

Nombre Común de la Toma	MUNICIPIO	Sistema Suplido	Planta Suplida	Cuerpo de Agua (Río, Quebrada, Canal)	Estación del USGS	Area (mi^2)	Area Efectiva (mi^2)	Precipitación Annual Promedio (in)	Rendimiento Seguro (MGD)
Virgencita I	Toa Baja		La Virgencita	Río la Plata	50046000	208.24	27.75	67.6	5.0
Virgencita II	Toa Baja		La Virgencita	Río la Plata	50046000	208.26	27.77	67.6	5.0
La Pica	Utuaado		La Pica WTP	Río Vivi	N/A	0.39	0.39	77.6	0.06
Mameyes Utuaado	Utuaado		Mameyes Abajo WTP	Río Limon	N/A	8.51	8.02	71.0	0.95
Quebrada	Utuaado		Quebrada WTP	Río Camuy	N/A	13.62	6.25	87.8	1.49
Río Camuy (Lares)	Utuaado		Lares WTP (New Package)	Río Camuy	N/A	7.37	7.37	88.5	1.81
Roncador	Utuaado		Tanamá Package	Río Tanama	N/A	11.33	10.64	76.8	1.64
Roncador Gravedad	Utuaado		Roncador WTP	Quebrada Colorada	N/A	0.11	0.11	76.0	0.02
Sabana Grande	Utuaado		Sabana Grande WTP	Quebrada Utuaado	N/A	0.96	0.96	74.5	0.13
Utuaado	Utuaado		Utuaado WTP	Tributario Río Vivi	N/A	1.21	1.21	73.1	0.15
Maricao	Vega Alta	Bo. Maricao		Tributario Río Cibuco	50038320	0.37	0.37	68.4	0.04
Almirante Sur	Vega Baja		Almirante Sur WTP	Río Unibon	N/A	7.99	7.99	79.9	1.40
Vega Baja Urbana	Vega Baja		Vega Baja WTP	Río Indio	N/A	37.27	28.03	67.7	2.86
Apeadero I	Villalba		Apeadero WTP	Río Jacaguas	N/A	0.52	0.52	73.5	0.07
Apeadero II	Villalba		Apeadero WTP	Río Jacaguas	N/A	0.23	0.23	72.0	0.03
Río Jacaguas	Villalba		Villalba	Río Jacaguas	N/A	13.80	13.04	72.8	1.68
Aguas Largas	Yabucoa		Yabucoa	Quebrada Aguas Largas	N/A	0.60	0.60	76.1	0.09
Central Joy	Yabucoa		Humacao	Río Guayanes	N/A	26.38	8.81	94.0	2.65
Guayanes	Yabucoa		Yabucoa	Río Guayanes	N/A	17.56	16.84	91.2	4.61
Quebradillas - Guayabota	Yabucoa		Guayabota WTP	Río Arenas	N/A	0.72	0.72	90.4	0.18
Rancheras	Yauco		Rancheras	Río Yauco	N/A	2.61	2.61	74.5	0.36
Río Duey	Yauco		Yauco Filter Plant	Río Duey	N/A	7.13	7.13	76.9	1.10
Río Prieto	Yauco		Río Prieto WTP	Río Prieto (Anasco)	N/A	2.13	2.13	82.3	0.41
Río Yauco	Yauco		Yauco Filter Plant	Río Yauco	N/A	21.69	4.4	69.2	0.47

6. RESULTADOS DEL RENDIMIENTO SEGURO DE EMBALSES

5.1 Resumen de Resultados

Esta sección presenta los resultados del estimado de rendimiento seguro para los lagos que funcionan como abastos de agua para la AAA.

Tabla 4: Resultados del Análisis de Rendimiento Seguro de los Embalses.

Lago	Área de Cuenca Efectiva (mi ²)	Precipitación Anual Promedio (pulgadas)	Volumen-2006 (Mm ³)	Caudal Promedio (cfs)	Rendimiento Seguro (MGD)
Carite	8.3	91.2	8.9	28.4	11.6
Carraizo	207.7	78.6	16.6	350.2	64.2
Cerrillos	17.4	70.7	8.2	35.8	18.2 ^a
Cidra	8.1	65.8	5.6	15.7	4.7
<u>Sistema Dos Bocas-Caonillas</u>					
Dos Bocas	175.0	76.6	15.6	210.2	54 ^b
Caonillas	48.3	74.4	10.2	91.5	42 ^b
Sistema			25.8		102 ^b
Fajardo	--	--	5.5	--	12 ^c
Garzas	6.1	92.2	4.8	22.5	7.3
Guajataca	35.2	90.9	37.0	96.9	41.2
<u>Sistema Guayabal</u>					
El Guineo	1.65	110	1.9	9.0	2.8
Guayabal	21.1	68.5	5.8	39.9	7.0
Matrullas	4.4	78.8	3.0	12.4	2.7
Sistema					12.5
La Plata	180.5	65.2	33.9	231.3	50.2
Patillas	25.7	83.3	8.2	63.7	22.7
<u>Sistema de Riego del Valle de Lajas</u>					
Guayo	9.7	74.0	16.6	22.1	12
Loco	8.4	57.0	0.7	12.9	1.9
Lucchetti	17.4	72.0	10.8	35.1	11.7
Prieto	9.6	77.0	0.1	23.1	4.2
Yahuecas	17.4	76.0	0.02	38.2	4.8
Sistema					44 ^d /34.6 ^e
Toa Vaca	22.2	57.2	62.2	31.8	13.5

^a Obtenido del reporte "Water Control manual for Cerrillos Dam and Reservoir" preparado por el COE, 1997.

^b Obtenido del reporte "Firm Yield Analysis: Dos Bocas and Caonillas Reservoir, Arecibo P.R." prepared by Gregory Morris Engineering, 1995.

^c Obtenido del reporte "Water Supply Planning Report and Yield Analysis, North East Regional Acueduct" prepared by Gregory Morris Engineering, 1999.

^d Rendimiento seguro operando como un sistema.

^e Rendimiento seguro operando individual.

5.2 Lago Carite

Lago Carite está ubicado en el Municipio de Cayey. La estación del USGS más cercana con data continúa es la estación 50053025, localizada en el Río Turabo. Las características principales del Lago Carite se muestran a continuación en la **Tabla 5**.

Tabla 4: Resultados del Análisis de Rendimiento Seguro de los Embalses.

Tabla 5: Datos del Lago Carite.

Longitud de Represa (m) ^A	152.4
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	543.64
Capacidad Original, 1913 (Mm ³) ^A	13.95
Capacidad en 1999 (Mm ³) ^A	10.74
Capacidad Activa/Muerta, 1999 (Mm ³) ^A	9.17/1.57
Perdida Anual de Capacidad (Mm ³) ^A	0.03
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm ³)	10.53
Capacidad Activa/Muerta, 2006 (Mm ³)	9.17/1.36
Vida Útil (Años)	345
Lago Carite	
Área de Captación (mi ²)	8.29
Lluvia Anual Promedio (in)	91.2
Caudal Promedio Estimado (cfs)	28.4
Estación del USGS: 50053025	
Área de Captación (mi ²)	7.14
Lluvia Anual Promedio	99.1
Caudal Promedio Estimado (cfs)	28.4
Factor de Ajuste, I	1

^A Obtenido del reporte "Sedimentation Survey of Lago Carite, Puerto Rico, October 1999".

La **Figura 4** muestra la curva de Nivel vs. Volumen utilizada en la simulación. Esta curva se obtuvo del reporte de sedimentación del USGS "Sedimentation Survey of Lago Carite, Puerto Rico, October 1999". La misma se ajustó para tomar en cuenta la pérdida en volumen producida por la sedimentación en 7 años utilizando la pérdida anual de capacidad provista en el reporte del USGS.

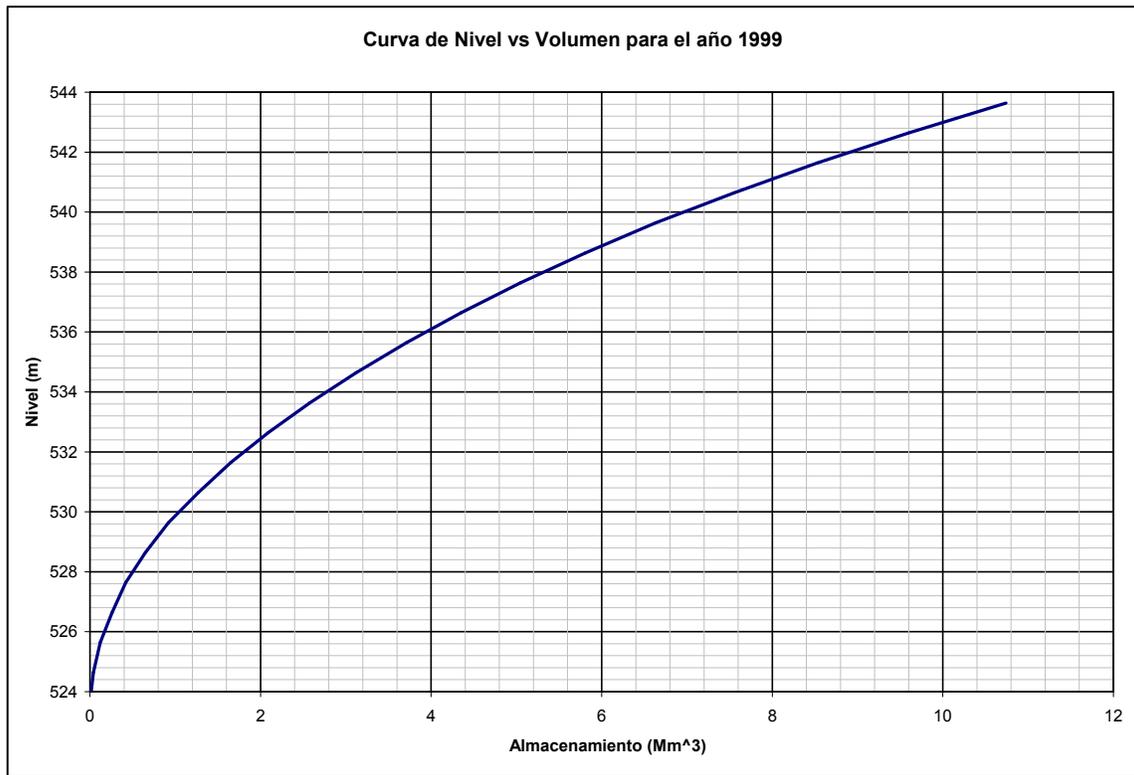


Figura 4: Curva de nivel vs volumen para el Lago Carite.

El análisis de simulación resulto en un rendimiento seguro de 11.6 MGD. La **Figura 5** muestra el comportamiento del nivel del lago a lo largo del tiempo. La **Figura 6** muestra la variación del rendimiento seguro vs el volumen de almacenamiento.

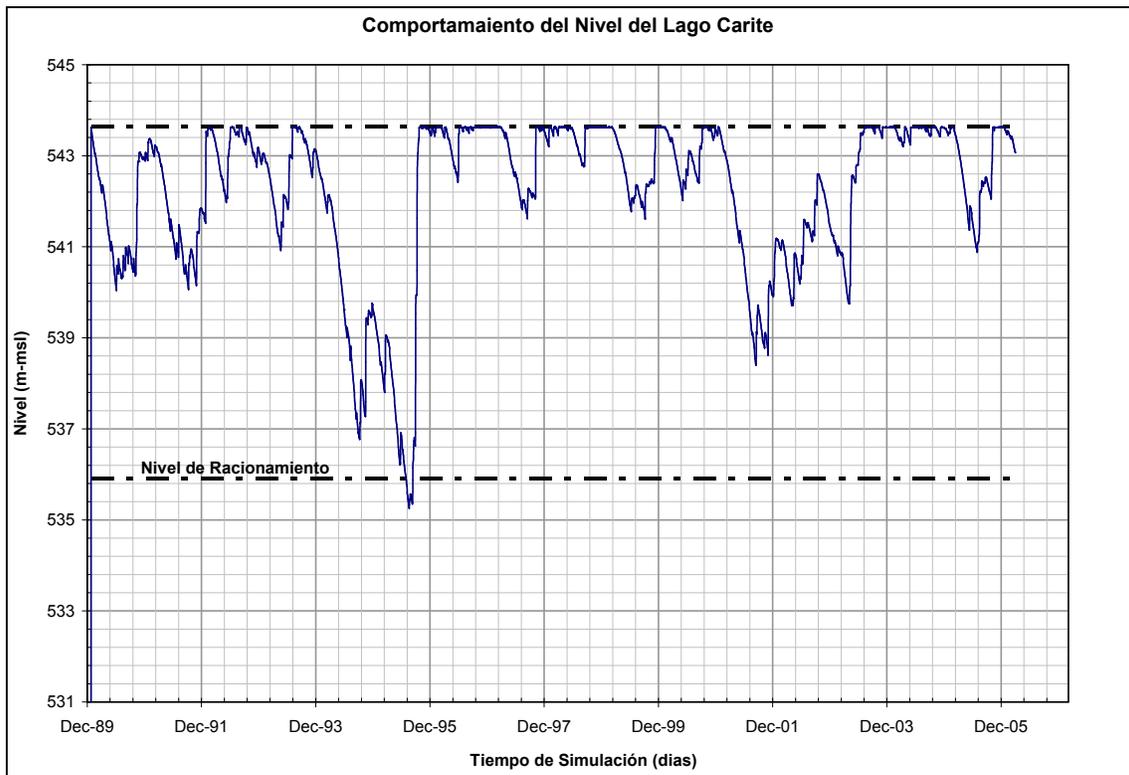


Figura 5: Comportamiento de nivel para el Lago Carite, resultante del análisis de rendimiento.

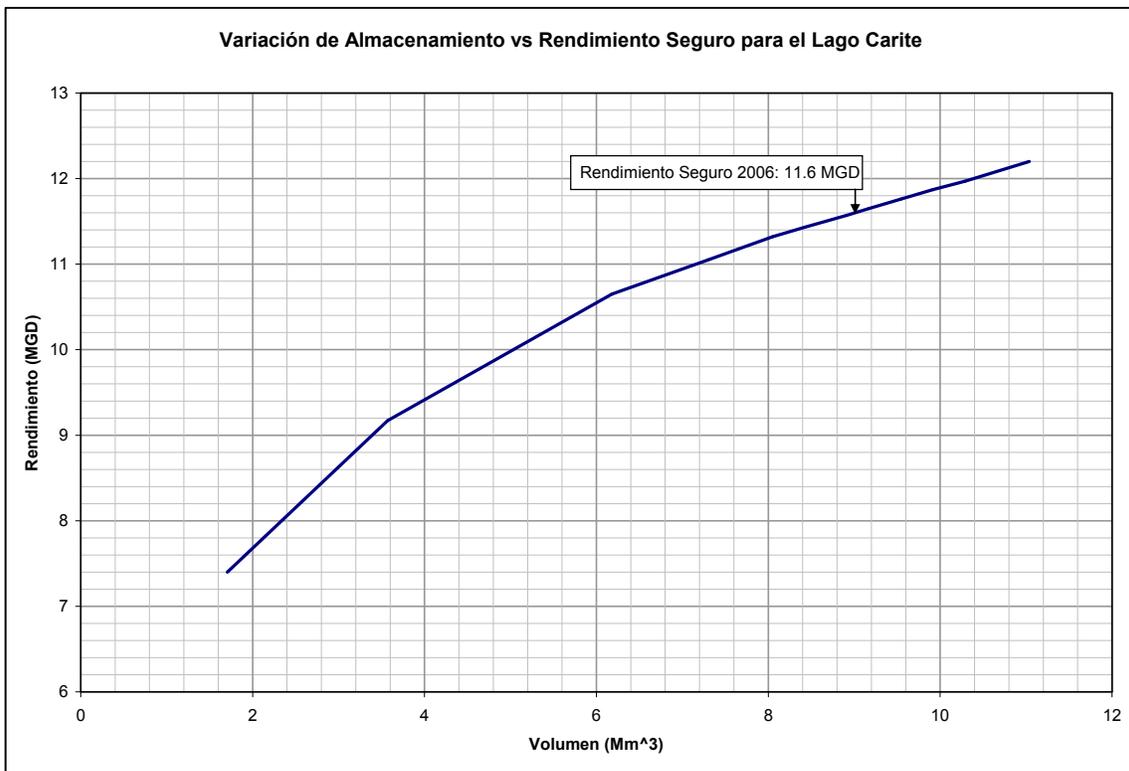


Figura 6: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Carite.

5.3 Lago Carraizo

Lago Carraizo está ubicado en el Municipio de Caguas. Las estaciones del USGS más cercanas con data continúa son las estaciones 50055000 y 5007000, localizadas en el Río Loiza y Río Gurabo respectivamente. Las características principales del Lago Carraizo se muestran a continuación en la **Tabla 6**.

Tabla 6: Datos del Lago Carraizo.

Longitud de Represa (m) ^A	210
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	31
Capacidad en 1999 (Mm ³) ^A	19.35
Capacidad Activa/Muerta, 1999 (Mm ³) ^A	17.8/1.55
Capacidad en 2004 (Mm ³) ^A	17.53
Capacidad Activa/Muerta, 2004 (Mm ³) ^A	17.28/0.25
Perdida Anual de Capacidad (Mm ³)	0.316
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm ³)	16.9
Capacidad Activa/Muerta, 2006 (Mm ³)	16.9/0
Vida Útil (Años)	53
Lago Carraizo	
Área de Captación (mi ²)	207.7
Lluvia Anual Promedio (in)	78.6
Caudal Promedio Estimado (cfs)	350
Estación del USGS: 50055000 & 50057000	
Área de Captación (mi ²)	150
Lluvia Anual Promedio	77.4
Caudal Promedio Estimado (cfs)	283
Factor de Ajuste, I	1.24

^A Obtenido del reporte "Sedimentation Survey of Lago Loiza, Puerto Rico, January 2004".

La **Figura 7** muestra la curva de Nivel vs. Volumen utilizada en la simulación. Esta curva se obtuvo del reporte de sedimentación del USGS "Sedimentation Survey of Lago Loiza, Puerto Rico, January 2004". La misma se ajustó para tomar en cuenta la pérdida en

volumen producida por la sedimentación en 2 años utilizando la pérdida anual de capacidad provista en el reporte del USGS.

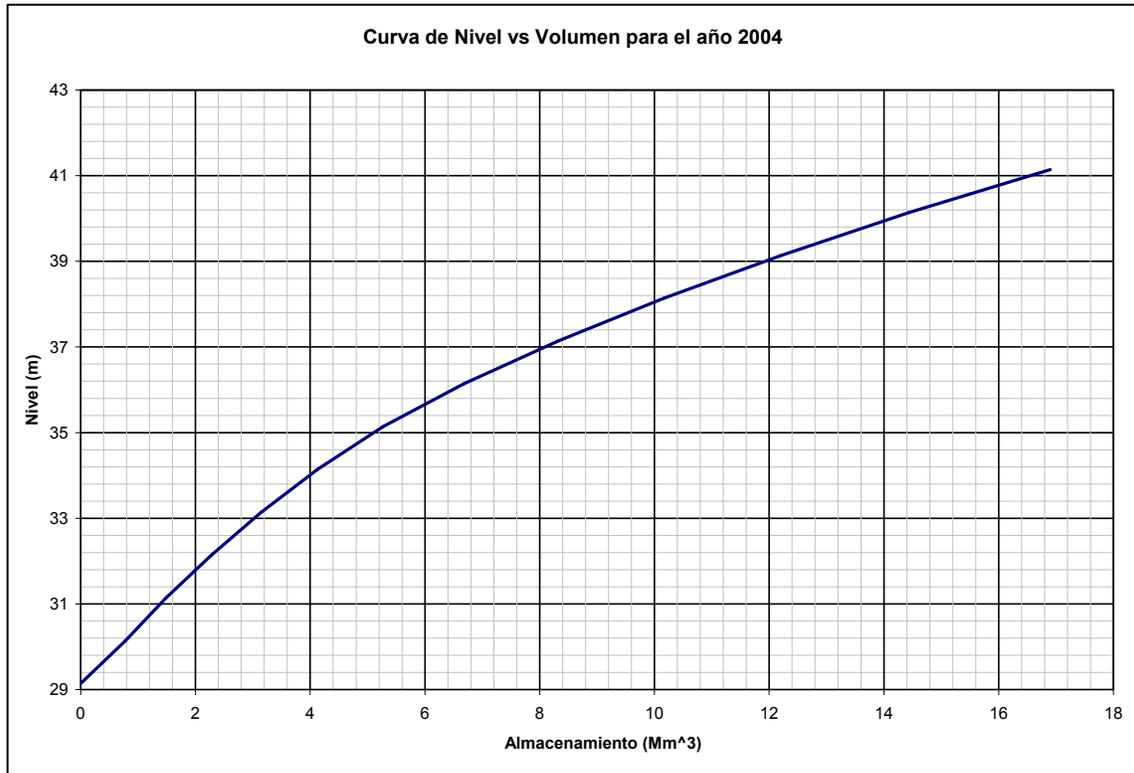


Figura 7: Curva de nivel vs volumen para el Lago Carraizo.

El análisis de simulación resulto en un rendimiento seguro de 64.2 MGD. La **Figura 8** muestra el comportamiento del nivel del lago a lo largo del tiempo. La **Figura 9** muestra la variación del rendimiento seguro vs el volumen de almacenamiento.

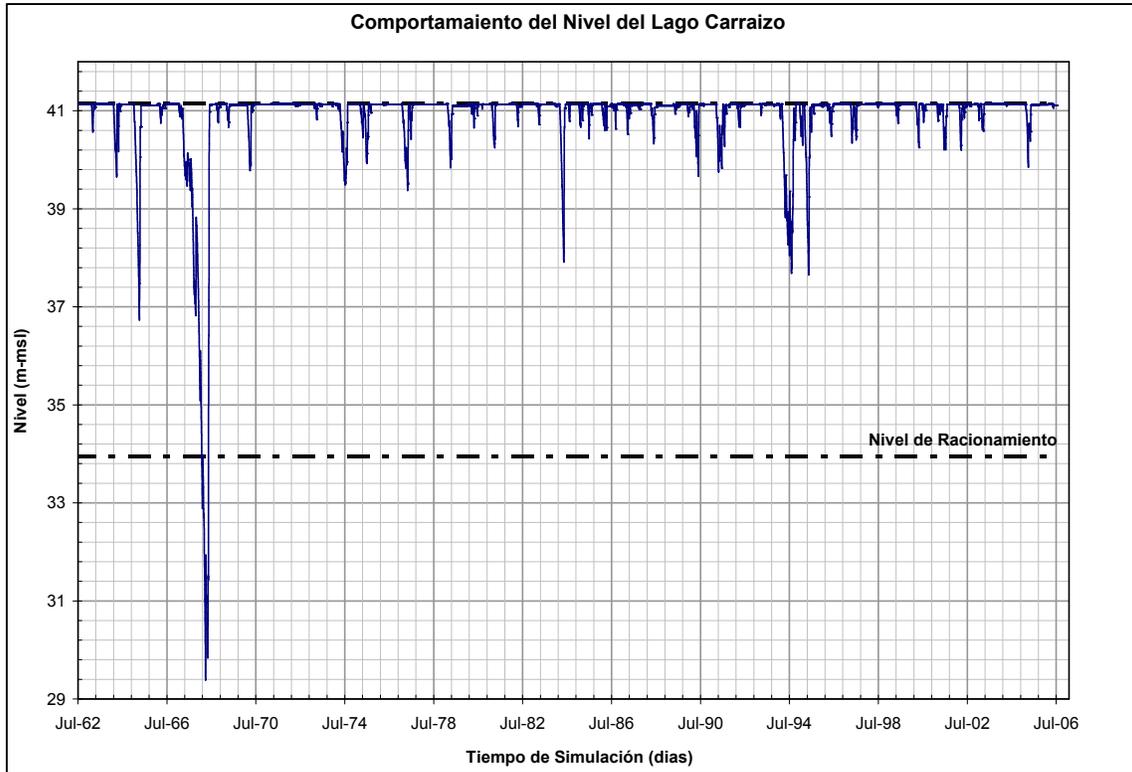


Figura 8: Comportamiento de nivel para el Lago Carraizo, resultante del análisis de rendimiento.

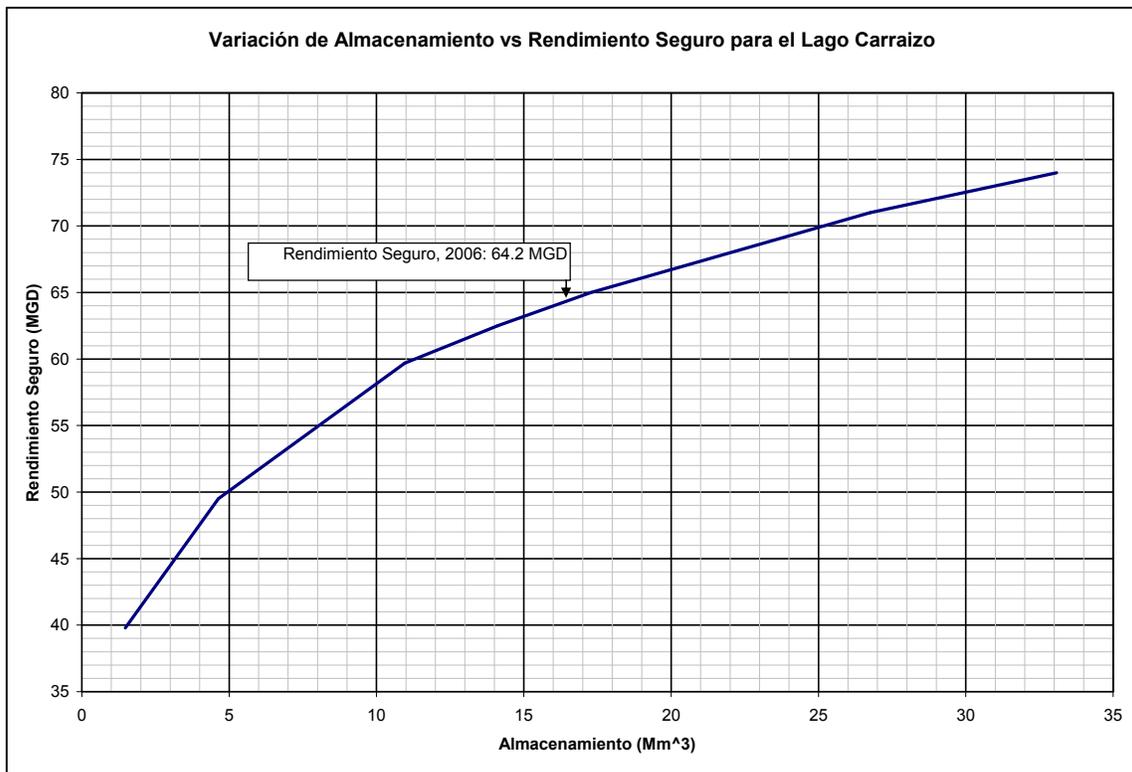


Figura 9: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Carraizo.

5.4 Lago Cidra

El lago Cidra está ubicado en el Municipio de Cidra. La estación del USGS más cercana con data continua, esta localizada en el Río Cagüitas. Las características principales del Lago Cidra se muestran a continuación en la Tabla 7.

Tabla 7: Datos del Lago Cidra.

Longitud de Represa (m) ^A	165
Longitud del Vertedor (m) ^A	24
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	403
Capacidad Original, 1946 (Mm ³) ^A	6.54
Capacidad en 1997 (Mm ³) ^A	5.76
Capacidad Activa/Muerta, 1997 (Mm ³) ^A	5.76/0
Perdida Anual de Capacidad (Mm ³) ^A	0.015
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm ³)	5.63
Vida Útil (Años)	375
Lago Cidra	
Área de Captación (mi ²)	8.1
Lluvia Anual Promedio (in)	65.8
Caudal Promedio Estimado (cfs)	15.7
Estación del USGS: 50055100	
Área de Captación (mi ²)	5.3
Lluvia Anual Promedio	69.7
Caudal Promedio Estimado (cfs)	11.9
Factor de Ajuste, I	1.3

^A Obtenido del reporte "Sedimentation Survey of Lago Cidra, Puerto Rico, November 1997".

La **Figura 10** muestra la curva de Nivel vs. Volumen utilizada en la simulación. Esta curva se obtuvo del reporte de sedimentación del USGS "Sedimentation Survey of Lago Cidra, Puerto Rico, November 1997". La misma se ajustó para tomar en cuenta la pérdida en volumen producida por la sedimentación en 9 años utilizando la pérdida anual de capacidad provista en el reporte del USGS para el Lago Cidra.

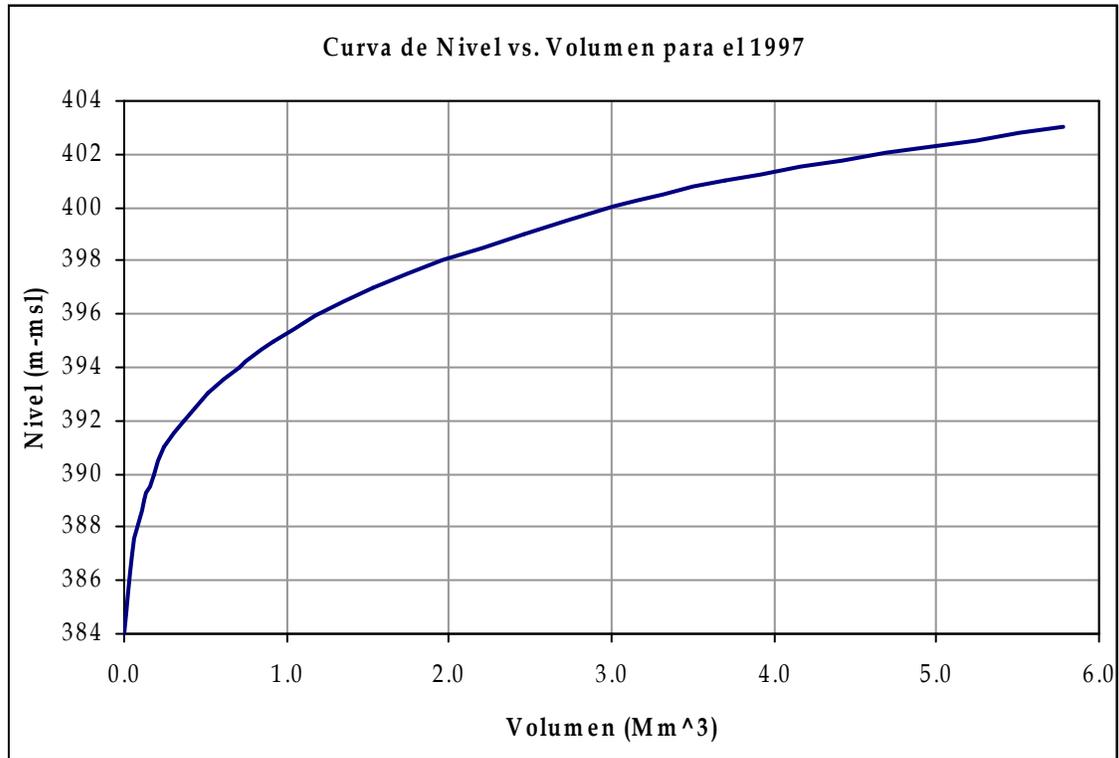


Figura 10: Curva de nivel vs volumen para el Lago Cidra.

El análisis de simulación resulto en un rendimiento seguro de 4.7 MGD. La **Figura 11** muestra el comportamiento del nivel del lago a lo largo de la simulación. La **Figura 12** muestra la variación del rendimiento seguro vs el volumen de almacenamiento.

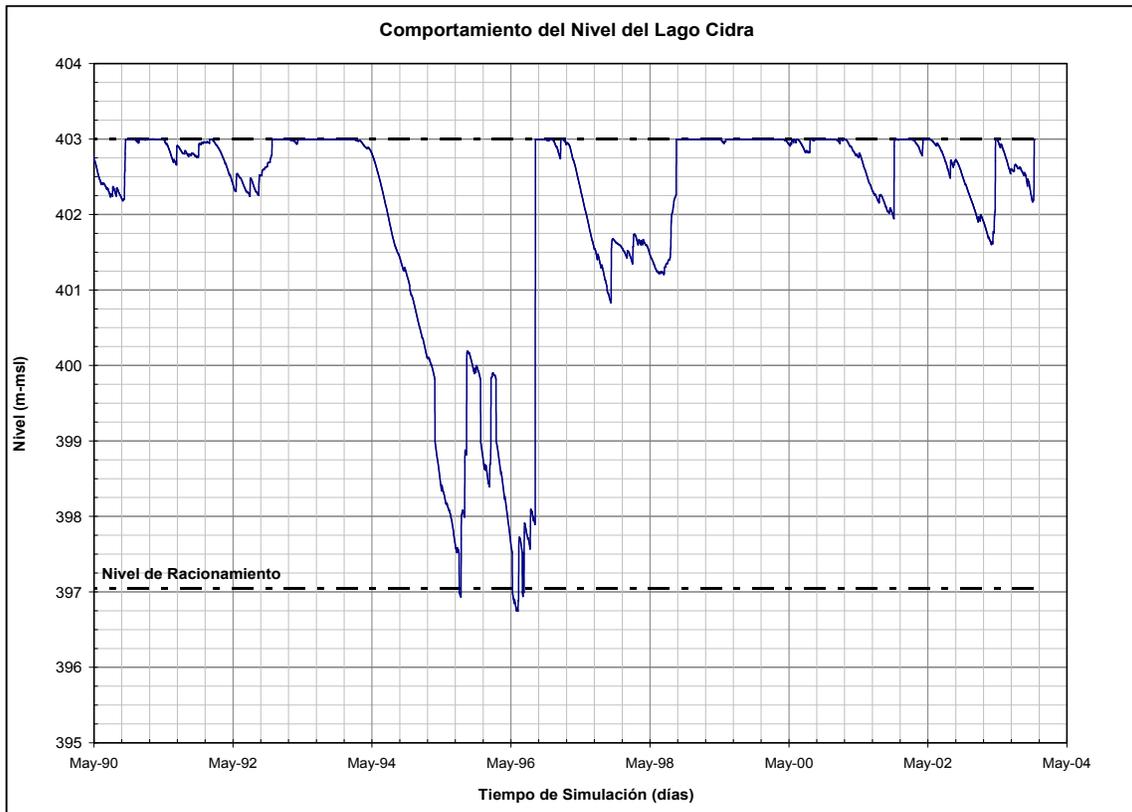


Figura 11: Comportamiento de nivel para el Lago Cidra., resultante del análisis de rendimiento.

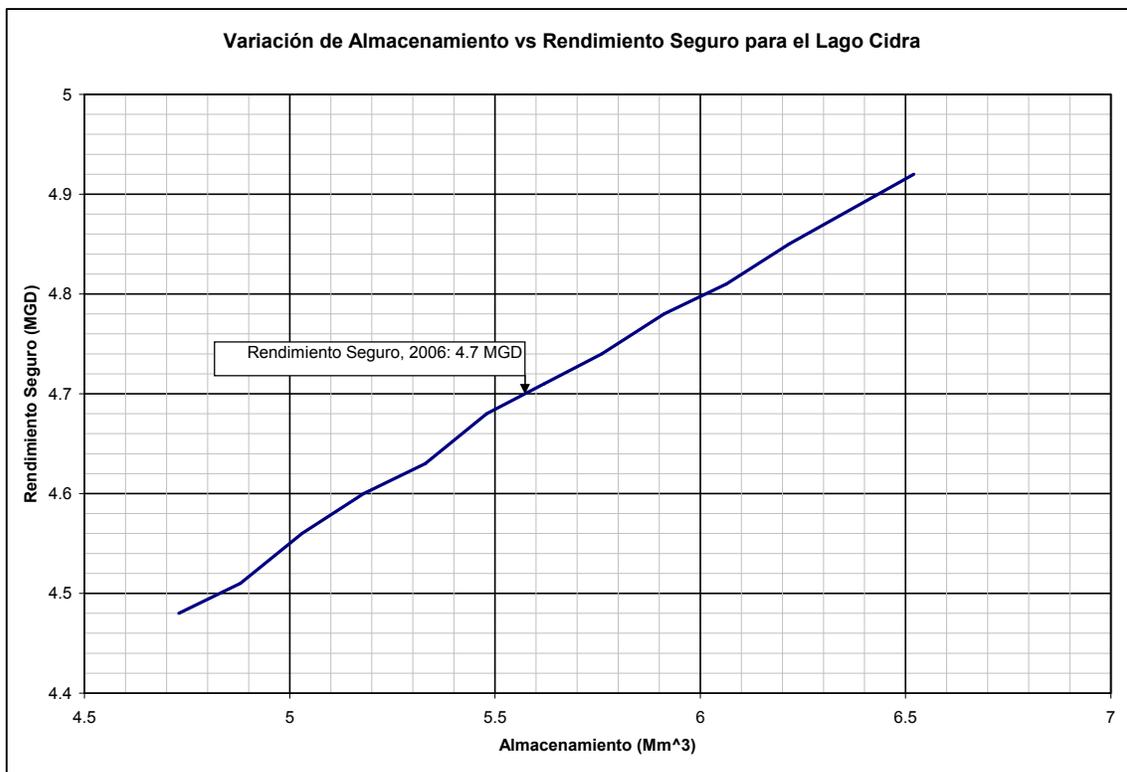


Figura 12: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Cidra.

5.5 Lago Garzas

El lago Garzas está ubicado en el Municipio de Adjuntas. La estación del USGS más cercana con data continua es la estación 50025155 localizada en el Río Saliente. Las características principales del Lago Garzas se muestran a continuación en la Tabla 8.

Tabla 8: Datos del Lago Garzas.

Longitud de Represa (m) ^A	277.4
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	36.1
Capacidad en 1943 (Mm3) ^A	5.8
Capacidad en 1996 (Mm3) ^A	5.11
Capacidad Activa/Muerta, 1996 (Mm ³) ^A	4.96/0.15
Perdida Anual de Capacidad (Mm3) ^A	0.013
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm3)	5.0
Capacidad Activa/Muerta, 2006 (Mm ³)	4.9/0.10
Vida Útil (Años)	384
Lago Garzas	
Área de Captación (mi2)	6.12
Lluvia Anual Promedio (in)	92.2
Caudal Promedio Estimado (cfs)	22.5
Estación del USGS: 50025155	
Área de Captación (mi2)	9.2
Lluvia Anual Promedio	93
Caudal Promedio Estimado (cfs)	32
Factor de Ajuste, I	0.7

^A Obtenido del reporte "Sedimentation Survey of Lago Garzas, Puerto Rico, September 1996".

La **Figura 13** muestra la curva de Nivel vs. Volumen utilizada en la simulación. Esta curva se obtuvo del reporte de sedimentación del USGS "Sedimentation Survey of Lago

Garzas, Puerto Rico, September 1996". La misma se ajusto para tomar en cuenta la perdida en volumen producida por la sedimentación en 10 años, utilizando la perdida anual de capacidad provista en el reporte del USGS.



Figura 13: Curva de nivel vs volumen para el Lago Garzas.

El análisis de simulación resulto en un rendimiento seguro de 7.1 MGD. La **Figura 14** muestra el comportamiento del nivel del lago a lo largo de la simulación. La **Figura 15** muestra la variación del rendimiento seguro vs el volumen de almacenamiento.

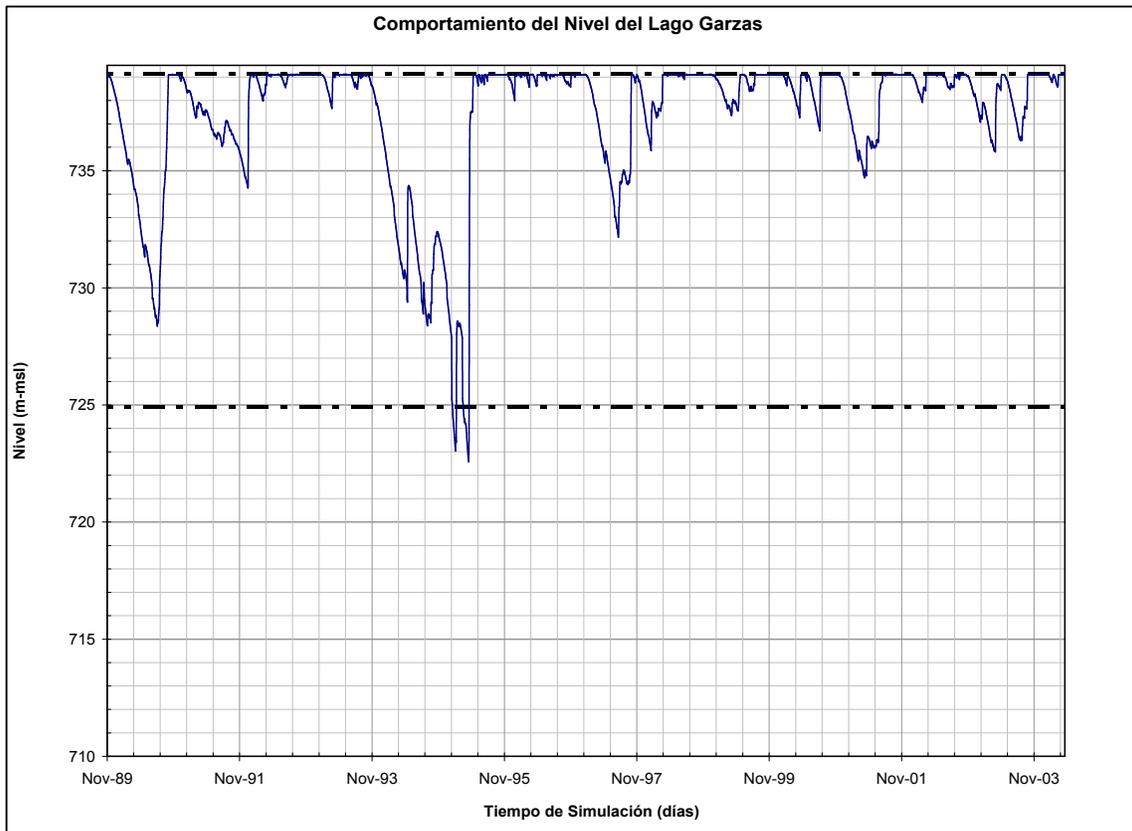


Figura 11: Comportamiento de nivel para el Lago Cidra., resultante del análisis de rendimiento.

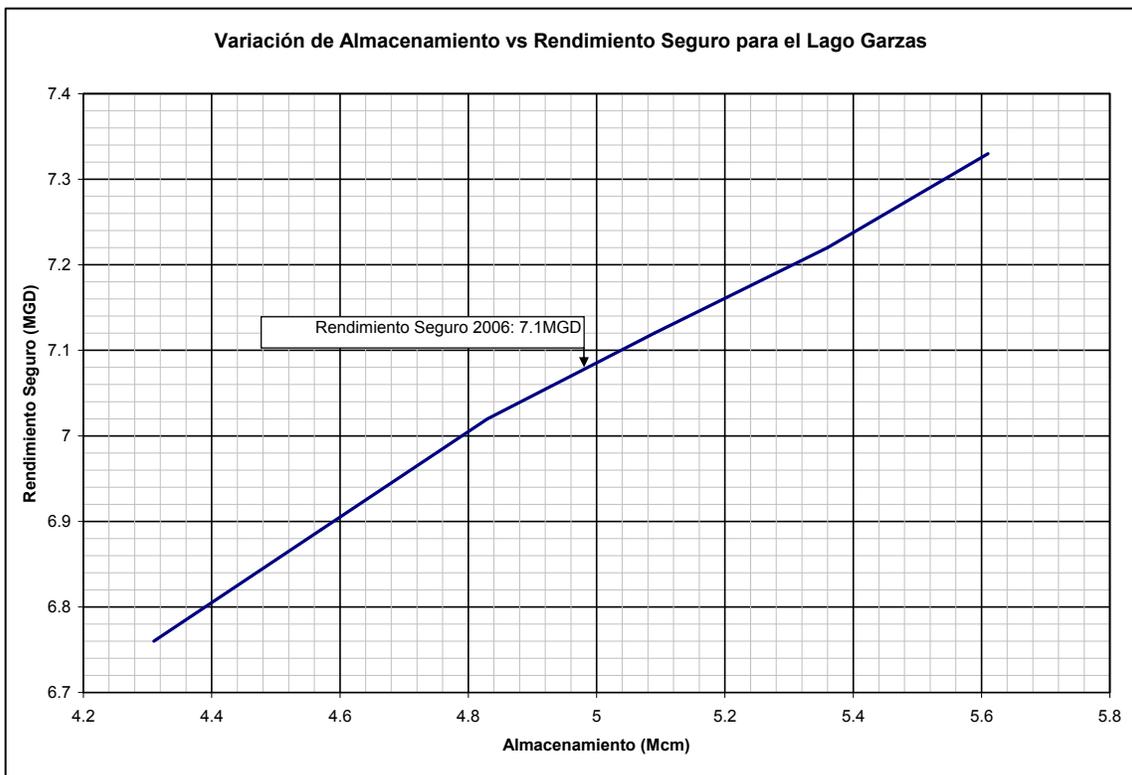


Figura 15: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Garzas.

5.6 Lago Guajataca

El lago Guajataca está ubicado en el Municipio de Quebradillas. La estación del USGS más cercana con data continua es la estación 50010500 localizada en el Río Guajataca. Las características principales del Lago Guajataca se muestran a continuación en la **Tabla 9**.

Tabla 9: Datos del Lago Guajataca.

Longitud de Represa (m) ^A	316
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	196.9
Capacidad en 1928 (Mm ³) ^A	48.46
Capacidad en 1999 (Mm ³) ^A	42.28
Capacidad Activa/Muerta, 1999 (Mm ³) ^A	37.48/4.8
Perdida Anual de Capacidad (Mm ³) ^A	0.087
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm ³)	41.70
Capacidad Activa/Muerta, 2006 (Mm ³)	37.2/4.45
Vida Útil (Años)	479
Lago Guajataca	
Área de Captación (mi ²)	36.2
Lluvia Anual Promedio (in)	94
Caudal Promedio Estimado (cfs)	102.8
Estación del USGS: 50010500	
Área de Captación (mi ²)	3.16
Lluvia Anual Promedio	94.5
Caudal Promedio Estimado (cfs)	8.3
Factor de Ajuste, I	12.4

^A Obtenido del reporte "Sedimentation Survey of Lago Guajataca, Puerto Rico, September 1999".

La **Figura 16** muestra la curva de Nivel vs. Volumen utilizada en la simulación. Esta curva se obtuvo del reporte de sedimentación del USGS "Sedimentation Survey of Lago Guajataca, Puerto Rico, September 1999". La misma se ajustó para tomar en cuenta la

perdida en volumen producida por la sedimentación en 7 años, utilizando la pérdida anual de capacidad provista en el reporte del USGS.

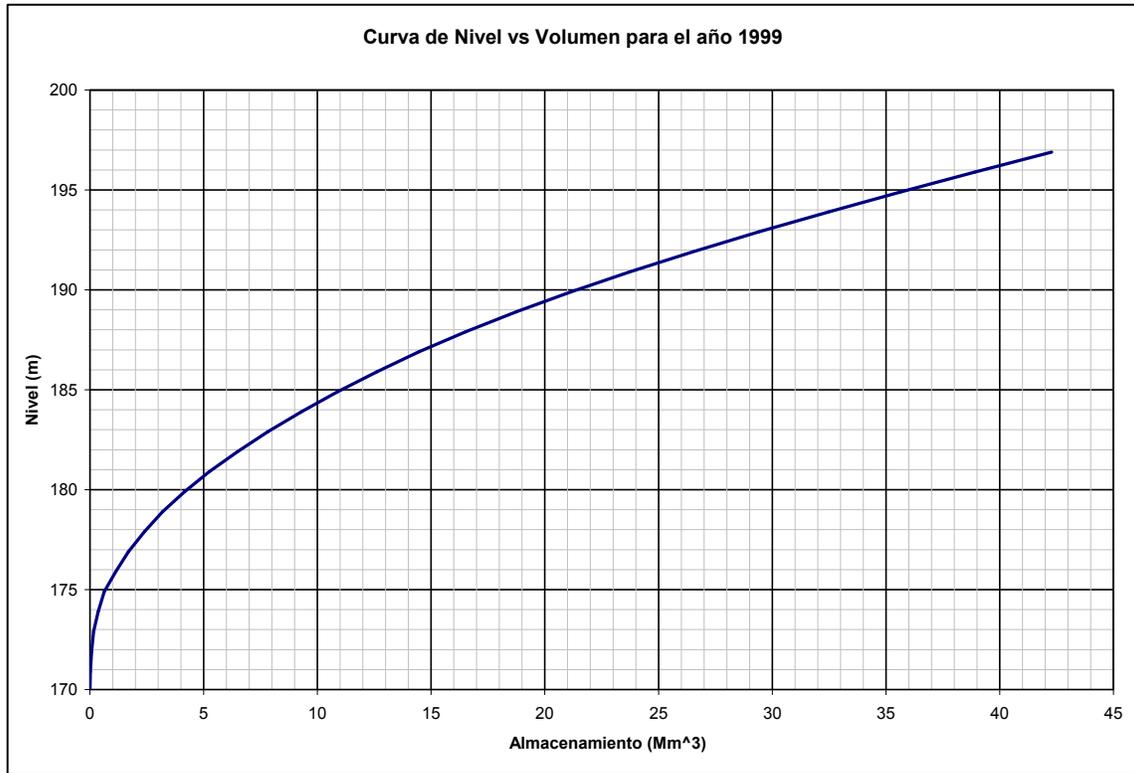


Figura 16: Curva de nivel vs volumen para el Lago Gaujataca.

El análisis de simulación resulto en un rendimiento seguro de 7.1 MGD. La **Figura 17** muestra el comportamiento del nivel del lago a lo largo de la simulación. La **Figura 18** muestra la variación del rendimiento seguro vs el volumen de almacenamiento.

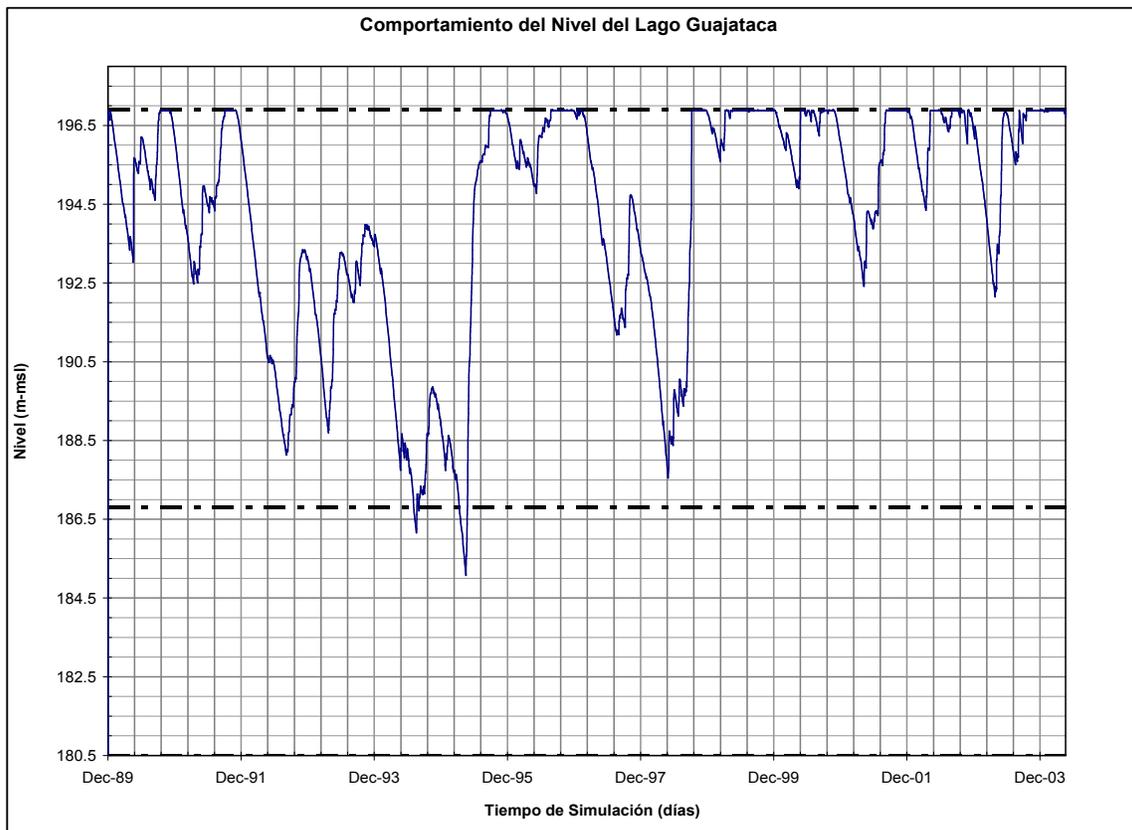


Figura 17: Comportamiento de nivel para el Lago Gaujataka, resultante del análisis de rendimiento.

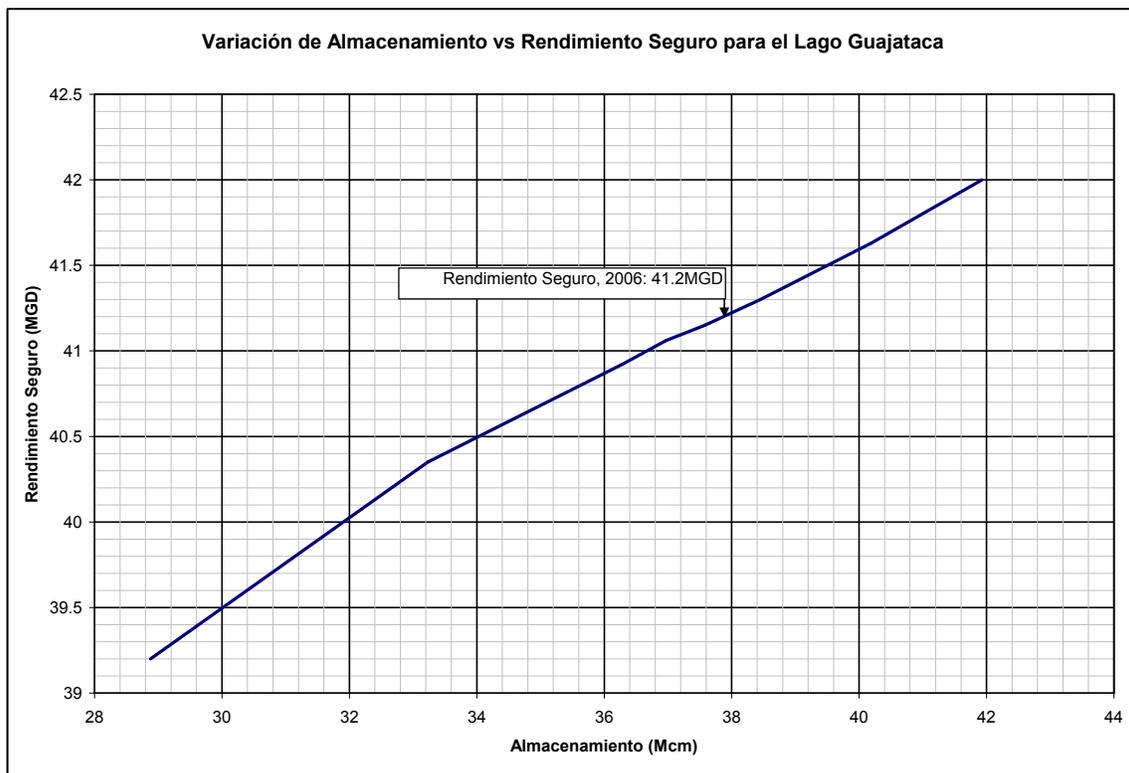


Figura 18: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Gaujataka.

5.7 Lago El Guineo

Lago El Guineo está ubicado en el Municipio de Villalba. La estación del USGS más cercana con data continua es la estación 50025155 localizada en el Río Saliente. Las características principales del Lago El Guineo se muestran a continuación en la **Tabla 10**.

Tabla 10: Datos del Lago El Guineo.

Longitud de Represa (m) ^A	-
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	902.21
Capacidad Original, 1931 (Mm ³) ^A	2.29
Capacidad en 2001 (Mm ³) ^A	1.89
Capacidad Activa/Muerta, 2001 (Mm ³) ^A	1.89/0
Perdida Anual de Capacidad (Mm ³) ^A	0.0057
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm ³)	1.86
Capacidad Activa/Muerta, 2006 (Mm ³)	1.86/0
Vida Útil (Años)	326
Lago El Guineo	
Área de Captación (mi ²)	1.65
Lluvia Anual Promedio (in)	110
Caudal Promedio Estimado (cfs)	9.0
Estación del USGS: 50025155	
Área de Captación (mi ²)	9.25
Lluvia Anual Promedio	93
Caudal Promedio Estimado (cfs)	32.0
Factor de Ajuste, I	0.28

^A Obtenido del reporte "Sedimentation Survey of Lago El Guineo, Puerto Rico, October 2001".

La **Figura 19** muestra la curva de Nivel vs. Volumen utilizada en la simulación. Esta curva se obtuvo del reporte de sedimentación del USGS “*Sedimentation Survey of Lago El Guineo, Puerto Rico, October 2001*”. La misma se ajustó para tomar en cuenta la pérdida en volumen producida por la sedimentación en 5 años utilizando la pérdida anual de capacidad provista en el reporte del USGS.

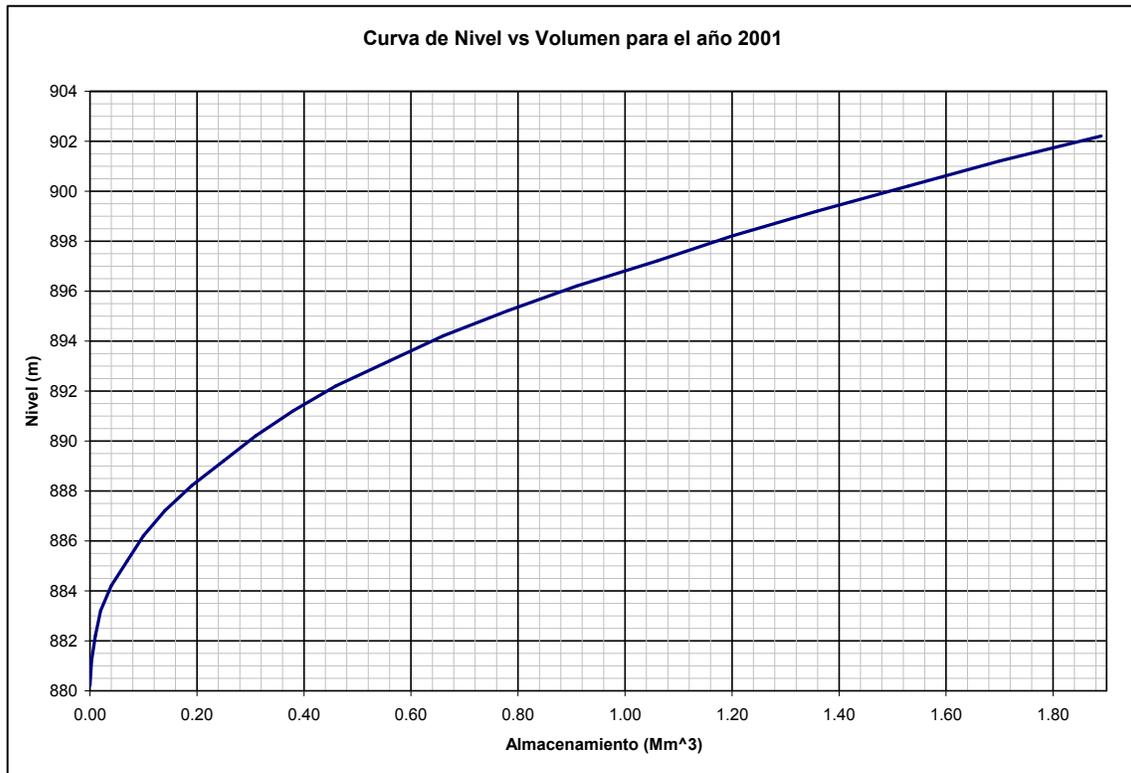


Figura 19: Curva de nivel vs volumen para el Lago El Guineo.

El volumen muerto de este lago ya está ocupado por sedimentos por lo que el volumen total es activo (utilizable).

El análisis de simulación resultó en un rendimiento seguro de 2.8 MGD. La **Figura 20** muestra el comportamiento del nivel del lago a lo largo del tiempo. La **Figura 21** muestra la variación del rendimiento seguro vs el volumen de almacenamiento.

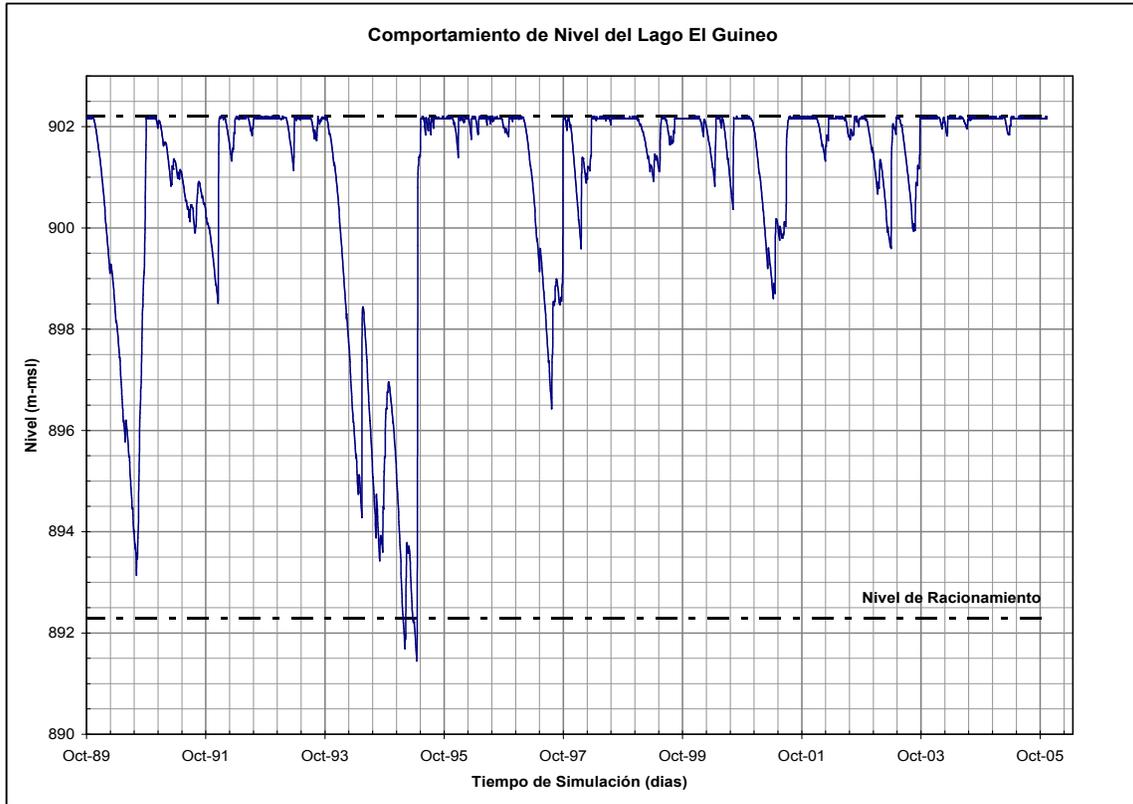


Figura 20: Comportamiento de nivel para el Lago El Guineo, resultante del análisis de rendimiento.

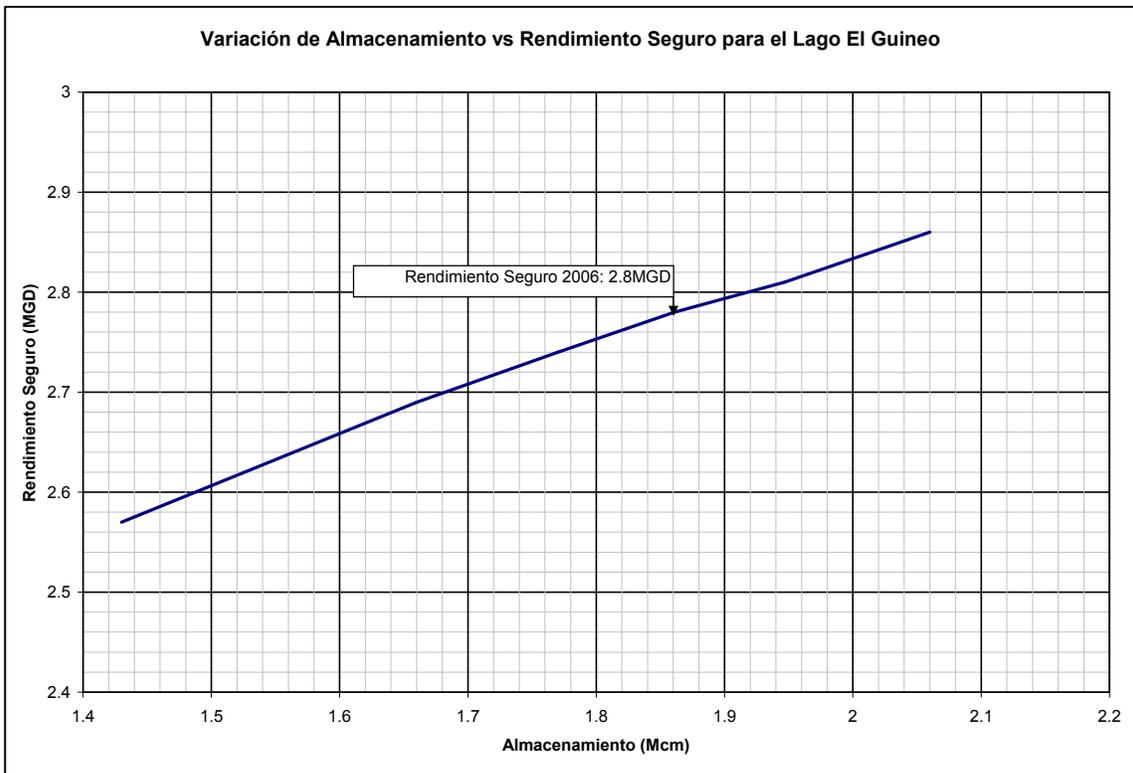


Figura 21: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago El Guineo.

5.8 Lago Matrullas

Lago Matrullas está ubicado en el Municipio de Orocovis. La estación del USGS más cercana con data continua es la estación 50043000 localizada en el Río La Plata. Las características principales del Lago Matrullas se muestran a continuación en la **Tabla 11**.

Tabla 11: Datos del Lago Matrullas.

Longitud de Represa (m) ^A	216.4
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	736.09
Capacidad Original, 1934 (Mm ³) ^A	3.71
Capacidad en 2001 (Mm ³) ^A	3.08
Capacidad Activa/Muerta, 2001 (Mm ³) ^A	3.08/0
Perdida Anual de Capacidad (Mm ³) ^A	0.0094
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm ³)	3.04
Capacidad Activa/Muerta, 2006 (Mm ³) ^A	3.04/0
Vida Útil (Años)	323
Lago Matrullas	
Área de Captación (mi ²)	4.4
Lluvia Anual Promedio (in)	78.8
Caudal Promedio Estimado (cfs)	12.4
Estación del USGS: 50043000	
Área de Captación (mi ²)	16.7
Lluvia Anual Promedio	78.5
Caudal Promedio Estimado (cfs)	37.8
Factor de Ajuste, I	0.33

^A Obtenido del reporte "Sedimentation Survey of Lago Matrullas, Puerto Rico, December 2001".

La **Figura 22** muestra la curva de Nivel vs. Volumen utilizada en la simulación. Esta curva se obtuvo del reporte de sedimentación del USGS "Sedimentation Survey of Lago Matrullas, Puerto Rico, December 2001". La misma se ajustó para tomar en cuenta la pérdida en volumen producida por la sedimentación en 5 años utilizando la pérdida anual de capacidad provista en el reporte del USGS.

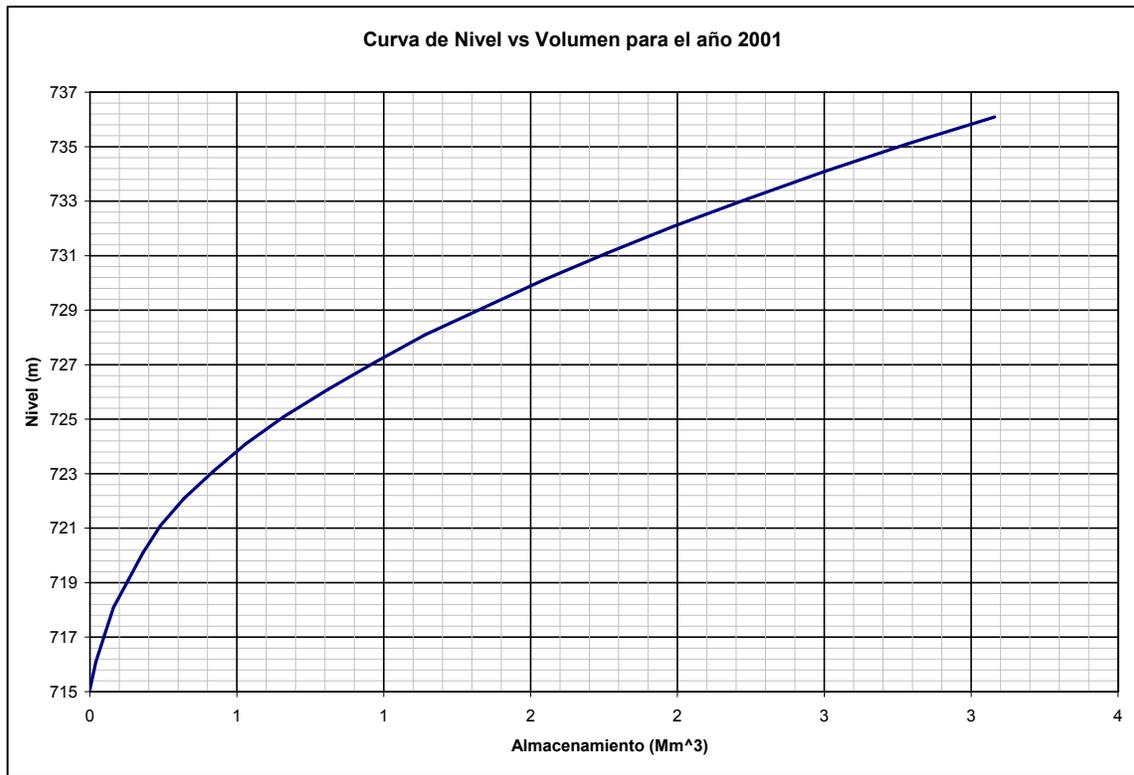


Figura 22: Curva de nivel vs volumen para el Lago Matrullas.

El análisis de simulación resultó en un rendimiento seguro de 2.8 MGD. La **Figura 23** muestra el comportamiento del nivel del lago a lo largo del tiempo. La **Figura 24** muestra la variación del rendimiento seguro vs el volumen de almacenamiento.

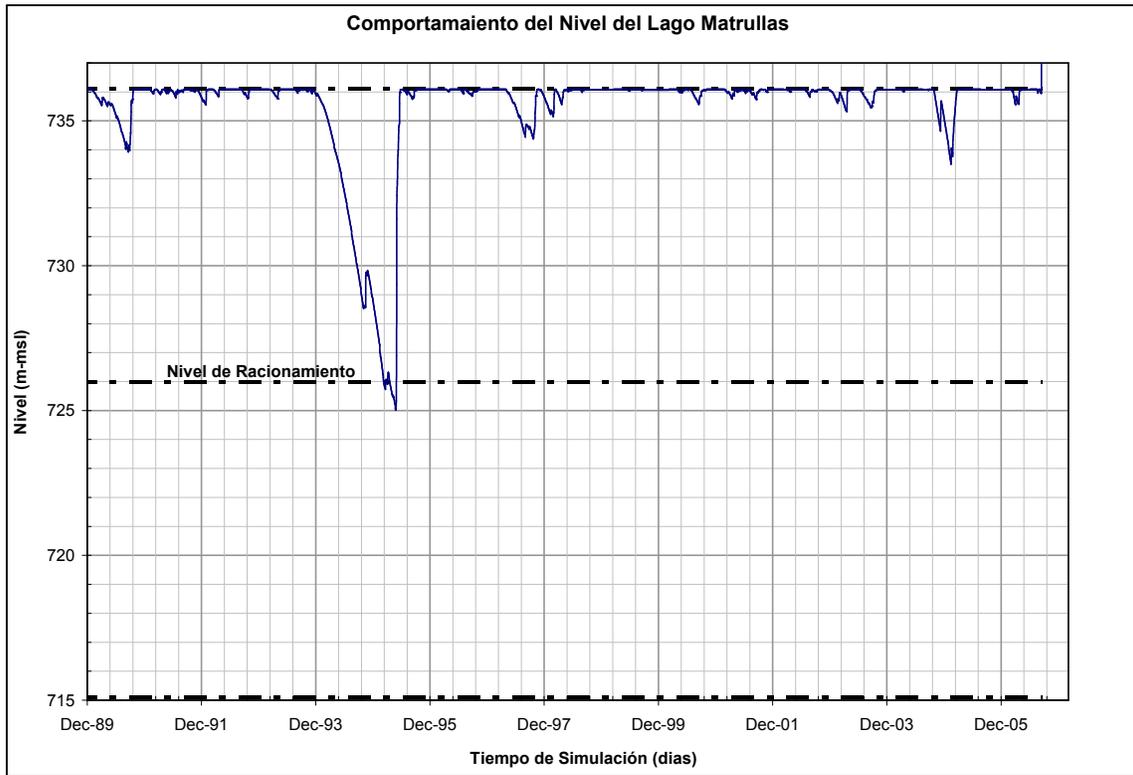


Figura 23: Comportamiento de nivel para el Lago Matrullas, resultante del análisis de rendimiento.

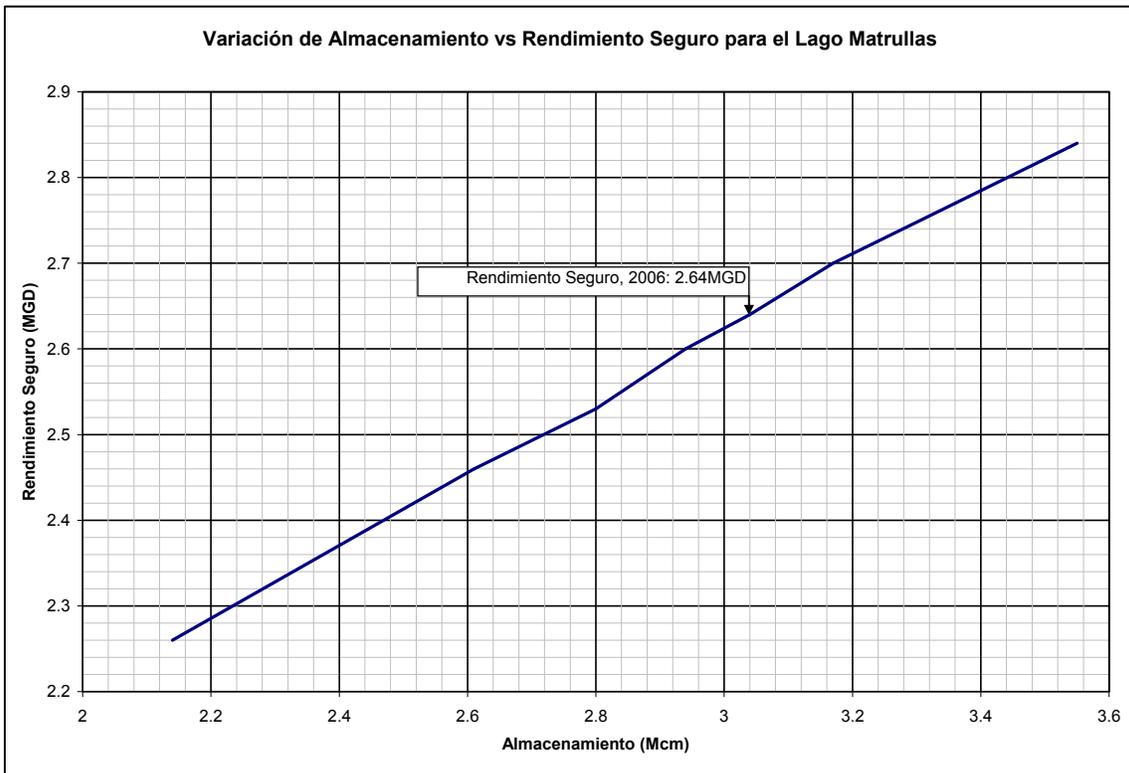


Figura 24: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Matrullas.

5.9 Lago Guayabal

Lago Guayabal está ubicado en el Municipio de Juana Díaz. La estación del USGS más cercana con data continua es la estación 50110900 localizada en el Río Toa Vaca. Las características principales del Lago Guayabal se muestran a continuación en la **Tabla 12**.

Tabla 12: Datos del Lago Guayabal.

Longitud de Represa (m) ^A	602.9
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	100.89
Capacidad Original, 1913 (Mm ³) ^A	11.82
Capacidad en 2001 (Mm ³) ^A	6.12
Capacidad Activa/Muerta, 2001 (Mm ³) ^A	6.12/0
Perdida Anual de Capacidad (Mm ³) ^A	0.061
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm ³)	5.81
Capacidad Activa/Muerta, 2006 (Mm ³) ^A	5.81/0
Vida Util (Años)	95
Lago Guayabal	
Área de Captación (mi ²)	21.1
Lluvia Anual Promedio (in)	68.5
Caudal Promedio Estimado (cfs)	40
Estación del USGS: 50110900	
Área de Captación (mi ²)	14.2
Lluvia Anual Promedio	61
Caudal Promedio Estimado (cfs)	24.2
Factor de Ajuste, I	1.6

^A Obtenido del reporte "Sedimentation Survey of Lago Guayabal, Puerto Rico, December 2001".

La **Figura 25** muestra la curva de Nivel vs. Volumen utilizada en la simulación. Esta curva se obtuvo del reporte de sedimentación del USGS "Sedimentation Survey of Lago Guayabal, Puerto Rico, December 2001". La misma se ajustó para tomar en cuenta la pérdida en volumen producida por la sedimentación en 5 años utilizando la pérdida anual de capacidad provista en el reporte del USGS.

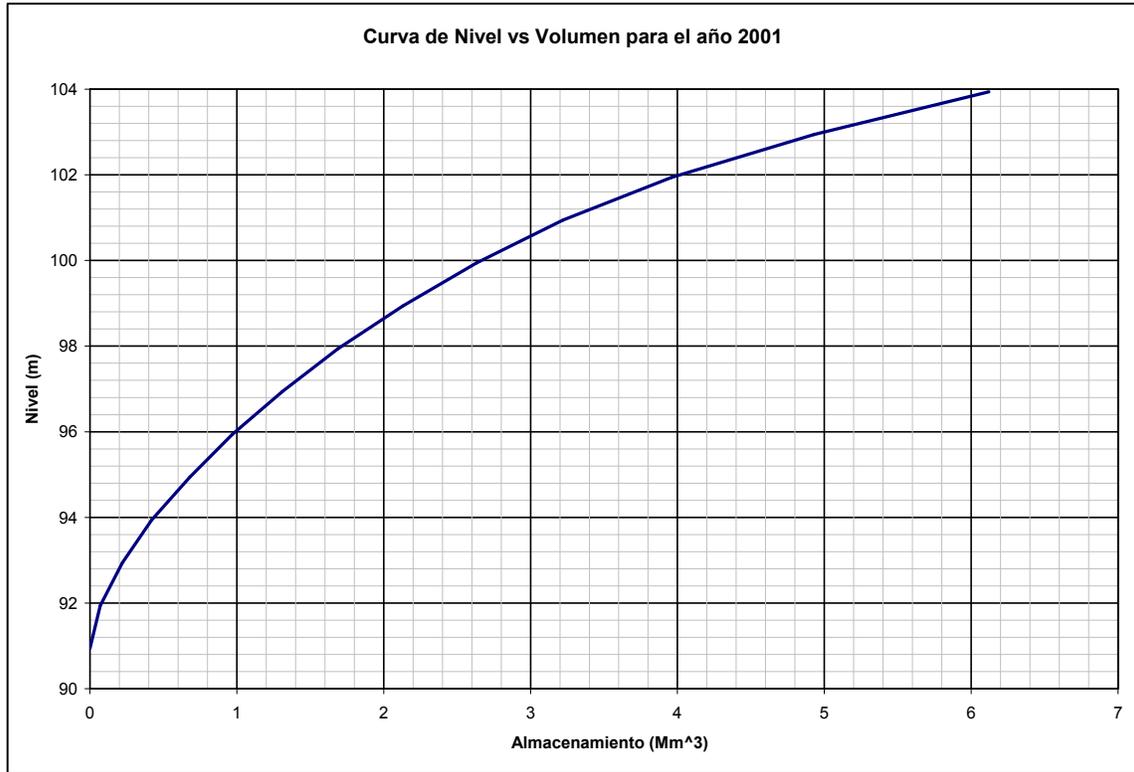


Figura 25: Curva de nivel vs volumen para el Lago Guayabal

El análisis de simulación resultó en un rendimiento seguro de 2.8 MGD. La **Figura 26** muestra el comportamiento del nivel del lago a lo largo del tiempo. La **Figura 27** muestra la variación del rendimiento seguro vs el volumen de almacenamiento.

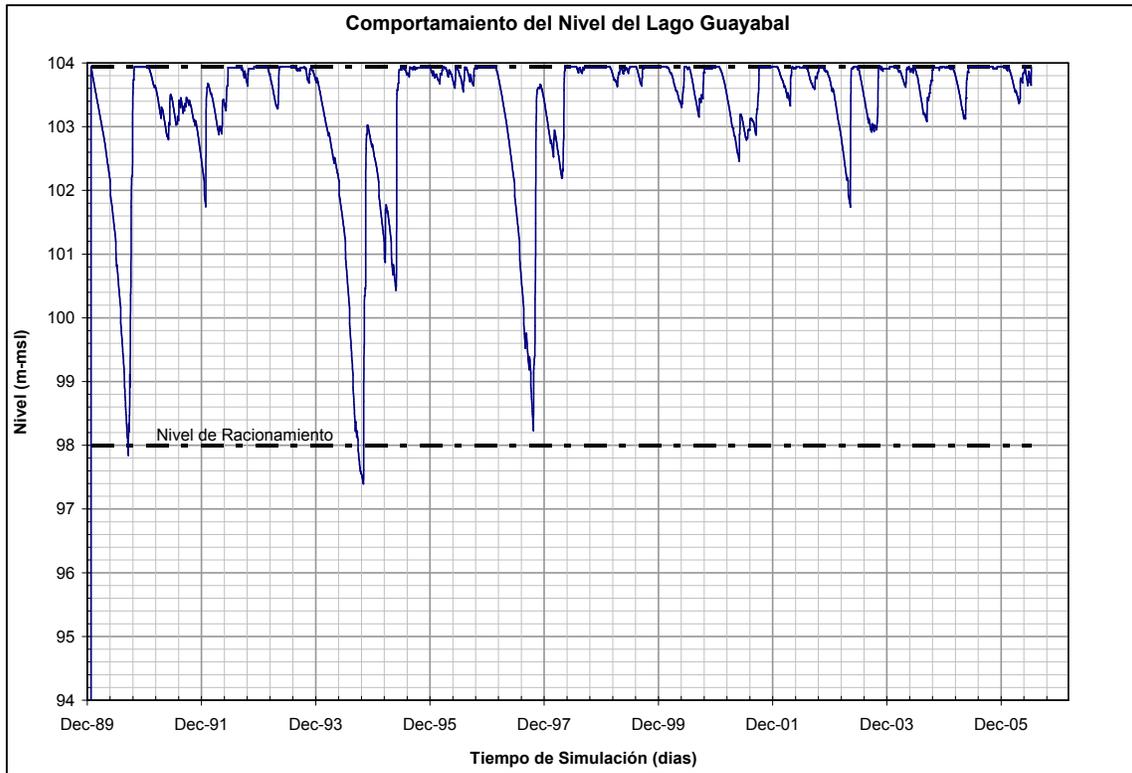


Figura 26: Comportamiento de nivel para el Lago Guayabal, resultante del análisis de rendimiento.

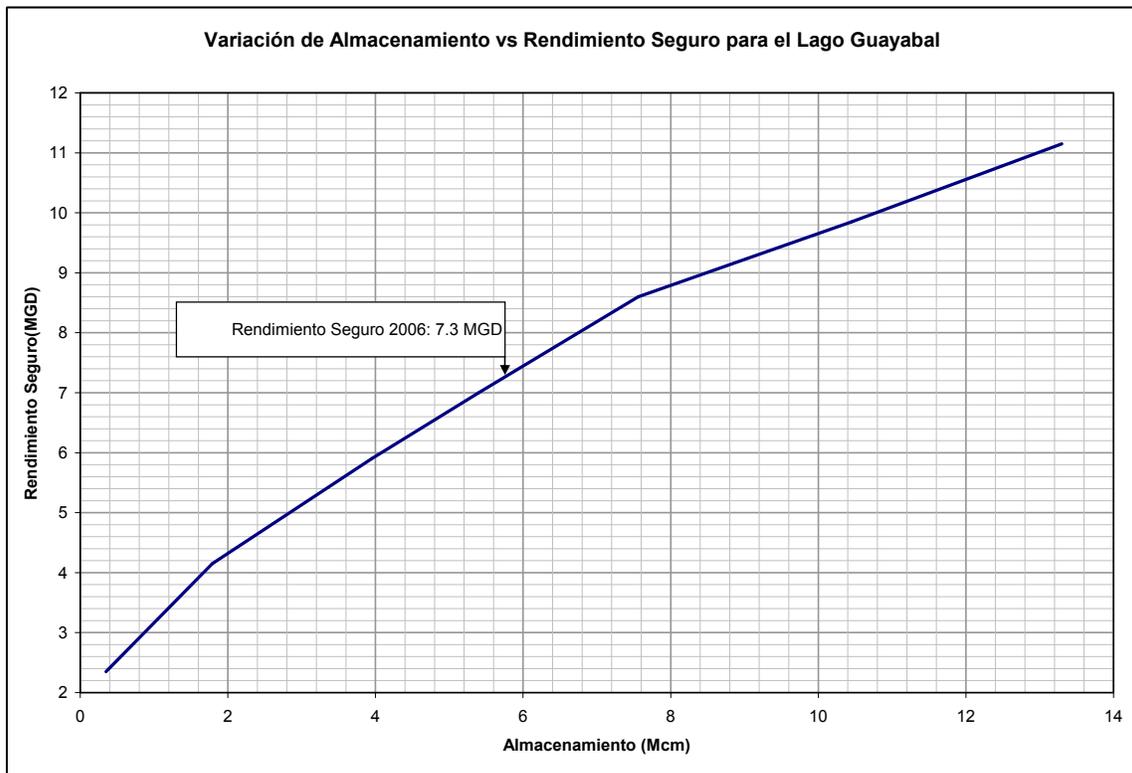


Figura 27: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Guayabal

5.10 Lago La Plata

Lago La Plata está ubicado en el Municipio de Toa Alta. La estación del USGS más cercana con data continua es la estación 50043800 localizada en el Río La Plata. Las características principales del Lago La Plata se muestran a continuación en la Tabla 13.

Tabla 13: Datos del Lago La Plata.

Longitud de Represa (m) ^A	235.9
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	47.12
Capacidad Original, 1974 (Mm ³) ^A	40.21
Capacidad en 1998 (Mm ³) ^A	35.46
Capacidad Activa/Muerta, 1998 (Mm ³) ^A	35.46/0
Perdida Anual de Capacidad (Mm ³) ^A	0.2
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm ³)	33.9
Capacidad Activa/Muerta, 2006 (Mm ³)	33.9/0
Vida Util (Años)	170
Lago La Plata	
Área de Captación (mi ²)	180.5
Lluvia Anual Promedio (in)	65.2
Caudal Promedio Estimado (cfs)	231.3
Estación del USGS: 50043800	
Área de Captación (mi ²)	108.5
Lluvia Anual Promedio	64.8
Caudal Promedio Estimado (cfs)	147.7
Factor de Ajuste, I	1.6

^A Obtenido del reporte "Sedimentation Survey of Lago La Plata, Puerto Rico, October 1998".

La **Figura 28** muestra la curva de Nivel vs. Volumen utilizada en la simulación. Esta curva se obtuvo del reporte de sedimentación del USGS "Sedimentation Survey of Lago La Plata, Puerto Rico, October 1998". La misma se ajustó para tomar en cuenta la pérdida en volumen producida por la sedimentación en 8 años utilizando la pérdida anual de capacidad provista en el reporte del USGS.

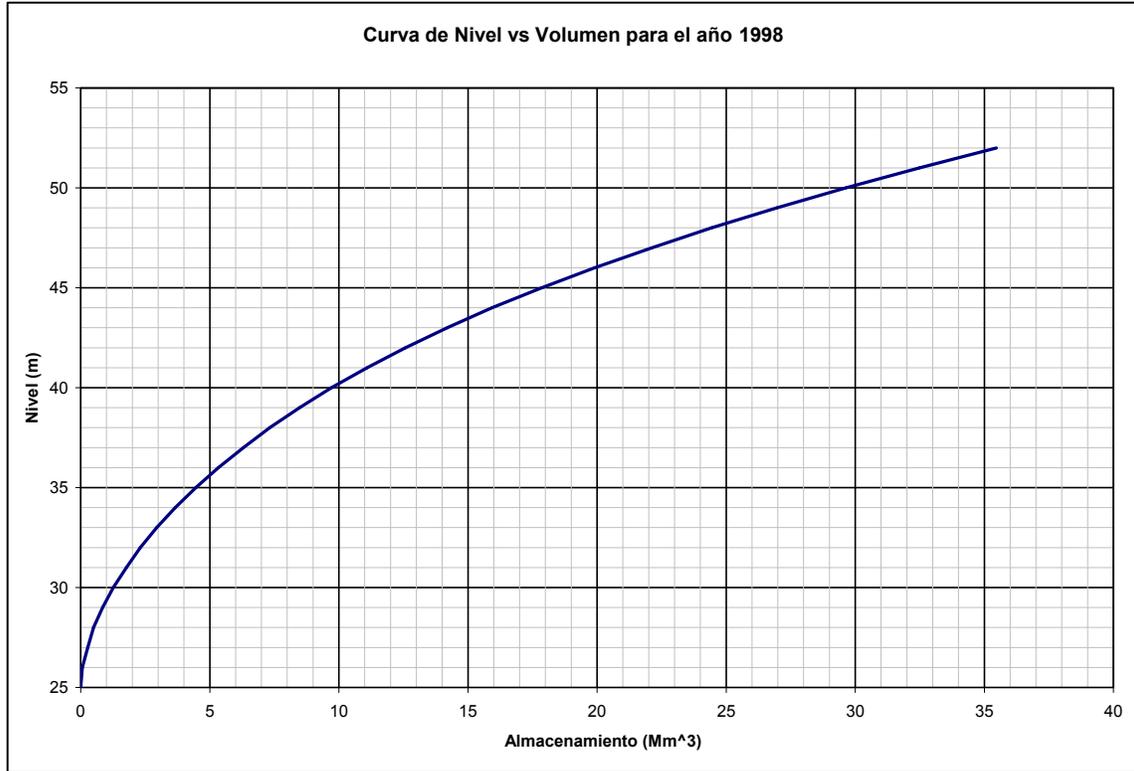


Figura 28: Curva de nivel vs volumen para el Lago La Plata.

El análisis de simulación resultó en un rendimiento seguro de 50.2 MGD. La **Figura 29** muestra el comportamiento del nivel del lago a lo largo del tiempo. La **Figura 30** muestra la variación del rendimiento seguro vs el volumen de almacenamiento.

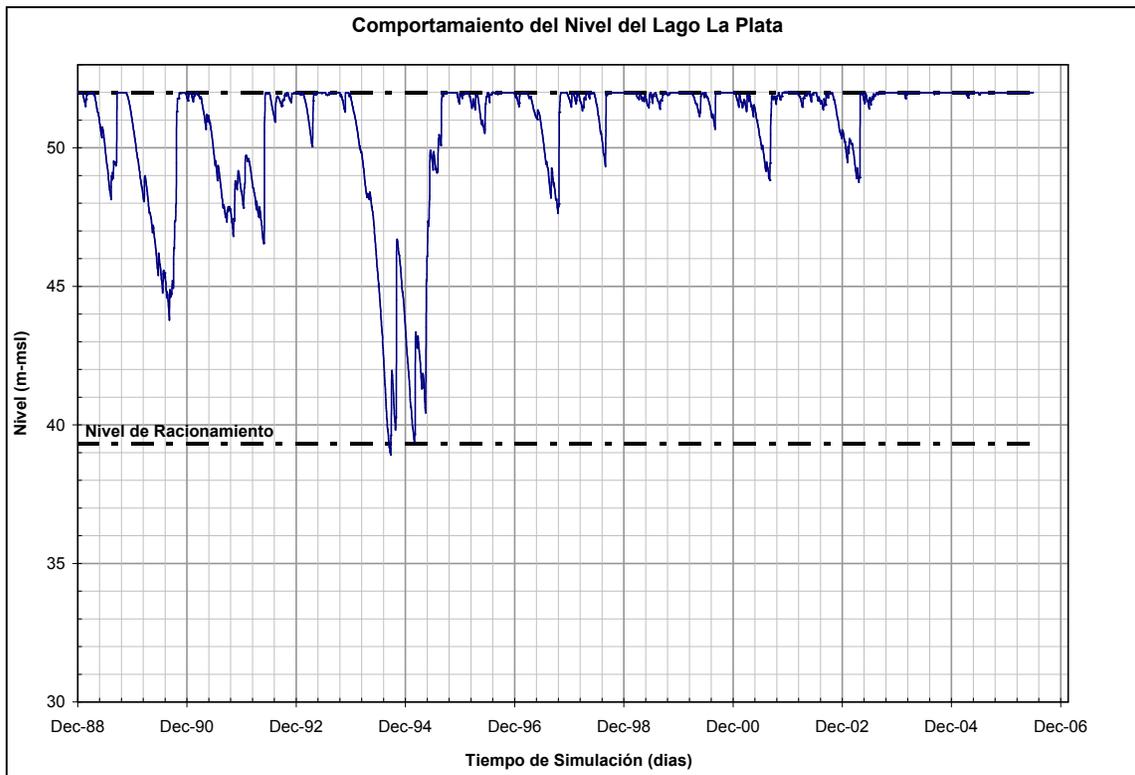


Figura 29: Comportamiento de nivel para el Lago La Plata, resultante del análisis de rendimiento.

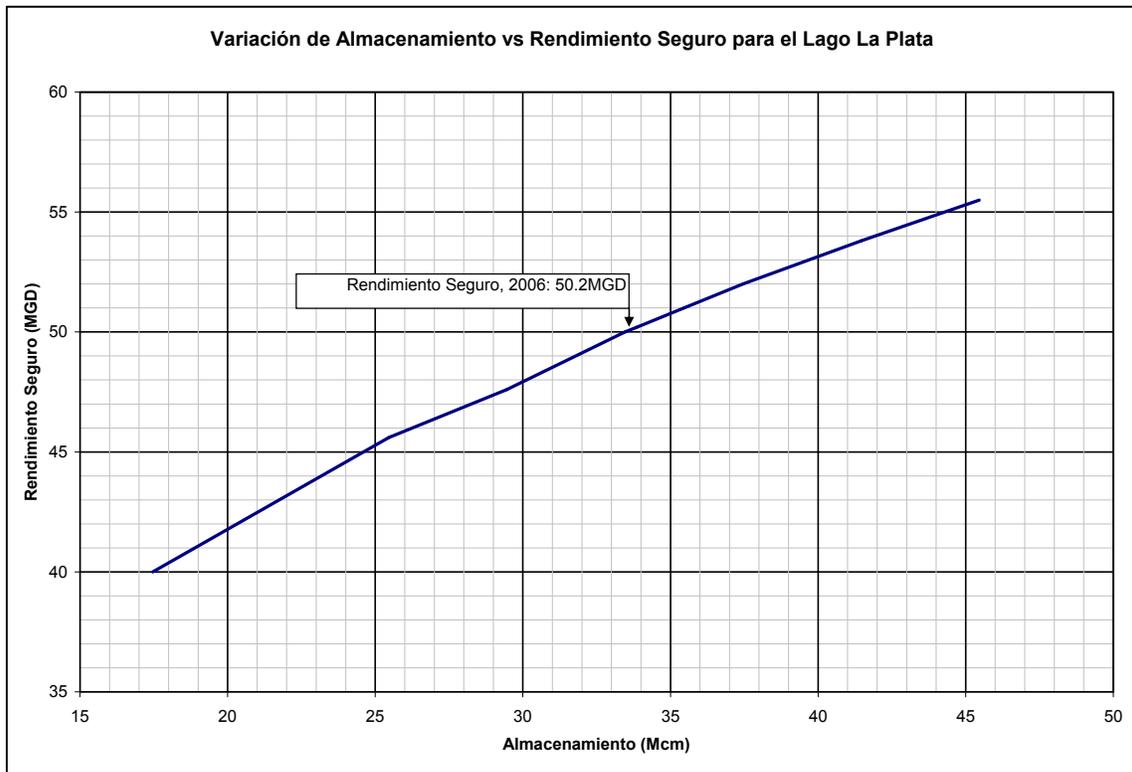


Figura 30: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago La Plata.

5.11 Lago Patillas

Lago Patillas está ubicado en el Municipio de Patillas. La estación del USGS más cercana con data continua es la estación 50092000 localizada en Río Grande de Patillas. Las características principales del Lago Patillas se muestran a continuación en la Tabla 14.

Tabla 14: Datos del Lago Patillas.

Longitud de Represa (m) ^A	325.22
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	58.22
Capacidad Original, 1961 (Mm ³) ^A	17.64
Capacidad en 1997 (Mm ³) ^A	13.84
Capacidad Activa/Muerta, 1997 (Mm ³) ^A	13.84/0
Perdida Anual de Capacidad (Mm ³) ^A	0.11
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm ³)	12.85
Capacidad Activa/Muerta, 2006 (Mm ³)	12.85/0
Vida Util (Años)	117
Lago Patillas	
Área de Captación (mi ²)	25.7
Lluvia Anual Promedio (in)	83.3
Caudal Promedio Estimado (cfs)	63.7
Estación del USGS: 50092000	
Área de Captación (mi ²)	18.3
Lluvia Anual Promedio	87.6
Caudal Promedio Estimado (cfs)	51.6
Factor de Ajuste, I	1.2

^A Obtenido del reporte "Sedimentation Survey of Lago Patillas, Puerto Rico, April 1997".

La **Figura 31** muestra la curva de Nivel vs. Volumen utilizada en la simulación. Esta curva se obtuvo del reporte de sedimentación del USGS "Sedimentation Survey of Lago Patillas, Puerto Rico, April 1997". La misma se ajustó para tomar en cuenta la pérdida en volumen producida por la sedimentación en 8 años utilizando la pérdida anual de capacidad provista en el reporte del USGS.

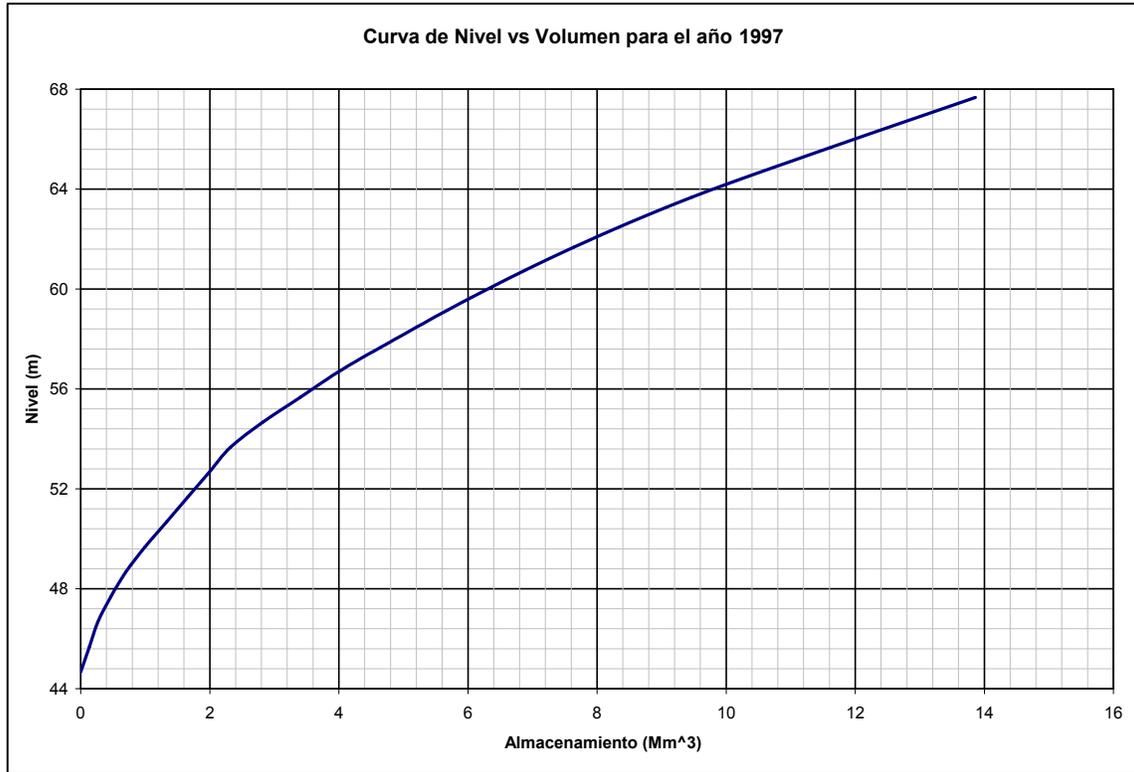


Figura 31: Curva de nivel vs volumen para el Lago Patillas.

El análisis de simulación resulto en un rendimiento seguro de 22.7 MGD. La **Figura 32** muestra el comportamiento del nivel del lago a lo largo del tiempo. La **Figura 33** muestra la variación del rendimiento seguro vs el volumen de almacenamiento.

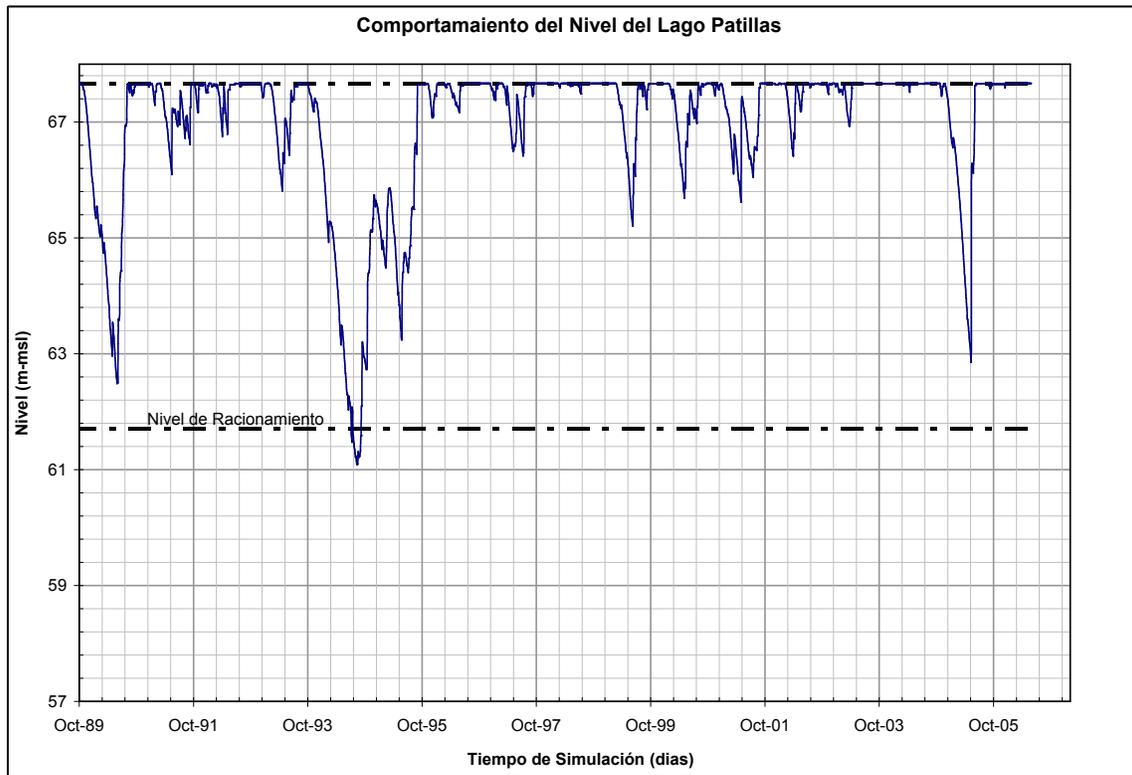


Figura 32: Comportamiento de nivel para el Lago Patillas, resultante del análisis de rendimiento.

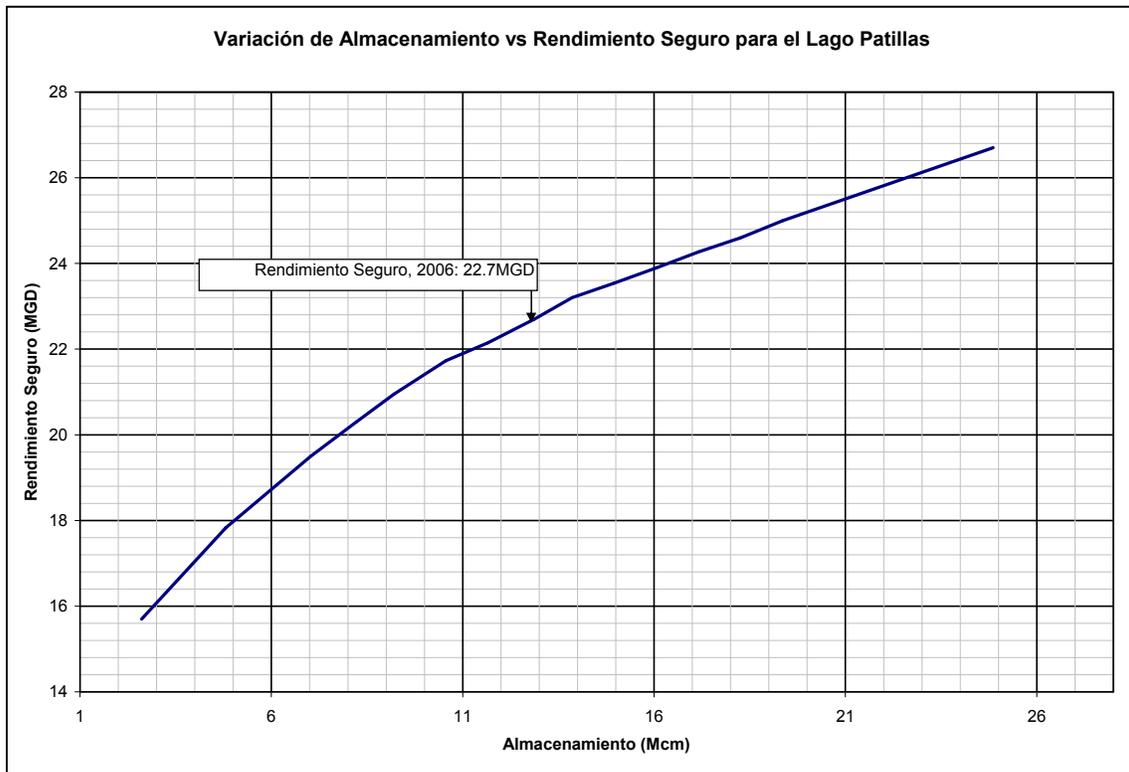


Figura 33: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Patillas.

5.12 Lago Guayo

Lago Patillas está ubicado en el Municipio de Adjuntas. La estación del USGS más cercana con data continua es la estación 50092000 localizada en Río Tanama de Patillas. Las características principales del Lago Guayo se muestran a continuación en la **Tabla 15**.

Tabla 15: Datos del Lago Guayo.

Longitud de Represa (m) ^A	169.2
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	445
Capacidad Original, 1956 (Mm ³) ^A	19.2
Capacidad en 1997 (Mm ³) ^A	16.6
Capacidad Activa/Muerta, 1997 (Mm ³) ^A	15.71/0.86
Perdida Anual de Capacidad (Mm ³) ^A	0.06
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm ³)	16.06
Capacidad Activa/Muerta, 2006 (Mm ³)	15.44/0.59
Vida Util (Años)	268
Lago Guayo	
Área de Captación (mi ²)	9.7
Lluvia Anual Promedio (in)	74
Caudal Promedio Estimado (cfs)	22.1
Estación del USGS: 50028000	
Área de Captación (mi ²)	18.4
Lluvia Anual Promedio	79.5
Caudal Promedio Estimado (cfs)	51.1
Factor de Ajuste, I	0.43

^A Obtenido del reporte "Sedimentation Survey of Lago Guayo, Puerto Rico, October 1997".

La Figura 34 muestra la curva de Nivel vs. Volumen utilizada en la simulación. Esta curva se obtuvo del reporte de sedimentación del USGS "Sedimentation Survey of Lago Guayo, Puerto Rico, October 1997". La misma se ajustó para tomar en cuenta la pérdida en

volumen producida por la sedimentación en 9 años utilizando la pérdida anual de capacidad provista en el reporte del USGS.

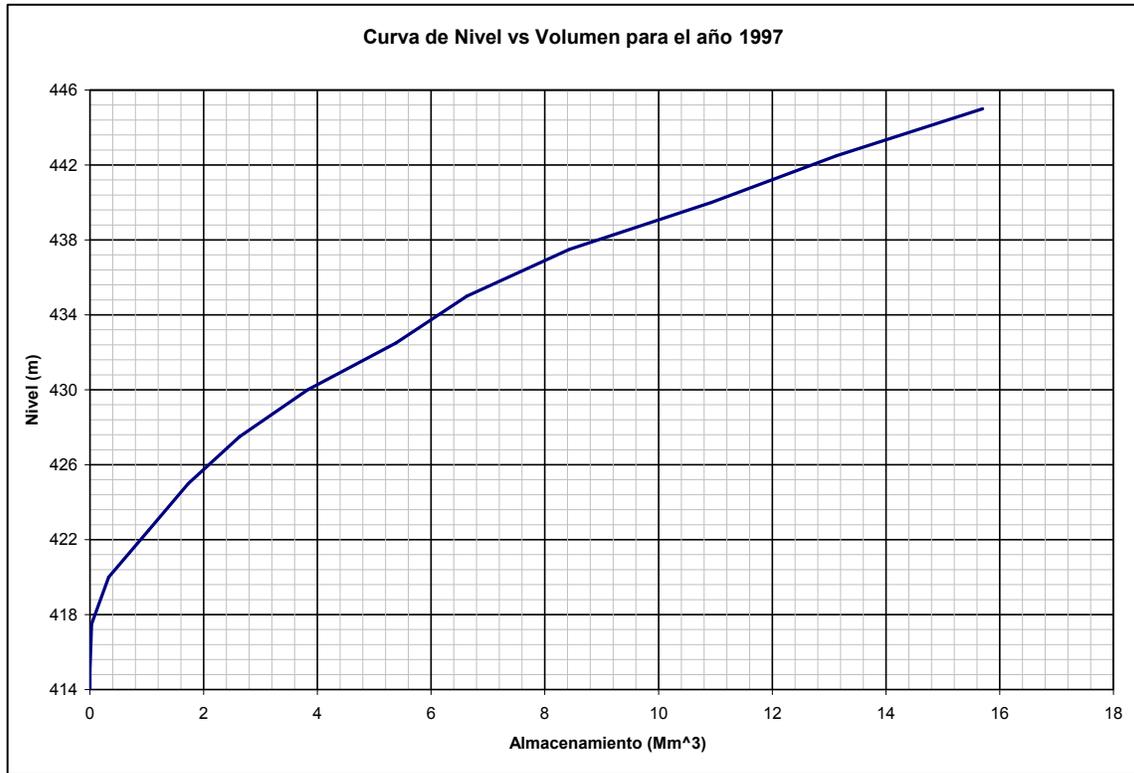


Figura 34: Curva de nivel vs volumen para el Lago Guayo.

El análisis de simulación resultó en un rendimiento seguro de 11.9 MGD. La **Figura 35** muestra el comportamiento del nivel del lago a lo largo del tiempo. La **Figura 36** muestra la variación del rendimiento seguro vs el volumen de almacenamiento.

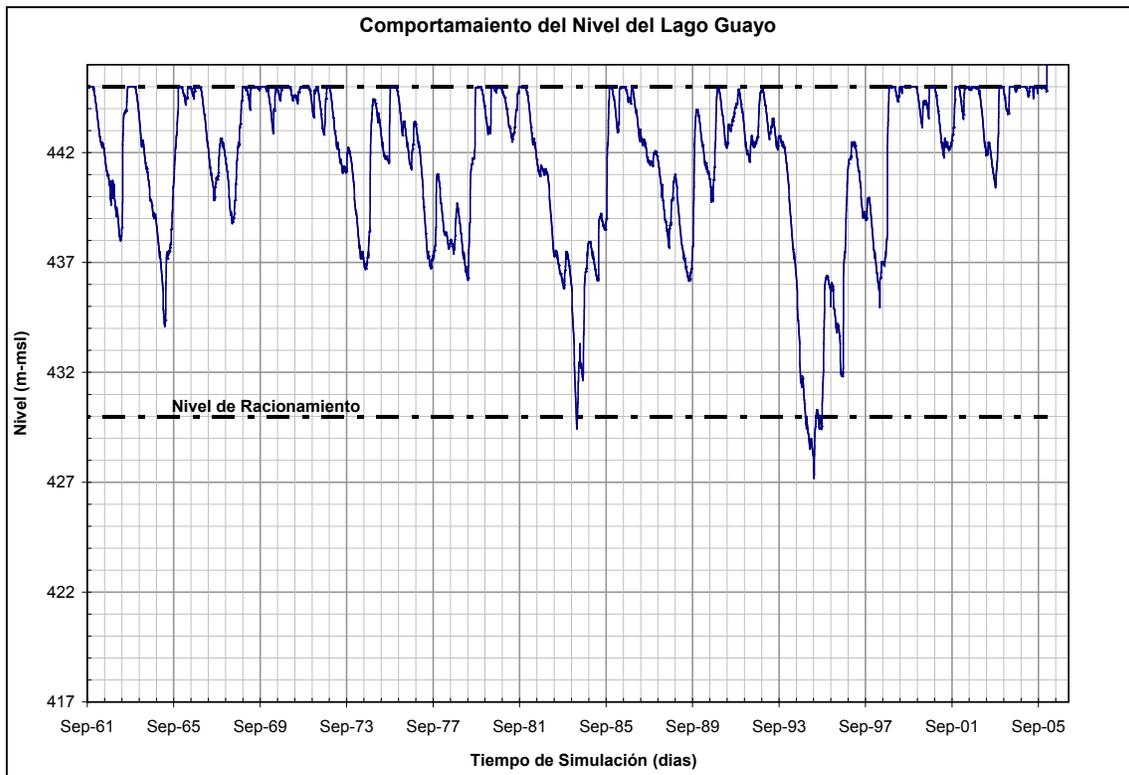


Figura 35: Comportamiento de nivel para el Lago Guayo, resultante del análisis de rendimiento.

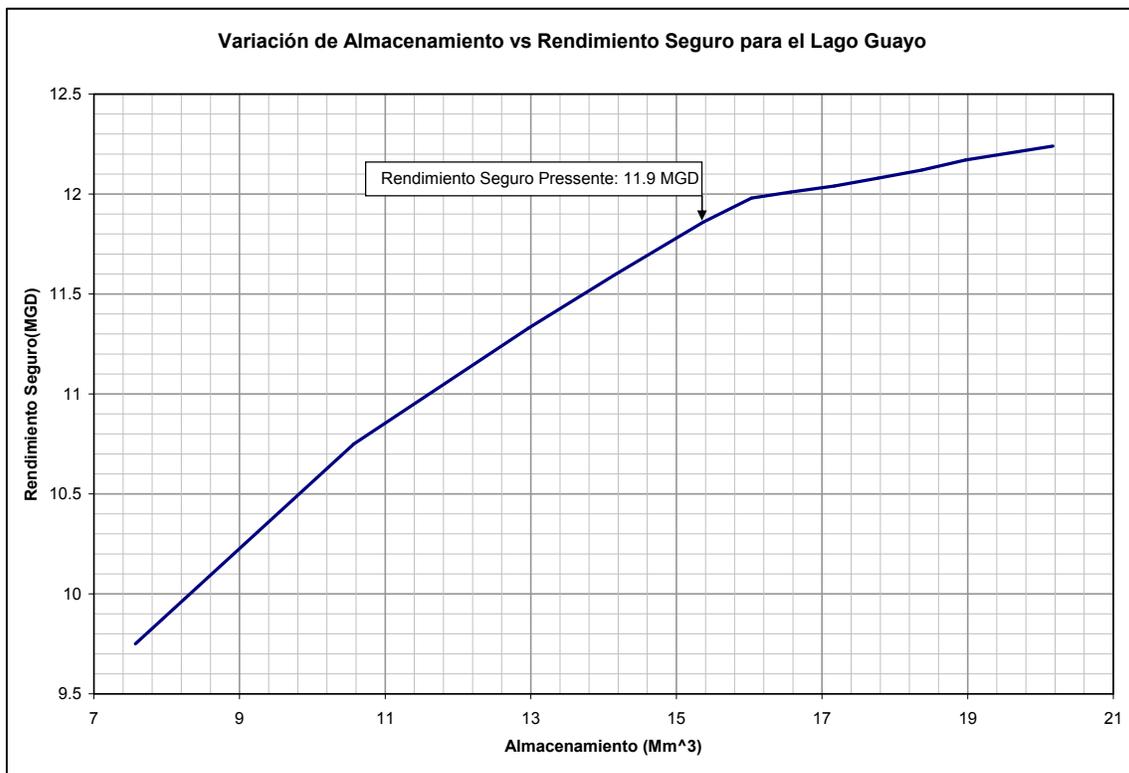


Figura 36: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Guayo.

5.13 Lago Loco

Lago Loco está ubicado en el Municipio de Yauco. La estación del USGS más cercana con data continua es la estación 50124000 localizada en Río Guayanilla. Las características principales del Lago Loco se muestran a continuación en la Tabla 16.

Tabla 16: Datos del Lago Loco.

Longitud de Represa (m) ^A	182.9
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	70.1
Capacidad Original, 1951 (Mm ³) ^A	2.1
Capacidad en 2000 (Mm ³) ^A	0.87
Capacidad Activa/Muerta, 2000 (Mm ³) ^A	0.87/0
Perdida Anual de Capacidad (Mm ³) ^A	0.0312
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm ³)	0.68
Capacidad Activa/Muerta, 2006 (Mm ³)	0.68/0
Vida Util (Años)	22
Lago Loco	
Área de Captación (mi ²)	8.43
Lluvia Anual Promedio (in)	57
Caudal Promedio Estimado (cfs)	12.9
Estación del USGS: 50124200	
Área de Captación (mi ²)	18.9
Lluvia Anual Promedio	81.7
Caudal Promedio Estimado (cfs)	25.9
Factor de Ajuste, I	0.5

^A Obtenido del reporte "Sedimentation Survey of Lago Loco, Puerto Rico, March 2000".

La **Figura 37** muestra la curva de Nivel vs. Volumen utilizada en la simulación. Esta curva se obtuvo del reporte de sedimentación del USGS "Sedimentation Survey of Lago Loco, Puerto Rico, March 2000". La misma se ajustó para tomar en cuenta la pérdida en volumen producida por la sedimentación en 6 años utilizando la pérdida anual de capacidad provista en el reporte del USGS.

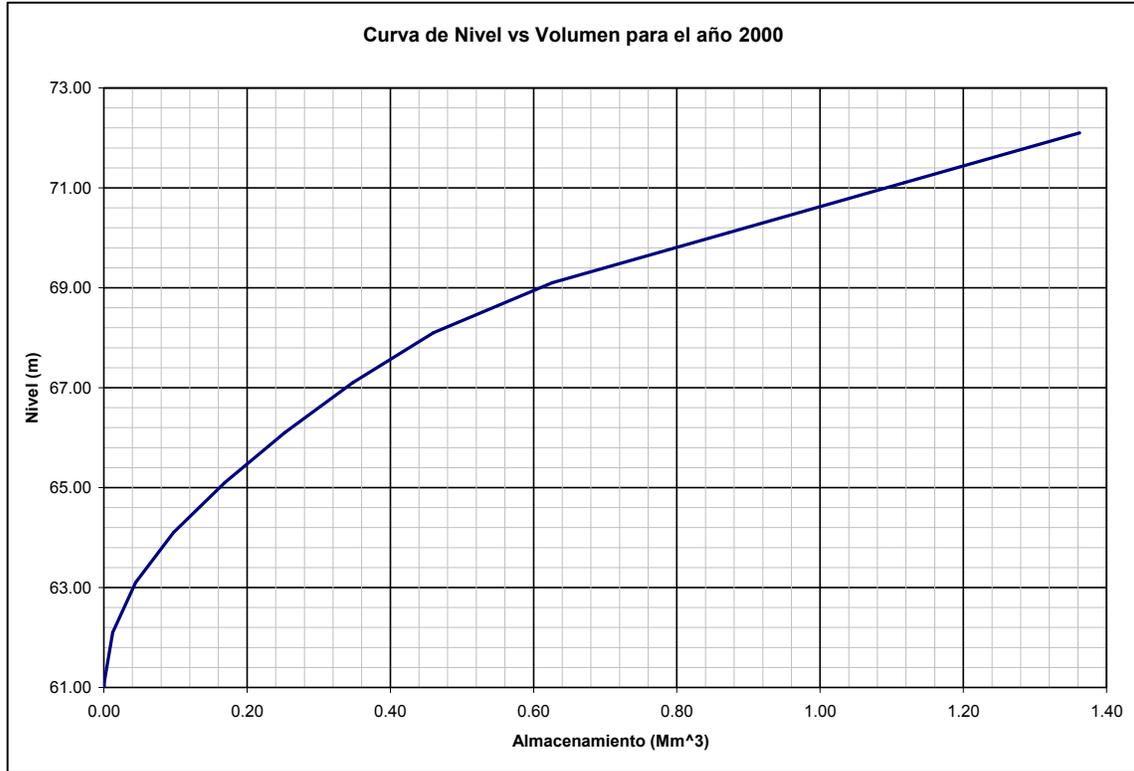


Figura 37: Curva de nivel vs volumen para el Lago Loco.

El análisis de simulación resulto en un rendimiento seguro de 1.84 MGD. La **Figura 38** muestra el comportamiento del nivel del lago a lo largo del tiempo. La **Figura 39** muestra la variación del rendimiento seguro vs el volumen de almacenamiento.

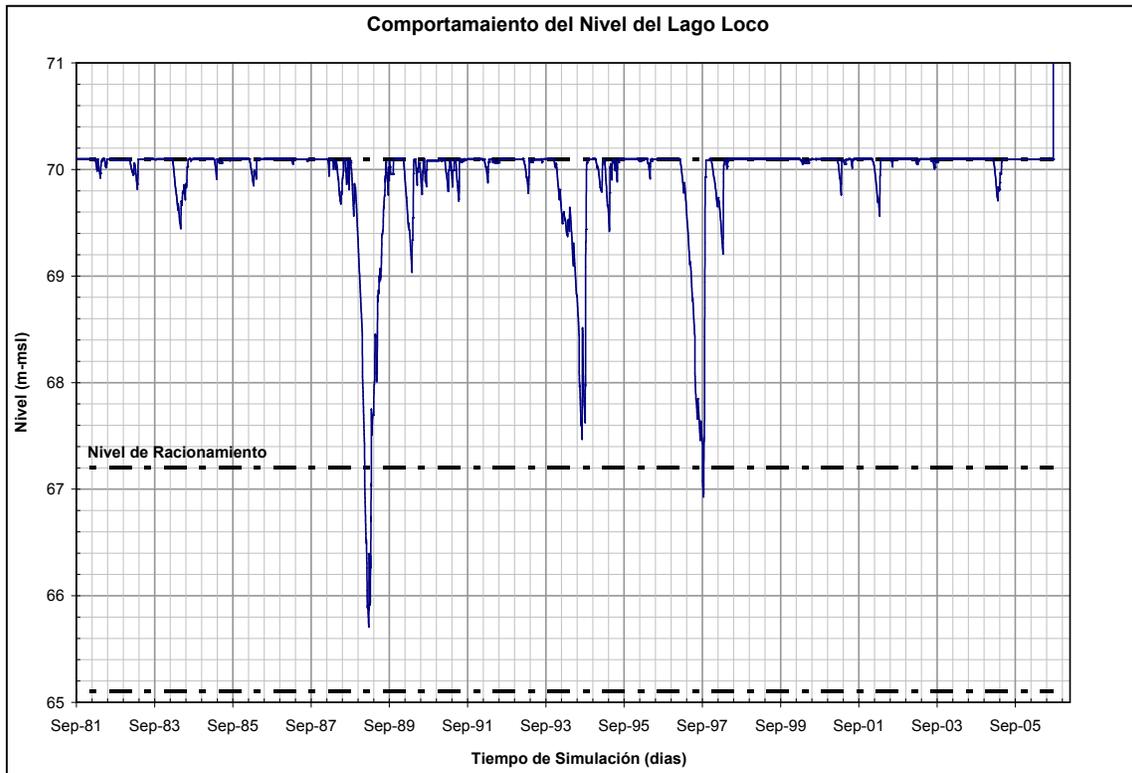


Figura 38: Comportamiento de nivel para el Lago Loco, resultante del análisis de rendimiento.

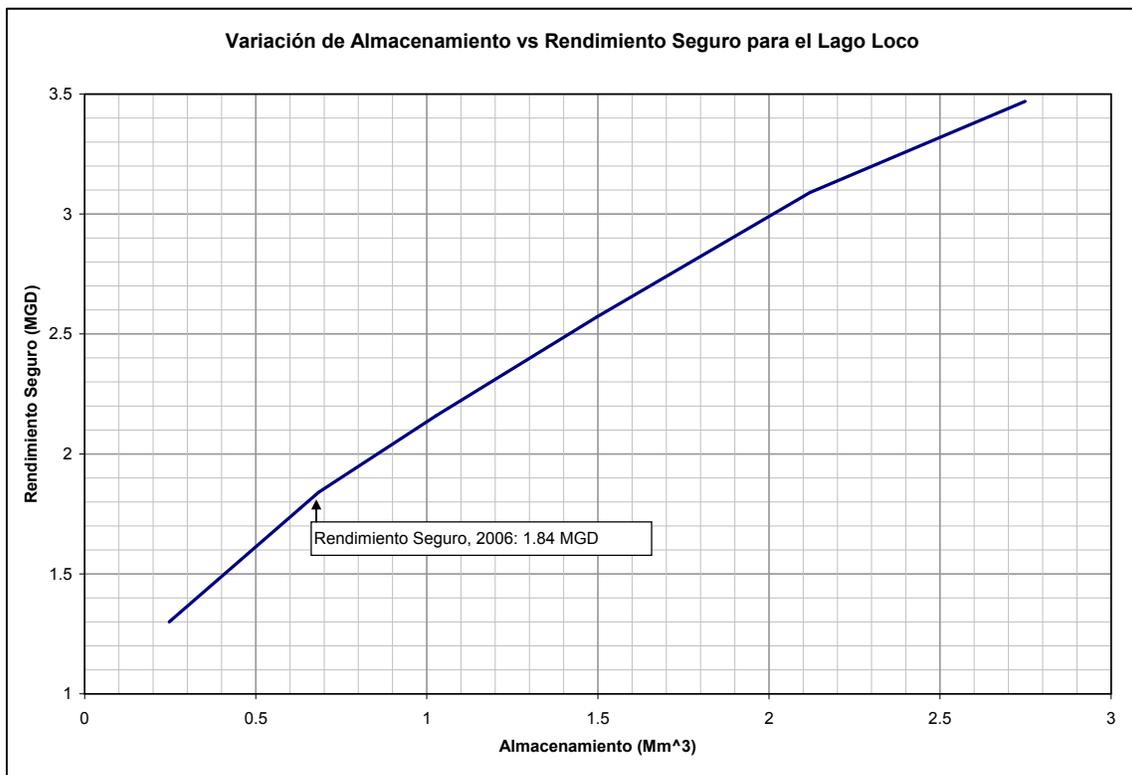


Figura 39: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Loco.

5.14 Lago Lucchetti

Lago Lucchetti está ubicado en el Municipio de Yauco. La estación del USGS más cercana con data continua es la estación 50124000 localizada en Río Guayanilla. Las características principales del Lago Lucchetti se muestran a continuación en la Tabla 17.

Tabla 17: Datos del Lago Lucchetti.

Longitud de Represa (m) ^A	174.04
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	173.74
Capacidad Original, 1952 (Mm ³) ^A	20.35
Capacidad en 2000 (Mm ³) ^A	11.88
Capacidad Activa/Muerta, 2000 (Mm ³) ^A	11.88/0
Perdida Anual de Capacidad (Mm ³) ^A	0.18
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm ³)	10.8
Capacidad Activa/Muerta, 2006 (Mm ³)	10.8/0
Vida Útil (Años)	60
Lago Lucchetti	
Área de Captación (mi ²)	17.4
Lluvia Anual Promedio (in)	72
Caudal Promedio Estimado (cfs)	35.1
Estación del USGS: 50124200	
Área de Captación (mi ²)	18.9
Lluvia Anual Promedio	81.7
Caudal Promedio Estimado (cfs)	25.9
Factor de Ajuste, I	1.4

^A Obtenido del reporte "Sedimentation Survey of Lago Lucchetti, Puerto Rico, March 2000".

La **Figura 40** muestra la curva de Nivel vs. Volumen utilizada en la simulación. Esta curva se obtuvo del reporte de sedimentación del USGS "Sedimentation Survey of Lago Lucchetti, Puerto Rico, March 2000". La misma se ajustó para tomar en cuenta la pérdida en volumen producida por la sedimentación en 6 años utilizando la pérdida anual de capacidad provista en el reporte del USGS.

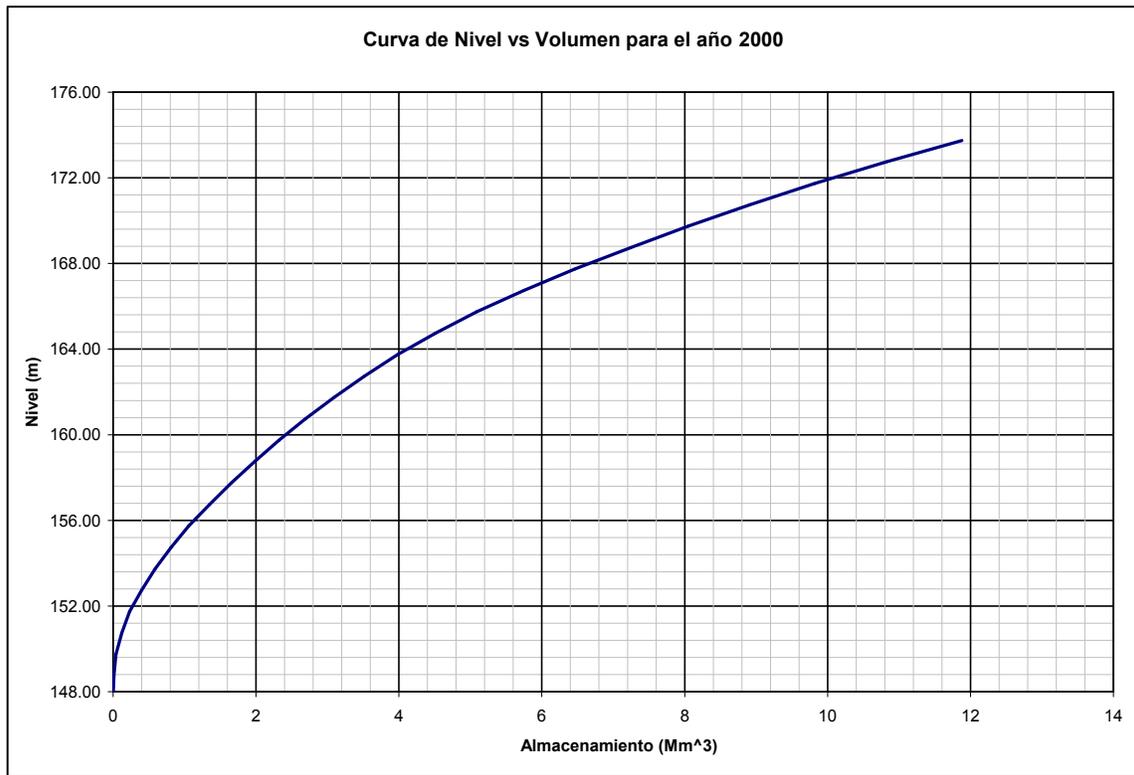


Figura 40: Curva de nivel vs volumen para el Lago Lucchetti.

El análisis de simulación resultó en un rendimiento seguro de 11.7 MGD. La **Figura 41** muestra el comportamiento del nivel del lago a lo largo del tiempo. La **Figura 42** muestra la variación del rendimiento seguro vs el volumen de almacenamiento.

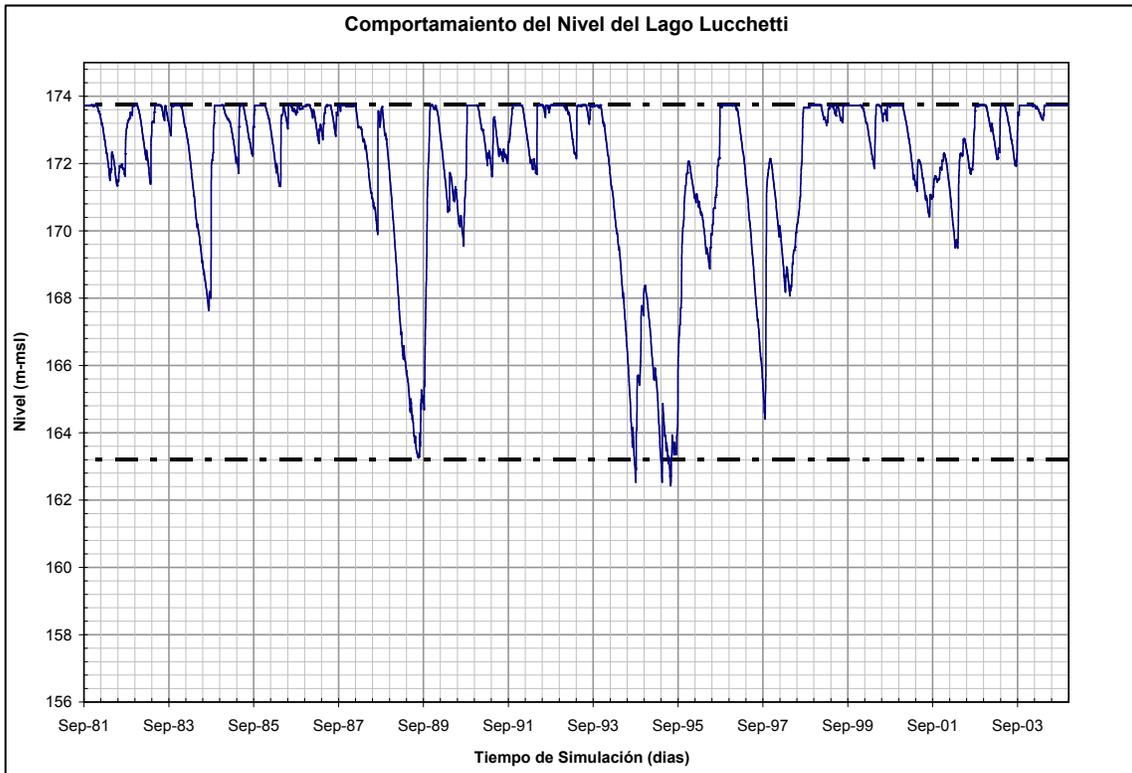


Figura 41: Comportamiento de nivel para el Lago Lucchetti, resultante del análisis de rendimiento.

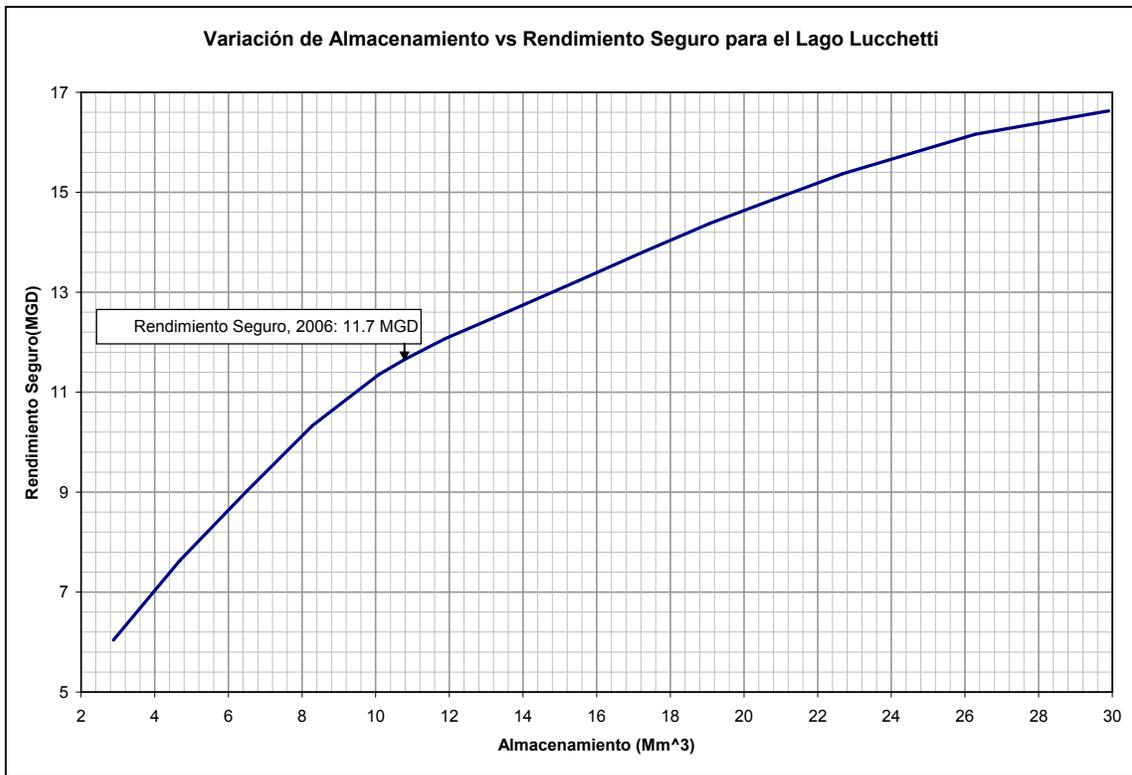


Figura 42: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Lucchetti.

5.15 Lago Prieto

Lago Prieto está ubicado en el Municipio de Adjuntas. La estación del USGS más cercana con data continua es la estación 50025000 localizada en Río Tanama. Las características principales del Lago Prieto se muestran a continuación en la **Tabla 18**.

Tabla 18: Datos del Lago Prieto.

Longitud de Represa (m) ^A	75.25
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	452.63
Capacidad Original, 1955 (Mm ³) ^A	0.766
Capacidad en 1997 (Mm ³) ^A	0.22
Capacidad Activa/Muerta, 1997 (Mm ³) ^A	0.22/0
Perdida Anual de Capacidad (Mm ³) ^A	0.0129
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm ³)	0.11
Capacidad Activa/Muerta, 2006 (Mm ³)	0.11/0
Vida Util (Años)	8
Lago Prieto	
Área de Captación (mi ²)	9.5
Lluvia Anual Promedio (in)	77
Caudal Promedio Estimado (cfs)	23.1
Estación del USGS: 50025000	
Área de Captación (mi ²)	18.4
Lluvia Anual Promedio	79.5
Caudal Promedio Estimado (cfs)	51.1
Factor de Ajuste, I	0.45

^A Obtenido del reporte "Sedimentation Survey of Lago Prieto, Puerto Rico, October 1997".

La **Figura 43** muestra la curva de Nivel vs. Volumen utilizada en la simulación. Esta curva se obtuvo del reporte de sedimentación del USGS "Sedimentation Survey of Lago Prieto, Puerto Rico, October 1997". La misma se ajustó para tomar en cuenta la pérdida en volumen producida por la sedimentación en 9 años utilizando la pérdida anual de capacidad provista en el reporte del USGS.

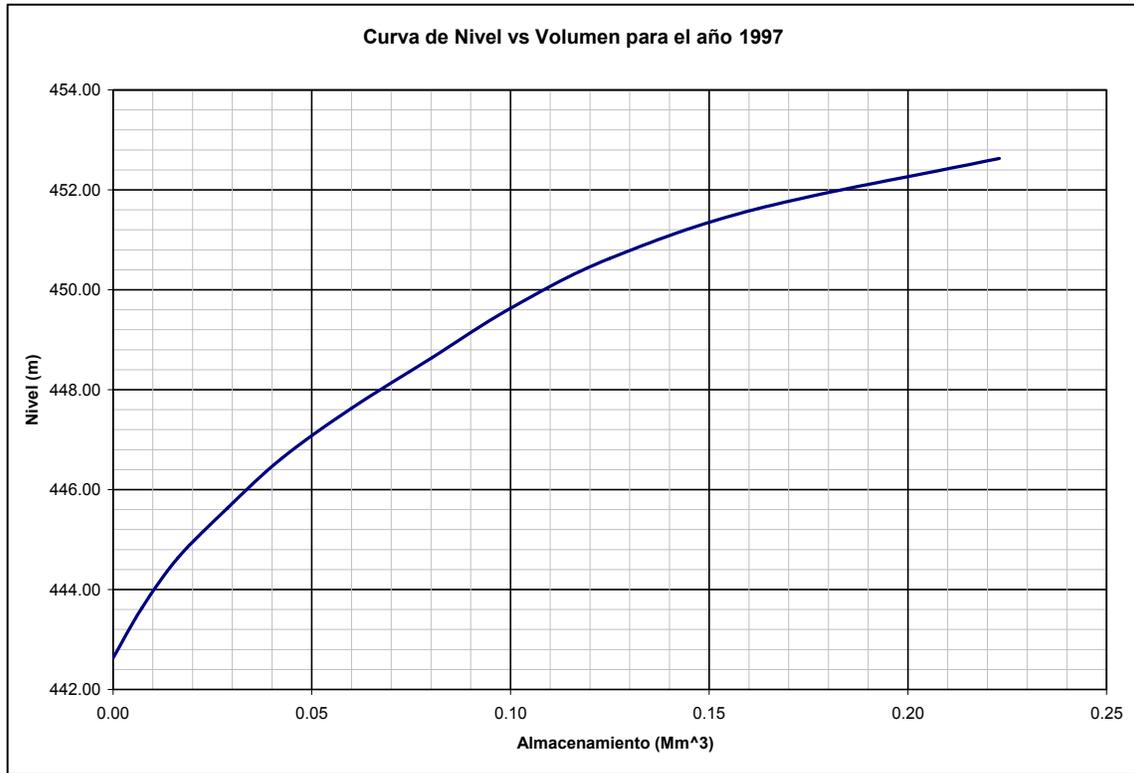


Figura 43: Curva de nivel vs volumen para el Lago Prieto.

El análisis de simulación resulto en un rendimiento seguro de 4.2 MGD. La **Figura 44** muestra el comportamiento del nivel del lago a lo largo del tiempo. La **Figura 45** muestra la variación del rendimiento seguro vs el volumen de almacenamiento.

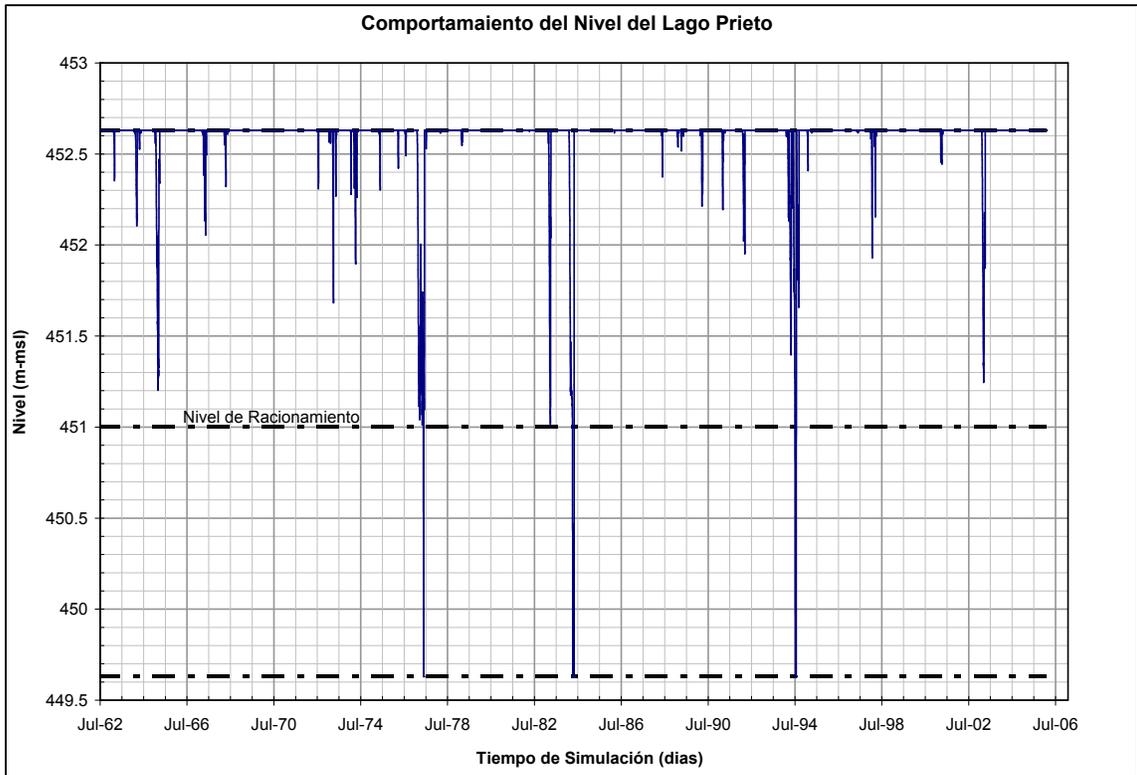


Figura 44: Comportamiento de nivel para el Lago Prieto, resultante del análisis de rendimiento.

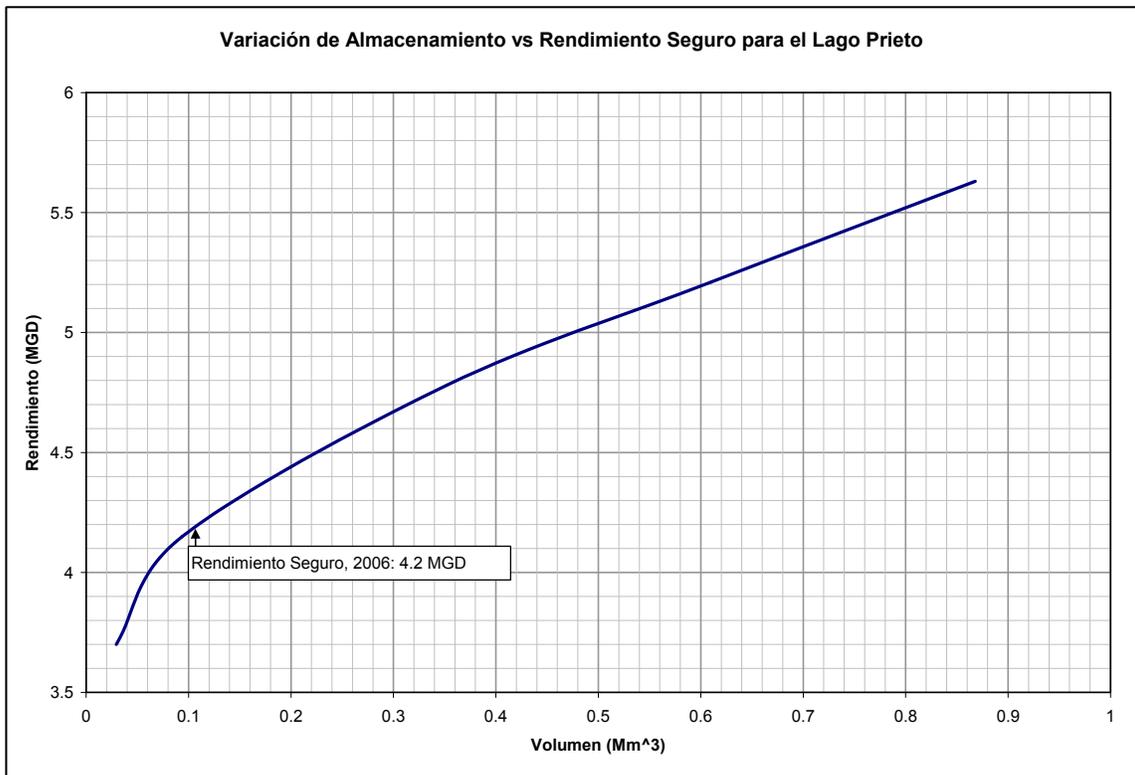


Figura 45: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Prieto.

5.16 Lago Yahuecas

Lago Yahuecas está ubicado en el Municipio de Adjuntas. La estación del USGS más cercana con data continua es la estación 50025000 localizada en Río Tanama. Las características principales del Lago Yahuecas se muestran a continuación en la **Tabla 19**.

Tabla 19: Datos del Lago Yahuecas.

Longitud de Represa (m) ^A	137.16
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	448.36
Capacidad Original, 1956 (Mm ³) ^A	1.76
Capacidad en 1997 (Mm ³) ^A	0.33
Capacidad Activa/Muerta, 1997 (Mm ³) ^A	0.33/0
Perdida Anual de Capacidad (Mm ³) ^A	0.0348
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm ³)	0.0168
Capacidad Activa/Muerta, 2006 (Mm ³)	0.0168/0
Vida Util (Años)	0
Lago Yahuecas	
Área de Captación (mi ²)	17.4
Lluvia Anual Promedio (in)	76
Caudal Promedio Estimado (cfs)	38.2
Estación del USGS: 50053025	
Área de Captación (mi ²)	18.4
Lluvia Anual Promedio	79.5
Caudal Promedio Estimado (cfs)	51.1
Factor de Ajuste, I	0.75

^A Obtenido del reporte "*Sedimentation Survey of Lago Yahuecas, Puerto Rico, March 1997*".

El lago Yahuecas esta completamente sedimentado lo que implica que el rendimiento seguro igualaría el rendimiento de el río en ese punto.

El análisis para el rendimiento seguro del río puede determino mediante análisis de excedencia utilizando los datos de flujo ajustados, para tener una consistencia con los demás cuatro lagos del sistema. La Tabla 20 y la Figura 46 muestran los resultados de este análisis.

Tabla 20: Análisis de Excedencia de Flujos.

Porcentaje de Excedencia	Flujo (ft ³ /s)	Flujo (MGD)
90%	12.75	8.24
95%	10.5	6.79
98%	8.25	5.33
99%	7.5	4.85

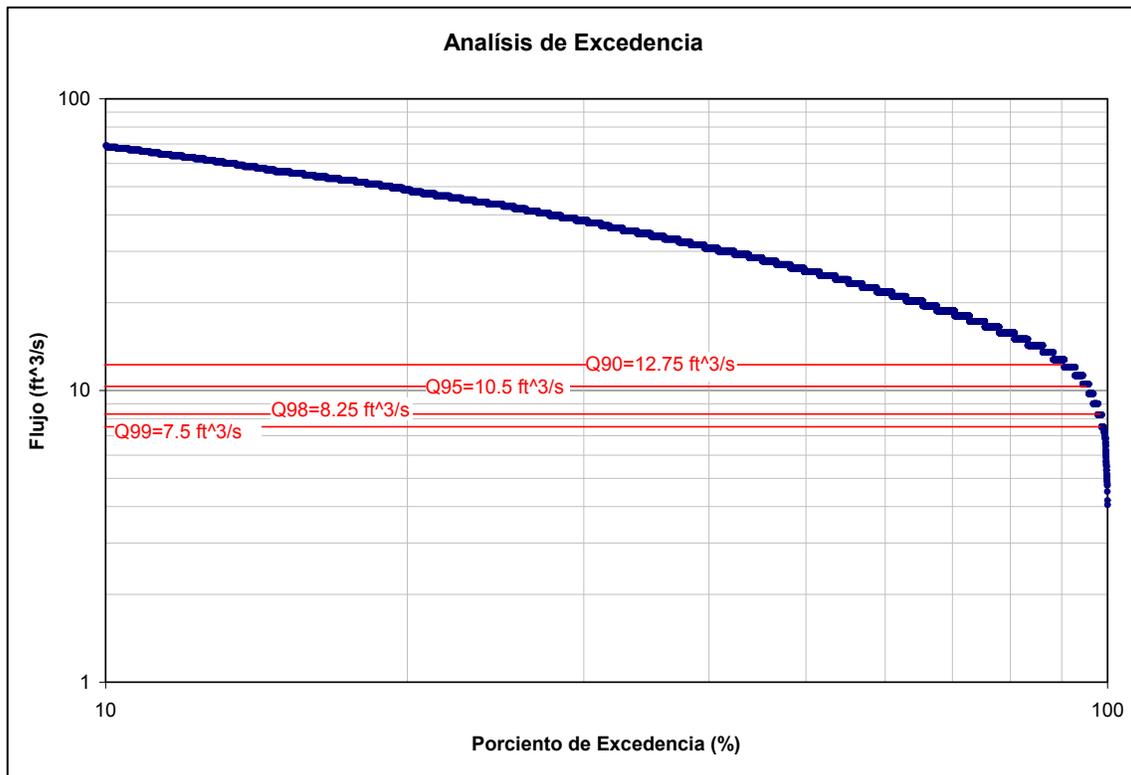


Figura 46: Análisis de Excedencia.

5.17 Sistema de Riego del Valle de Lajas

El Sistema de Riego del Valle de Lajas principalmente consiste en cinco represas utilizadas para generar energía y suplir agua a través del canal del valle de Lajas. Estas cinco represas están interconectadas entre sí por medio de túneles. La transferencia de flujo entre estos embalses está controlada por las plantas generadoras Yauco I y Yauco II.

El rendimiento seguro de este sistema de embalses se determinó para dos condiciones:

1. Rendimiento seguro mínimo
2. Rendimiento seguro con operación optimizada

El rendimiento seguro mínimo consiste en la suma de los rendimientos de cada embalse en el sistema. Estos rendimientos están descritos en las secciones 5.11 - 5.16.

El rendimiento seguro con operación optimizada consiste en un análisis en el que la contribución de cada embalse depende del volumen de almacenaje que tengan en referencia al volumen total del sistema. La contribución es determinada para cada fracción de tiempo de la simulación. Este análisis se realizó utilizando el programa del cuerpo de ingeniero HEC-ResSim (Reservoir System Simulation).

La Tabla 21 muestra los resultados de ambos análisis. Las **Figuras 47-52** muestran el comportamiento de los niveles para los cinco embalses del sistema.

Tabla 21: Rendimiento Seguro para el Sistema del Valle de Lajas

Embalse	Rendimiento Seguro (MGD)
Loco	1.9
Lucchetti	11.7
Guayo	12
Prieto	4.2
Yahuecas	4.8
Rendimiento Seguro	34.6 ^A /44 ^B

^A Rendimiento seguro operando como un sistema.

^B Rendimiento seguro operando individual.

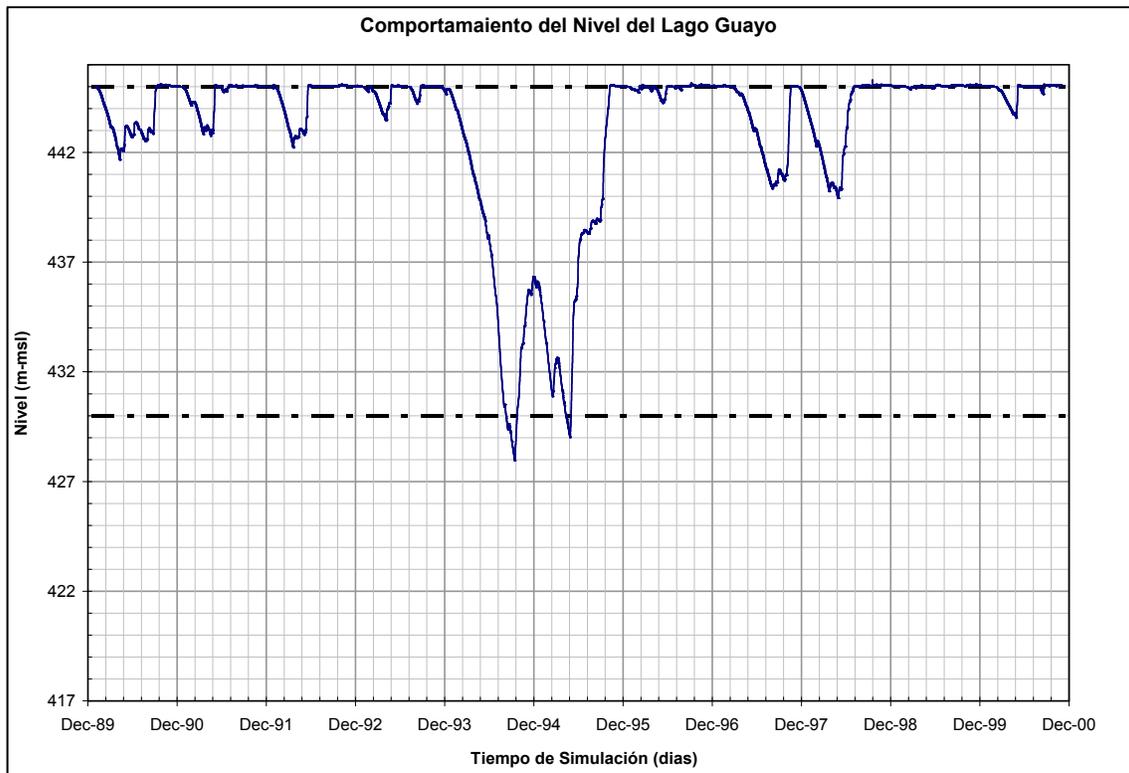


Figura 47: Comportamiento de nivel para el Lago Guayo, resultante del modelo HEC-ResSim.

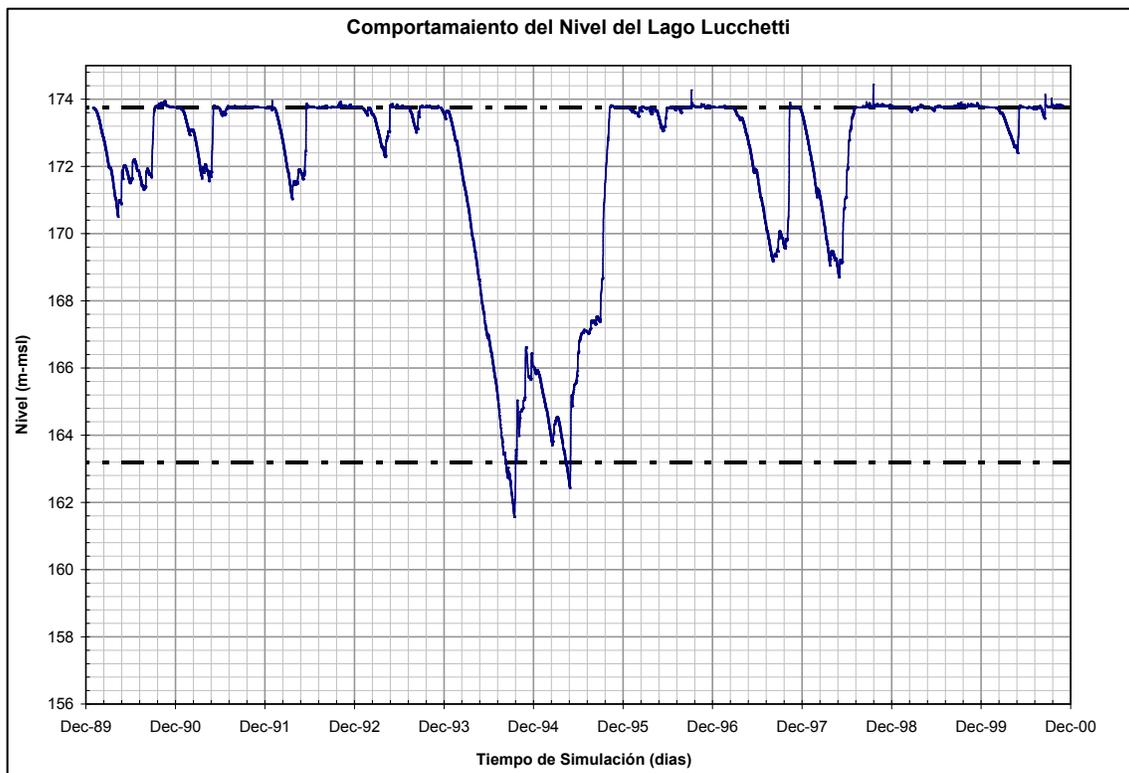


Figura 48: Comportamiento de nivel para el Lago Lucchetti, resultante del modelo HEC-ResSim.

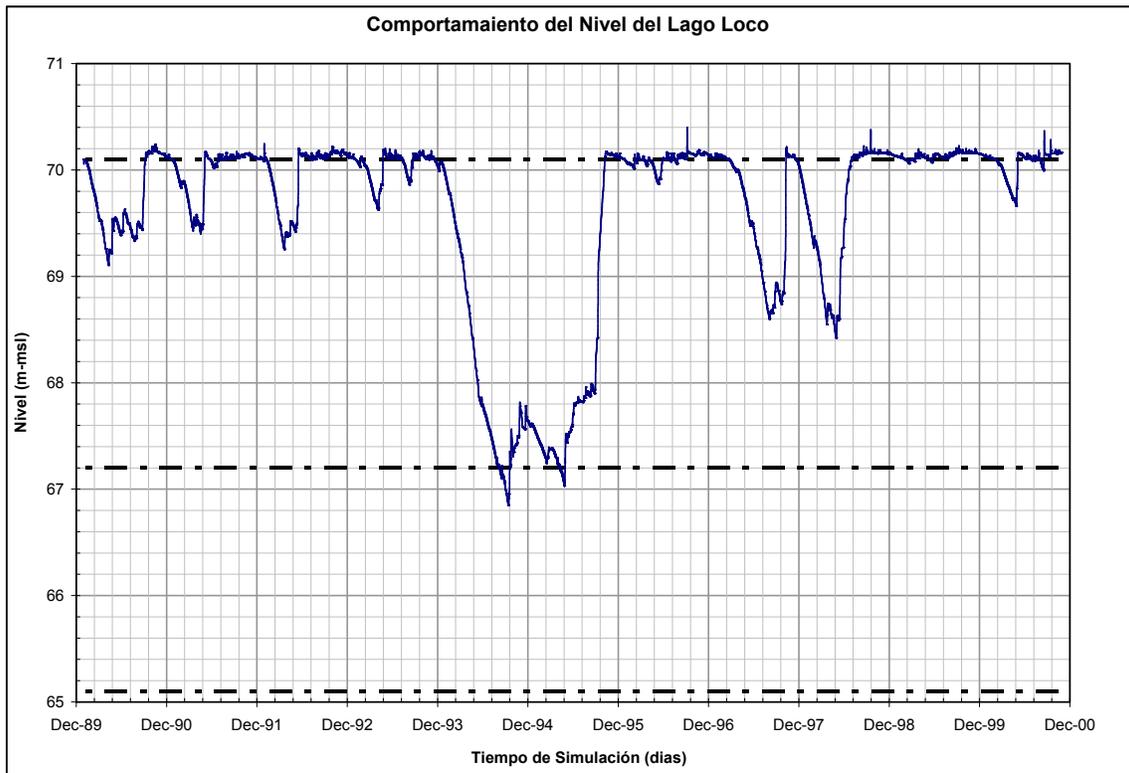


Figura 49: Comportamiento de nivel para el Lago Loco, resultante del modelo HEC-ResSim.

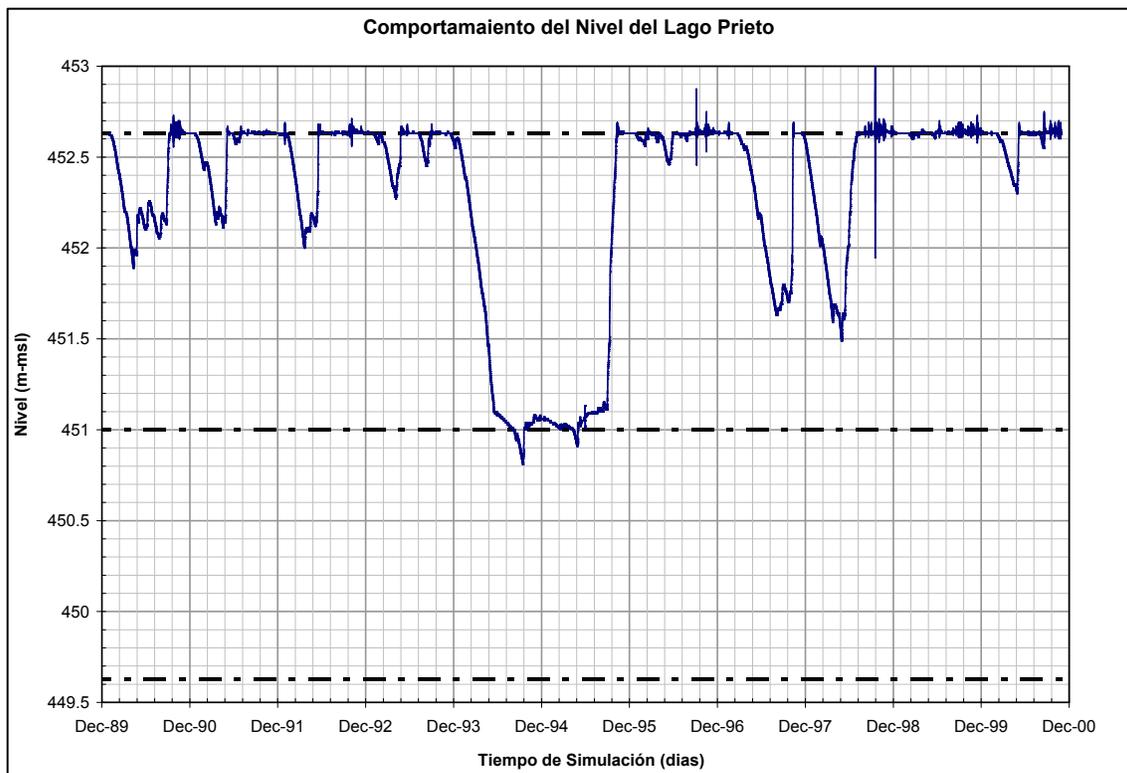


Figura 50: Comportamiento de nivel para el Lago Prieto, resultante del modelo HEC-ResSim.

5.18 Lago Toa Vaca

Lago Toa Vaca está ubicado en el Municipio de Villalba. La estación del USGS más cercana con data continua es la estación 50110900 localizada en Río Toa Vaca. Las características principales del Lago Toa Vaca se muestran a continuación en la **Tabla 22**.

Tabla 22: Datos del Lago Toa Vaca.

Longitud de Represa (m) ^A	530.5
Elevación del Vertedor (m-msl) ^A	154.83
Capacidad Original, 1972 (Mm ³) ^A	68.94
Capacidad en 2002 (Mm ³) ^A	64.02
Capacidad Activa/Muerta, 2002 (Mm ³) ^A	62.86/1.22
Perdida Anual de Capacidad (Mm ³) ^A	0.162
Capacidad Presente Estimada, 2006 (Mm ³)	63.4
Capacidad Activa/Muerta, 2006 (Mm ³)	62.7/0.7
Vida Útil (Años)	391
Lago Toa Vaca	
Área de Captación (mi ²)	22.2
Lluvia Anual Promedio (in)	57.2
Caudal Promedio Estimado (cfs)	31.8
Estación del USGS: 50110900	
Área de Captación (mi ²)	14.2
Lluvia Anual Promedio	61
Caudal Promedio Estimado (cfs)	24.2
Factor de Ajuste, I	1.3

^A Obtenido del reporte "*Sedimentation Survey of Lago Toa Vaca, Puerto Rico, June 2002*".

La Figura 52 muestra la curva de Nivel vs. Volumen utilizada en la simulación. Esta curva se obtuvo del reporte de sedimentación del USGS "*Sedimentation Survey of Lago Toa Vaca, Puerto Rico, June 2002*". La misma se ajustó para tomar en cuenta la pérdida en volumen producida por la sedimentación en 9 años utilizando la pérdida anual de capacidad provista en el reporte del USGS.

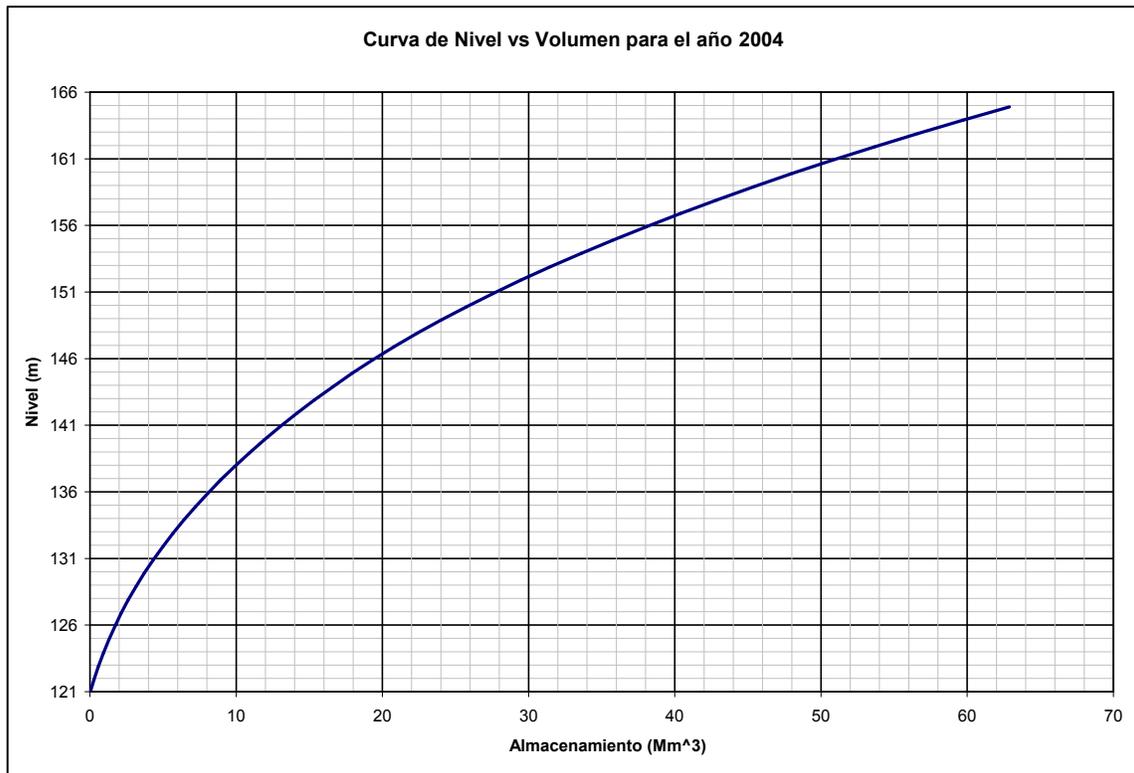


Figura 52: Curva de nivel vs volumen para el Lago Toa Vaca.

El análisis de simulación resultó en un rendimiento seguro de 13.5 MGD. La **Figura 53** muestra el comportamiento del nivel del lago a lo largo del tiempo. La **Figura 54** muestra la variación del rendimiento seguro vs el volumen de almacenamiento.

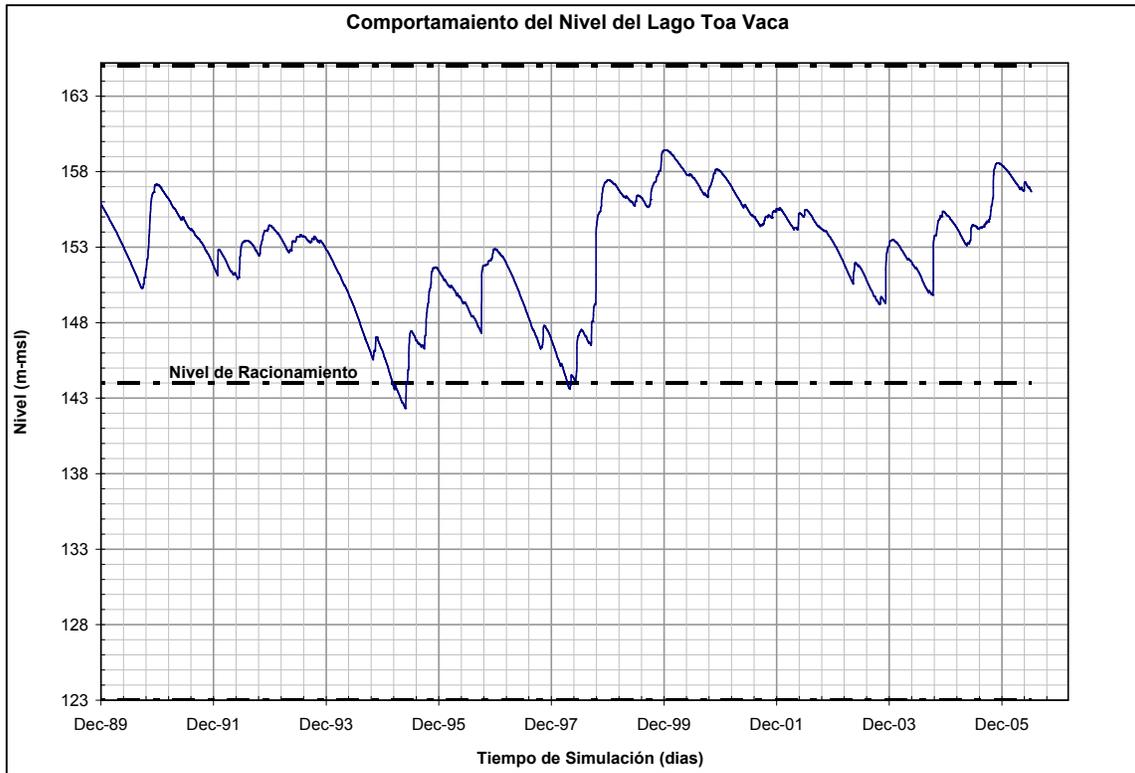


Figura 53: Comportamiento de nivel para el Lago Toa Vaca, resultante del análisis de rendimiento.

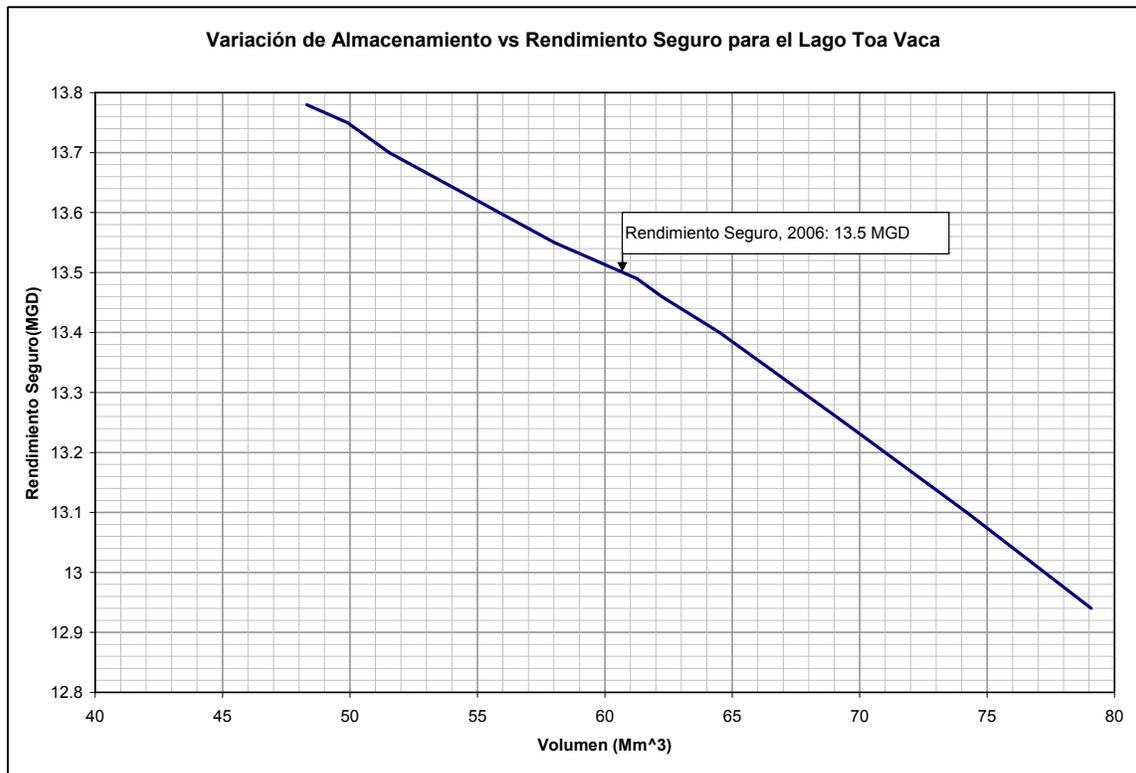


Figura 54: Variación de volumen vs rendimiento seguro para el Lago Toa Vaca.