

Plan a Largo Plazo de Salton Sea

Anexo D: Modelado de Salinidad y Elevación de Salton Sea

Marzo de 2024



PROGRAMA DE GESTIÓN DE SALTON SEA



CALIFORNIA
NATURAL
RESOURCES
AGENCY



Esta página se dejó en blanco intencionalmente.

Índice

Anexo D: Modelado de Salinidad y Elevación de Salton Sea	1
1.1. Cálculos del Modelo Primario	1
1.2. Ingreso de Datos del Modelo.....	2
1.3. Resultados del Modelo	4
1.4. Calibración de Modelo de Evaporación	4

Lista de Figuras

Figura 1. Elevación Calibrada de Salton Sea (pies NAVD88)	5
Figura 2. Salinidad Calibrada de Salton Sea (ppm)	5

Esta página se dejó en blanco intencionalmente.

Anexo D: Modelado de Salinidad y Elevación de Salton Sea

Este apéndice presenta los detalles del Modelo de Contabilidad de Salton Sea (Salton Sea Accounting Model, SSAM) utilizado para producir estimaciones de la salinidad y la elevación futuras de Salton Sea. Cada combinación del concepto de restauración del Plan a Largo Plazo (Long-Range Plan, LRP) y la hidrología futura estimada se representa en un Libro de Microsoft Excel por separado. Hay 57 combinaciones: 19 variantes y subvariantes de concepto con tres escenarios de hidrología cada una. Se utilizaron textos automatizados para operar en archivos de plantilla que contienen la unión de todas las características necesarias para expresar los conceptos de LRP. Luego, estos textos se usaron para habilitar solo las características relevantes, configurar las áreas de proyecto relevantes, completar la relación de capacidad de área de elevación relevante y establecer la hidrología estimada para cada ejecución de modelo individual. Hay dos plantillas: una para los conceptos de lago dividido (Conceptos 2a-2d) y otra para todos los demás conceptos. Sin embargo, una vez que el texto completa la plantilla, cada libro es una simulación independiente de las ejecuciones del modelo descritas en este informe.

1.1. Cálculos del Modelo Primario

El modelo opera mediante la conservación de la masa de agua y sal de la porción principal del lago, de tamaño dinámico. En cada intervalo anual, las siguientes cantidades de volumen de agua se suman (+) o se restan (-) del volumen que estaba presente al comienzo del año:

- (+) Entradas de Agua Dulce, un ingreso de serie temporal del escenario hidrológico estimado relevante.
- (-) Volumen Total de Agua necesario para satisfacer las demandas de evaporación de los proyectos de conservación de tamaño fijo, lo que incluye el lago marino del Concepto 1, las celdas del lago perimetral de los Conceptos 2 y 3, y todas las áreas de hábitat de aguas poco profundas planificadas.
- (-) Volumen Total de Agua necesario para cumplir con las obligaciones de supresión de polvo, definidas como 1 acre-pie de agua anualmente por acre de área dentro de la costa de 2003 no cubierta por el Lago restante o cualquier proyecto de hábitat planificado en un año determinado.
- (-) Volumen de evaporación directa del Lago de tamaño dinámico, que depende del área y la salinidad del Lago en un año determinado, usando la misma regresión polinomial cuadrática en el modelo SSAM original del Estudio Geológico de EE. UU. (United States Geological Survey, USGS), que toma una tasa de evaporación de referencia (calibrada en 69.9 pulgadas anual, ver la Sección 1.2 y 1.4 a continuación) y devuelve una tasa de evaporación más pequeña con el aumento de la salinidad.
- (+) Volumen de precipitación directa en el Lago, fijado en un valor constante de 2.5 pulgadas por año, aproximadamente igual a un promedio histórico del pluviómetro de Imperial, CA.

Anexo D: Modelado de Salinidad y Elevación de Salton Sea

- (+/-) Importaciones o exportaciones directas, como exportaciones (Concepto 4) o importaciones (Concepto 11-13) fuera de la cuenca, o desalinización de remediación (Conceptos 7, 11-13).

De manera similar, la masa de sal tiene las siguientes sumas (+) y restas (-) en cada intervalo, suponiendo que la evaporación y la precipitación directas tienen un efecto mínimo en el equilibrio de sal:

- (+) Entrada de sal con entradas de agua dulce, utilizando la regresión dependiente de la entrada presente en el modelo SSAM original del USGS, que tiene concentraciones de sal más altas con volúmenes de entrada más bajos.
- (-) Extracción de sal por única vez correspondiente a la construcción inicial de áreas de optimización de hábitat/agua salina en los Conceptos 1, 3 y 5.
- (+/-) Importaciones o exportaciones directas, como exportaciones (Concepto 4) o importaciones (Concepto 11-13) fuera de la cuenca, o desalinización de remediación (Conceptos 7, 11-13).
- (-) Precipitación salina anual del 0.15% de la masa salina actual en el Lago.
- (-) Toda sal por encima de la salinidad de saturación de 280 partes por mil (parts per thousand, ppt).

En cualquier estado del Lago, existe una relación 1-1-1 entre su elevación, área y capacidad (volumen), también conocida como relación EAC o curva EAC. Esta relación se estimó a partir de los últimos datos batimétricos disponibles y puede variar ligeramente de un escenario a otro. Para cada ejecución del modelo, esta curva EAC se usa para obtener el volumen del Lago inicial (ya que las condiciones iniciales se especifican como una elevación) y para convertir el volumen del Lago en cada intervalo en un área del Lago y una elevación del Lago.

Para cada concepto, excepto el Concepto 2, solo existe un cuerpo de agua central de tamaño dinámico. Esto puede representar un área de tipo de lago marino cuando existen ciertas áreas de remediación (por ejemplo, Conceptos 4 o 7) o puede representar un área de lago residual de mayor salinidad cuando el lago marino primario es una huella fija más pequeña (por ejemplo, Conceptos 1 o 3). En el Concepto 2, ambas porciones del lago dividido se dimensionan dinámicamente con sus propios procesos de precipitación y evaporación, pero se supone que todo el proceso de entrada de agua dulce se dirige primero al lago marino del sur. Luego, hay un proceso de transferencia de agua con la salinidad actual al lago residual del norte para igualar ambas elevaciones al final de cada intervalo.

1.2. Ingreso de Datos del Modelo

Las principales aportaciones que los guiones de plantilla establecen para estimar las particularidades de cada escenario son las siguientes:

- El estado inicial del Lago. Actualmente, todas las ejecuciones del modelo están programadas para comenzar en 2020 con una elevación de -235.5 pies en función del Datum Vertical Norteamericano de 1988 (North American Vertical Datum of 1988, NAVD88) con una salinidad inicial de 74,250 partes por millón (parts per million, ppm).

- Entrada de agua dulce en cada año, especificada como una serie temporal de 2020 a 2100. La derivación de la serie temporal para cada uno de los tres escenarios hidrológicos se describe en la Sección 3.1 del LRP (con más detalles en el Apéndice B).
- La evaporación de referencia para cada año. Esto se derivó como un valor promedio calibrado de datos históricos de 2004 a 2020. El valor actual se estableció en 69.9 pulgadas por año.
- El cronograma para proyectos de área fija con una pérdida por evaporación, incluidos los proyectos de hábitat de la Fase 1, así como las áreas del Lago de concepto específico que tienen una huella fija. Esto se especifica como un área para cada año y una tasa de uso de agua por área. La mayoría de los proyectos tienen un solo año de inicio (basado en un tiempo estimado para diseñar, obtener permisos y construir). Antes de ese tiempo, ocupan un área cero y luego ocupan un valor fijo que se repite; sin embargo, los grandes proyectos de hábitat como el área de optimización del agua en los Conceptos 1 y 5 tienen un cronograma de construcción escalonado. El hábitat de aguas abiertas actualmente está configurado para usar seis pies de agua por acre al año, las áreas de humedales usan cinco pies al año y las áreas de vegetación usan 0.5 pies al año.
- El cronograma para importaciones y exportaciones:
 - Las transferencias tipo bombeo (p. ej., Concepto 4) que extraen agua del Lago de forma permanente lo hacen con la salinidad del intervalo actual. Hay un parámetro de umbral que deja de bombear una vez que se alcanza la salinidad objetivo.
 - Las transferencias tipo importación (p. ej., Conceptos 11-13) lo hacen a un volumen y salinidad fijos.
- La desalinización de remediación local (p. ej., Concepto 7, Conceptos 11-13) tiene seis parámetros relevantes:
 - Año de inicio, basado en un tiempo estimado para diseñar, obtener permisos y construir.
 - Umbral de salinidad, que determina si la desalinización debe estar activa en un año determinado (40 ppt).
 - Volumen de desalinización: la cantidad de agua extraída del Lago a la salinidad actual.
 - Salinidad del agua desalada (0.2 ppt).
 - Porcentaje de agua desalinizada, el porcentaje del agua extraída del Lago para ser devuelta (puede ser hasta el 100% si el uso de agua adicional, por ejemplo, de agua subterránea, es parte del diseño conceptual).
- Factor de amortiguación: pueden surgir fuertes oscilaciones en la salinidad del Lago si el volumen del mar disminuye lo suficiente (como el volumen de desalinización). Este factor disminuye la cantidad de agua extraída para desalinización en estas situaciones de bajo volumen para amortiguar el comportamiento oscilatorio.
- Para los conceptos en los que las grandes obras de construcción cambian la relación EAC, el año en que esto sucede se basa en el tiempo estimado para diseñar, obtener permisos y construir. El volumen de agua se conserva cuando se cambia la curva EAC.

1.3. Resultados del Modelo

Los principales resultados de interés son el área del Lago, la elevación y la salinidad, que son extracciones sencillas de columnas de datos de la hoja de cálculo del modelo de los libros de escenarios individuales. Los mapas en el informe principal implican el procesamiento posterior de estos datos con herramientas del Sistema de Información Geográfica (Geographic Information System, GIS) para obtener un desglose de las áreas de hábitat por profundidad, tamaños estimados de la costra de sal y emisiones de gas de efecto invernadero (greenhouse gas, GHG).

1.4. Calibración de Modelo de Evaporación

No existen fuentes suficientemente sólidas de datos de evaporación directa de Salton Sea, por lo que la tasa de evaporación de referencia se trató como un parámetro de calibración. Los datos diarios de elevación del Lago de 2004 a 2021 y los datos periódicos de salinidad (aproximadamente cada tres meses) de 2004 a 2020 estaban disponibles para utilizar en la calibración.

El modelo se inició para enero de 2004 con base en los datos promedio del primer mes de cada una de las series anteriores. Luego, se ingresó en el modelo la entrada de agua histórica de 2004 a 2020 (ver la Sección 5.3 del Apéndice B de Hidrología).

Primero, la evaporación se inició a 68 pulgadas para todos los años. Luego, se aplicó un proceso de calibración iterativo a cada año desde 2004 hasta 2020 para obtener una mejor concordancia con los datos de salinidad y elevación observados de la siguiente manera:

- Evaluar el efecto de fijar la evaporación del año en cuestión a cada valor en el conjunto de candidatos: {66, 67, 68, ..., 74}. Se consideró que este rango era coherente con las estimaciones de evaporación anual utilizadas anteriormente en otros análisis.
- Interpolar linealmente el resultado del modelo dentro del año calendario ya que los datos observados son diarios mientras que el resultado del modelo es anual.
- Tener en cuenta el rango de cada candidato de acuerdo con la mejor suma del rendimiento del error cuadrático en cada uno para la salinidad y la elevación solo dentro del año que se está evaluando.
- Elegir la salinidad candidata con el mejor desempeño según el promedio ponderado de tres veces el rango de elevación y una vez el rango de salinidad. Los datos de elevación recibieron más peso porque hay menos ruido en ese conjunto de datos.
- Continuar con el próximo año y repetir el proceso.

El modelo pudo igualar los datos de elevación y salinidad observados mucho después de la calibración (ver las Figuras 1 y 2). La evaporación anual promedio resultante utilizada para todos los años futuros fue de 69.9 pulgadas.

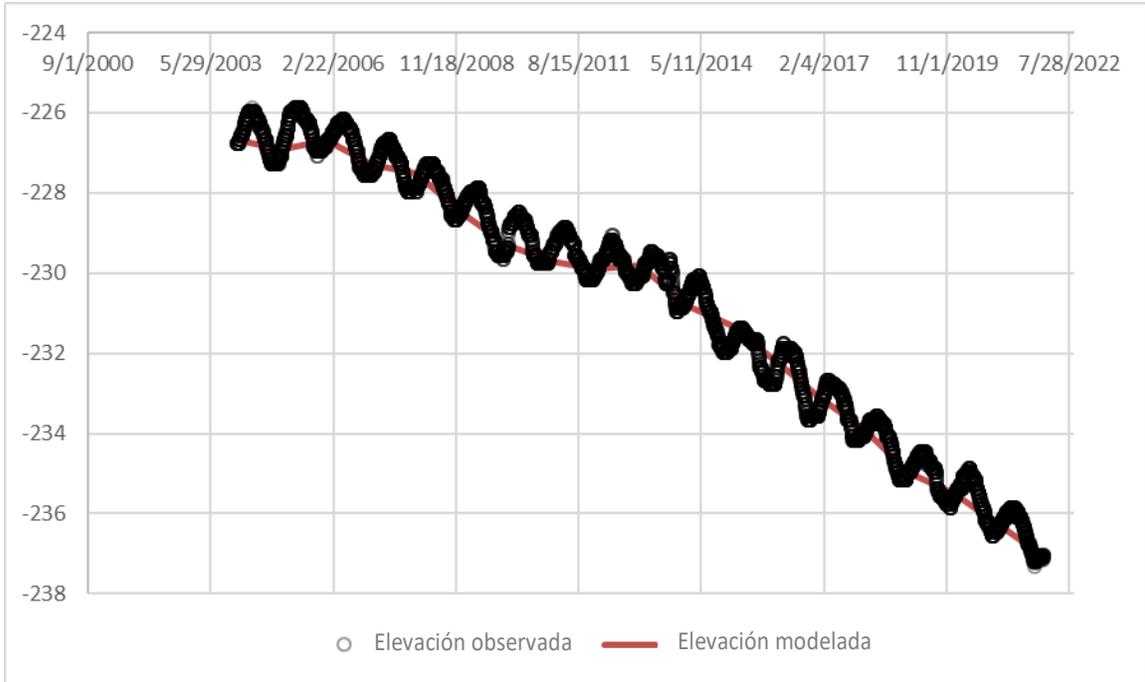


Figura 1. Elevación Calibrada de Salton Sea (pies NAVD88)

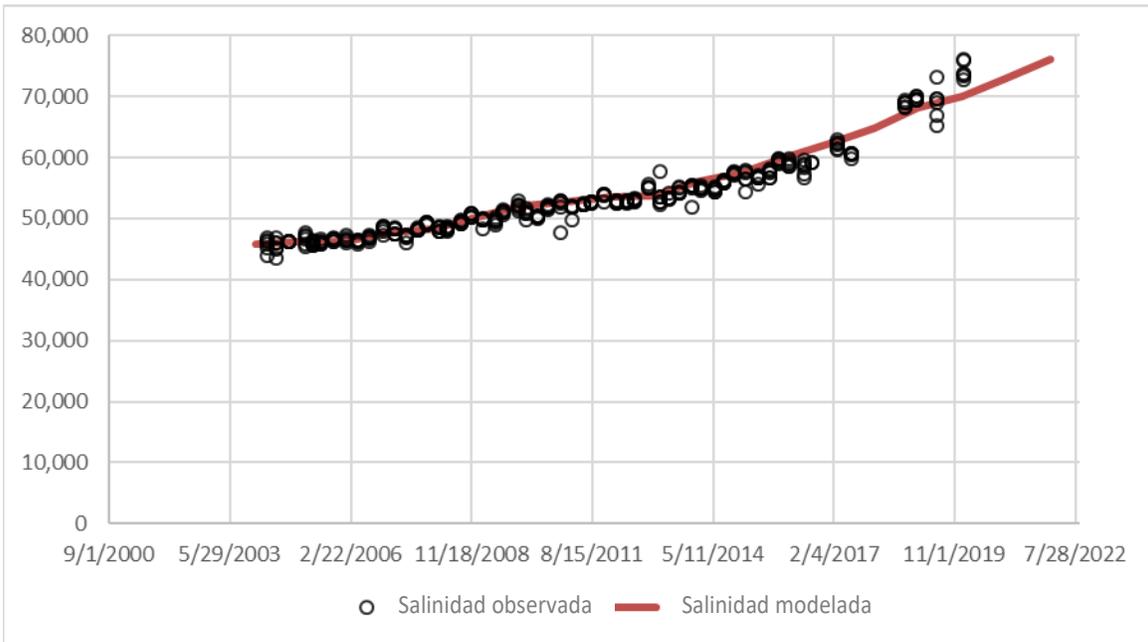


Figura 2. Salinidad Calibrada de Salton Sea (ppm)

Como análisis de sensibilidad, también repetimos toda la calibración con la mejor estimación de las entradas históricas perturbadas en +/- 5%. El caso con un 5% menos de entrada disminuyó la evaporación promedio calibrada a 68.0 pulgadas, mientras que el caso con un 5% más de entrada la aumentó a 71.0 pulgadas.

©2024



PROGRAMA DE GESTIÓN DE SALTON SEA



CALIFORNIA
NATURAL
RESOURCES
AGENCY

