

Plan a Largo Plazo de Salton Sea

Anexo B: Hidrología y Cambio Climático

Marzo de 2024



PROGRAMA DE GESTIÓN DE SALTON SEA



CALIFORNIA
NATURAL
RESOURCES
AGENCY



Esta página se dejó en blanco intencionalmente.

Índice

1	Introducción	1
2	Descripción del Área de Estudio.....	2
3	Información de Referencia	7
3.1	Conjuntos de Datos de Observación Relacionados con el Uso del Agua de Riego.....	7
3.1.1	Informes de Uso y Contabilidad del Agua del Río Colorado: Arizona, California y Nevada. ...	7
3.1.2	Estimaciones de Evapotranspiración y Evaporación a lo largo de la Región Baja del Río Colorado	9
3.1.3	Inventario Anual de Áreas que Reciben Agua. Distrito de Riego de Imperial. 2002 – 2021.....	10
3.1.4	Informes de Cultivos del Distrito de Agua del Valle de Coachella.....	11
3.2	Planes de Gestión y Estudios Hidrológicos	12
3.2.1	Estudio de Suministro y Demanda de Agua de la Cuenca del Río Colorado	12
3.2.2	Revisión de las Pautas Provisionales del Río Colorado para la Escasez de la Cuenca Baja y las Operaciones Coordinadas para el Lago Powell y el Lago Mead	15
3.2.3	Descripción General de las Proyecciones del Sistema del Río Colorado	17
3.2.4	Gestión del Río Colorado: Asignaciones de Agua, Sequía y la Función Federal	18
3.2.5	Plan Operativo Anual de Embalses del Río Colorado 2022	19
3.2.6	Informe Anual del Agua e Implementación del Acuerdo Conciliatorio de Cuantificación	19
4	Modelo Previo de Entradas a Salton Sea con SALSIA2.....	22
4.1	Configuración del Modelo	22
4.2	Suposiciones de Entrada Detalladas	23
4.3	Escenarios Climáticos Futuros	27
4.4	Resumen de Entradas del Modelo.....	28
5	Datos y Metodología	30
5.1	Asignaciones del Río Colorado.....	30
5.2	Efectos del Cambio Climático en la Hidrología	34
5.2.1	Efectos del Cambio Climático en el Clima y la Hidrología de la Cuenca Alta.....	34
5.2.1.1	Clima e Hidrología Históricos	34
5.2.1.2	Paleohidrología.....	34
5.2.1.3	Clima e Hidrología Futuros Proyectados por Modelo Climático	38
5.2.2	Efectos del Cambio Climático en la Entrada	41
5.2.2.1	Uso de proyecciones de CMIP3 y remuestreo de hidrología de 2000 a 2018 como entrada del CRSS.....	42
5.2.2.2	Resultados de elevación del Lago Mead	43
5.2.2.3	Resultados de entrega de agua al IID.....	44
5.2.3	Efectos del Cambio Climático en la ET.....	45
5.3	Entradas a Salton Sea.....	47

5.3.1	Entradas de México	47
5.3.2	Entradas de la Cuenca del IID	50
5.3.3	Entradas de la Cuenca del CVWD	53
5.3.4	Entradas de Cuencas Locales	57
5.3.5	Entradas de Agua Subterránea	58
5.3.6	Resumen de las Entradas Históricas Recientes en Comparación con las Entradas Modeladas	59
5.4	Salidas de la Cuenca de Salton Sea	60
5.4.1	Evapotranspiración de Tierras Agrícolas	60
5.4.1.1	Cuenca del Valle de Imperial	60
5.4.1.2	Cuenca del Valle de Coachella	62
5.4.1.3	Efectos del Cambio Climático en la Evapotranspiración	63
5.4.2	Evaporación de Salton Sea	64
6	Suposiciones y Escenarios de Entrada de Agua Futuros	65
6.1	Reducciones de Sequía a Corto Plazo (2023 - 2026)	65
6.2	Escenarios de Entrada Considerados para el Plan a Largo Plazo	65
6.2.1	Escenario 1: Continuación de Punto de Referencia	66
6.2.2	Escenario 2: Entrada de Alta Probabilidad	67
6.2.3	Escenario 3: Entrada de Baja Probabilidad	69
6.2.4	Escenario 4: Entrada de Muy Baja Probabilidad	69
6.2.5	Escenario 5: Incertidumbre Baja del IID	70
6.2.6	Escenario 6: Incertidumbre Moderada del IID	70
6.3	Escenarios de Entrada Modelados para el Plan a Largo Plazo	71
7	Conclusiones	73
8	Referencias	74

Lista de Figuras

Figura 1.	Cuenca del Río Colorado. (FUENTE: U.S. Bureau of Reclamation)	3
Figura 2.	Ubicaciones de muestras del USGS para caudales de ríos y elevación de Salton Sea. El Río Whitewater también se conoce como CVSC.	4
Figura 3.	Entradas y salidas del Distrito de Riego de Imperial (IID), el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) y Salton Sea. Los caudales en cursiva no se midieron pero pueden calcularse.	6
Figura 4.	Imagen de satélite Landsat que muestra campos agrícolas en el Distrito Imperial de Riego con bordes de los campos digitalizados como parte del esfuerzo para estimar la ET y la evaporación a lo largo de la Región Baja del Río Colorado. (FUENTE: Reclamation, 1995 – 2014)	9
Figura 5.	Percentiles 10, 50, 90 para la elevación del Lago Mead por combinaciones de escenarios de suministro y demanda. Los escenarios suponen que las Pautas Provisionales de 2007 para	

la Escasez de la Cuenca Baja (ver a continuación) se extienden más allá de 2026, cuando actualmente vencen. (FUENTE: Reclamation, 2012a).....	14
Figura 6. Elevaciones proyectadas del Lago Mead basadas en el último modelo ejecutado desde mayo de 2022 utilizando el CRMMS. La región coloreada asociada con la ejecución del modelo representa el mínimo y el máximo de las elevaciones del embalse proyectadas. Las líneas continuas representan elevaciones históricas (negro) y elevaciones medianas proyectadas para la ejecución del modelo CRMMS de mayo de 2022 (amarillo). Las líneas discontinuas y de puntos representan los percentiles 10 y 90, respectivamente. Las condiciones etiquetadas horizontalmente son elevaciones importantes para las operaciones, incluidas las condiciones excedentes (>1,145 pies sobre el MSL), las condiciones normales (>1,075 pies sobre el MSL) y las condiciones de escasez de Nivel 1-3 (>1,050, >1,025 y <1,025 pies sobre el MSL, respectivamente). (FUENTE: Reclamation, 2022a).....	17
Figura 7. Programa de transferencias del QSA del Distrito de Riego de Imperial (IID) con las fuentes de conservación de agua y la generación de ICS desde 2003 hasta 2026. (FUENTE: IID, 2020).....	20
Figura 8. Se aplicó una distribución de probabilidad para reflejar las reducciones en las entradas de México según la condición de No Acción Futura, expresada como una reducción porcentual de las entradas de la Alternativa de No Acción-Condiciones CEQA. Se considera más probable una reducción del 75% en las entradas de México. (FUENTE: IID, 2018b).....	24
Figura 9. Posibles entradas futuras de México según la condición de No Acción Futura. La región de color rojo oscuro indica el rango de incertidumbre capturado entre los percentiles 25 y 75. La región de color rojo claro indica el rango de incertidumbre capturado entre los percentiles 5 y 95. Después de 2026, el percentil 50 de las entradas futuras disminuye a un promedio por debajo de 40,000 AF/año. (FUENTE: IID, 2018b).....	24
Figura 10. Distribución de probabilidad para describir el rango de incertidumbre en las entradas futuras del Valle de Imperial a Salton Sea según la condición de No Acción Futura, expresada por el porcentaje de reducción en el agua residual de riego. (FUENTE: IID, 2018b).....	25
Figura 11. Posibles entradas futuras del Valle de Imperial según la condición de No Acción Futura. La región de color rojo oscuro indica el rango de incertidumbre capturado entre los percentiles 25 y 75. La región de color rojo claro indica el rango de incertidumbre capturado entre los percentiles 5 y 95. Después de 2035, el percentil 50 de las entradas futuras se estanca en un promedio justo por encima de 500,000 AF/año. Después de 2048, se prevé que el percentil 50 de las entradas futuras aumente ligeramente pero se estabilice en un promedio de poco menos de 600,000 AF/año. (FUENTE: IID, 2018b).....	26
Figura 12. Posibles entradas futuras del Valle de Coachella a Salton Sea según la condición de No Acción Futura. Con la desalinización, se prevé que los caudales alcancen su punto máximo en 2028. Sin desalinización, se proyecta que los caudales aumenten en forma continua pero a un ritmo más lento después de 2028. (FUENTE: IID, 2018b).....	27
Figura 13. Promedio anual histórico y futuro simulado de temperatura (arriba) y precipitación (abajo). Las proyecciones de la media y la mediana se indican mediante líneas continuas azules y grises, respectivamente. (FUENTE: IID, 2018b).....	28

Figura 14. Entradas totales futuras proyectadas en Salton Sea según la condición de No Acción Futura. La región de color rojo oscuro indica el rango de incertidumbre capturado entre los percentiles 25 y 75. La región de color rojo claro indica el rango de incertidumbre capturado entre los percentiles 5 y 95. En 2035, el percentil 50 de las entradas futuras está en el valor mínimo, pero aumenta ligeramente. Después de 2048, se prevé que el percentil 50 de las entradas futuras se estanque en un promedio de poco menos de 750,000 AF/año. (FUENTE: IID, 2018b).....	29
Figura 15. Entradas anuales del Río Colorado al IID y el CVWD de 2000 a 2020. De 1995 a 2002, las asignaciones del Río Colorado para el IID alcanzaron un promedio de 3.09 millones de AF. Durante el mismo período, las asignaciones del Río Colorado para el CVWD alcanzaron un promedio de 331,600 AF. (FUENTE: Reclamation, 1964 – 2020)	31
Figura 16. Entradas subanuales del Río Colorado (arriba) y variabilidad (abajo) en el IID en 2002, antes del QSA, y en 2020, más recientemente. Las tendencias muestran que las entradas máximas tienen lugar durante el verano para ambos períodos, pero que la magnitud de estos caudales ha disminuido. (FUENTE: Reclamation, 1964 – 2020)	32
Figura 17. Entradas subanuales del Río Colorado (arriba) y variabilidad (abajo) en el CVWD en 2002, antes del QSA, en 2020, más recientemente, y en 2016, cuando las asignaciones del Río Colorado fueron las más altas en los últimos 20 años. Las tendencias muestran que las entradas máximas se producen durante el verano para cada período. (FUENTE: Reclamation, 1964 – 2020).....	33
Figura 18. Caudales naturales anuales históricos, cambios de temperatura y cambios de precipitación de años hidrológicos para la Cuenca Alta del Río Colorado.....	35
Figura 19. Diagramas de dispersión de caudales naturales anuales frente a (izquierda) cambios de temperatura y (derecha) cambios de precipitación anuales de años hidrológicos para la Cuenca Alta del Río Colorado. Las líneas azules presentan las líneas de regresión lineal con las pendientes (valores entre paréntesis: intervalos de confianza de 95%) y los valores de R cuadrado se presentan en la parte superior izquierda de los gráficos.	36
Figura 20. Promedios móviles de 20 años de caudales naturales anuales históricos observados y reconstruidos para la Cuenca Alta del Río Colorado.....	37
Figura 21. Comparaciones de los cambios anuales de temperatura y precipitación observados históricamente y proyectados por GCM (izquierda: CMIP3; centro: CMIP5; derecha: CMIP6) del promedio de 1895–1924 para la Cuenca Alta del Río Colorado.	39
Figura 22. Proyecciones reducidas estimadas de mediados de siglo del GCM (izquierda: CMIP3; centro: CMIP5; derecha: CMIP6) de los cambios promedio anuales de temperatura y precipitación con respecto al promedio de 1895–1924 para la Cuenca Alta del Río Colorado y en comparación con observaciones históricas. Cada punto de color representa un resultado de un año durante el período 2035–2064 de un GCM y para un escenario futuro. Las líneas de contorno representan niveles de confianza y se estimaron en función de todos los puntos de color, y se basan en la estimación de la densidad de Kernel.	40
Figura 23. (Izquierda) el rendimiento del modelo de regresión lineal para predecir caudales naturales anuales (producido a partir de una validación cruzada de 5 veces) y (dos gráficos de la derecha) las proyecciones climáticas de CMIP5 y CMIP6 superpuestas con estimaciones de caudal natural del modelo de regresión lineal. Observaciones históricas y proyecciones de GCM (incluidos los escenarios SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5 de	

CMIP6 y escenarios equivalentes de la RCP) de cambios anuales de temperatura y precipitación del promedio de 1895–1924 para la Cuenca Alta del Río Colorado. Las proyecciones de GCM se presentan como líneas de contorno como niveles de confianza.	41
Figura 24. Serie temporal de caudal natural anual histórico, proyectado por CMIP3 (izquierda) y de remuestreo de 2000–2018 (derecha) de la Cuenca Alta. Los promedios móviles históricos de 10 años se presentan como líneas negras en negrita, mientras que los caudales promedio y los intervalos de confianza del 90% de las 112/100 trazas de CMIP3 y el remuestreo de la hidrología de 2000–2018 se presenta como líneas rojas en negrita y áreas sombreada en gris, respectivamente.	42
Figura 25. Probabilidades de excedencia de la elevación del Lago Mead en diciembre a partir del uso de la hidrología proyectada por CMIP3 (izquierda) y el remuestreo de 2000–2018 (derecha).	43
Figura 26. Probabilidades de excedencia de la entrega anual de agua al IID a partir del uso de la hidrología proyectada por CMIP3 (izquierda) y el remuestreo de la hidrología de 2000–2018 (derecha).	44
Figura 27. Promedio anual de temperaturas mínimas (arriba) y máximas (abajo) proyectadas para el Condado de Imperial, CA, según los escenarios de emisiones RCP 4.5 y RCP 8.5 hasta 2100. (FUENTE: Cal-Adapt).....	46
Figura 28. Entradas anuales promedio registradas en la estación USGS de la Frontera Internacional del Río New desde 1980 hasta 2021. (FUENTE: USGS)	48
Figura 29. Entradas subanuales de la Frontera Internacional del Río New en 1985, 2000, 2010 y 2020 (arriba) y variabilidad en los períodos 2003-2014 y 2015-2021 (abajo). Históricamente, no hubo un patrón subanual fuerte. Más recientemente, las entradas son predominantes en marzo y abril, y se acercan a los 5,000 AF/mes en los meses restantes. (FUENTE: USGS)	49
Figura 30. Entradas promedio anuales (arriba) y entradas promedio mensuales en los períodos 1980-2002, 2003-2014 y 2015-2021 (abajo) registradas en la estación USGS del Río New del Valle de Imperial desde 1980 hasta 2021. (FUENTE: USGS)	51
Figura 31. Entradas promedio anuales (arriba) y entradas promedio mensuales en los períodos 1980-2002, 2003-2014 y 2015-2021 (abajo) registradas en la estación USGS del Río Alamo desde 1980 hasta 2021. (FUENTE: USGS)	52
Figura 32. Entradas subanuales del Río New del Valle de Imperial y el Río Alamo en 2002 y 2020. Históricamente, y más recientemente, se ha conservado el mismo patrón subanual, en el cual los caudales son más bajos en enero, aumentan drásticamente hasta mayo y luego disminuyen gradualmente a partir de entonces. (FUENTE: USGS)	53
Figura 33. Entradas promedio anuales (arriba) y entradas promedio mensuales en los períodos 1980-2002, 2003-2014 y 2015-2021 (abajo) registradas en la estación USGS del Río Whitewater desde 1980 hasta 2021. (FUENTE: USGS).....	55
Figura 34. Entradas subanuales del Río Whitewater en 2002, 2010 y 2020. No se ha observado un patrón subanual constante a lo largo de los años. En promedio, las entradas en 2020 superaron los niveles históricos de 2002. (FUENTE: USGS)	56

Figura 35. Entrada a Salton Sea desde drenajes agrícolas del Valle de Coachella distintos del CVSC. El período 2000-2016 corresponde a datos del año calendario y el período 2017-2021 corresponde a datos del año hidrológico. (FUENTE: comunicación personal con el CVWD) 56

Figura 36. Entrada de agua subterránea al Lago desde el Valle de Coachella. (Fuente: Indio Subbasin GSAs, 2021)..... 59

Figura 37. ET subanual de la agricultura en el Distrito de Riego de Imperial (IID) de 2010 a 2014. (FUENTE: Reclamation, 1995 – 2014)..... 61

Figura 38. Evaporación subanual de aguas abiertas en el Distrito de Riego de Imperial (IID) de 2010 a 2014. (FUENTE: Reclamation, 1995 – 2014)..... 62

Figura 39. ET subanual de la agricultura en el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) de 2010 a 2014. (FUENTE: Reclamation, 1995 – 2014)..... 63

Figura 40. Evaporación subanual de aguas abiertas en el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) de 2010 a 2014. (FUENTE: Reclamation, 1995 – 2014) 63

Figura 41. Caudal de Drenaje Simulado para Escenarios Futuros, que Representa la Entrada Total a Salton Sea desde el Valle de Coachella. (FUENTE: Indio Subbasin GSAs, 2021) 68

Figura 42. Representación gráfica de las entradas anuales a Salton Sea para los escenarios de entrada de alta probabilidad, baja probabilidad y muy baja probabilidad durante el período 2010 a 2060. 72

Lista de Tablas

Tabla 1. Uso para el consumo del agua del Río Colorado por parte del Distrito de Riego de Imperial (IID) y el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) (unidades: AF). (FUENTE: Reclamation, 1964 – 2020)..... 7

Tabla 2. ET de referencia y tasas de precipitación promedio utilizadas para estimar la ET en los valles de Imperial/Coachella (unidades: pulgadas). (FUENTE: Reclamation, 1995 – 2014)..... 9

Tabla 3. ET agrícola anual y evaporación en aguas abiertas estimada para el Distrito de Riego de Imperial (IID) y el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) (unidades: AF). (FUENTE: Reclamation, 1995 – 2014)..... 10

Tabla 4. Área neta regable en el Distrito de Riego de Imperial (IID) de 2002 a 2021 (unidades: acres). ... 11

Tabla 5. Acres regables en el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) de 2013 a 2019 (unidades: acres). (FUENTE: CVWD, 2013 – 2019) 12

Tabla 6. Fuentes de las reducciones totales de la asignación de agua del Río Colorado a la Cuenca Baja, incluidas las Escasez de las Pautas Provisionales de 2007, las Reducciones de Entrega de la Minuta 323, las Contribuciones de Ahorro de Agua del DCP y los Ahorros del Plan Binacional de Contingencia por Escasez de Agua. De estos, solo el DCP describe reducciones para California (unidades: mil AF). (FUENTE: Reclamation, 2020) 16

Tabla 7. Resultados de la ejecución de CRMMS más reciente (de mayo de 2022), que muestran la probabilidad de caer por debajo de las elevaciones críticamente bajas del Lago Mead en cualquier mes del año calendario. Los resultados se representan visualmente en la región de color amarillo de la figura anterior. (FUENTE: Reclamation, 2022) 18

Tabla 8. Obligación y logros de conservación de agua de la Autoridad del Agua del Condado de San Diego (SDCWA) y el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) (a través del barbecho y la eficiencia), y entrega total de agua a Salton Sea según el QSA desde la implementación en 2003 hasta el presente (2020) y obligaciones futuras (unidades: AF). (FUENTE: IID, 2020). Las obligaciones insuficientes de la SDCWA se indican con un triángulo rojo hacia abajo y las obligaciones excesivas se indican con un triángulo verde hacia arriba.	21
Tabla 9. Resumen de suposiciones de entradas del modelo SALSA2. (FUENTE: IID, 2018a).....	22
Tabla 10. Probabilidades de entrega de agua al IID por debajo de diferentes umbrales, y umbrales de entrega dados con diferentes probabilidades durante el período proyectado de 2022 a 2060, con base en la hidrología de CMIP3.	45
Tabla 11. Probabilidades de entrega de agua al IID por debajo de diferentes umbrales, y umbrales de entrega dados con diferentes probabilidades con base en el remuestreo de la hidrología de 2000–2018.....	45
Tabla 12. Estimaciones de ET de Penman-Monteith.	47
Tabla 13. Entradas a Salton Sea desde arroyos locales fuera de los valles de Imperial y Coachella.....	57
Tabla 14. Entradas históricas recientes, en comparación con las entradas previstas por SALSA2 (unidades: AF).....	60
Tabla 15. Efectos del cambio climático en la ET en el Valle de Imperial	64
Tabla 16. Resumen de escenarios de entrada a Salton Sea (unidades: AFY).	66

Siglas y Abreviaturas

AF	Acres-pies (acre-feet)
AFY	Acres-pies por año (acre-feet per year)
CMIP	Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (Coupled Model Intercomparison Project)
CRMMS	Sistema de Modelado a Mediano Plazo del Río Colorado (Colorado River Mid-term Modeling System)
CRSS	Sistema de Simulación del Río Colorado (Colorado River Simulation System)
CVSC	Canal de Aguas Pluviales del Valle de Coachella (Coachella Valley Stormwater Channel)
CVWD	Distrito de Agua del Valle de Coachella (Coachella Valley Water District)
DCP	Plan de Contingencia por Sequía (Drought Contingency Plan)
DWR	Departamento de Recursos Hídricos de California (California Department of Water Resources)
ET	Evapotranspiración
GCM	Modelo Climático Global (Global Climate Model)
ICS	Excedente creado intencionalmente (intentionally created surplus)
IID	Distrito de Riego de Imperial (Imperial Irrigation District)
kAF	Mil acres-pies (thousand acre-feet)
LRP	Plan a Largo Plazo (Long-Range Plan)
MAFY	Millones de acres-pies por año (million acre-feet per year)
MSL	Nivel medio del mar (mean sea level)
QSA	Acuerdo Conciliatorio de Cuantificación (Quantification Settlement Agreement)
RCP	Vía de Concentración Representativa (Representative Concentration Pathway)
Reclamation	Oficina de Recuperación de EE. UU. (United States Bureau of Reclamation)
SALSA2	Modelo de Elevación de Salton Sea versión 2 (Salton Sea Elevation Model version 2)
SDCWA	Autoridad del Agua del Condado de San Diego (San Diego County Water Authority)
SSMP	Programa de Gestión de Salton Sea (Salton Sea Management Program)
SSP	Vía Socioeconómica Compartida (Shared Socioeconomic Pathway)
TAFY	Mil acres-pies por año (thousand acre-feet per year)
USGS	Estudio Geológico de EE. UU. (United States Geological Survey)
WMP	Plan de Gestión de Agua (Water Management Plan)

1 Introducción

La gestión a largo plazo de Salton Sea requiere una comprensión de la hidrología histórica y futura en Salton Sea y las cuencas conectadas del Valle de Imperial y el Valle de Coachella. Este informe describe la hidrología histórica, las suposiciones de referencia para la hidrología proyectada y las condiciones futuras proyectadas resultantes en Salton Sea, que se pueden usar para informar la gestión y planificación a largo plazo.

El área de estudio se describe en la Sección 2. Las fuentes de información para crear este memorando se identifican en la Sección 3. Dicha información de referencia se ofrece mediante una combinación de observaciones históricas, planes de gestión y estudios hidrológicos. El trabajo de modelado anterior relacionado con la hidrología del Valle de Imperial y Salton Sea se puede encontrar en la Sección 4. En la Sección 5, cada fuente de entrada y salida se analiza individualmente para proporcionar la base para el desarrollo de escenarios futuros. Se estudian los caudales anuales y subanuales para proporcionar una comprensión holística. A esto le sigue una tabla final de escenarios y suposiciones futuras de gestión del agua en la Sección 6. Las observaciones finales se encuentran en la Sección 7 y las referencias en la Sección 8.

2 Descripción del Área de Estudio

La agricultura en el Distrito de Riego de Imperial (IID) y el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) se sustenta con el agua del Río Colorado desviada en la represa Imperial y entregada a través de los canales All-American y Coachella. Las desviaciones totales de aproximadamente 2.8 millones de acres-pie (AF)/año en la Presa Imperial respaldan la agricultura de riego en los valles de Imperial y Coachella.¹ Las áreas de riego que rodean a Salton Sea se muestran en relación con toda la cuenca del Río Colorado en la Figura 1.

La Cuenca de Salton es el brazo norte del antiguo sistema del delta del Río Colorado. Los flujos de retorno agrícola y el drenaje de estos valles y partes del Valle de Mexicali, además de las descargas municipales e industriales en la cuenca, alimentan los principales ríos que desembocan en Salton Sea. La cuenca de Salton Sea abarca un área de aproximadamente 8,000 millas cuadradas desde el Condado de San Bernardino en el norte hasta el Valle de Mexicali (República de México) en el sur.

Las principales fuentes de entrada a Salton Sea son el Río Whitewater al norte (también conocido como el Canal de Aguas Pluviales del Valle de Coachella [CVSC]), los ríos Alamo y New al sur, y los flujos de retorno directos de los drenajes agrícolas en el Valle de Imperial y el Valle de Coachella. Las fuentes ribereñas de afluencia están registradas por estaciones de medición del Estudio Geológico de EE. UU. (USGS) situadas en las desembocaduras de los ríos, con observaciones que se remontan al menos a 1988 (Figura 2).

¹ Este valor se calcula promediando el uso para el consumo total para el Distrito de Riego de Imperial (IID) y el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) para el período de 2015 a 2020. El uso para el consumo total de (es decir, las entradas del Río Colorado) IID y CVWD se detallan en los Informes de Uso y Contabilidad del Agua del Río Colorado.



Figura 1. Cuenca del Río Colorado. (FUENTE: U.S. Bureau of Reclamation)

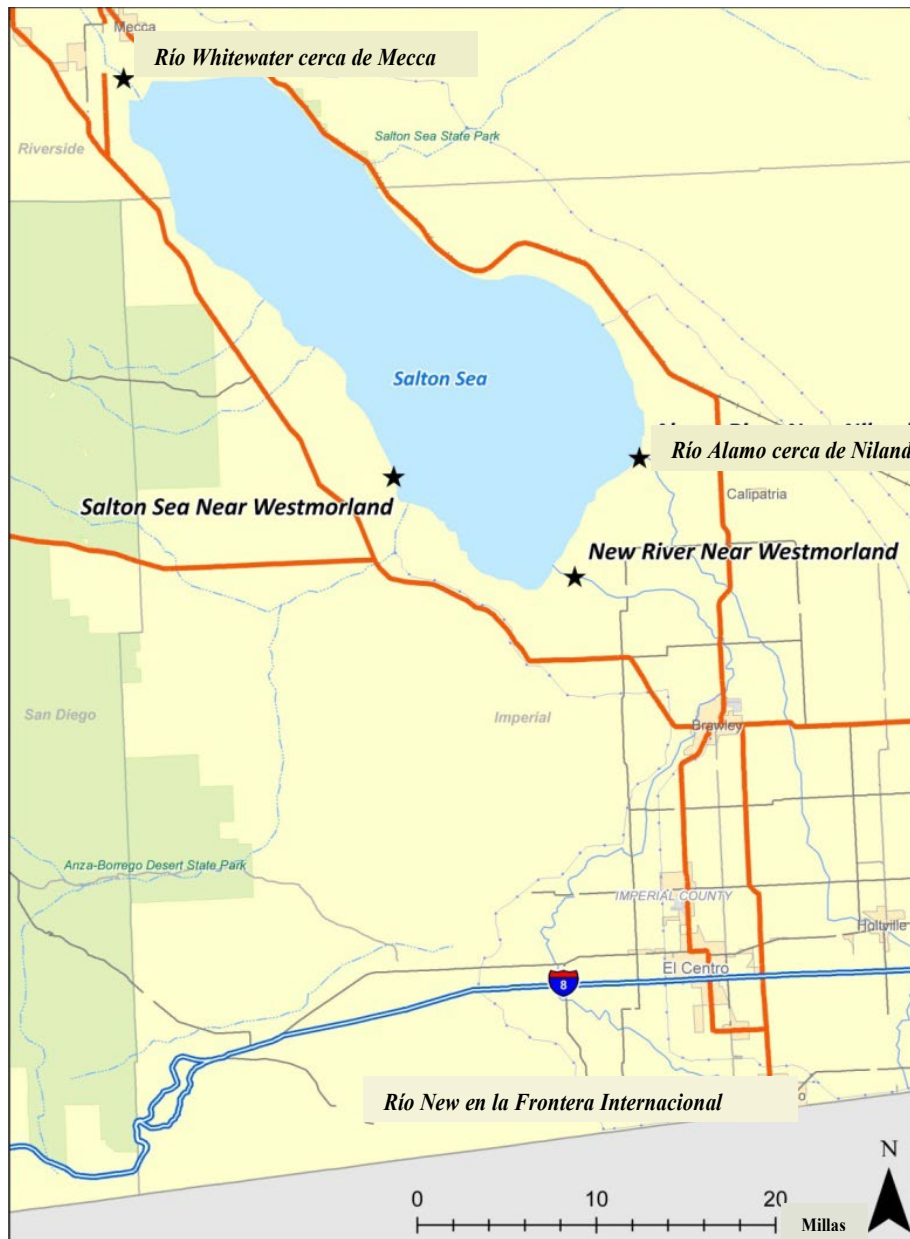


Figura 2. Ubicaciones de muestras del USGS para caudales de ríos y elevación de Salton Sea. El Río Whitewater también se conoce como CVSC.

El Río Whitewater (CVSC) es el principal canal de drenaje del río del CVWD. Trae escurrimiento de aguas pluviales, flujos de retorno agrícolas y descargas municipales y de criaderos de peces desde el Valle de Coachella hasta Salton Sea. En los últimos años, los caudales registrados por el medidor del USGS del Río Whitewater (ID de la Estación USGS: 10259540) han sido inferiores a 50,000 AF/año.²

² Esta estimación se basa en los caudales de medición del USGS más recientes.

El Río Alamo se origina aproximadamente dos millas al sur de la Frontera Internacional con México y fluye hacia el norte y desemboca en Salton Sea. La estación del USGS que registra las entradas del Río Alamo a Salton Sea se encuentra cerca de este punto de descarga al Lago (ID de la Estación USGS: 10254730). El Río Alamo está dominado por flujos de retorno agrícolas del IID. En los últimos años, este flujo ha promediado 560,000 AF/año.²

El Río New también se origina en México. Recorre el Valle de Mexicali, cruza la Frontera Internacional y desemboca en Salton Sea. El Río New transporta escurrimiento urbano, industrial y municipal, y escurrimiento agrícola del Valle de Mexicali. Hay dos medidores del USGS a lo largo del Río New. Uno está en el Valle de Imperial, cerca de la desembocadura del río en Salton Sea (ID de la Estación USGS: 10255550). El otro se encuentra en la Frontera Internacional (ID de la Estación USGS: 10254970). Desde 2018, los caudales en la estación del Río New (Valle de Imperial) han sido constantemente inferiores a 350,000 AF/año.² Los caudales en la estación del Río New (Frontera Internacional) se han mantenido estables entre 60,000 AF/año y 64,000 AF/año en el mismo período.²

Otras salidas hacia Salton Sea incluyen un sistema de drenajes agrícolas en el Valle de Imperial, que descargan el escurrimiento superficial en los ríos Alamo y New, y drenajes agrícolas en el Valle de Coachella. Los drenajes agrícolas en el Valle de Imperial introducen aproximadamente 830,000 AF/año de escurrimiento superficial en los ríos Alamo y New.³

La relación entre estos flujos, Salton Sea y las cuencas del IID y el CVWD se ilustran en la Figura 3. Otras pérdidas provienen de la evapotranspiración (ET) de las cuencas del IID y el CVWD, y la evaporación fuera de Salton Sea. Otras entradas incluyen precipitaciones, cuencas locales y entradas de agua subterránea al Lago. Los caudales no medidos (en cursiva en la Figura 3) se pueden estimar mediante el uso de la superficie en acres de riego informada y las tasas de ET en los valles, y los datos meteorológicos locales disponibles para el Condado de Imperial, California.

La información de referencia presentada en la Sección 3 se usa para cuantificar los caudales en la Figura 3 con base en observaciones históricas y pautas para la gestión del agua en las cuencas del IID y el CVWD, y en la Cuenca Baja del Río Colorado.

³ Esta estimación es proporcionada por las Juntas del Agua de California ([Salton Sea](#) | [Colorado River Basin Regional Water Quality Control Board \(ca.gov\)](#)).

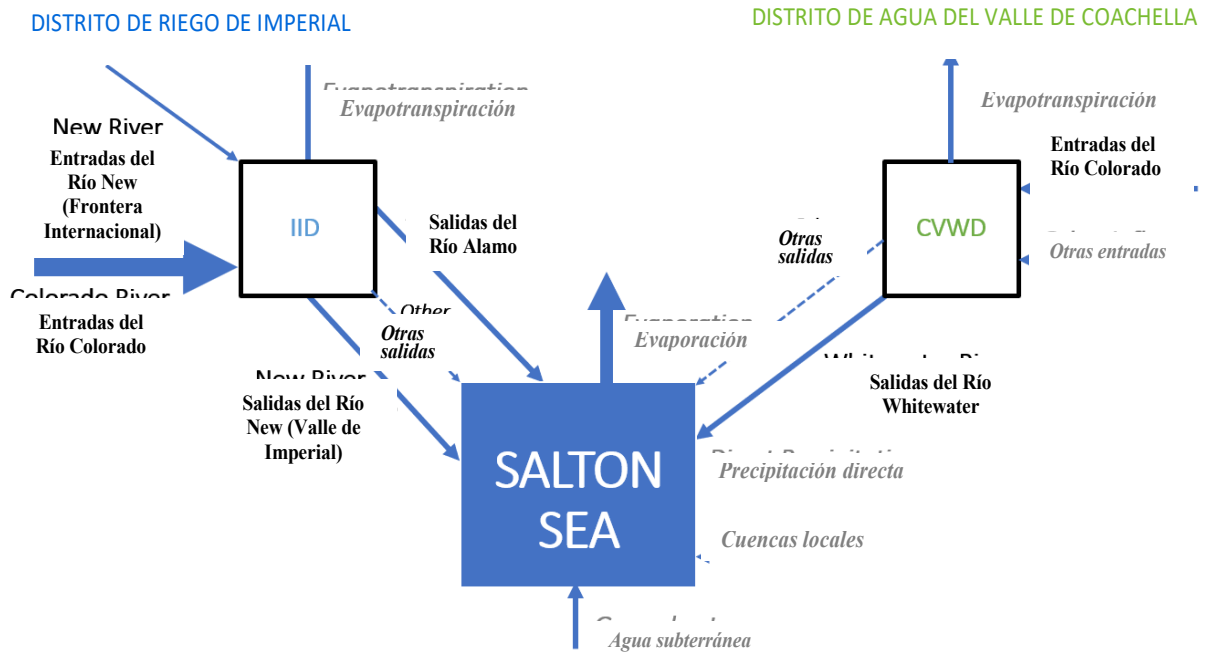


Figura 3. Entradas y salidas del Distrito de Riego de Imperial (IID), el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) y Salton Sea. Los caudales en cursiva no se midieron pero pueden calcularse.

3 Información de Referencia

Las fuentes de información de referencia se dividen en conjuntos de datos de observación y planes de gestión/estudios hidrológicos. Los conjuntos de datos de observación incluyen lecturas históricas y pautas para la gestión y planificación hidrológica en la Cuenca Baja del Río Colorado, en los valles de Imperial y Coachella, y en Salton Sea. Los estudios y planes adicionales brindan contexto para el desarrollo de escenarios hidrológicos futuros. También se incluyen estudios sobre la gestión futura de las asignaciones del Río Colorado y los escenarios climáticos futuros para el Condado de Imperial, que brindan información sobre algunos aspectos del presupuesto de agua futuro.

3.1 Conjuntos de Datos de Observación Relacionados con el Uso del Agua de Riego

Los datos relacionados con el uso del agua por parte del sector agrícola incluyen informes sobre el uso del agua del Río Colorado, estimaciones satelitales de ET, e inventarios e informes recopilados por el IID y el CVWD. Estas fuentes de datos se describen en las siguientes secciones.

3.1.1 Informes de Uso y Contabilidad del Agua del Río Colorado: Arizona, California y Nevada. Oficina de Recuperación de EE. UU. 1964 – 2020.

La Oficina de Recuperación proporciona registros de desvíos, retornos medidos y no medidos y uso para el consumo de la Cuenca Baja del Río Colorado en una serie de informes anuales. Estos valores se informan individualmente para los usuarios de la cuenca, incluidos el IID y el CVWD, desde 1964 hasta 2020.

El término “desvíos” se refiere a la orientación del agua desde la corriente principal del Río Colorado, a través de estructuras reguladoras, hasta los usuarios autorizados de la Cuenca e incluye la parte proporcional de cada usuario de las pérdidas totales del canal durante el desvío. Los “retornos medidos y no medidos” de dicha agua desviada se restan del número de desvío para proporcionar una estimación del “uso para el consumo” de dicha agua.⁴ El “uso para el consumo”, que disminuye el suministro disponible de agua, se define como la disminución del agua para usos beneficiosos domésticos y agrícolas, como se describe en el Convenio del Río Colorado de 1922. Por este motivo, los valores de “uso para el consumo” estiman las entradas del Río Colorado a los sistemas de agua del IID y el CVWD. Estos valores también se usaron para informar escenarios de entradas futuras con base en promedios durante varios períodos.

El uso para el consumo del agua del Río Colorado en el IID y el CVWD se proporciona en la Tabla 1. Los datos son recopilados por la Oficina de Operaciones de Boulder Canyon de la Oficina de Recuperación, el USGS, la Comisión Internacional de Límites y Aguas, los usuarios del agua y otras agencias. En general, las desviaciones de agua del Río Colorado incluyen desviaciones informadas del canal superficial del río y cualquier volumen de agua bombeado por pozos informado.

Tabla 1. Uso para el consumo del agua del Río Colorado por parte del Distrito de Riego de Imperial (IID) y el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) (unidades: AF). (FUENTE: Reclamation, 1964 – 2020)

⁴ Para el IID, el uso para el consumo total se calculó sumando las desviaciones en la Represa Imperial y las entregas desde el Embalse Warren H. Brock y luego restando los retornos medidos y no medidos.

USO PARA EL CONSUMO	DISTRITO DE RIEGO DE IMPERIAL (IID)	DISTRITO DE AGUA DEL VALLE DE COACHELLA (CVWD)
1990	3,054,188	369,685
1991	2,898,963	317,563
1992	2,572,659	309,367
1993	2,772,148	318,990
1994	3,048,076	326,102
1995	3,070,582	326,697
1996	3,159,609	331,473
1997	3,158,486	338,028
1998	3,101,548	337,466
1999	3,088,980	333,810
2000	2,931,251	329,367
2001	3,089,911	325,096
2002	3,152,984	331,107
2003	2,978,223	296,808
2004	2,743,909	318,616
2005	2,756,846	304,768
2006	2,909,680	329,322
2007	2,872,754	311,971
2008	2,825,116	299,064
2009	2,566,713	308,560
2010	2,545,593	306,141
2011	2,915,784	309,348
2012	2,903,216	329,576
2013	2,554,854	331,137
2014	2,533,414	349,372
2015	2,480,933	342,068
2016	2,504,258	356,358
2017	2,548,171	335,321
2018	2,625,422	338,035
2019	2,335,136	343,971

En general, el uso para el consumo del agua del Río Colorado por parte del IID se mantuvo estable en un promedio de 3,003,800 AF/año desde 1991 hasta 2002, pero desde entonces ha ido disminuyendo. La última vez que las entradas superaron los 3,000,000 AF/año fue en 2002, después de lo cual la implementación de transferencias de agua a través del Acuerdo Conciliatorio de Cuantificación (QSA) (analizado a continuación) ha disminuido el uso para el consumo agrícola durante el transcurso del tiempo.

El uso para el consumo del agua del Río Colorado por parte del CVWD ha aumentado notablemente de menos de 300,000 AF/año en 2008 a 350,618 AF en 2020. Antes de 2008, el uso para el consumo se mantuvo relativamente estable en un promedio de 306,600 AF/año (el promedio no incluye 1990).

3.1.2 Estimaciones de Evapotranspiración y Evaporación a lo largo de la Región Baja del Río Colorado. Oficina de Recuperación de EE. UU. 1995 – 2014.



La Oficina de Recuperación utiliza imágenes aéreas y satelitales e inspecciones de campo para mapear campos agrícolas de riego, vegetación ribereña y aguas abiertas en la Cuenca Baja del río Colorado para estimar la ET y las tasas de evaporación (Figura 4). Esto se hace clasificando varios tipos de cultivos, estimando el total de acres de cada tipo y calculando los coeficientes de ET, que se pueden usar para estimar la ET total de cada cultivo dentro del área en AF/año. También se estiman los acres totales de aguas abiertas y se calcula un coeficiente de evaporación por separado. Desde 1995 hasta 2014, estas estimaciones de evaporación y ET se han vuelto a calcular cada año con análisis de detección de cambios de las imágenes satelitales y aéreas. Desde 2004, el área de estudio se ha ampliado para incluir el IID y el CVWD. En 2014, 173,273 AF de ET se atribuyeron a la agricultura de riego y 5,760 AF de evaporación se atribuyeron a aguas abiertas en el CVWD. En el mismo año, 1,515,621 AF de ET se atribuyeron a la agricultura de riego y 12,939 AF de evaporación se atribuyeron a aguas abiertas en el IID. Tanto el IID como el CVWD se consideran desprovistos de vegetación ribereña.

Figura 4. Imagen de satélite Landsat que muestra campos agrícolas en el Distrito Imperial de Riego con bordes de los campos digitalizados como parte del esfuerzo para estimar la ET y la evaporación a lo largo de la Región Baja del Río Colorado. (FUENTE: Reclamation, 1995 – 2014)

Como parte de este esfuerzo de estimación, la Oficina de Recuperación desarrolla tasas de ET de referencia específicas del área para los valles de Imperial y Coachella, y para otras áreas que reciben agua de la Región Baja del Río Colorado. Estas ET de referencia y las tasas de precipitación promedio se proporcionan en la Tabla 2.

Tabla 2. ET de referencia y tasas de precipitación promedio utilizadas para estimar la ET en los valles de Imperial/Coachella (unidades: pulgadas). (FUENTE: Reclamation, 1995 – 2014)

AÑO	EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA	PRECIPITACIÓN PROMEDIO
2004	72.85	3.97
2005	73.31	4.15
2006	77.84	0.38
2007	71.04	1.26
2008	68.63	1.74
2009	70.69	0.78
2010	71.40	3.45
2011	73.09	3.73
2012	72.60	2.30
2013	69.60	2.80
2014	72.10	0.80

Se han observado grandes fluctuaciones en la precipitación promedio a lo largo de los años, desde más de 4 pulgadas/año hasta menos de 1 pulgada/año. Los valores de ET de referencia fueron más altos en 2006. En consecuencia, la ET agrícola estimada en el IID y el CVWD fue mayor en 2006 (Tabla 3).

Tabla 3. ET agrícola anual y evaporación en aguas abiertas estimada para el Distrito de Riego de Imperial (IID) y el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) (unidades: AF). (FUENTE: Reclamation, 1995 – 2014)

AÑO	DISTRITO DE RIEGO DE IMPERIAL (IID)		DISTRITO DE AGUA DEL VALLE DE COACHELLA (CVWD)	
	EVAPOTRANSPIRACIÓN AGRÍCOLA	EVAPORACIÓN EN AGUAS ABIERTAS	EVAPOTRANSPIRACIÓN AGRÍCOLA	EVAPORACIÓN EN AGUAS ABIERTAS
2004	1,711,737	1,690	212,298	N/C
2005	1,707,998	6,080	226,102	19,041
2006	1,889,373	6,916	257,257	34,609
2007	1,730,300	9,168	183,160	18,271
2008	1,563,637 (+ 1,454)	11,199	182,321	17,849
2009	1,514,046	10,415	164,239	5,634
2010	1,448,441	10,457	153,872	5,521
2011	1,528,247	13,302	163,897	5,583
2012	1,618,502	13,179	159,131	5,458
2013	1,468,642	12,761	153,725	5,588
2014	1,515,621	12,939	173,273	5,760

En 2008, se observó el crecimiento de vegetación ribereña en el terreno inundable del Río Colorado dentro del IID (indicado entre paréntesis). En promedio, la evaporación en aguas abiertas aumentó considerablemente en el IID de alrededor de 6,000 AF/año en 2005 a casi 13,000 AF/año en 2014. Por otro lado, la ET agrícola fluctuó de manera sistemática alrededor de un promedio de 1,610,000 AF/año.

La evaporación en aguas abiertas en el CVWD disminuyó de manera significativa en 2009, probablemente debido a la finalización del proyecto de revestimiento del Canal All-American.⁵ El revestimiento evita filtraciones e inundaciones que, de lo contrario, incrementarían las estimaciones de evaporación del canal. De 2004 a 2008, la ET agrícola en el CVWD alcanzó un promedio de más de 212,000 AF/año. De 2009 a 2014, la ET agrícola en el CVWD fluctuó alrededor de 161,000 AF/año.

3.1.3 Inventario Anual de Áreas que Reciben Agua. Distrito de Riego de Imperial. 2002 – 2021.

El IID mantiene un inventario anual de áreas que reciben agua. Este conjunto de datos se utilizó para corroborar las estimaciones de ET de la Oficina de Recuperación descritas anteriormente. Los datos de archivo abarcan el período de 2002 a 2021. Estos datos incluyen estudios anuales de cultivos (incluidos cultivos de jardín, de campo y permanentes), contabilidad de granjas y sus acres, y un resumen del área total abastecida. Dentro de estos inventarios anuales, el “Área Neta de Riego” informada se utilizó para estimar la tasa de ET en el IID. La ET total de la agricultura y la evaporación de aguas abiertas se informó en AF/año.

⁵ Según el sitio web del IID en <https://www.iid.com/water/library/all-american-canal-lining-project>

En general, la superficie neta de riego registrada fluctuó entre 405,000 y 453,500 acres durante las últimas dos décadas, con una disminución neta durante los primeros cinco años (Tabla 4). El “Área Neta de Riego” incluye áreas con uno o varios cultivos (incluidos cultivos de campo, de jardín y permanentes), y áreas recuperadas por lavado.

Tabla 4. Área neta regable en el Distrito de Riego de Imperial (IID) de 2002 a 2021 (unidades: acres).
(FUENTE: IID, 2002 – 2021)

AÑO	ÁREA NETA DE RIEGO DISTRITO DE RIEGO DE IMPERIAL (IID)
2002	453,409
2003	450,571
2004	435,866
2005	433,321
2006	426,244
2007	423,617
2008	429,717
2009	432,158
2010	431,823
2011	440,650
2012	432,555
2013	411,195
2014	405,246
2015	426,607
2016	432,797
2017	425,006
2018	444,098
2019	443,226
2020	446,049
2021	446,670

3.1.4 Informes de Cultivos del Distrito de Agua del Valle de Coachella. Distrito de Agua del Valle de Coachella. 2013 – 2019.

De 2013 a 2019, el CVWD resumió los tipos de cultivos, la superficie cultivada, los métodos de riego y el valor bruto estimado de la producción agrícola dentro del CVWD. Dentro de estos informes anuales, se usaron los “acres regables” informados para estimar la tasa de ET en el CVWD. La ET total de la agricultura y la evaporación de aguas abiertas se informó en AF/año. Este conjunto de datos se utilizó para corroborar las estimaciones de ET de la Oficina de Recuperación descritas anteriormente.

En general, el número registrado de acres de regadíos se mantuvo entre 75,000 y 77,200 acres a lo largo de los años (Tabla 5). “Acres regables” se refiere a la suma de los acres comerciales, los acres no comerciales, los acres regados pero no cosechados y los acres no regados que estaban en barbecho e inactivos.

Tabla 5. Acres regables en el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) de 2013 a 2019 (unidades: acres). (FUENTE: CVWD, 2013 – 2019)

AÑO	ACRES REGABLES DISTRITO DE AGUA DEL VALLE DE COACHELLA (CVWD)
2013	75,144
2014	76,354
2015	76,465
2016	76,411
2017	77,101
2018	76,364
2019	77,103

3.2 Planes de Gestión y Estudios Hidrológicos

Los planes de gestión y los pronósticos del suministro y la demanda de agua del Río Colorado se proporcionan en varias fuentes de datos e informes que se describen en las siguientes secciones.

3.2.1 Estudio de Suministro y Demanda de Agua de la Cuenca del Río Colorado. Oficina de Recuperación de EE. UU. Diciembre de 2012.

El Estudio de Suministro y Demanda de Agua de la Cuenca del Río Colorado fue realizado por las regiones Alta y Baja del Río Colorado de la Oficina de Recuperación y otras agencias. El estudio definió los desequilibrios actuales y futuros en el suministro y la demanda de agua en la Cuenca y en las áreas adyacentes de los estados de la Cuenca, que recibirán agua del Río Colorado durante los próximos 50 años (es decir, hasta 2060). El estudio fue motivado por la peor sequía de 11 años en el siglo 20, por la cual se debió acceder a las reservas de 60 millones de AF del sistema del Río Colorado para cumplir con las entregas solicitadas por los estados de la Cuenca Baja. Además, la escasez periódica en la Cuenca Alta introdujo una variabilidad que requirió una reevaluación del suministro y la demanda futura de agua del sistema del Río Colorado con exceso de asignaciones. El estudio también proporcionó una base técnica para comprender la probabilidad de una mayor demanda de agua y las proyecciones de un suministro reducido debido al cambio climático.

En este estudio, se desarrollaron cuatro escenarios para el suministro futuro de agua y seis escenarios para la demanda futura de agua. Se supuso que los escenarios de suministro de agua se clasifican en cuatro categorías:

1. Remuestreo observado: Se supuso que las tendencias y la variabilidad hidrológicas futuras serían similares a las de los últimos 100 años de observaciones.
2. Remuestreo paleo: Se supuso que las tendencias y la variabilidad hidrológicas futuras serían similares a las de los últimos 1,250 años, por lo que se utilizó la reconstrucción del caudal durante este período más prolongado para considerar la mayor variabilidad.
3. Condicionado paleo: Las tendencias y la variabilidad hidrológicas futuras estuvieron representadas por una combinación de estados húmedos y secos de los últimos 1,250 años, pero con magnitudes más similares a las de los últimos 100 años de observaciones. Este escenario proporcionó mayor peso al período más reciente dentro de la variabilidad ampliada a escala paleo.

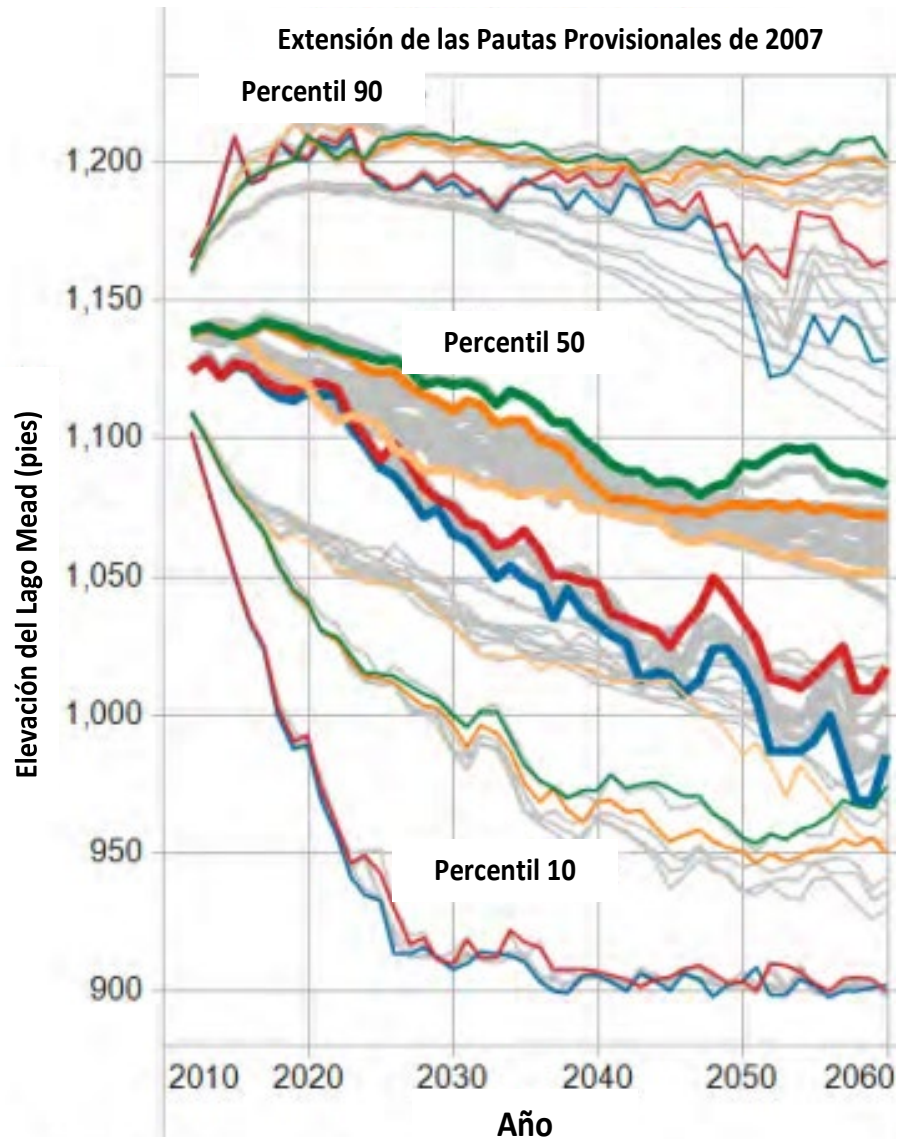
4. Modelos climáticos globales (GCM) reducidos proyectados: Se predijo que el clima futuro sería cálido, y las tendencias regionales de precipitación y temperatura se representaron mediante un conjunto de 112 GCM con resultados proyectados reducidos al área de estudio de la Cuenca del Río Colorado. En general, esto daría como resultado una tendencia hacia el secado con un aumento de la ET y una disminución de la nieve acumulada, lo que culminaría en una disminución del 9% en el flujo natural medio y un aumento del 50% en las sequías que duran más de 5 años durante el período total de simulación de 50 años.

Antes de este estudio, la Oficina de Recuperación utilizó una única proyección de demandas futuras en los estudios de planificación de la Cuenca del Río Colorado. Este estudio de suministro y demanda implementó la planificación de escenarios con información y datos proporcionados por los estados, las tribus, las agencias federales y otros usuarios de la Cuenca. Los escenarios se describieron por argumentos demográficos y económicos, y se denotaron como:

1. Proyectado actual (A): donde el crecimiento de la población, los patrones de desarrollo y las operaciones continúan con las tendencias recientes.
2. Crecimiento lento (B): donde el crecimiento de la población se desacelera con énfasis en la eficiencia económica.
3. Crecimiento rápido (C1 y C2): donde hay un resurgimiento económico en población y energía, y se conservan las preferencias actuales hacia los valores de conservación ambiental.
4. Ambiente mejorado (D1 y D2): donde la economía crece pero con mayor conciencia y cuidado ambiental.

Estos escenarios fueron luego cuantificados por los cambios asociados en la demanda total agrícola, municipal e industrial; de energía; de peces y vida silvestre; y tribal de agua del Río Colorado, que luego podría dividirse por estados y áreas de estudio. Se proyectó que la demanda de agua del Río Colorado en California, por ejemplo, crecería entre 0.2 y 0.35 millones de AF/año, principalmente debido al crecimiento de la población.⁶ Los cambios resultantes en la elevación del Lago Mead debido a combinaciones específicas de escenarios de suministro y demanda se presentan en la Figura 5.

⁶ Es notable que la reducción en la demanda de agua del Río Colorado por parte de los peces y la vida silvestre en la Cuenca Baja es causada por el cese del suministro de agua de mitigación a la laguna Salton Sea, de conformidad con el Acuerdo de Suministro de Agua del Río Colorado, que se aprobó en 2003. También se proyecta que habrá una pequeña reducción en la demanda de agua del Río Colorado para la agricultura en California en todos los escenarios, como lo sugiere el Plan de Conservación de Agua 20 x 2020 del Departamento de Recursos Hídricos de California. Además, casi todo el crecimiento en la demanda de agua para energía en la Cuenca Baja tiene lugar en California, debido a la expansión proyectada de proyectos solares y geotérmicos.



Nombres de escenarios resaltados

- Condición paleo, Ambiente mejorado (D1)
- Condición paleo, Proyectado actual (A)
- Remuestreo observado, Crecimiento rápido (C1)
- GCM reducidos proyectados, Ambiente mejorado (D1)
- GCM reducidos proyectados, Crecimiento rápido (C1)
- Todos los demás escenarios

Figura 5. Percentiles 10, 50, 90 para la elevación del Lago Mead por combinaciones de escenarios de suministro y demanda. Los escenarios suponen que las Pautas Provisionales de 2007 para la Escasez de la Cuenca Baja (ver a continuación) se extienden más allá de 2026, cuando actualmente vencen.⁷ (FUENTE: Reclamation, 2012a)

⁷ En el estudio de suministro y demanda se exploran otras suposiciones operativas, además de la extensión de las Pautas Provisionales de 2007 más allá de 2026; sin embargo, las Pautas Provisionales de 2007 (consulte a continuación para obtener más detalles) son las pautas operativas que se encuentran actualmente en práctica.

3.2.2 Revisión de las Pautas Provisionales del Río Colorado para la Escasez de la Cuenca Baja y las Operaciones Coordinadas para el Lago Powell y el Lago Mead. Oficina de Recuperación de EE. UU., Departamento del Interior de EE. UU. Diciembre de 2020.

Las Pautas Provisionales de 2007 fueron un enfoque colaborativo para establecer operaciones en el Río Colorado durante sequías y condiciones de nivel bajo del embalse. Proporcionaron un grado de certeza sobre el volumen de las futuras entregas anuales de agua a los usuarios de agua de la Cuenca Baja hasta 2026. Los cuatro componentes clave de las pautas incluyen:

1. Un mecanismo de excedente creado intencionalmente (ICS) para la escasez y entrega de agua conservada en el Lago Mead, que proporciona créditos para la entrega de agua conservada del sistema, promoviendo así la conservación del agua en la Cuenca Baja.
2. Modificación y extensión de elementos en las Pautas Provisionales de Excedentes de 2001, incluida la determinación de las condiciones bajo las cuales el excedente de agua está disponible para uso de los estados de la Cuenca Baja y la eliminación de las condiciones liberales de excedentes para garantizar que se almacene más agua en los embalses en preparación para períodos más prolongados de sequía.
3. Operaciones coordinadas del Lago Powell y Lago Mead, para minimizar la escasez general en la Cuenca Baja y para reducir el riesgo de restricciones en el uso del agua en la Cuenca Alta al reequilibrar los suministros del embalse.
4. Una estrategia de escasez para el Lago Mead, en la que las elevaciones del Lago Mead el 1 de enero de cada año determinan la cantidad de entrega de agua que se reducirá durante las condiciones de bajo nivel del embalse. Las reducciones para cada uno de los Estados de la Cuenca Baja se definen individualmente con la Minuta 323 y se delinear por separado las reducciones para México.

El Plan de Contingencia por Sequía (DCP) de la Cuenca Baja autoriza contribuciones adicionales de ICS (es decir, conservación de agua) por parte de los usuarios de agua de la Cuenca Baja cuando las elevaciones del Lago Mead caen por debajo de los 1,090 pies sobre el nivel medio del mar (MSL). El DCP introduce requisitos formales para las asignaciones de California, que de otro modo no estaban presentes en las Pautas Provisionales de 2007. El Distrito de Agua Metropolitano (Metropolitan Water District, MWD) es responsable del 85% de la contribución del DCP de California (hasta 297,500 AF/año).⁸ La reducción máxima de las asignaciones de California es de 350,000 AF/año, lo que equivale al 7.95% de las asignaciones del estado.

Los volúmenes totales combinados de reducciones descritos en estos documentos se presentan en la Tabla 6. Los volúmenes totales están en unidades de 1,000 AF (kAF). La fila resaltada define los parámetros operativos de escasez para 2022, dado que las elevaciones del Lago Mead estaban entre 1,050 y 1,075 pies por encima del MSL el 1 de enero de 2022.

⁸Como se indica en la Actualización del Río Colorado 2021 del IID: Criterios Operativos, Hidrología Actual y Determinación de Escasez para 2022.

Tabla 6. Fuentes de las reducciones totales de la asignación de agua del Río Colorado a la Cuenca Baja, incluidas las Escasez de las Pautas Provisionales de 2007, las Reducciones de Entrega de la Minuta 323, las Contribuciones de Ahorro de Agua del DCP y los Ahorros del Plan Binacional de Contingencia por Escasez de Agua. De estos, solo el DCP describe reducciones para California (unidades: mil AF). (FUENTE: Reclamation, 2020)

Elevación del Lago Mead (pies msl)	Pautas Provisionales de 2007 Escasez		Minuta 323 Reducciones de Entrega	Total de reducciones combinadas	Contribuciones de Ahorro de Agua del DCP			Ahorros del Plan Binacional de Contingencia por Escasez de Agua	Volúmenes combinados por país EE.UU.: Escasez de las Pautas Provisionales de 2007 + Contribuciones del DCP México: Reducciones de Entrega de la Minuta 323) + Ahorros del Plan Binacional de Contingencia por Escasez de Agua					Total de volúmenes combinados
	AZ	NV	México	Estados de la Cuenca Baja + México	AZ	NV	CA	México	AZ Total	NV Total	CA Total	Total de estados de la Cuenca Baja	México Total	Estados de la Cuenca Baja + México
1,090 - 1,075	0	0	0	0	192	8	0	41	192	8	0	200	41	241
1,075 - 1,050	320	13	50	383	192	8	0	30	512	21	0	533	80	613
1,050 - 1,045	400	17	70	487	192	8	0	34	592	25	0	617	104	721
1,045 - 1,040	400	17	70	487	240	10	200	76	640	27	200	867	146	1,013
1,040 - 1,035	400	17	70	487	240	10	250	84	640	27	250	917	154	1,071
1,035 - 1,030	400	17	70	487	240	10	300	92	640	27	300	967	162	1,129
1,030 - 1,025	400	17	70	487	240	10	350	101	640	27	350	1,017	171	1,188
<1,025	480	20	125	625	240	10	350	150	720	30	350	1,100	275	1,375

El Secretario del Interior emprenderá acciones afirmativas para implementar programas diseñados para crear o conservar 100,000 acres-pies por año o más del agua del sistema del Río Colorado a fin de contribuir con la conservación de suministros de agua en el Lago Mead y otros embalses del Río Colorado en la cuenca baja. Todas las acciones emprendidas por Estados Unidos quedarán sujetas a la ley aplicable, incluida la disponibilidad de las asignaciones presupuestarias.

Estas pautas operativas no detallan los requerimientos formales para las restricciones de entrega del IID conforme al DCP de la Cuenca Baja. Sin embargo, aunque el IID puede utilizar la totalidad de su uso para el consumo de los derechos de 3.1 millones de AF, el IID no está autorizado a recibir su ICS del Lago Mead (es decir, créditos de conservación de agua).⁸

El 16 de agosto de 2022, la Oficina de Recuperación publicó el Estudio de 24 Meses de Agosto de 2022 de la Cuenca del Río Colorado, que establece las operaciones anuales para el Lago Powell y el Lago Mead en 2023 teniendo en cuenta las condiciones de nivel críticamente bajo del embalse. El Estudio de 24 Meses de Agosto de 2022 proyecta que la elevación de la determinación operativa del Lago Mead el 1 de enero de 2023 será de 1,047.61 pies.⁹ Esta elevación proyectada refleja una Condición de Escasez de Nivel 2a, dentro de la banda de elevación del DCP de 1,045 y 1,050 pies, con reducciones de escasez requeridas y contribución de ahorro de agua para los Estados de la Cuenca Baja y México, de conformidad con la Minuta 323, como se muestra en Tabla 6 .

⁹ <https://doi.gov/pressreleases/interior-department-announces-actions-protect-colorado-river-system-sets-2023>

3.2.3 Descripción General de las Proyecciones del Sistema del Río Colorado. Oficina de Recuperación de EE. UU. Mayo de 2022.

La Oficina de Recuperación (Reclamation) también proyecta las condiciones de todo el sistema de la Cuenca del Río Colorado hasta cinco años en el futuro para determinar las operaciones del embalse y los escenarios de planificación. Las proyecciones son probabilísticas y se generan utilizando el Sistema de Modelado a Mediano Plazo del Río Colorado (CRMMS) implementado en RiverWare, una plataforma de modelado de ríos (Figura 6). El modelo es mantenido y actualizado en forma continua por las regiones Alta y Baja del Río Colorado de la Oficina de Recuperación. Las variables de salida incluyen el volumen de agua en escasez, elevaciones en el nivel de los embalses, descargas de las represas, generación de energía, caudal y desviaciones, y flujos de retorno de los usuarios de agua en todo el sistema. Las simulaciones utilizan un cálculo de equilibrio de masa que da cuenta de toda el agua que entra, se almacena y sale del sistema. El modelo utiliza un conjunto de reglas para informar cómo se libera y entrega el agua en diversas condiciones hidrológicas.

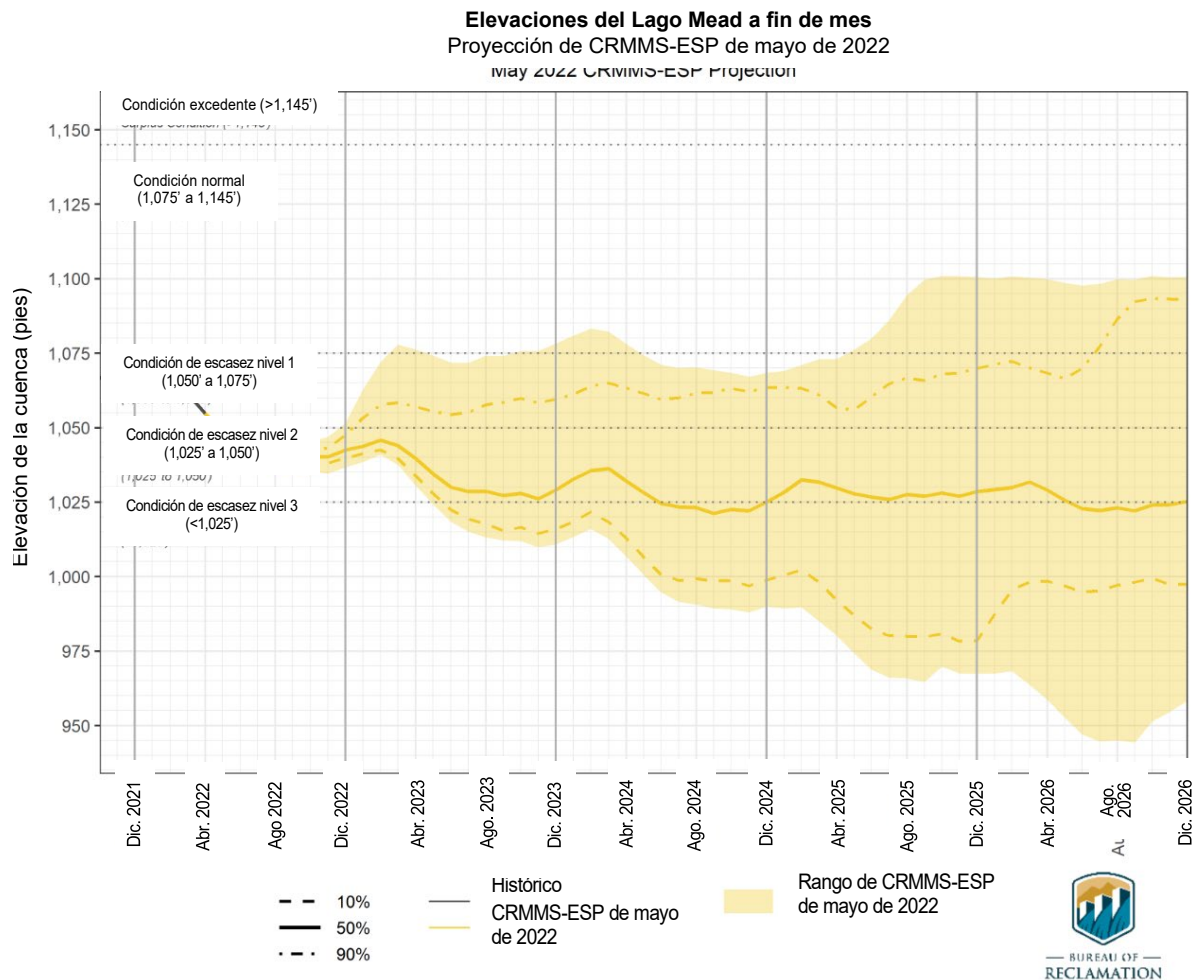


Figura 6. Elevaciones proyectadas del Lago Mead basadas en el último modelo ejecutado desde mayo de 2022 utilizando el CRMMS. La región coloreada asociada con la ejecución del modelo representa el mínimo y el máximo de las elevaciones del embalse proyectadas. Las líneas continuas representan elevaciones históricas (negro) y elevaciones medianas proyectadas para la ejecución del modelo CRMMS de mayo de 2022 (amarillo). Las líneas discontinuas y de puntos representan los percentiles 10 y 90, respectivamente. Las condiciones etiquetadas horizontalmente son elevaciones importantes para las operaciones, incluidas las condiciones excedentes (>1,145

pies sobre el MSL), las condiciones normales (>1,075 pies sobre el MSL) y las condiciones de escasez de Nivel 1-3 (>1,050, >1,025 y <1,025 pies sobre el MSL, respectivamente). (FUENTE: Reclamation, 2022a)

Para las proyecciones probabilísticas del período de 5 años, el CRMMS se inició utilizando la humedad del suelo y la acumulación de nieve de la cuenca actual, y se forzó con una serie de tiempo de precipitación y temperatura de calibración de 1991 a 2020. El resultado fue un conjunto de 30 pronósticos de caudales que proporcionó más información sobre el riesgo y la incertidumbre para las operaciones. Las proyecciones de 5 años más recientes de las condiciones futuras del sistema del Río Colorado se produjeron en mayo de 2022 con elevaciones del nivel de embalses inicializadas en función de los valores previos de fin de mes, caudales históricos desde 1991 hasta 2020 en la Cuenca Baja, y reflejando las Pautas Provisionales de 2007, el DCP de la Cuenca Baja y las políticas de la Minuta 323 (Tabla 7).

Tabla 7. Resultados de la ejecución de CRMMS más reciente (de mayo de 2022), que muestran la probabilidad de caer por debajo de las elevaciones críticamente bajas del Lago Mead en cualquier mes del año calendario. Los resultados se representan visualmente en la región de color amarillo de la figura anterior. (FUENTE: Reclamation, 2022)

	2022	2023	2024	2025	2026
Elevación del Lago Mead <1,020 pies sobre el MSL	0%	40%	50%	47%	50%
Elevación del Lago Mead <1,000 pies sobre el MSL	0%	0%	13%	20%	20%
Elevación del Lago Mead <950 pies sobre el MSL	0%	0%	0%	0%	3%
Elevación del Lago Mead <900 pies sobre el MSL	0%	0%	0%	0%	0%

Las incertidumbres apuntan a considerar la variabilidad en los escenarios climáticos futuros, la hidrología y las demandas de agua. La Oficina de Recuperación trabaja con las partes interesadas y los científicos para desarrollar las mejores prácticas de modelado y para calibrar utilizando las suposiciones más adecuadas. Para las proyecciones posteriores a 2026, cuando se venza el plazo de las Pautas Provisionales de 2007, el DCP de la Cuenca del Río Colorado y la Minuta 323 del Tratado de 1944 con México, se generarán modelos para fines de estudio específicos diseñados por la Oficina de Recuperación y otras agencias.

3.2.4 **Gestión del Río Colorado: Asignaciones de Agua, Sequía y la Función Federal. Servicio de Investigación del Congreso R45546. Agosto de 2021.**

Este documento resume la *Ley del Río*, una forma abreviada de uso común para referirse a las diversas leyes, decisiones judiciales y otros documentos que rigen las operaciones del Río Colorado. Siempre que sea posible, cada pauta operativa dentro de la *Ley del Río* es una entrada individual para los ejercicios de modelado descritos anteriormente. La combinación de este documento y los resultados del modelo se denomina *Plan Operativo Anual*, que utiliza las condiciones del agua proyectadas el 1 de enero para establecer un punto de referencia para operaciones anuales futuras.

3.2.5 Plan Operativo Anual de Embalses del Río Colorado 2022. Oficina de Recuperación de EE. UU., Departamento del Interior de EE. UU. Diciembre de 2021.

En diciembre de 2021, se elaboró el *Plan Operativo Anual* para el año calendario 2022. Dicho plan indicó que la elevación del Lago Mead era de 1,067.68 pies sobre el MSL el 1 de octubre de 2021, con un almacenamiento de 9,020,000 AF (es decir, el embalse estaba al 35% de su capacidad). Según el escenario de afluencia más probable, se proyectó que el Lago Mead terminaría el año hidrológico 2022 a con una elevación de 1,051.90 pies sobre el MSL. Se proyectó que el Lago Mead descendería a una elevación de 1,050.42 pies con 7.71 millones de acres-pies (MAF) almacenados (30% de la capacidad) a finales de 2022. Se proyectó que los caudales que lleguen a la Represa de Imperial para 2022 serán de 5,300,000 AF. Las desviaciones de la Represa de Imperial suministran agua al IID y al CVWD, entre otras regiones.

3.2.6 Informe Anual del Agua e Implementación del Acuerdo Conciliatorio de Cuantificación. Distrito de Riego de Imperial. 2020.

Antes de 2002, California había estado usando aproximadamente 5.2 millones de AF/año de agua del Río Colorado. Conforme al QSA, un acuerdo entre varios distritos de agua de California y el Departamento del Interior, California acordó reducir su uso a 4.4 millones de AF/año según la *Ley del Río*. Esto se logró a través de esfuerzos de conservación (p. ej., revestir el Canal All-American para reducir la filtración y aumentar los suministros utilizables) y proporcionar varias transferencias de agua a gran escala y a largo plazo de la agricultura al área urbana. Como se especifica en el QSA, el IID transferirá casi 415,000 AF anualmente durante un período de 35 años o más. El QSA también comprometió al estado de California a seguir un camino para la restauración ecológica de Salton Sea. Las transferencias conforme al QSA del IID a San Diego, Los Ángeles y el Valle de Coachella comenzaron en 2003. Desde la firma del QSA, también se han utilizado aproximadamente 777,000 AF de agua conservada para mitigar la salinidad en Salton Sea, y se han generado más de 159,000 AF de ICS, generalmente mediante el barbecho (Figura 7).

Para el IID, el ICS es agua excedente creada a través de una conservación extraordinaria, que incluye, entre otras prácticas, el revestimiento de canales o el barbecho de tierras. El agua de ICS está disponible para su uso según los términos y condiciones de los acuerdos de suministro de agua según las Pautas Provisionales de 2007 para la Escasez de la Cuenca Baja y las Operaciones Coordinadas del Lago Powell y el Lago Mead. Según las pautas actuales, la cantidad total de ICS que el IID puede almacenar en un año tiene un límite anual de 25,000 AF y un total acumulativo de 50,000 AF.

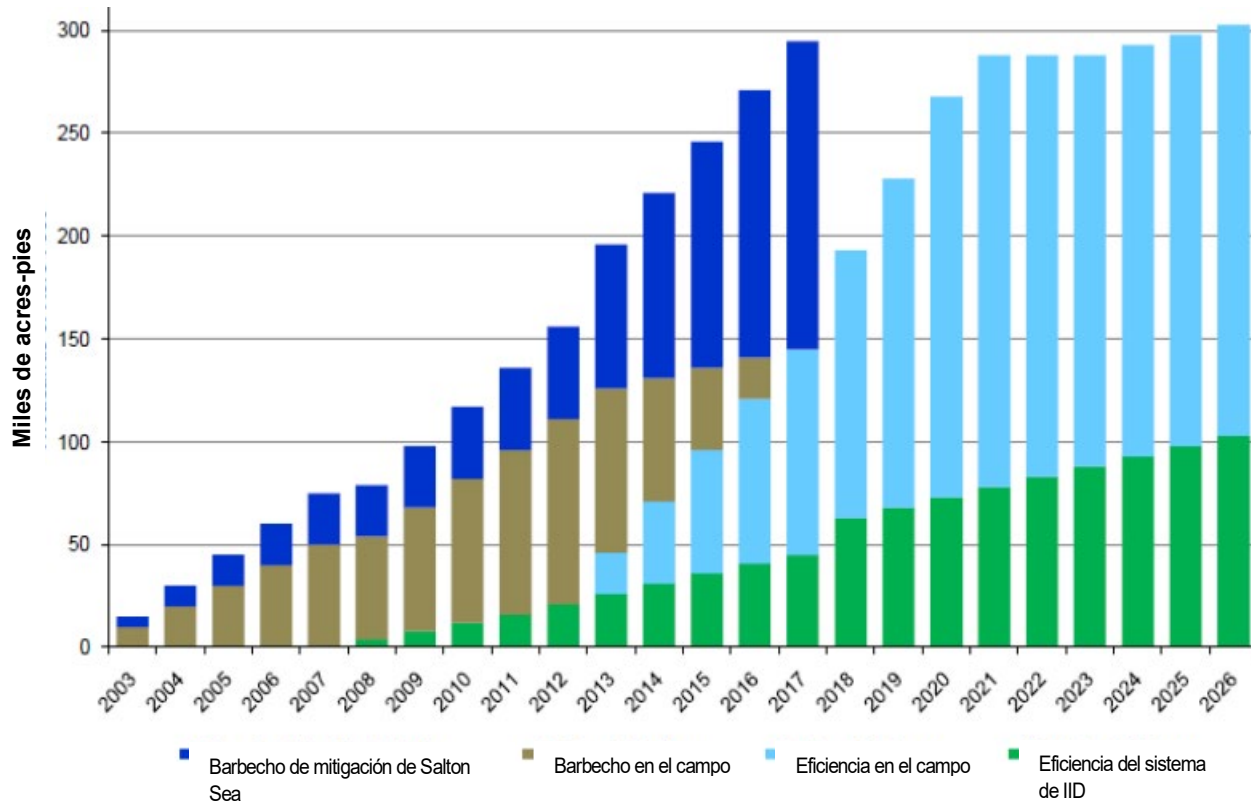


Figura 7. Programa de transferencias del QSA del Distrito de Riego de Imperial (IID) con las fuentes de conservación de agua y la generación de ICS desde 2003 hasta 2026. (FUENTE: IID, 2020)

Un resumen anual de contabilidad del agua del *Informe Anual del Agua e Implementación del QSA* (IID, 2020) tabula las fuentes de conservación del agua (barbecho y eficiencia) además de las obligaciones de transferencia de los condados que participan en el QSA, incluidos la Autoridad del Agua del Condado de San Diego (SDCWA) y el CVWD (Tabla 8).

Para Salton Sea, los efectos de las transferencias del QSA incluyen un aumento en la tasa de disminución de la elevación del agua. La eficiencia mejorada del riego ha reducido las tasas de escurrimiento agrícola que alimentan el Lago y ayudan a mantener su tamaño y niveles de agua. La reducción de Salton Sea tiene un impacto negativo en la salud pública, ya que el lecho del lago expuesto empeora la contaminación del aire generada por el polvo. Desde 2018, las entregas totales a Salton Sea han sido insignificantes ya que las partes que realizan la transferencia (SDCWA y CVWD) ya no están obligadas a proporcionar entradas para mitigar la reducción del escurrimiento agrícola en Salton Sea.

Tabla 8. Obligación y logros de conservación de agua de la Autoridad del Agua del Condado de San Diego (SDCWA) y el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) (a través del barbecho y la eficiencia), y entrega total de agua a Salton Sea según el QSA desde la implementación en 2003 hasta el presente (2020) y obligaciones futuras (unidades: AF). (FUENTE: IID, 2020). Las obligaciones insuficientes de la SDCWA se indican con un triángulo rojo hacia abajo y las obligaciones excesivas se indican con un triángulo verde hacia arriba.

AÑO	SDCWA			CVWD			AGUA DE MITIGACIÓN DEL QSA ENTREGADA POR EL IID
	OBLIGACIÓN	BARBECHO	EFICIENCIA	OBLIGACIÓN	BARBECHO	EFICIENCIA	
2003	10,000 ▼	3,445	0	0	0	0	0
2004	20,000	20,000	0	0	0	0	30,239
2005	30,000	30,000	0	0	0	0	21,476
2006	40,000	40,000	0	0	0	0	0
2007	50,000	50,000	0	0	0	0	23,306
2008	50,000	50,000	0	4,000	0	4,000	26,085
2009	60,000	60,000	0	8,000	0	8,000	30,158
2010	70,000	70,000	0	12,000	0	12,000	80,282
2011	80,000 ▼	63,278	0	16,000	0	16,000	0
2012	90,000 ▲	106,722	0	21,000	0	21,000	15,110
2013	100,000	80,000	20,000	26,000	0	26,000	71,470
2014	100,000	60,000	40,000	31,000	0	31,000	89,168
2015	100,000	40,000	60,000	36,000	8,983	27,017	153,327
2016	100,000	20,000	80,000	41,000	0	41,000	130,796
2017	100,000	0	100,000	45,000	0	45,000	105,155
2018	130,000	0	130,000	63,000	25,010	37,990	149
2019	160,000	0	160,000	68,000	65,782	2,218	16
2020	192,500	0	192,500	73,000	65,964	7,036	0
2021	200,000			78,000			0
2022	200,000			83,000			0
2023	200,000			88,000			0
2024	200,000			93,000			0
2025	200,000			98,000			0
2026	200,000			103,000			0
...	200,000			103,000			0
2047	200,000			103,000			0

4 Modelo Previo de Entradas a Salton Sea con SALS2

En esta sección, se resume el trabajo previo realizado por el IID mediante el Modelo de Elevación de Salton Sea versión 2 (SALS2) para caracterizar las entradas a Salton Sea. Este trabajo anterior se describe porque algunas de las metodologías y entradas se convirtieron en la base de los términos de entrada utilizados a los efectos del Plan a Largo Plazo (LRP).

4.1 Configuración del Modelo

SALS2, un programa de computadora desarrollado por el IID, estima los cambios futuros en la elevación Salton Sea. Este programa sigue ciertas suposiciones con respecto a las entradas futuras proyectadas para calcular la elevación y la salinidad de Salton Sea. El informe *Modelo y Resultados Hidrológicos de Salton Sea* (IID 2018a) describe el modelo, SALS2, que simula el equilibrio general de agua y sal para Salton Sea en condiciones futuras previstas. SALS2 es un modelo de simulación estocástica que permite el análisis de la incertidumbre en las suposiciones de entrada.

El informe *Desarrollo Hidrológico de Salton Sea* (IID 2018b) describe el desarrollo de distribuciones de probabilidad de entrada para cada una de las entradas de agua. Las entradas a Salton Sea se clasificaron según las siguientes contribuciones del área geográfica de origen: México, Valle de Imperial, Valle de Coachella y cuencas locales. Cada uno de estos componentes de entrada, su descripción histórica (anterior a 2015) y las suposiciones para la condición de no acción futura se resumen en la Tabla 9.

Tabla 9. Resumen de suposiciones de entradas del modelo SALS2. (FUENTE: IID, 2018a)

COMPONENTE DE ENTRADA	DESCRIPCIÓN HISTÓRICA	NO ACCIÓN FUTURA
MÉXICO	Entradas medidas históricas actualizadas de México en los ríos New y Alamo (1950 – 2015) ajustadas para las entregas del Río Colorado a la variabilidad de México.	Condiciones iniciales del modelo más caudales reducidos del Río New para: <ul style="list-style-type: none"> • Mejoras de Aguas Residuales en Mexicali • Plantas de Energía en Mexicali Reducciones adicionales basadas en tendencias recientes de gestión del agua.

COMPONENTE DE ENTRADA	DESCRIPCIÓN HISTÓRICA	NO ACCIÓN FUTURA
VALLE DE IMPERIAL	<p>Caudales estimados para los patrones de cultivo de 1980 a 1999 bajo las condiciones climáticas de 1925 a 1999; simulaciones de Salton Sea del IID proporcionadas por el IID.</p> <p>Cambios para proyectos vigentes desde 2002:</p> <ul style="list-style-type: none"> • QSA • Proyecto de Conservación y Transferencia de Agua del IID • Política de Uso Excesivo Involuntario y Recuperación • Proyecto de Revestimiento del Canal All-American 	<p>Condiciones iniciales del modelo más cambios para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • QSA • Proyecto de Conservación y Transferencia de Agua del IID • Cumplimiento de Derechos • Política de Uso Excesivo Involuntario y Recuperación • Proyecto de Revestimiento del Canal All-American <p>Reducciones adicionales basadas en las tendencias de gestión del agua, el crecimiento urbano y la sequía del Río Colorado</p>
VALLE DE COACHELLA	<p>Entradas históricas actualizadas del Valle de Coachella del Río Whitewater (Canal Pluvial del Valle de Coachella), drenajes directos y agua subterránea; incluye el Proyecto de Revestimiento del Canal de Coachella.</p>	<p>Condiciones iniciales del modelo más cambios para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transferencia del IID-CVWD <p>Actualización del WMP del Valle de Coachella (2012) (incertidumbre agregada para reflejar las condiciones actuales y las condiciones proyectadas del CVWD)</p>
CUENCAS LOCALES	<p>Estimaciones de caudal y agua superficial derivadas de regresiones de lluvia-escurrimiento y estudios previos.</p>	<p>Condiciones iniciales del modelo más caudales reducidos de Salt Creek debido al Proyecto de Revestimiento del Canal de Coachella.</p>

4.2 Suposiciones de Entrada Detalladas

La incertidumbre en las entradas futuras de México está representada por una distribución de probabilidad triangular de reducciones de entradas futuras, como se muestra en la Figura 8. La distribución de probabilidad se describe como una reducción porcentual y varía de 0% a 100% de reducción en las entradas, y una reducción futura en las entradas de México del 75% se considera como la más probable. Según la condición de No Acción Futura, la media de todas las muestras para las entradas de Salton Sea desde México alcanzó un promedio de aproximadamente 48,600 AF/año para el período 2016-2077. La distribución de entradas resultante a lo largo del tiempo se muestra en la Figura 9.

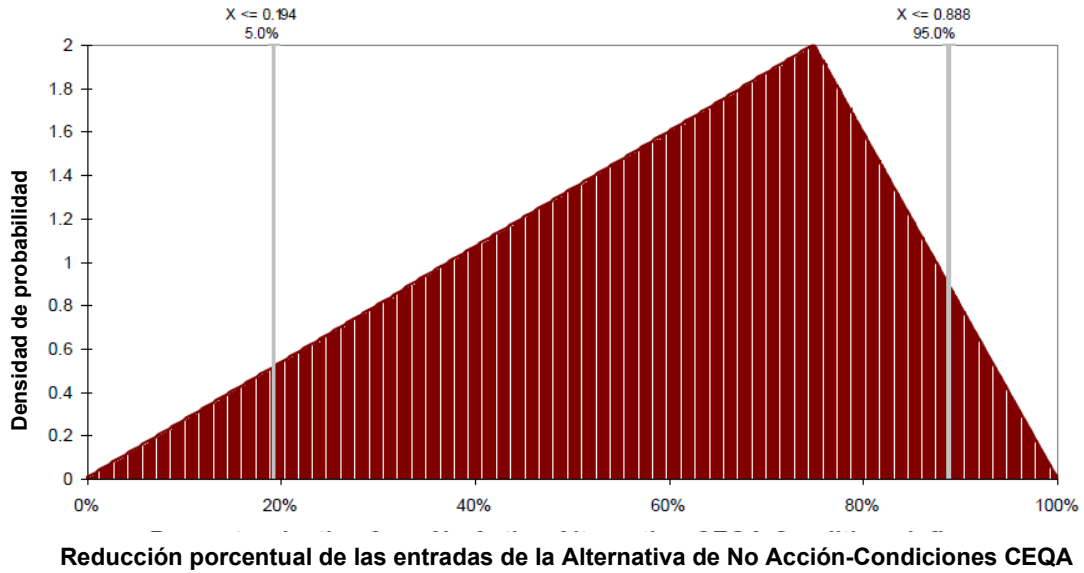


Figura 8. Se aplicó una distribución de probabilidad para reflejar las reducciones en las entradas de México según la condición de No Acción Futura, expresada como una reducción porcentual de las entradas de la Alternativa de No Acción-Condiciónes CEQA. Se considera más probable una reducción del 75% en las entradas de México. (FUENTE: IID, 2018b)

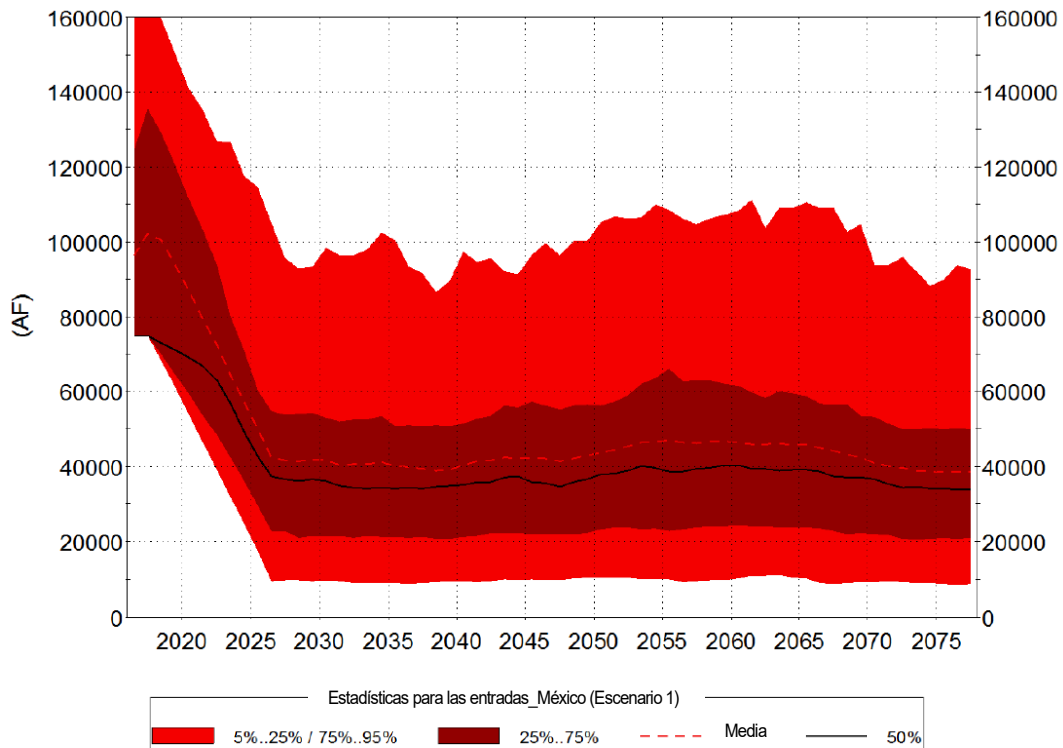


Figura 9. Posibles entradas futuras de México según la condición de No Acción Futura. La región de color rojo oscuro indica el rango de incertidumbre capturado entre los percentiles 25 y 75. La región de color rojo claro indica el rango de incertidumbre capturado entre los percentiles 5 y 95. Después de 2026, el percentil 50 de las entradas futuras disminuye a un promedio por debajo de 40,000 AF/año. (FUENTE: IID, 2018b)

Como sustituto de la incertidumbre asociada con los cambios en el uso del agua y la tierra dentro del Valle de Imperial y la gestión del Río Colorado (consulte la Tabla 9), las entradas del Valle de Imperial se redujeron como una fracción del caudal de agua residual de riego estimado que ingresa a Salton Sea. El agua residual de riego, que representa el agua que drena de la superficie de un campo durante un evento de riego, se seleccionó como un sustituto razonable para el cambio máximo futuro en las contribuciones del Valle de Imperial a la entrada de Salton Sea. La distribución de probabilidad de posibles reducciones futuras en el agua residual de riego se describió como una reducción porcentual del 5% al 95%. Se usó una distribución triangular (Figura 10) para reflejar el hecho de que mayores reducciones en el agua residual generalmente requerirán métodos más complejos de conservación de agua con mayores costos y, por lo tanto, son menos probables que reducciones más pequeñas. Según la condición de No Acción Futura, la media de todas las muestras para las entradas de Salton Sea desde el Valle de Imperial fue de aproximadamente 586,000 AF/año para el período 2016-2077. La distribución de entradas resultante a lo largo del tiempo se muestra en la Figura 11.

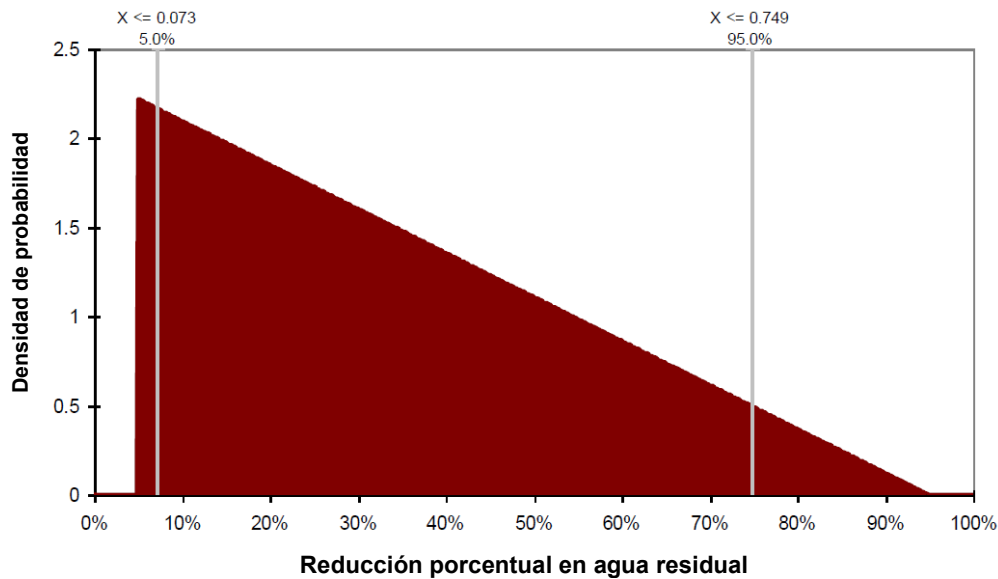


Figura 10. Distribución de probabilidad para describir el rango de incertidumbre en las entradas futuras del Valle de Imperial a Salton Sea según la condición de No Acción Futura, expresada por el porcentaje de reducción en el agua residual de riego. (FUENTE: IID, 2018b)

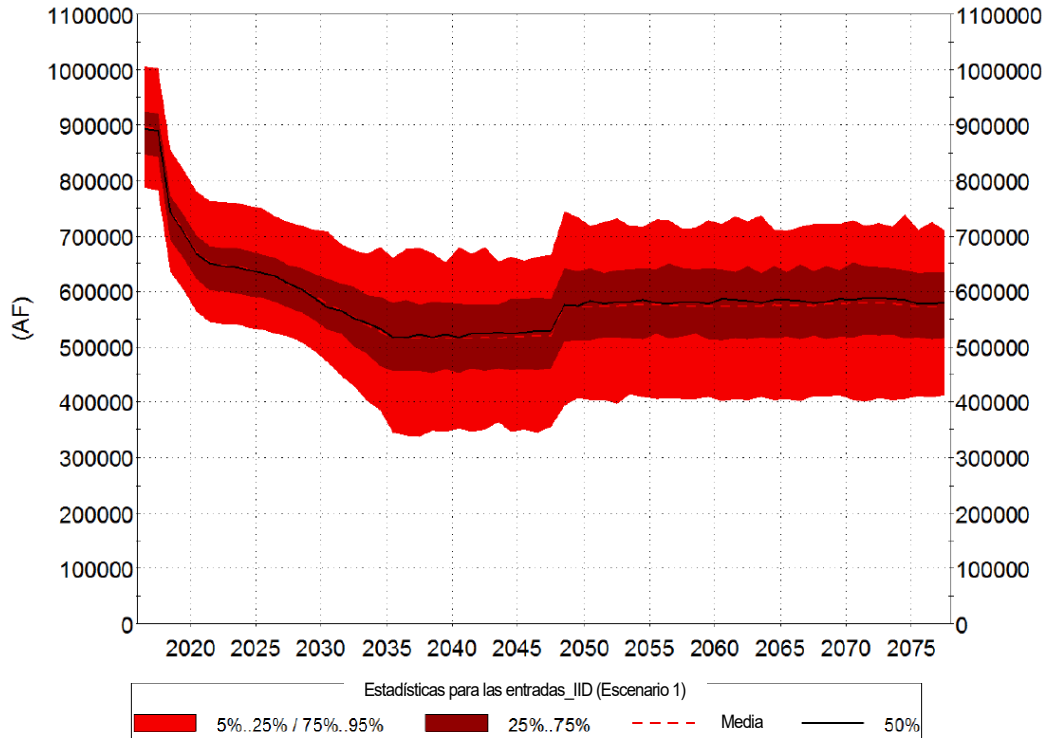


Figura 11. Posibles entradas futuras del Valle de Imperial según la condición de No Acción Futura. La región de color rojo oscuro indica el rango de incertidumbre capturado entre los percentiles 25 y 75. La región de color rojo claro indica el rango de incertidumbre capturado entre los percentiles 5 y 95. Después de 2035, el percentil 50 de las entradas futuras se estanca en un promedio justo por encima de 500,000 AF/año. Después de 2048, se prevé que el percentil 50 de las entradas futuras aumente ligeramente pero se establezca en un promedio de poco menos de 600,000 AF/año. (FUENTE: IID, 2018b)

El escurrimiento de aguas pluviales y agrícolas en el Valle de Coachella se transporta a Salton Sea en el Canal del Río Whitewater/Canal de Aguas Pluviales del Valle de Coachella (CVSC) y a través de drenajes que descargan directamente a Salton Sea. Los caudales futuros proyectados desde el Valle de Coachella hasta Salton Sea concuerdan con los incluidos en el Plan de Gestión de Agua (WMP) del CVWD. A través de la implementación del WMP, se prevé que aumenten los caudales desde el Valle de Coachella hasta Salton Sea, aunque existe incertidumbre sobre la magnitud y el momento de estos cambios. Se proyecta que las entradas anuales a Salton Sea desde el Valle de Coachella aumenten de alrededor de 56,000 AF en 2015 a más de 130,000 AF/año para 2060 sin la desalinización de los caudales de drenaje (Figura 12). El WMP incluye varios escenarios de cantidades variables de desalinización de caudales de drenaje. El rango de desalinización potencial del flujo de drenaje incluido en el WMP para 2045 oscila entre 55,000 AF/año y 85,000 AF/año. Según la condición de No Acción Futura, el rango de caudales futuros provenientes del Valle de Coachella ha sido estimado como el rango que refleja la desalinización mínima y máxima, como se indica en el WMP.¹⁰

¹⁰ La información en esta sección ha sido sustituida por la Actualización del Plan de Gestión del Agua de la Subcuenca de Indio de 2022: Plan Alternativo de la Ley de Gestión Sostenible de las Aguas Subterráneas (SGMA). La información proporcionada aquí es para mayor contexto para describir el modelado realizado por IID en 2018 utilizando el Modelo de Elevación del Mar Salton versión 2 (SALSA2) para caracterizar las entradas al Mar Salton. Esas predicciones de afluencia se proporcionan para el contexto y la comparación en la Sección 6.3 a continuación..

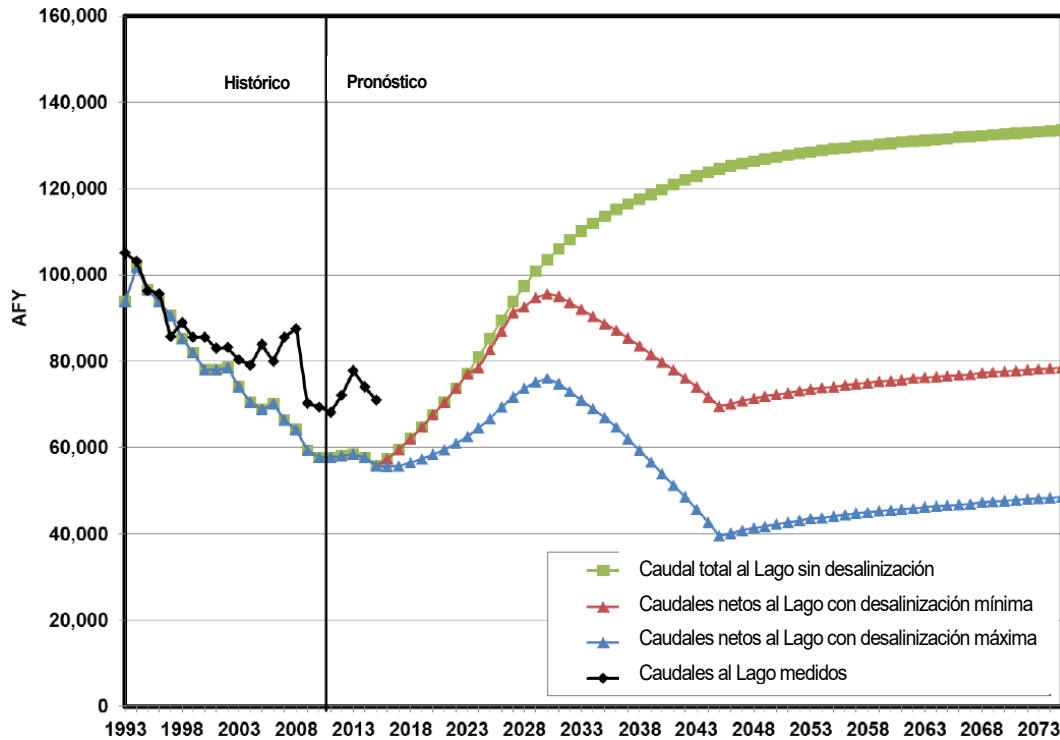


Figura 12. Posibles entradas futuras del Valle de Coachella a Salton Sea según la condición de No Acción Futura. Con la desalinización, se prevé que los caudales alcancen su punto máximo en 2028. Sin desalinización, se proyecta que los caudales aumenten en forma continua pero a un ritmo más lento después de 2028. (FUENTE: IID, 2018b)

El documento *Desarrollo Hidrológico de Salton Sea* (IID, 2018b) informa que la entrada de agua subterránea a Salton Sea desde áreas fuera de los valles de Imperial y Coachella se estima en aproximadamente 10,000 AF/año. El caudal de agua subterránea que ingresa a Salton Sea en el perímetro proviene principalmente del aluvión que subyace a San Felipe Creek. La entrada de agua subterránea de los valles de Imperial y Coachella se contabiliza en los valores mencionados anteriormente en sus respectivas áreas geográficas de origen.

4.3 Escenarios Climáticos Futuros

La evaluación del modelo SALSA2 se basa en los cambios de temperatura y precipitación proyectados utilizando valores medianos calculados a partir de 112 proyecciones climáticas futuras, que representan 16 modelos climáticos diferentes en tres escenarios de emisión. La Figura 13 muestra el rango de temperatura y precipitación promedio anual simulado derivado de las 112 proyecciones climáticas sobre Salton Sea. Como se muestra, se prevé que las temperaturas anuales aumenten en forma continua a lo largo del siglo. Por el contrario, las proyecciones de precipitación anual exhiben una mayor variabilidad, con algunas proyecciones que muestran disminuciones futuras y otras que muestran aumentos futuros.

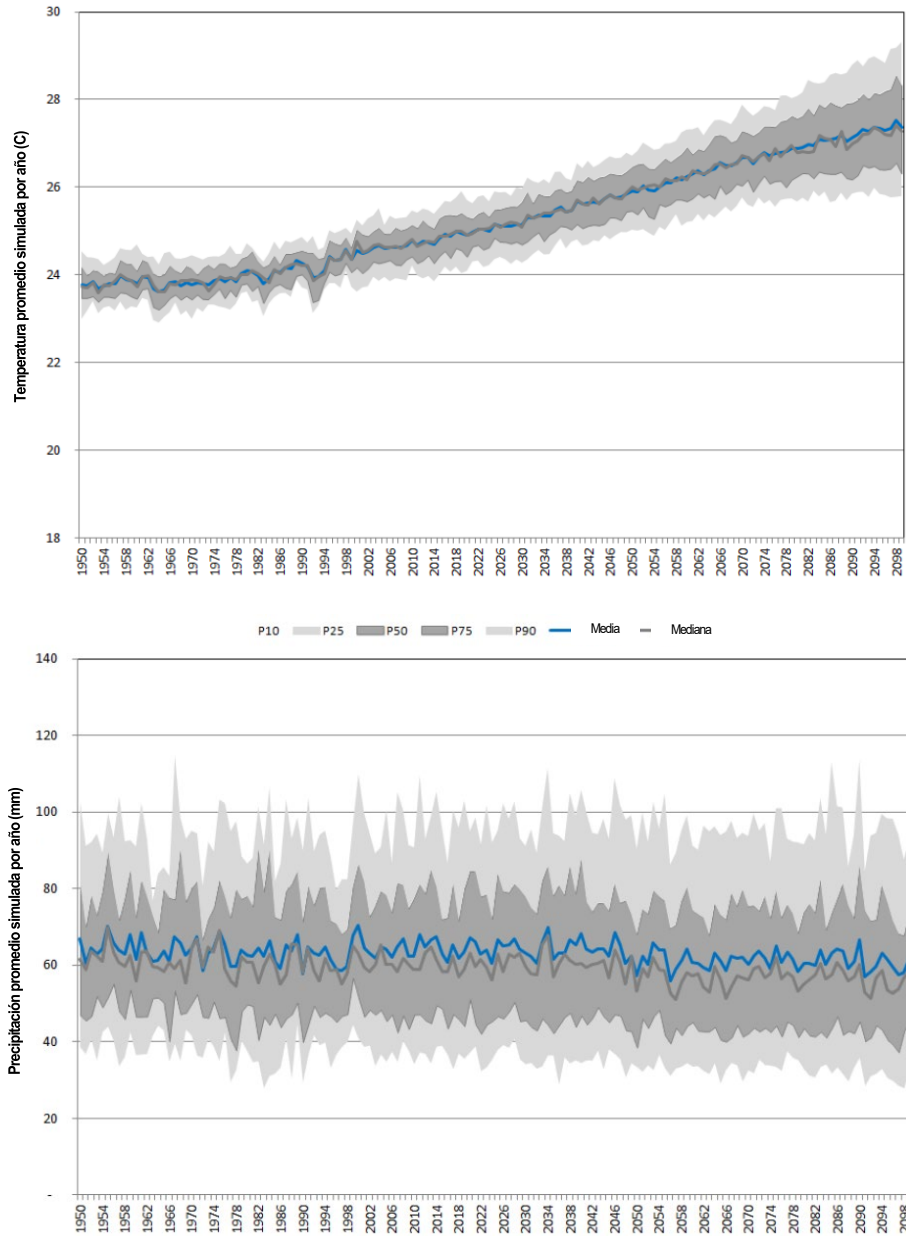


Figura 13. Promedio anual histórico y futuro simulado de temperatura (arriba) y precipitación (abajo). Las proyecciones de la media y la mediana se indican mediante líneas continuas azules y grises, respectivamente. (FUENTE: IID, 2018b)

En SALSA2, la tasa de evaporación neta se ajustó para aumentar la temperatura (aproximadamente 2°C para 2050 y hasta 3°C para 2075) y un cambio insignificante en la precipitación. El efecto sobre la evaporación futura se evaluó mediante un análisis de tasas de ET, temperatura, viento, radiación neta y otros datos meteorológicos de referencia.

4.4 Resumen de Entradas del Modelo

En la Figura 14, se presenta una representación gráfica de las entradas a Salton Sea proyectadas para la condición de No Acción Futura en el período de 2015 a 2077.

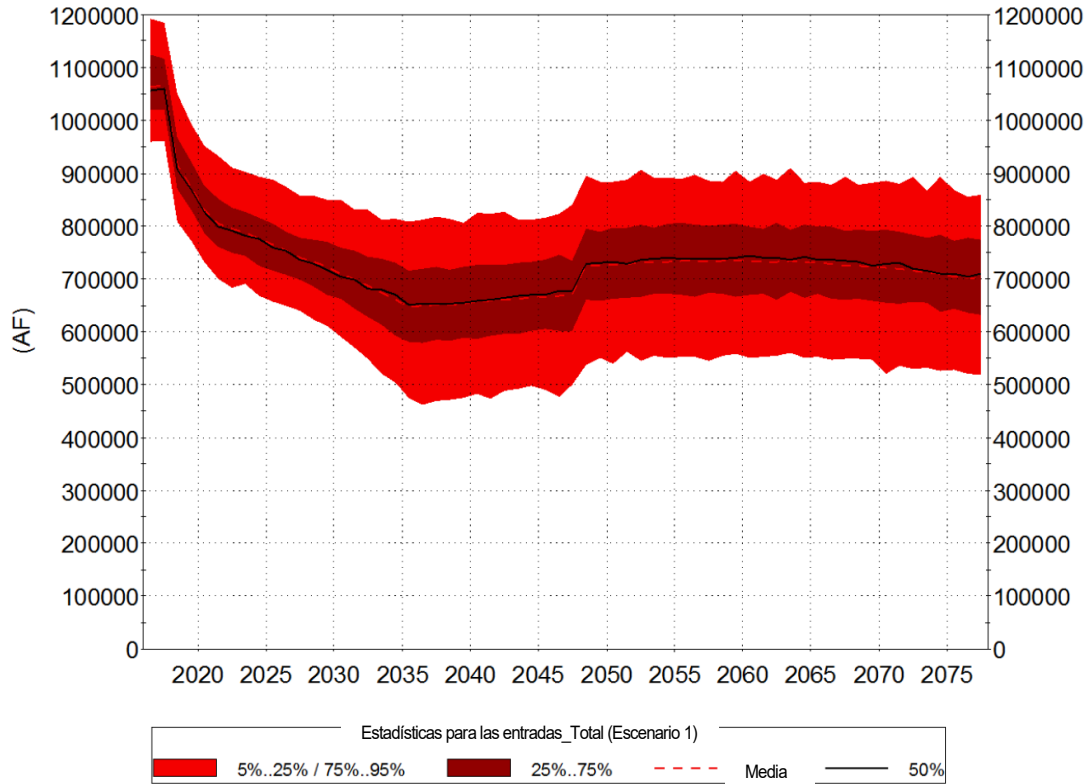


Figura 14. Entradas totales futuras proyectadas en Salton Sea según la condición de No Acción Futura. La región de color rojo oscuro indica el rango de incertidumbre capturado entre los percentiles 25 y 75. La región de color rojo claro indica el rango de incertidumbre capturado entre los percentiles 5 y 95. En 2035, el percentil 50 de las entradas futuras está en el valor mínimo, pero aumenta ligeramente. Después de 2048, se prevé que el percentil 50 de las entradas futuras se estanque en un promedio de poco menos de 750,000 AF/año. (FUENTE: IID, 2018b)

5 Datos y Metodología

Esta sección proporciona un análisis detallado de las fuentes de datos y la metodología utilizada para desarrollar los escenarios de entrada analizados en la Sección 6. A continuación, se analizan las tendencias y observaciones de la asignación del Río Colorado, seguidas de un análisis sobre cómo se considera el cambio climático y una descripción de los términos de entrada a Salton Sea. Además, se caracterizan los términos de salida de la cuenca de Salton Sea, incluidas las pérdidas por ET de la agricultura y la evaporación de Salton Sea.

5.1 Asignaciones del Río Colorado

A California se le asignan 4.4 millones de AF del total de 16.5 millones de AF del Río Colorado que están disponibles para los estados de la Cuenca y para México (Reclamation, 2020). Los canales y acueductos entregan la mayor parte de la asignación de California a las áreas de exportación agrícola y urbana fuera de la cuenca del río. Debido al mayor consumo de los estados de la Cuenca Baja y la reducción del escurrimiento, existe un desequilibrio entre el suministro y la demanda de agua. Las leyes y políticas requieren que los estados de la Cuenca Alta permitan que un promedio de 8.25 millones de AF/año lleguen a la Cuenca Baja. Sin embargo, la escasez provocará recortes en el uso de Arizona, Nevada y México. Aunque California tiene derechos de agua de mayor antigüedad y relativamente más seguros, cualquier negociación en acuerdos voluntarios de reducción de uso para frenar la disminución de las elevaciones del Lago Mead beneficiará en última instancia a California y minimizará los cortes de uso obligatorios (PPIC Water Policy Center, 2018).

Además, el intercambio de agua y la transferencia de suministros para su uso en años posteriores pueden aliviar el costo de la escasez esperada. Sin embargo, tales prácticas rigen de manera estricta. Algunas soluciones alternativas incluyen el almacenamiento de agua, que se dirigirá a California y Nevada, en las cuencas de agua subterránea de Arizona (PPIC Water Policy Center, 2018).

Dentro de California, los regadores tienen el primer derecho a usar 3.85 millones de AF del total asignado de 4.4 millones de AF/año. Las adaptaciones recientes a los suministros reducidos del Río Colorado incluyen la colaboración regional y una gestión más flexible, como lo demuestra el QSA. Los dos cambios principales que se han implementado incluyen el establecimiento de fondos estatales para el revestimiento de canales y el establecimiento de intercambios a largo plazo entre las agencias urbanas y los regadores. Revestir el Canal All-American, por ejemplo, redujo las filtraciones y aumentó los suministros utilizables. Como alternativa, los acuerdos comerciales por más de 500,000 AF/año hacen que el agua esté disponible a partir de la tierra en barbecho y fomentan la inversión en prácticas de riego más eficientes. En particular, la adquisición de agua para el Distrito de Agua Metropolitano del Sur de California del Distrito de Riego de Palo Verde, el Distrito de Agua de Bard y el IID constituye uno de esos acuerdos. El acuerdo de compra de la SDCWA con el IID es otro acuerdo. Estas respuestas se cuantifican a continuación.

La Figura 15 muestra las entradas del Río Colorado en el IID y el CVWD según lo informado durante las últimas dos décadas por la Oficina de Recuperación en los Informes de Uso y Contabilidad del Agua del Río Colorado. También se muestra la entrada promedio de 1995 a 2002, que históricamente fue mucho más alta en el Valle de Imperial pero ligeramente más baja en el Valle de Coachella que las entradas informadas en el último período de 2015 a 2020. Las asignaciones del Río Colorado para el IID han disminuido en las últimas dos décadas, pero las asignaciones para el CVWD se han mantenido constantes e incluso han aumentado en promedio en los últimos siete años.

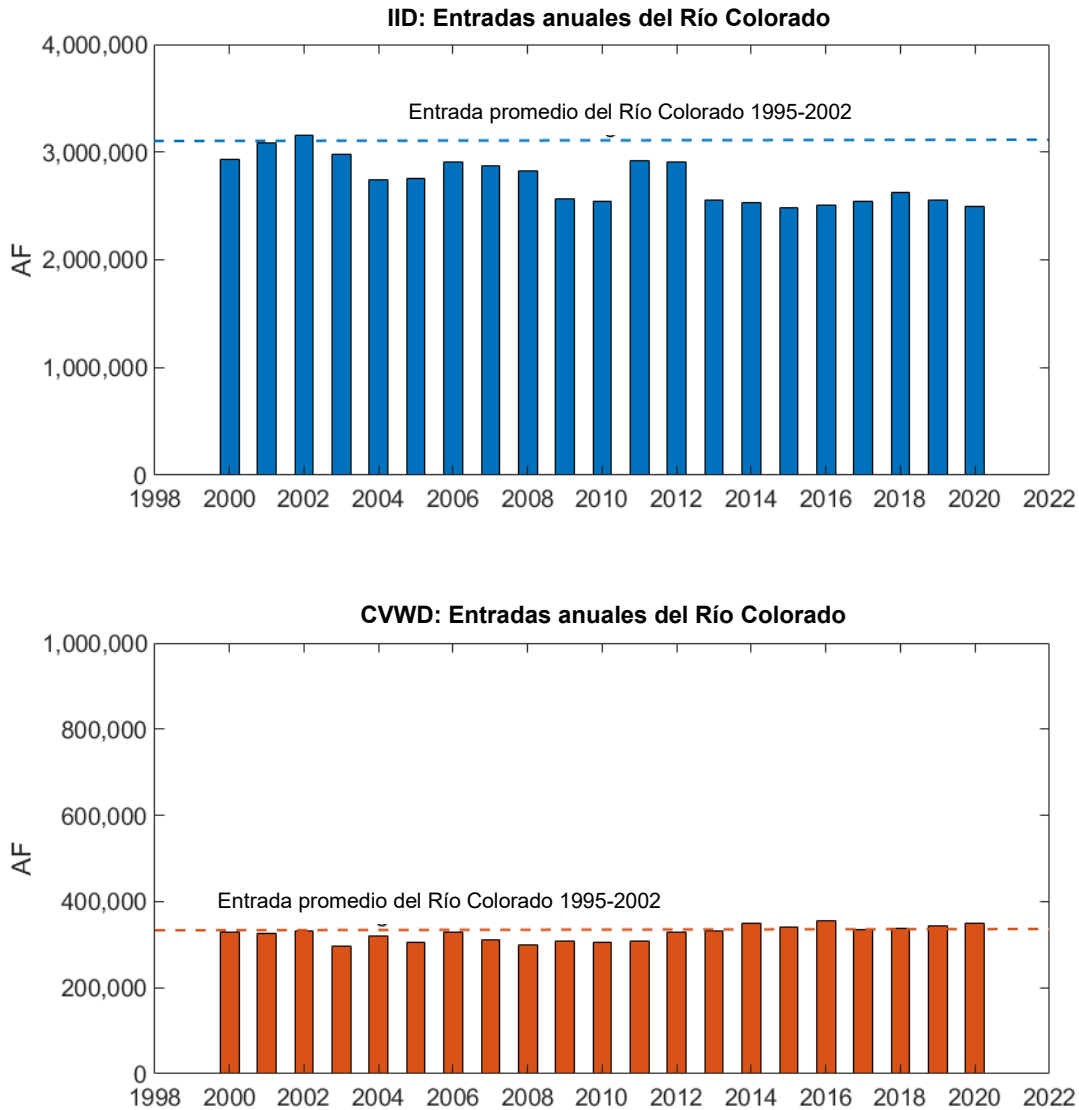


Figura 15. Entradas anuales del Río Colorado al IID y el CVWD de 2000 a 2020. De 1995 a 2002, las asignaciones del Río Colorado para el IID alcanzaron un promedio de 3.09 millones de AF. Durante el mismo período, las asignaciones del Río Colorado para el CVWD alcanzaron un promedio de 331,600 AF. (FUENTE: Reclamation, 1964 – 2020)

Las asignaciones subanuales del Río Colorado para el IID muestran que las asignaciones son más bajas en diciembre y enero y que aumentan considerablemente cada mes hasta mayo y julio (Figura 16). En los últimos años, las asignaciones han caído por debajo de los 300,000 AF/mes en promedio de mayo a julio, pero históricamente han superado los 350,000 AF/mes. Desde el punto máximo en verano en adelante, las asignaciones disminuyen lentamente para los meses restantes hasta un mínimo similar en diciembre de alrededor de 131,000 AF/mes. Este caudal subanual general ha sido constante durante las últimas dos décadas.

Para el CVWD, las asignaciones también son más bajas en enero y alcanzan su punto máximo de mayo a julio (Figura 17). Entre 2002 y 2016, los caudales aumentaron de manera más sustancial durante y directamente después del pico de riego en mayo. En general, la diferencia en los caudales subanuales no es tan pronunciada como en el IID.

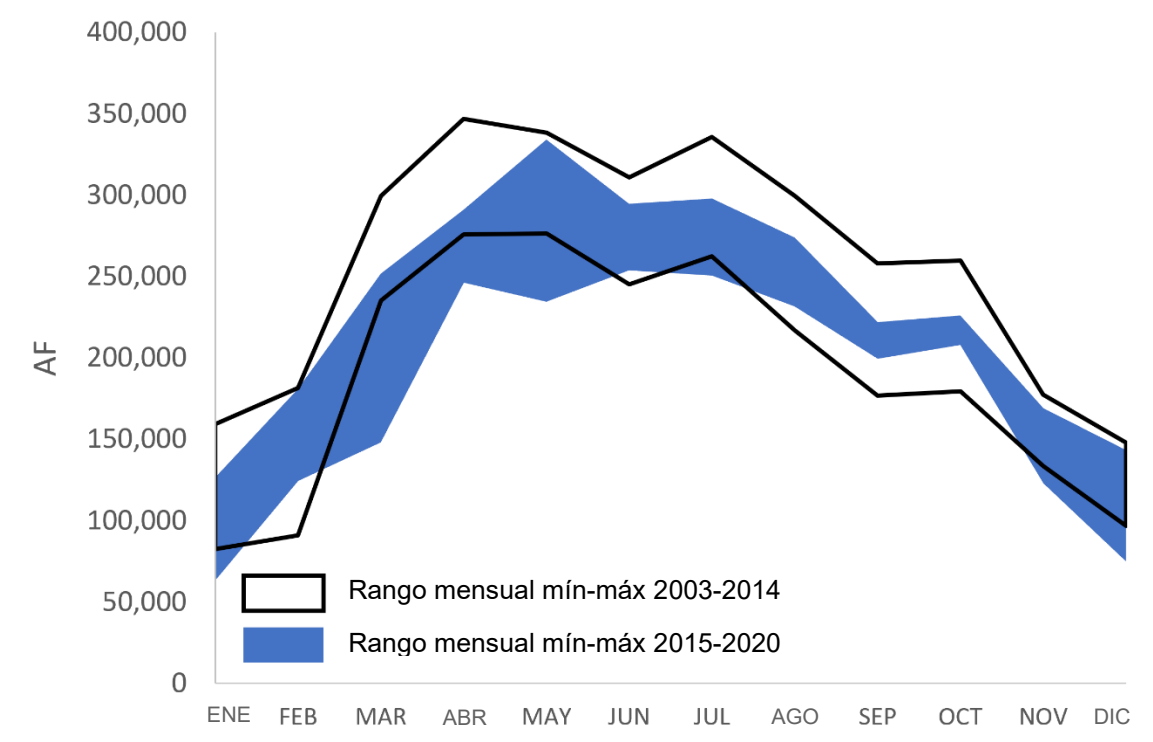
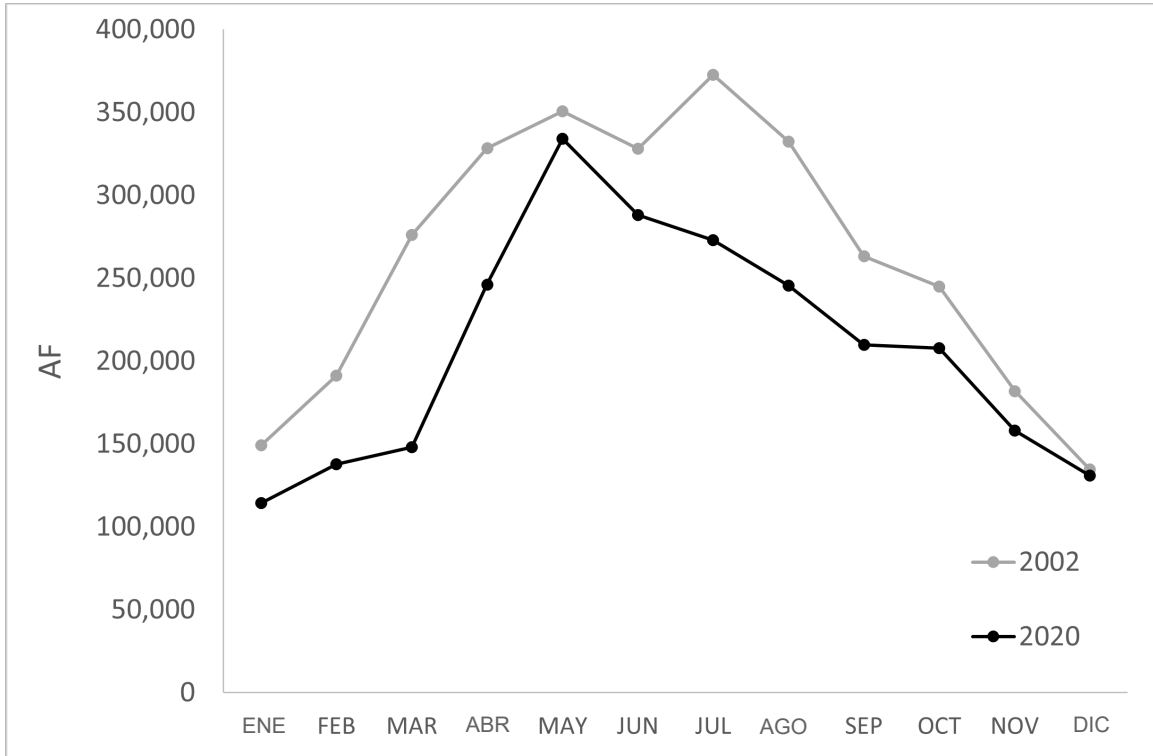


Figura 16. Entradas subanuales del Río Colorado (arriba) y variabilidad (abajo) en el IID en 2002, antes del QSA, y en 2020, más recientemente. Las tendencias muestran que las entradas máximas tienen lugar durante el verano para ambos períodos, pero que la magnitud de estos caudales ha disminuido. (FUENTE: Reclamation, 1964 – 2020)

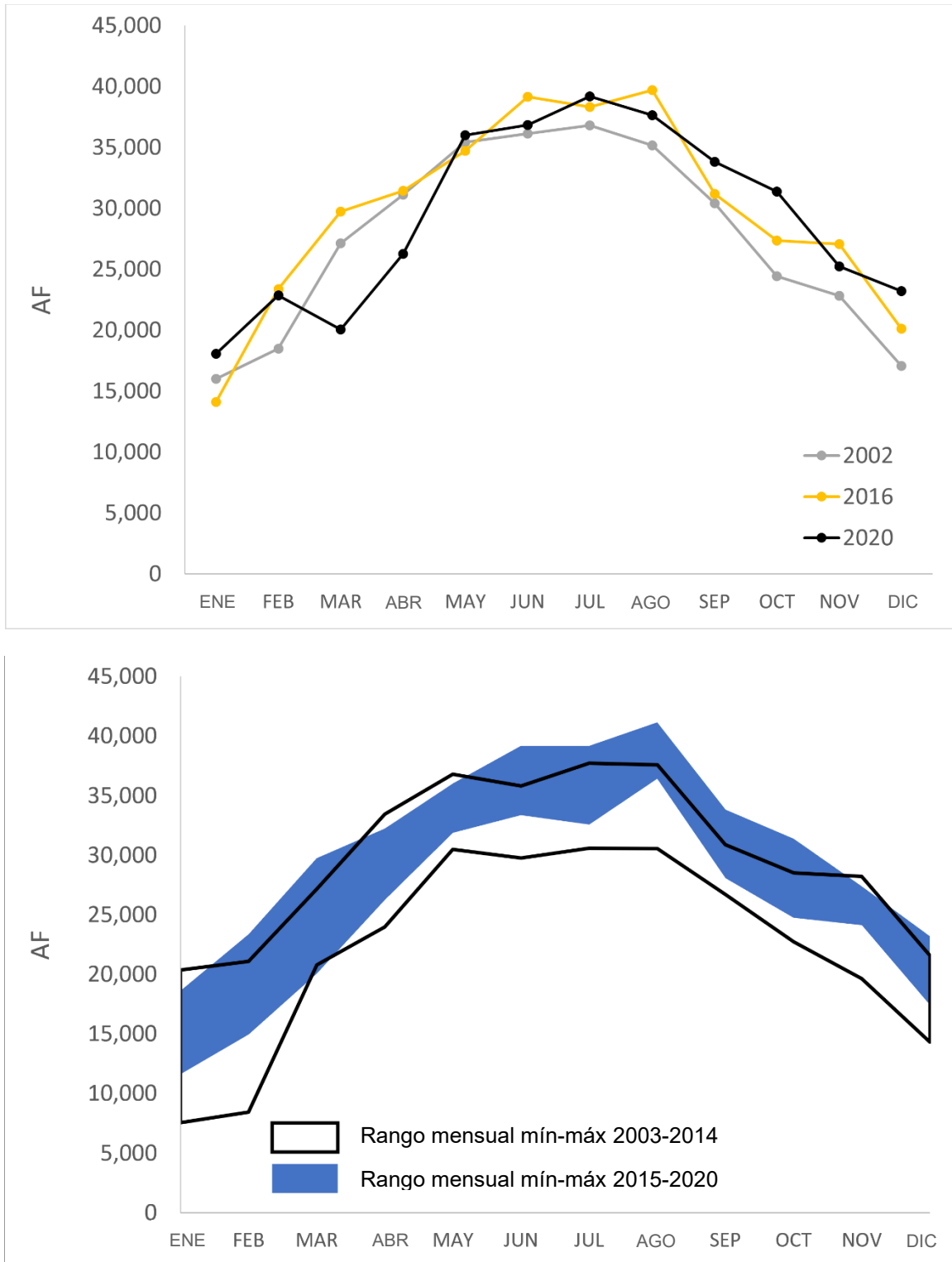


Figura 17. Entradas subanuales del Río Colorado (arriba) y variabilidad (abajo) en el CVWD en 2002, antes del QSA, en 2020, más recientemente, y en 2016, cuando las asignaciones del Río Colorado fueron las más altas en los últimos 20 años. Las tendencias muestran que las entradas máximas se producen durante el verano para cada período. (FUENTE: Reclamation, 1964 – 2020)

En el desarrollo de escenarios futuros, las restricciones de asignación del Río Colorado para California pueden generalizarse para extenderse al IID. Se introducirán restricciones para California cuando la elevación del Lago Mead sea inferior a 1,045 pies sobre el MSL el 1 de enero (ver la Tabla 6). La reducción máxima para California es de 350,000 AF, o el 7,9% de la asignación total de California, y se alcanza cuando las elevaciones del Lago Mead caen por debajo de los 1,030 pies sobre el MSL el 1 de enero.

Como se indica en las Pautas Provisionales de 2007, no existen requerimientos formales para las restricciones de entrega del IID en virtud de los DCP de la Cuenca Baja. Sin embargo, se pueden construir escenarios futuros basados en la suposición de que las reducciones para el IID son proporcionales a las reducciones para California, como un porcentaje de la asignación. Es decir, si a California se le asignará un 4,5% menos de agua que la asignación de California en un año determinado, al IID también se le asignará un 4,5% menos de agua que la asignación del IID en ese mismo año. Por extensión, tales asignaciones futuras para el IID también informan asignaciones para la gestión de Salton Sea.

Las observaciones del caudal brindan información sobre los cambios en la hidrología de la cuenca de Salton Sea. Los cambios recientes incluyen reducciones en los caudales de México, y con los compromisos de transferencia de agua a largo plazo del QSA, se espera que los caudales disminuyan aún más. Para proporcionar una comprensión general de las contribuciones de caudal en la cuenca, y para proporcionar un punto de referencia para este trabajo, el caudal histórico de las cuencas de los ríos Alamo y New, centrado en las últimas dos décadas, se resume en la Sección 5.3 a continuación.

5.2 Efectos del Cambio Climático en la Hidrología

Los efectos del cambio climático en la hidrología de Salton Sea se examinaron utilizando tres metodologías. La primera evaluó los efectos del cambio climático en el clima y la hidrología de la Cuenca Alta del Río Colorado. La segunda analizó los impactos del cambio climático en la entrada de agua al Valle de Imperial. La tercera examinó los impactos del cambio climático en la ET.

5.2.1 Efectos del Cambio Climático en el Clima y la Hidrología de la Cuenca Alta

El clima y la hidrología históricos y futuros de la Cuenca Alta del Río Colorado se analizan en esta sección para proporcionar información de referencia sobre los caudales naturales históricos y futuros proyectados de la Cuenca del Río Colorado, con énfasis en el efecto de la variabilidad climática y el cambio climático. Dado que la Cuenca Alta del Río Colorado contribuye con el 92% del caudal natural total de toda la cuenca (Lukas y Payton, 2020), los análisis presentados en este trabajo se centran en la cuenca alta. Se analizan tres tipos de información de hidrología y clima: las observaciones históricas, la reconstrucción de la hidrología histórica a partir de conjuntos de datos de anillos de árboles, y las proyecciones del modelo climático de las condiciones futuras.

5.2.1.1 Clima e Hidrología Históricas

Los registros históricos de caudales naturales y temperatura y precipitación se obtuvieron de la Oficina de Recuperación (Reclamation, 2022c) y una base de datos de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) (NOAA, 2022). Específicamente, la NOAA obtuvo los caudales naturales anuales de años hidrológicos en Lees Ferry, Arizona para el Río Colorado, y sumó los registros anuales de temperatura y precipitación de años hidrológicos para la Cuenca Alta del Río Colorado (NOAA, 2022), y se calcularon como cambios de los valores medios del primer período de 30 años (1895-1924) en esta sección. Las series temporales de

caudales naturales anuales, cambios de temperatura y cambios de precipitación se presentan en la Figura 18.

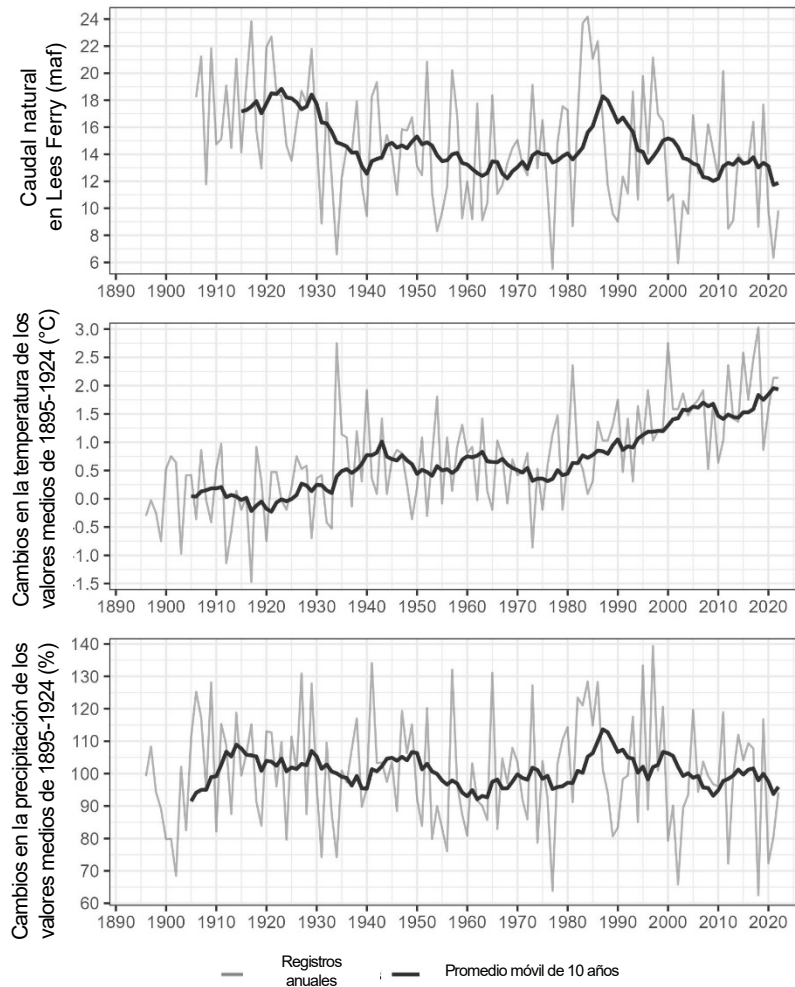


Figura 18. Caudales naturales anuales históricos, cambios de temperatura y cambios de precipitación de años hidrológicos para la Cuenca Alta del Río Colorado.

Como se presenta en la Figura 18, aunque se puede observar cierta variabilidad de año a año y cada diez años, el caudal natural disminuye y la temperatura aumenta durante los períodos de registros. El nivel de caudal natural durante el período de 1906 a 1930, por ejemplo, tiene un valor promedio de alrededor de 18 maf/año, mientras que el período reciente de 2000 a 2022 tiene un promedio de alrededor de 13 maf/año. Usando el período 1895 a 1924 como período de referencia, la temperatura promedio anual aumentó un poco menos de 2°C para la cuenca alta. No se observan cambios de precipitación a largo plazo, y el nivel de precipitación reciente es ligeramente más bajo que el período de referencia de 1895 a 1924. Además de la variabilidad de un año a otro (como se presenta en las tres series temporales), se pueden identificar algunas variaciones cada diez años en la Figura 18. Por ejemplo, el nivel de temperatura durante la década de 1930 muestra un aumento repentino, mientras que los caudales naturales y la precipitación durante la década de 1930 son generalmente más bajos que los años anteriores y posteriores.

Como el aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación provocaron la deducción de caudales naturales, como se presenta en la Figura 18, se evaluó más en detalle el efecto de la temperatura anual y la precipitación sobre los caudales naturales. Las relaciones entre los caudales naturales anuales y la temperatura (o precipitación) se muestran en la Figura 19. Cada punto en la Figura 19 representa el caudal natural y la temperatura (o precipitación) de un año hidrológico (los mismos registros de datos presentados en la Figura 18).

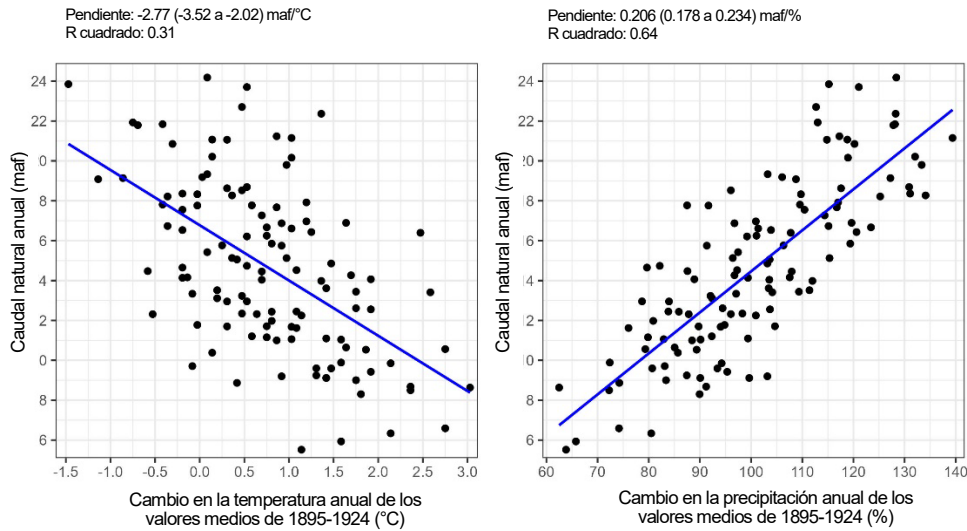


Figura 19. Diagramas de dispersión de caudales naturales anuales frente a (izquierda) cambios de temperatura y (derecha) cambios de precipitación anuales de años hidrológicos para la Cuenca Alta del Río Colorado. Las líneas azules presentan las líneas de regresión lineal con las pendientes (valores entre paréntesis: intervalos de confianza de 95%) y los valores de R cuadrado se presentan en la parte superior izquierda de los gráficos.

Como se sugiere en el gráfico de la derecha de la Figura 19, los caudales naturales anuales se ven afectados en gran medida por la precipitación anual. Los caudales naturales anuales y la precipitación son coherentes con los años secos y húmedos (como también lo indican los diagramas de series de tiempo de la Figura 18), es decir, para un año hídrico de alta precipitación, el caudal natural es probablemente alto para la cuenca alta y un valor de precipitación más bajo generalmente corresponde a un año con un caudal natural más bajo. Además, la pendiente de la línea de regresión lineal sugiere que el 1% de aumento de la precipitación en promedio conduce a un caudal natural adicional de 0.206 maf.

El efecto de la temperatura sobre los caudales naturales presenta mayor ruido, mientras que un mayor valor de temperatura generalmente corresponde a una deducción de caudales naturales. Como sugieren los valores de R cuadrado, el efecto de la temperatura en los caudales naturales está sujeto a una mayor incertidumbre en comparación con el efecto de la precipitación. Los caudales naturales anuales están negativamente correlacionados con la temperatura anual, con un aumento de temperatura de 1°C, que corresponde a una disminución estimada de caudal natural de 2.77 maf. Estudios anteriores como los de Lukas y Payton (2020) han sugerido una correlación negativa similar entre la temperatura y el caudal natural, y una correlación positiva entre la precipitación y el caudal natural, aunque las estimaciones cuantitativas de los efectos de la temperatura y la precipitación varían. Por ejemplo, en Udall y Overpeck, (2017) se asumió y utilizó un rango de sensibilidad a la temperatura de -3%/°C a -10%/°C (aproximadamente -0.44 a -1.46 maf por °C), inferior a la estimación de -2.77 maf por °C de la Figura 19. Aunque la cuantificación de la sensibilidad a la temperatura está sujeta a incertidumbre, esta deducción de los caudales naturales como resultado del aumento de la temperatura es fundamental para

comprender y evaluar la implicación del cambio climático en la disponibilidad de agua de la cuenca del río Colorado

5.2.1.2 Paleohidrología

Los caudales naturales históricos a largo plazo reconstruidos a partir de datos de anillos de árboles están disponibles para la Cuenca Alta del Río Colorado (Lukas y Payton, 2020), lo que ofrece información importante sobre la variabilidad del clima y los caudales naturales. En esta sección, se evaluaron las series temporales del caudal natural reconstruido.

En este trabajo, se obtuvieron y evaluaron las series de caudal natural del año hidrológico reconstruidas completadas en 2017 por Meko et al. (2017) (otras series reconstruidas en estudios anteriores también están disponibles). Las series de caudal natural reconstruidas consisten en una serie con un período más corto pero con mayor precisión y una serie con el período de reconstrucción más largo (Meko et al., 2017).

En la Figura 20, se presenta una comparación de caudales naturales a partir de caudales naturales observados históricos y las dos series de tiempo reconstruidas.

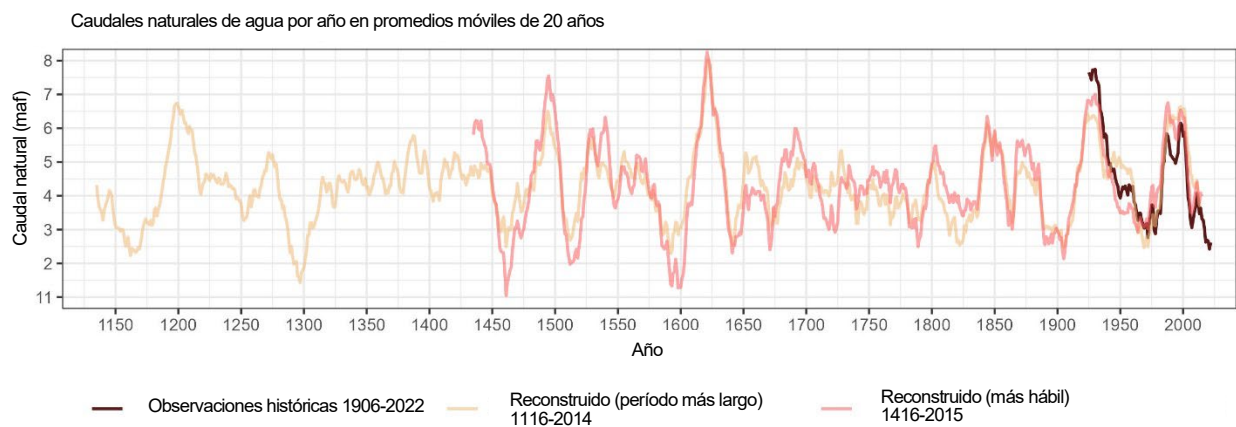


Figura 20. Promedios móviles de 20 años de caudales naturales anuales históricos observados y reconstruidos para la Cuenca Alta del Río Colorado.

Como se presenta en la Figura 20, las dos series reconstruidas son generalmente comparables con los registros históricos de caudales naturales y, en particular, se pueden encontrar niveles bajos de caudal natural (similares al nivel reciente de 20 años) en las series reconstruidas durante períodos históricos. Por ejemplo, los caudales naturales durante las décadas de 1460 y 1600 (nótese que se calcularon los promedios móviles de 20 años y se asignaron a los últimos años) de las series reconstruidas más hábiles generalmente están por debajo de 12 maf/año, menos que el promedio de los últimos 20 años. Tales resultados sugieren la gran variabilidad de los caudales naturales en la cuenca alta. Junto con los efectos futuros del cambio climático, los caudales naturales pueden ser inferiores al nivel de caudal de los últimos 20 años dado con esta gran variabilidad de caudales naturales.

5.2.1.3 Clima e Hidrología Futuros Proyectados por Modelo Climático

El suministro de agua para la Cuenca del Río Colorado experimentará más desafíos por el cambio climático y, por lo tanto, es crucial evaluar cómo las condiciones futuras del cambio climático pueden afectar el suministro de agua regional y, en este caso, los caudales naturales anuales en la cuenca alta. Como se presentó anteriormente, los caudales naturales anuales están correlacionados con los cambios de temperatura y precipitación y, en consecuencia, el cambio climático futuro (como el aumento de la temperatura y la reducción de la precipitación) puede causar la deducción de caudales naturales y, posteriormente, afectar el ya complejo suministro de agua regional.

Los GCM sirven como una herramienta importante para proporcionar proyecciones de las condiciones climáticas futuras y se utilizaron posteriormente en esta sección para evaluar los cambios futuros proyectados en la Cuenca Alta del Río Colorado. La Oficina de Recuperación, por ejemplo, realizó un estudio integral en 2012 (Reclamation, 2012a) sobre el suministro y la demanda de agua de la Cuenca del Río Colorado, incluido el uso de proyecciones de GCM de la fase 3 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP3). Se ha avanzado para mejorar los GCM, y se publicaron los resultados de la fase 5 (CMIP5; Taylor et al., 2012) y la fase 6 del CMIP (CMIP6; Eyring et al., 2016). En consecuencia, en esta sección se realizaron comparaciones de las proyecciones de la Cuenca Alta del Río Colorado de estas distintas fases del CMIP para evaluar la evolución de las proyecciones futuras de las diferentes fases del CMIP y para ofrecer una idea sobre la interpretación de los resultados anteriores, como los de la Oficina de Recuperación, (2012a).

Se obtuvieron y evaluaron dos escenarios futuros similares de proyecciones de GCM de las tres fases para la cuenca alta. Específicamente, se evaluaron las vías socioeconómicas compartidas (SSP) 2-4.5 y SSP5-8.5 de CMIP6 (Eyring et al., 2016), junto con los escenarios equivalentes de la vía de concentración representativa (RCP) 4.5 y RCP8.5 (Taylor et al., 2012) de CMIP5 y escenarios B1 y A2 similares de CMIP3 (USGCRP, 2014). Además, dado que las proyecciones de GCM se proporcionaron con una resolución relativa del curso, se obtuvieron y evaluaron proyecciones de resolución fina utilizando el mismo método de reducción de escala estadística (el método de desagregación espacial de corrección de sesgo) para los resultados de las tres fases del CMIP. Las proyecciones reducidas de CMIP3 y CMIP5 se obtuvieron de LLNL (2022), mientras que las proyecciones de CMIP6 se obtuvieron de NASA (2022). Las proyecciones reducidas obtenidas se sumaron para la cuenca alta y se calcularon como los cambios de temperatura y precipitación con respecto al promedio histórico de 1895–1924. Se debe tener en cuenta que, dado que las proyecciones reducidas están disponibles a partir del año hidrológico de 1951, se utilizó un método de factor de cambio (Lai et al., 2022), es decir, calculando los cambios futuros a partir de proyecciones reducidas para cada año y sumando al nivel histórico observado de 1951–1980.

En la Figura 21, se presentan los resultados de la comparación de la temperatura promedio anual y los cambios en la precipitación total de las observaciones históricas y las tres fases del CMIP para la Cuenca Alta del Río Colorado.

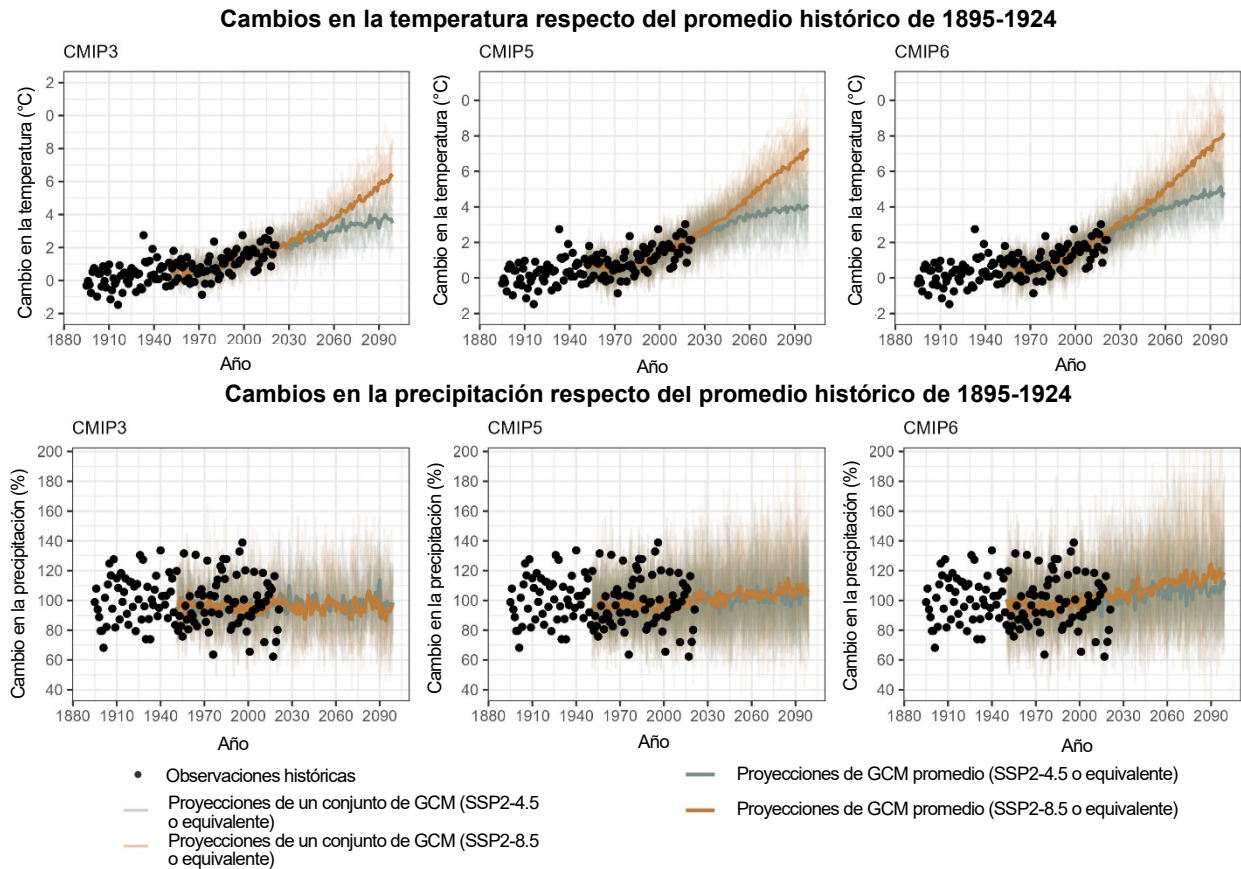


Figura 21. Comparaciones de los cambios anuales de temperatura y precipitación observados históricamente y proyectados por GCM (izquierda: CMIP3; centro: CMIP5; derecha: CMIP6) del promedio de 1895–1924 para la Cuenca Alta del Río Colorado.

Como se presenta en la Figura 21, las proyecciones de GCM obtenidas son generalmente comparables con las observaciones históricas durante el período histórico, mientras que se notan algunas diferencias entre las tres fases de CMIP, incluidas las mayores tendencias crecientes proyectadas tanto para la temperatura como para la precipitación en CMIP6.

Se llevaron a cabo análisis adicionales sobre las proyecciones de temperatura y precipitación para evaluar sus efectos sobre los caudales naturales. Específicamente, los cambios anuales de temperatura y precipitación se trazan en diagramas de dispersión con ejes “x” que presentan los cambios anuales de temperatura y ejes “y” que presentan los cambios anuales de precipitación, comúnmente utilizados en estudios de ingeniería “bottom-up” (abajo arriba) (Brown et al., 2012). Los resultados se presentan en la Figura 22, y también se presentan las observaciones históricas y los niveles de confianza estimados de las proyecciones del CMIP.

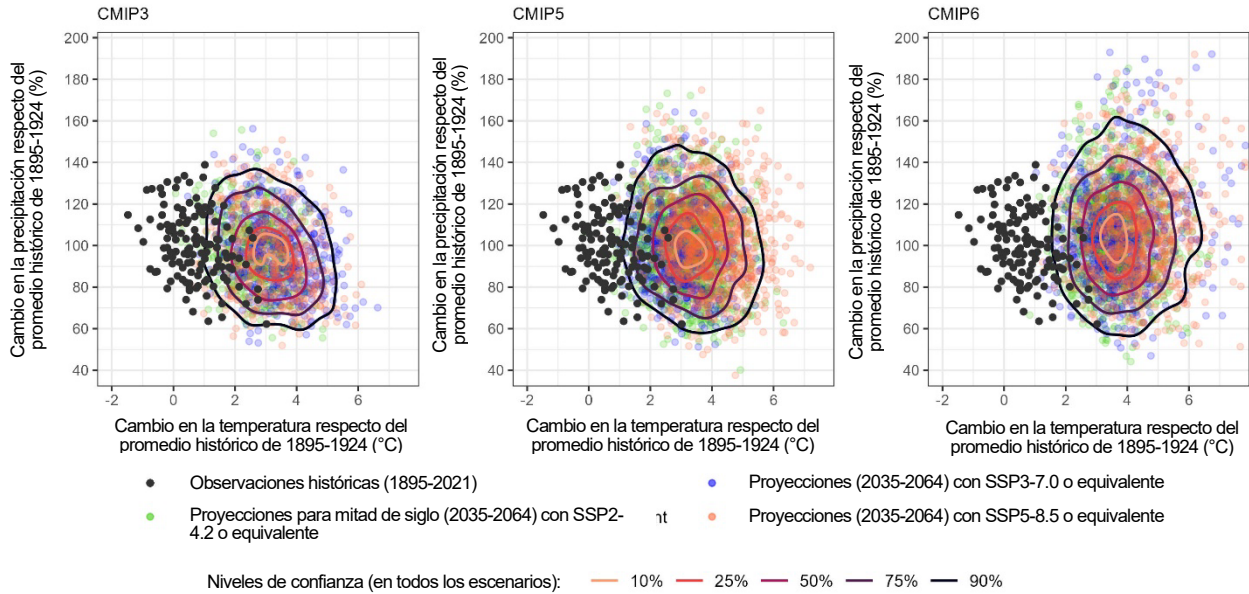


Figura 22. Proyecciones reducidas estimadas de mediados de siglo del GCM (izquierda: CMIP3; centro: CMIP5; derecha: CMIP6) de los cambios promedio anuales de temperatura y precipitación con respecto al promedio de 1895–1924 para la Cuenca Alta del Río Colorado y en comparación con observaciones históricas. Cada punto de color representa un resultado de un año durante el período 2035–2064 de un GCM y para un escenario futuro. Las líneas de contorno representan niveles de confianza y se estimaron en función de todos los puntos de color, y se basan en la estimación de la densidad de Kernel.

Como se presenta en la Figura 22, las proyecciones del GCM de las tres fases son generalmente similares, y los resultados más recientes de CMIP6 brindan proyecciones de temperatura y precipitación ligeramente más altas, pero también mayor incertidumbre. Además, mientras que los resultados de CMIP3 sugieren una correlación moderadamente negativa entre los cambios de temperatura y precipitación (por ejemplo, años cálidos y secos), dicha correlación negativa no se observa en los resultados de CMIP5 y CMIP6.

Dados los efectos de temperatura y precipitación estimados anteriormente, los resultados de la Figura 22 sirven como base para evaluar los caudales naturales futuros proyectados. En esta sección, se aplicó y evaluó un enfoque preliminar de utilizar un modelo de regresión lineal, es decir, usar cambios anuales de temperatura y precipitación (como se presenta en la Figura 22) para predecir los caudales naturales anuales. Este modelo de regresión lineal se utilizó luego para proporcionar resultados de caudales naturales con diferentes cambios incrementales de temperatura y precipitación, que posteriormente se superpusieron a los resultados de las proyecciones de temperatura y precipitación. Los resultados del modelo de regresión lineal y la combinación de proyecciones climáticas y estimaciones de caudal natural se presentan en la Figura 23.

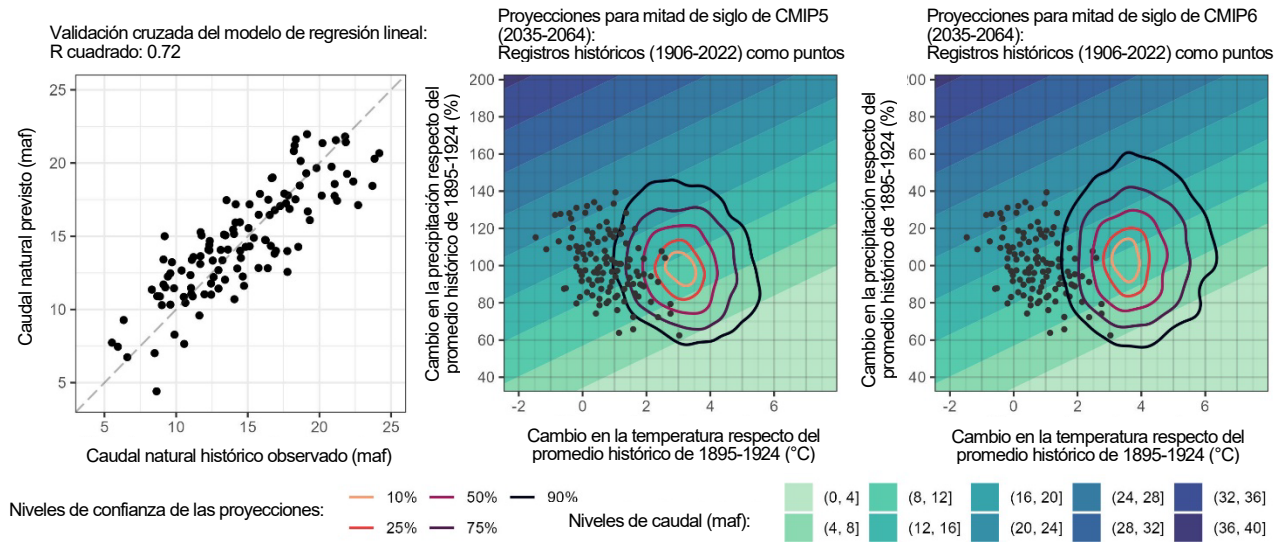


Figura 23. (Izquierda) el rendimiento del modelo de regresión lineal para predecir caudales naturales anuales (producido a partir de una validación cruzada de 5 veces) y (dos gráficos de la derecha) las proyecciones climáticas de CMIP5 y CMIP6 superpuestas con estimaciones de caudal natural del modelo de regresión lineal. Observaciones históricas y proyecciones de GCM (incluidos los escenarios SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5 de CMIP6 y escenarios equivalentes de la RCP) de cambios anuales de temperatura y precipitación del promedio de 1895–1924 para la Cuenca Alta del Río Colorado. Las proyecciones de GCM se presentan como líneas de contorno como niveles de confianza.

Como se presenta en la Figura 23, las proyecciones de GCM sugieren una deducción de caudales naturales en promedio, aunque dichas proyecciones están sujetas a una gran incertidumbre. Por ejemplo, el caudal natural proyectado para mediados de siglo en promedio es de 8-12 maf/año, con una posible variación desde más de 4 maf/año hasta un poco menos de 20 maf/año. Sin embargo, cabe señalar que dichas estimaciones son preliminares, dada la limitación del modelo de regresión lineal (las extrapolaciones se realizaron en los dos gráficos de la derecha de la Figura 23 para los rangos de cambios de temperatura y precipitación mayores que los rangos observados disponibles) y la incertidumbre con respecto a los efectos de la temperatura y la precipitación (los efectos cuantitativos estimados de la temperatura y la precipitación en los caudales naturales pueden ser diferentes en estudios previos [Lukas y Payton, 2020]).

5.2.2 Efectos del Cambio Climático en la Entrada

Las proyecciones de la entrega de agua al IID futura se produjeron utilizando el modelo de Sistema de Simulación del Río Colorado (CRSS) (Reclamation, 2022b). A continuación, se analizan la entrada de las condiciones hidrológicas para el modelo de CRSS, los resultados de la elevación proyectada del Lago Mead y los resultados de la entrega de agua al IID y las probabilidades correspondientes.

El modelo de CRSS fue desarrollado y es utilizado por la Oficina de Recuperación para brindar proyecciones a largo plazo en la Cuenca del Río Colorado (Reclamation, 2012b). La versión de junio de 2021 del modelo de CRSS se obtuvo de Wheeler et al. (2022) y recibió las condiciones iniciales en junio de 2021. Se utilizaron demandas futuras de agua como las “demandas 2016” (Cronograma de la Comisión del Río Colorado Alto de 2016 para los Estados de la División Superior; y Declaración Final de Impacto Ambiental de 2007 para las Pautas Provisionales del Río Colorado con la actualización de la demanda de Nevada en 2019 para los Estados de la División Inferior) proporcionadas en la versión de junio 2021 del

CRSS (Wheeler et al. 2022). Las proyecciones de entrega de agua y otras condiciones en la Cuenca del Río Colorado se obtuvieron del modelo de CRSS durante el período 2022–2060.

5.2.2.1 Uso de proyecciones de CMIP3 y remuestreo de hidrología de 2000 a 2018 como entrada del CRSS

Se utilizaron dos condiciones hidrológicas como entrada para el modelo de CRSS: de las proyecciones del modelo climático global de la fase 3 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP3; Meehl et al. 2007) y del remuestreo de la hidrología histórica de 2000–2018. Para las proyecciones de CMIP3, había 112 trazas de la hidrología de la Cuenca del Río Colorado disponibles y fueron producidas por la Oficina de Recuperación (2012b) utilizando proyecciones reducidas de CMIP3-GCM y el modelo de Capacidad de Infiltración Variable con diferentes escenarios de emisiones futuras. Como alternativa, la versión obtenida en junio de 2021 del modelo de CRSS incluía el remuestreo de la hidrología histórica de 2000–2018 con 100 trazas utilizadas en Wheeler et al. (2022). Las 100 trazas de remuestreo de la hidrología histórica de 2000–2018 junto con las 112 trazas de la hidrología proyectada por CMIP3 se utilizaron como entrada para el modelo de CRSS y se evaluaron.

La Figura 24 presenta la serie temporal de las 112 (CMIP3) y 100 trazas (remuestreo de 2000–2018) del caudal natural anual de la Cuenca Alta y sus comparaciones con el período histórico (estimaciones históricas proporcionadas por la Oficina de Recuperación, 2022c).

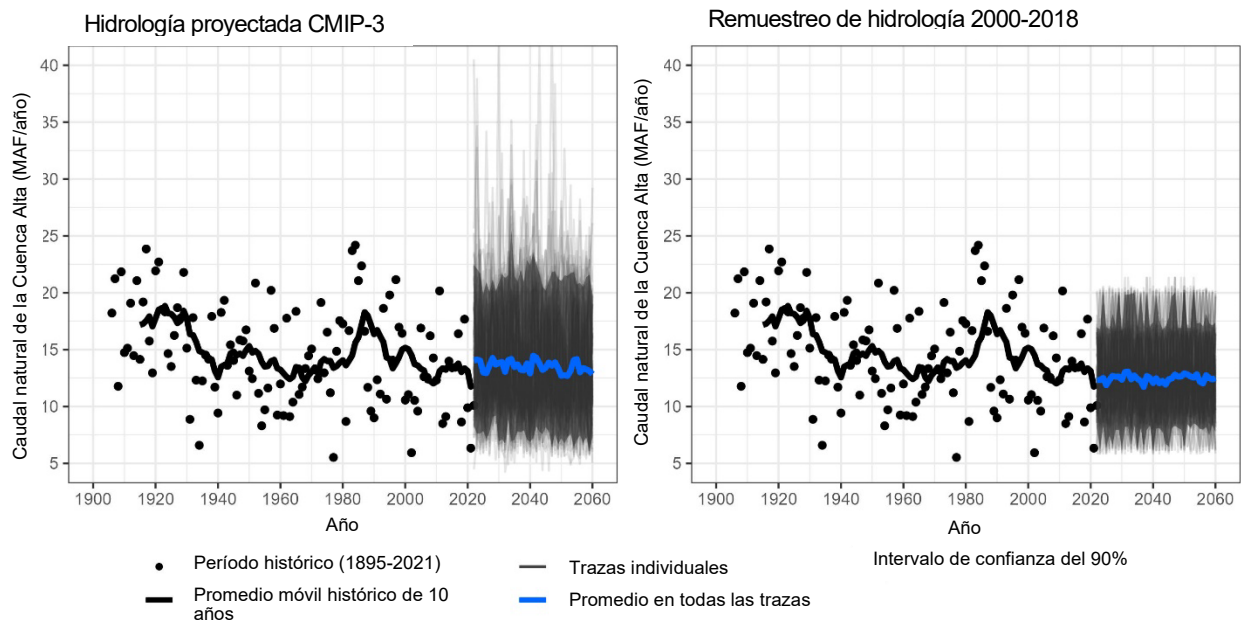


Figura 24. Serie temporal de caudal natural anual histórico, proyectado por CMIP3 (izquierda) y de remuestreo de 2000–2018 (derecha) de la Cuenca Alta. Los promedios móviles históricos de 10 años se presentan como líneas negras en negrita, mientras que los caudales promedio y los intervalos de confianza del 90% de las 112/100 trazas de CMIP3 y el remuestreo de la hidrología de 2000–2018 se presenta como líneas rojas en negrita y áreas sombreada en gris, respectivamente.

Como se presenta en la Figura 24, la hidrología proyectada por CMIP3 generalmente exhibe un mayor rango de condiciones de caudal anual a través de diferentes trazas, mientras que el remuestreo de hidrología de 2000–2018 exhibe condiciones de caudal más secas, que son coherentes con los caudales históricos posteriores a 2000. Algunas trazas de la hidrología de CMIP3 tienen caudales más bajos que las

del remuestreo de la hidrología de 2000–2018, y algunas trazas de CMIP3 en algunos años tienen condiciones de caudal sustancialmente mayores (p. ej., más de 25 MAF/año) que las estimaciones históricas y el remuestreo de la hidrología de 2000–2018. Los caudales promedio tanto de CMIP3 como del remuestreo de la hidrología de 2000–2018 no muestran una tendencia futura sustancial.

Al aplicar el modelo CRSS para futuras simulaciones, se utilizaron las políticas existentes relacionadas con las entregas y cortes de agua. Las negociaciones en curso sobre acuerdos voluntarios de reducción del uso o los posibles recortes obligatorios del uso afectarán a las asignaciones y entregas regionales de agua, aunque durante el uso del modelo CRSS no se hicieron suposiciones adicionales sobre políticas y acuerdos futuros. Las secuencias históricas de caudales naturales de 2000-2018 se volvieron a muestrear y se utilizaron en el modelo CRSS para considerar las reducciones en el suministro y las entregas de agua.

5.2.2.2 Resultados de elevación del Lago Mead

Con base en los datos de CMIP3 y el remuestreo de la hidrología de 2000–2018, las futuras simulaciones de operación y entrega de agua se produjeron a partir del modelo de CRSS. Los resultados de la elevación del Lago Mead en diciembre se presentan en la Figura 25 para las dos condiciones hidrológicas.

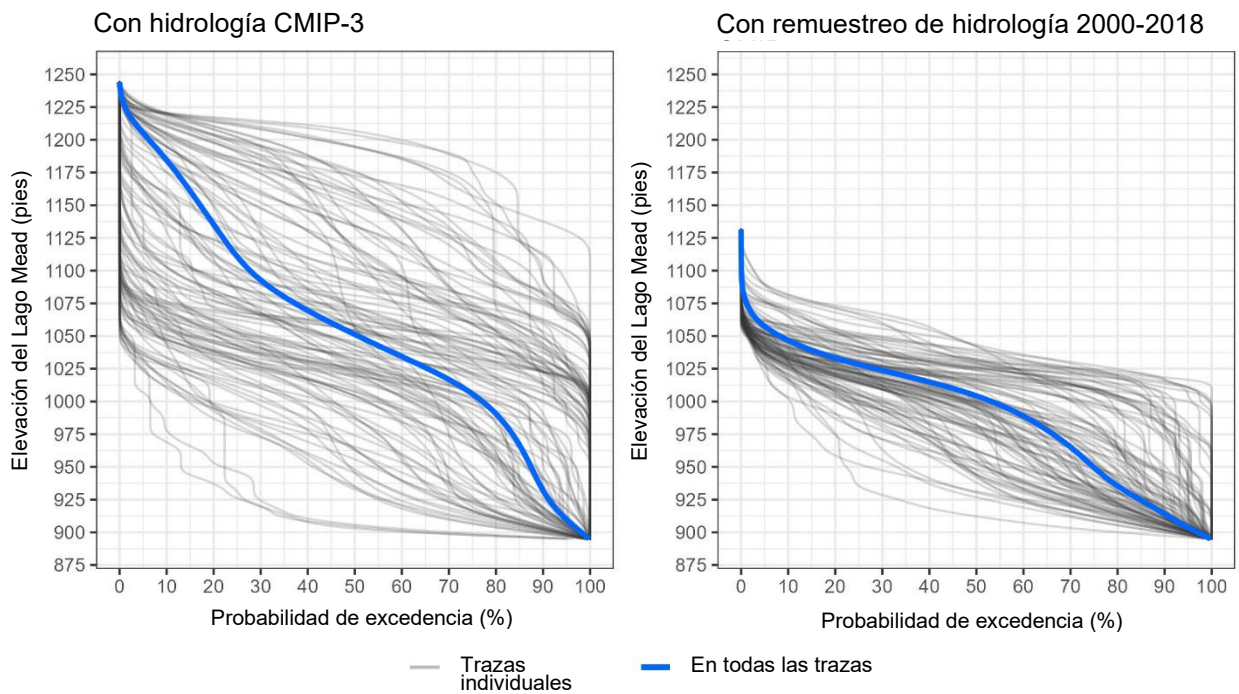


Figura 25. Probabilidades de excedencia de la elevación del Lago Mead en diciembre a partir del uso de la hidrología proyectada por CMIP3 (izquierda) y el remuestreo de 2000–2018 (derecha).

En consonancia con los datos de hidrología presentados en la Figura 24, los resultados de la Figura 25 sugieren que la elevación del Lago Mead proyectada por CMIP3 exhibe un rango mayor que los resultados de elevación del uso del remuestreo de la hidrología de 2000–2018. Las elevaciones del uso del remuestreo de la hidrología de 2000–2018 generalmente exhiben un nivel más bajo que las elevaciones del uso de las proyecciones de CMIP3, aunque algunas trazas de CMIP3 (es decir, con

condiciones más secas que las condiciones del remuestreo de 2000–2018) conducen a mayores probabilidades con elevaciones bajas del Lago Mead.

5.2.2.3 Resultados de entrega de agua al IID

Los resultados de la entrega anual de agua al IID se generaron a partir del modelo de CRSS con las 112 (CMIP3) y 100 trazas (remuestreo de 2000 y 2018) y los resultados se presentan en la Figura 26.

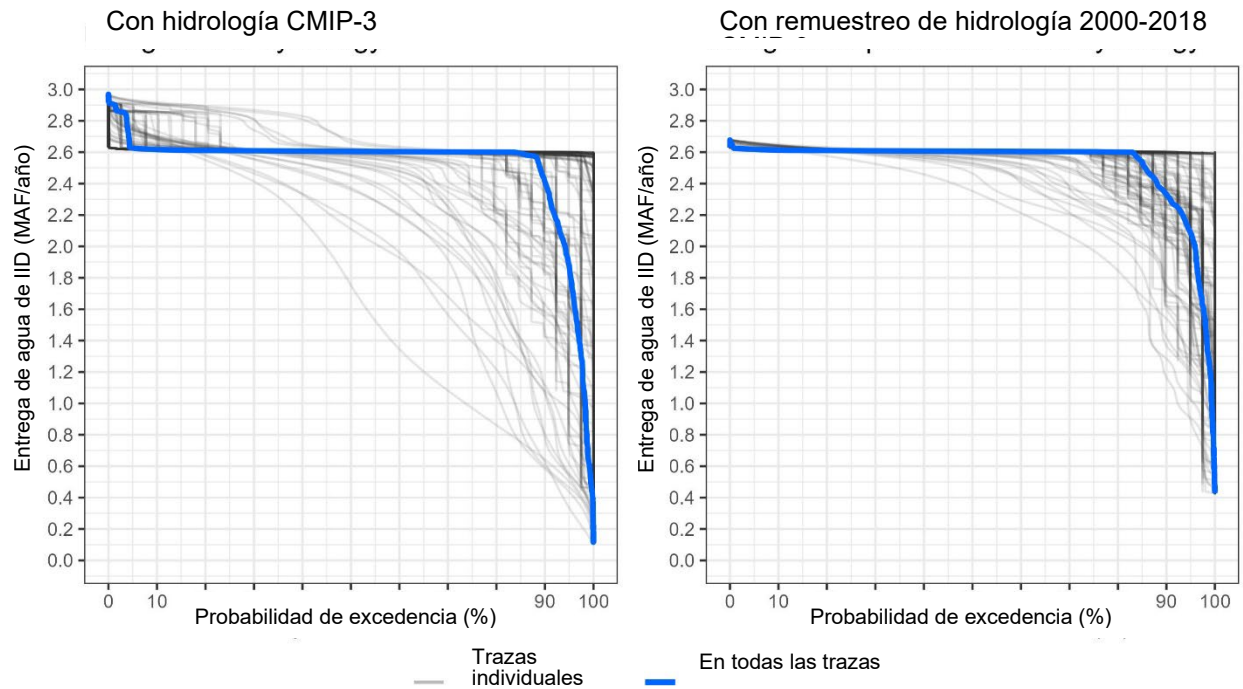


Figura 26. Probabilidades de excedencia de la entrega anual de agua al IID a partir del uso de la hidrología proyectada por CMIP3 (izquierda) y el remuestreo de la hidrología de 2000–2018 (derecha).

Como se presenta en la Figura 26, los resultados del uso de la hidrología de CMIP3 y el remuestreo de la hidrología de 2000–2018 en promedio no presentan disminuciones en la entrega de agua al IID. Dada una probabilidad de excedencia relativamente más alta (p. ej., 90% de probabilidad), el remuestreo de la hidrología de 2000–2018 puede tener una disminución mayor en la entrega de agua al IID que los resultados producidos a partir de la hidrología de CMIP3. En consonancia con los resultados anteriores en la Figura 24 y la Figura 25, las trazas de CMIP3 exhiben una mayor variación, y algunas trazas pueden tener como resultado una entrega de agua al IID sustancialmente menor.

Las probabilidades y los umbrales se resumen en la Tabla 10 y la Tabla 11 para la entrega de agua al IID utilizando la hidrología de CMIP3 y el remuestreo de la hidrología de 2000–2018. Debido a que el remuestreo de la hidrología de 2000–2018 representa mayor estrés sobre la hidrología futura de Salton Sea, los umbrales de entrega de este escenario se utilizan para escenarios de entradas futuras, como se describe más adelante.

Tabla 10. Probabilidades de entrega de agua al IID por debajo de diferentes umbrales, y umbrales de entrega dados con diferentes probabilidades durante el período proyectado de 2022 a 2060, con base en la hidrología de CMIP3.

Umbrales de entregas (MAF/año)	2.5	2	1.5	1	0.5
Probabilidades por debajo de los umbrales ¹	11.0%	5.8%	3.3%	1.7%	0.5%
Probabilidades de entrega por debajo de los umbrales	50%	25%	10%	5%	1%
Umbrales de entregas (MAF/año) ²	2.61	2.61	2.41	1.88	0.64

¹Por ejemplo, la probabilidad de entrega por debajo de 2.0 MAF/año es de 5.8%.

²Por ejemplo, con un umbral de 2.41 MAF/año, la probabilidad de entrega por debajo de 2.41 MAF/año es de 10%.

Tabla 11. Probabilidades de entrega de agua al IID por debajo de diferentes umbrales, y umbrales de entrega dados con diferentes probabilidades con base en el remuestreo de la hidrología de 2000–2018.

Umbrales de entregas (MAF/año)	2.5	2	1.5	1	0.5
Probabilidades por debajo de los umbrales	14.4%	4.1%	2.0%	0.7%	0.1%
Probabilidades de entrega por debajo de los umbrales	50%	25%	10%	5%	1%
Umbrales de entregas (MAF/año)	2.61	2.61	2.33	2.09	1.22

5.2.3 Efectos del Cambio Climático en la ET

Cal-Adapt es una herramienta de datos revisada por pares que presenta variables meteorológicas históricas a nivel local, de condado o estatal y los cambios proyectados en escenarios climáticos futuros. En Cal-Adapt, las metodologías de proyección climática global se reducen para proporcionar una resolución relativamente más alta de 7 km x 7 km, que representa la variabilidad regional de California. Los climas futuros se simulan en base a dos escenarios de emisión:

- Vía de concentración representativa (RCP) 8.5, un caso de altas emisiones (sin cambios) donde las emisiones de gas de efecto invernadero continúan aumentando durante el siglo 21.
- RCP 4.5, un caso de emisiones medias donde las emisiones de gas de efecto invernadero se estabilizan a mediados del siglo 21.

Para la mayoría de las variables climáticas, las proyecciones presentadas en Cal-Adapt provienen de tres modelos climáticos globales prioritarios: una simulación más cálida/seca (HadGEM2-ES), una simulación más fría/húmeda (CNRM-CM5) y una simulación promedio (CanESM2). Históricamente, estos modelos han podido simular bien el clima de California.

Para el Condado de Imperial, las proyecciones reducidas de temperatura hasta 2100 muestran que es probable que las temperaturas mínimas promedio anuales aumenten a 62.2 – 67.5°F, según el escenario de emisiones (Figura 27). Como alternativa, es probable que las temperaturas máximas promedio anuales aumenten a 92.5 – 98.5°F, según el escenario de emisiones y el modelo climático. Se proyecta que la velocidad promedio del viento disminuya muy levemente a 2.78 m/s – 3.12 m/s para fines de siglo, según el escenario de emisión y el modelo climático.

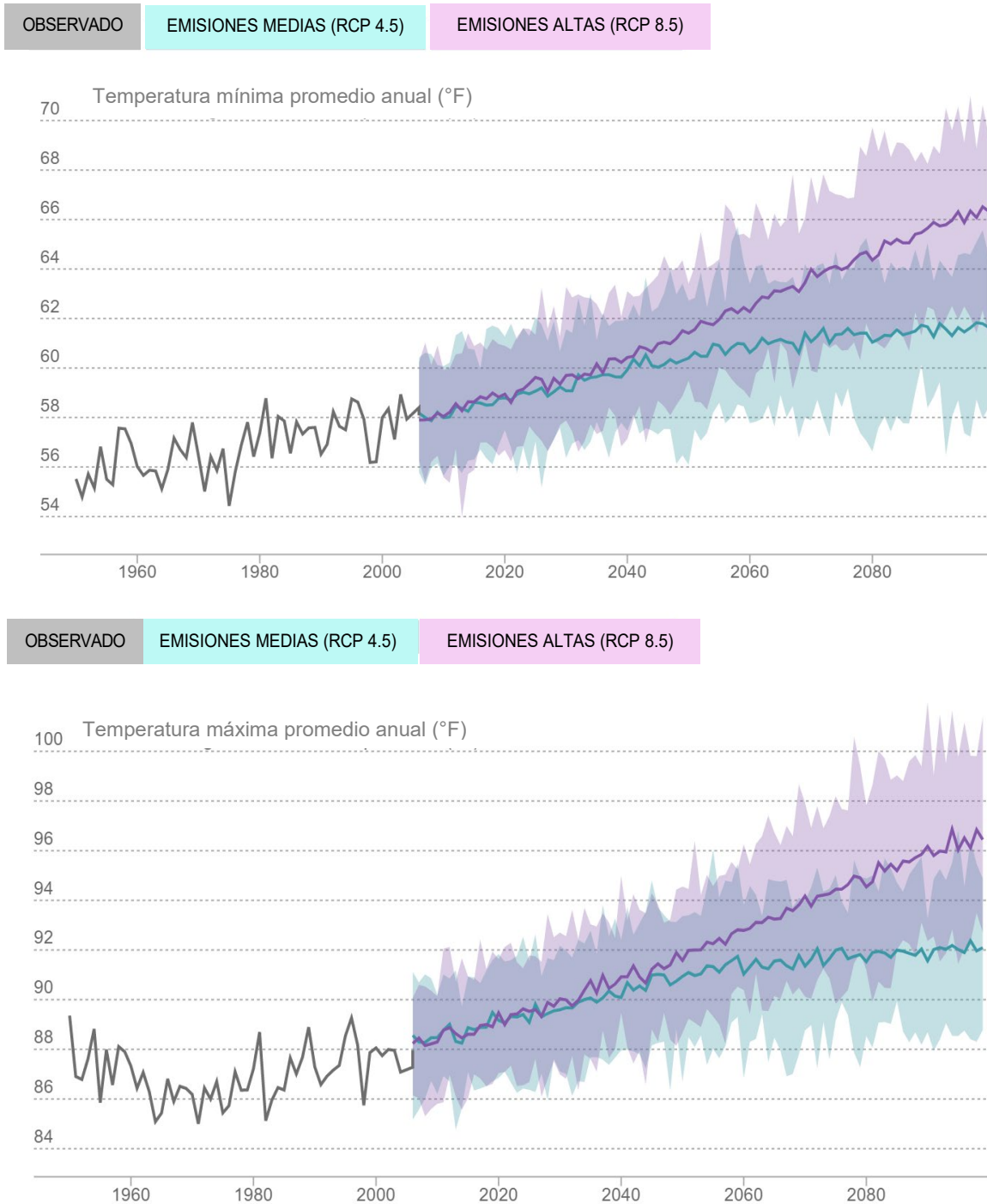


Figura 27. Promedio anual de temperaturas mínimas (arriba) y máximas (abajo) proyectadas para el Condado de Imperial, CA, según los escenarios de emisiones RCP 4.5 y RCP 8.5 hasta 2100. (FUENTE: Cal-Adapt)

Los cambios proyectados de temperatura y velocidad del viento de los escenarios Cal-Adapt RCP 8.5 se incorporaron a las estimaciones de ET de Penman-Monteith. Tanto para la temperatura máxima/mínima como para la velocidad del viento, el cambio proyectado entre 1991-2020 y 2035-2064 se agregó a un

conjunto de números de referencia. Para la temperatura, los números de referencia fueron un patrón estacional (mensual) de observaciones de temperatura máxima/mínima de 2004-2021. Para la velocidad del viento, el número de referencia se basó en un promedio de cuatro estaciones de velocidad del viento cerca de Salton Sea de 2015-2021. El cambio porcentual en las estimaciones de Penman-Monteith para los números de referencia frente a los números de referencia más los ajustes climáticos se utilizó para estimar los cambios en ET. El rango de cambios de temperatura y velocidad del viento descrito anteriormente corresponde a aumentos de ET de 3.56% a 5.02% (Tabla 12).

Tabla 12. Estimaciones de ET de Penman-Monteith.

Traza	Aumento de la temperatura máxima promedio anual (°C)	Aumento de la temperatura mínima promedio anual (°C)	Cambio promedio de la velocidad del viento (m/s)	% de aumento estimado en ET (1971-2000 a 2035-2064) a través de Ecuaciones de Penman-Monteith
incertidumbre	1.69	1.66	0.987	3.56%
Promedio	2.01	1.96	0.988	4.46%
Alta	2.20	2.22	0.990	5.02%

5.3 Entradas a Salton Sea

Las categorías de entrada analizadas en esta sección incluyen entrada de México, entrada de la cuenca del IID, entrada de la cuenca del CVWD, entrada de agua subterránea y entrada de cuencas locales que no son tributarias de las cuencas del IID o CVWD.

5.3.1 Entradas de México

El Río New se origina en el norte de México y finaliza en el extremo sur de Salton Sea. Recibe el escurrimiento del drenaje agrícola transportado por una red de drenajes superficiales y subterráneos, efluentes de tratamiento de aguas residuales, efluentes industriales y escurrimiento de aguas pluviales. La cuenca del Río New se encuentra al nivel del mar o por debajo de este y recibe hasta 10 pulgadas de precipitación del norte de México. Desde 2005, el IID y el USGS han medido en forma conjunta los datos de caudal del río; sin embargo, las observaciones del USGS están disponibles desde 1980 en adelante.

Las entradas de la Frontera Internacional del Río New han disminuido en las últimas dos décadas, independientemente del plazo de implementación del QSA. De 1980 a 1990, las entradas de México superaron de manera sistemática los 150,000 AF/año y, en ocasiones, superaron los 250,000 AF/año (Figura 28). Sin embargo, de 1990 a 2006, los caudales disminuyeron a un promedio de 142,000 AF/año y desde 2007 en adelante, los caudales alcanzaron un promedio de 75,000 AF/año.

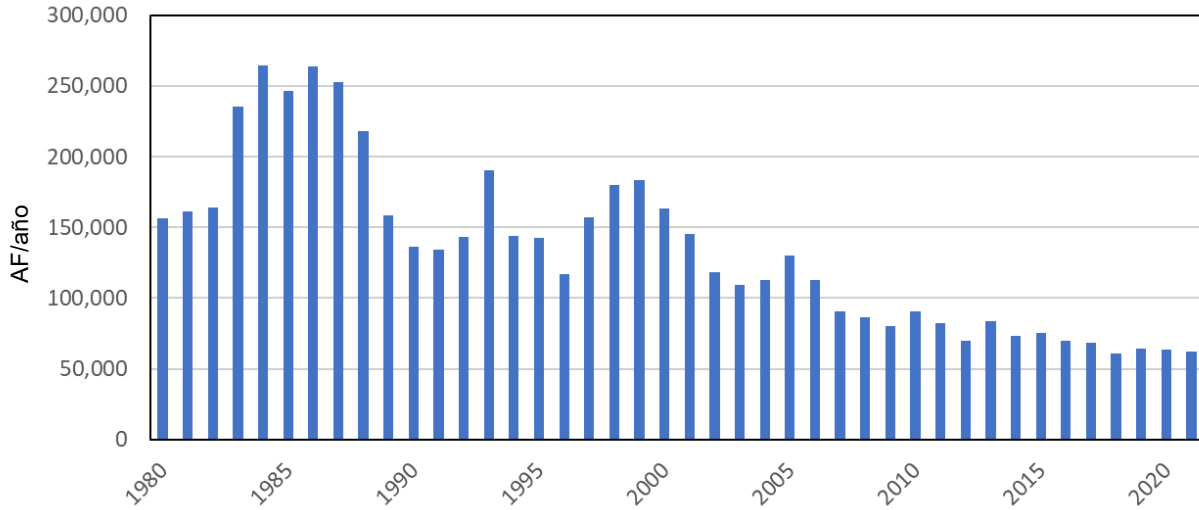


Figura 28. Entradas anuales promedio registradas en la estación USGS de la Frontera Internacional del Río New desde 1980 hasta 2021. (FUENTE: USGS)

Históricamente, las entradas se mantuvieron cerca de 20,000 AF/mes durante todo el año (Figura 29). En el año 2000, los caudales mostraron una tendencia decreciente a lo largo del año pero se mantuvieron por encima de los 10,000 AF/mes. Para 2010, desde enero hasta abril, hubo un claro pico en la serie temporal subanual y las entradas se redujeron rápidamente a cerca de 5,000 AF/mes a partir de entonces. Entre 2010 y 2020, los caudales anuales han seguido disminuyendo. Más recientemente, las entradas máximas se miden en marzo y abril, y el caudal de referencia se mantiene en 5,000 AF/mes, aproximadamente.

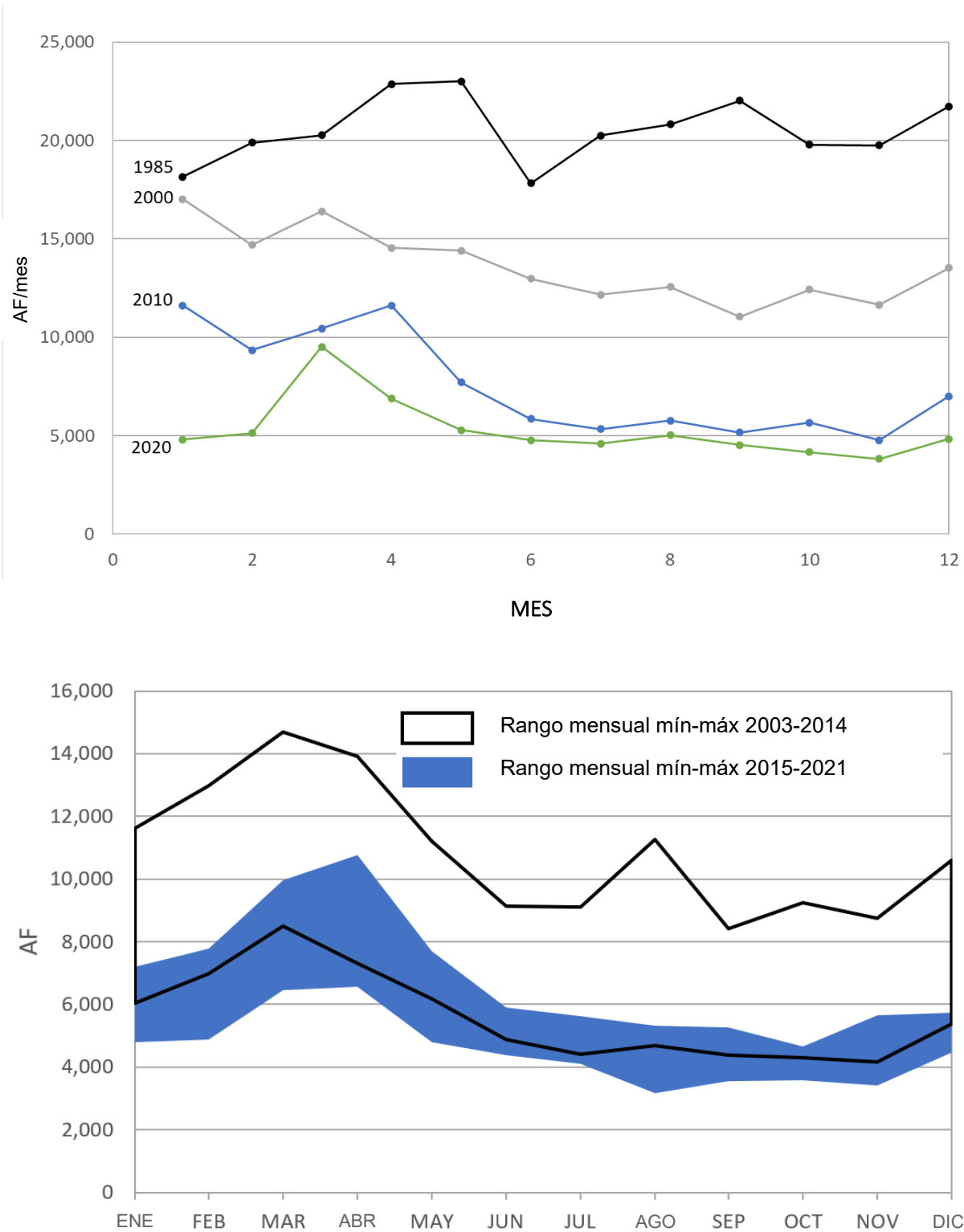


Figura 29. Entradas subanuales de la Frontera Internacional del Río New en 1985, 2000, 2010 y 2020 (arriba) y variabilidad en los periodos 2003-2014 y 2015-2021 (abajo). Históricamente, no hubo un patrón subanual fuerte. Más recientemente, las entradas son predominantes en marzo y abril, y se acercan a los 5,000 AF/mes en los meses restantes. (FUENTE: USGS)

5.3.2 Entradas de la Cuenca del IID

Las principales entradas de agua de la cuenca del IID se registran en los medidores del USGS en la desembocadura de los ríos Alamo y New en el Valle de Imperial. En la estación del Río New del Valle de Imperial, mientras que los caudales fueron anormalmente bajos en 1989-1992, los años posteriores de entrada promedio alta nunca alcanzaron los caudales altos registrados en 1983-1988 (Figura 30, panel superior). La tendencia decreciente se ha vuelto más prominente desde entonces.

Las tendencias mensuales durante tres períodos (1980–2002, 2003–2014 y 2015–2021, Figura 30, panel inferior) mostraron un comportamiento subanual similar, con caudales máximos mensuales entre marzo y abril, y un máximo secundario en octubre. Esta figura ilustra la misma tendencia de caudal anual decreciente que se muestra en el panel superior.

El Río Alamo se origina en el lado sur del Canal All-American en el límite este de Calexico y termina en Salton Sea. Las fuentes de agua incluyen la filtración del Canal All-American, el escurrimiento de las Montañas Chocolate, los caudales de drenajes agrícolas y el escurrimiento de aguas pluviales. En general, los caudales del Río Alamo son de mayor magnitud que los caudales del Río Nuevo y demuestran una menor variabilidad interanual, como se muestra en la Figura 31 (panel superior). El récord máximo anual se produjo en 2012.

Las tendencias mensuales durante tres períodos (1980–2002, 2003–2014 y 2015–2021) se presentan en la Figura 31 (panel inferior). Al igual que en el Río New, los flujos mensuales mostraron un comportamiento subanual similar para los tres períodos. Los caudales más bajos se registraron en diciembre-enero; los caudales mensuales aumentaron considerablemente con un pico en abril-mayo durante la temporada de riego, con una disminución más gradual de los caudales en la segunda mitad del año.

La Figura 32 muestra una vista diferente de la variabilidad subanual para el Río New y el Río Alamo. Tomando 2002 como un año representativo para los caudales subanuales históricos y 2020 como los caudales más recientes, la figura muestra un patrón subanual similar a lo largo de las últimas dos décadas tanto para el Río New como para el Río Alamo. El volumen total de estos flujos es menor en el Río New, que también tiene una menor variabilidad subanual, como lo demuestra el diferencial más pequeño entre los caudales registrados de enero y mayo, en comparación con los caudales del Río Alamo.

Además de estos dos caudales medidos, existen entradas no medidas a Salton Sea desde el Valle de Imperial. El IID (2018b) calculó las entradas no medidas a Salton Sea desde el Valle de Imperial como equivalentes al 9% del volumen total de los caudales medidos, aproximadamente.

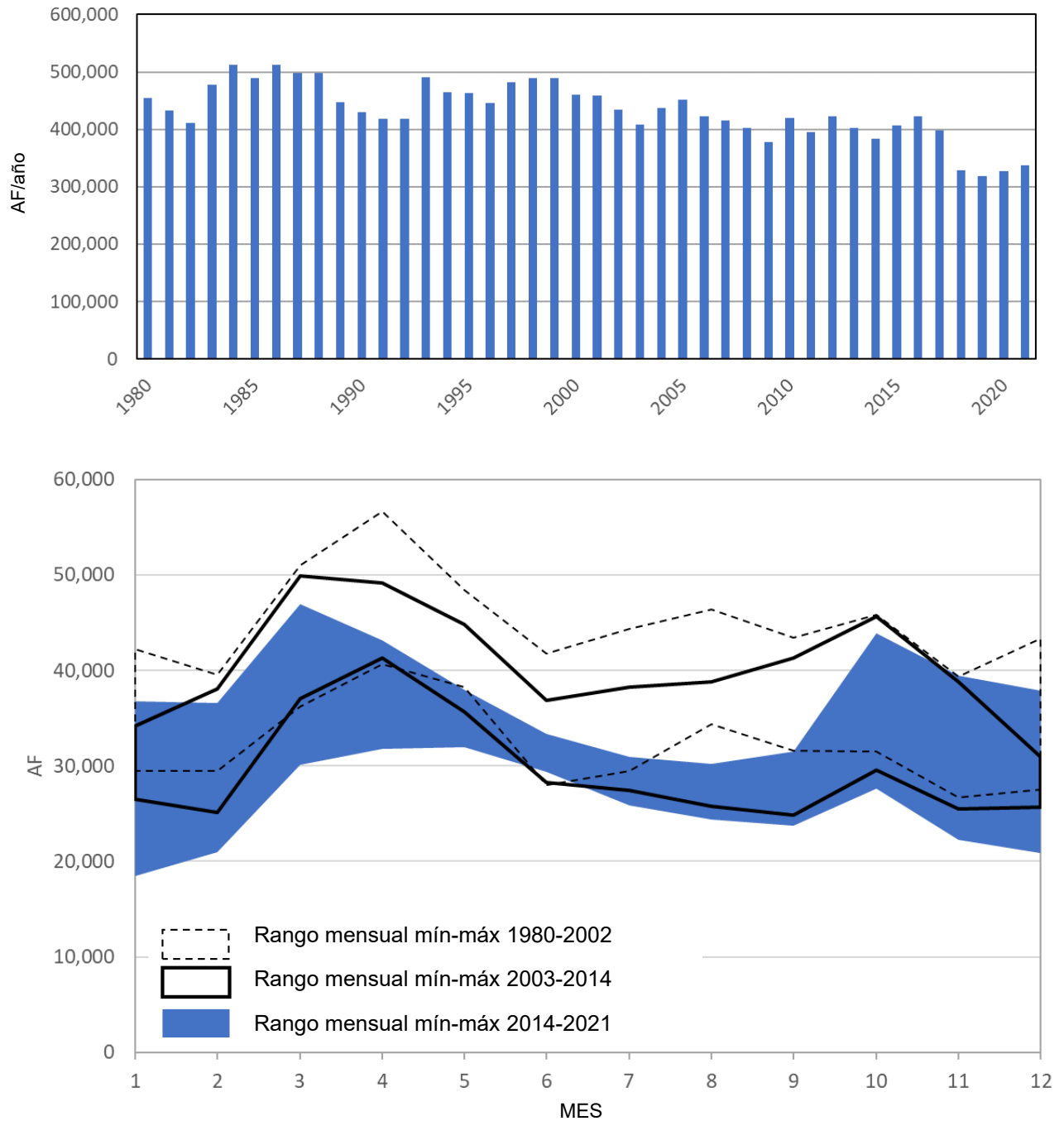


Figura 30. Entradas promedio anuales (arriba) y entradas promedio mensuales en los períodos 1980-2002, 2003-2014 y 2015-2021 (abajo) registradas en la estación USGS del Río New del Valle de Imperial desde 1980 hasta 2021. (FUENTE: USGS)

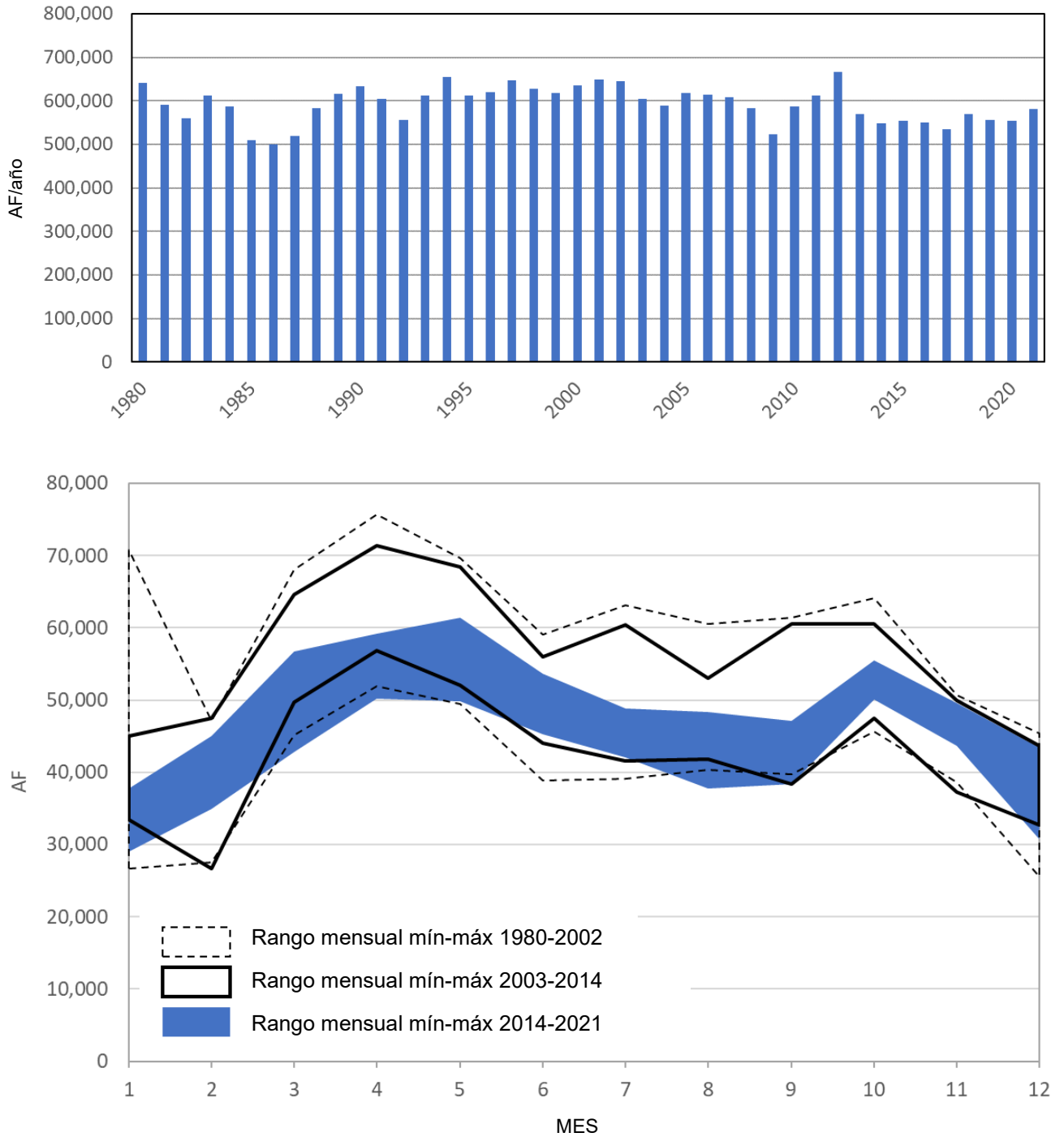


Figura 31. Entradas promedio anuales (arriba) y entradas promedio mensuales en los períodos 1980-2002, 2003-2014 y 2015-2021 (abajo) registradas en la estación USGS del Río Alamo desde 1980 hasta 2021. (FUENTE: USGS)

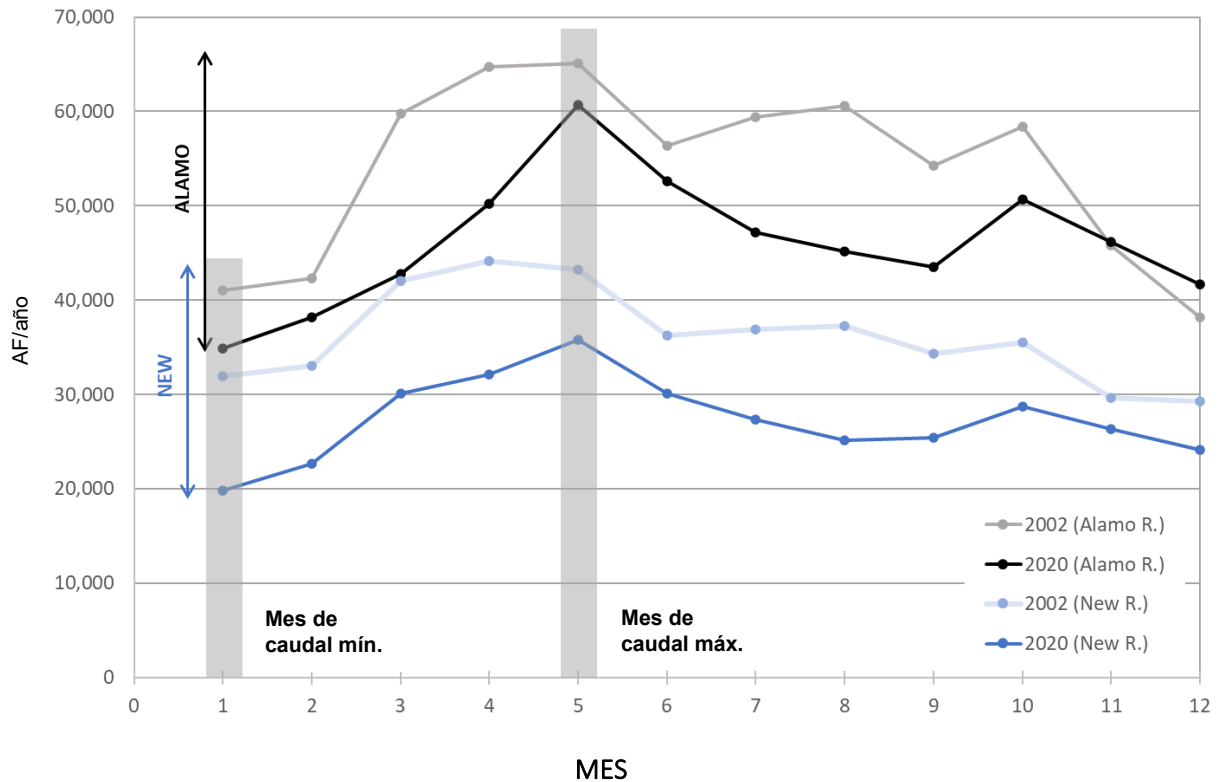


Figura 32. Entradas subanuales del Río New del Valle de Imperial y el Río Alamo en 2002 y 2020. Históricamente, y más recientemente, se ha conservado el mismo patrón subanual, en el cual los caudales son más bajos en enero, aumentan drásticamente hasta mayo y luego disminuyen gradualmente a partir de entonces. (FUENTE: USGS)

5.3.3 Entradas de la Cuenca del CVWD

El Río Whitewater, también conocido como CVSC, se origina en las Montañas de San Bernardino y recoge el escurrimiento de aguas pluviales, los caudales de aguas residuales y los caudales de drenaje agrícola en el Valle de Coachella, y finaliza en Salton Sea. El Río Whitewater Alto se considera completamente apropiado por la Junta Estatal de Control de los Recursos Hídricos (Departamento de Recursos Hídricos de California [DWR] y DFW 2013). Los tramos superiores transportan el escurrimiento natural y el agua de intercambio del Proyecto Estatal del Agua a los campos agrícolas y a la Instalación de Distribución de Whitewater para la recarga de agua subterránea (CVWD 2002). Los tramos inferiores del CVSC consisten en transporte sin revestimiento de aguas pluviales, flujos de retorno agrícolas y descarga de aguas residuales (CVWD 2012).

Las entradas del CVSC muestran una fuerte tendencia decreciente de 1980 a 2010 (Figura 33, panel superior). El suministro de agua superficial ha disminuido desde los niveles históricos debido a la mayor eficiencia en el uso del agua, la sequía y la menor confiabilidad del suministro. Desde 2010, ha habido una tendencia creciente igualmente aparente. En las últimas dos décadas, los caudales disminuyeron más significativamente entre 2008 y 2010, pero han ido en aumento desde entonces.

Las tendencias mensuales durante tres períodos (1980–2002, 2003–2014 y 2015–2021) se presentan en la Figura 33 (panel inferior). Durante el primer período (1980–2002), el caudal mensual máximo alcanzó

su punto máximo en febrero, pero no hubo un patrón evidente para los caudales mensuales en los períodos 2003–2014 y 2015–2021. La Figura 34 muestra los patrones subanuales al final del período histórico (en 2002), en el año de los caudales promedio anuales más bajos (2010), y más recientemente (en 2020). Durante estos años, no hubo una estacionalidad uniforme de caudales relativamente más altos o más bajos.

Los drenajes agrícolas directos al lago recogen el drenaje subterráneo y proporcionan una entrada a Salton Sea. Los caudales en drenajes distintos al CVSC son medidos por el CVWD. La Figura 35 presenta los caudales de drenaje medidos durante el período 2000–2021. Estos caudales de drenaje variaron desde un máximo de 43,000 AFY en 2013 hasta un mínimo de 27,000 AFY en 2019.

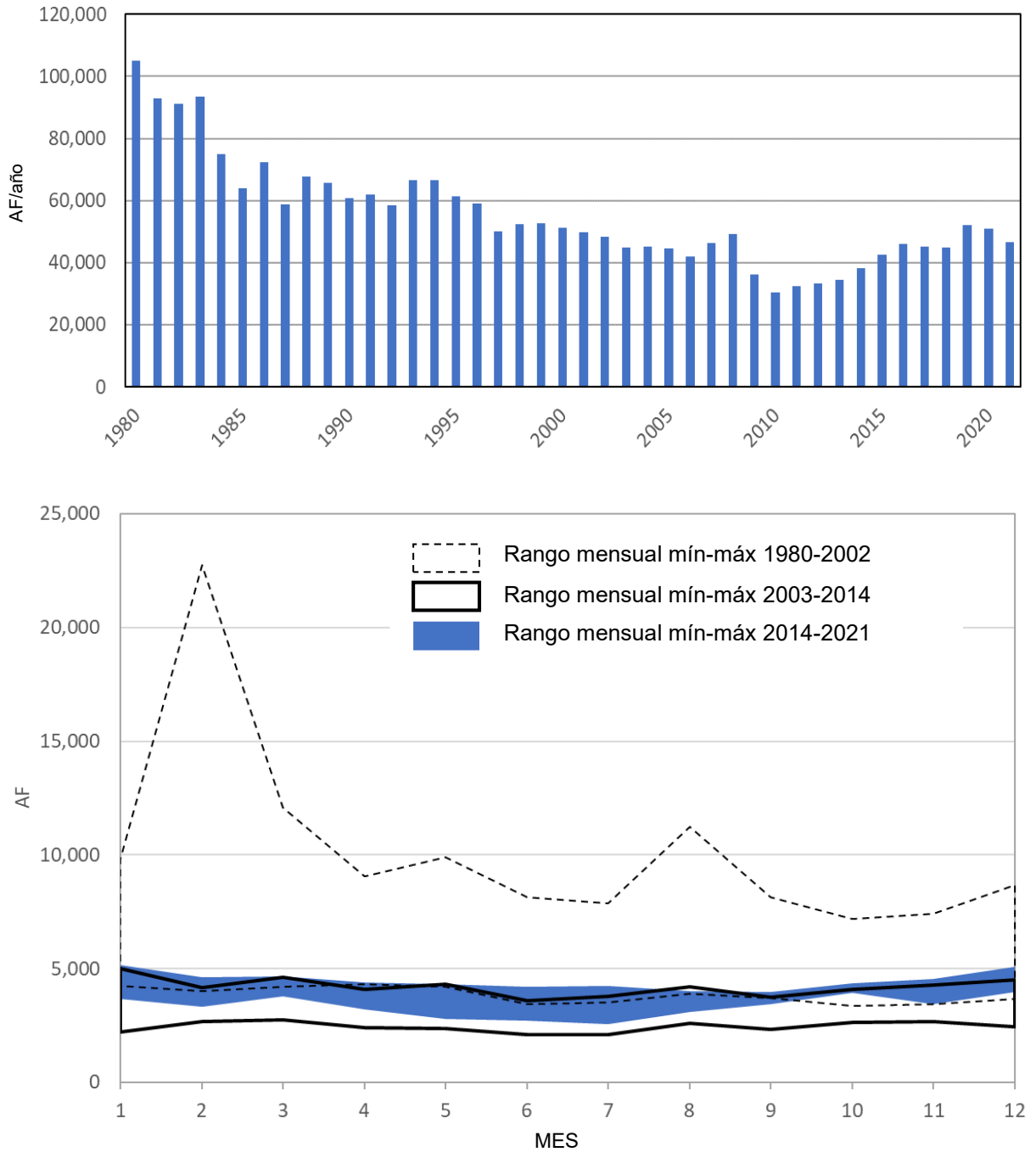


Figura 33. Entradas promedio anuales (arriba) y entradas promedio mensuales en los períodos 1980-2002, 2003-2014 y 2015-2021 (abajo) registradas en la estación USGS del Río Whitewater desde 1980 hasta 2021. (FUENTE: USGS)

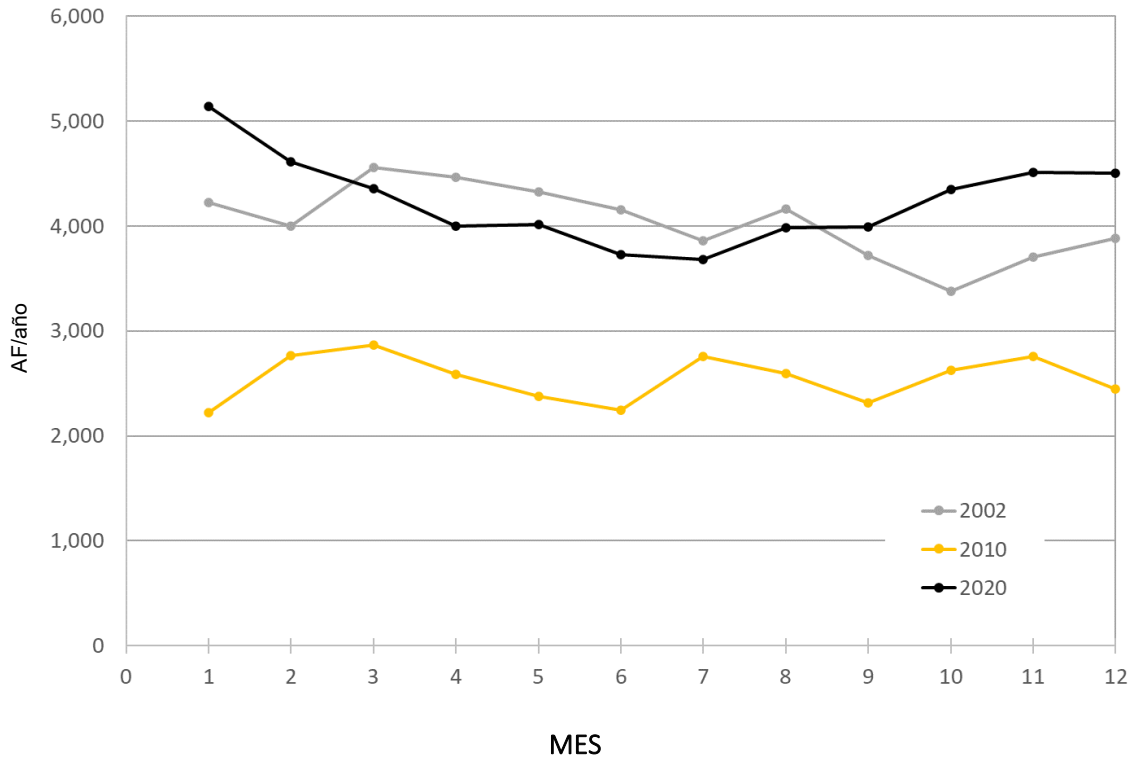


Figura 34. Entradas subanuales del Río Whitewater en 2002, 2010 y 2020. No se ha observado un patrón subanual constante a lo largo de los años. En promedio, las entradas en 2020 superaron los niveles históricos de 2002. (FUENTE: USGS)

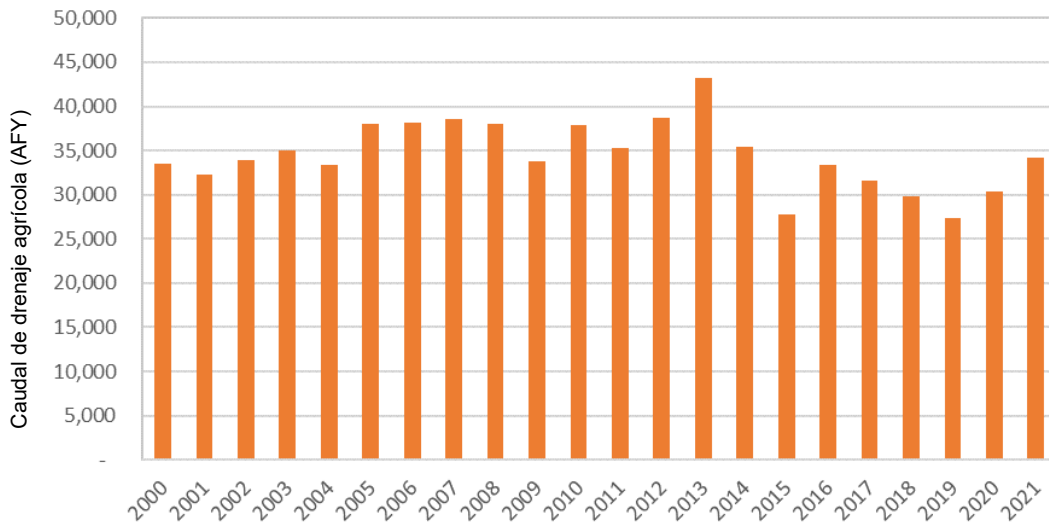


Figura 35. Entrada a Salton Sea desde drenajes agrícolas del Valle de Coachella distintos del CVSC. El período 2000-2016 corresponde a datos del año calendario y el período 2017-2021 corresponde a datos del año hidrológico. (FUENTE: comunicación personal con el CVWD)

5.3.4 Entradas de Cuencas Locales

Varios arroyos más pequeños desembocan en Salton Sea. La cuenca de San Felipe Creek drena alrededor de 1,693 millas cuadradas en la cuenca del suroeste de Salton Sea. Los caudales generalmente consisten en tormentas desérticas de verano y tormentas fuertes de invierno (IID, 2018b). San Felipe Creek fue medido por el USGS (estación n.º 10255885) de 1961 a 1991, aproximadamente cuatro millas corriente arriba del lago. El caudal promedio hacia Salton Sea desde 1961 hasta 1991 fue de 4,532 AF/año, con un mínimo de 60 AF en 1973 y un máximo de 40,638 AF en 1976. El IID (2018b) analizó la lluvia en Brawley y midió el caudal para desarrollar una relación entre la lluvia y el escurrimiento. Para el período de 2000 a 2021, el caudal anual varió de 2,834 AFY a 15,542 AFY y alcanzó un promedio de 3,605 AFY.

Salt Creek está ubicado en la parte norte de la cuenca de Salton Sea y drena alrededor de 269 millas cuadradas. El USGS monitorea el caudal en Salt Creek, en el medidor 10254050 del USGS (Salt Creek cerca de Mecca). Desde 2000 hasta 2021, el caudal anual varió de 295 AFY (2009) a 2,860 AFY (2006) y alcanzó un promedio de 840 AFY.

El IID (2018b) utilizó una metodología de ponderación de área para estimar el escurrimiento de las 330 millas cuadradas restantes que no fluyen hacia los arroyos Salt o San Felipe. Sin embargo, en lugar de usar las 1693 millas cuadradas completas del área de escurrimiento de San Felipe, se supuso que solo la unidad hidrológica inferior del drenaje de San Felipe Creek (504 millas cuadradas) contribuiría a la descarga en Salton Sea dado que la mayor parte del escurrimiento del drenaje superior fluye hacia los sumideros, la recarga de agua subterránea, o es consumido por la vegetación freatófita. La Tabla 13 presenta la entrada total al Lago desde los arroyos más pequeños, incluidos San Felipe Creek, Salt Creek y las áreas no medidas.

Tabla 13. Entradas a Salton Sea desde arroyos locales fuera de los valles de Imperial y Coachella.

Año	San Felipe Creek (AFY)	Salt Creek (AFY)	Áreas no medidas (AFY)	Suma de entradas de cuencas locales (AFY)
2000	2834	542	1013	4388
2001	2834	562	1019	4415
2002	2834	485	996	4315
2003	2834	631	1039	4504
2004	7090	898	2396	10384
2005	2834	2215	1515	6564
2006	2834	2860	1708	7402
2007	2835	1216	1215	5267
2008	2834	570	1021	4425
2009	2836	295	939	4071
2010	15542	464	4802	20808
2011	2834	633	1040	4508
2012	2834	525	1008	4367
2013	2834	724	1067	4625

2014	2834	473	992	4299
2015	2834	458	987	4279
2016	2834	570	1021	4425
2017	2834	804	1091	4729
2018	2834	818	1096	4748
2019	2834	985	1146	4964
2020	2834	956	1137	4927
2021	2834	789	1087	4710
Prom. 2000-2021	3605	840	1333	5778
Prom. 2015-2021	2834	768	1081	4683

5.3.5 Entradas de Agua Subterránea

El modelo SALSA2 realizado por el IID (IID, 2018b) utilizó una entrada constante anual de agua subterránea del Valle de Imperial de 1,000 AFY, citando al IID (2002). Se realizó un modelo de agua subterránea actualizado para la actualización del WMP de la Subcuenca de Indio (Indio Subbasin GSAs, 2021). El caudal de agua subterránea simulado entre el Lago y el sistema de agua subterránea se presenta en la Figura 36 a continuación. El caudal neto, que se muestra como la línea negra, fue *hacia* el agua subterránea desde el Lago antes de 2015, y, después de 2015, fue *desde* el agua subterránea hacia el Lago.

El modelo SALSA2 realizado por el IID utilizó una entrada constante anual de agua subterránea de 10,000 AFY de áreas que no son tributarias de los valles de Imperial y Coachella. Este valor es de Hely et al. (1966), que establece que el caudal de agua subterránea que ingresa a Salton Sea en el perímetro proviene principalmente del aluvión subyacente a San Felipe Creek.

Por lo tanto, la entrada total de agua subterránea a Salton Sea se calculó utilizando los valores anuales de la línea negra, combinados con un valor constante de 10,000 AFY del aluvión de San Felipe y un valor constante de 1,000 AFY del Valle de Imperial. La entrada neta total al Lago de agua subterránea varió de 8,500 AFY en 2000 a 12,300 AFY en 2019. También se asumieron valores constantes de 12,300 AFY en 2020 y 2021.

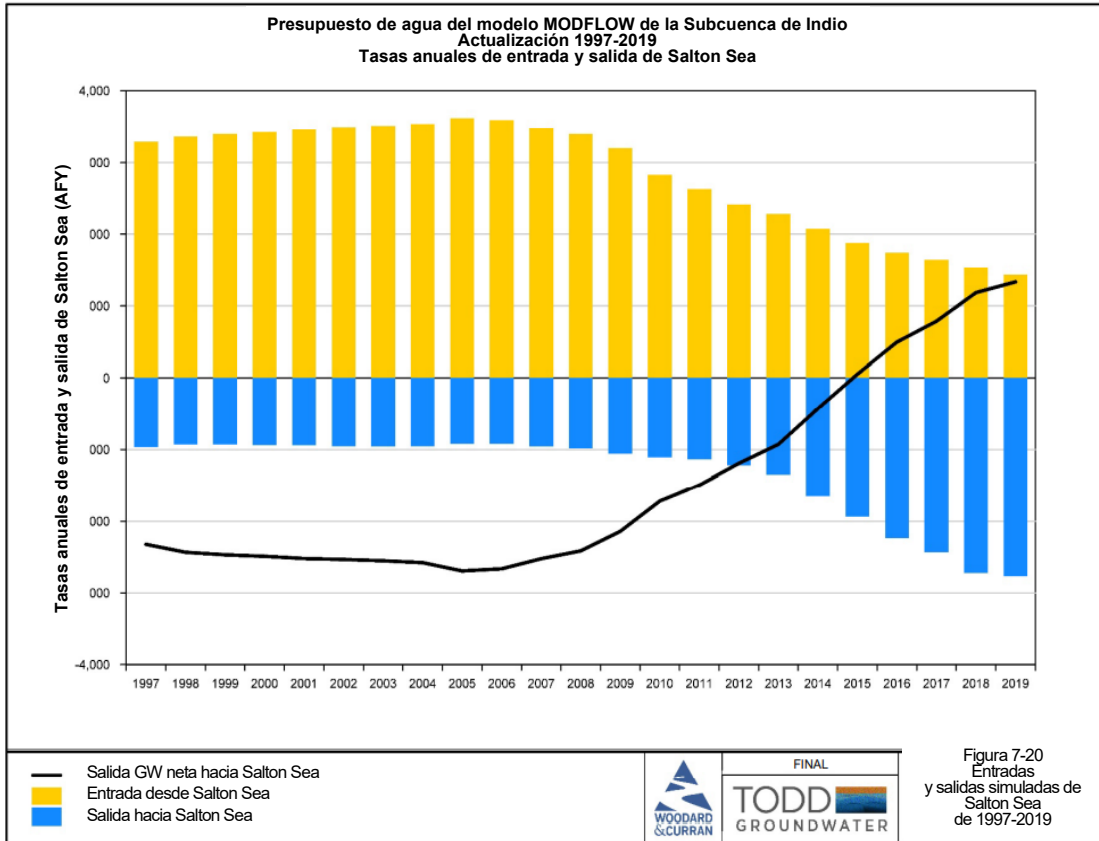


Figura 36. Entrada de agua subterránea al Lago desde el Valle de Coachella. (Fuente: Indio Subbasin GSAs, 2021)

5.3.6 Resumen de las Entradas Históricas Recientes en Comparación con las Entradas Modeladas

La Tabla 14 proporciona un resumen de las entradas recientes al Lago, como se analizó en las secciones anteriores. Durante el período reciente (2015 a 2020), la entrada se ha mantenido estable. En 2021, la entrada total fue 40,000 AF más alta que la entrada en 2020. Las entradas previstas por SALSAS2 también se presentan en la tabla, como se resume en la Sección 4. En particular, las entradas recientes (columna 8) son consistentemente más altas que las entradas previstas por SALSAS2.

Tabla 14. Entradas históricas recientes, en comparación con las entradas previstas por SALSA2 (unidades: AF).

Año	Caudal medido del Valle de Imperial (1)	Estimado no medido del Valle de Imperial (2)	Caudales de México (3)	Medido del CVSD (4)	Caudal de drenaje del Valle de Coachella (5)	Cuencas locales (6)	Agua subterránea (7)	Entrada total al Lago (8)	Entrada media SALSA2, incertidumbre baja	Entrada media SALSA2, incertidumbre moderada
2015	885,643	79,708	75,252	42,980	27,779	4,279	11,000	1,127,000	--	--
2016	902,053	81,185	69,562	46,643	33,325	4,425	11,500	1,149,000	--	--
2017	864,193	77,777	68,548	45,730	31,528	4,729	11,800	1,104,000	--	--
2018	837,531	75,378	60,509	44,971	29,779	4,748	12,200	1,065,000	934,000	907,000
2019	810,277	72,925	63,926	52,324	27,359	4,964	12,300	1,044,000	917,000	871,000
2020	817,934	73,614	63,332	51,154	30,350	4,927	12,300	1,054,000	906,000	834,000
2021	856,862	77,118	61,866	46,548	34,172	4,710	12,300	1,094,000	905,000	808,000
Prom. 2015-2021	853,000	76,800	66,100	47,200	30,600	4,680	11,900	1,090,000	-	-

Notas:

1. Río New cerca de Westmorland (ID de la Estación USGS: 10255550) + Río Alamo cerca de Niland (ID de la Estación USGS: 10254730) – Río New en la Frontera Internacional (ID de la Estación USGS: 10254970); ver la Sección 5.3.2
2. 9% de la Columna 1; ver la Sección 5.3.2
3. Río New en la Frontera Internacional (ID de la Estación USGS: 10254970); ver la Sección 5.3.1
4. Río Whitewater cerca de Mecca (ID de la Estación USGS: 10259540); ver la Sección 5.3.3
5. Caudal de drenaje distinto del CVSD medido. Ver la Sección 5.3.3.
6. Ver la Sección 5.3.4
7. Ver la Sección 5.3.5
8. Suma de las columnas 1 a 7

5.4 Salidas de la Cuenca de Salton Sea

Las salidas de la cuenca de Salton Sea analizadas en esta sección incluyen la ET de las cuencas del Valle de Imperial y el Valle de Coachella, y la evaporación de Salton Sea.

5.4.1 Evapotranspiración de Tierras Agrícolas

De 2004 a 2014, la Oficina de Recuperación calculó la evaporación y la ET utilizando imágenes satelitales y aéreas e inspecciones de campo para mapear campos agrícolas regados, vegetación ribereña y aguas abiertas en el área de estudio de la Cuenca Baja, que incluye el IID y el CVWD. Estas estimaciones de la Oficina de Recuperación se informan cada año; sin embargo, solo están disponibles en forma de hoja de

cálculo de 2010 a 2014. Por lo tanto, los siguientes gráficos de ET solo están disponibles para el período de 2010 a 2014.

5.4.1.1 Cuenca del Valle de Imperial

La Figura 37 muestra que, durante el período de cinco años de datos disponibles, la ET de la agricultura en el IID se mantiene más baja en diciembre, aumenta rápidamente hasta un máximo anual en mayo y luego disminuye gradualmente. No hay una clara tendencia creciente o decreciente a lo largo de los cinco años.

La evaporación de fuentes de aguas abiertas, como se muestra en la Figura 38, alcanza su punto máximo en junio con tasas más simétricas de aumento y disminución a lo largo del año. La evaporación se mantiene constante de 2011 a 2014, pero es sustancialmente menor en 2010. Esto se debe a que el total de acres de aguas abiertas se registró como 1,230 en 2010, pero con un promedio de más de 2,200 acres entre 2011 y 2014.

Las estimaciones de ET totales informadas (en AF) se dividen por el área regada neta informada por el IID para calcular una tasa de ET neta de 3.60 AF/acre de regadíos. Dado que el regadío neto se ha mantenido relativamente estable en alrededor de 433,540 acres desde 2002 hasta 2021, se supone que la ET desde 2003 alcanza un promedio de 1,561,000 AF/año.

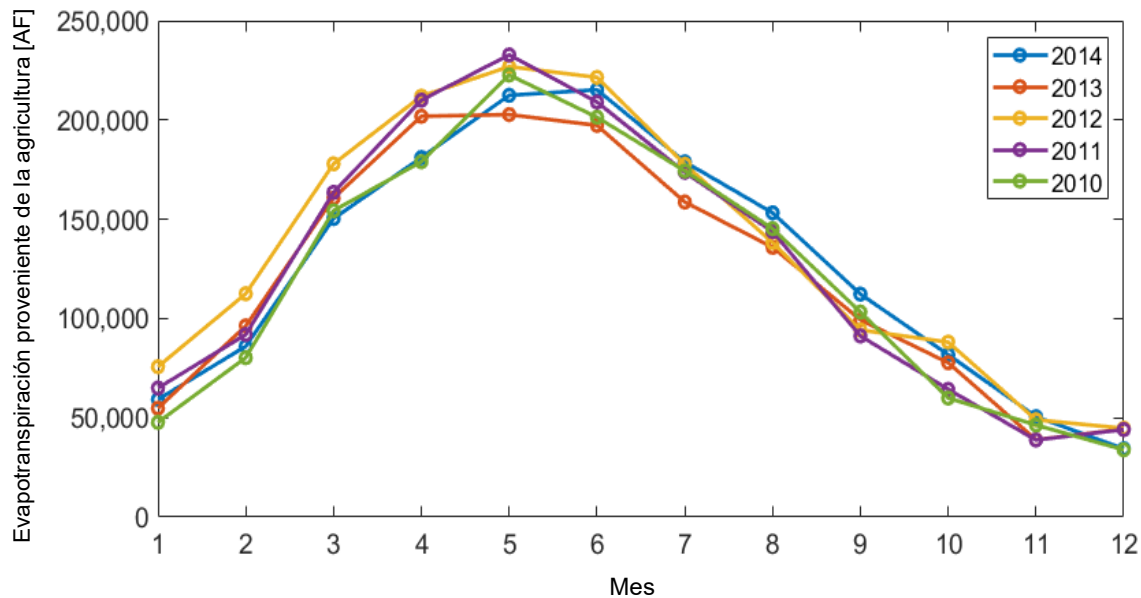


Figura 37. ET subanual de la agricultura en el Distrito de Riego de Imperial (IID) de 2010 a 2014. (FUENTE: Reclamation, 1995 – 2014)

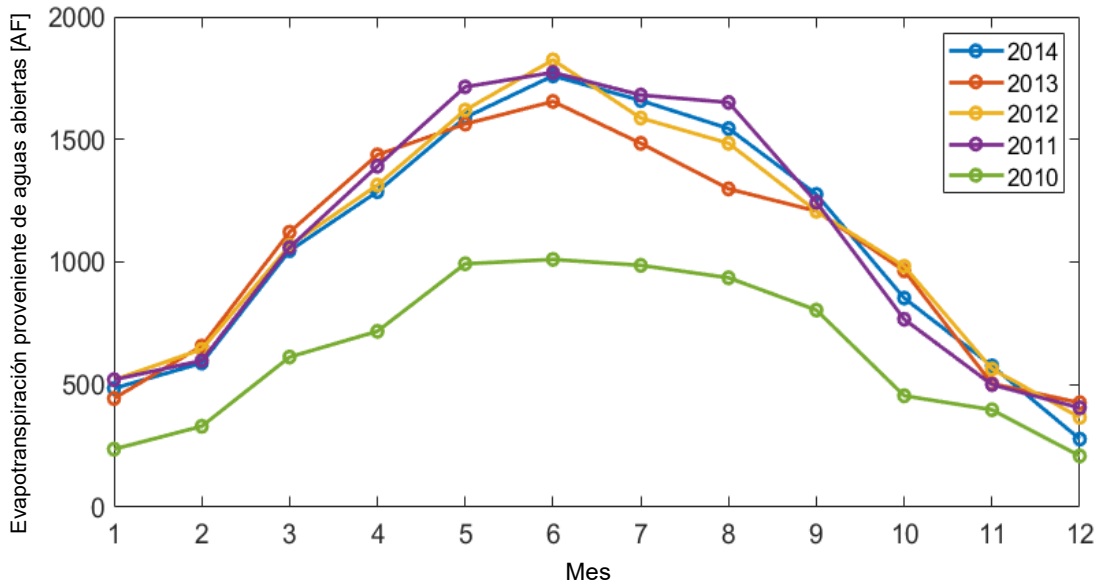


Figura 38. Evaporación subanual de aguas abiertas en el Distrito de Riego de Imperial (IID) de 2010 a 2014. (FUENTE: Reclamation, 1995 – 2014)

5.4.1.2 Cuenca del Valle de Coachella

La Figura 39 muestra que, durante el período de cinco años de datos disponibles, la ET de la agricultura en el CVWD se mantiene más baja en diciembre, aumenta rápidamente hasta un máximo anual en mayo y luego disminuye gradualmente. No hay una clara tendencia creciente o decreciente a lo largo de los cinco años.

La evaporación de fuentes de aguas abiertas, como se muestra en la Figura 40, alcanza su punto máximo en junio con tasas más simétricas de aumento y disminución a lo largo del año. La tendencia mensual de evaporación es constante de 2010 a 2014.

Las estimaciones de ET totales informadas (en AF) se dividen por el área regada neta informada por el CVWD para calcular una tasa de ET neta de 2.23 AF/acre de regadíos. El regadío neto se ha mantenido relativamente estable entre 75,000 y 77,000 acres de 2013 a 2019 (promedio de 76,420 acres). Por lo tanto, se supone que la ET desde 2013 alcanza un promedio de 170,650 AF/año.

Se debe tener en cuenta que la tasa de ET calculada para las tierras agrícolas del CVWD no se utiliza en el desarrollo de escenarios de entradas futuras, sino que se proporciona aquí a modo de finalización.

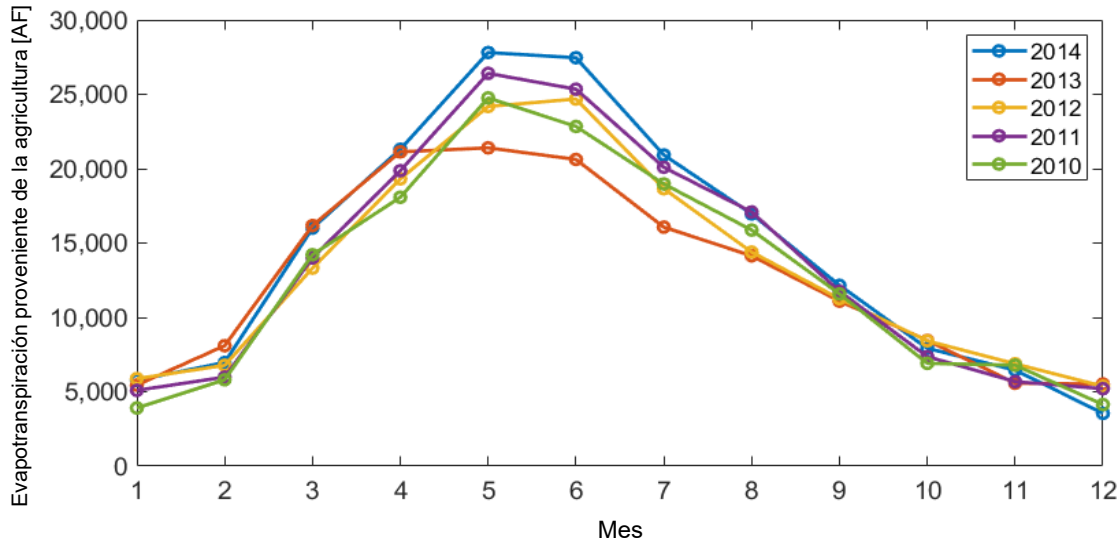


Figura 39. ET subanual de la agricultura en el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) de 2010 a 2014. (FUENTE: Reclamation, 1995 – 2014)

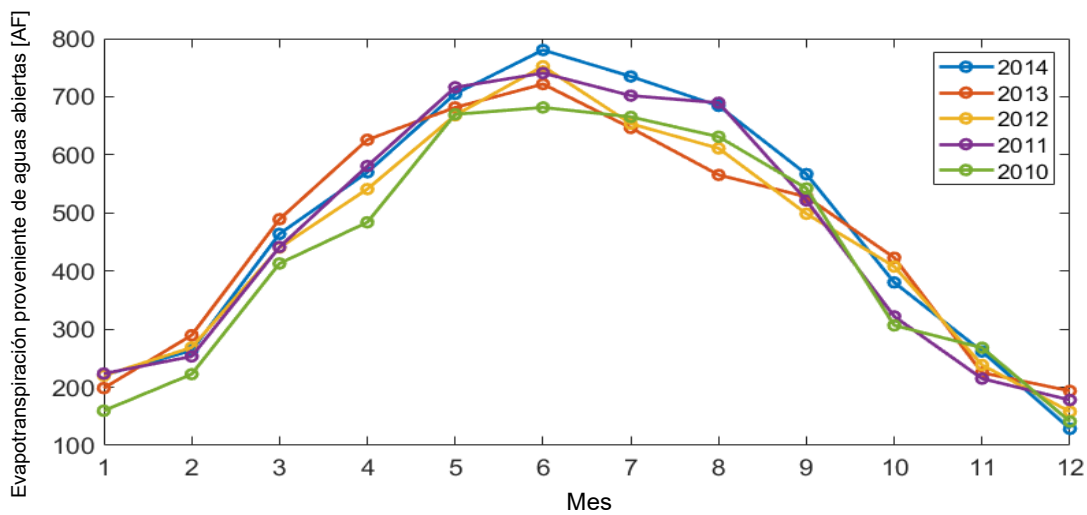


Figura 40. Evaporación subanual de aguas abiertas en el Distrito de Agua del Valle de Coachella (CVWD) de 2010 a 2014. (FUENTE: Reclamation, 1995 – 2014)

5.4.1.3 Efectos del Cambio Climático en la Evapotranspiración

La Tabla 15 presenta el porcentaje de aumento en las tasas de ET presentadas en la Tabla 12 aplicado a las tasas de ET netas determinadas anteriormente para el Valle de Imperial, para proporcionar las tasas de ET resultantes para las diferentes condiciones climáticas (trazas bajas, promedio y altas).

Tabla 15. Efectos del cambio climático en la ET en el Valle de Imperial

Condición	Aumento porcentual estimado en ET	ET, Valle de Imperial (AF/acre)
Referencia	-	3.60
Traza baja	3.56%	3.73
Traza promedio	4.46%	3.76
Traza alta	5.02%	3.78

5.4.2 Evaporación de Salton Sea

La evaporación es el componente de salida más importante del equilibrio de agua de Salton Sea. Los estudios de evaporación en Salton Sea realizados por el USGS desde principios de la década de 1960 utilizaron presupuestos de agua y energía para calcular las pérdidas anuales por evaporación. Con este método, la evaporación anual se calculó como la diferencia entre la suma de todas las entradas, incluida la precipitación, y el cambio del volumen de almacenamiento en Salton Sea durante el año. Las fuentes de entrada incluyeron las descritas anteriormente, mientras que el volumen de almacenamiento se calculó utilizando mediciones de elevación de la superficie del agua y la batimetría de Salton Sea. Con base en este método, la evaporación anual total de Salton Sea se estimó en 1.3 millones de AF/año en el período histórico.

Si bien las entradas recientes (2015-2021) se han mantenido relativamente estables, son mucho más bajas que la tasa de pérdida por evaporación de la superficie del Lago. Por este motivo, la elevación del Lago continúa disminuyendo.

6 Suposiciones y Escenarios de Entrada de Agua Futuros

Para informar la gestión a largo plazo de Salton Sea, se han creado distintos escenarios futuros de gestión del agua para tener en cuenta las reducciones de la sequía a corto plazo y los impactos a largo plazo de los cambios climáticos y de políticas.

6.1 Reducciones de Sequía a Corto Plazo (2023 - 2026)

El 5 de octubre de 2022, los usuarios de California del agua del Río Colorado emitieron una declaración en la que proponían conservar 400,000 AF de agua por año desde 2023 hasta 2026 para contribuir a estabilizar las elevaciones en el Lago Mead.¹¹ El IID se comprometió a recortar 250,000 AFY, una cantidad que depende de la financiación federal y la participación voluntaria de los usuarios del agua.¹² Otros usuarios de California del agua del Río Colorado que firmaron la declaración fueron el Distrito de Agua Metropolitano, el CVWD y el Distrito de Riego de Palo Verde.

6.2 El Uso del Agua Para la Producción de Litio

El Apéndice C presenta una discusión sobre el uso y la disponibilidad de agua para la extracción de litio en el Campo Geotérmico del Mar Salton (SSGF). Las operaciones de las centrales geotérmicas en el SSGF requieren un uso limitado de agua dulce. Si bien la cantidad exacta de agua dulce utilizada para las operaciones normales de las centrales geotérmicas en el SSGF no está disponible en fuentes públicas, se puede obtener una estimación del uso de agua dulce en base a información muy limitada en solicitudes de permisos y documentos ambientales (CEC, 2003; CEQA Report-Hell's Kitchen PowerCo 1 and LithiumCo 1 Project, 2022). Estos documentos también proporcionan información sobre el uso de agua dulce relacionado con los diversos procesos de extracción de litio basados en sorbentes e intercambiadores de iones que se han propuesto en el SSGF.

Los documentos ambientales citados anteriormente proporcionan estimaciones razonables del uso total de agua asociado con la producción de litio, contabilizando tanto la generación geotérmica como la extracción de litio. Bajo el supuesto de una duplicación de la capacidad de generación de energía geotérmica en el SSGF de 350MW a 700MW, el uso anual de agua dulce supuesto para la producción de litio para los escenarios futuros de afluencia de agua es de 50.000 AFY, que es un valor de rango medio para la generación de energía geotérmica de 700MW como se presenta en la Tabla 1 del Apéndice C.

6.3 Escenarios de Entrada Considerados para el Plan a Largo Plazo

Los datos y metodologías presentados en la Sección 5 se usaron para preparar un resumen de los escenarios de entrada considerados para el LRP, como se presenta en la Tabla 16. El escenario 1 (Continuación de Punto de Referencia) es el promedio de las entradas durante el período reciente (2015-2021), como se deduce en la Sección 5.3. La entrada total es la misma que se presenta en la Tabla 14, y se repite aquí a modo de comparación. Los escenarios 2, 3 y 4 se desarrollan usando las suposiciones de modelado de frecuencia y cambio climático presentadas en la Sección 5.2. Los escenarios 5 y 6, derivados

¹¹ <http://crb.ca.gov/2022/10/california-water-agencies-pledge-to-serve-additional-water-to-stabilize-the-colorado-river-basin/>

¹² <https://calmatters.org/environment/2022/10/california-colorado-river-water/>

del modelo SALSA2 realizado por el IID y descrito previamente en la Sección 4, se presentan aquí a modo de comparación. Cada escenario se analiza con más detalle a continuación.

Tabla 16. Resumen de escenarios de entrada a Salton Sea (unidades: AFY).

Número	Resumen	Caudal medido del Valle de Imperial	Estimado no medido del Valle de Imperial	Caudales de México	Medido del Valle de Coachella	Caudal de drenaje del Valle de Coachella ¹	Cuencas locales	Agua subterránea	Total
Escenario 1	Continuación de Punto de Referencia	853,000	76,800	66,100	47,200	30,600	4,680	11,900	1,090,000
Escenario 2 ²	Escenario de Entrada de Alta Probabilidad	852,900		0 ³	70,000		4,680	11,900	889,000
Escenario 3 ²	Escenario de Entrada de Baja Probabilidad	647,900		0 ³	70,000		4,680	11,900	684,000
Escenario 4 ²	Escenario de Entrada de Muy Baja Probabilidad	407,900		0 ³	70,000		4,680	11,900	444,000
Escenario 5	Incertidumbre Baja del IID (promedio 2025-2077)	694,000		48,640	72,870	29,150	10,000	10,000	864,700
Escenario 6	Incertidumbre Moderada del IID (promedio 2025-2077)	576,000		38,000	48,400	19,360	10,000	10,000	701,800

Notas:

1. Esta columna se refiere al caudal de drenajes distintos del CVSC.
2. Los escenarios 2, 3 y 4 incluyen una reducción de la entrada de 50,000 AFY debido a la asignación de litio.
3. Las entradas de México disminuyen gradualmente desde el valor de referencia de 66,100 AFY hasta 0, como se ilustra más adelante.

6.3.1 Escenario 1: Continuación de Punto de Referencia

En este escenario, se supone que las entradas y salidas netas se mantendrán similares al período más reciente representado por 2015 – 2021. Es decir, las entradas de Salton Sea están dominadas por las contribuciones del Valle de Imperial a través de los ríos New y Alamo. Se agregó un 9% adicional de estos caudales para representar los caudales no medidos. Las entradas del Valle de Coachella se midieron con el medidor del USGS en el Río Whitewater. El caudal de drenaje del Valle de Coachella, medido por el CVWD, se promedió entre 2015 y 2021. El caudal de las cuencas locales se analizó en la Sección 5.3.4 y se promedió entre 2015 y 2021. La entrada de agua subterránea se analizó en la Sección 5.3.5 y contribuye con 11,900 AF/año. Las entradas para el Escenario 1 se detallan a continuación.

TÉRMINO DE ENTRADA	VALOR (AF/año)	JUSTIFICACIÓN
Medido del Valle de Imperial	853,000	PROM. 2015-2021 Río New (USGS 10255550) más Río Alamo (USGS 10254730) menos caudales de México (USGS 10254970)
No medido del Valle de Imperial	76,800	9% del caudal medido (ver la Sección 5.3.2)

México	66,100	PROM. 2015-2021 Frontera Int. Río New (USGS 10254970)
Medido del Valle de Coachella	47,200	PROM. 2015-2021 Río Whitewater (USGS 10259540)
Drenaje del Valle de Coachella	30,600	Se refiere a caudales de drenajes distintos del CVSC, ver la Sección 5.3.3; promedio 2105-2021 de la Tabla 14
Cuencas locales	4,680	Ver la Sección 5.3.4; promedio 2015-2021 de la Tabla 14
Agua subterránea	11,900	Ver la Sección 5.3.5; promedio 2015-2021 de la Tabla 14
TOTAL	1,090,000 AF/año	

6.3.2 Escenario 2: Entrada de Alta Probabilidad

Para el escenario de entrada de alta probabilidad, las entregas de agua al Valle de Imperial se basaron en el modelo de CRSS y el remuestreo de la hidrología de 2000-2018 (información de Wheeler et al. 2022), como se describe en la Sección 5.2.1. Para el escenario de entrada de alta probabilidad, se supone el caudal del percentil 50 (2.535 MAF) (Tabla 11). En otras palabras, el modelo predice que 2.535 MAF de entrada al Valle de Imperial se excederán el 50 por ciento del tiempo. Esto representa la entrega completa de agua al Valle de Imperial.

Con base en los efectos del cambio climático analizados en la Sección 5.2.2, se espera que la ET aumente entre un 3.5 y un 5.0% para fines de siglo según la aplicación del Método Penman Monteith (ver la Tabla 12). Como estimación conservadora para los escenarios de entradas futuras, se supone un incremento del 5%. Por lo tanto, la tasa de ET ajustada al clima es de 3.78 AF/acre de regadío (o un aumento del 5.0% con respecto a la estimación actual de 3.60 AF/acre; consulte la Tabla 15). El volumen de agua perdida supone un valor de superficie de 445,011 acres, que es el promedio de 2018 a 2021 para el Valle de Imperial.

En el Valle de Coachella, se utilizó la Actualización del Plan de Gestión de Agua de la Subcuenca de Indio (Indio Subbasin GSAs, 2021) como la fuente para la entrada futura al Lago (Figura 41). El escenario que representa proyectos futuros con cambio climático se seleccionó como el escenario más apropiado con 70,000 AFY como el caudal que representa las condiciones futuras en el Lago.¹³ Esto representa la entrada total desde el sistema de drenaje de baldosa al Lago desde el Valle de Coachella, incluido el CVSC medido.

¹³ La Figura 41 incluye sólo los flujos subsuperficiales procedentes de los sistemas de drenaje por baldosas de los ranchos que interceptan los flujos de retorno del agua de riego aplicada y las aguas subterráneas que suben. Las descargas puntuales (p. ej., de POTW) al Canal de Aguas Pluviales del Valle de Coachella no se incluyen en los flujos bajo la superficie proyectados en la Figura 41.

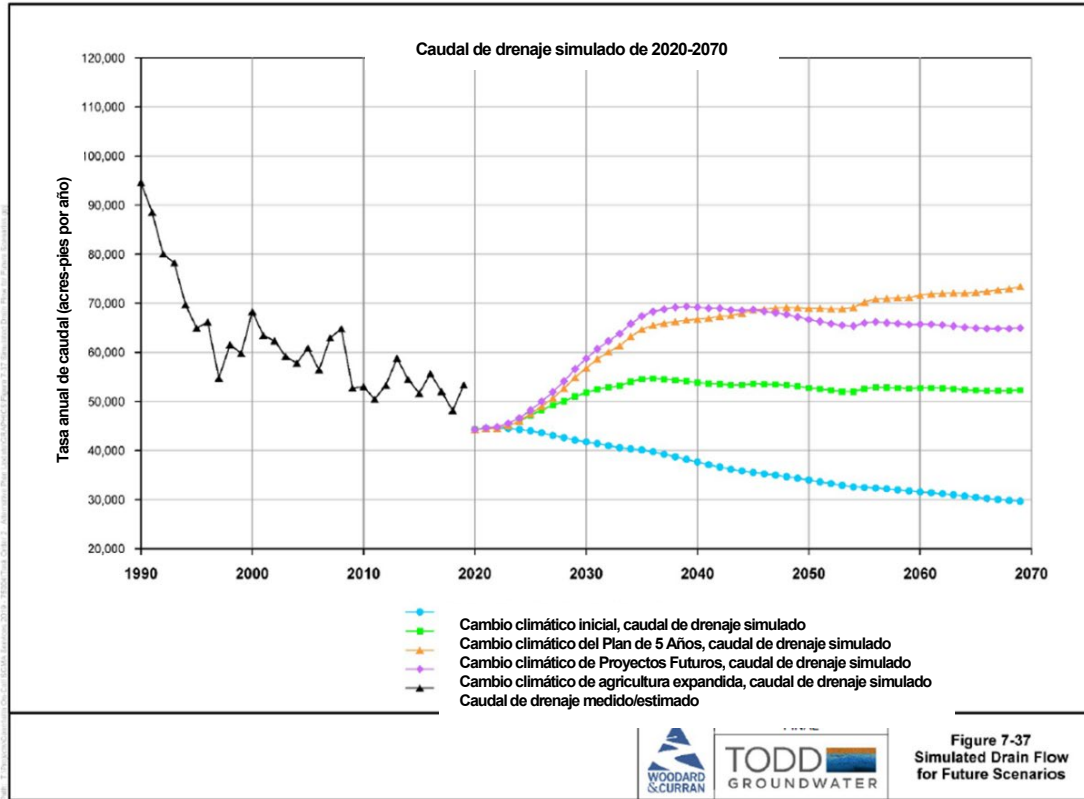


Figura 41. Caudal de Drenaje Simulado para Escenarios Futuros, que Representa la Entrada Total a Salton Sea desde el Valle de Coachella. (FUENTE: Indio Subbasin GSAs, 2021)

Para el Escenario 2, los términos de las cuencas locales y el agua subterránea siguen siendo los mismos que los valores de referencia. Las entradas para el Escenario 2 se detallan a continuación.

TÉRMINO DE ENTRADA	VALOR (AF/año)	JUSTIFICACIÓN
Valle de Imperial	852,900	Entrada al Valle de Imperial (2,535,000 AFY) menos ET a 3.78 AF/acre de regadío
México	0	Los caudales de México disminuyen en forma gradual a cero desde el valor del Escenario 1 de 66,100 AFY
Valle de Coachella	70,000	Caudal de drenaje simulado para proyectos futuros con escenario de cambio climático (Indio Subbasin GSAs, 2021)
Cuencas locales	4,680	Ver la Sección 5.3.4
Agua subterránea	11,900	Ver la Sección 5.3.5
Asignación de litio	-50,000	El litio es un uso nuevo y creciente del agua en la cuenca.
TOTAL	889,000 AF/año	

6.3.3 Escenario 3: Entrada de Baja Probabilidad

Para el escenario de entrada de baja probabilidad, se supone el caudal del percentil 90 (2.33 MAF) del modelo de CRSS de remuestreo de la hidrología de 2000-2018 (Tabla 11). En otras palabras, el modelo predice que 2.33 MAF de entrada al Valle de Imperial se excederán el 90 por ciento del tiempo. La evapotranspiración en el Valle de Imperial se estima como para el Escenario 2, suponiendo un aumento del 5 por ciento sobre los valores de ET de referencia.

Para el Escenario 3, las entradas del Valle de Coachella son las mismas que para el Escenario 2. Los términos de las cuencas locales y el agua subterránea siguen siendo los mismos que los valores de referencia. Las entradas para el Escenario 3 se detallan a continuación.

TÉRMINO DE ENTRADA	VALOR (AF/año)	JUSTIFICACIÓN
Valle de Imperial	647,900	Entrada al Valle de Imperial (2,330,000 AFY) menos ET a 3.78 AF/acre de regadío
México	0	Los caudales de México disminuyen en forma gradual a cero desde el valor del Escenario 1 de 66,100 AFY
Valle de Coachella	70,000	Caudal de drenaje simulado para proyectos futuros con escenario de cambio climático (Indio Subbasin GSAs, 2021)
Cuencas locales	4,680	Ver la Sección 5.3.4
Agua subterránea	11,900	Ver la Sección 5.3.5
Asignación de litio	-50,000	El litio es un uso nuevo y creciente del agua en la cuenca.
TOTAL	684,000 AF/año	

6.3.4 Escenario 4: Entrada de Muy Baja Probabilidad

Para el escenario de entrada de muy baja probabilidad, se supone el caudal del percentil 95 (2.09 MAF) del modelo de CRSS de remuestreo de la hidrología de 2000-2018 (Tabla 11). En otras palabras, el modelo predice que 2.09 MAF de entrada al Valle de Imperial se excederán el 95 por ciento del tiempo. La evapotranspiración en el Valle de Imperial se estima como para los escenarios 2 y 3, suponiendo un aumento del 5 por ciento sobre los valores de ET de referencia.

Para el Escenario 4, las entradas del Valle de Coachella son las mismas que para los escenarios 2 y 3. Los términos de las cuencas locales y el agua subterránea siguen siendo los mismos que los valores de referencia. Las entradas para el Escenario 4 se detallan a continuación.

TÉRMINO DE ENTRADA	VALOR (AF/año)	JUSTIFICACIÓN
Valle de Imperial	407,900	Entrada al Valle de Imperial (2,090,000 AFY) menos ET a 3.78 AF/acre de regadío
México	0	Los caudales de México disminuyen en forma gradual a cero desde el valor del Escenario 1 de 66,100 AFY
Valle de Coachella	70,000	Caudal de drenaje simulado para proyectos futuros con escenario de cambio climático (Indio Subbasin GSAs, 2021)

Cuencas locales	4,680	Ver la Sección 5.3.4
Agua subterránea	11,900	Ver la Sección 5.3.5
Asignación de litio	-50,000	El litio es un uso nuevo y creciente del agua en la cuenca.
TOTAL	444,000 AF/año	

6.3.5 Escenario 5: Incertidumbre Baja del IID

Este escenario utiliza los resultados de incertidumbre baja de los esfuerzos de modelado de Salton Sea realizados por el IID, que se resumen en la Sección 4. El objetivo del escenario de incertidumbre baja es representar caudales y supuestos similares a las condiciones actuales. Los caudales modelados de 2025-2077 se promediaron para determinar los valores en la tabla a continuación.

TÉRMINO DE ENTRADA	VALOR (AF/año)	JUSTIFICACIÓN
Valle de Imperial	694,000	Caudales promedio previstos de 2025-2077; ver también la Sección 4.
México	48,640	Caudales promedio previstos de 2025-2077; ver también la Sección 4.
Medido del Valle de Coachella	72,870	Caudales promedio previstos de 2025-2077; ver también la Sección 4.
Drenaje del Valle de Coachella	29,150	Caudales promedio previstos de 2025-2077; ver también la Sección 4.
Cuencas locales	10,000	Caudales promedio previstos de 2025-2077; ver también la Sección 4.
Agua subterránea	10,000	Caudales promedio previstos de 2025-2077; ver también la Sección 4.
TOTAL	864,700 AF/año	

6.3.6 Escenario 6: Incertidumbre Moderada del IID

Este escenario utiliza los resultados de incertidumbre moderada de los esfuerzos de modelado de Salton Sea realizados por el IID, que se resumen en la Sección 4. El objetivo del escenario de incertidumbre moderada es representar caudales y suposiciones que representan condiciones más extremas o inciertas. Por lo tanto, en condiciones de incertidumbre moderada, las entradas serán menores que en el caso de incertidumbre baja del IID. Los caudales modelados de 2025-2077 se promediaron para determinar los valores en la tabla a continuación.

TÉRMINO DE ENTRADA	VALOR (AF/año)	JUSTIFICACIÓN
Valle de Imperial	576,000	Caudales promedio previstos de 2025-2077; ver también la Sección 4.
Caudales de México	38,000	Caudales promedio previstos de 2025-2077; ver también la Sección 4.
Medido del Valle de Coachella	48,400	Caudales promedio previstos de 2025-2077; ver también la Sección 4.

Drenaje del Valle de Coachella	19,360	Caudales promedio previstos de 2025-2077; ver también la Sección 4.
Cuencas locales	10,000	Caudales promedio previstos de 2025-2077; ver también la Sección 4.
Agua subterránea	10,000	Caudales promedio previstos de 2025-2077; ver también la Sección 4.
TOTAL	701,800 AF/año	

6.4 Escenarios de Entrada Modelados para el Plan a Largo Plazo

Se modelaron tres escenarios de entrada para el LRP, el escenario de entrada de alta probabilidad, el escenario de entrada de baja probabilidad y el escenario de entrada de muy baja probabilidad (escenarios 2, 3 y 4 de la Tabla 16). La Figura 42 muestra la representación gráfica de las entradas anuales a Salton Sea para los tres escenarios de entrada durante el período de 2010 a 2060. Las suposiciones clave para los escenarios de entrada se describen más arriba y se resumen a continuación:

- Las entregas de agua al IID se basan en el modelo de CRSS y el remuestreo de la hidrología de 2000-2018 (información de Wheeler et al. 2022). La suposición de que las condiciones secas actuales en el siglo 21 continuarán durante las próximas cuatro décadas es un escenario relativamente estresante desde la perspectiva hidrológica. Los tres escenarios utilizan el caudal de exceso del percentil 50 (escenario de entrada de alta probabilidad, 2.535 MAF), el caudal de exceso del percentil 90 (escenario de entrada de baja probabilidad, 2.33 MAF) y el caudal de exceso del percentil 95 (escenario de entrada de muy baja probabilidad, 2.09 MAF).
- Se supone que las entradas de México disminuirán de los niveles actuales a cero para 2035, y se supone que esos caudales se reciclarán al sur de la frontera.
- Se supone que el agua utilizada para la producción de litio reducirá las entradas al Lago en 50,000 AFY para 2035 y esto permanecerá constante a partir de entonces. Este es un uso nuevo y creciente del agua en la cuenca.
- Se estima que el cambio climático aumentará la ET en el Valle de Imperial, según la temperatura promedio de 2035-2064 (período de 30 años). Alcanza este valor en 2035 y permanece en este nivel durante el resto del período de simulación.
- La sequía actual da como resultado una disminución de 250,000 AF de la asignación de agua al IID de 2023 a 2026 (4 años), según los informes publicados. Esto se cubrirá con el barbecho de tierras, por lo que la disminución neta del caudal hacia Salton Sea es de 89,000 AF. Para las suposiciones de entrada de baja probabilidad y entrada de muy baja probabilidad, la reducción continúa y el barbecho se reemplaza por eficiencias que se implementan durante 5 años.

Con las suposiciones anteriores, el escenario de entrada de alta probabilidad se estabiliza en 889,000 AFY, el escenario de entrada de baja probabilidad se estabiliza en 684,000 AFY y el escenario de entrada de muy baja probabilidad se estabiliza en 444,000 AFY, con una transición desde las condiciones actuales, como se muestra en Figura 42.

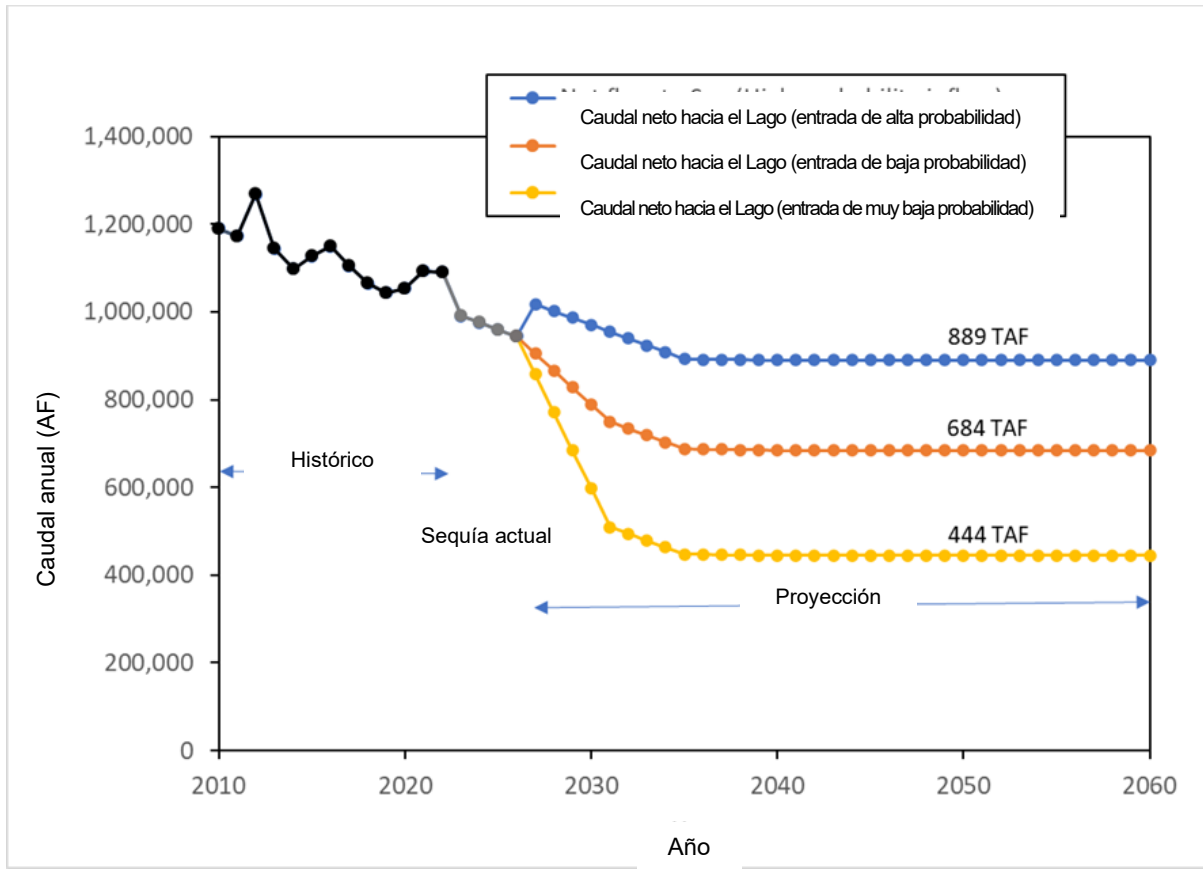


Figura 42. Representación gráfica de las entradas anuales a Salton Sea para los escenarios de entrada de alta probabilidad, baja probabilidad y muy baja probabilidad durante el período 2010 a 2060.

7 Conclusiones

Como se describe y analiza en la Sección 5, se proyecta que los factores clave del cambio en los escenarios de entradas futuras a Salton Sea sean los caudales del Valle de Imperial a Salton Sea y los impactos del cambio climático en la ET. Se espera que las nuevas demandas de agua relacionadas con el desarrollo geotérmico y de litio sean una atracción adicional en las entradas a Salton Sea.

Los escenarios de entrada analizados en la Sección 6 representan el rango de posibles entradas a Salton Sea, que dan cuenta de la variabilidad en las condiciones climáticas futuras y los cambios de política que afectan las entregas de agua de Colorado. Estos escenarios de hidrología futura no tienen en cuenta las fluctuaciones en el caudal durante períodos subanuales más cortos. En condiciones de sequía, estos períodos de caudal bajo a corto plazo pueden ser más preocupantes que los caudales promedio a largo plazo. Es posible que se produzcan impactos climáticos más extremos en las elevaciones del Lago Mead en el siglo 21, lo que podría tener un impacto significativo en las entregas del Valle de Imperial.

8 Referencias

- Brown, C., Y. Ghile, M. Laverty y K. Li. 2012. “Decision scaling: Linking bottom-up vulnerability analysis with climate projections in the water sector”. *Water Resour Res*, 48 (9): 1–12. <https://doi.org/10.1029/2011WR011212>.
- Cal-Adapt: California Energy Commission and California Strategic Growth Council, 2021. <https://cal-adapt.org>
- CEC, 2003. Salton Sea Geothermal Unit #6 Power Project Application For Certification (02-AFC-2), P800.03.021.
- CEQA Report, 2022. Initial Study & Environmental Analysis for Hell’s Kitchen PowerCo 1 and LithiumCo 1 Project, prepared by the County of Imperial Planning & Development Services Department.
- Congressional Research Service, 2021. Management of the Colorado River: Water Allocations, Drought, and the Federal Role. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R45546>
- CVWD, 2012. Coachella Valley Water Management Plan 2010 Update.
- CVWD, 2013 – 2019. Coachella Valley Water District Crop Reports. <http://cvwd.org/166/Agricultural-Irrigation-Drainage>
- Eyring, V., S. Bony, G. A. Meehl, C. A. Senior, B. Stevens, R. J. Stouffer y K. E. Taylor. 2016. “Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization”. *Geosci Model Dev*, 9 (5): 1937–1958. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016>.
- Hely AG, Hughes GH y Irelan B 1966. Hydrologic Regimen of the Salton Sea, California. U.S. Geological Survey Professional Paper 486-C.
- Imperial Irrigation District, 2002. IID Water Conservation and Transfer Project EIR/EIS.
- IID, 2002 – 2021. Annual Inventory of Areas Receiving Water. <https://www.iid.com/water/library>
- IID, 2018a. Salton Sea Hydrological Modeling and Results. Preparado por CH2M HILL para el Distrito de Riego de Imperial. Octubre.
- IID, 2018b. Salton Sea Hydrology Development. Preparado por CH2M HILL para el Distrito de Riego de Imperial. Octubre.
- IID, 2020. Water & Quantification Settlement Agreement (QSA) Implementation Annual Report. <https://www.iid.com/home/showpublisheddocument/19662/637768904053670000>
- IID, 2021. Colorado River Update: Operating Criteria, Current Hydrology, and 2022 Shortage Determination. <https://www.iid.com/home/showpublisheddocument/19598/637680806433975645?msclkid=d29a2d26bce911ec89ee6935f84da9ff>

- Indio Subbasin Groundwater Sustainability Agencies (GSAs), 2021. 2022 Indio Subbasin Water Management Plan Update, preparado por la Ley de Gestión Sustentable del Agua Subterránea. http://www.indiosubbasinsgma.org/wp-content/uploads/2022/02/Indio-SGMA-AlternativePlan-V1_2-FINAL-Adopted-Dec-2021.pdf
- Lai, Y., T. Lopez-Cantu, D. A. Dzombak y C. Samaras. 2022. “Framing the Use of Climate Model Projections in Infrastructure Engineering: Practices, Uncertainties, and Recommendations”. *Journal of Infrastructure Systems*, 28 (3): 1–16. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)is.1943-555x.0000685](https://doi.org/10.1061/(asce)is.1943-555x.0000685).
- LLNL, 2022. “Downscaled CMIP3 and CMIP5 Climate and Hydrology Projections”. Lawrence Livermore National Laboratory. Consultado el 7 de diciembre de 2022. https://gdo-dcp.ucllnl.org/downscaled_cmip_projections/dcpInterface.html#Welcome.
- Lukas, J. J. y E. Payton. 2020. Colorado River Basin climate and hydrology: State of the science. Western Water Assessment, University of Colorado Boulder. <https://scholar.colorado.edu/concern/reports/8w32r663z>
- Meehl, G. A., Covey, C., Delworth, T., Latif, M., Mcavaney, B., Mitchell, J. F. B., Stouffer, R. J. y Taylor, K. E. (2007). THE WCRP CMIP3 Multimodel Dataset: A New Era in Climate Change Research. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 88(9), 1383–1394. <https://doi.org/10.1175/BAMS-88-9-1383>
- Meko, D. M., C. A. Woodhouse y E. R. Bigio. 2017. Southern California Tree-Ring Study. Final Report to California Department of Water Resources.
- NASA, 2022. “NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections (NEX-GDDP-CMIP6)”. NASA Center for Climate Simulation. Consultado el 5 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.7917/OFSG3345>.
- NOAA, 2022. “Climate at A Glance”. National Centers for Environmental Information. Consultado el 5 de diciembre de 2022. <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/>.
- PPIC Water Policy Center, 2018. The Colorado River. <https://www.ppic.org/publication/californias-water-the-colorado-river/>
- Reclamation, 1964 - 2020. Colorado River Accounting and Water Use Reports: Arizona, California, and Nevada. <https://www.usbr.gov/lc/region/g4000/wtracct.html>
- Reclamation, 1995 – 2014. Estimates of Evapotranspiration and Evaporation Along the Lower Colorado River. <https://www.usbr.gov/lc/region/g4000/wtracct.html>
- Reclamation, 2012a. Colorado River Basin Water Supply and Demand Study. <https://www.usbr.gov/lc/region/programs/crbstudy/finalreport/index.html>
- Reclamation. 2012b. Technical Report B Water Supply Assessment. In Colorado River basin water supply and demand study. United States Bureau of Reclamation, U.S. Department of the Interior. <https://www.usbr.gov/lc/region/programs/crbstudy/finalreport/techrptB.html>
- Reclamation, 2020. Review of the Colorado River Interim Guidelines for Lower Basin Shortage and Coordinated Operations for Lake Powell and Lake Mead. Preparado para el Departamento del Interior

de EE. UU. https://www.usbr.gov/ColoradoRiverBasin/documents/7.D.Review_FinalReport_12-18-2020.pdf

Reclamation, 2021. Annual Operating Plan for Colorado River Reservoirs 2022. <https://www.usbr.gov/lc/region/g4000/aop/AOP22.pdf>

Reclamation, 2022a. Colorado River System Projections Overview. <https://www.usbr.gov/lc/region/g4000/riverops/coriver-projections.html>

Reclamation. 2022b. General Modeling Information. <https://www.usbr.gov/lc/region/g4000/riverops/model-info.html>

Reclamation. 2022c. Colorado River Basin Natural Flow and Salt Data. <https://www.usbr.gov/lc/region/g4000/NaturalFlow/current.html>

Taylor, K. E., R. J. Stouffer y G. A. Meehl. 2012. "An overview of CMIP5 and the experiment design". Bull Am Meteorol Soc, 93 (4): 485–498. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1>.

Udall, B., y Overpeck, J. 2017. "La sequía cálida del río Colorado del siglo XXI e implicaciones para el futuro". Water Resources Research, 53(3), 2404-2418 <https://doi.org/10.1002/2016WR019638>.

USGCRP. 2014. "Emissions, Concentrations, and Temperature Projections". The U.S. Global Change Research Program. Consultado el 28 de octubre de 2021. <https://www.globalchange.gov/browse/multimedia/emissions-concentrations-and-temperature-projections>.

Water Boards CA, 2022. Colorado River R7: Salton Sea. https://www.waterboards.ca.gov/coloradoriver/water_issues/programs/salton_sea/?msclkid=4760b0ffbce911ec8927dab235d103e9

Wheeler, K.G., Udall, B., Wang, J., Kuhn, E., Salehabadi, H. y Schmidt, J.C., 2022. What will it take to stabilize the Colorado River? Science, 377(6604), pp.373-375. <https://doi.org/10.1126/science.abo4452>

©2024



PROGRAMA DE GESTIÓN DE SALTON SEA



CALIFORNIA
NATURAL
RESOURCES
AGENCY

