

Análisis de un proyección de la disponibilidad de Agua en Valle Pájaro, California, Estados Unidos

By

*R.T. Hanson¹, Brian Lockwood²,
& Wolfgang Schmid³*

¹ Research Hydrologist, Servicio Geológico de Estados Unidos, Centro de Ciencias del Agua, San Diego, CA

² Hydrogeologista, Pajaro Valley Water Management Agency, Watsonville, CA

³ Research Hydrologist, CSIRO, Canberra, Australia

Jornadas Tecnicas sobre la Recarga Artificial Aquiferos y Reuso de Agua

28 y 29 de Agosto de 2013





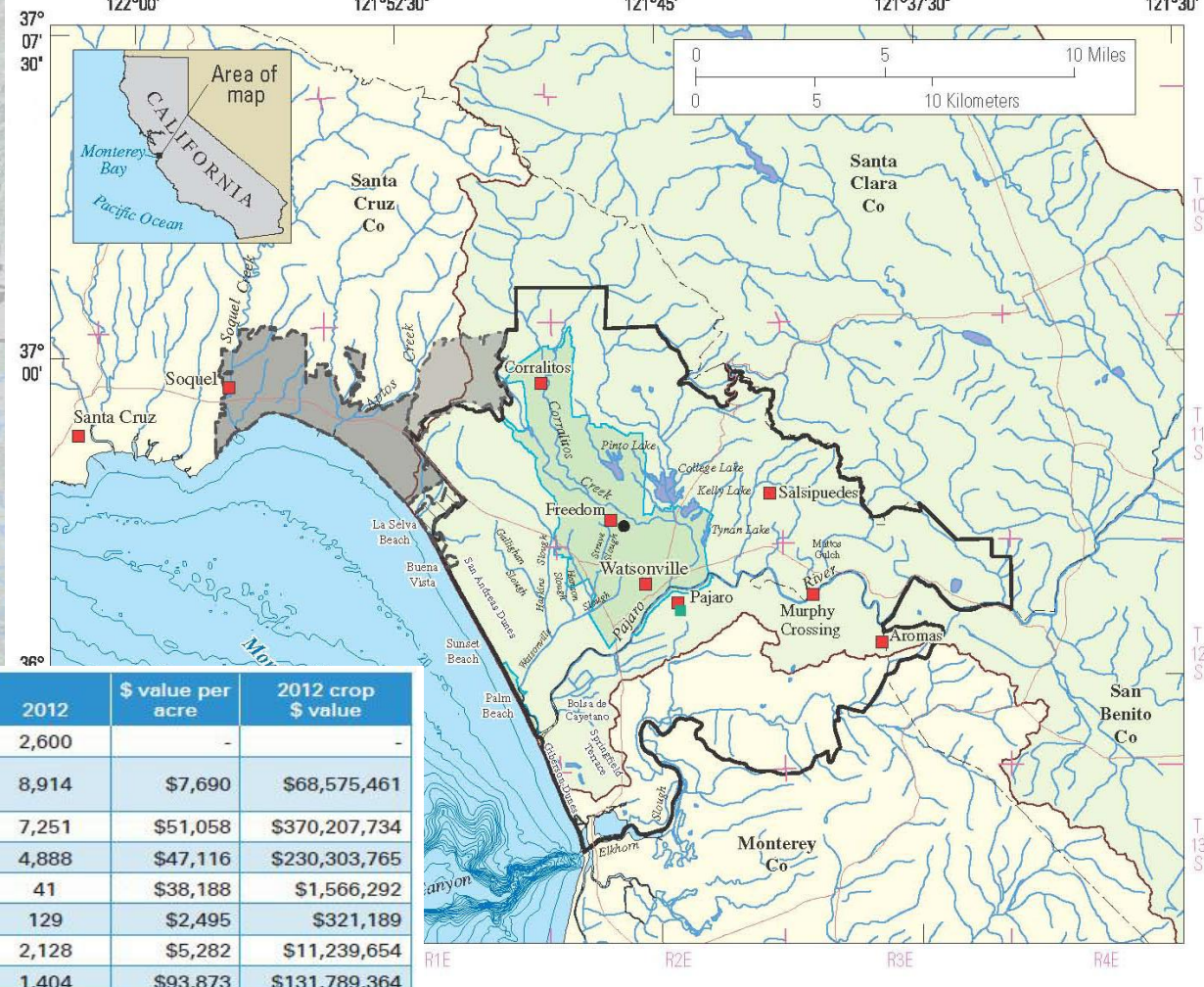
Mi Presentacion Hoy

- **Descripción del problema de abastecimiento de agua**
- **Resumen de la metodología del modelo y de modelado**
- **Descripción de Gestión de la Cuenca y Plan de Recarga Artificial**
- **Resumen de Simulación de Recarga Artificial / Reuso de Agua**
- **Resumen de la Futura Proyección con Recarga y Reuso**

GESTIÓN DE AGUA EN EL VALLE DE PAJARO

Agricola hace buenas valores para negocios pero demanda mas y mas agua.

Land Use Type	2009	2011	2012	\$ value per acre	2012 crop \$ value
Fallow	2,767	2,364	2,600	-	-
Vegetable Row Crops (Lettuce, Celery, Zucchini, Artichokes, etc.)	6,498	7,679	8,914	\$7,690	\$68,575,461
Strawberries	7,068	9,120	7,251	\$51,058	\$370,207,734
Raspberries, Blackberries	3,655	4,295	4,888	\$47,116	\$230,303,765
Blueberries	NA	39	41	\$38,188	\$1,566,292
Vines/Grapes	27	147	129	\$2,495	\$321,189
Deciduous (Apple Orchards)	1,530	2,318	2,128	\$5,282	\$11,239,654
Nurseries/Flower/Subtropical Plants	1,397	1,378	1,404	\$93,873	\$131,789,364
Other	788	918	997	-	-
Unknown Agricultural Use	4,569	6	11	-	-
Total Acreage	28,299	28,264	28,367		\$814,003,459



EXPLANATION

- Pajaro River watershed
- Outside Pajaro River watershed
- Pajaro Valley Water Management Agency boundary (USBR, 1998)
- City of Watsonville service area
- Soquel Creek Water District service area
- Central Water District service area
- River or streams
- Bathymetry contours—Number is depth below sea level in meters. Interval varies
- Precipitation station—Watsonville
- CIMIS station—Station 129

D

Fall, 2006

Santa Cruz Co

Zayante-Vergeles fault zone

Santa Clara Co

T 10 S

T 11 S

T 12 S

T 13 S

37° 00'

36° 52' 30"

Monterey Bay

Pacific Ocean

Monterey Submarine Canyon

San Andreas Fault Zone

San Benito Co

Monterey Co

Nevada

R1W

R1E

R2E

R3E

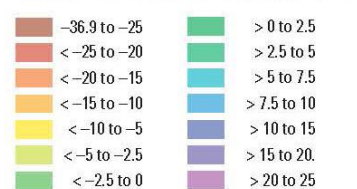
R4E

Base from U.S. Geological Survey digital data, 1961-1989.
Universal Transverse Mercator projection, Zone 10, NAD 1983.
Bathymetry data from MBARI, 2000.

EXPLANATION

0 5 10 Miles
0 5 10 Kilometers

Simulated water-level elevation
(September, 2006), in feet above NAVD 88



Estimated from reported line of equal water level for Fall, 2006. Contour in feet; interval varies. Hatchures indicate depression. (modified from PVWMA, 2007)

-5

0

5

Major rivers, sloughs, and tributaries

Model grid boundary

Bathymetry

Faults—
From USGS (Brabb and others, 1997), CDMG (Wagner and others, 2000)

Known

Concealed

Inferred

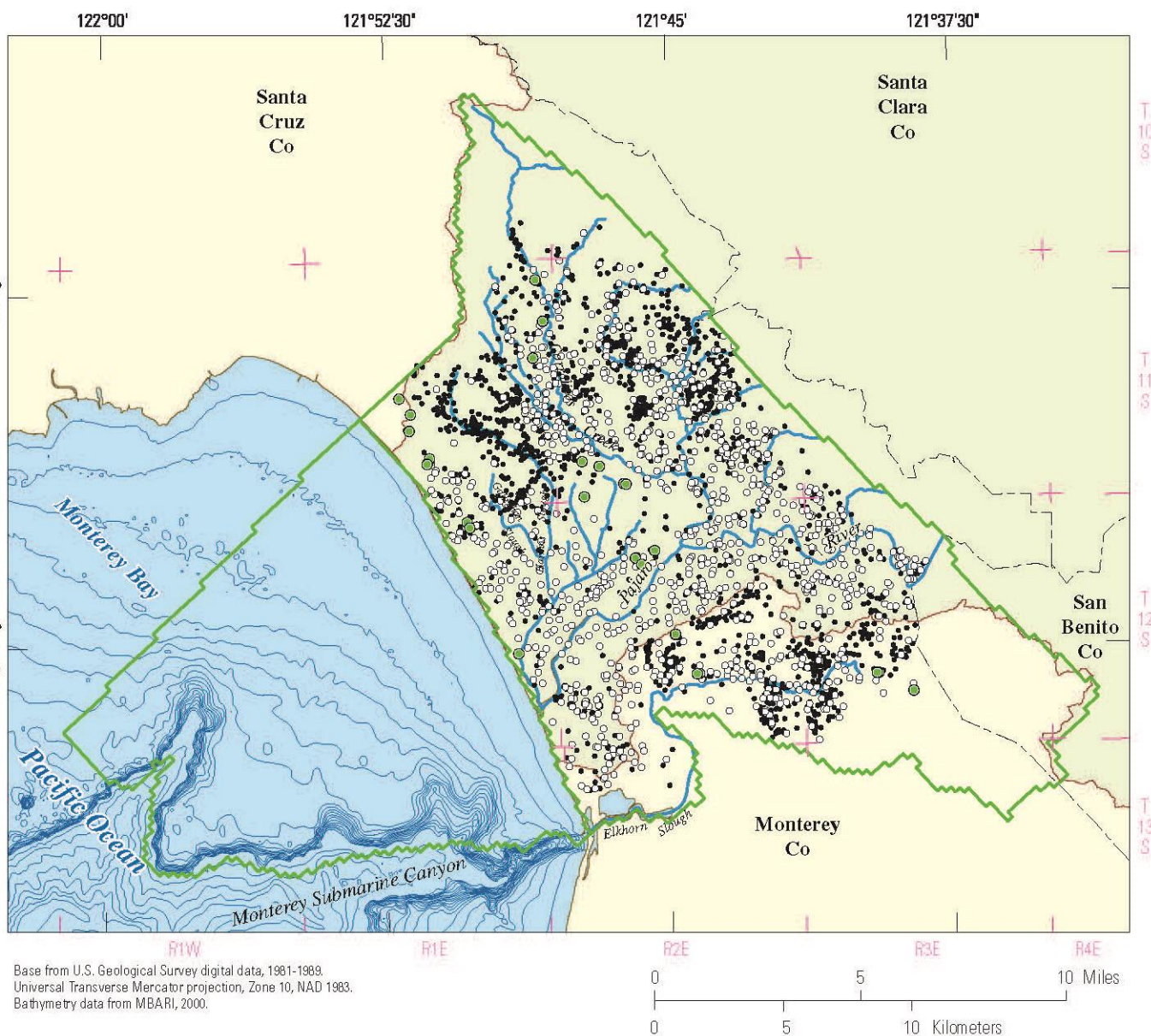
Approximate trace of modeled Zayante fault

Data points used to generate water-level contours

Comparación de las aguas subterráneas los niveles medidos y simulados—Otoño, 2006

➤ los niveles abajo de nivel del mar

➤ Mayores descensos del interior y por debajo de la ciudad



EXPLANATION

- | | | |
|--------------------------------|---------------------|-----------------|
| Pajaro River watershed | Model grid boundary | Wells— |
| Outside Pajaro River watershed | River or streams | Water supply |
| Bathymetry contours | | Domestic supply |
| | | Farm supply |

Pajaro Valley Wells (>2,528)

Water-Supply 32

Domestic 1,588

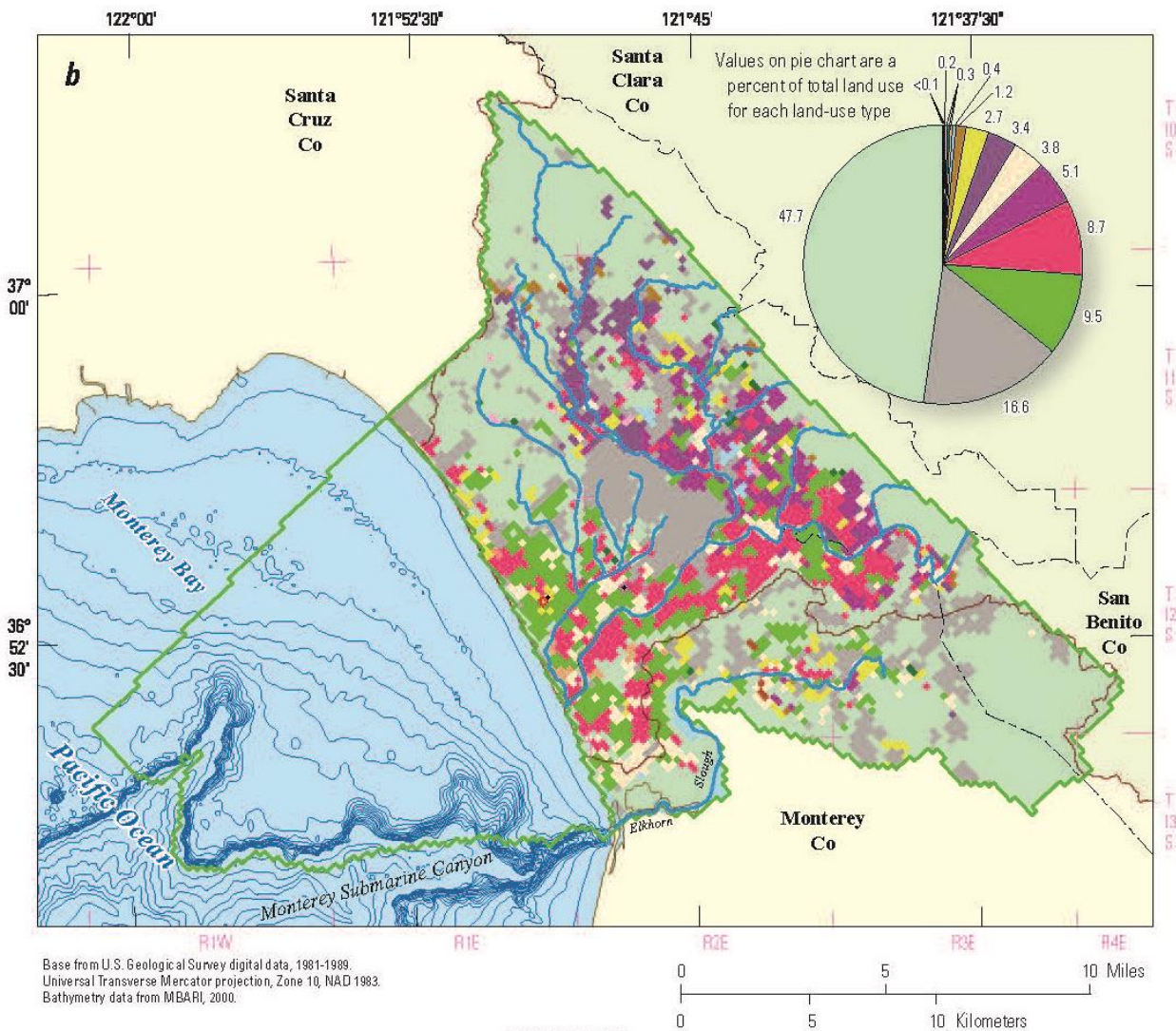
Farm

Year Wells (CIR%)

1963 → 130 (2%)

2009 → 908 (20%)

Increase in Pumping Capacity → 84% in 46 years



EXPLANATION

Model cell crop land use, 2009 (Modified from California Department of Water Resources, 2000; Pajaro Valley Water Management Agency, written commun., 2009)

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Native Vegetation/Riparian | Vines (bushberries, grape, etc) |
| Turf (Urban) | Artichokes |
| Vegetable Row Crops (Truck crops) | Subtropical |
| Strawberry | Pasture |
| Deciduous (Orchards) | Irrigated Row and Field Crops |
| Fallow | Field crops |
| Raspberries/Blackberries/Blueberries | Cropland and pasture |
| Nurseries | Semi-agriculture |
| Non-irrigated crops | Grains (Field Crops) |

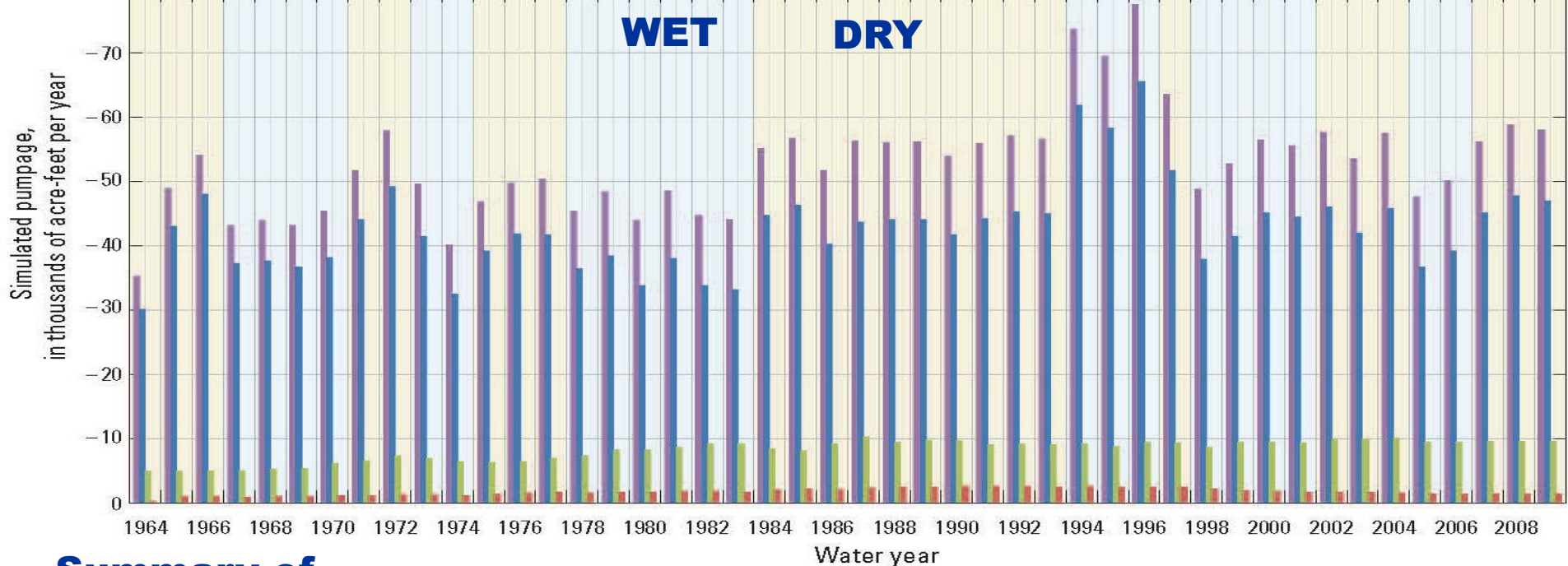
- Pajaro River watershed
- Outside Pajaro River watershed

- Model grid boundary
- River or streams
- Bathymetry contours
- ASR
- ASR recovery well
- Supplemental well/blend well

Modified from Hanson *et al.*, 2013

Distribucion de agricola y vegetacion naturales





Summary of Temporal distribution of Pumpage

EXPLANATION

Simulated Pumpage within PVHM Model, Pajaro Valley, California

- Total pumpage
- Agricultural
- Public supply
- Rural residential

- Cambio de bombeo simulado entre 1997 (año seco) and 1998 (año mojado) alrededor de 26% es el mismo de informo de cambio de años más recientes (18% entre 2004-05) y otra lugares de costas como Oxnard Plain, Ventura
- 1997 bombeo agrícola simulada 18% > 2004-08 promedio bombeo (44,200 acre-ft/yr)
- 1998 bombeo agrícola simulada 13% < 2004-08 promedio bombeo
- 1,500 acre-ft/yr overall bombeo agrícola menor entre la región de PVWMA desde el año 1984-97 el más grande desde ~45,700 acre-ft/yr a ~44,200 acre-ft/year (2004-08)
- Cambios de uso de la tierra hacia cultivos más eficiente crecido, menos de vegetales desde 12 a 9% uso de la tierra, and menor huertos en los últimos años desde ~7 a ~3.5% de total uso de la tierra.



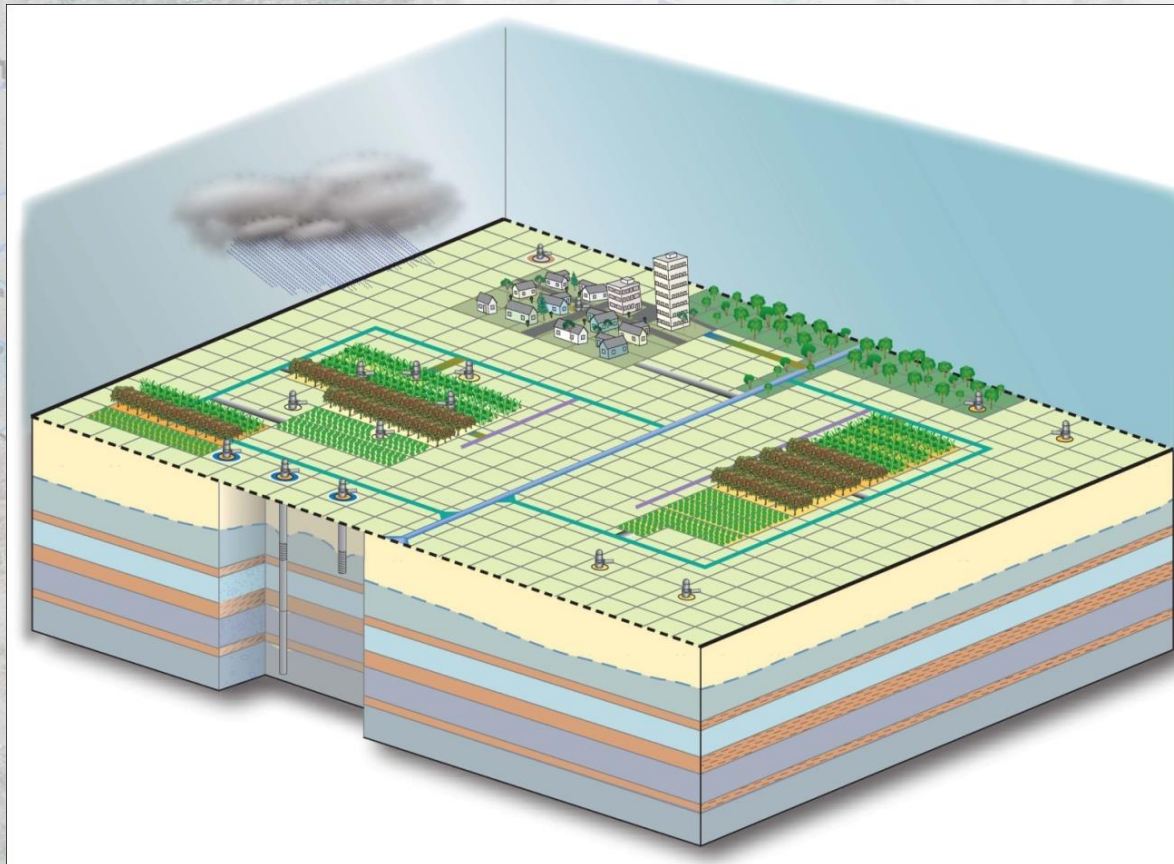
Mi Presentacion Hoy

Descripción del problema de abastecimiento de agua

- **Resumen de la metodología del modelo y de modelado**
- **Descripción de Gestión de la Cuenca y Plan de Recarga Artificial**
- **Resumen de Simulación de Recarga Artificial / Reuso de Agua**
- **Resumen de la Futura Proyección con Recarga y Reuso**

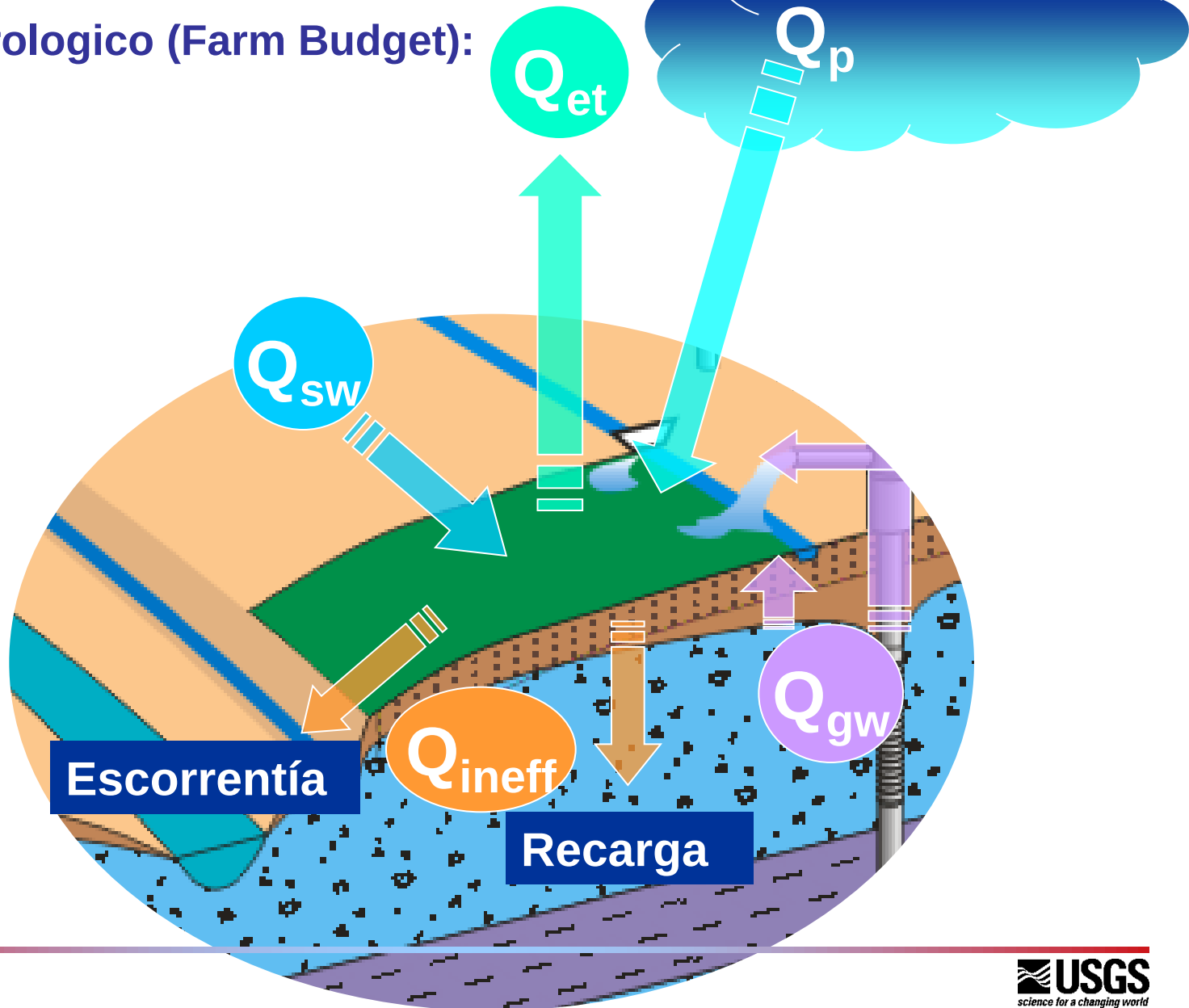
¿Por qué utilizar un Integrado Modelo Hidrológico → Modflow con El Proceso de Granja (MF-FMP) ?

- (1) Integrado Modelo Hidrológico
→ conexión entre Usos Naturales y Humanos y Movimiento del Agua
- (2) FMP's Misión → Simulación
Todo el agua– Todo del vez–
en todas partes en la
Simulación de la hidrosfera
- (3) Directamente simular la
componentes de la oferta y la
demanda y intercambios del
uso conjunto

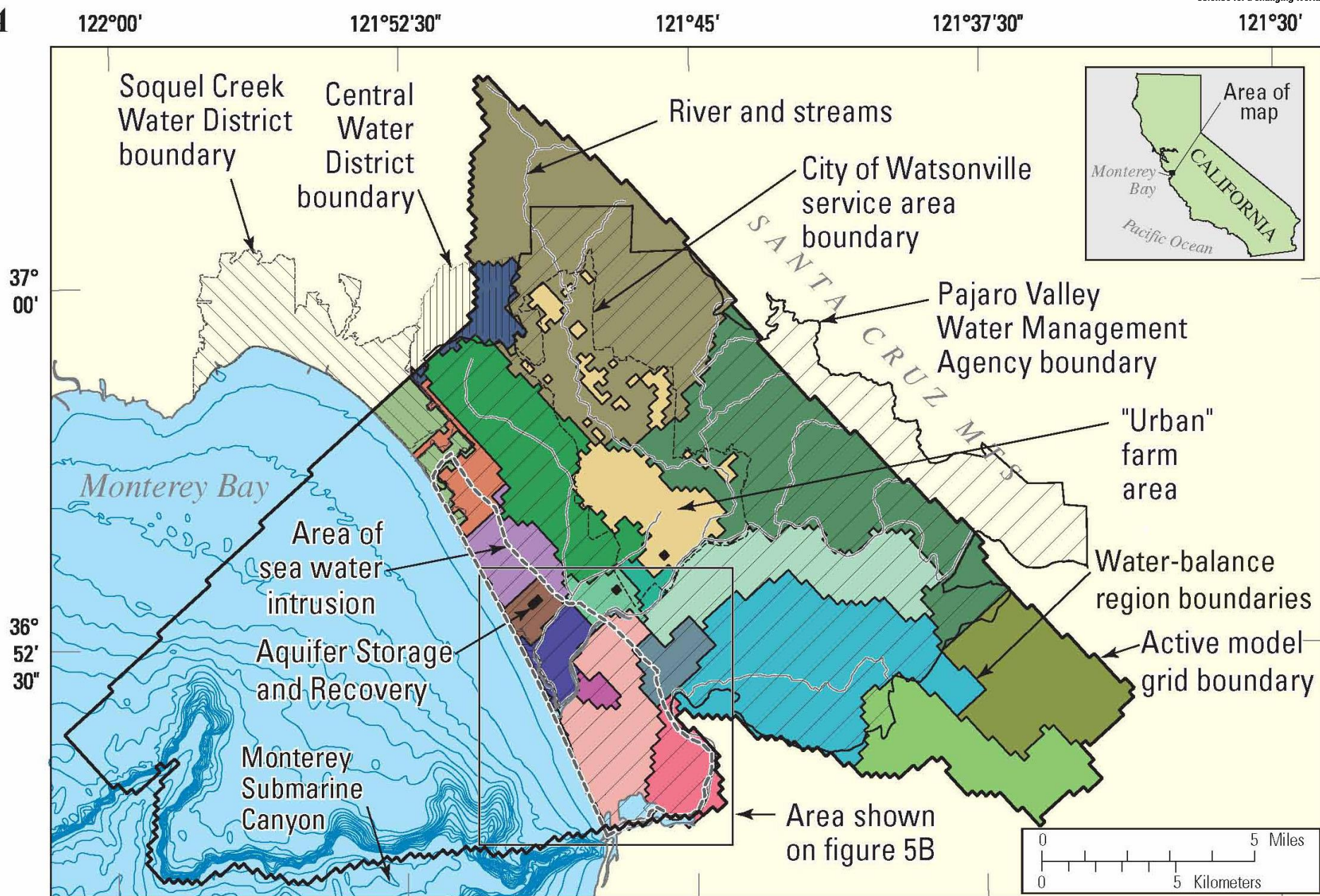


Simulación del uso y circulación de agua a través de
el paisaje, de aguas superficiales, y las aguas subterráneas

Balance Hidrológico (Farm Budget):



El Valle de Pajaro subdivide entre grupos de regiones para balance
hidrológicos de aguas subteraneas de modelos→ Análisis balance
hidrológico de zonas seperados y del Valle total

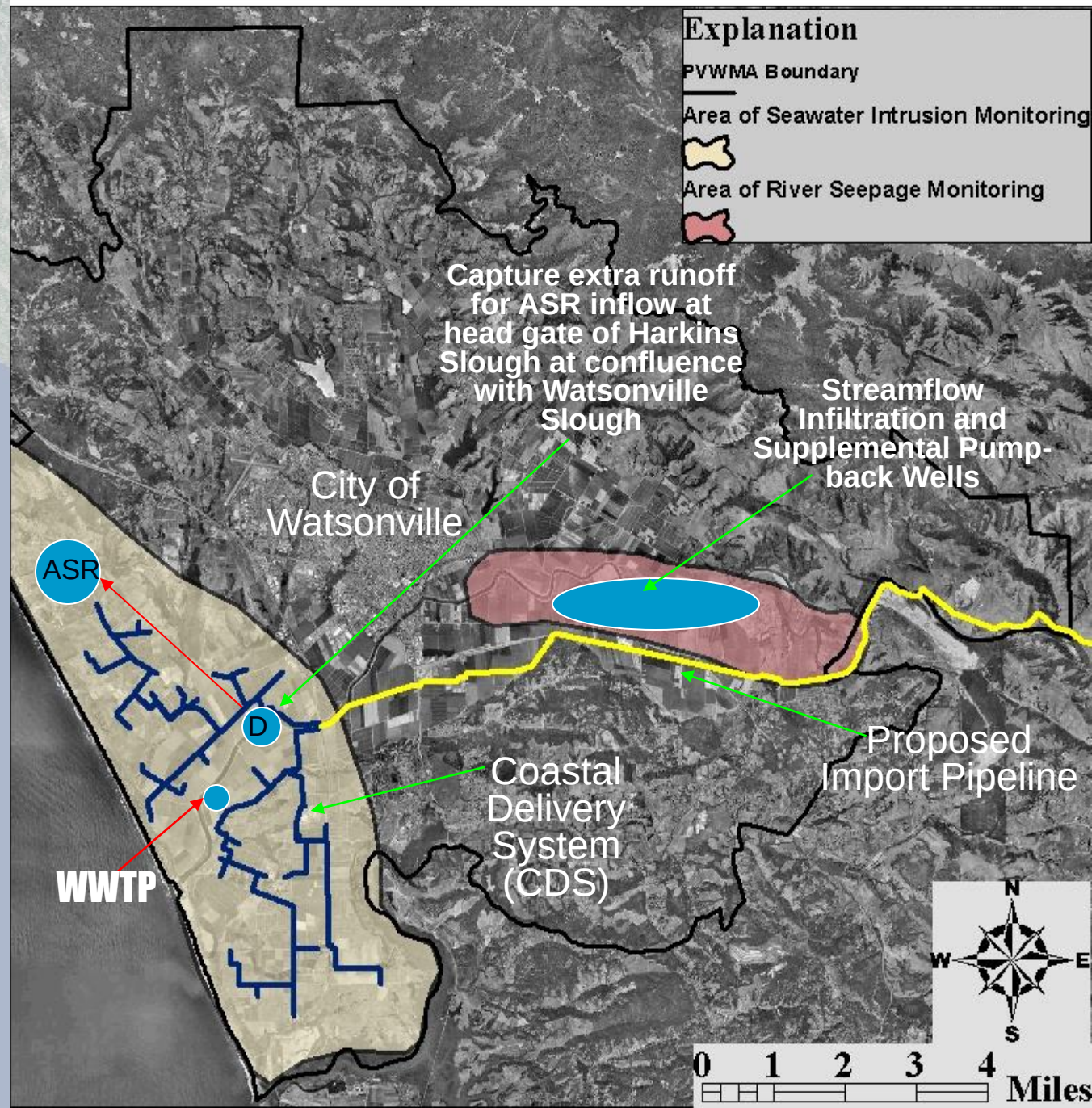




Mi Presentacion Hoy

- **Descripción del problema de abastecimiento de agua**
- **Resumen de la metodología del modelo y de modelado**
- **Descripción de Gestión de la Cuenca y Plan de Recarga Artificial**
- **Resumen de Simulación de Recarga Artificial / Reuso de Agua**
- **Resumen de la Futura Proyección con Recarga y Reuso**

El Sistema de entrega en la costa (CDS) de proyecto BMP



Developed Scheme for integrating Harkins Slough Diversion/ASR and CDS within FMP/SFR simulation in PVMF2K

Split CDS into pieces that are aligned with New Water-Balance Subregions

+/- CDS

Other Districts

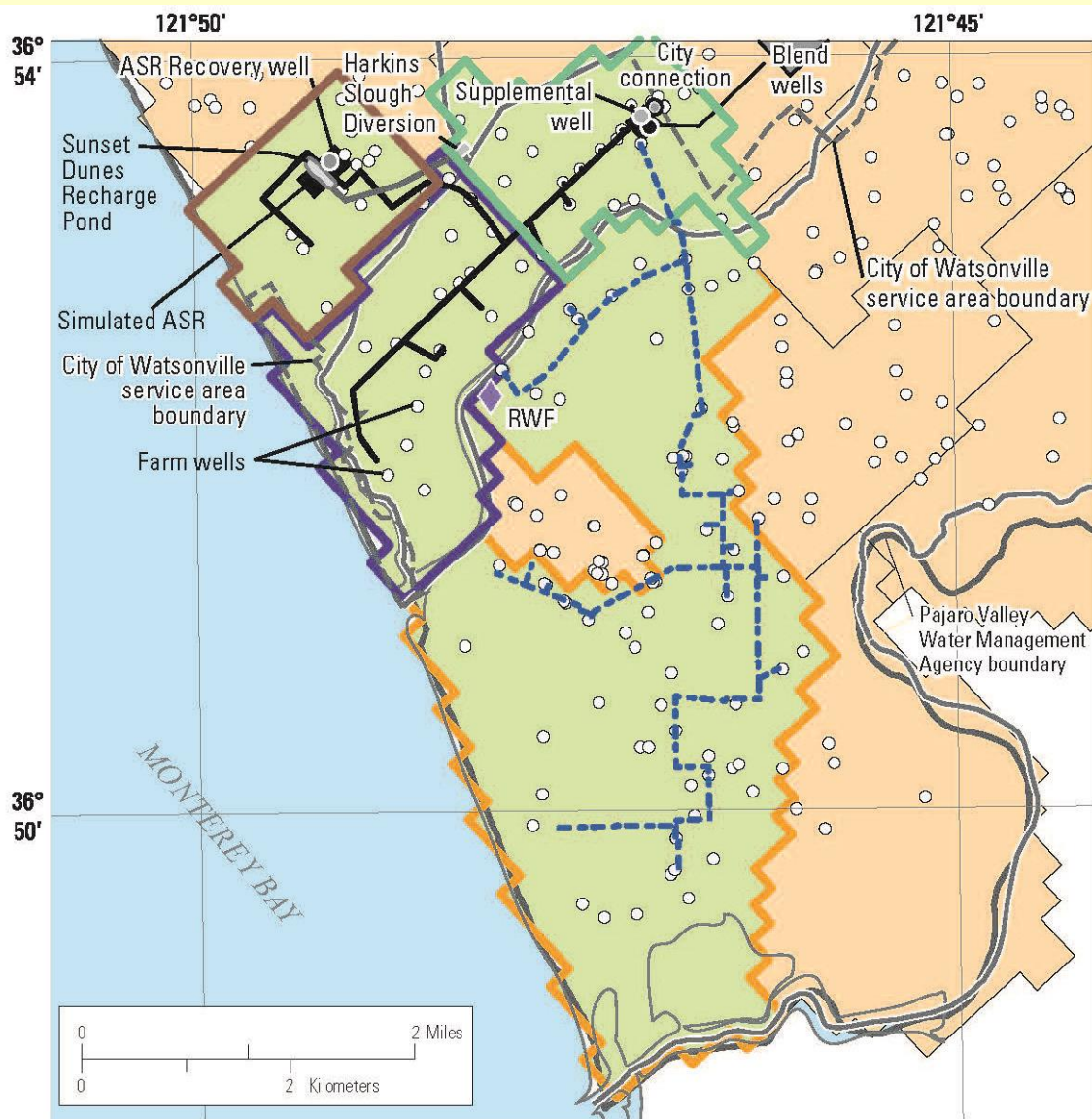
El Sitio de Recarga Artificial





Mi Presentacion Hoy

- **Descripción del problema de abastecimiento de agua**
- **Resumen de la metodología del modelo y de modelado**
- **Descripción de Gestión de la Cuenca y Plan de Recarga Artificial**
- **Resumen de Simulación de Recarga Artificial / Reuso de Agua**
- **Resumen de la Futura Proyección con Recarga y Reuso**



Modified from Hanson and others, 2010

EXPLANATION

- Coastal region with CDS connection
- Coastal region without CDS connection

- Water-balance subregions (delivery years)
- WBS-8 (2002-2006)
- WBS-16 (2005-2006)
- WBS-17 (2004-2006)
- WBS-9 (2009)

- Original CDS (2002-2008)
- Additional CDS (2009)
- Rivers
- Recycled water facility (2009)

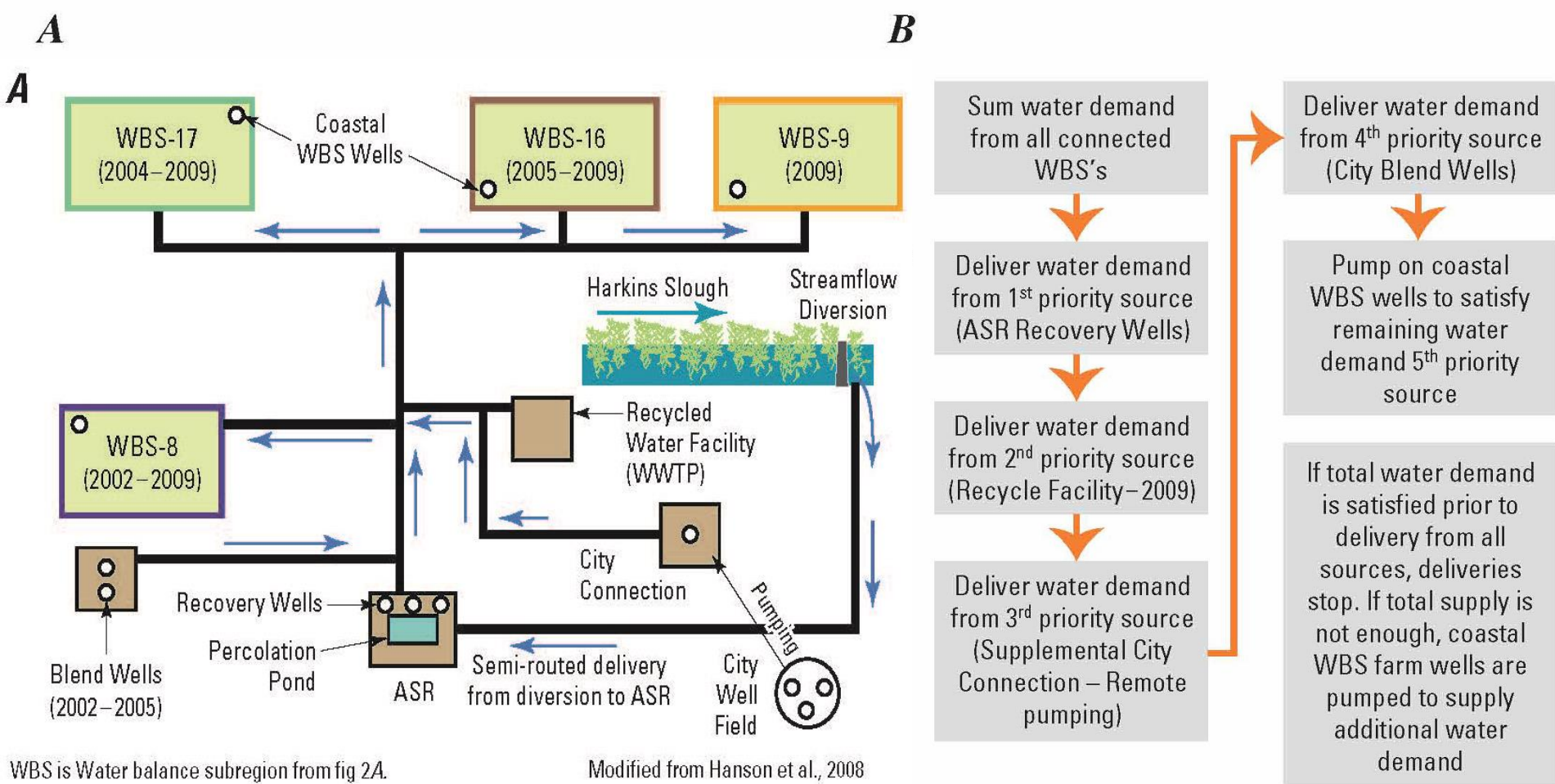
Pajaro Valley Hydrologic Model (PVHM)

Close-up view of coastal region with the coastal distribution system (CDS), Aquifer Storage-and-Recovery System (ASR), recycled water treatment plant (RWTP), & supplemental groundwater supplies (well/city connection) used to analyze conjunctive use & alternative supplies in Pajaro Valley, California →

- (1) Redesign, Identify, & Agree on components of Basin Management Plan
- (2) Perform Sustainability Analysis for BMP using 34-year Base-case Projection with new projects
- (3) Fine-tune BMP with Optimization Analysis

Los Sistemas Coastal de ASR y CDS

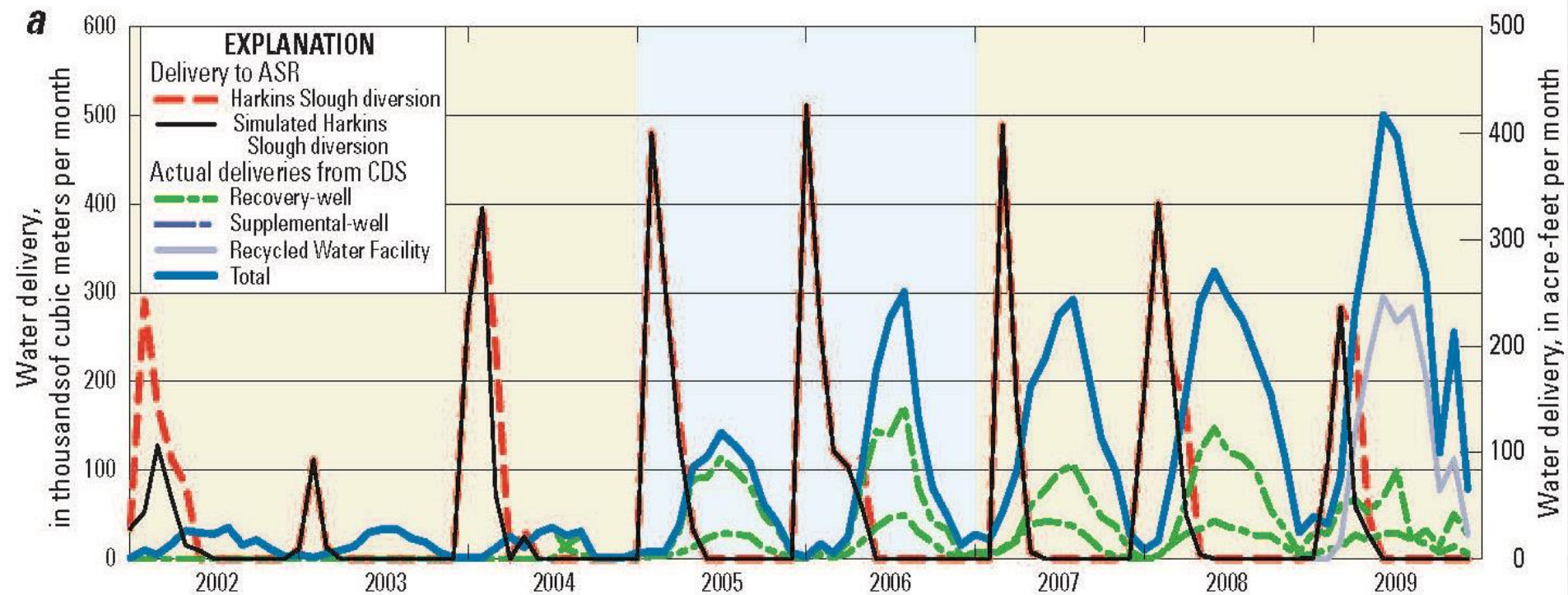
Simulación de ASR y CDS Proyectos en el Modelo



WBS-8 Pajaro River Mouth WBS-16 San Andreas
WBS-9 Springfield Terrace WBS-17 Beach Road

Modified from Hanson et al., 2008

Diagrama que muestra (A) estructura de las entregas locales y (B) la jerarquía de la orden de funcionamiento de la ASR and CDS las entregas como parte de la simulación del uso conjunto por Modflow con El Proceso de Granja (MF-FMP) enter el Valle de Pajaro Valley, California. (modified from Hanson et al. 2008).



Las entregas de Harkins Slough → 4.3 Million m³ (3,470 af) → Tiene una derecha para dividir 2,000 afy

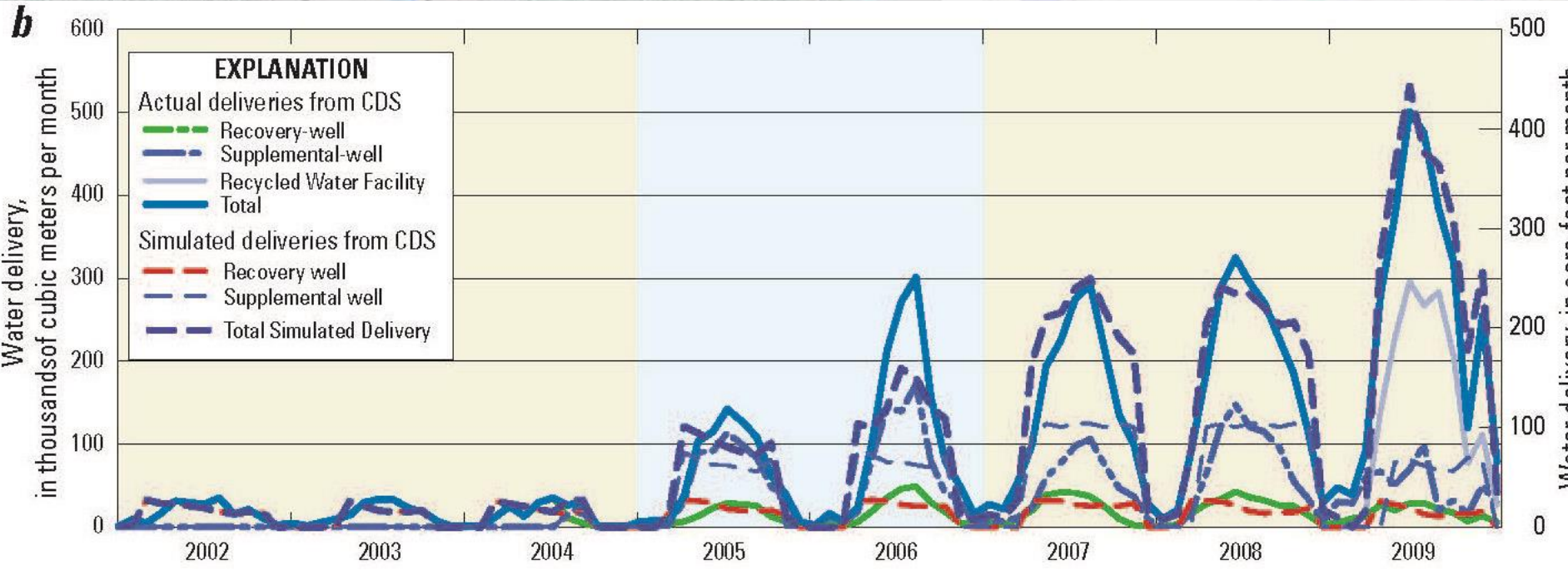
ASR → CDS entregas → 2.6 Million m³ (2,100 ac-ft) → 61% de agua total entrega desde el ASR

CSD Capacidad potencial → 8.8 million m³ (7,150 af) → Hasta 16% de 54.6 million m³ (44,230 acre-ft) bombeo de agrícola 2004-08

ASR entregas → 21% de agua recarga y 35% de entregas de CDS

Lo hace recarga local con el operación del ASR

Comparación de los componentes de entregas Declaradas y Simulación de CDS



Rendimiento de los Componentes de ASR and CDS

Gráficos que muestran:

(A) la distribución temporal de los aguas superficiales limitada oferta y las entregas declaradas.

(B) Demanda desde los múltiples

Granjas que necesita entregas de agua en la simulación de ASR y CDS esta parte del simulación de uso conjunto por MODFLOW con el Proceso de Granja entre el Valle de Pajaro, California.



Mi Presentacion Hoy

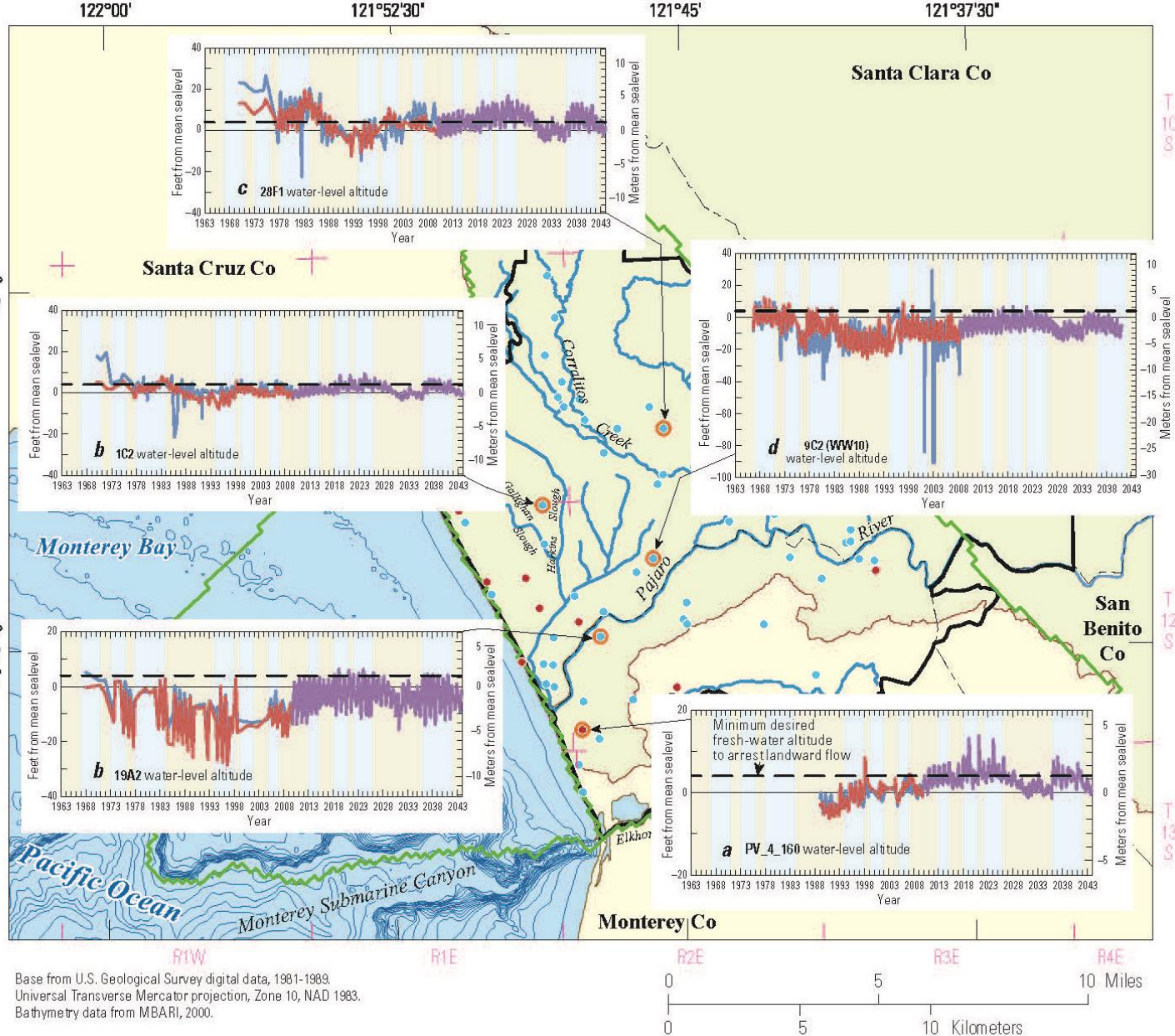
- **Descripción del problema de abastecimiento de agua**
- **Resumen de la metodología del modelo y de modelado**
- **Descripción de Gestión de la Cuenca y Plan de Recarga Artificial**
- **Resumen de Simulación de Recarga Artificial / Reuso de Agua**
- **Resumen de la Futura Proyección con Recarga y Reuso**

Caso Base Escenario: Objetivo

Determinar la Balance Hydrologico de la cuenca (la sobreexplotación) con una simulación por la futura, solamente con los proyectos de la Agencia que existen en la actualidad ahora

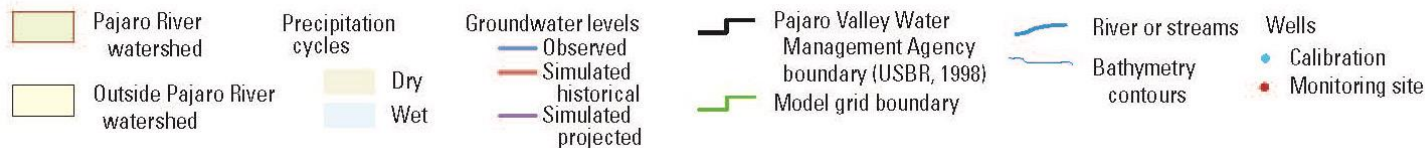
Caso Base Escenario: Supuestos

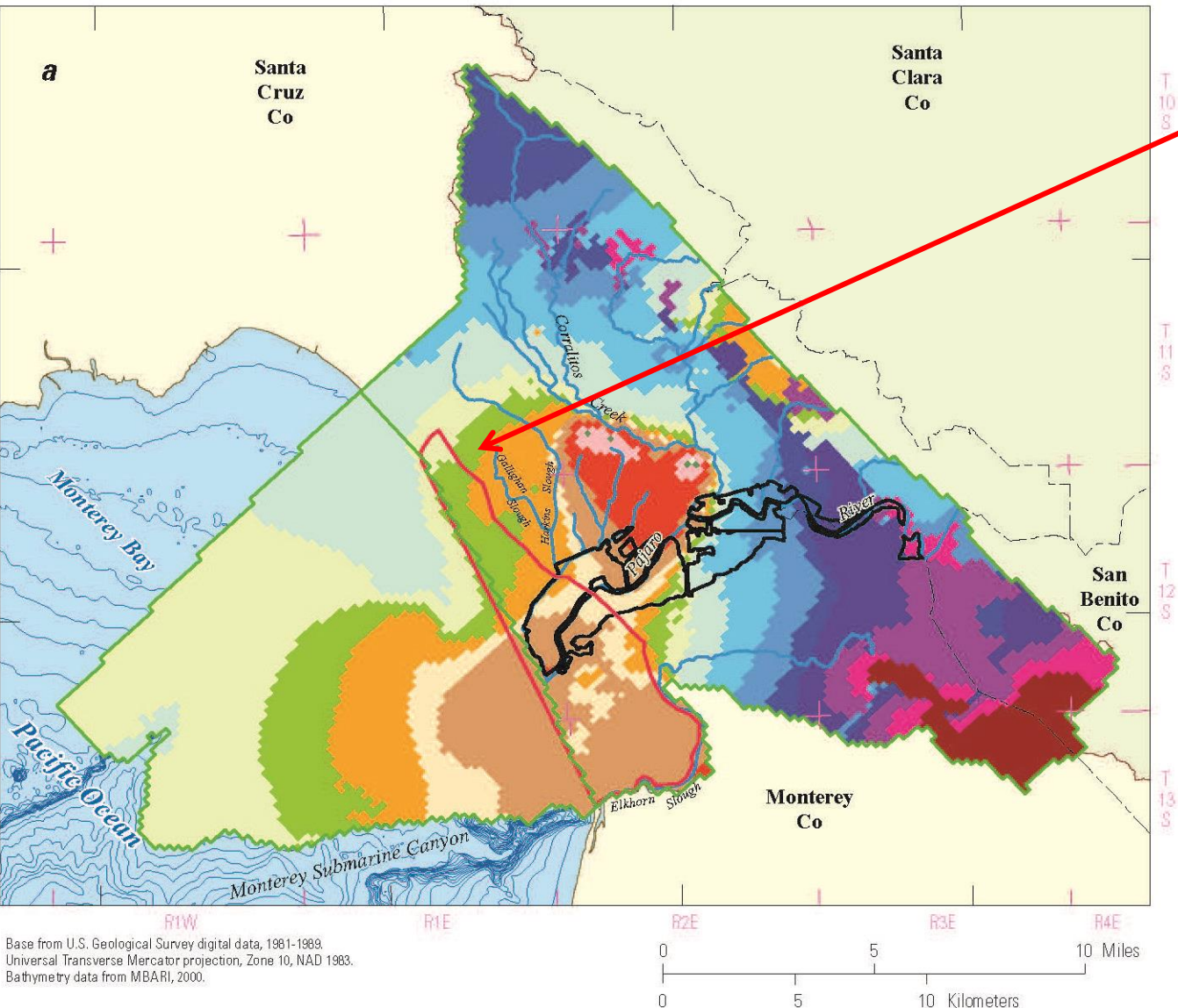
- Entregas con CDS hasta 7,150 afy.
- Uso de la tierra (agrícola y urbano) no cambio (uso 2009)
- El bombeo de Municipal & residencial rurales no cambio (uso 2009)
- Las variaciones en las condiciones climáticas locales para el proximo 34 años será similar a los últimos 34 años.



Base from U.S. Geological Survey digital data, 1981-1989.
 Universal Transverse Mercator projection, Zone 10, NAD 1983.
 Bathymetry data from MBARI, 2000.

EXPLANATION

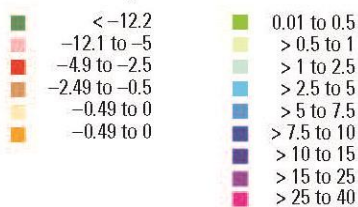




La mayor parte de la zona de intrusión y la región de la ciudad hacia el interior está todavía por debajo del nivel del mar y por debajo del nivel de agua dulce equivalente a 1.3 metros sobre el nivel del mar necesaria para prevenir la intrusión de agua de mar

EXPLANATION

Water level, in feet below land surface



Model grid boundary

River or streams

Bathymetry contours

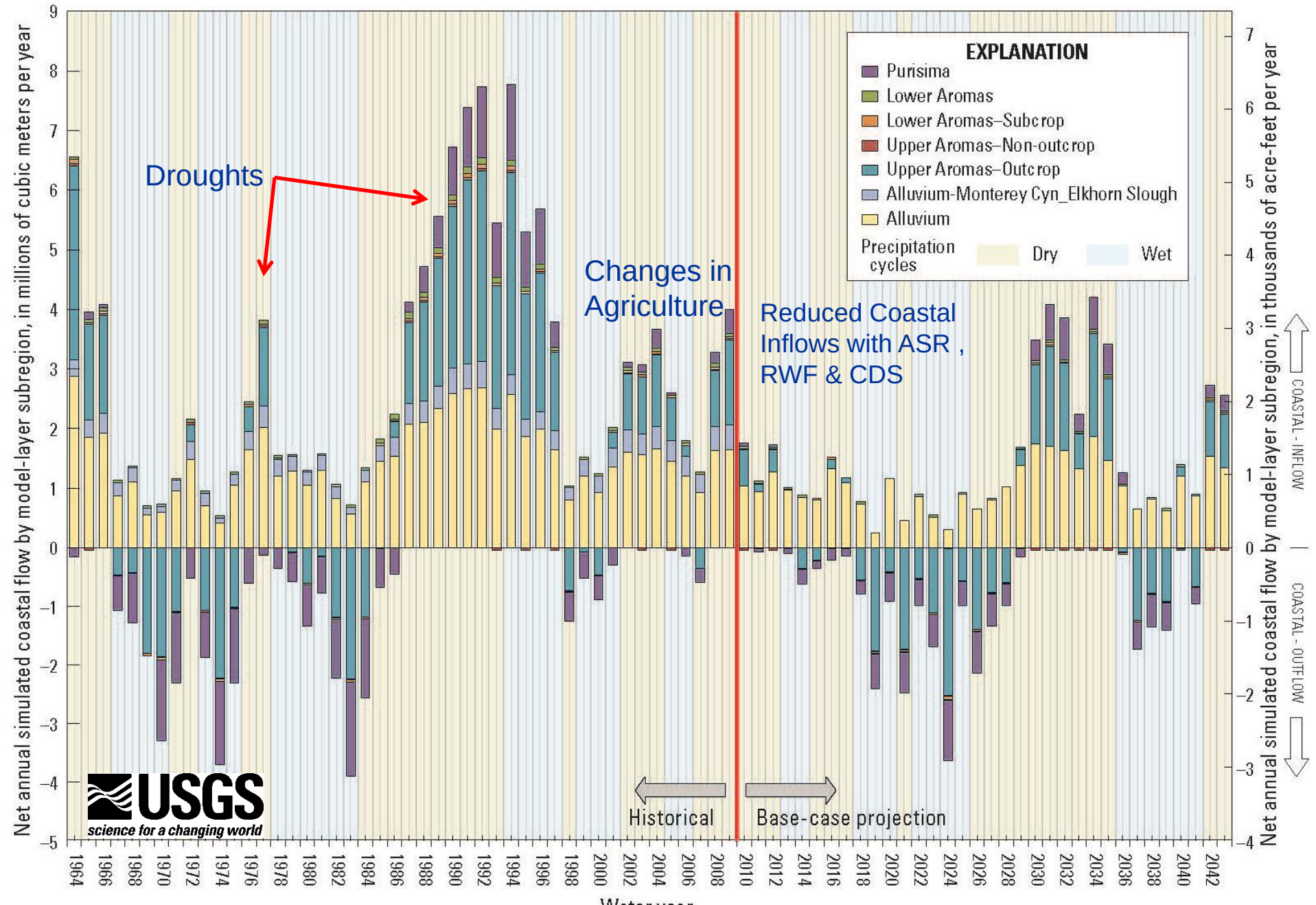
Pajaro River watershed

Outside Pajaro River watershed

Suspected tile drain areas

Sea water intrusion (Lear, 2001)

Historical (46 yrs) y Futura (34 yrs) Simulación de Flujos entre La Costa



Caso Base Escenario: Resultados

- Los proyectos existentes se reducen de intrusión del mar en un 45%, pero no un cese. La intrusión de agua del mar es de 55% de recuperación de almacenamiento en las regiones de CDS.
- Algunos de recarga en años húmedos y sobregiros en años secos → la variabilidad del clima es importante!!!
- Los proyectos existentes reemplazar el 55% de bombeo costera
- MAR y ASR pueden capturar y utilizar la escorrentía local para reducir la sobreexplotación
- Otras fuentes de agua, como el Tile-drenaje y escurrimiento de irrigación también se pueden capturar y volver a utilizar, junto con el reciclaje de agua municipal tratadas
- Déficit promedio es de ~ 10,000 acre-ft por año para el futuro período de simulación de proyección Base-Case.

Que Representa sobreexplotacion

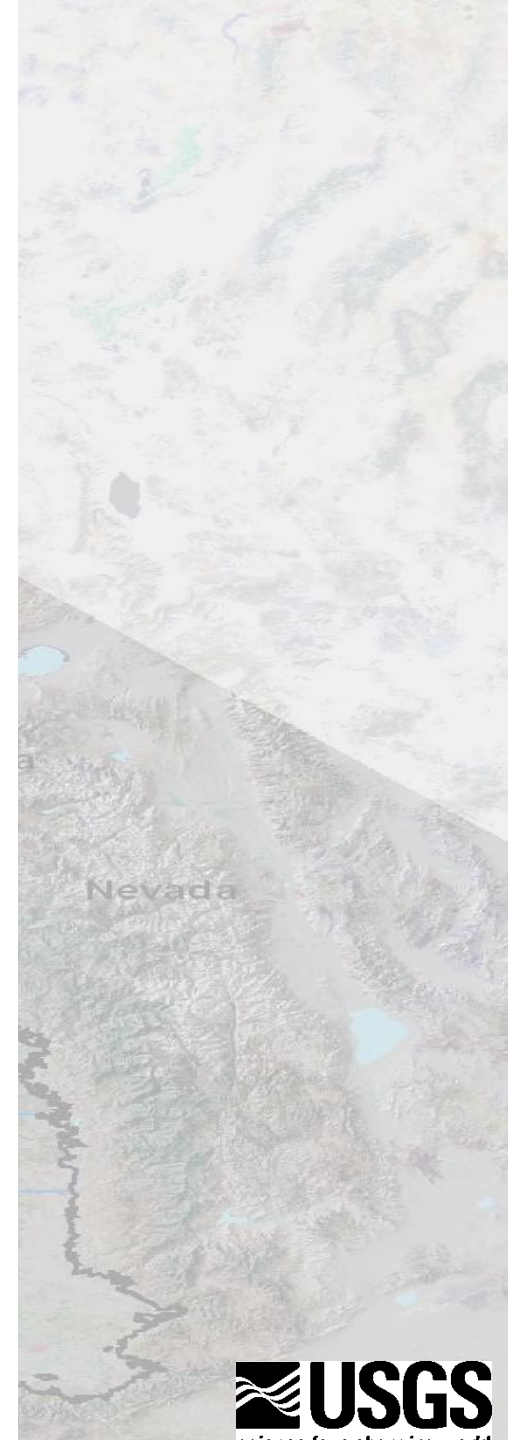
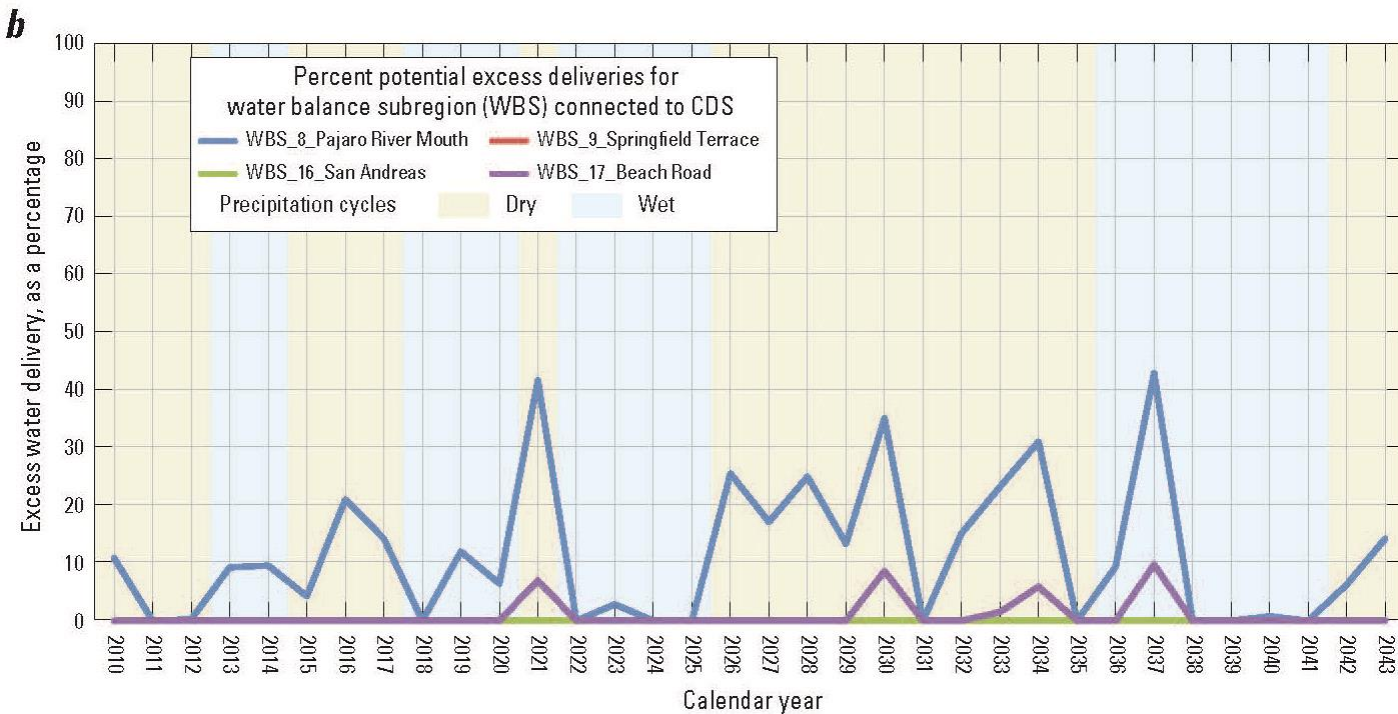
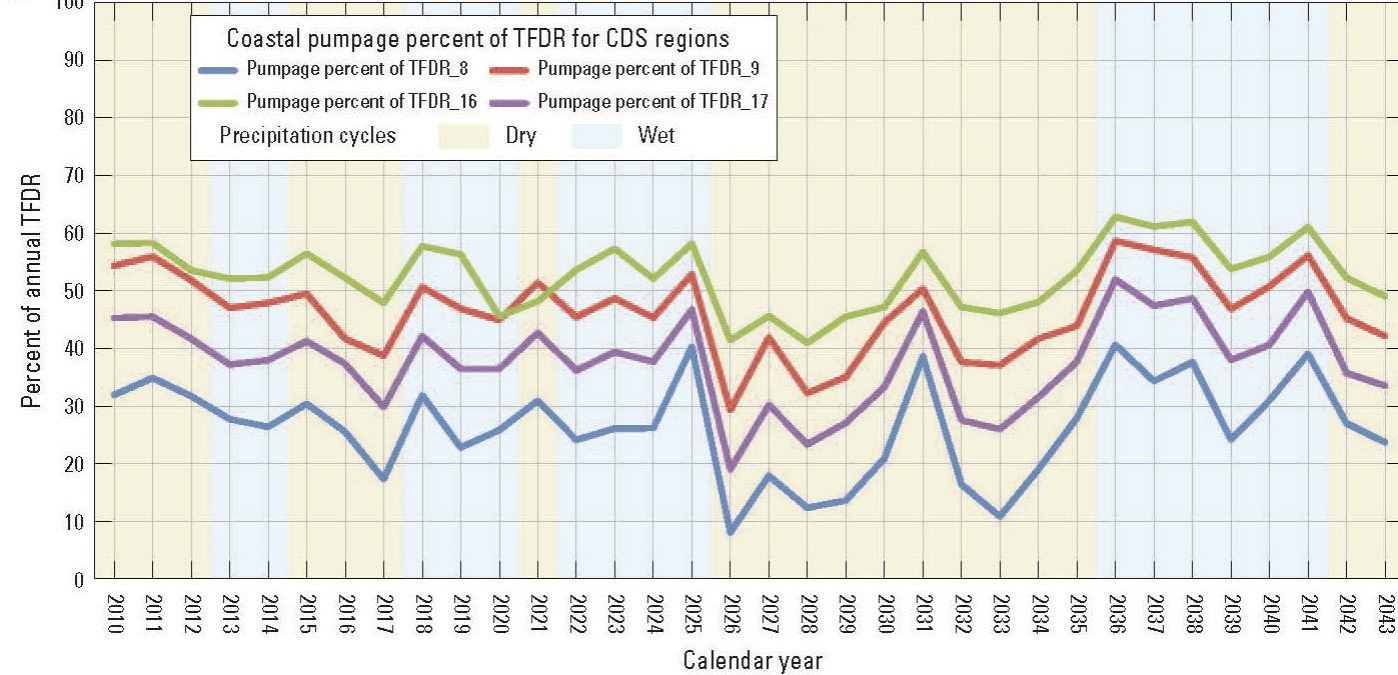
- Estimar el volumen de los suministros de agua adicionales que se necesitan para equilibrar el presupuesto del agua. (No incluye el extra necesario para recuperar la cuenca!)
- Déficit promedio de 10,000 con entregas de proyectos de 7,150 acre-ft
- Déficit más agua suministrada es comparable a los suministros necesarios según lo declarado por las BMP 18,500 acre-ft de alimentación adicional total de 2002.
- Otros proyectos locales MAR son considerados y PVHM modelo y MF-FMP código se pueden utilizar para analizar los efectos y optimizar las entregas de múltiples fuentes

CONCLUSION → MODFLOW con el Proceso de Granja (MF-FMP) hace simulación de ASR y CDS simulación de ASR y CDS and Analsis de Uso Conjunto con la Recarga Artificial Aquiferos (ASR) y Reuso de Agua (RWF) para Reducir Bombeo cerca de la Costa y hace mas Sostenibilidad

Gracias por su atención
Preguntas o comentarios?

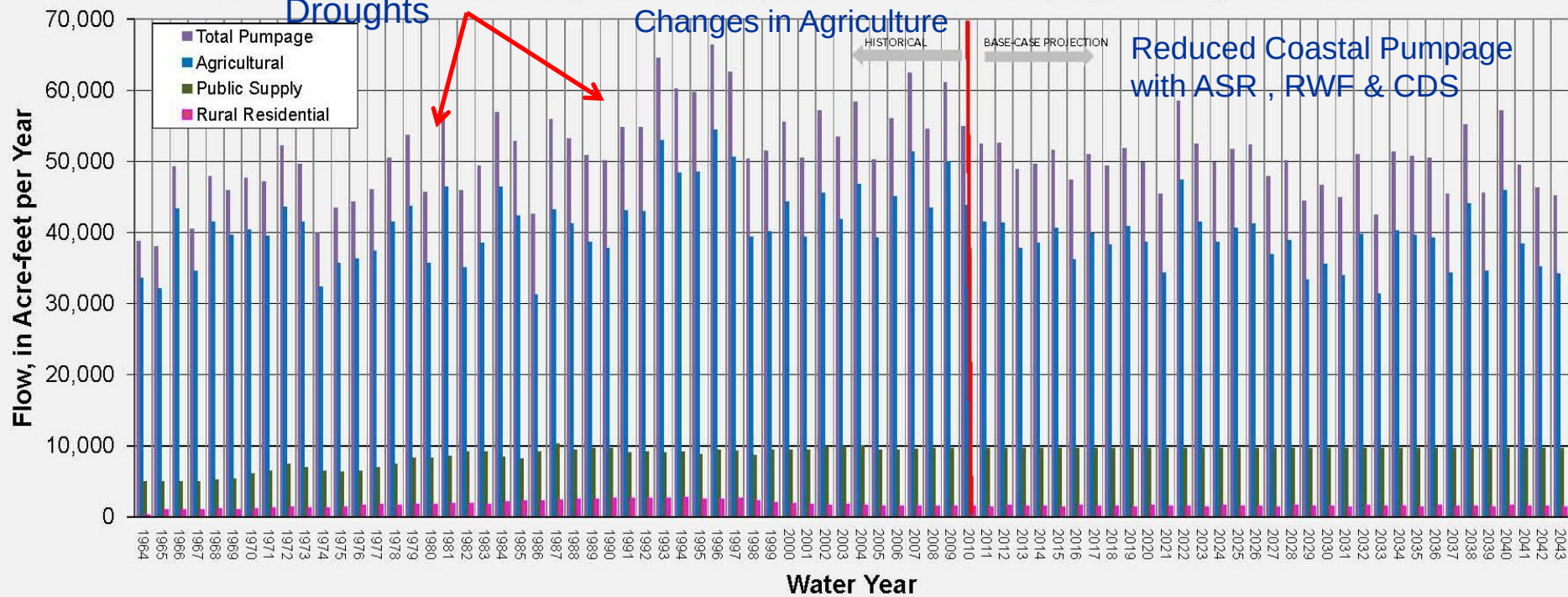
CONJUNCTIVE USE → GROUND-WATER SUSTAINABILITY = STRAWBERRY FIELDS FOREVER ??



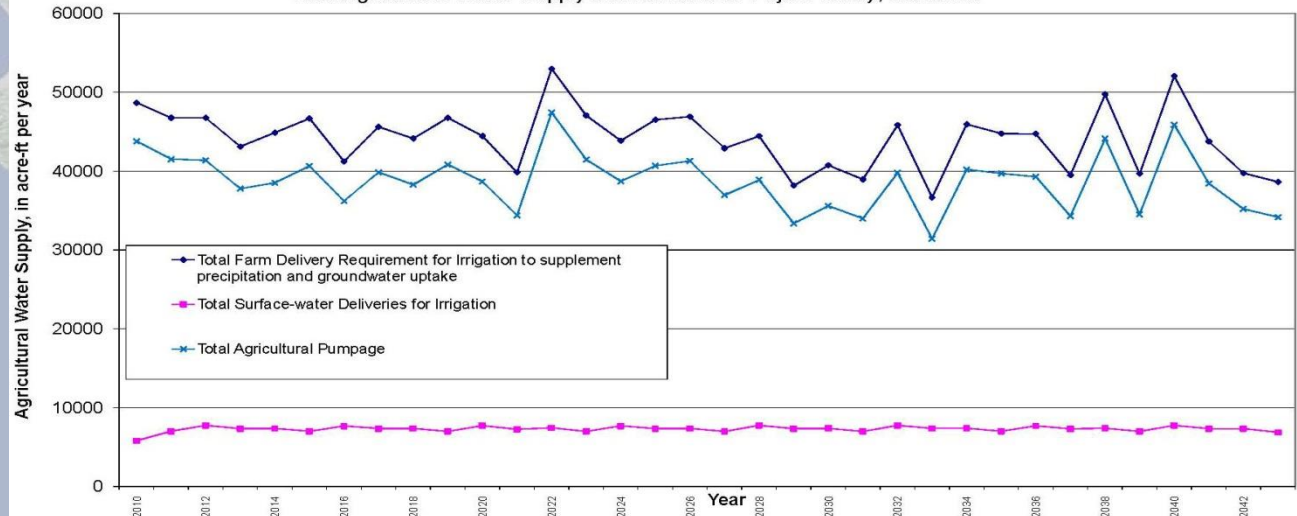


Historical (46 yrs) y Futura (34 yrs) Simulacion de Bombeo

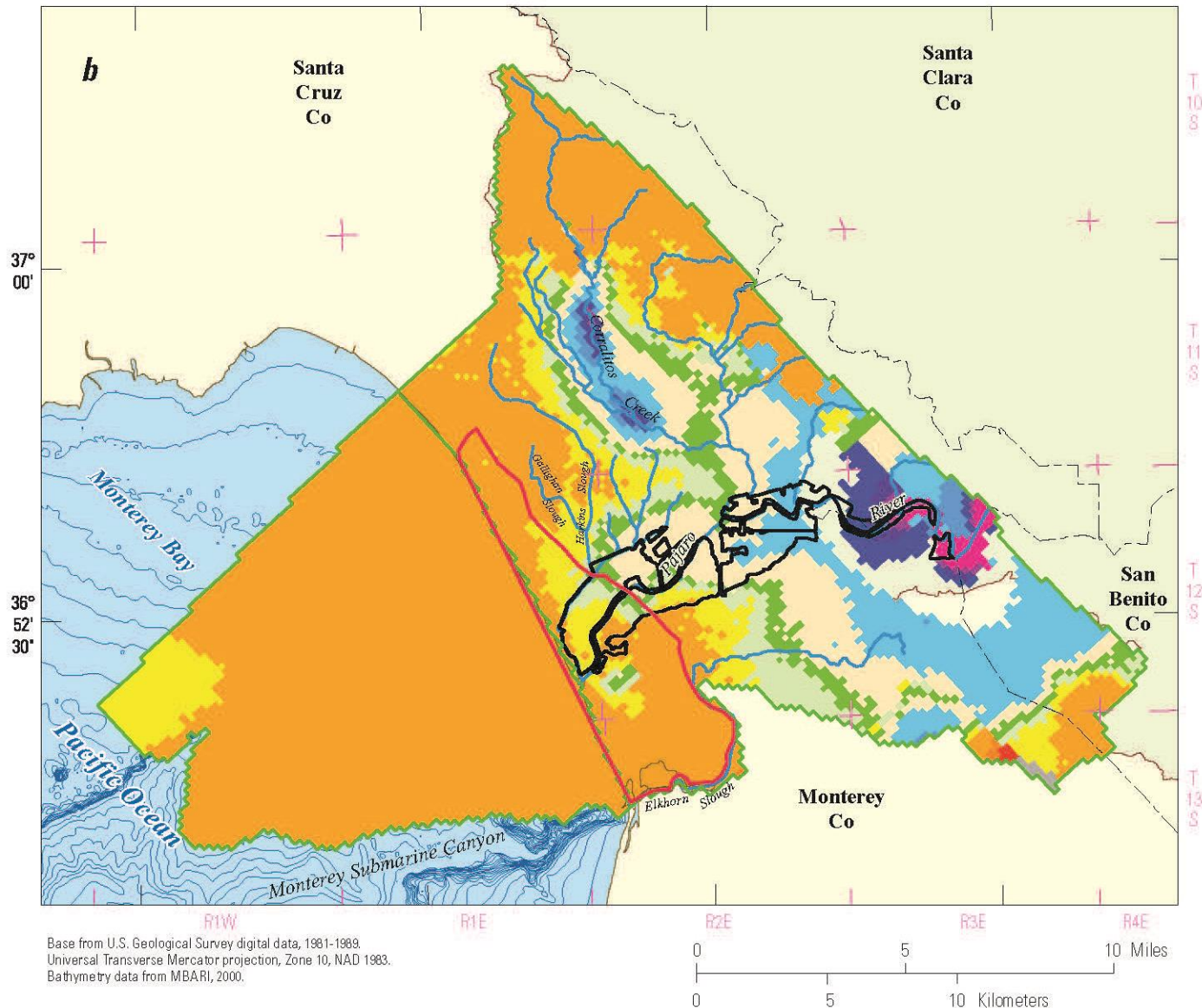
Simulated Historical and Projected Pumpage within PVHM Model, Pajaro Valley, California



Total Agricultural Water-Supply and Demand for Pajaro Valley, California



El Proceso de
Granja hace
Proyecciones de
Demanda Total
para agua de
Irrigacion



EXPLANATION

Pajaro River watershed

Outside Pajaro River watershed

Suspected tile drain areas

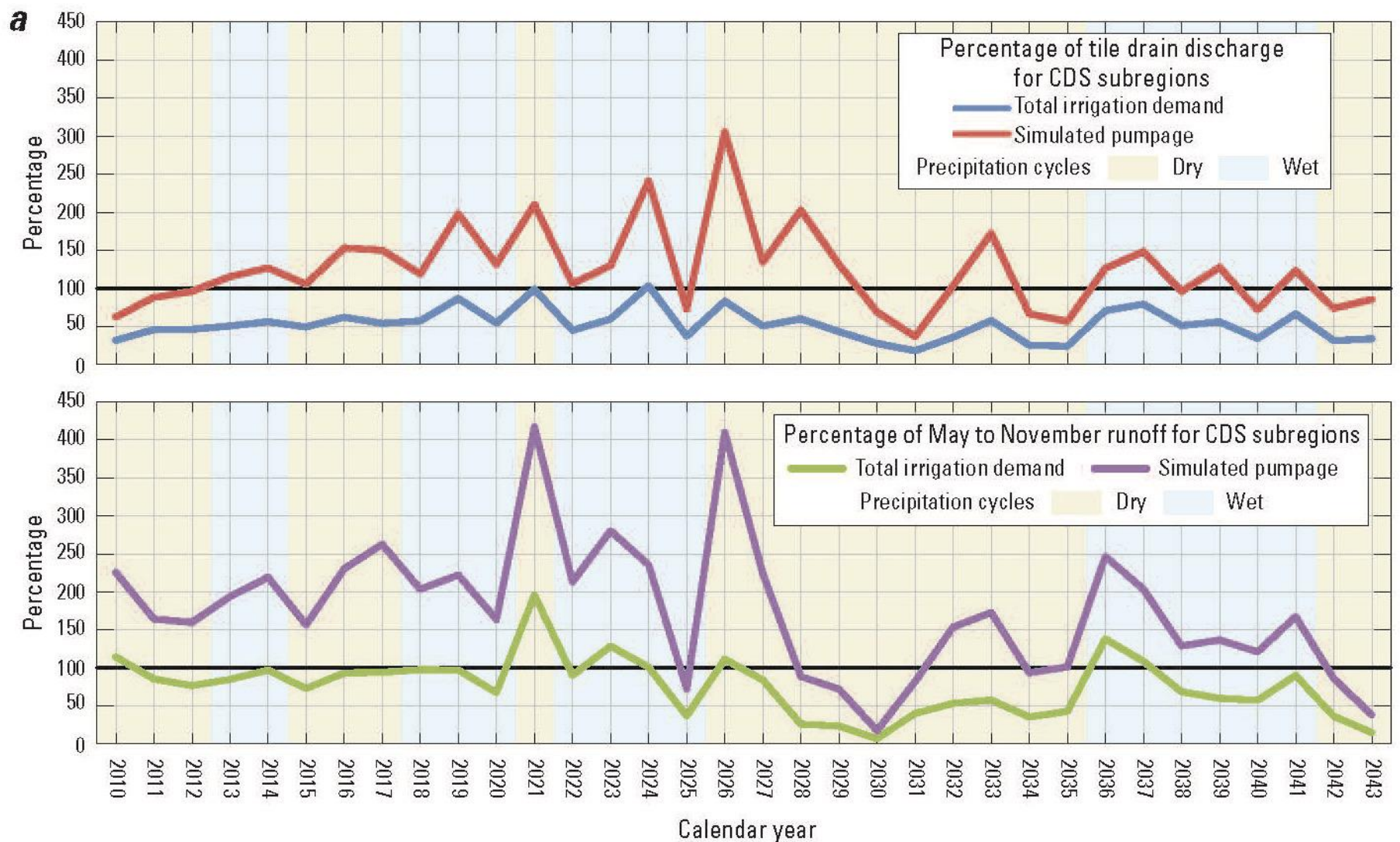
Sea water intrusion (Lear, 2001)

Groundwater-level change, in feet	
Water-level recovery	Water-level decline
< -10	0.01 to 0.5
-9.9 to -5	> 0.5 to 1
-4.9 to -2.5	> 1 to 2.5
-2.49 to -0.5	> 2.5 to 5
-0.49 to 0	> 5 to 10
	> 10 to 15
	> 15 to 20

Model grid boundary

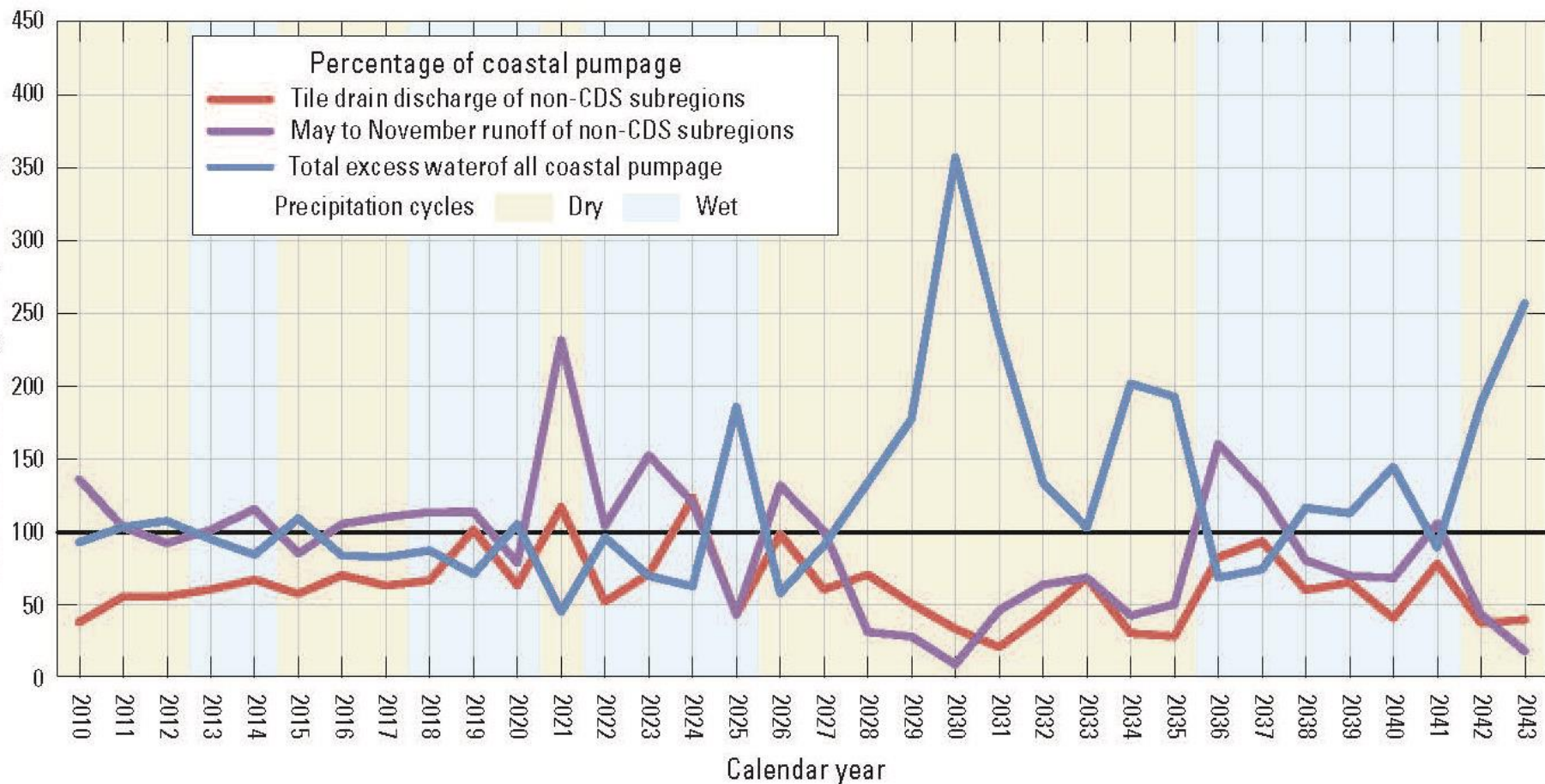
River or streams

Bathymetry contours



b

Excess water delivery, as a percentage





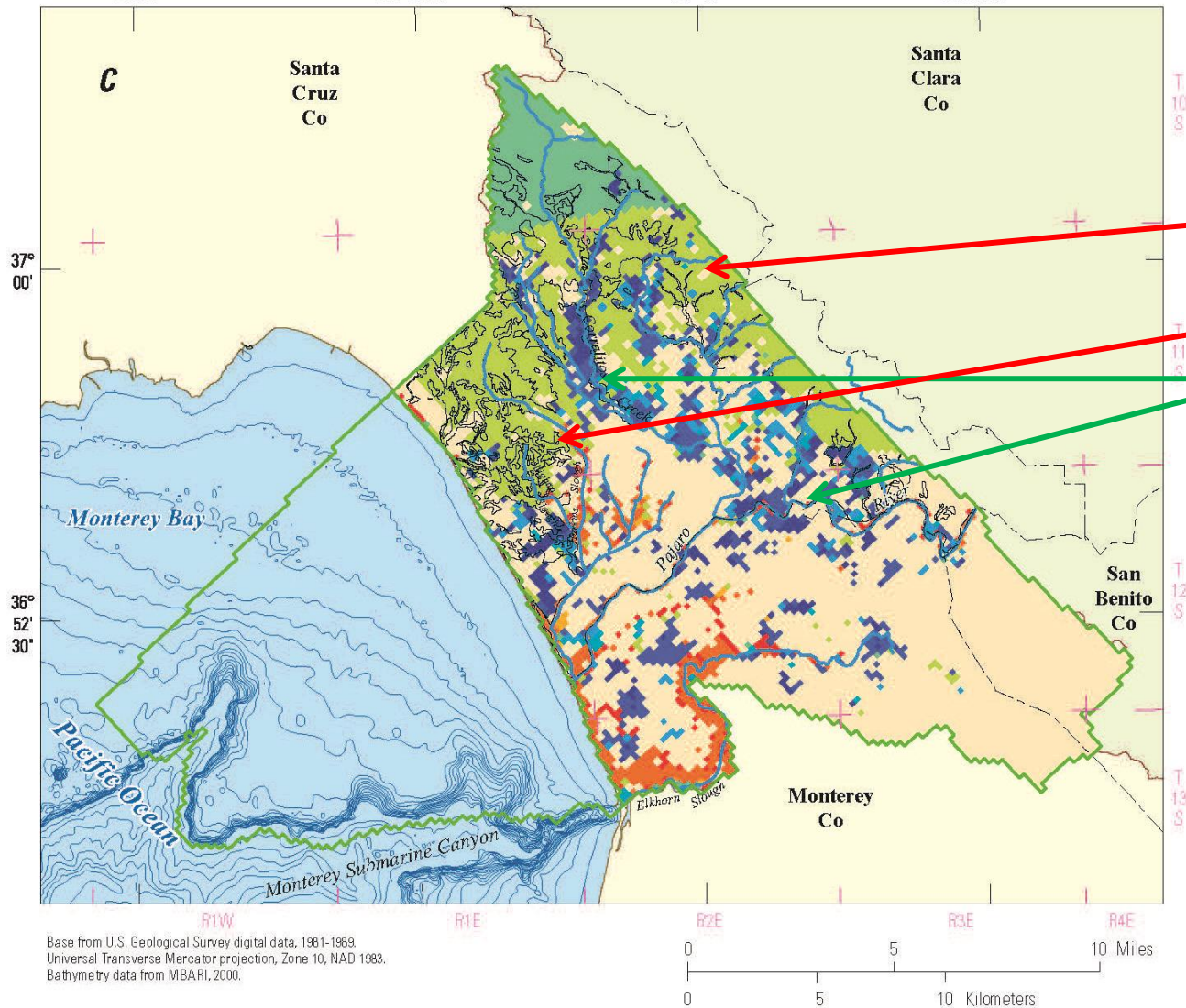
Mi Presentacion Hoy

- **Descripción del problema de abastecimiento de agua**
- **Resumen de la metodología del modelo y de modelado**
- **Descripción de Gestión de la Cuenca y Plan de Recarga Artificial**
- **Resumen de Simulación de Recarga Artificial / Reuso de Agua**
- **Resumen de la Futura Proyección con Recarga y Reuso**
- **Posibles aplicaciones futuras del modelo y las limitaciones**

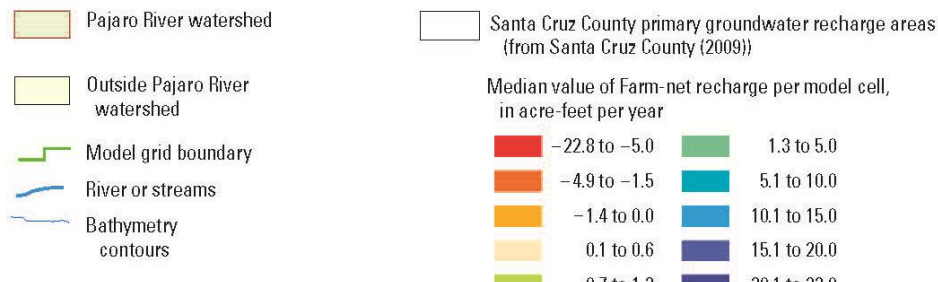
Trabajo Futura

- Desarrollo de Gestión de agua escenarios para simulaciones para estimacion de BMP processo.
- BMP Uso Conjunto Reanalysis → Incluir otras proyectos para mas entregas (No Entregas External de la Cuenca!)
 - Surface Storage → College Lake, other Sloughs
 - Relocation of Pumpage → Back-basin supplemental wells
 - More ASRs → above Murphys Crossings, Local Managed Recharge on each Farm
 - Additional RWF deliveries → Sloughs or ASRs
 - Additional Winter Streamflow Diversions for Municipal Supplies
- Analisis de sostenibilidad con Optimizacion de Agricola and Municipal Usos de Aguas por MF-FMP y Groundwater Management Process (GWM)





EXPLANATION



Analyze additional MAR components

- Small MAR operations
- Local Reuse
- Additional Diversions of runoff



Other Potential Uses of PVHM

Climate Change Analysis of Coastal Watershed (USGS Climate Change Project)/Dynamical Downscaling (NASA Climate-In-A-Box) → include increased seawater intrusion and coastal flooding from sea-level rise of about 1 meter in 21st Century

Linkage to Watershed Precipitation-Runoff Model for better estimates of capturing local runoff from adjacent Mountains

Development of Remote Sensing Tools for Monthly Kc's, Land Use, and ETact (OBS) (USGS GWA Project with EROS)

Boundary Flows for Subregional Model (ASR-CDS subregion) and Harkins Slough-RWF Storage-ASR linkage

Linkage to adjacent Models to north and south of Pajaro Valley (SCWD or MCWRA)

Potential Limitations of PVHM

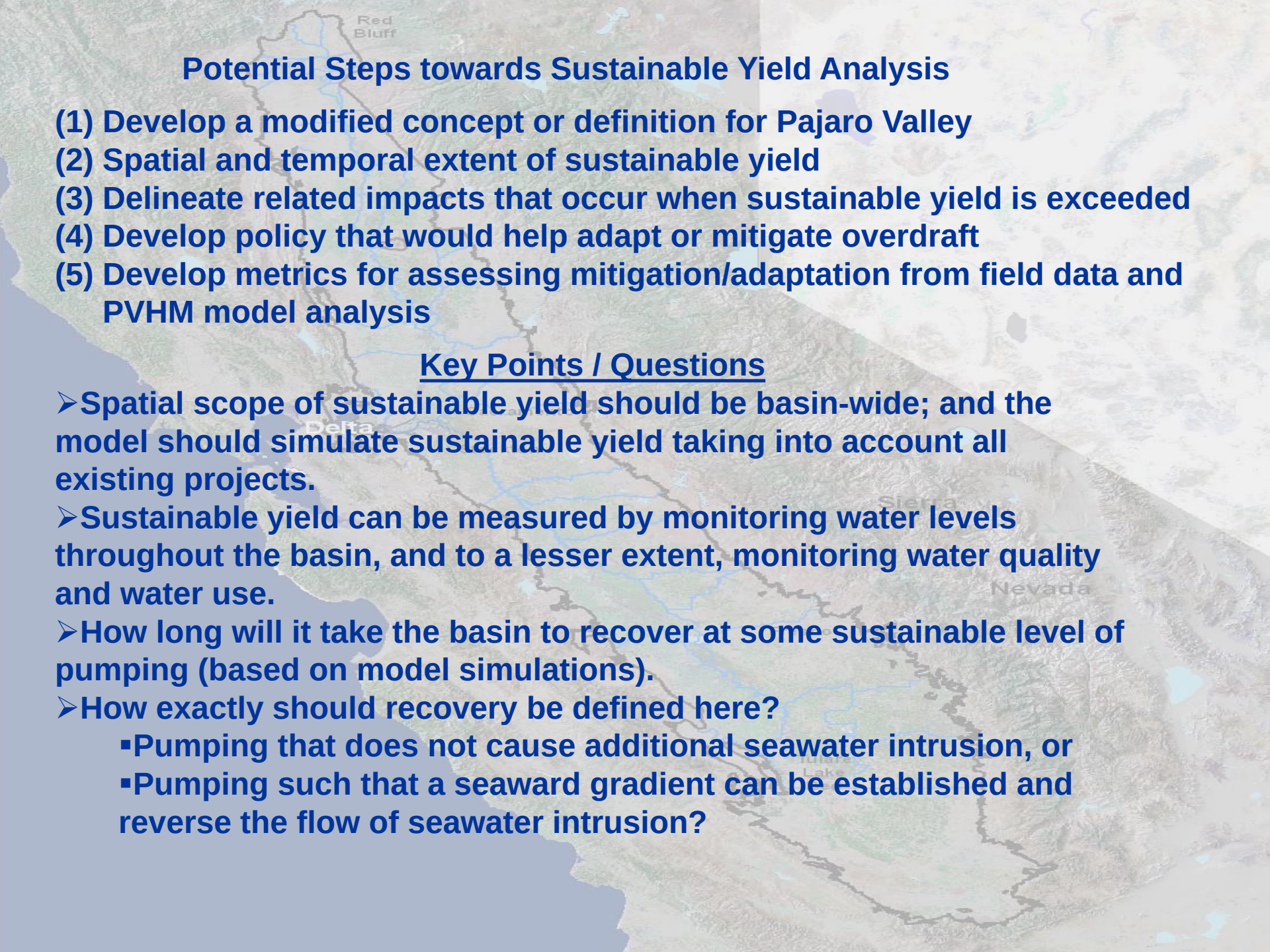
Not Intended for Irrigation Scheduling

Not for Local or Small-Scale (~1-8 cells? With each cell about 15 acres) types of analysis

Less reliable for monthly analysis until more detailed land use applied to model input

Less reliable for simulation of historical CDS without information on pumping rates and hours, etc. (Demand Driven Simulation) – Better for forecasting potential deliveries

Density-Dependent Flow of Seawater Intrusion



Potential Steps towards Sustainable Yield Analysis

- (1) Develop a modified concept or definition for Pajaro Valley
- (2) Spatial and temporal extent of sustainable yield
- (3) Delineate related impacts that occur when sustainable yield is exceeded
- (4) Develop policy that would help adapt or mitigate overdraft
- (5) Develop metrics for assessing mitigation/adaptation from field data and PVHM model analysis

Key Points / Questions

- Spatial scope of sustainable yield should be basin-wide; and the model should simulate sustainable yield taking into account all existing projects.
- Sustainable yield can be measured by monitoring water levels throughout the basin, and to a lesser extent, monitoring water quality and water use.
- How long will it take the basin to recover at some sustainable level of pumping (based on model simulations).
- How exactly should recovery be defined here?
 - Pumping that does not cause additional seawater intrusion, or
 - Pumping such that a seaward gradient can be established and reverse the flow of seawater intrusion?

BASIN MANAGEMENT STRATEGY

- Pajaro Valley Water Management Agency (PVWMA) developed a Basin Management Plan (BMP) designed to balance water supply and demand through the acquisition of supplemental water and conservation practices.
- Reduce current annual overdraft → new programs for increasing conservation, improving efficiency of water use, and developing additional local sources of water.
- The “Modified BMP 2000 Alternative” final strategy adopted by PVWMA Board of Directors included five major projects and programs:
 - 1) Distribution → CDS pipelines (>7,600 acre-feet capacity),
 - 2) Reuse → Recycled Water Project (6,000 acre-feet of recycled urban waste water),
 - 3) Local Capture & Artificial Recharge (ASR) → Harkins Slough Recharge Project (600,
 - 4) Import Water → Pipeline (54-inch) Project (11,900 acre-feet of imported supply) with local ASR, and
 - 5) Water Conservation Program (PVWMA, 2007).
- As part of the BMP, a CDS was constructed to supply recycled water and water recovered from the Harkins Slough ASR. This ASR was designed to percolate, store, and recover water supplied to the ASR by a diversion of local runoff from Harkins Slough. Water from Recycled Water Project and other supplemental wells also delivered through CDS to supply the agricultural water demand.
- The Farm Process for MODFLOW (Schmid et al., 2006, 2009) used to simulate these supply and demand components and can help water managers assess the impact of the various components of the BMP on the mitigation of the groundwater system overdraft.
- A regional hydrologic model, PVHM, was developed to provide managers with this tool. Delivery priorities are simulated and can be modified on a monthly basis to evaluate different scenarios of priority deliveries.