

Estimaciones de la evapotranspiración (a escala de campo) – METRIC: Panorama y aplicaciones



Landsat 8 - lanzado feb. 2013

Rick Allen

Evapotranspiration Plus

Profesor de ingeniería de recursos hídricos, Univ. de Idaho

Miembro, Equipo científico de Landsat USGS/NASA

Ayse Kilic

Evapotranspiration Plus

Profesor de ingeniería civil y recursos naturales, Univ. de Nebraska-Lincoln

Miembro, Equipo científico de Landsat USGS/NASA

Colaboración: Dr. Ricardo Trezza, Univ. de Idaho; Sr. Tony Morse, Spatial Analysis Group

Sr. William Kramber, Dpto de recursos hídricos de Idaho; Dr. Justin Huntington, DRI



¿A quién le importa la ET?

- ◆ Departamentos de recursos hídricos
- ◆ Dpto. de Recuperación del suelo de EEUU
- ◆ Servicio geológico de EEUU
- ◆ El medio ambiente
- ◆ Irrigadores
- ◆ Cortes



Aplicaciones en el oeste

Planificación del agua

Agotamiento de acuíferos

Modelado hidrológico

Especies en peligro de extinción

Uso agrícola del agua

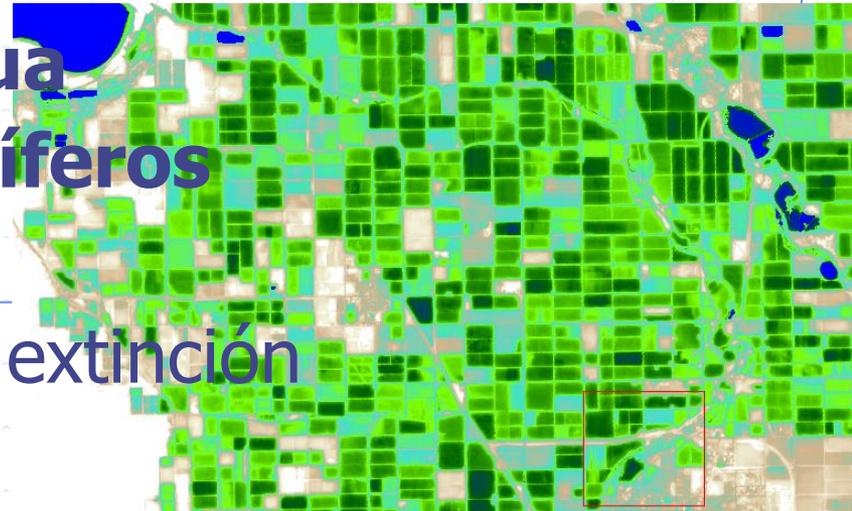
Determinaciones legales

Recompra de derechos de aguas

Acatamiento de derechos de aguas

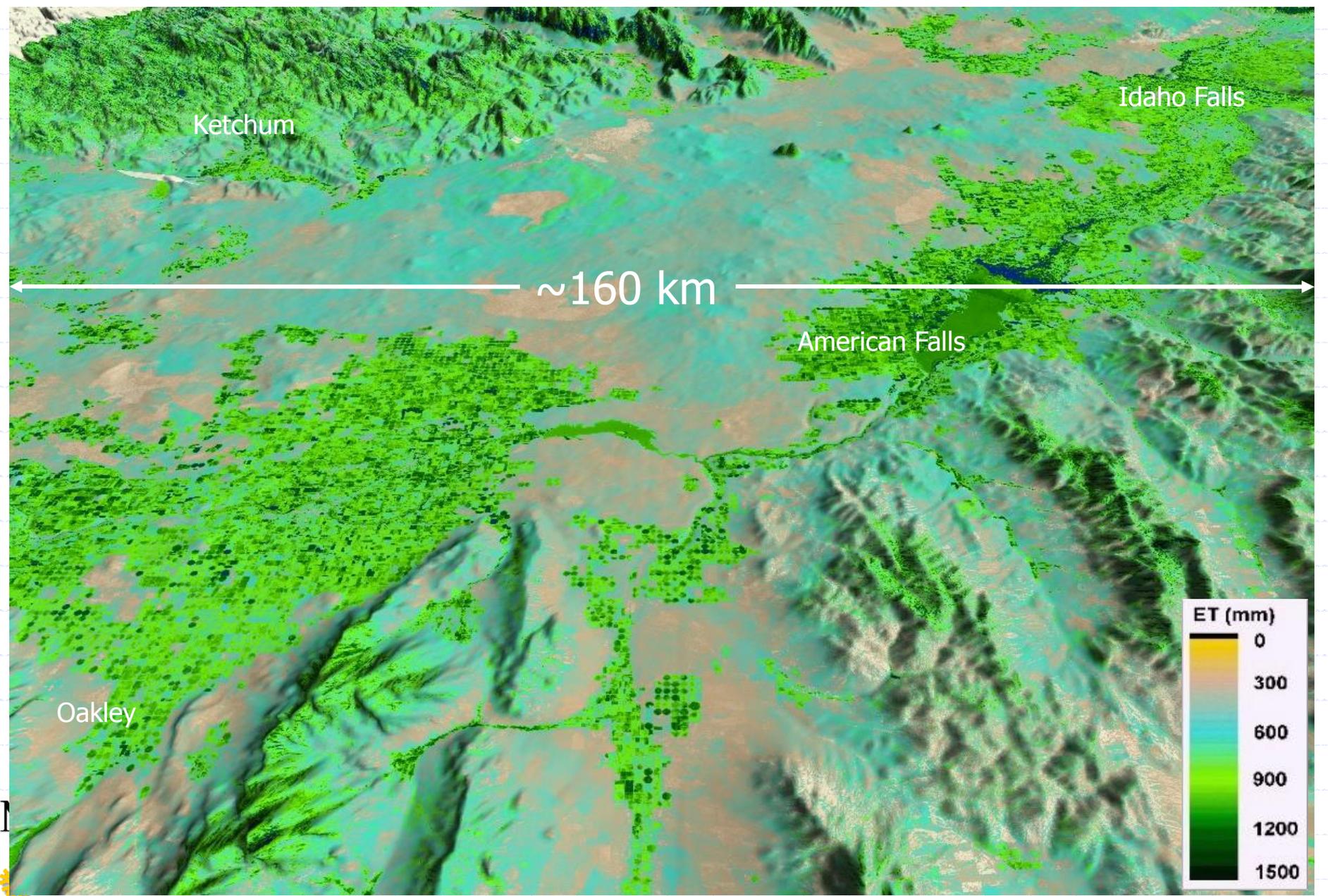
Demanda de agua en temporada alta

Negociaciones de derechos de aguas tribales



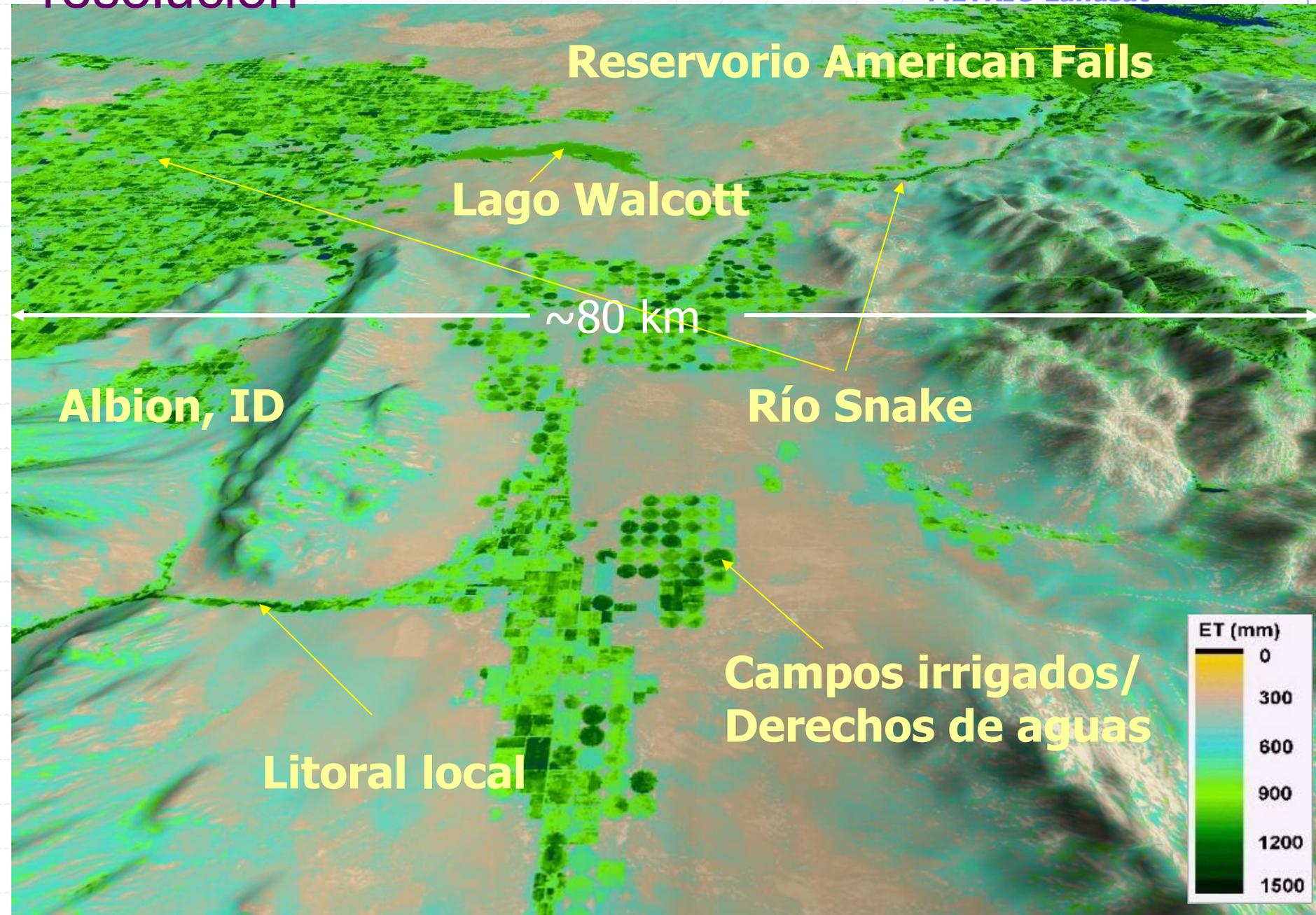
¿Varía la ET a través del espacio? (¡Sí!) – ET mensual y estacional a 30 m de resolución para el llano Eastern Snake Plain de Idaho

abril – octubre 2006, ET



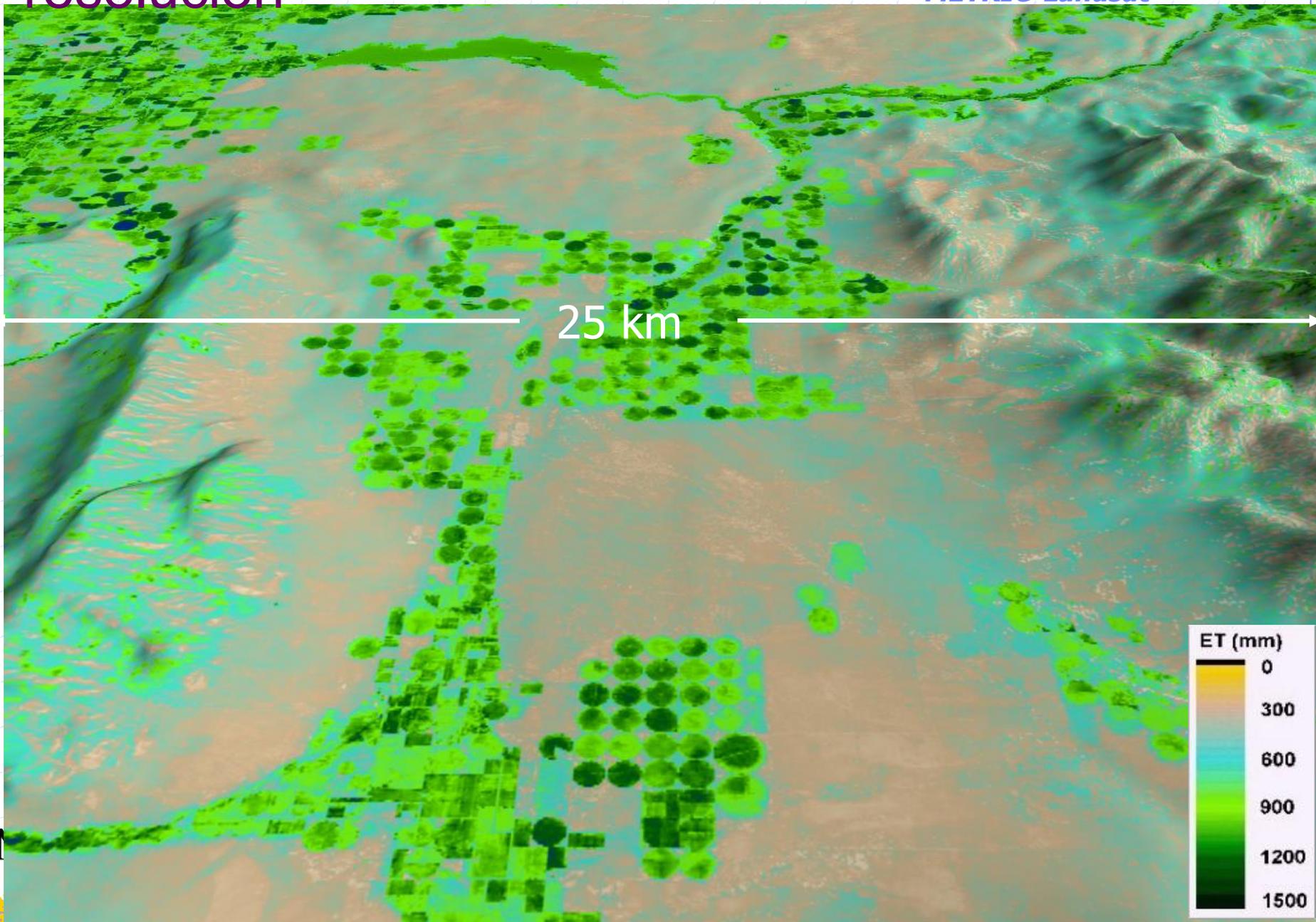
Características de la ET, 30 m de resolución

abril – octubre 2006, ET de METRIC-Landsat



Características de la ET, 30 m de resolución

abril – octubre 2006, ET de METRIC-Landsat



Cuándo importa el el equilibrio energético

◆ Equilibrio energético

- Recuerde: La ET es el agua que se convierte de líquido en vapor
- La conversión de líquido en vapor requiere energía
- 'Buscamos' la energía utilizada para producir la evaporación
- **Los componentes del EB* pueden derivarse de la temperatura en la superficie**

¿Por qué usar un “equilibrio energético”?

- ◆ La ET es calculada como un “residuo” del equilibrio energético

R_n (radiación del sol y del cielo)

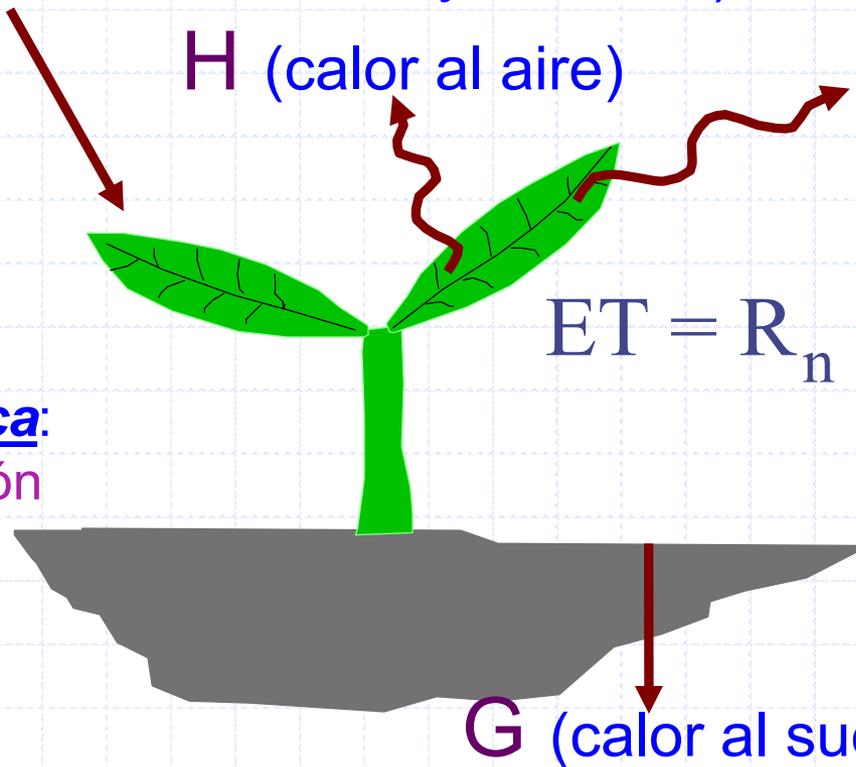
H (calor al aire)

ET

$$ET = R_n - G - H$$

Verdad básica:

La evaporación
consume
energía



El equilibrio energético nos da la ET “real”

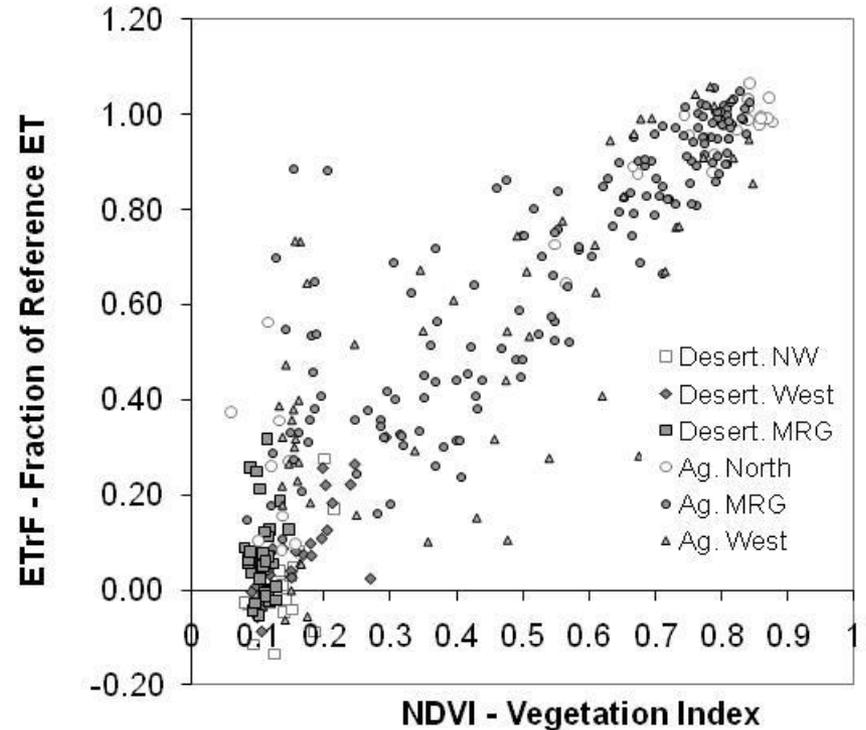
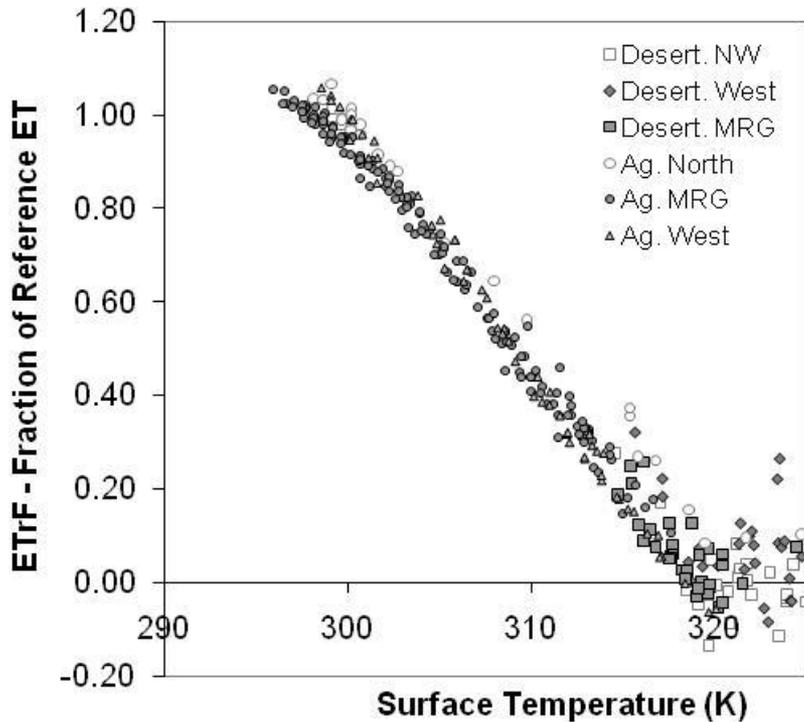
El equilibrio energético puede ‘ver’ impactos en la ET causados por:

- ◆ **escasez de agua**
- ◆ enfermedades
- ◆ variedad de cultivos
- ◆ densidad de sembrado
- ◆ fechas de cultivación
- ◆ salinidad
- ◆ gestión



- ◆ *(estos efectos pueden causar que el ratio $ET /$ cantidad de vegetación varíe de manera significativa, así que necesitamos computar la ET como residuo del equilibrio energético)*

La ET es influenciada más por (y correlacionada con) la temperatura superficial que con la cantidad de vegetación

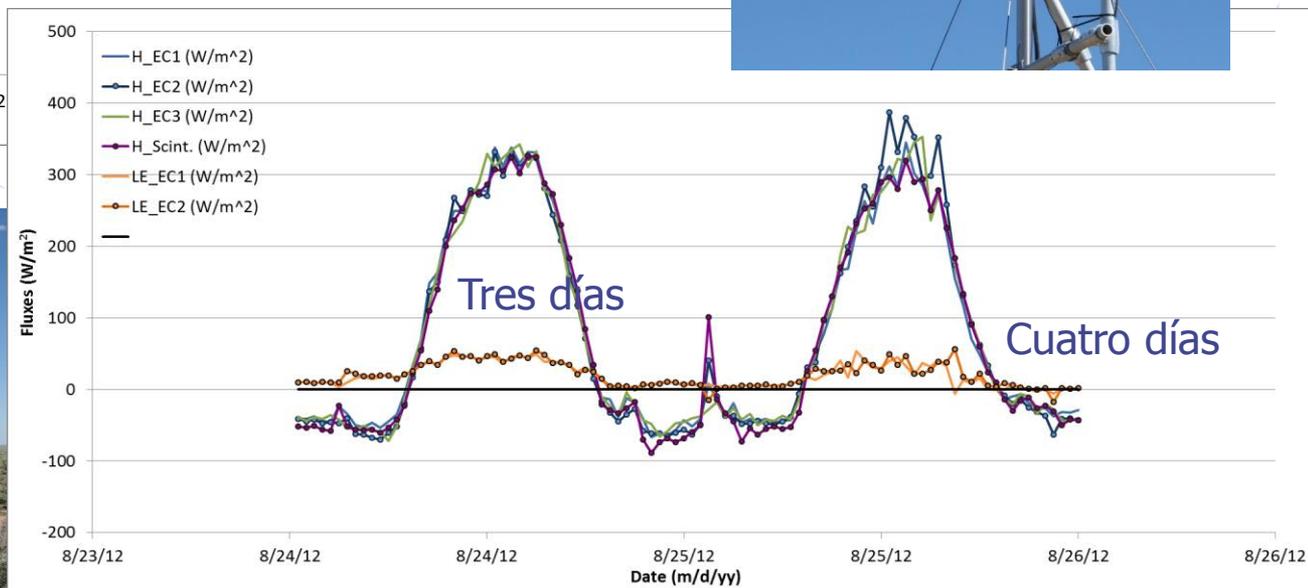
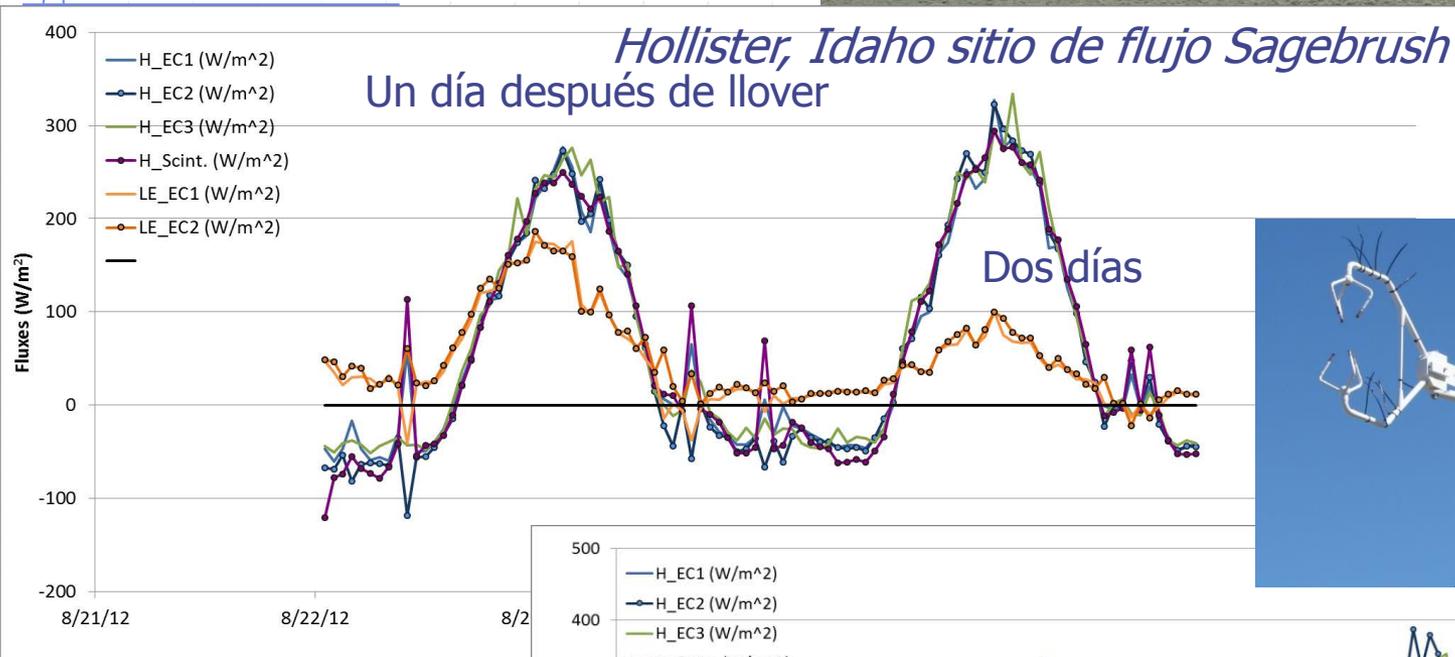


Medio río Grande, Nuevo México, 2002

ET_{rF} = fracción de referencia ET.

$$ET_rF = ET_{real} / ET_{ref}$$

Los bajos niveles de ET requieren un equilibrio energético (EB) de alta calidad



Componentes generales del EB en METRIC

(Mapeo de la ET en alta resolución usando calibración inversa)

◆ Radiación neta (R_n)

- Ondas cortas reflejadas del satélite
- Ondas cortas entrante de teoría
- Ondas largas emitidas del satélite
- Ondas largas entrantes de la transmisividad emitida y atmosférica

◆ Flujo de calor sensible (H)

- Gradiente de temperatura del aire vertical cerca de la superficie (dT) calculado de la temperatura superficial (T_s) – calibrado para la fecha de cada imagen ($dT = a + b T_s$)
- Resistencia aerodinámica de
 - ◆ Velocidad del viento en altitud de mezcla (del tiempo local o en cuadrícula)
 - ◆ Turbulencia aerodinámica de los índices de vegetación y tipos de uso de la tierra
 - ◆ Efectos de flotación de soluciones iterativas

◆ Flujo del calor del suelo (G)

- Función de H para suelo casi desnudo y función de R_n para vegetación

$$\lambda E = R_n - G - H$$

Flujo de calor sensible (H)

– modelo de METRIC

Ventaja:

r_{ah} 'flota' sobre la superficie y está 'libre' de z_{oh} y algunas limitaciones de los métodos que dependen de una sola fuente

Ventaja:

dT es calculado a la inversa (simulado) (libre de T_{rad} vs. T_{aero} vs. T_{air})

$$H = (\rho \times c_p \times dT) / r_{ah}$$

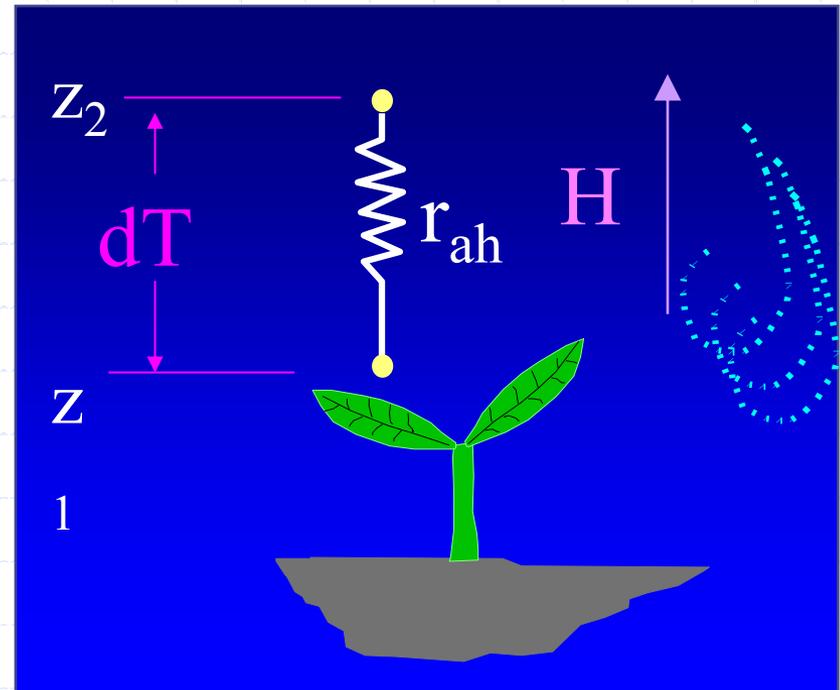
dT = diferencia "flotante" de temperatura cerca de la superficie (K)

r_{ah} = la Resistencia aerodinámica de z_1 a z_2

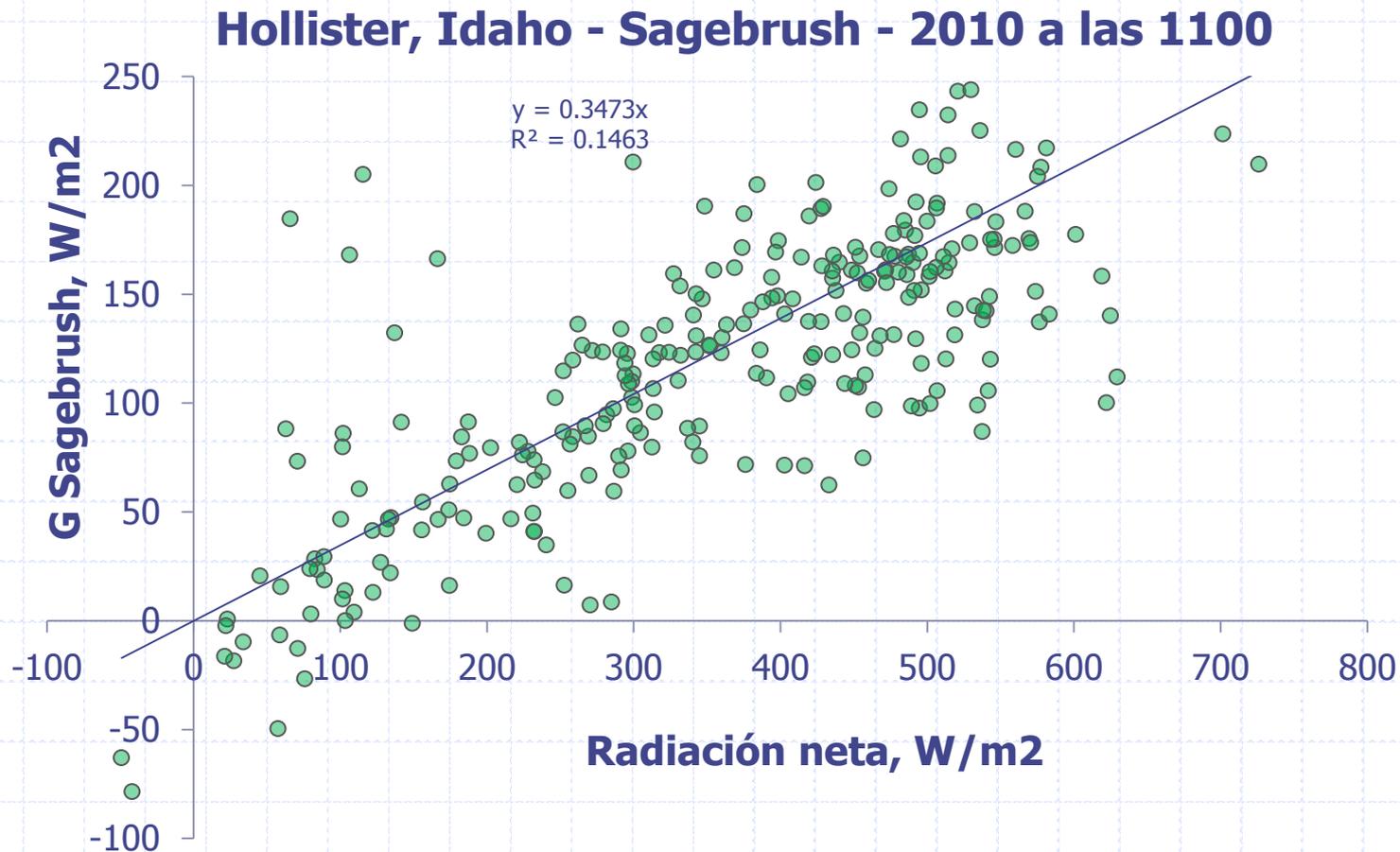
$$r_{ah} = \frac{\ln\left(\frac{z_2}{z_1}\right) - \Psi_{h(z_2)} + \Psi_{h(z_1)}}{u_* \times k}$$

u_* = velocidad de fricción

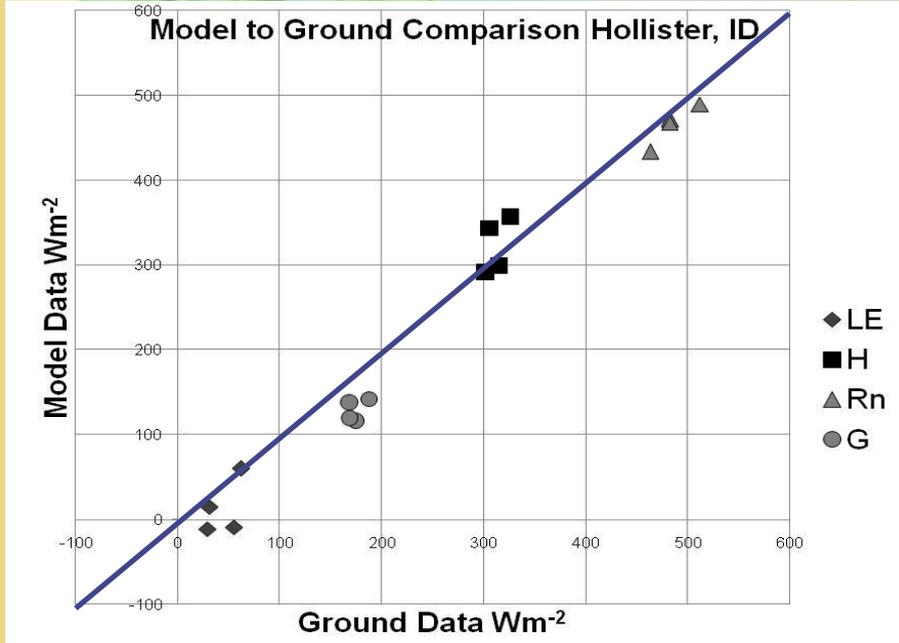
k = constante von karmon (0.41)



G para sistemas hidrológicos estresados puede ser significativa y hay que tomarlo en cuenta



Sitios de flujo de NSF EPSCoR en Iowa – Sistemas desérticos



ET abril – septiembre de METRIC

➤ Comparación de equilibrio energético a base de satélites (METRIC) con covarianza de remolinos para señales bajas de ET

Cuatro fechas de Landsat durante 2010 – Sagebrush

Hydroclima

Nebi

Calibración de METRIC/SEBAL:

$$\text{sesgo}_{R_n-G}^* \rightarrow \text{sesgo}_{H-\text{cal}} \rightarrow \text{sesgo}_{dT} \rightarrow \text{sesgo}_{H-\text{pixel}} \rightarrow \text{LE}$$

sin sesgo

*bias = sesgo

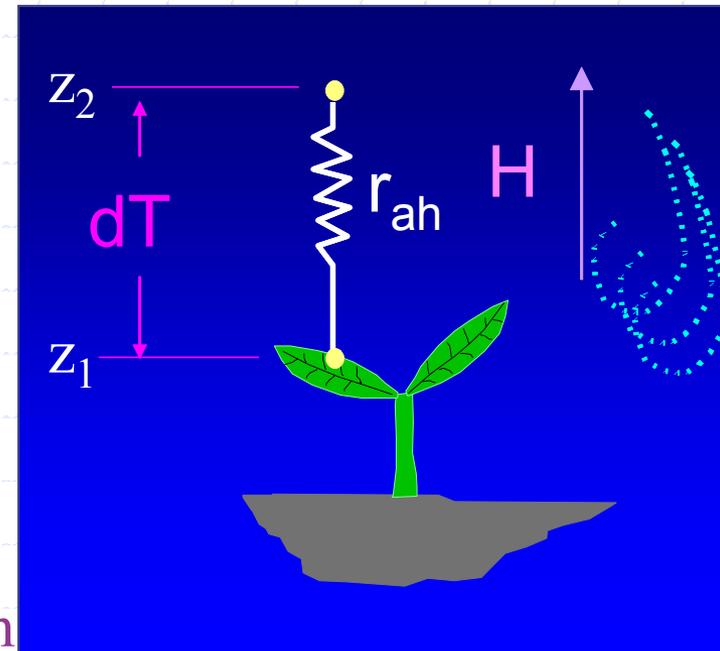
La función de calor sensible (H) se calibra no obstante los sesgos en muchos de los componentes del equilibrio energético:

(Existen sesgos en: radiación neta, flujo de calor del suelo, estabilidad aerodinámica, turbulencia aerodinámica, temperatura superficial absoluta, corrección atmosférica) *cualquier sesgo*

$$H = R_n - G - LE \quad (\text{para calibración})$$

$$LE = R_n - G - H \quad (\text{durante la aplicación})$$

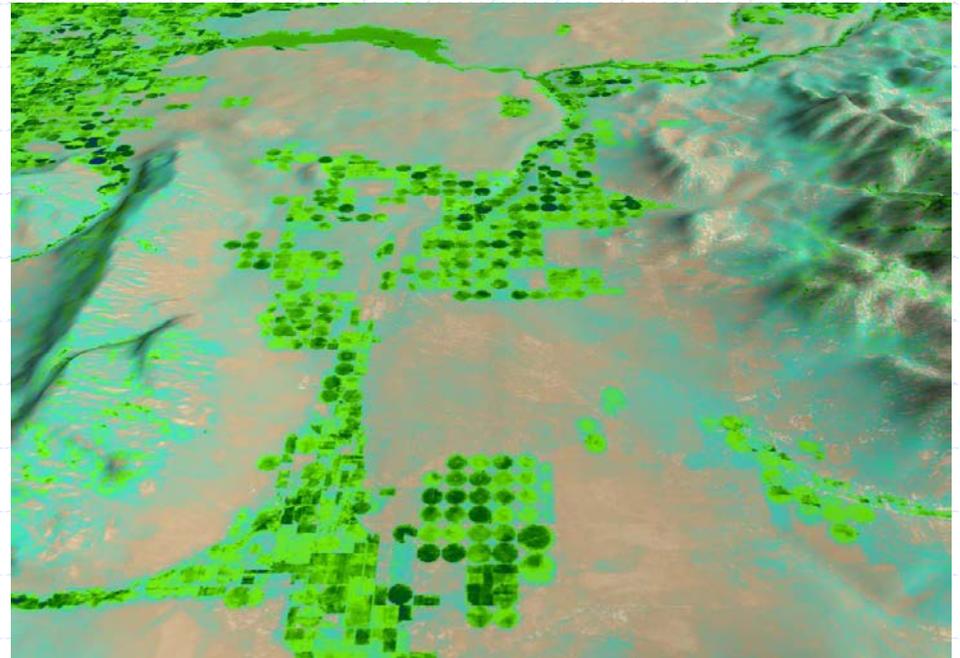
Los sesgos se cancelan



METRIC es un modelo 'de ingeniería' dirigido a la ET en escala de campo con enfoque local (~200 km x 200 km)

Una fórmula para cuantificar los procesos espacialmente y temporalmente variables:

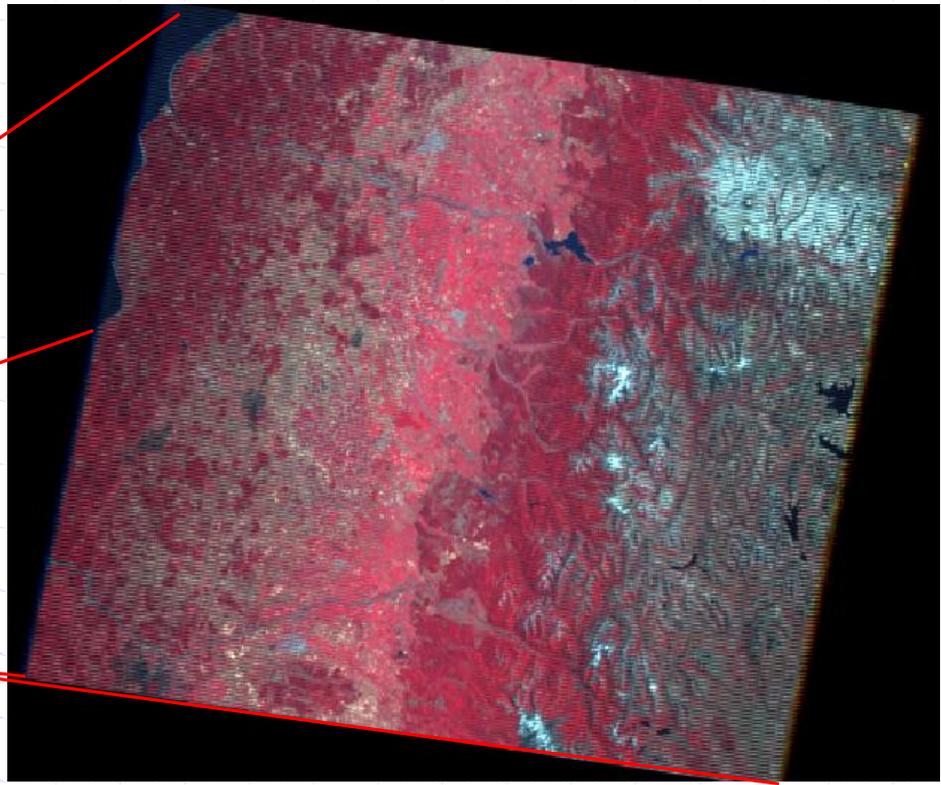
Exactitud = física x esfuerzo humano + revisión e intervención humanas



Ajustes finos en METRIC

- ◆ Flujo de calor del suelo de suelos que se congelan
- ◆ Flujo de calor del suelo bajo mantillo orgánico
- ◆ Optimización de flujo de calor del suelo usando la inversión del EB
- ◆ Resistencia aerodinámica en exceso en matorral disperso
- ◆ Ajuste de albedo basado en el nadir para doseles profundos
- ◆ Estimación basada en la aerodinámica de la evaporación del agua
- ◆ Algoritmos de radiación y aerodinámicos en "METRIC Level 3 for Complex Terrain (Mountains)"

Olivares en Chile



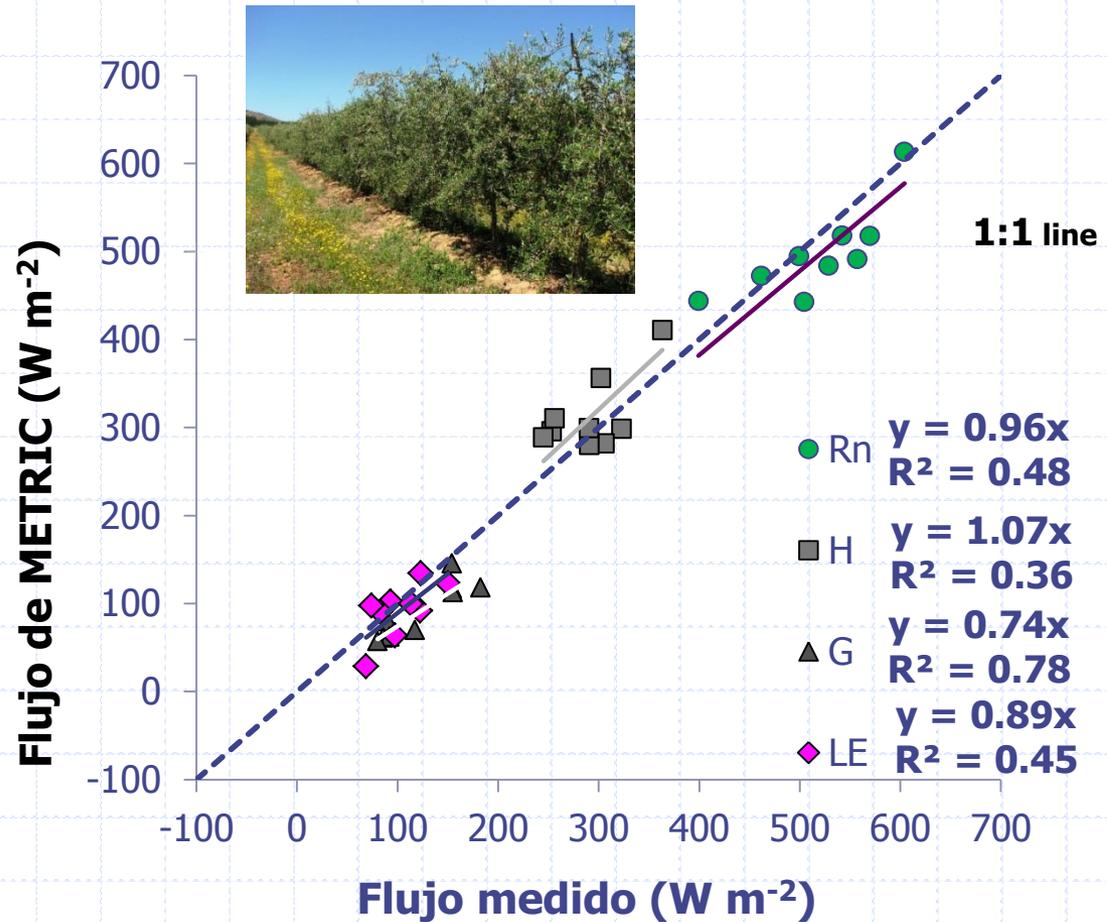
El área de estudio está en el centro de Chile

Camino 233, Fila 85, Procesado Landsat 7
(2011 y 2012)

Chile

*Datos de Dr. Samuel Ortega, Univ. de Talca, Chile,
colaboración con Dr. A. Kilic, Univ. de Nebraska*

METRIC vs. mediciones en la superficie – Olivar cerca de Talca, Chile



Nueva producción de aceitunas en el centro de Chile con espaciamiento de olivos relativamente denso.

Los flujos de la ET se miden con un sistema de covarianza de remolinos montado encima del cultivo.

Análisis de Samuel Orlando Ortega Salazar, con A. Kilic, Univ. de Nebraska

Computación de la ET para períodos largos (mensuales)

- ◆ Utiliza ET relativa de imágenes de Landsat
- ◆ Usa el concepto de “Fracción de ET de referencia” ($ET_r F$) para extender imágenes a través del tiempo
- ◆ Usa “ET de referencia” (ET_r) como la escala diaria que incorpora los impactos de día a día del tiempo sobre la ET

ET de referencia: Un índice vivo de la evaporación

30 s m⁻¹
(diurno
horario)

45 s m⁻¹
(24-hrs.)
para alfalfa

ASCE Penman-Monteith

$$ET = \left(\frac{\Delta(R_n - G) + K_{time} \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a} \right)} \right) / \lambda$$

ASCE Penman-Monteith estandarizada

$$ET_{ref} = \frac{0.408 \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + C_d u_2)}$$

C_n y C_d son constantes
 f (Radiación solar)
 f (Temperatura)
 Velocidad del viento
 f (Humedad)

The ASCE Standardized Reference
Evapotranspiration
Equation

Edited by
Richard G. Allen
Igor A. Walter
Ronald Elliott
Terry Howell
David Jeppia
Harvin Jensen



ASCE



ASABE June 22, 2010

10/19/2016

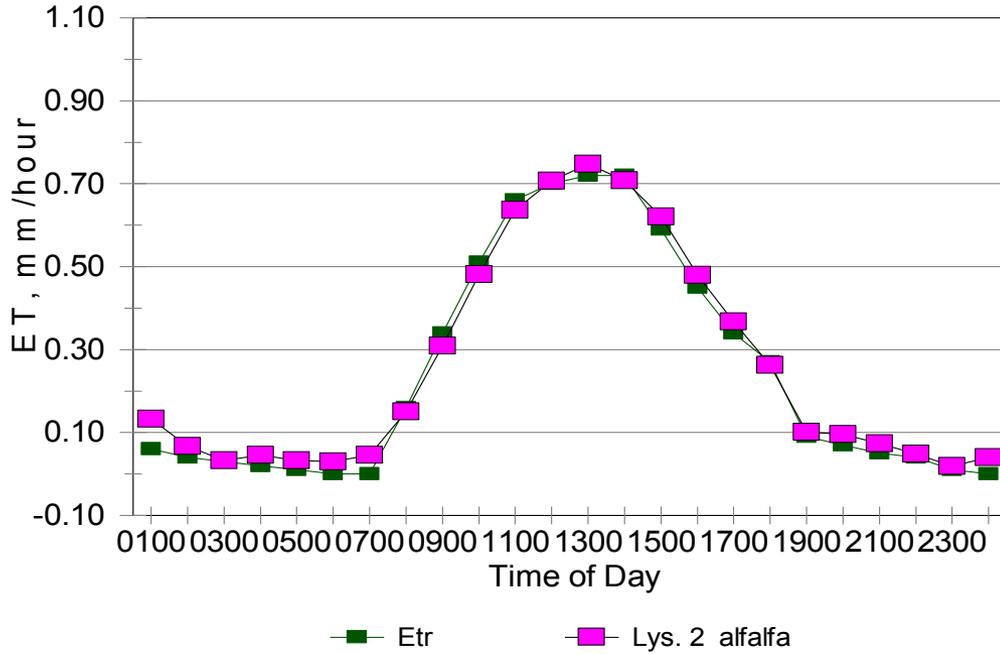


ASCE Penman-Monteith
se puede rastrear hasta
los lisímetros de
Kimberly, Idaho (USDA) y
Davis, California



Kimberly Lysimeters - September 4, 1990

Data from Dr. J.L Wright

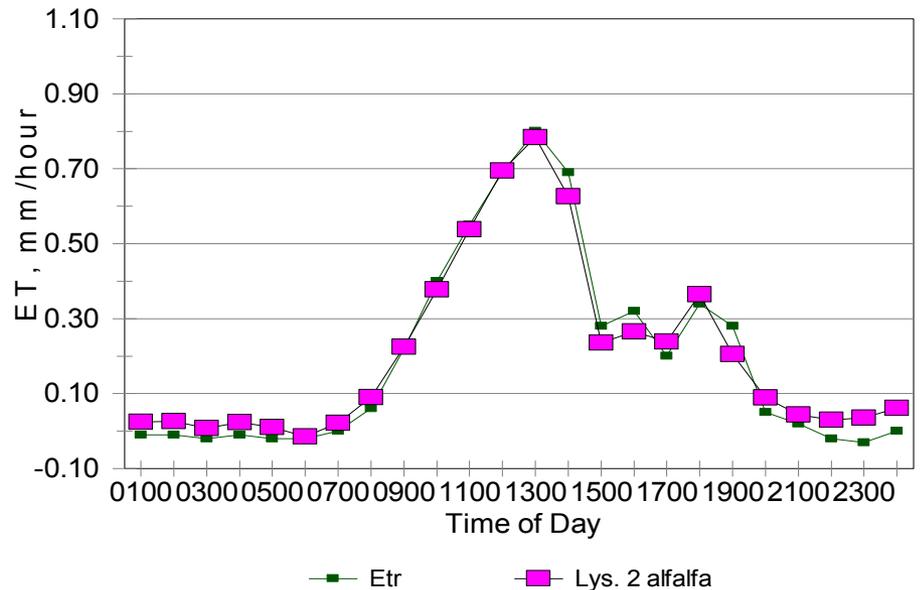


ASCE Penman-Monteith
estandarizado
(referencia para alfalfa)
en Kimberly, Idaho

- Intérvulo temporal de una hora

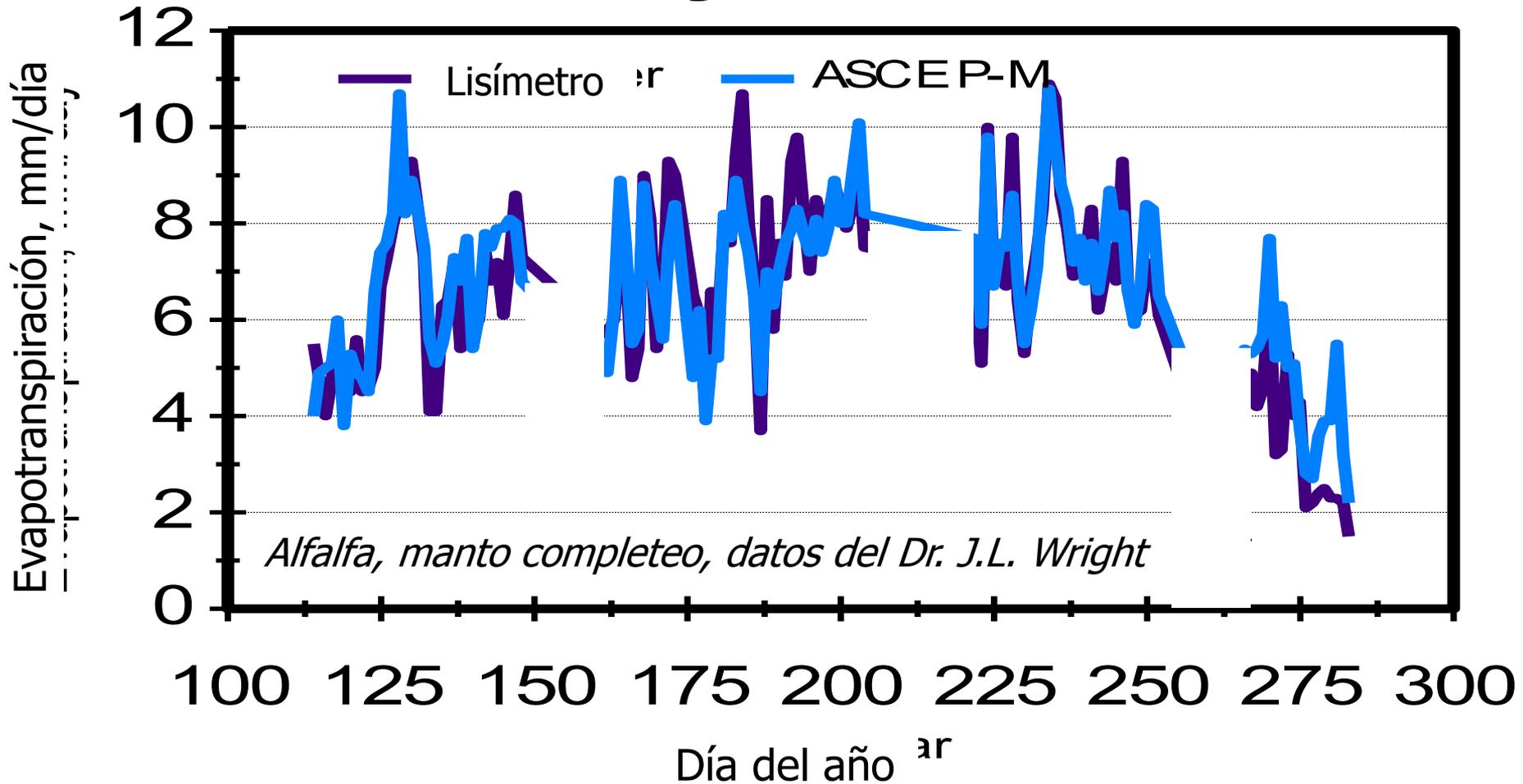


Kimberly Lysimeters - September 7, 1990

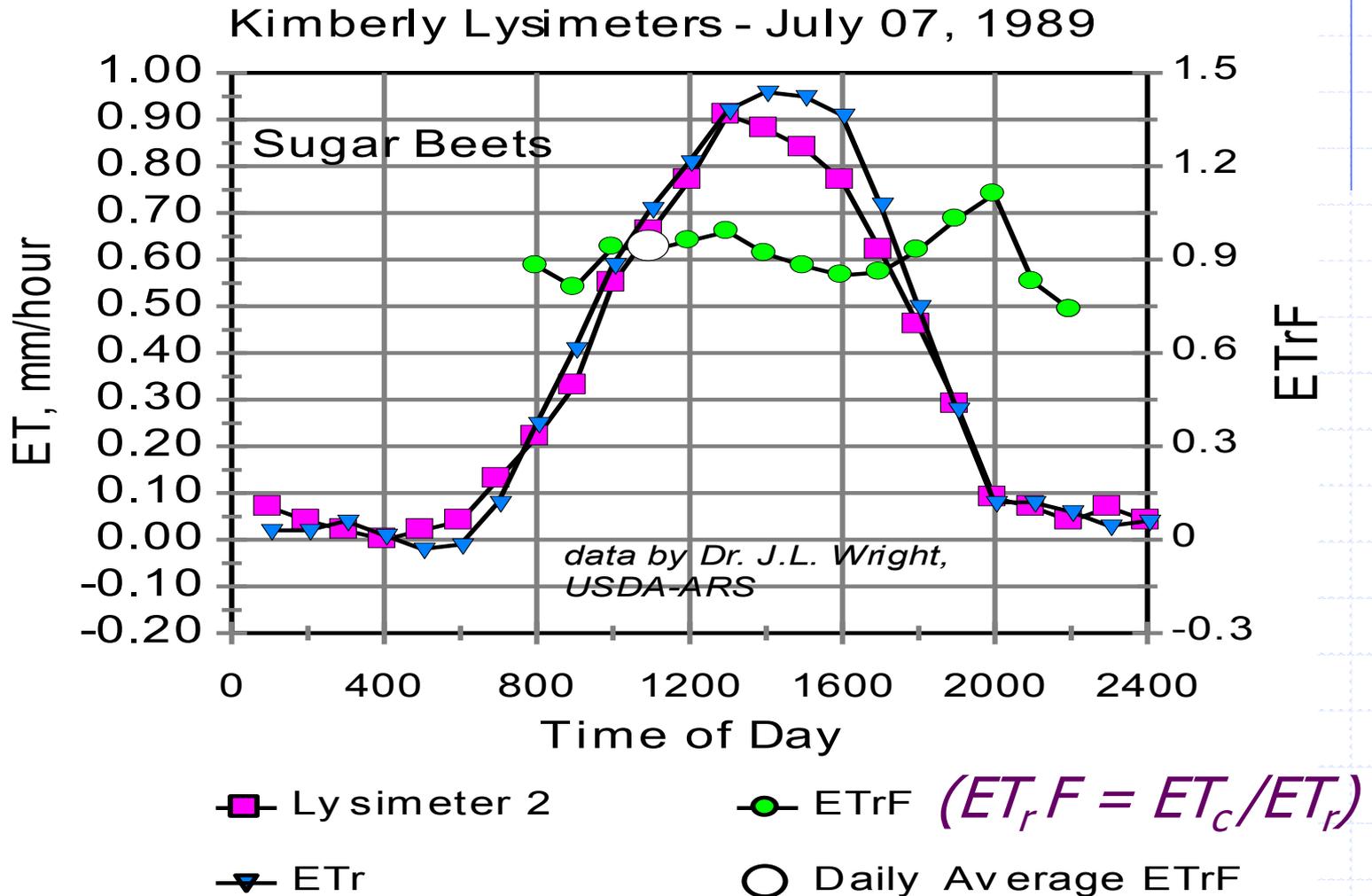


Buena correspondencia de día a día con lisímetro

Kimberly, Idaho 1969



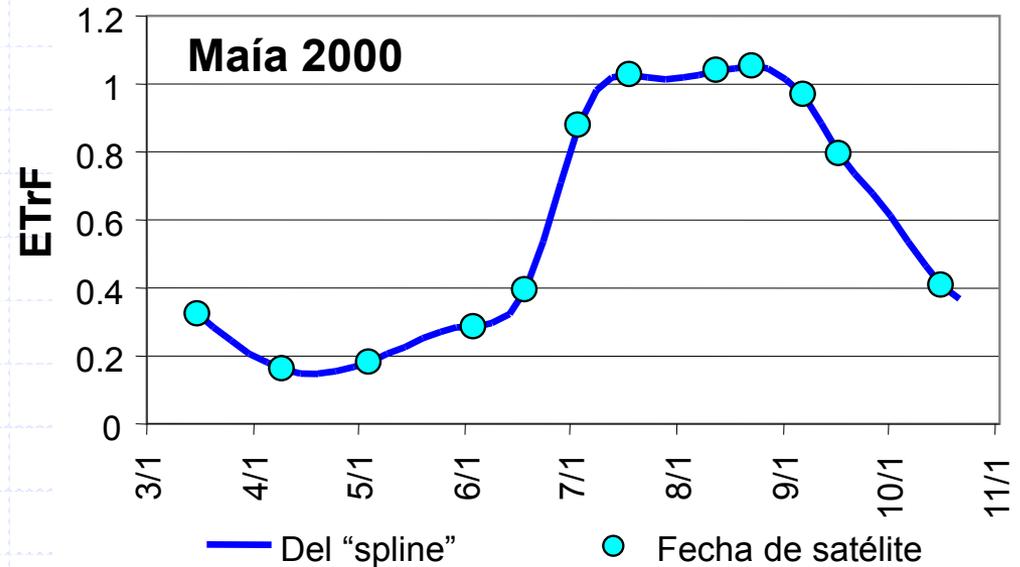
$ET_r F = \text{Fracción de } ET_r = K_c$
 $ET_r F$ es consistente a lo largo del día



Interpolación/Integración para ET mensual o estacional

$ET_r F$ = fracción de ET de referencia (potencial)

-- interpolado diariamente usando un "spline" cúbico

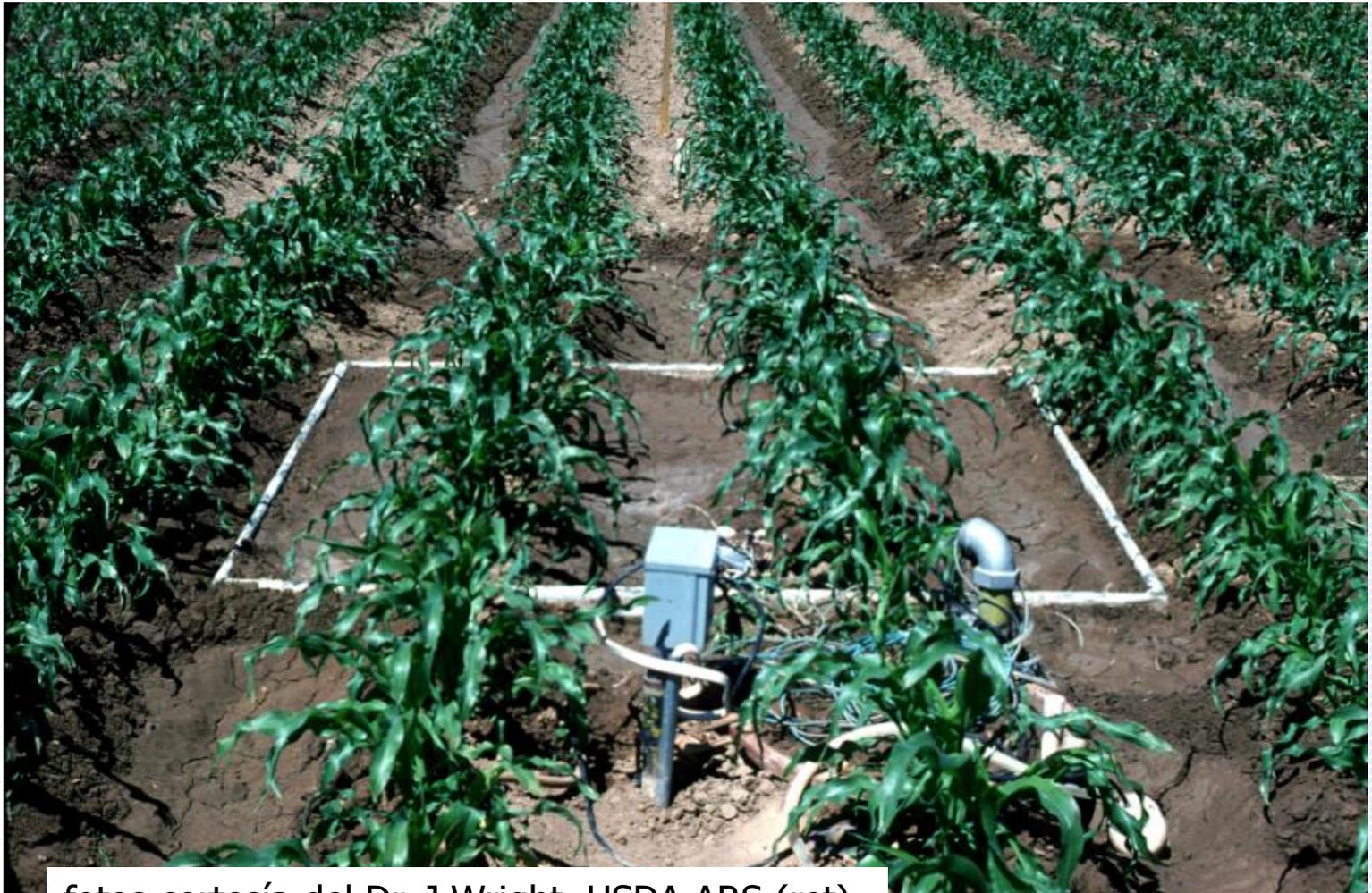


$$ET_{period} = \int ET_r F_t \times ET_{r24t} dt$$

Usa ET_r para tomar en cuenta los efectos del tiempo diario

Sistema de lisímetros de pesaje en Kimberly, Idaho

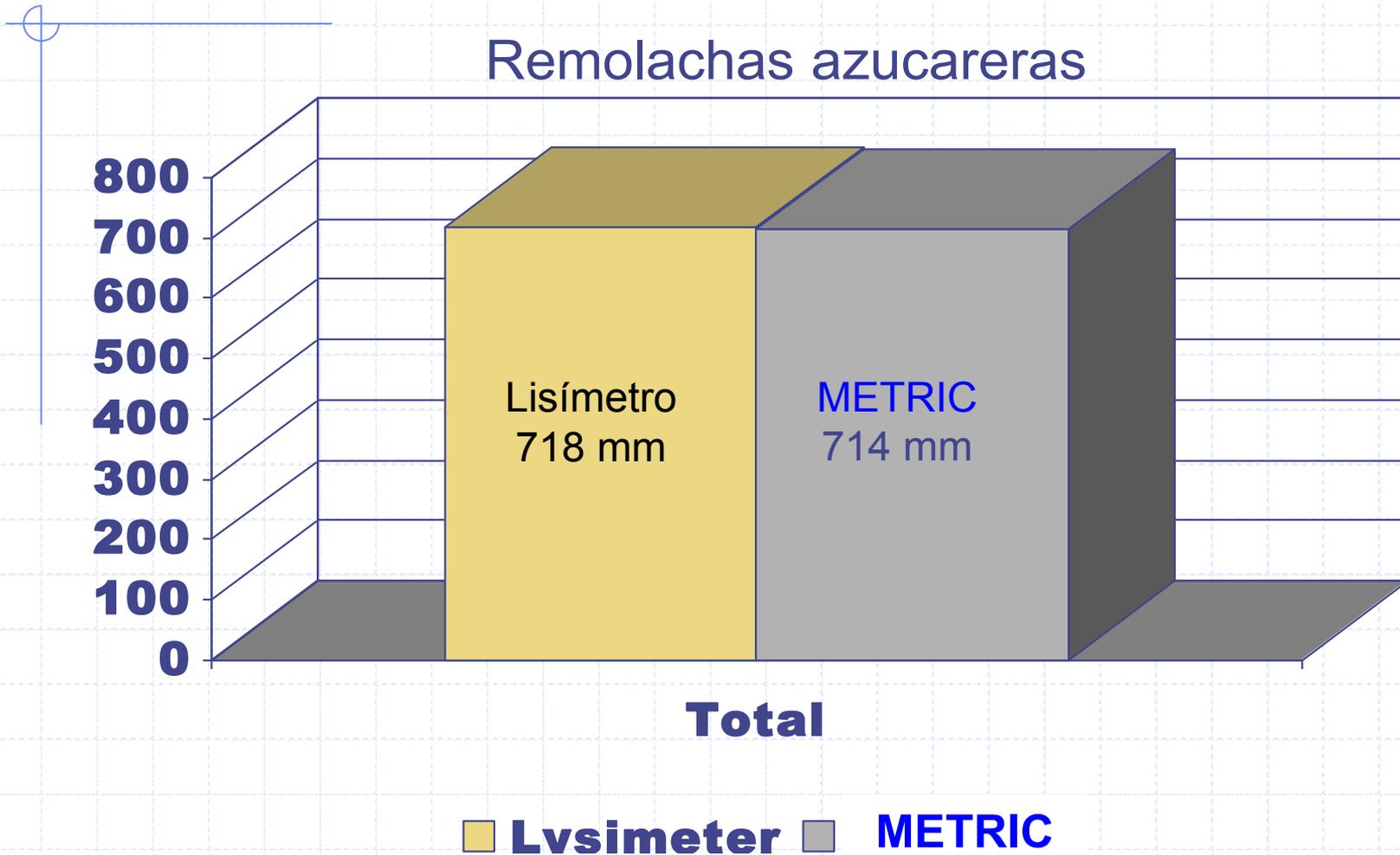
Dr. James L. Wright, USDA-ARS



fotos cortesía del Dr. J.Wright, USDA-ARS (ret)

Comparación de ET estacional por METRICtm con lisímetro

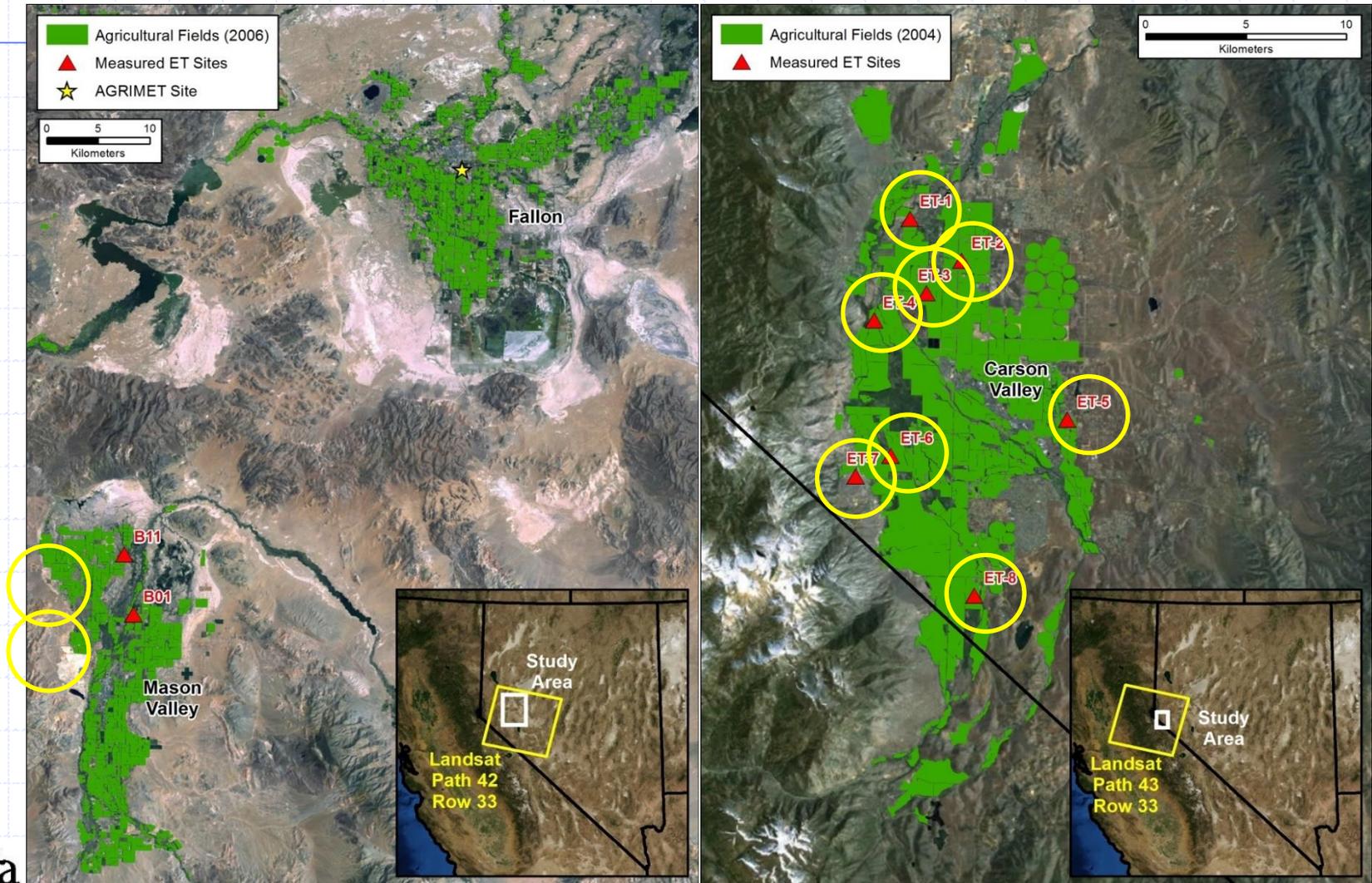
ET (mm) - abril-sept., *Kimberly, 1989*



Nevada

recopilado por el Dr. Justin Huntington, DRI

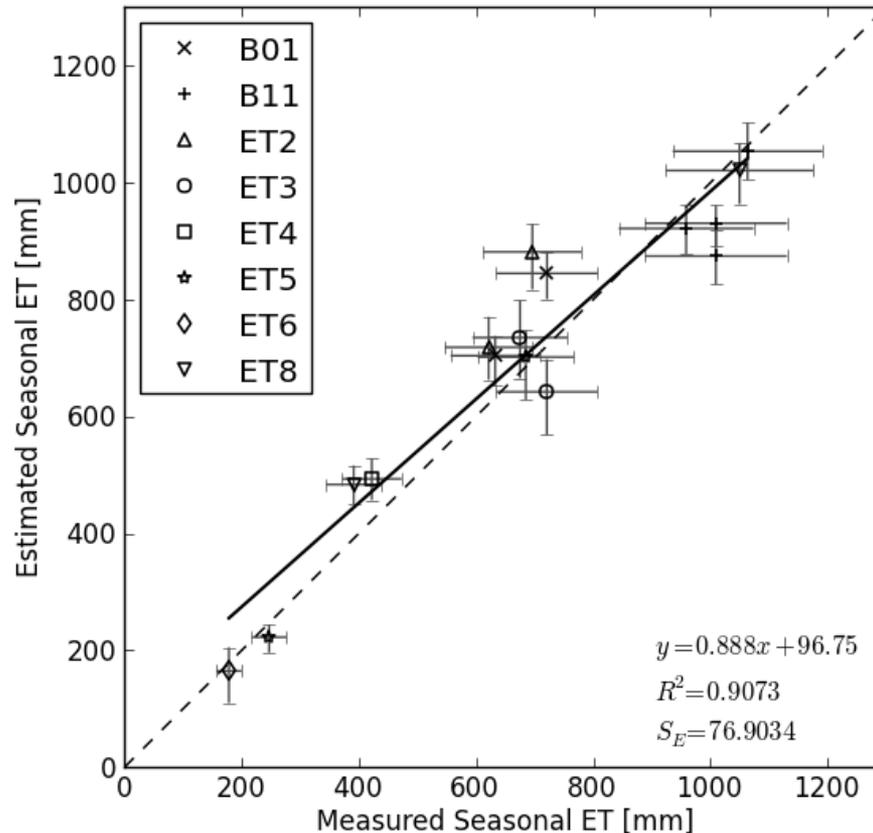
Comparación a ciegas de ET estacional de METRIC con ET medida – Desert Research Institute



Nevada

Comparación a ciegas de ET estacional de METRIC con ET medida

Measured = medida
Seasonal = estacional



*Datos de
medición a nivel
del suelo de
USGS*

- ◆ Tolerancias en X = +/- 12% USGS incertidumbre estimada en ET medida de ratio/ remolino
- ◆ Tolerancias en Y = +/- 95% intervalos de confianza de 100 estimaciones de ET de METRIC Monte Carlo

Intercomparación "ciega" de modelos destacados de la ET – 2014 – SE de California

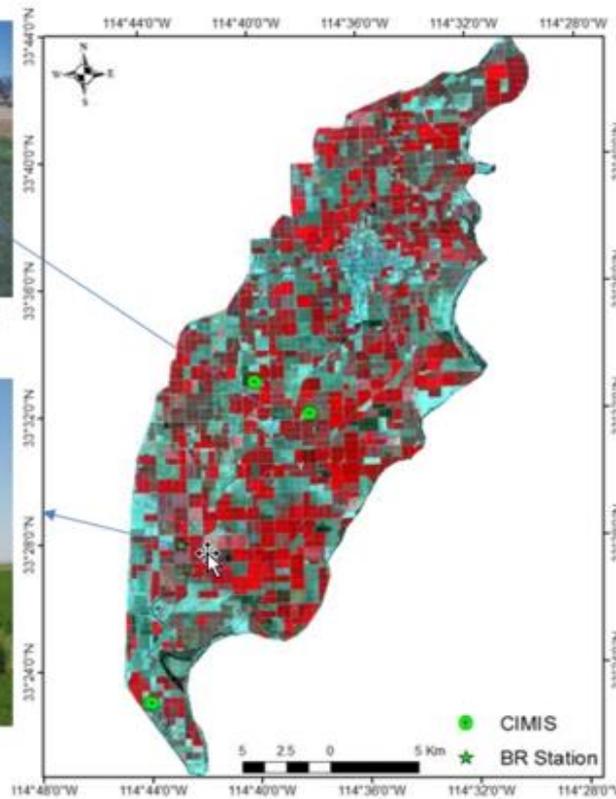
Site 1: Palo Verde Irrigation District (PVID)



CIMIS Weather Station , Blythe NE # 135



Full surface energy balance flux measurements based on Bowen Ratio Station



List of Landsat 5 scenes used

No.	Date (2008)	DOY (2008)	Path	Raw
1	19-Jan	19	38	37
2	11-Feb	42	39	37
3	27-Feb	58	39	37
4	07-Mar	67	38	37
5	23-Mar	83	38	37
6	08-Apr	99	38	37
7	24-Apr	115	38	37
8	10-May	131	38	37
9	17-May	138	39	37
10	26-May	147	38	37
11	11-Jun	163	38	37
12	18-Jun	170	39	37
13	13-Jul	195	38	37
14	29-Jul	211	38	37
15	05-Aug	218	39	37
16	21-Aug	234	39	37
17	15-Sep	259	38	37
18	01-Oct	275	38	37
19	17-Oct	291	38	37
20	09-Nov	314	39	37
21	18-Nov	323	38	37

Intercomparación "ciega" de modelos destacados de la ET – 2014 – SE de California

Summary of

Individual O
– vs. Ground Fl

	RMSE	BIAS	BIAS (%)
Measured			
	1.5	-0.2	-7.2%
	2.7	-2.5	-42.0%
METRIC	0.9	-0.1	1.6%
	1.3	-0.8	-9.8%
	2.1	-1.7	-22.9%

Equilibrio hidrológico estacional

Water balance Component	Depth (mm/year)			METRIC			
Precipitation	71	71	71	71	71	71	71
Inflow Main Canal	2479	2479	2479	2479	2479	2479	2479
Total Inflow	2550	2550	2550	2550	2550	2550	2550
Canal Spills	284	284	284	284	284	284	284
Drainage	998	998	998	998	998	998	998
ET	(1000)		956	1223	952	X	
Total Outflow	(2282)		2238	2505	2234	X	
Inflow- Outflow	(268)		312 (-12.2%)	34 (-1.8%)	316 (-12.4%)	X	



Las estimaciones de METRIC fueron menos del < 2% tanto para campos individuales como para el distrito entero



Comparación con mediciones de lisímetros:



1968-1991

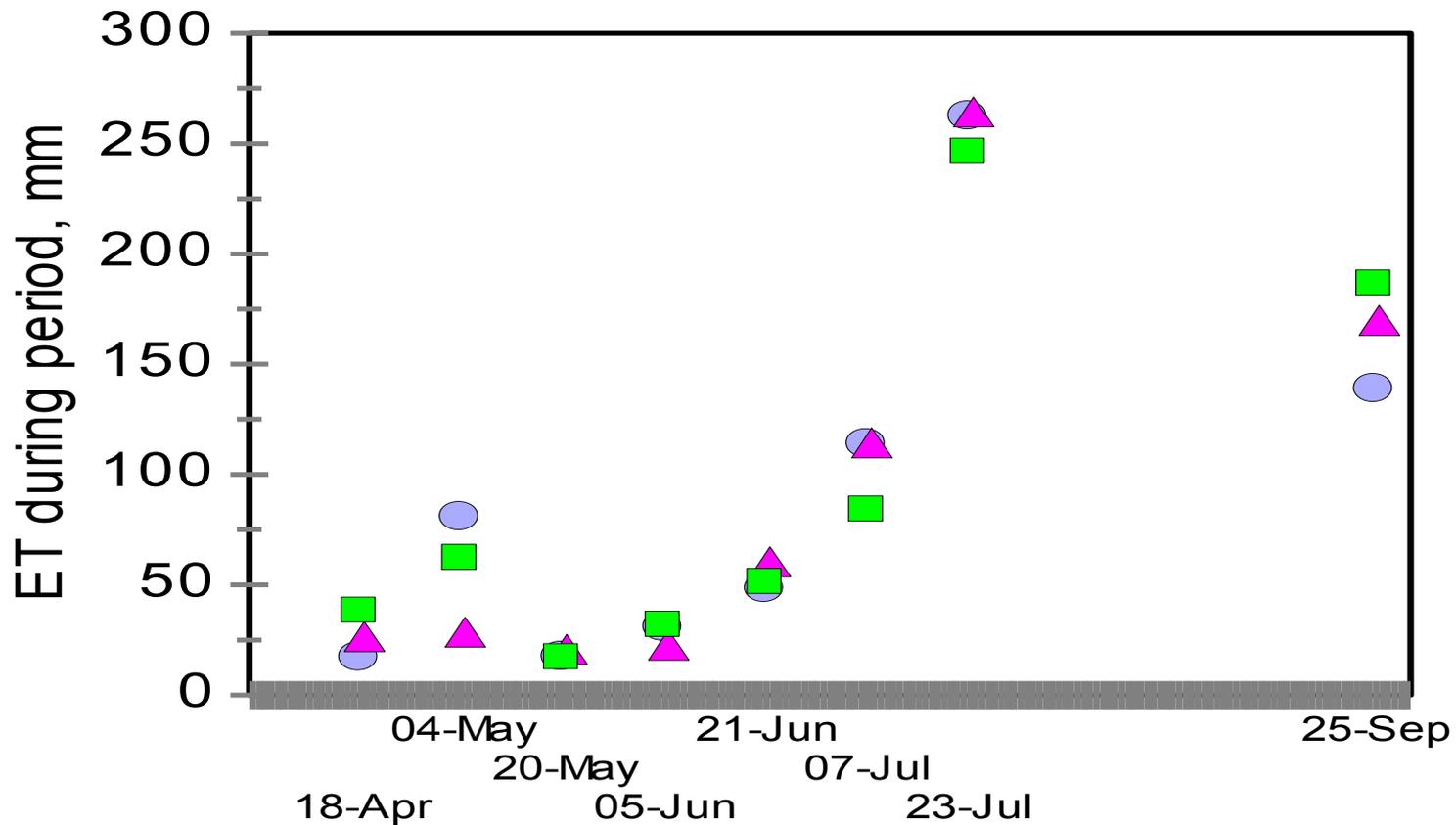
Lisímetro en Kimberly (Wright)



Kimberly, Idaho – Períodos entre satélites

Impacto de usar Kc de un solo día
para representar un período: Kimberly, 1989

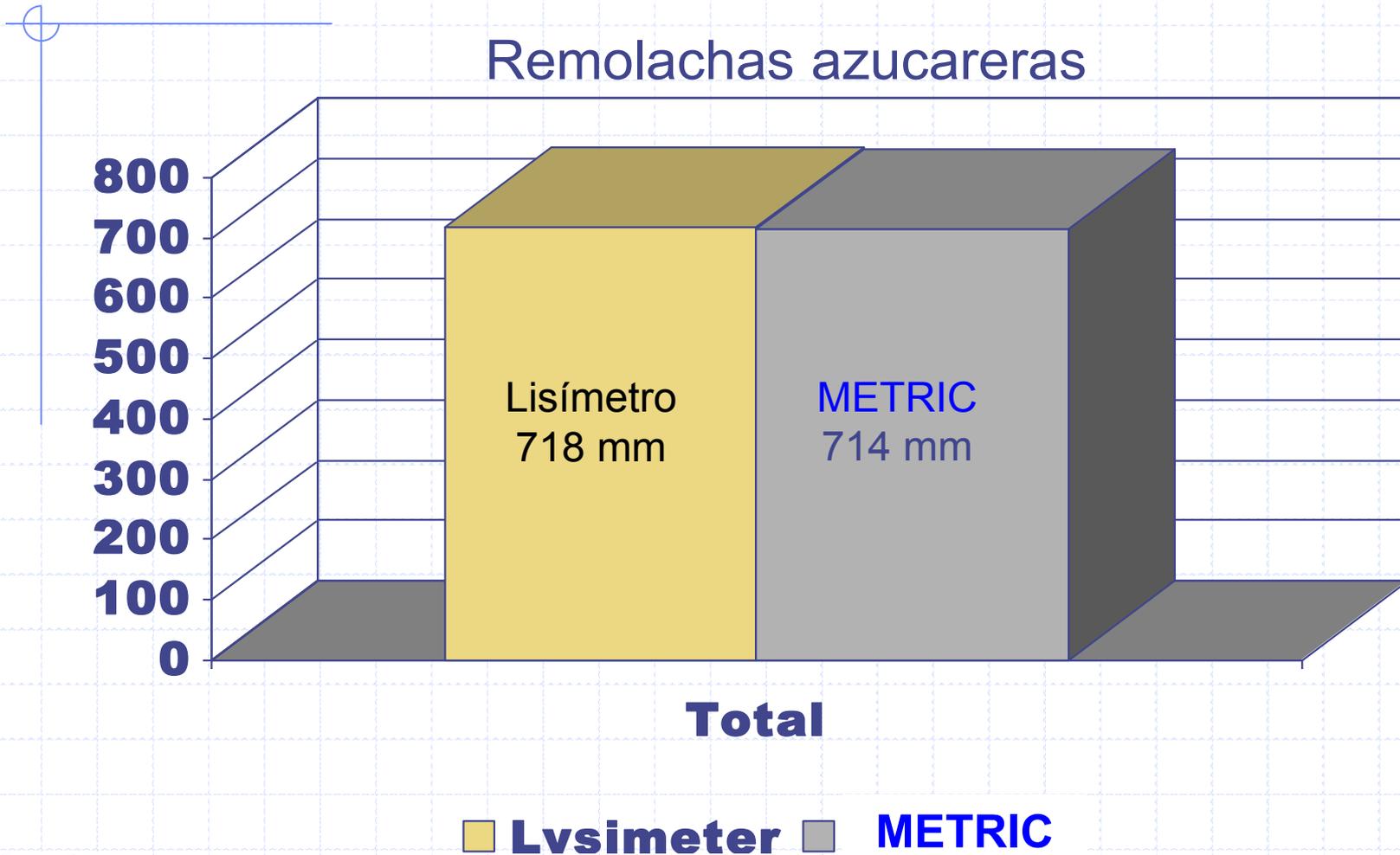
day
1989



- Lys. Kc on Sat. date x sum ET_r
- METRIC ET for period
- ▲ Sum. all lysimeter meas. (True)

Comparación de ET estacional por METRICtm con lisímetro

ET (mm) - abril-sept., *Kimberly, 1989*





Aplicaciones en las que el
esfuerzo y la exactitud importan

Planicie y acuíferos del río Snake
Los "puntos" son pozos de aguas subterráneas (> 4000)

Irrigadores "menores" del acuífero
~1960

Acuicultura
"mayor" de
manantiales
~1950

Consumo menor del acuífero
"hiere" derechos de río y manantiales
mayores

Irrigadores "mayores" del río ~1900

Idaho

Modelo del acuífero del plano oriental del Snake

Datos de METRIC ET:

- ◆ Han proporcionado una calibración más exacta del modelo de aguas subterráneas
- ◆ Exactitud mejorada de estimaciones de agotamiento y recarga
- ◆ Muestra tendencias a largo plazo y variación anual de la ET

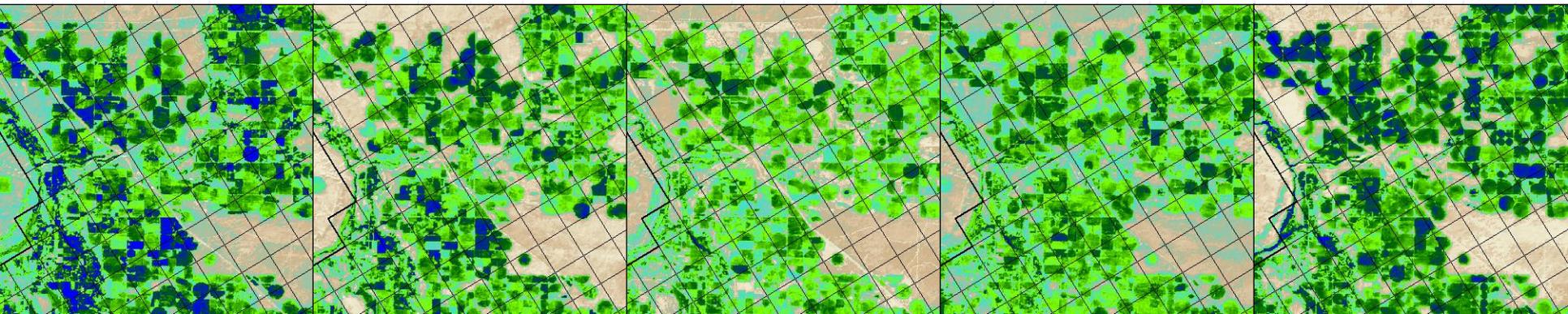
1996

2000

2002

2006

2008



Idaho Restricción de agua de Clear Springs Foods

Idaho *Business News*

Water curtailment ordered in Magic Valley

POSTED: 11:13 MDT Thursday, July 23, 2009

by IBR Staff

Idaho Department of Water Resources Interim Director Gary Spackman on July 22 issued a **curtailment order** to about 250 holders of 315 junior water rights in south central Idaho's Magic Valley. The curtailment order is part of a continuing response to a water delivery call made in 2005 by senior water right holder Clear Springs Foods.

State goes ahead with first large-scale well closure of more than 300 water rights in M.V.

Water districts have limited options, could file a stay

7/31/2009

By Nate Poppino

Times-News writer

The Idaho Department of Water Resources will go forward this morning with a plan to shut off more than 300 water rights irrigating just less than 9,000 acres of Magic Valley farmland, the first wide-scale well curtailment to actually be carried out by the state.

Water watch begins

Unprecedented well shut-off goes into effect in valley

By Nate Poppino and Jared Hopkins

WENDELL - Employees of Idaho's state water agency quietly fanned out across the Magic Valley Friday morning, to see if nearly 250 water-right holders have complied with an order to stop using some groundwater rights.

It was the first time that the Idaho Department of Water Resources actually enforced widespread well closures to provide water to another entity.

Talks fail to find well shutoff solutions

State continues curtailment enforcement

By Nate Poppino
Times-News writer

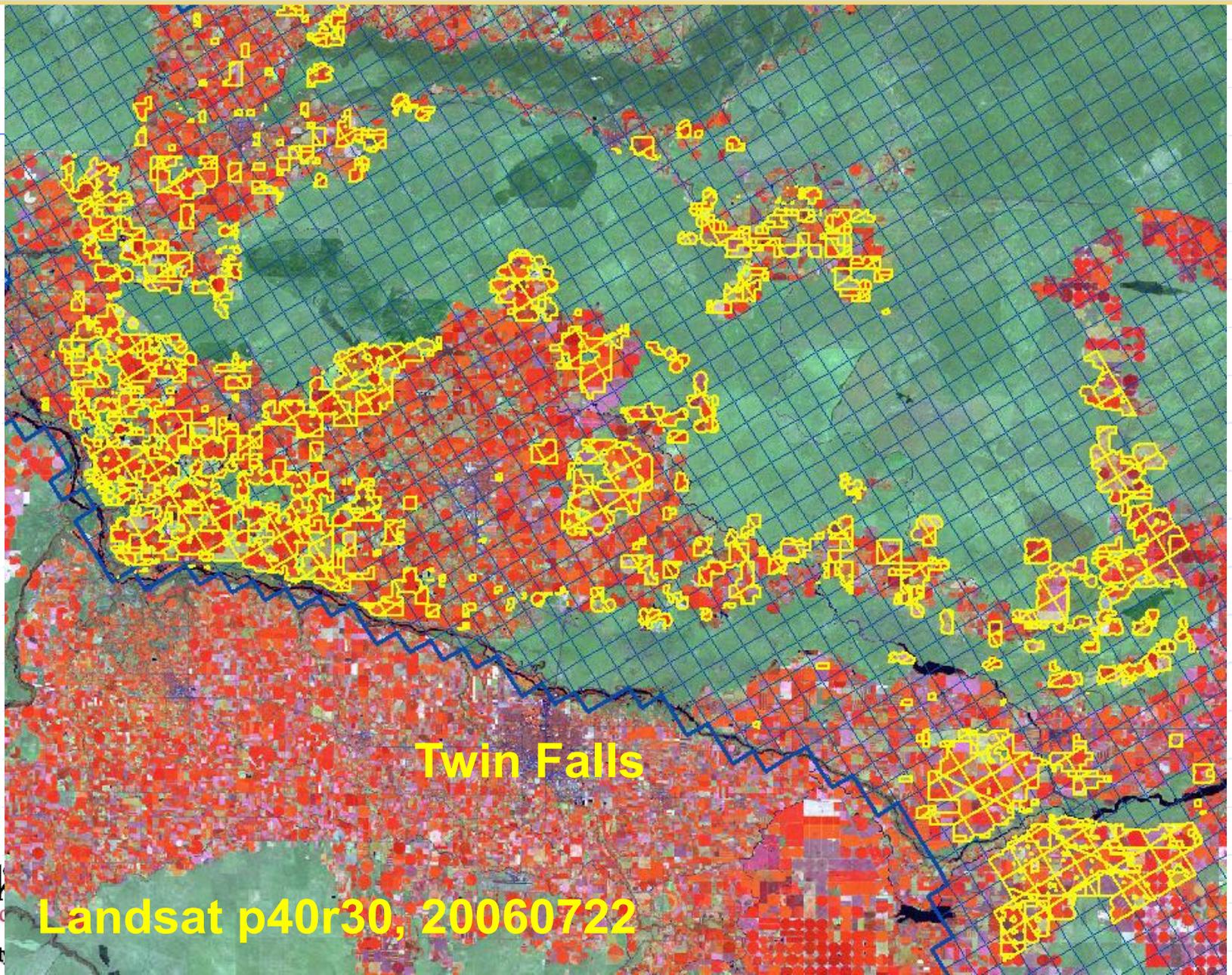
8/11/2009

Officials with two Magic Valley groundwater districts have not been able to reach an arrangement with a Buhl-area fish company, a setback in efforts to lift wide-scale well closures in the region.

Representatives of the North Snake and Magic Valley groundwater districts were attempting to reach an agreement to end curtailment of about 150 water rights affecting businesses, towns and about 4,150 acres of irrigated land. But Lynn Carlquist, chairman of the North Snake Ground Water District, said Monday afternoon that the districts will not be able to agree to requirements Clear Springs Foods listed as necessary for the company to consider a plan submitted last week acceptable.

The water rights were ordered shut down on July 31 by Idaho Department of Water Resources Interim Director Gary Spackman after he concluded the districts were not following through on a portion of an agreement aimed at providing more water for the springs Clear Springs relies on. Spackman's predecessor, Dave Tuthill, ruled last year that groundwater pumpers were depriving the company of part of its water.

Células del modelo GW y derechos de aguas menores

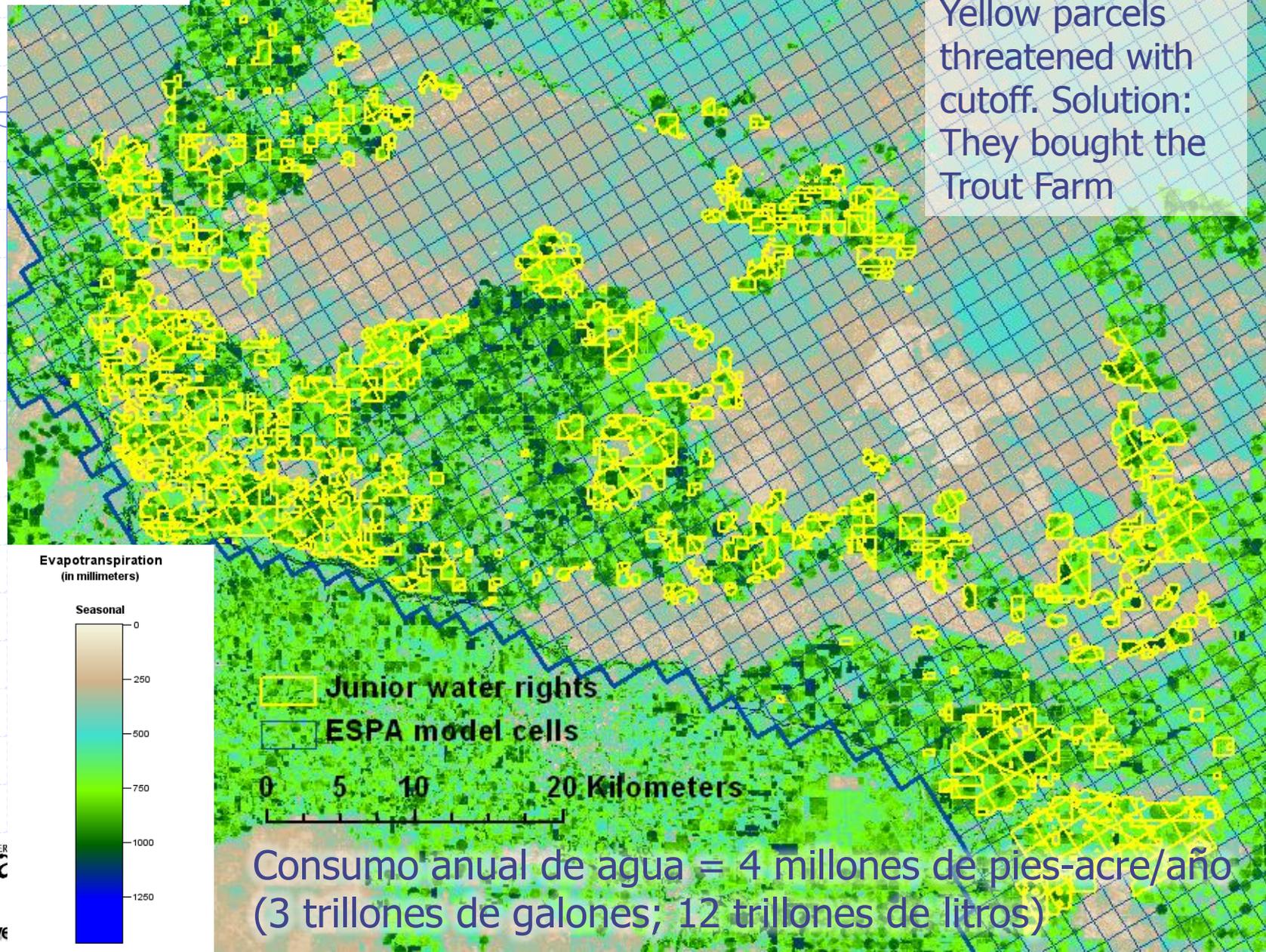


Landsat p40r30, 20060722

Idaho

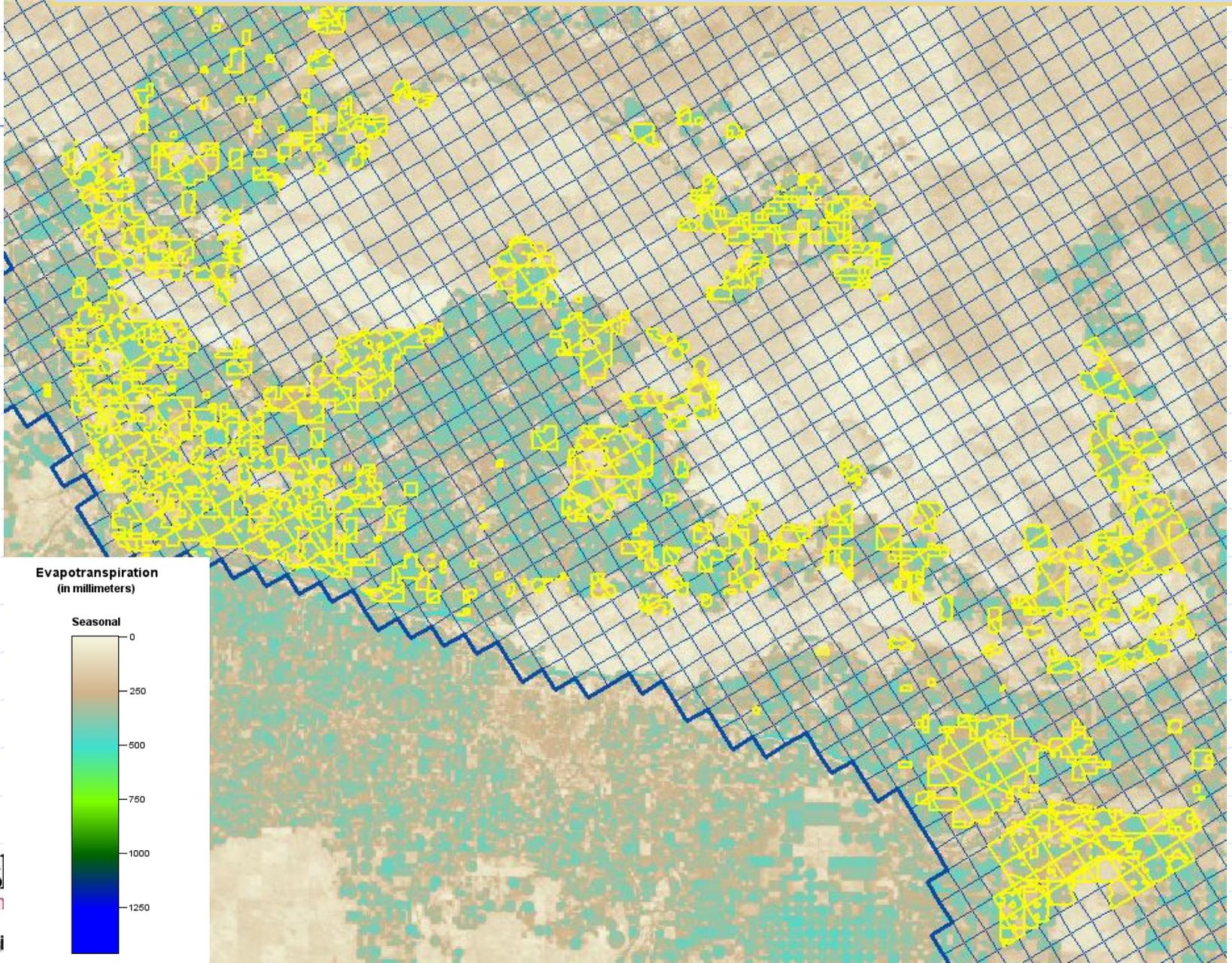
ET de METRIC 2006 abril a octubre

Yellow parcels threatened with cutoff. Solution: They bought the Trout Farm



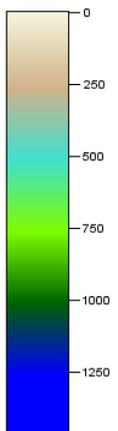
Consumo anual de agua = 4 millones de pies-acre/año
(3 trillones de galones; 12 trillones de litros)

ET de METRIC 2006 agosto a octubre



Evapotranspiration
(in millimeters)

Seasonal



Ejemplo 2: Recompra de derechos de aguas

Asunto:

Mantener flujo mínimo del río Snake

Especies en peligro de extinción

Derechos hidroeléctricos

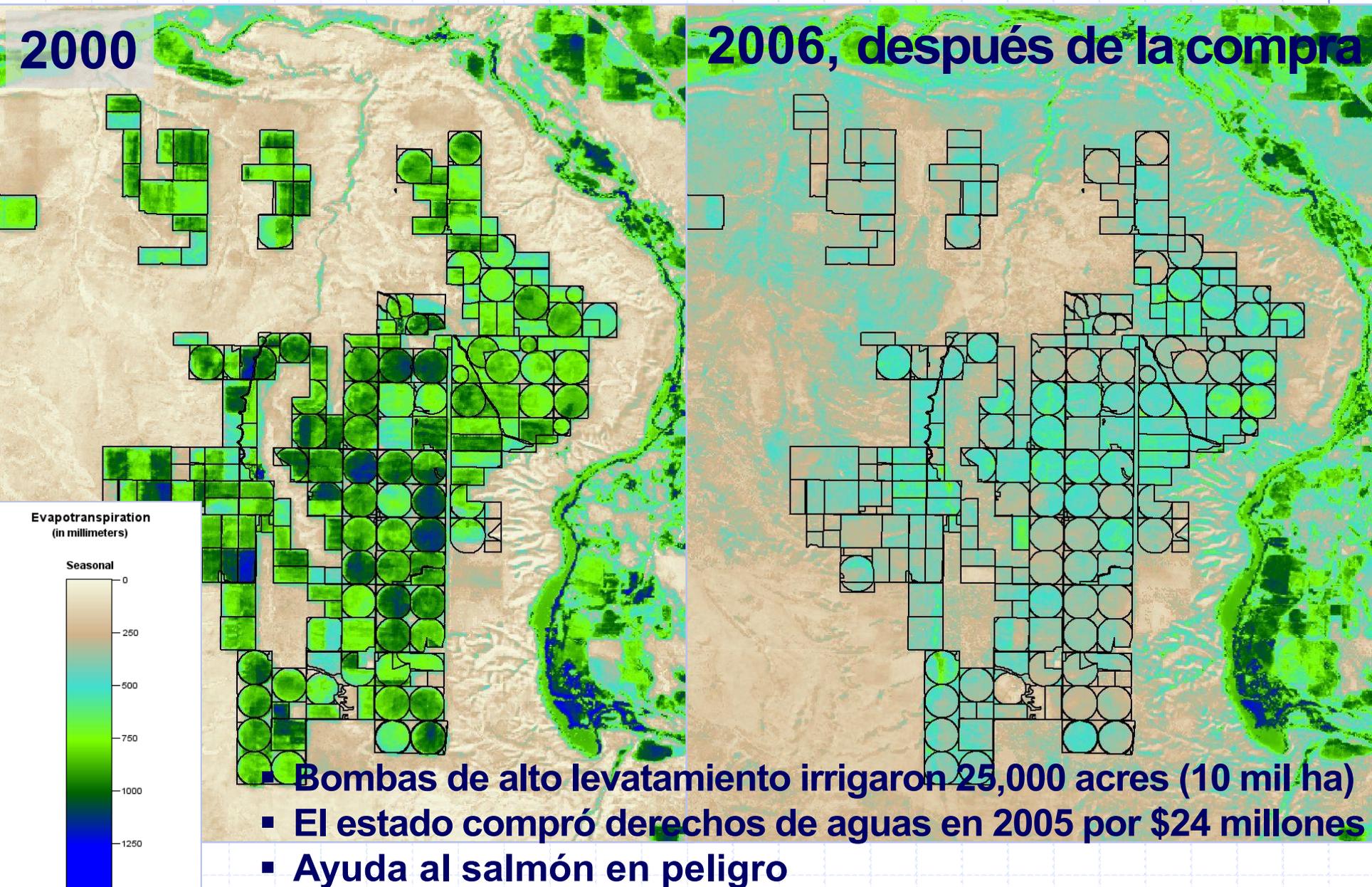
Método: Comprar derechos de aguas marginales

Negociación

Posición de los agricultores: comprar derechos de aguas completos

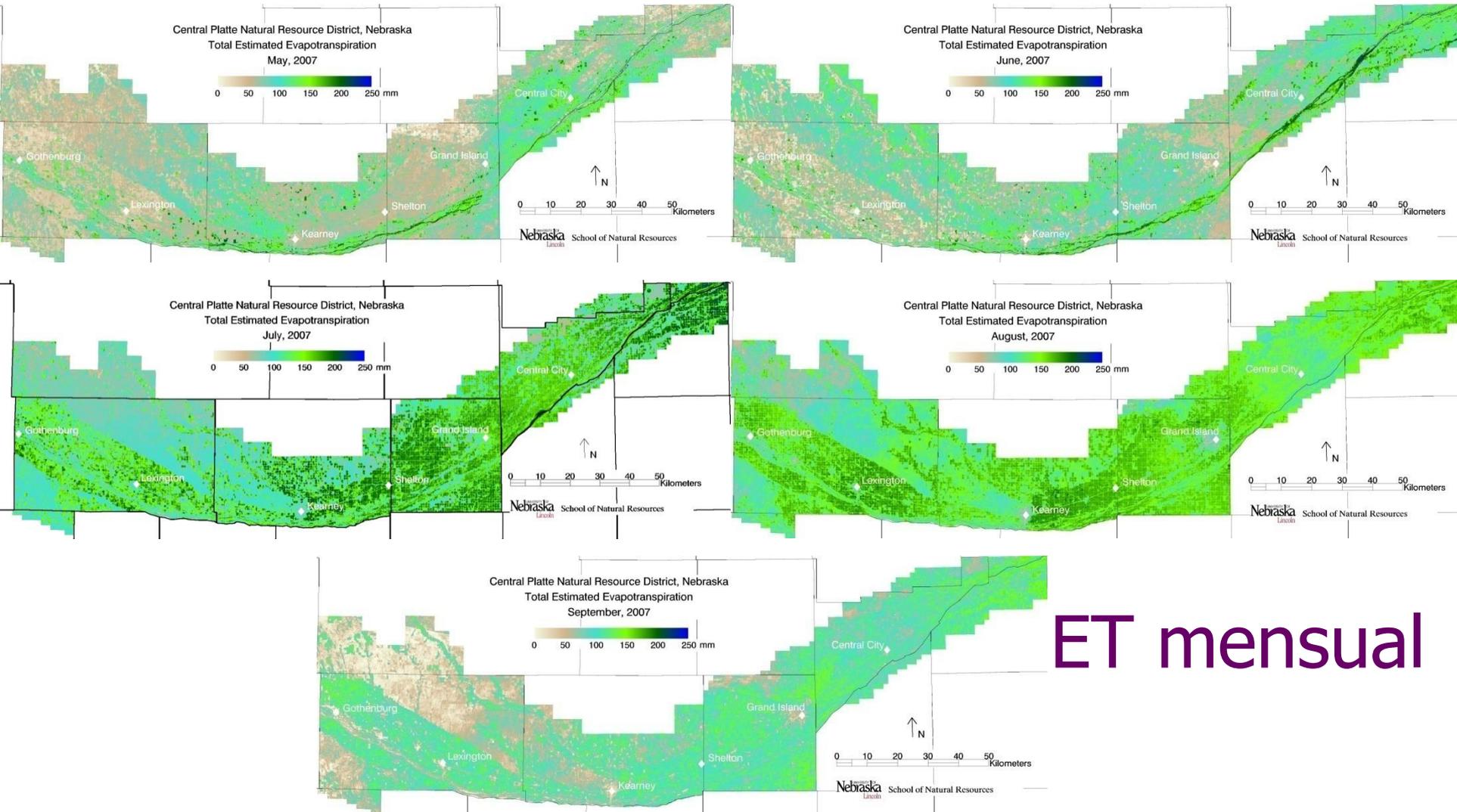
Posición de la IDWR: comprar agua "mojada"

Idaho Proyecto de irrigación Bell Rapids, Idaho: ET estacional



Nebraska

Distrito de recursos naturales Central Platte --- Gestión del acuífero Ogallala

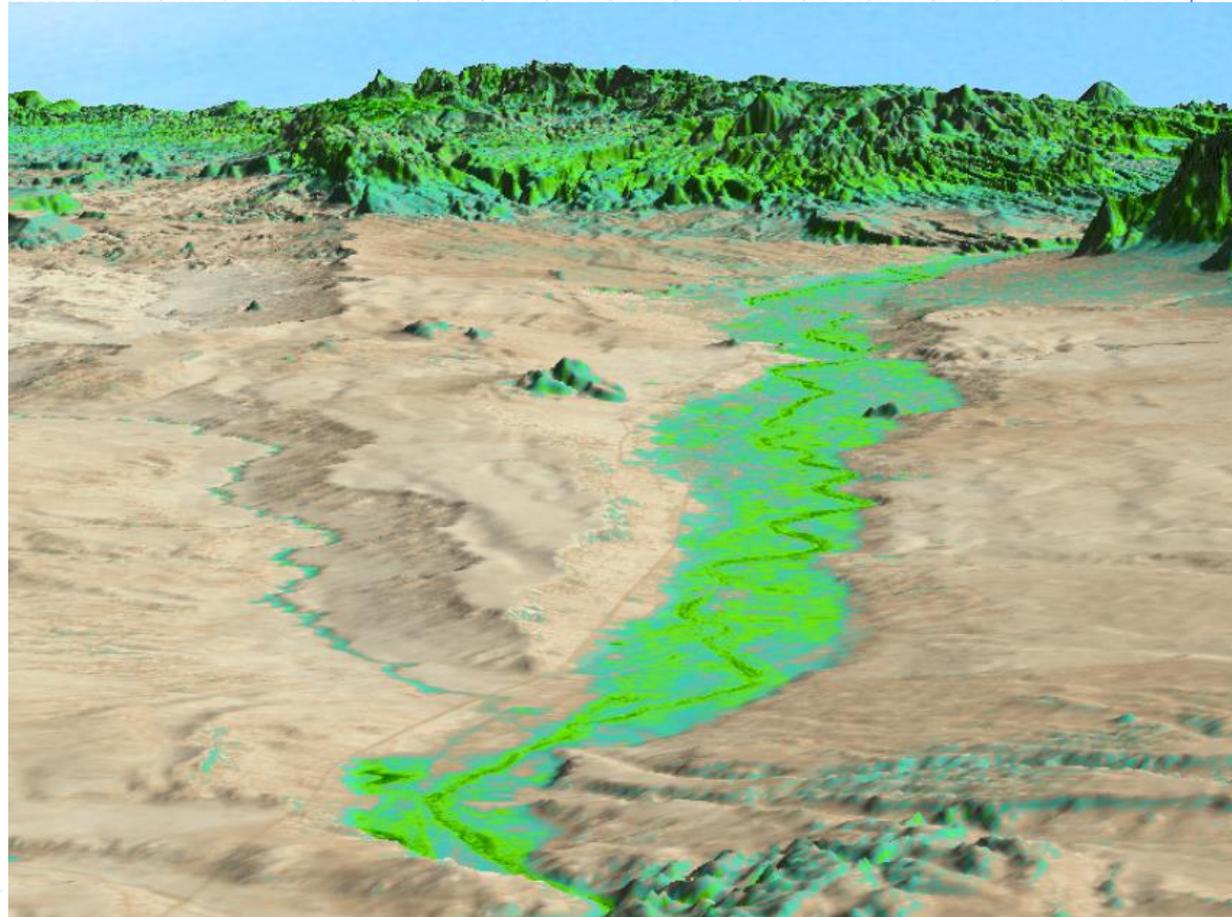
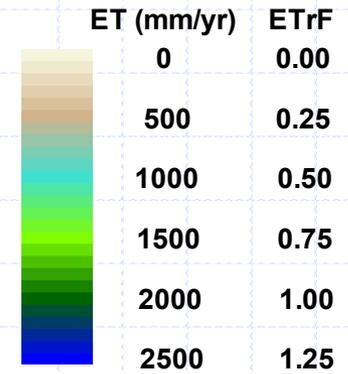


ET mensual

Nuevo México

El río Grande de Nuevo México

- Derechos de la nación originaria Pueblo datan desde Coronado en los 1500
- Invasión del cedro salino
- ¿El incremento en la producción de pecans produce un incremento en la ET de la agricultura irrigada?

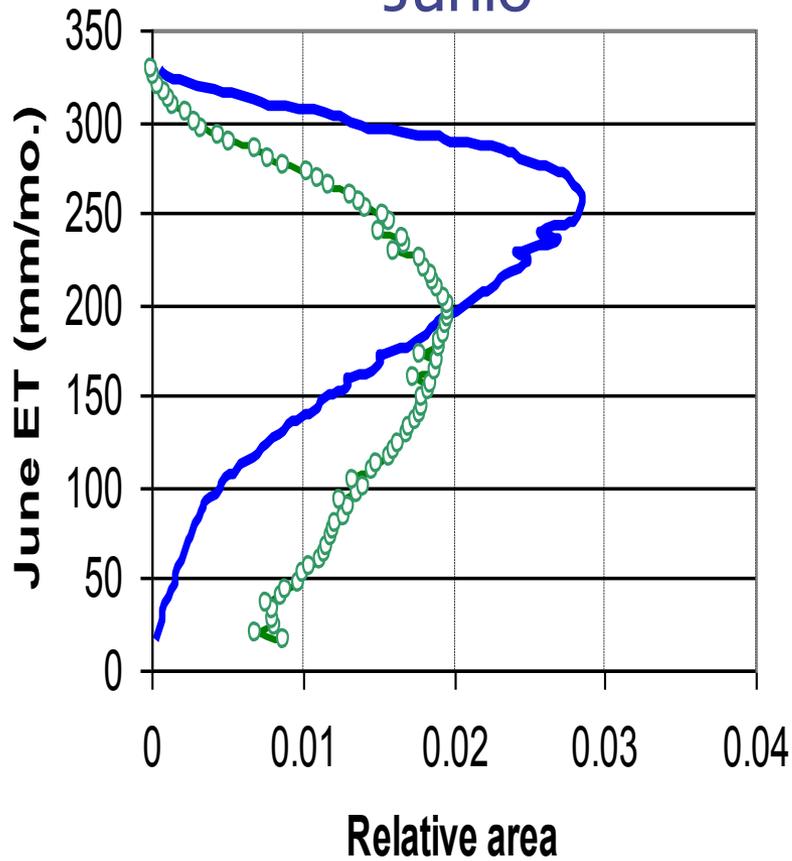


Nuevo México

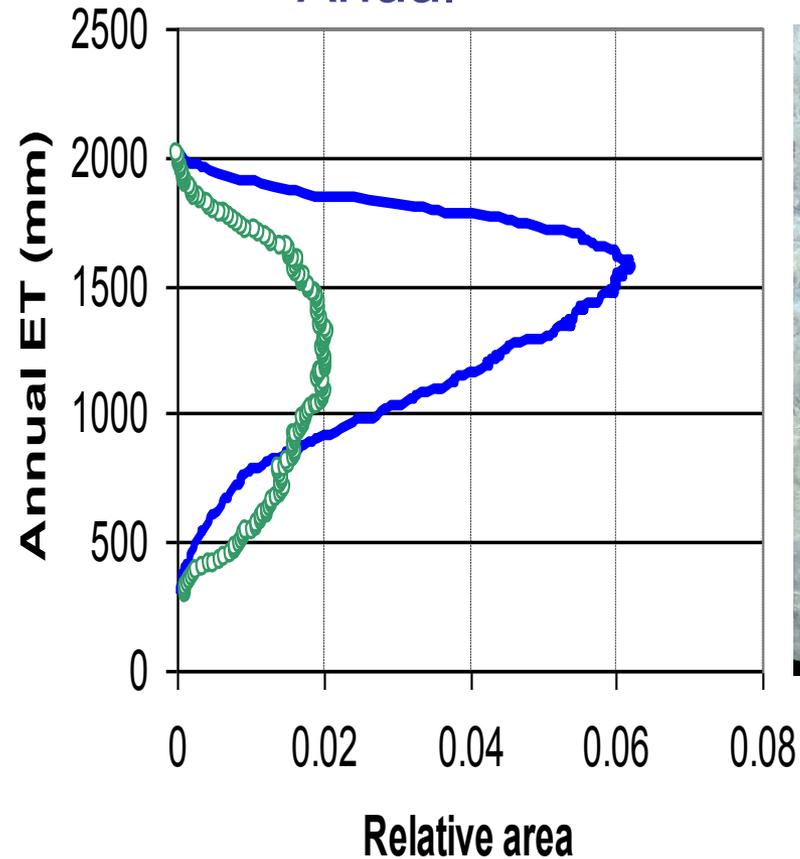
Distribución de frecuencias de la ET

15,000 acres (6.000 ha) de álamos (cottonwood) y cedros salinos

Junio



Annual



Tasumi y Allen, 2006

— Cottonwoods —○ Saltcedar

— Cottonwoods —○ Saltcedar



*Consumo estimado de agua por clase de vegetación ribereña dentro del área ribereña entre San Acacia y Cochiti, Nuevo México durante 2002**

	Total área (acres)*	Anual ET_rF (K_c)	Anual ET (mm)	Consumo anual de agua (AF)**
Cottonwood (álamo)	10,800	.67	1380	49,000
Cedro salino	4,550	.54	1110	17,000
Sauce	630	.71	1440	3000
Olivo	90	.63	1280	400



*Asume ET_rF (i.e., ET/ET_r) constante durante el día

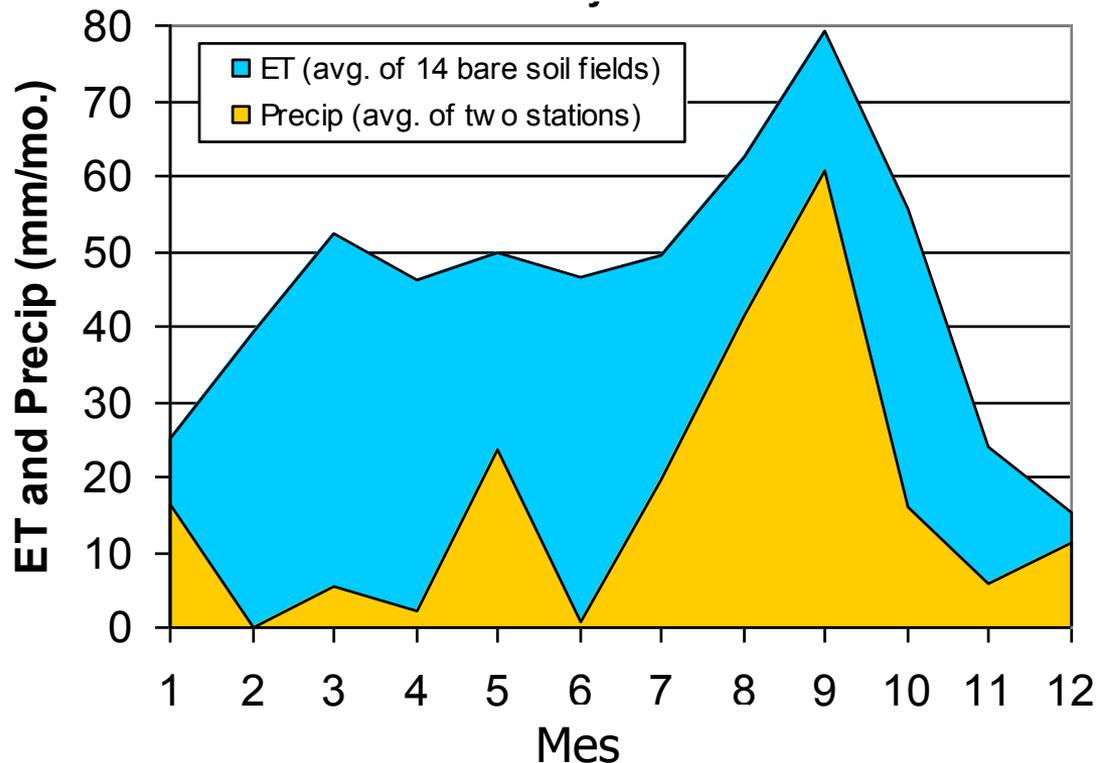
*1 acre = 0,4 ha
 ** AF = acre foot (pie acre)
 1 AF = 1233 metros cúbicos

*Del informe de la Universidad de Idaho (Allen et al., 2004) a Keller-B...
 Engineering, Logan, Utah para el Dpto. De Justicia de EEUU*

Clasificación de alta resolución cortesía del Dr. Christopher Neale, Universidad Estatal de Utah

Con imágenes termales, podemos ver evaporación importante del suelo húmedo – por ejemplo de cepas freáticas altas

ET de suelo desnudo y precipitación mensuales en el valle del MRG



*Evaporación durante 2002 de áreas continuamente descubiertas a lo largo del **Medio Río Grande** de Nuevo México contrastada con la precipitación*

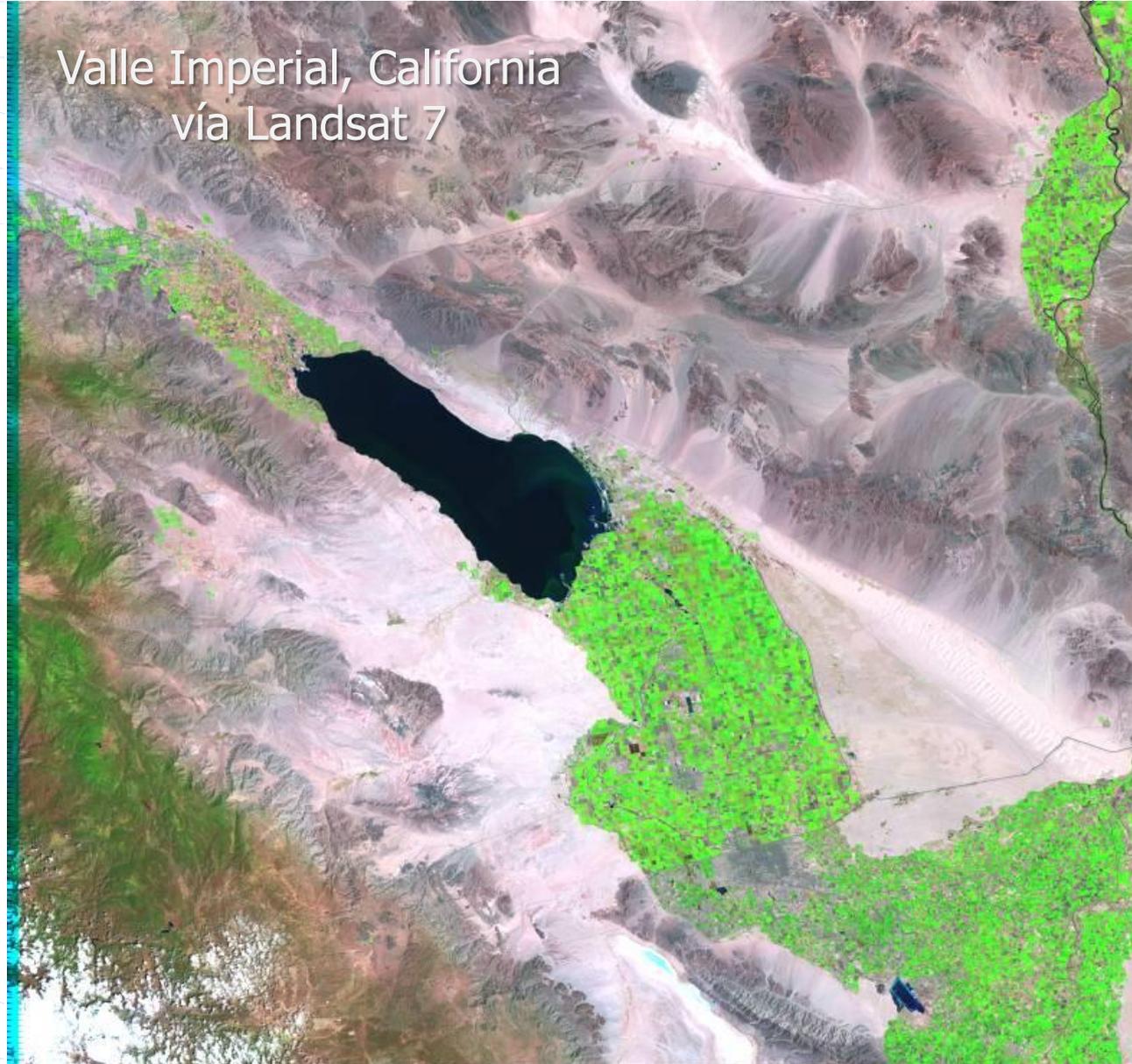
California

Valle imperial



- ~15% del suministro de agua tradicional a la agricultura ahora fluirá a San Diego/ Los Ángeles
- ¿Cuál es el impacto en la agricultura, en el consumo de agua y en el lago Saltón?

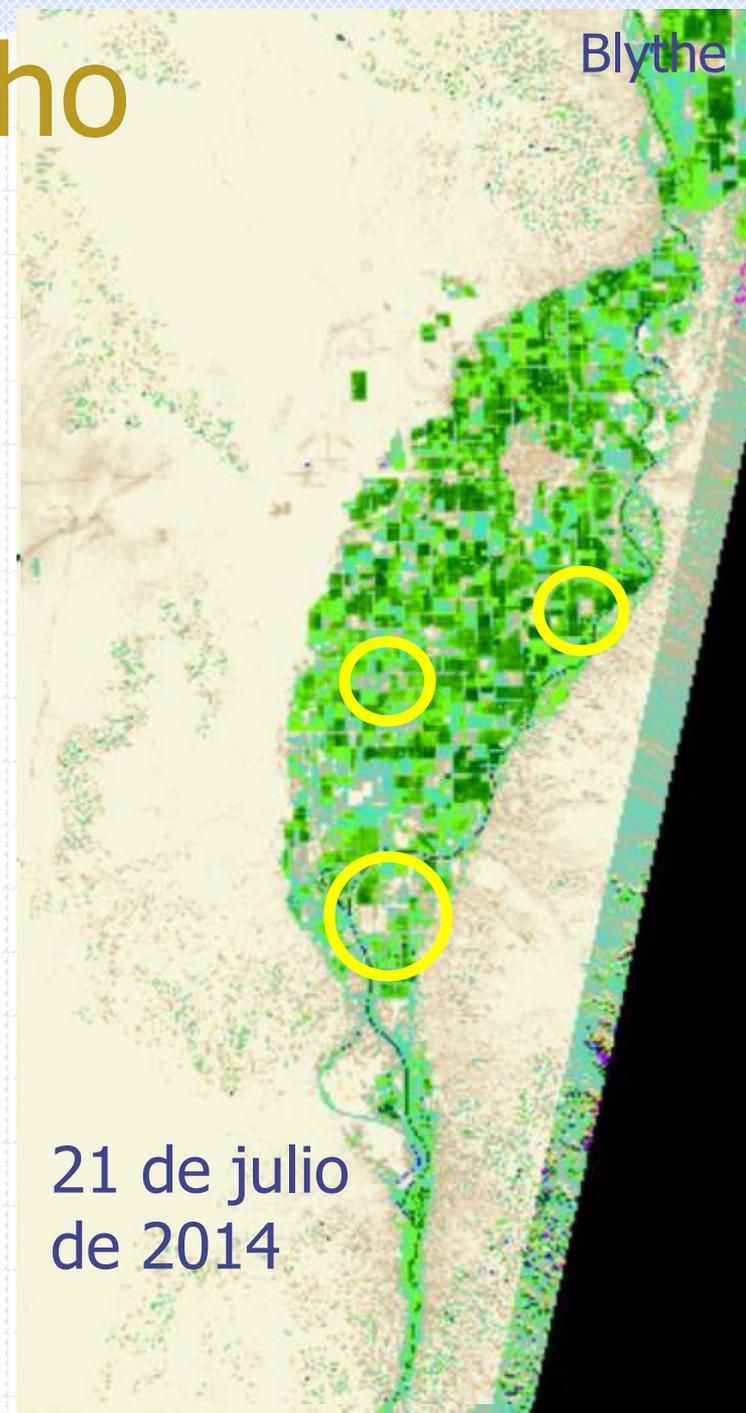
Valle Imperial, California
vía Landsat 7



Tierras en barbecho en 2014

- Reducción de ET 'debería' reducir a casi cero (en caso de poca lluvia)
- Transición de campos de alfalfa es notable
- Las ciudades pueden documentar la reducción de la ET agrícola y acatamiento del Compacto del río Colorado

Blythe

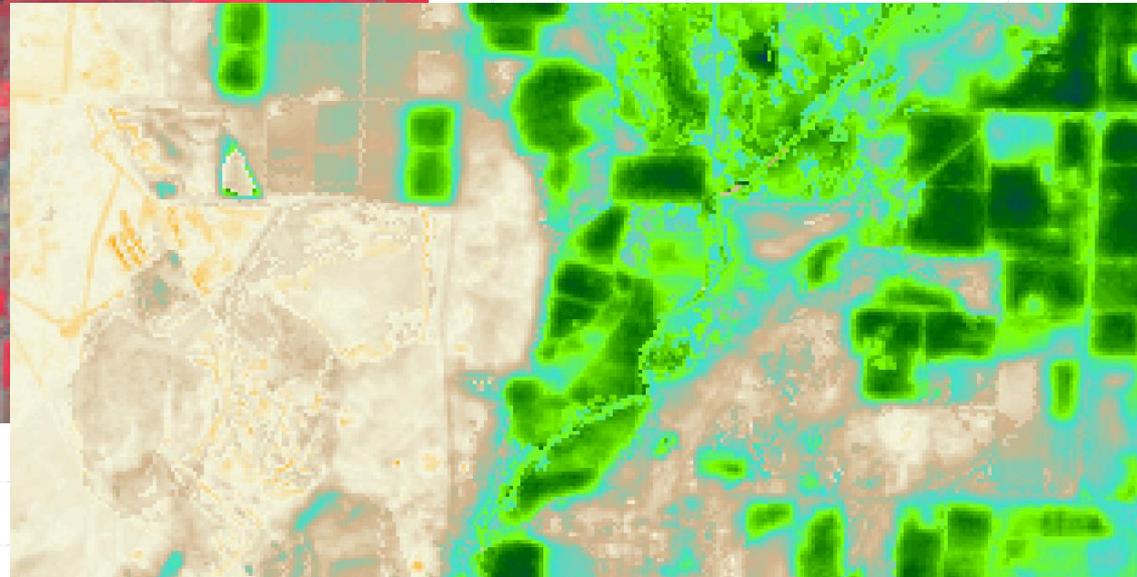
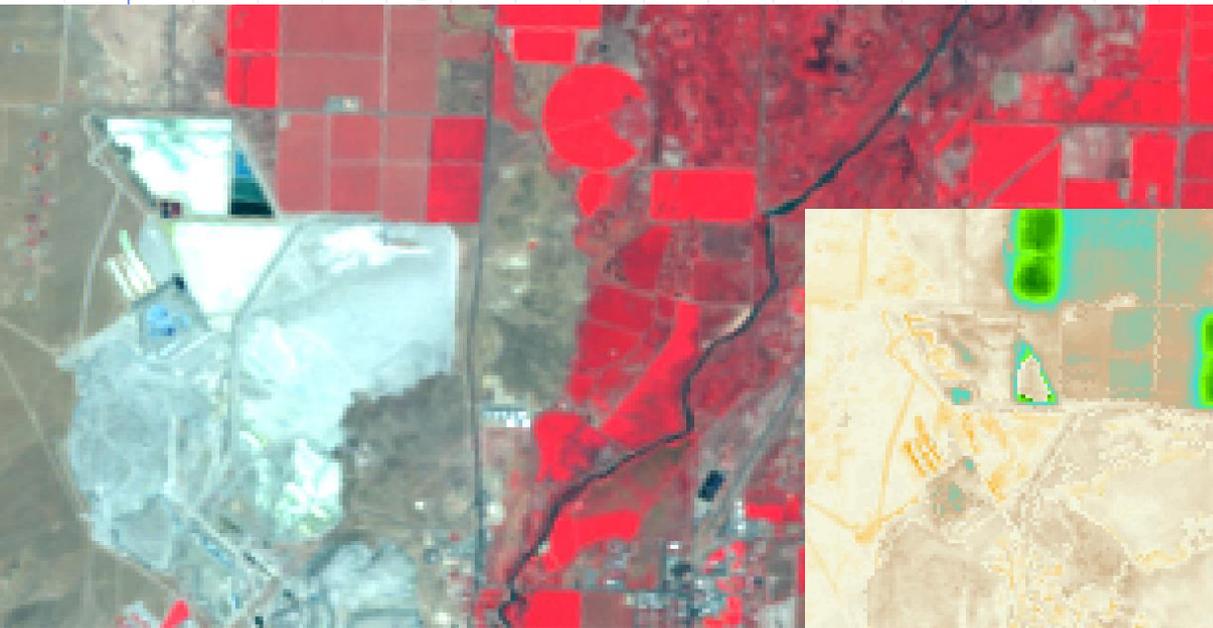


21 de julio
de 2014

Nevada

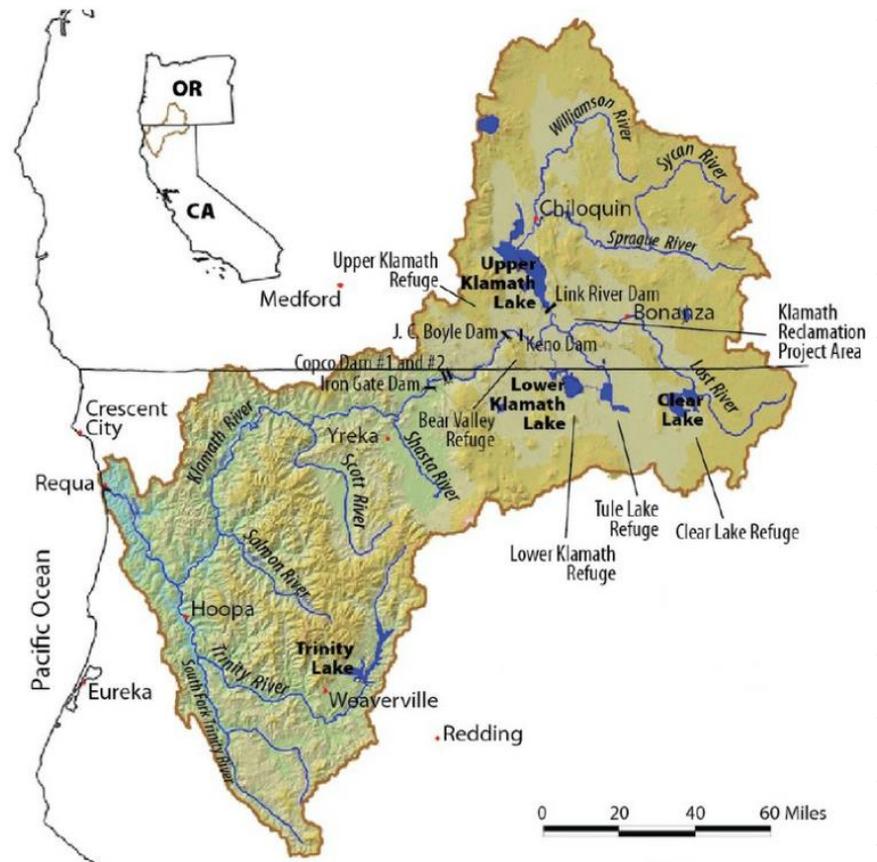
◆ Desert Research Institute / Nevada Office State Engr.

- Transferencias de aguas de agricultura irrigada a Reno/Las Vegas
- Transferencias de aguas de freatorfitas y lagos secos a Las Vegas
- *Necesitamos imágenes térmicas de alta resolución para los corredores de irrigación angostos y sistemas freatorfíticos a veces angostos*

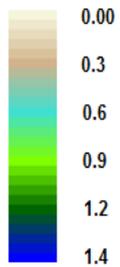


Cuenca del río Klamath

- ◆ Hogar de diversas especies de fauna
- ◆ Comunidades rurales económica y culturalmente diversas
- ◆ Las tribus Karuk, Yurok y Klamath cosechan salmón and c'wam del río por motivos culturales y de subsistencia
- ◆ Familias pescadoras comerciales de la costa dependen del salmón del Klamath para su subsistencia
- ◆ Las familias agrícolas y rancheras usan el río para la irrigación de diversos cultivos
- ◆ Han surgido conflictos enconados entre las comunidades tribal, agrícola y pescadora comercial
- ◆ Las tribus Klamath recibieron derechos de aguas mayores (mayo 2013) para grandes porciones de la cuenca alta
- ◆ **Esto dio lugar a una retirada de agua en escala masiva para algunas áreas irrigadas – Requiere monitoreo y confirmación de la ET después de la retirada de agua**



Relative ET (ET_rF)



$$(ET_rF = ET_{act} / ET_{ref})$$

Lago Cráter



Valle del río Wood

Lago Klamath

19 de octubre

N



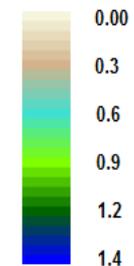
Obra financiada por el USGS

19 de octubre

Conclusión: Algunas áreas no se secaron por la ceba freática alta o proximidad a un humedal

Valle del río Wood

Relative ET (ET_{rF})



$$(ET_{rF} = ET_{act} / ET_{ref})$$

Lago Agencia

Conclusión: Algunas áreas tuvieron reducciones significativas de la ET. El monitoreo basado en Landsat fue crucial para cuantificar reducciones y apoyar la gestión adaptativa del agua en la cuenca.

Introducción a la Corte Suprema de EEUU

◆ Montana vs. Wyoming en el río Tongue

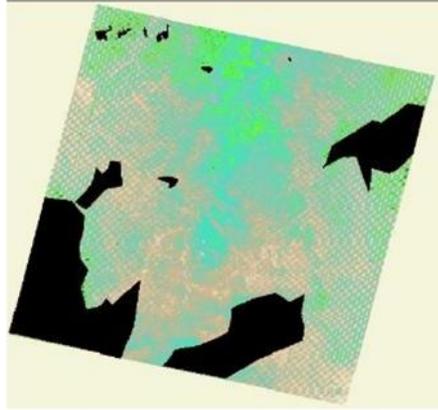
- Caso de la Corte Suprema de EEUU
- Derechos de aguas aguas arriba vs. aguas abajo y agotamiento por el estado aguas arriba
- Compacto interestatal
- ET de alta resolución se usa para estimar el consumo de agua entre campos irrigados rodeados de desierto
- La ET de METRIC ET se usó para investigar la expansión de superficie cultivada en Wyoming
- Cambio en ET entre años secos y húmedos
- Testimonio por Allen

Retos en el uso de imágenes satelitales tipo “foto instantánea” de alta resolución para cuantificar el consumo estacional de agua

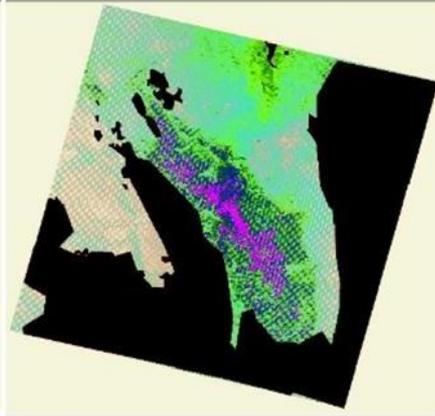
- ◆ Landsat pasa por encima cada 16 días
- ◆ Partes del área de las imágenes a menudo están nubladas
- ◆ La ‘foto instantánea’ de Landsat puede omitir del todo la evaporación de eventos pluviales entre las fechas del satélite

Las imágenes pueden estar contaminadas con lluvias

04-16-04

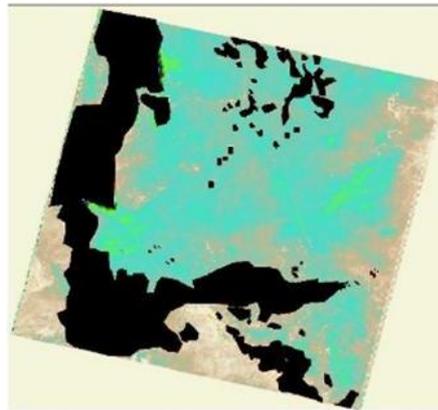


04-23-04

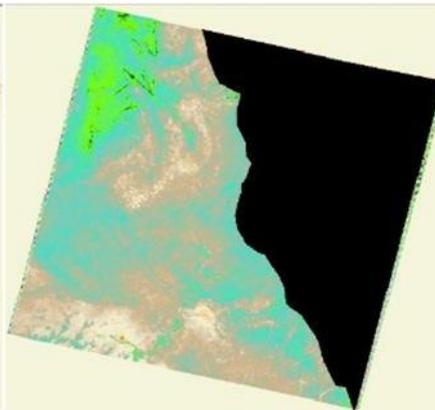


norte-centro
de Wyoming

04-24-04



05-10-04



Mitigación de nubes

No se puede estimar la ET para áreas cubiertas de nubes.

Las áreas cubiertas de nubes deben ser 'enmascaradas'.

Suelo seco (ET baja)

Lluvias recientes en esta área incrementan la ET

Irrig. Ag.

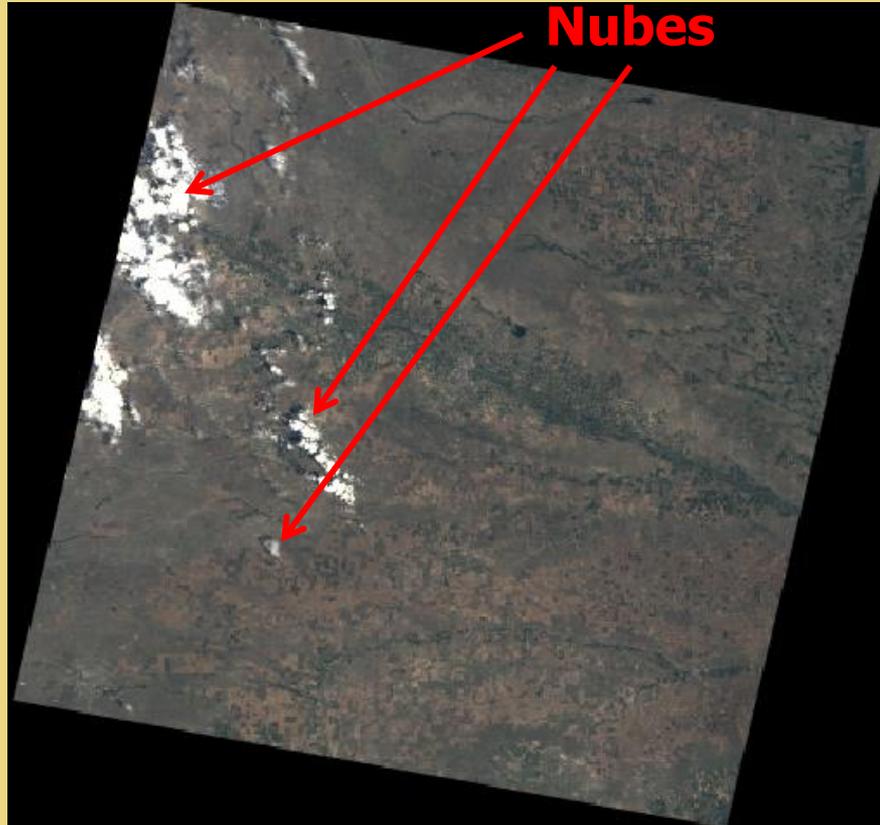
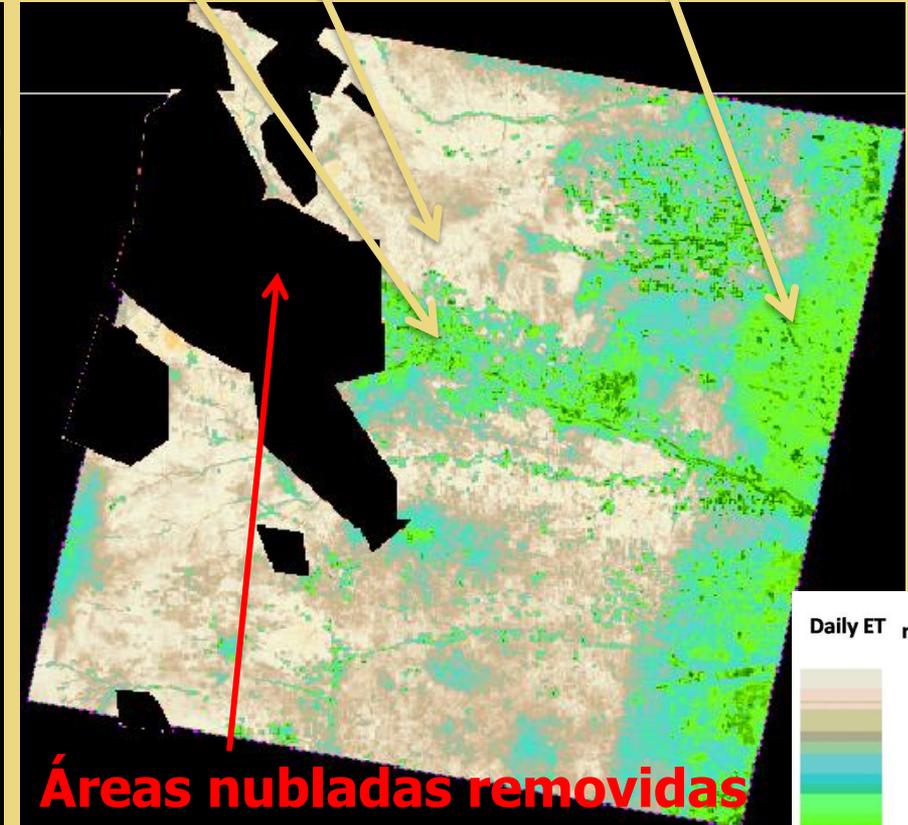


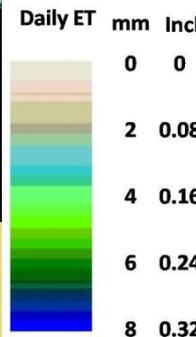
Imagen de Landsat 07/12-1997

Nebraska Panhandle - 1997

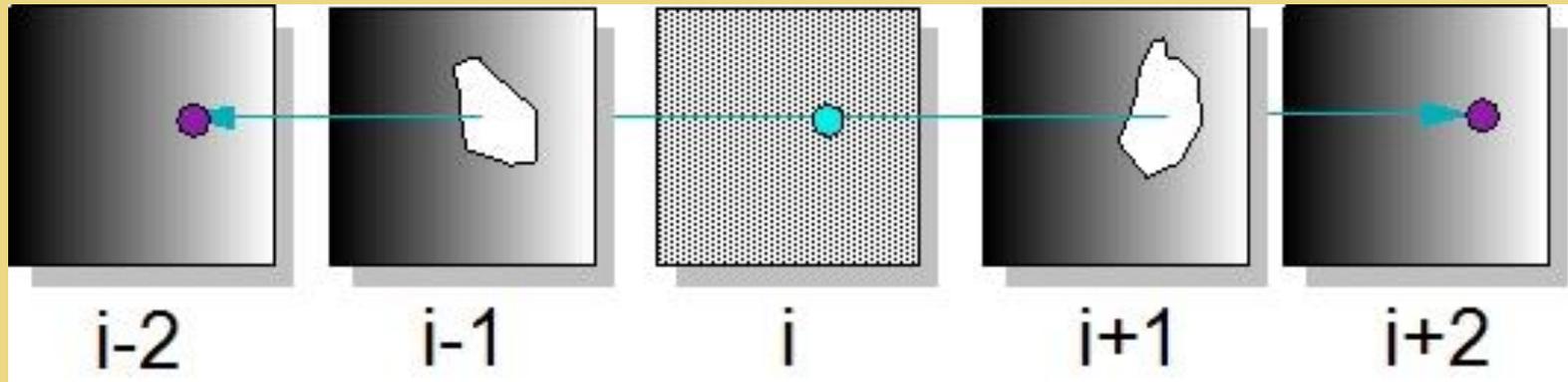


ET el 07/12-1997.

Las nubes han sido enmascaradas.

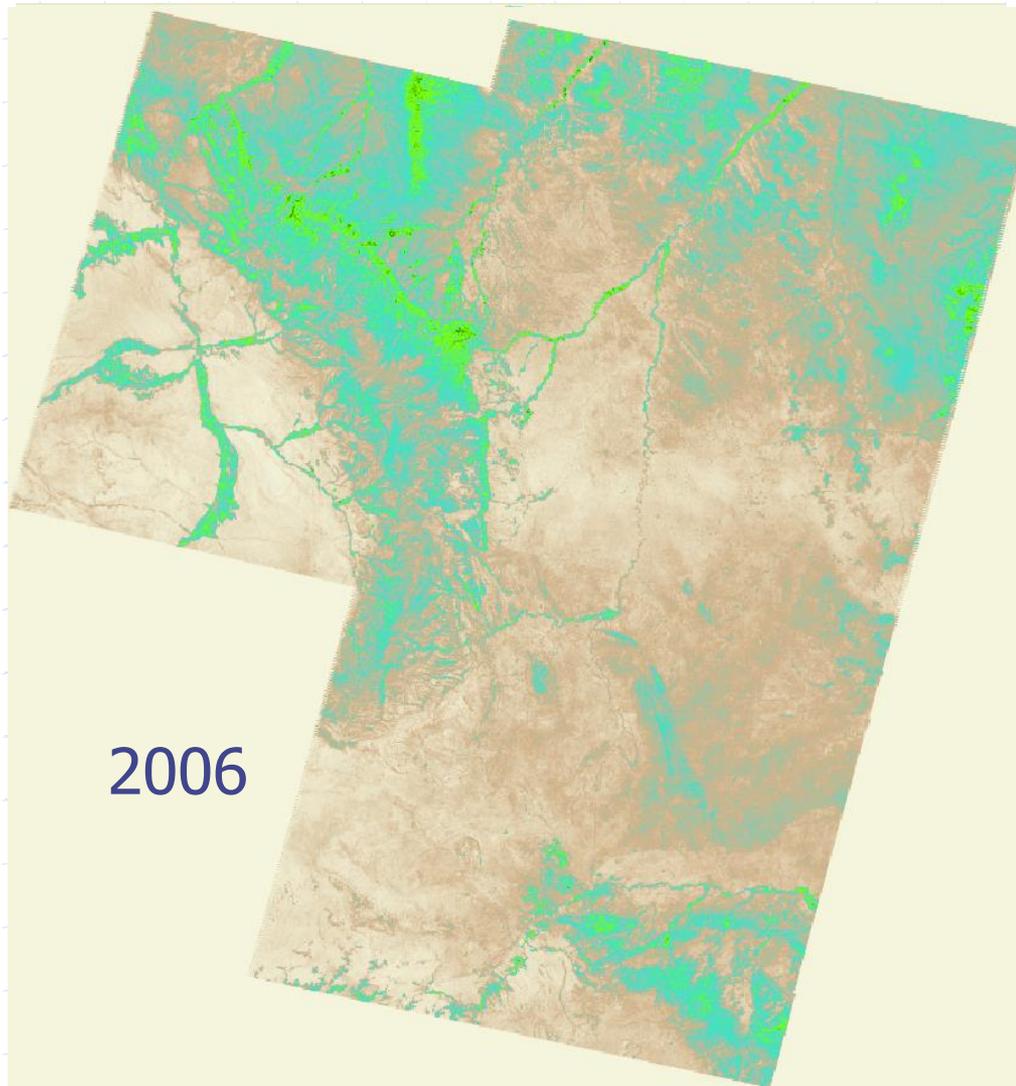


Procedimiento para llenar las lagunas de las nubes

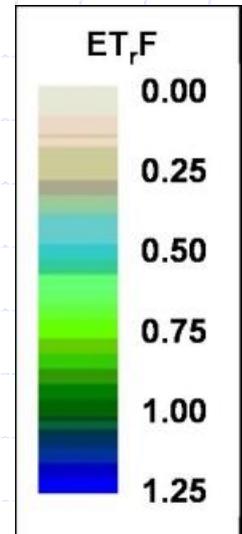


Se presta la información de 'ET relativa' de imágenes adyacentes (en el tiempo)

ET de la región norte de Wyoming para los años 2004 y 2006 siguiendo la integración temporal entre imágenes de Landsat y la mitigación para nubes



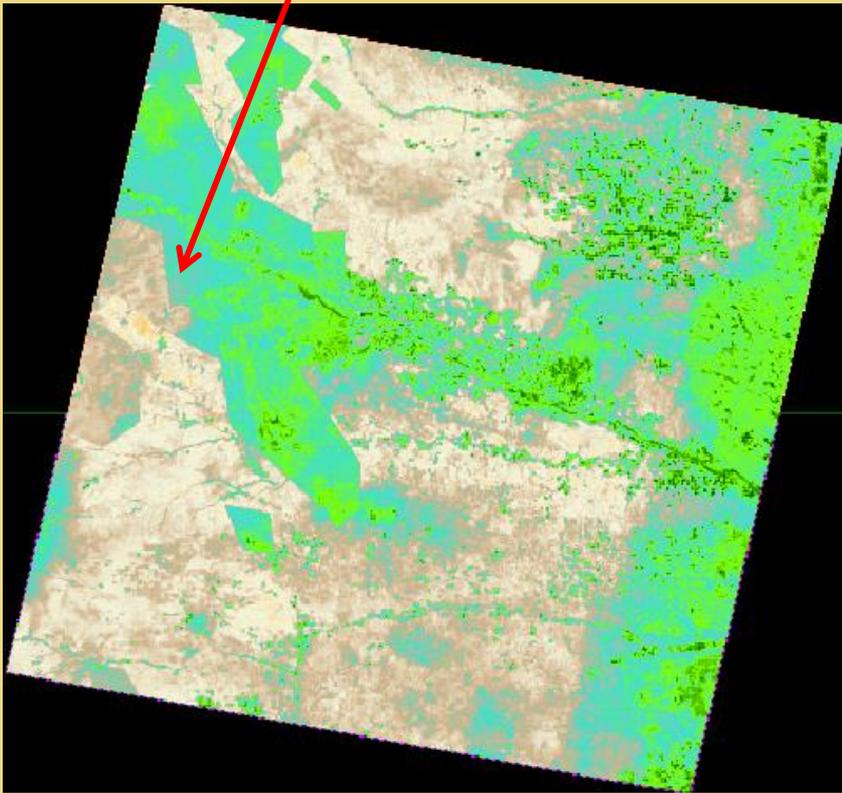
ET estacional exacta no se encuentra fácilmente debido a la falta de Landsats



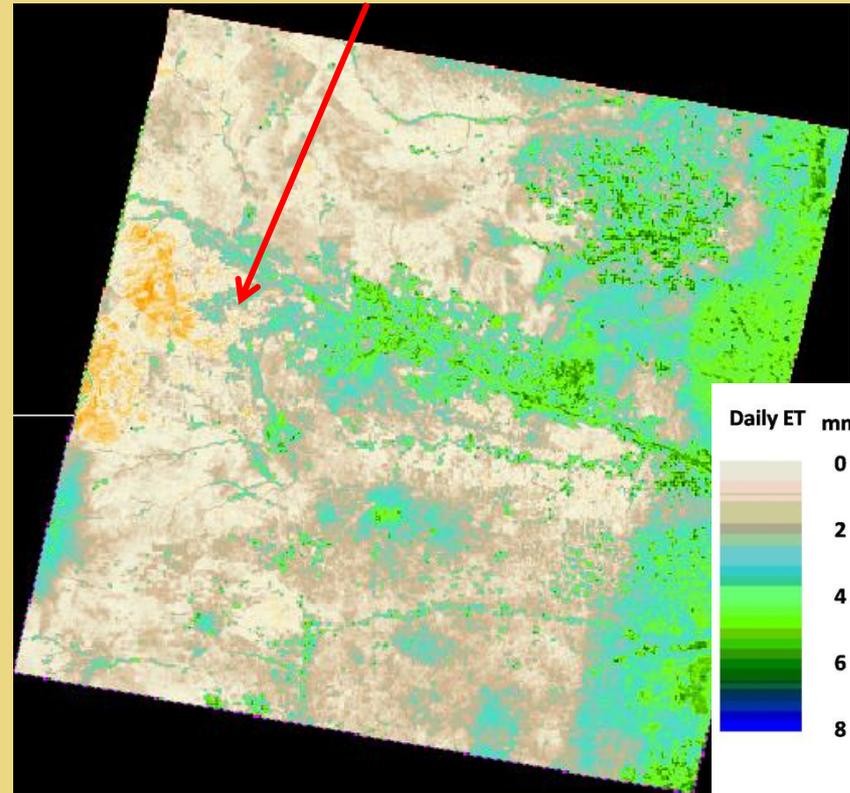
Kelly y Allen, 2009

Paso 2: Ajustar para cambios en evaporación debido a lluvias

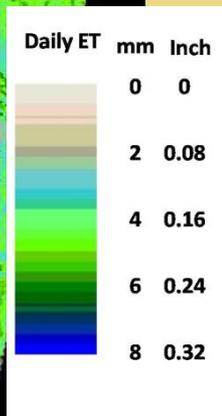
Las áreas rellenas están muy altas para suelo desnudo
Mejor correspondencia



Relleno sin ajuste



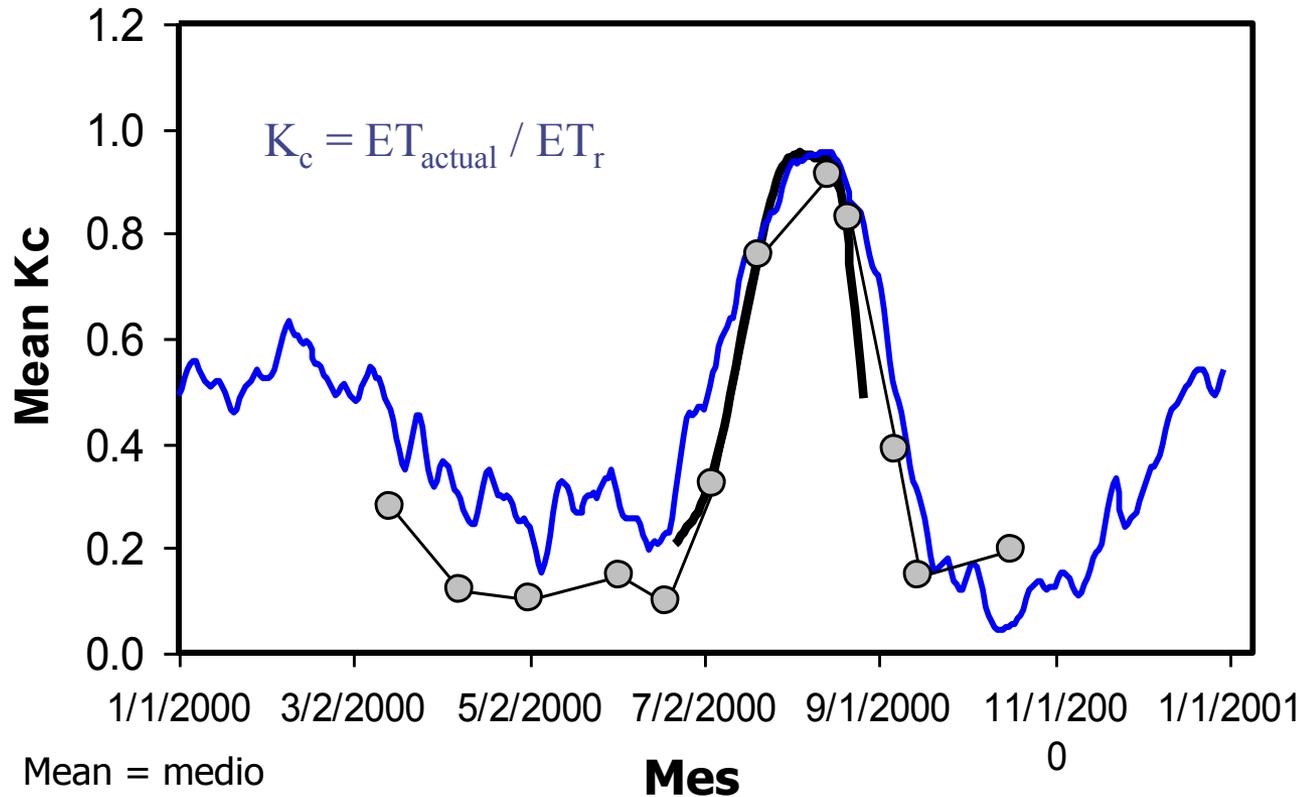
Relleno con ajuste para evap.



07/12-1997

Congruencia de K_c de METRIC y métodos basados en K_c

Alubias secas Twin Falls, ID 2000



— Agrimet for 2000 — Allen-Robison - 14 yr ave. —○— METRIC for 2000

Usuarios recientes o actuales de METRIC

Públicos

- ◆ Idaho Dept. Water Resources –ver diapositivas anteriores
- ◆ USGS – Klamath River Basin, Montana, model. ag. subter.
- ◆ Metropolitan Water District – barbecho en Palo Verde
- ◆ New Mexico Office of the State Engineer (OSE)
- ◆ Wyoming Office of the State Engineer – Cuenca del río Green– parte del Colorado Compact
- ◆ Nevada Office of the State Engineer – transferencias de aguas de la agricultura o de areas freafíticas a las ciudades
- ◆ California Water Resources Control Board – consumo del agua en la bahía-delta de California (recién iniciado); - monitoreo e intervención en los requisitos de sostenibilidad de aguas subterráneas en toda California (usará ET a base de satélites)

Usuarios recientes o actuales de METRIC

Públicos

- ◆ Distrito de recursos naturales Central Platte, Nebraska – Gestión en conjunto de aguas subterráneas y superficiales
- ◆ Univ. de Texas – Exploraciones a nivel estatal del mapeo de e intercomparaciones de modelos
- ◆ Univ. estatal de North Dakota – agricultura de irrigación pluvial, humedales
- ◆ Dpto. de Recursos Hídricos de Oregon – ET de irrigación (Univ. de Idaho); Impactos de cambio climático (ET+/HH)
- ◆ Dpto. de Recursos Naturales de Montana– Agotamiento por ET de la irrigación, ET de tierras tribales
- ◆ Departamento de Justicia – Agotamientos del Rio Grande medio

Usuarios recientes o actuales de METRIC

Comerciales

- ◆ Soil Hydrology Associates, Las Lunas, NM – ET en modelos hidrológicos – CA, TX, NM, AZ
- ◆ Davids Engineering – múltiples usos
- ◆ Riverside Technology Inc. –Río Platte Norte (compacto), Río Platte Sur (Univ. de Idaho), Marruecos
- ◆ ET+ -- Cuenca del Klamath, área de Palo Verde
- ◆ Gallo, Inc. – gestión de ET y humedad del suelo para mejorar la calidad de vinos
- ◆ Intera, Inc. – ET de aguas superficiales y subterráneas en la cuenca del río Pecos
- ◆ CalPoly / DRI – ET en el Valle Central de California
- ◆ Estado de Nevada / DRI – ET de transferencias de aguas de la agricultura o lagos secos a ciudades

Usuarios recientes o actuales de METRIC

Internacionales

- ◆ Andalucía, Región de España – ET de olivares irrigados vs. los que reciben sólo aguas pluviales
- ◆ Univ. de Talca, Chile – ET de olivares irrigados, uvas de vino, huertos, incluso sistemas basados en vehículos aéreos no tripulados
- ◆ Ciera, Brasil – ET para modelos hidrológicos y agotamientos de irrigación
- ◆ Marruecos – Riverside Technology, Inc. – equidad en la asignación de aguas

Acceso to METRIC

- ◆ Capacitaciones anuales de METRIC
 - Acceso a código de METRIC de Nivel 1/2
 - Acceso a manual de aplicaciones de METRIC
 - Capacitación de cuatro días

- ◆ METRIC está codificado en:
 - ERDAS Imagine con modelos predeterminados
 - ArcGIS – ArcPy
 - Algunos segmentos en Python-GDAL



PROYECTO ACTUAL: HERRAMIENTA DE MODELADO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN RESOLUCIÓN DE LANDSAT EN GOOGLE EARTH ENGINE

— **EEFLUX**

EEFlux- Equipo de desarrollo

Ayse Kilic – Universidad de Nebraska -- Profesor y presentador, *Miembro del Landsat Science Team*

Justin Huntington – Desert Research Institute – Profesor, *Miembro del Landsat Science Team*

Rick Allen – Universidad de Idaho – Profesor, *Miembro del Landsat Science Team*

Doruk Ozturk, Samuel Ortega, Babu Kamble, Ian Ratcliffe – Universidad de Nebraska – Desarrollador

Charles Morton – Desert Research Institute –



UNIVERSITY OF
Nebraska
Lincoln

University of Idaho
A LEGACY OF LEADING

DRI
Desert Research Institute

Google



USGS
science for a changing world

Desarrollador

Clarence Robison – Univ. de Idaho – Técnico GIS

Ricardo Trezza – Universidad de Idaho – Profesor

David Thau, Google, Inc. – Proponente de Earth Engine

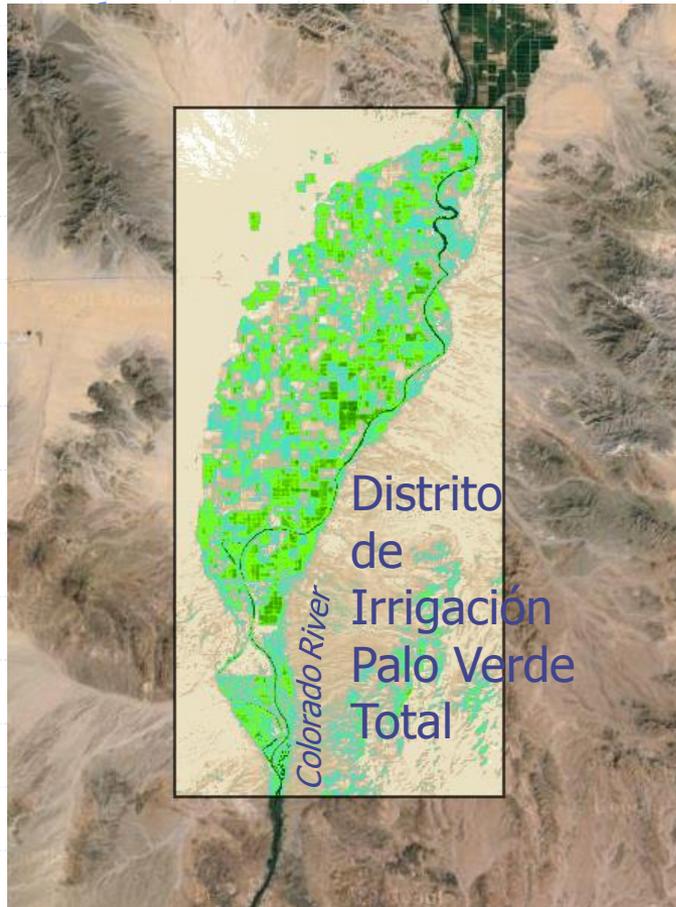
Tyler Erickson, Google, Inc. – Proponente Earth Engine

Rebecca Moore, Google, Inc. – Gerente, Earth Engine / *Visionary*

¿Por qué tener una herramienta de evapotranspiración en Google Earth Engine?

- Earth Engine (EE) tiene una enorme capacidad de computación y almacenamiento
- EE ofrece acceso básicamente gratuito
- EE contiene el archivo entero de LANDSAT y del tiempo NLDAS/CFSV2 cuadrículado
- EE tiene fuerte soporte para desarrolladores
- Se necesita información de ET en el mundo entero
- Google apoya y alienta a los desarrolladores a 'cambiar el mundo' respecto a acceso a información espacial sobre el medio ambiente, recursos naturales y el cambio climático

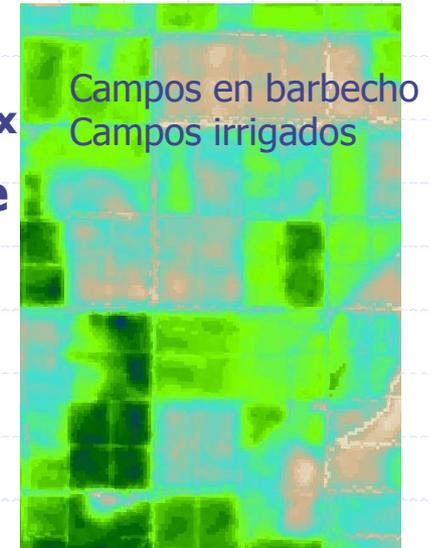
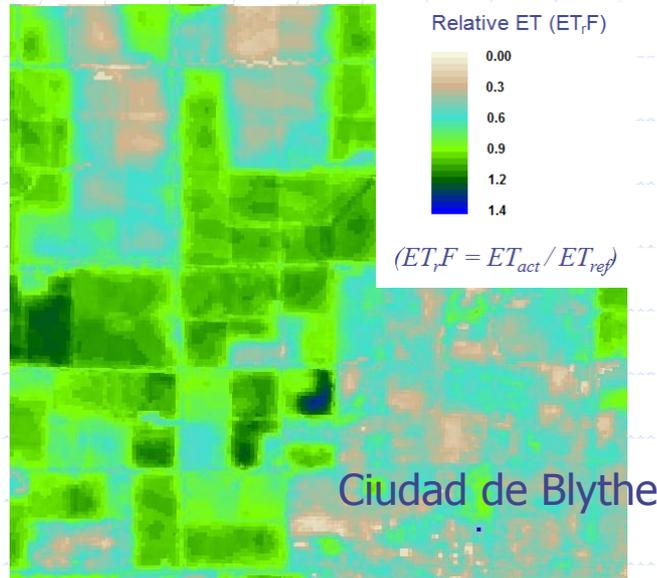
Google Earth Engine App --- **EEFlux**



Earth Engine Evapotranspiration Flux Distrito de irrigación Palo Verde

Blythe, California – ene. – dic. 2008

-- Imágenes de Landsat 5 dic.



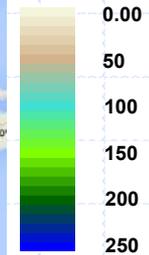
Univ. Nebraska-Lincoln, Univ. Idaho, Desert Research Institute

Los cálculos se basan en un equilibrio energético superficial completo (**METRIC**)

ET de referencia en la aplicación Google Earth Engine EEFlux



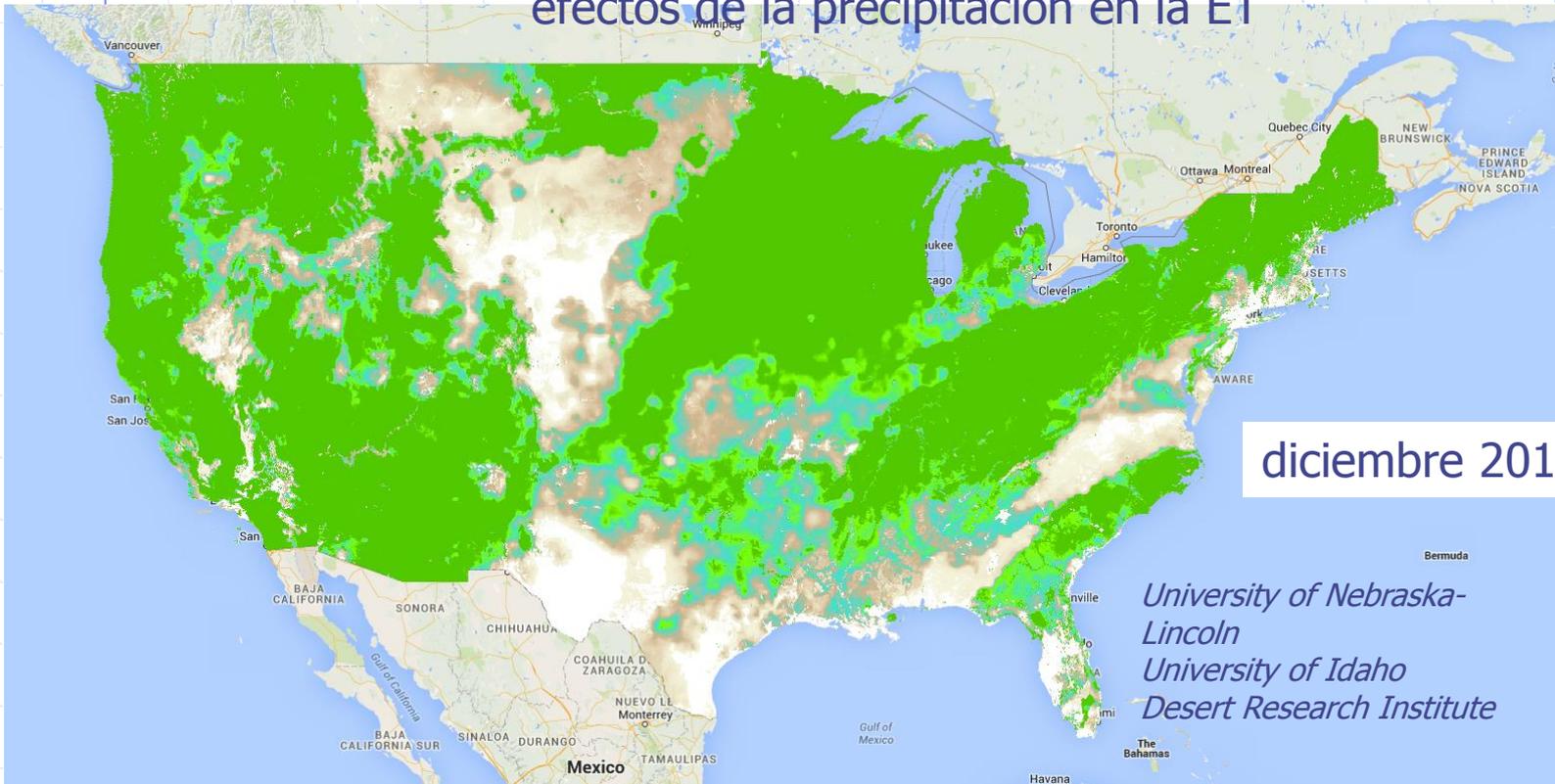
Et refer. (mm/mes)



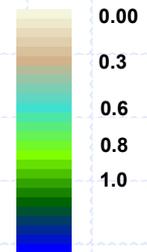
ET de referencia se calcula usando la ecuación Penman-Monteith estandarizada para el referente alto (Alfalfa) --computada del conjunto de datos GridMET de Abatzoglou (2012)

El componente de evaporación superficial del suelo de la aplicación Google Earth Engine EEFlux.

--- **Evaporación del suelo desnudo** --- se usa para calibrar el equilibrio energético de la superficie de evapotranspiración de EEFlux para controlar por los efectos de la precipitación en la ET



Coef. de evap. (K_e)



$$(K_e = E_{act} / ET_{ref})$$

diciembre 2012

University of Nebraska-Lincoln
University of Idaho
Desert Research Institute

--computado del conjunto de datos del tiempo de Abatzoglou (2012)
-- GridMET se puede rastrear a conjuntos de datos de NLDAS y PRISM

Pasos requeridos

Desarrollo de acceso en línea

<http://2.eeflux-level2-single-hotcold.appspot.com/>

Desarrollo de consola de usuario

- para guardar información de proyecto (*próximamente*)
- acceso gratuito a los API de EEFlux (nivel 1)
- se planifica que el nivel 2 permita un grado de configuración

Aplicación nacional y global (sin interrupción)

Automatizació de:

- Detección y mitigación de nubes (*próximamente*)
- Calibración de equilibrio energético de EEFlux para mayor exactitud
- Integración temporal para producir volúmen de ET mensual y anual (*próximamente*)
- Caminos en mosaico (*próximamente*)

Demostración de EEFlux

<http://eeflux-level1.appspot.com/>

<http://2.eeflux-level2-single-hotcold.appspot.com/>

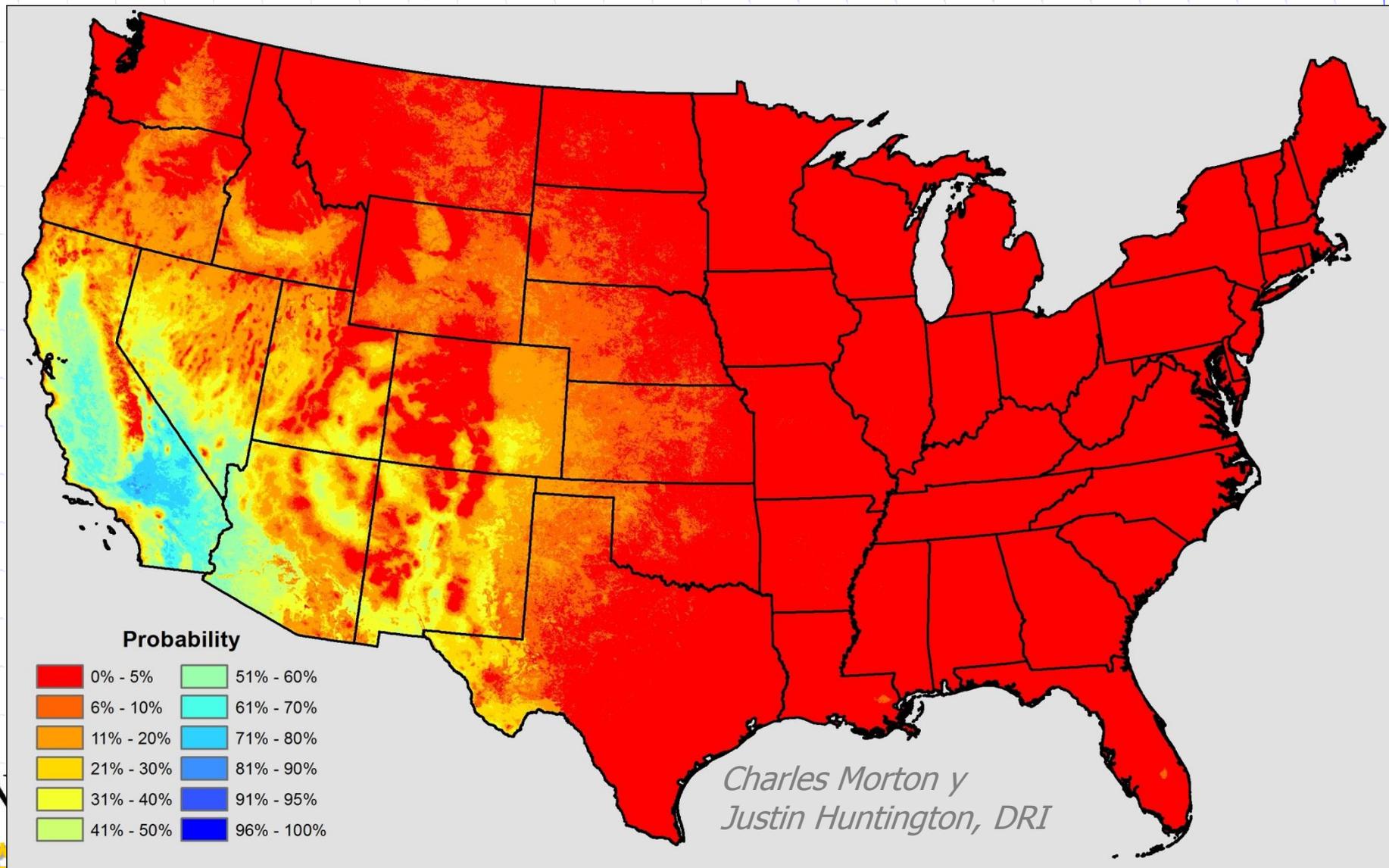


Necesidad de tiempos de revisita más
breves para satélites tipo Landsat
(con imágenes termales)

para mitigar las nubes

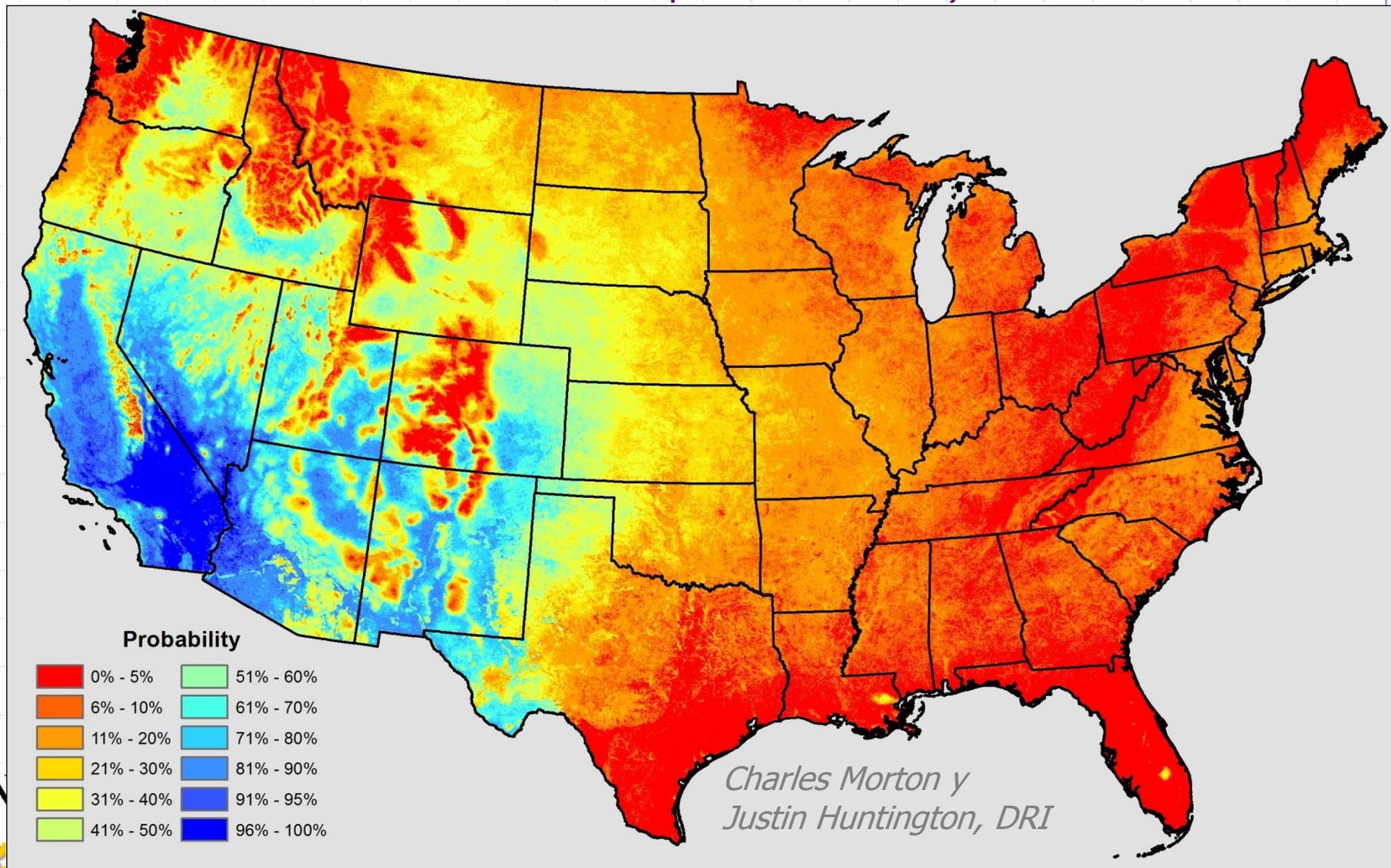
1 Satélite (imagen cada 16 días)

Probabilidad de usar una buena estimación del consumo de agua durante cualquier año (tener una imagen libre de nubes por lo menos cada 32 días durante la temporada de cultivo)



2 Satélites (imagen cada 8 días)

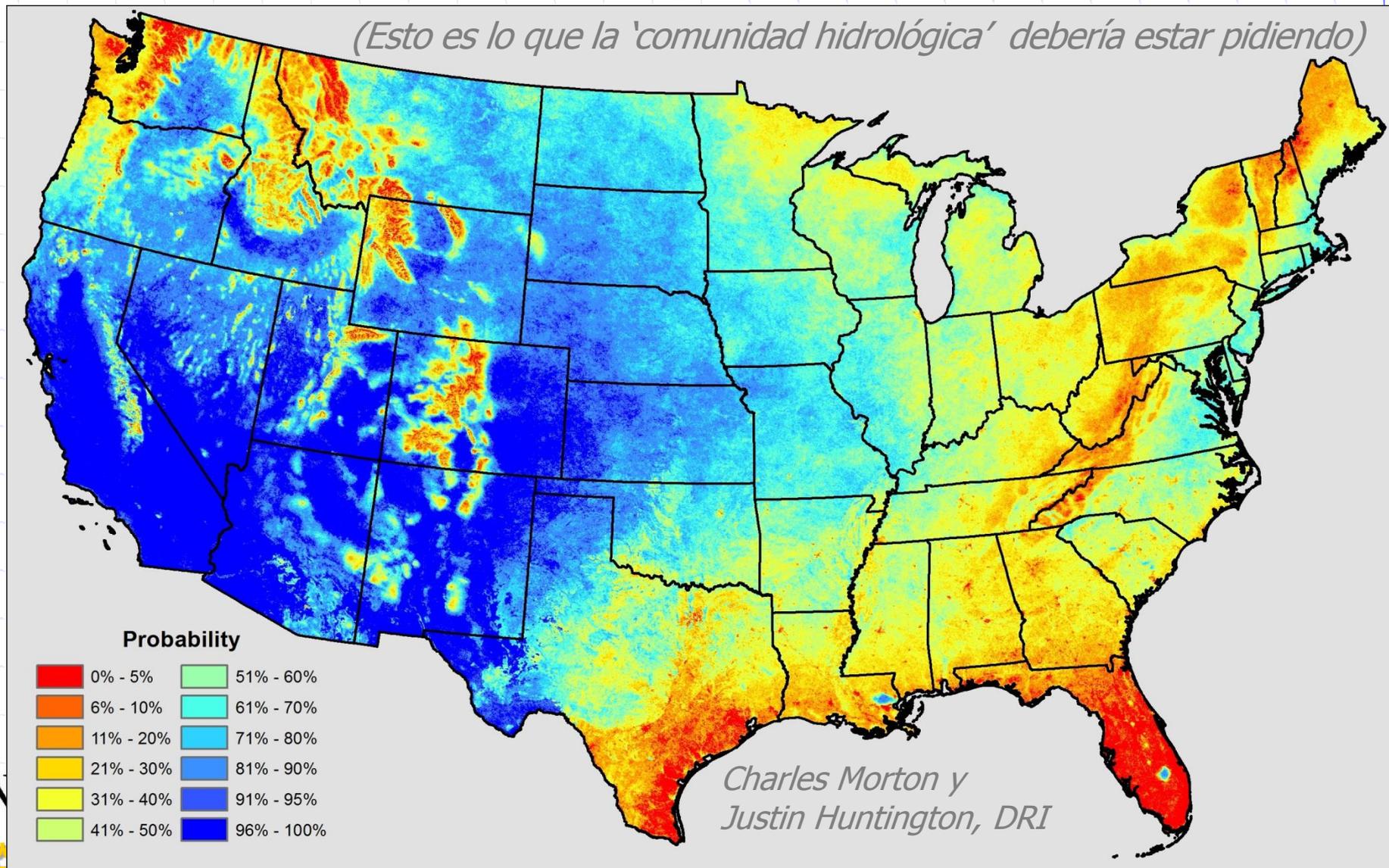
Probabilidad de usar una buena estimación del consumo de agua durante cualquier año (tener una imagen libre de nubes por lo menos cada 32 días durante la temporada de cultivo)



4 Satélites (imagen cada 4 días)

Probabilidad de usar una buena estimación del consumo de agua durante cualquier año (tener una imagen libre de nubes por lo menos cada 32 días durante la temporada de cultivo)

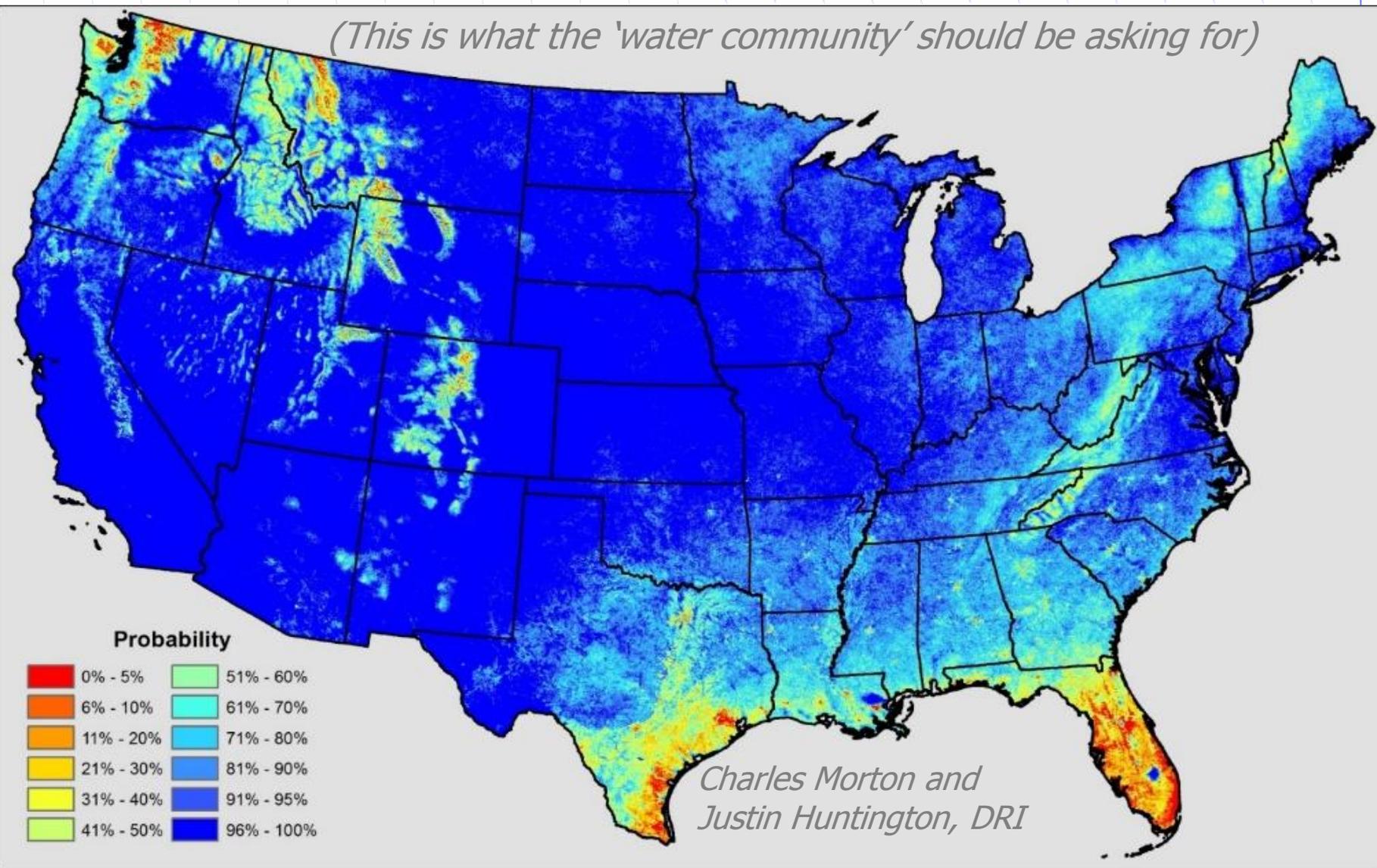
(Esto es lo que la 'comunidad hidrológica' debería estar pidiendo)



8 Satélites (imagen cada 2 días)

Probabilidad de usar una buena estimación del consumo de agua durante cualquier año (tener una imagen libre de nubes por lo menos cada 32 días durante la temporada de cultivo)

(This is what the 'water community' should be asking for)



El concepto de un "selfie terrestre" basado en Landsat

- ◆ Costo: Menos de tres cafés con leche por estadounidense al año
- ◆ Apoya DIECISÉIS Landsats en órbita
- ◆ "Selfies terrestres" DIARIOS
- ◆ Considere:

- *El 99% de todos los estadounidenses gasta por lo menos USD \$10 por semana en cosas superfulas: cafés "latte"; agua en botella; películas; gasolina para trajinar tres cuadras al supermercado o para ir hasta el otro lado de la ciudad en busca de ropa de marca etc.*
- *Sin embargo, no queremos pagar menos de USD 0,50 AL AÑO por estadounidense que necesitamos para lanzar y operar Landsats o satélites similares que toman 'selfies' de nuestra nación en escala nivel campo.*
- *Menos de USD por estadounidense AL AÑO pondría DIECISÉIS Landsats en órbita, dándonos selfies DIARIOS de la nación entera.*

USD 800 millones/LS

÷ 8 año

x 16 LS

÷ 300 millones de estadounidenses

= USD 5.30 por estadounidense al año



¿Puede Ud. Imaginarse cómo sería? ¿¿¿Un 'selfie' de Landsat CADA DÍA???

Gracias

<http://2.eeflux-level2-single-hotcold.appspot.com/>