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

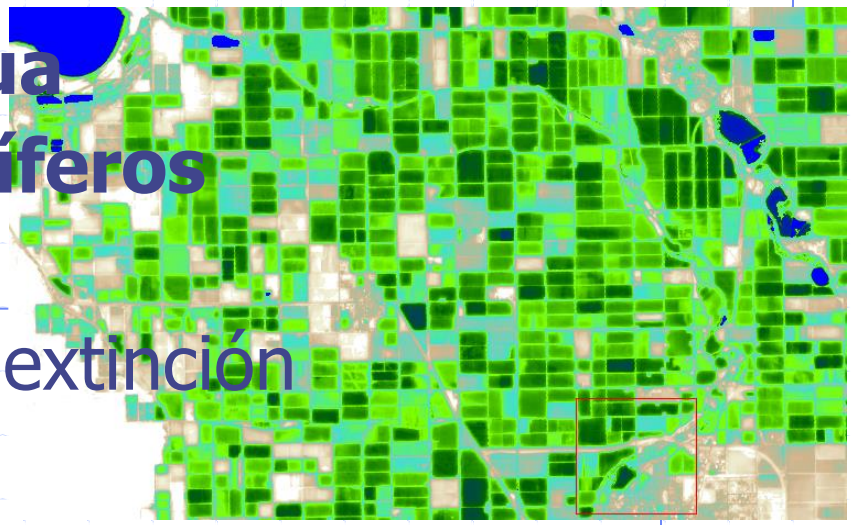
¿A quién le importa la ET?

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

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

Aplicaciones en el oeste



Planificación del agua

Agotamiento de acuíferos

Modelado higrológico

Especies en peligro de extinción

Uso agrícola del agua

Determinaciones legales

Recompra de derechos de aguas

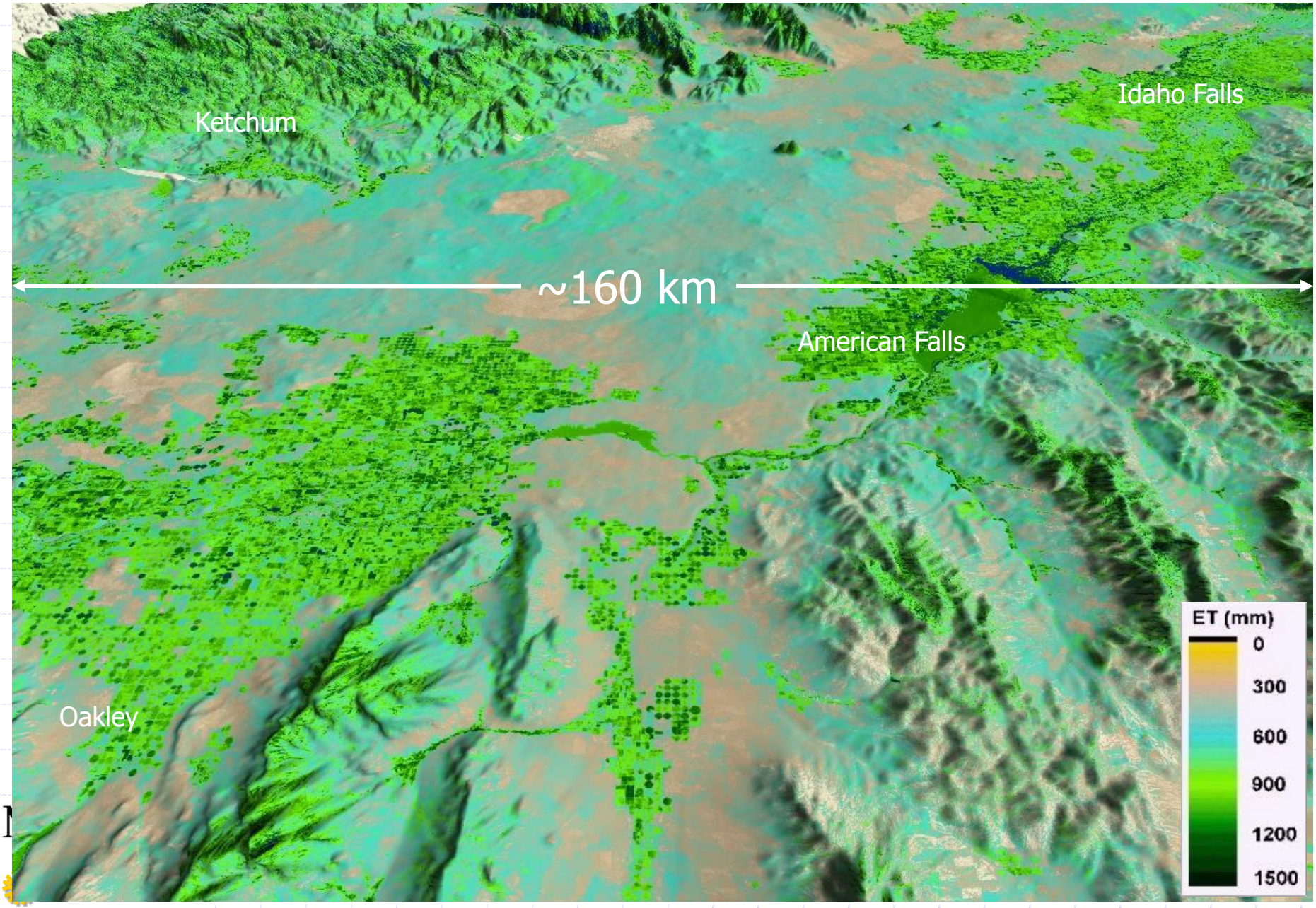
Acatamiento de derechos de aguas

Demanda de agua en temporada alta

Negociaciones de derechos de aguas tribales

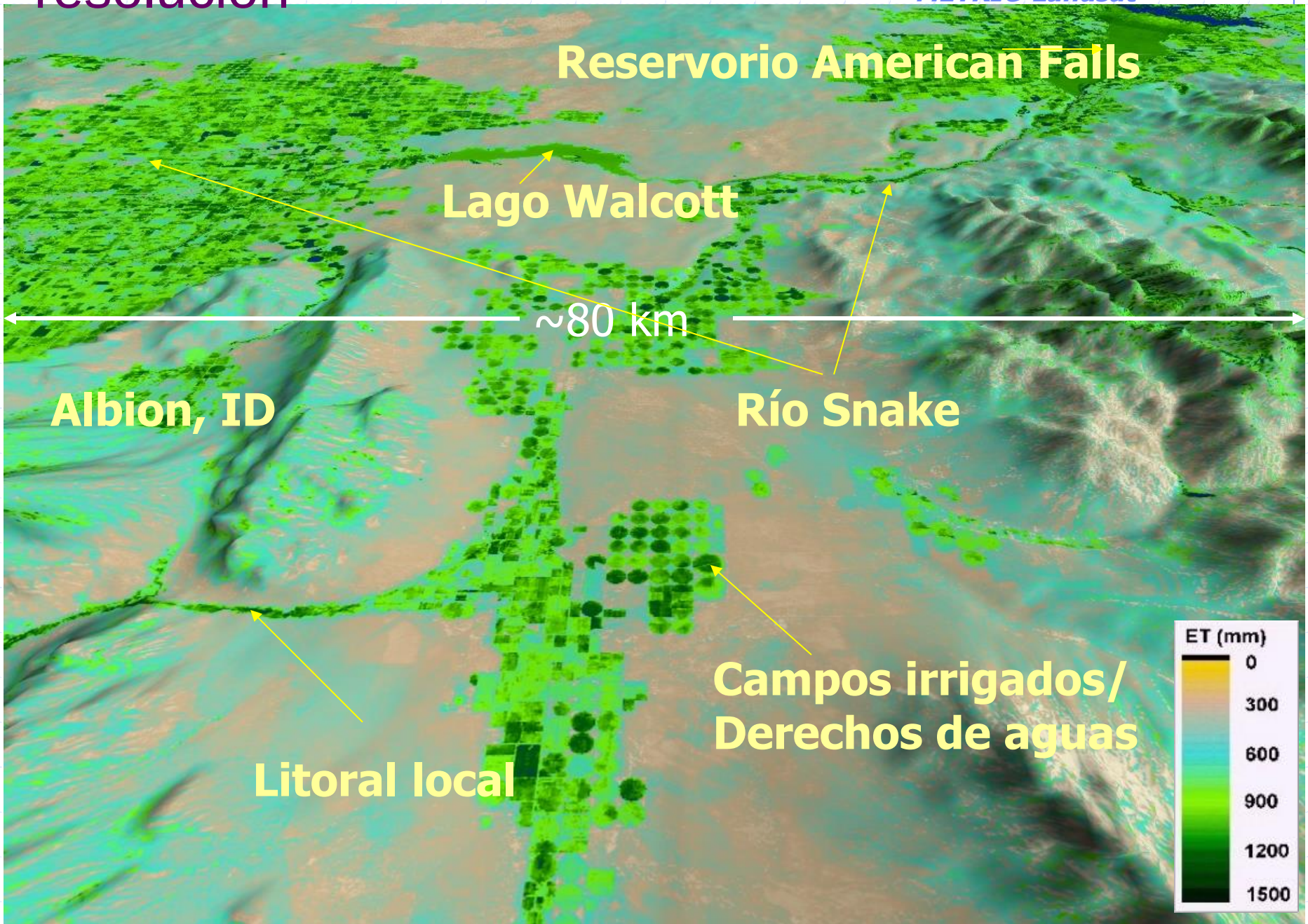
¿Varía la ET a través del espacio? (¡Sí!) – ET mensual y estacional a 30 m de resolución para el llano Eastern Snake Plain de Idaho

abril – octubre 2006, ET



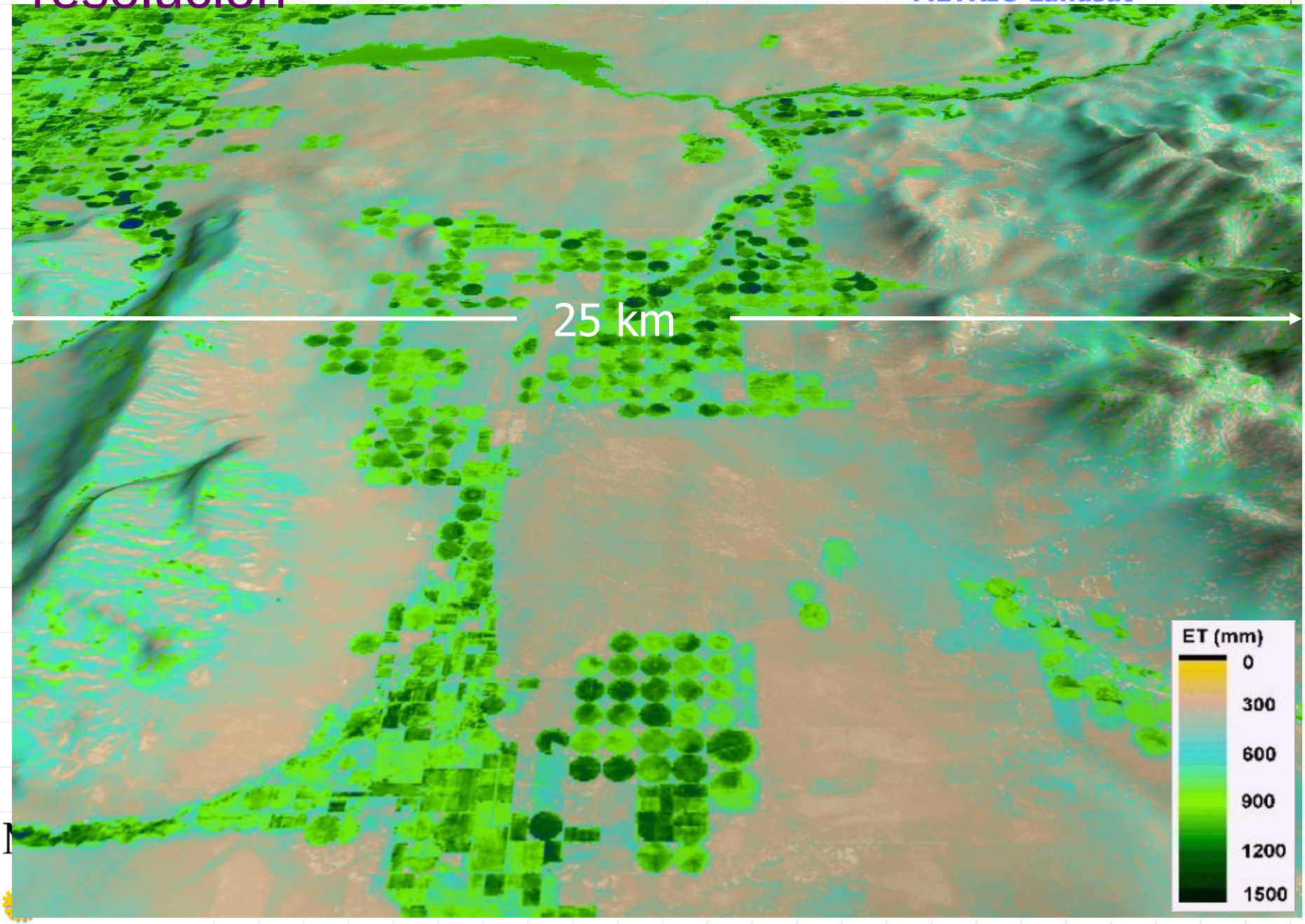
Características de la ET, 30 m de resolución

abril – octubre 2006, ET de METRIC-Landsat



Características de la ET, 30 m de resolución

abril – octubre 2006, ET de METRIC-Landsat



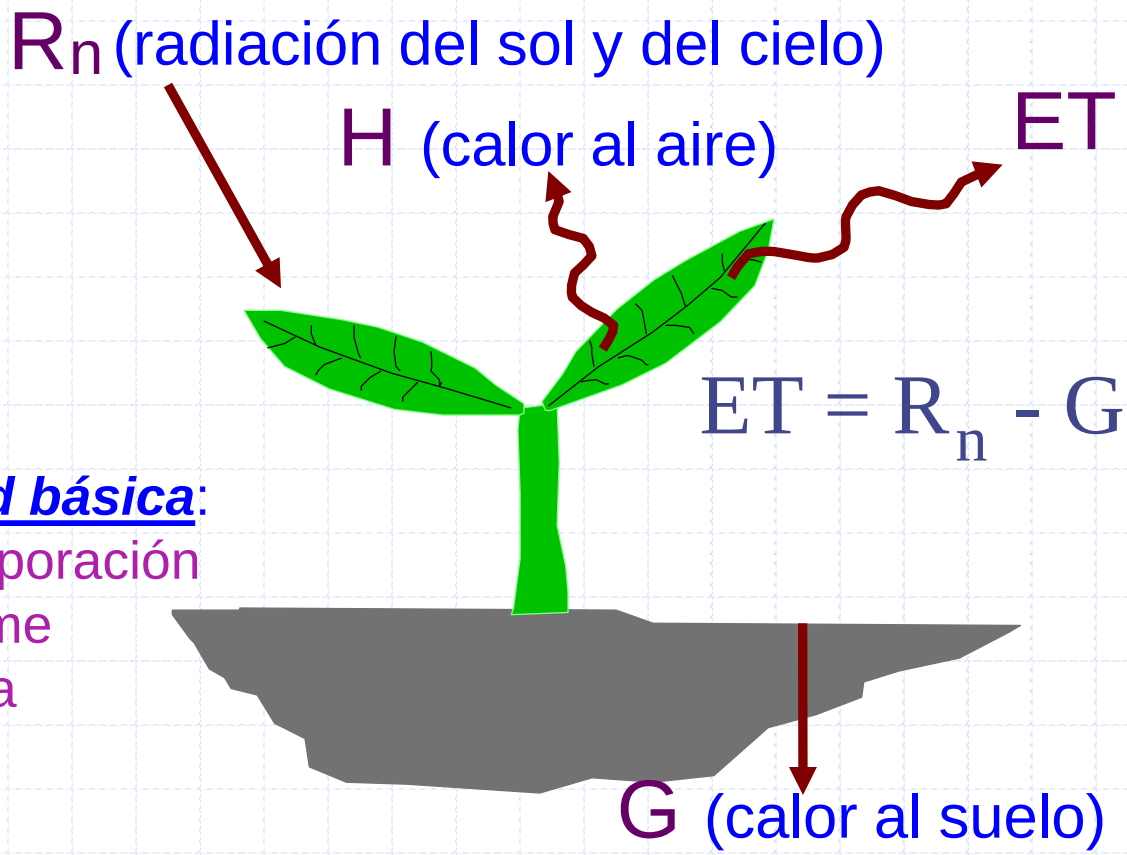
Cuándo importa el el equilibrio enérgico

- Equilibrio enérgico
  - 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 derviarse de la temperatura en la superficie**

*Siglas de "Energy balance"– "Equilibrio enérgico" en inglés

¿Por qué usar un "equilibrio enérgico"?

- La ET es calculada como un "residuo" del equilibrio enérgico



$$ET = R_n - G - H$$

Verdad básica:
La evaporación consume energía

University of Nebraska Lincoln
University of Idaho

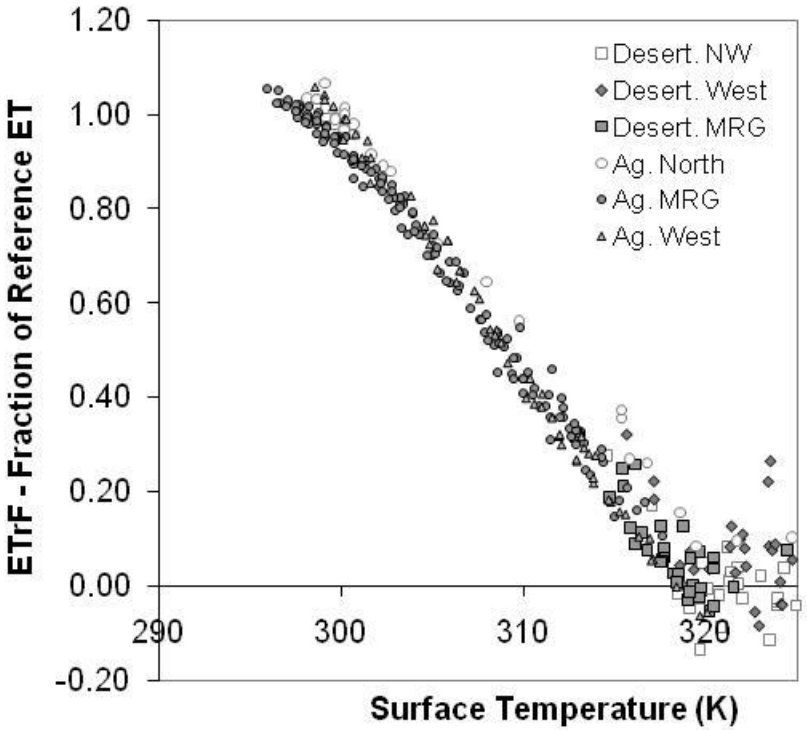
El equilibrio enérgico nos da la ET "real"

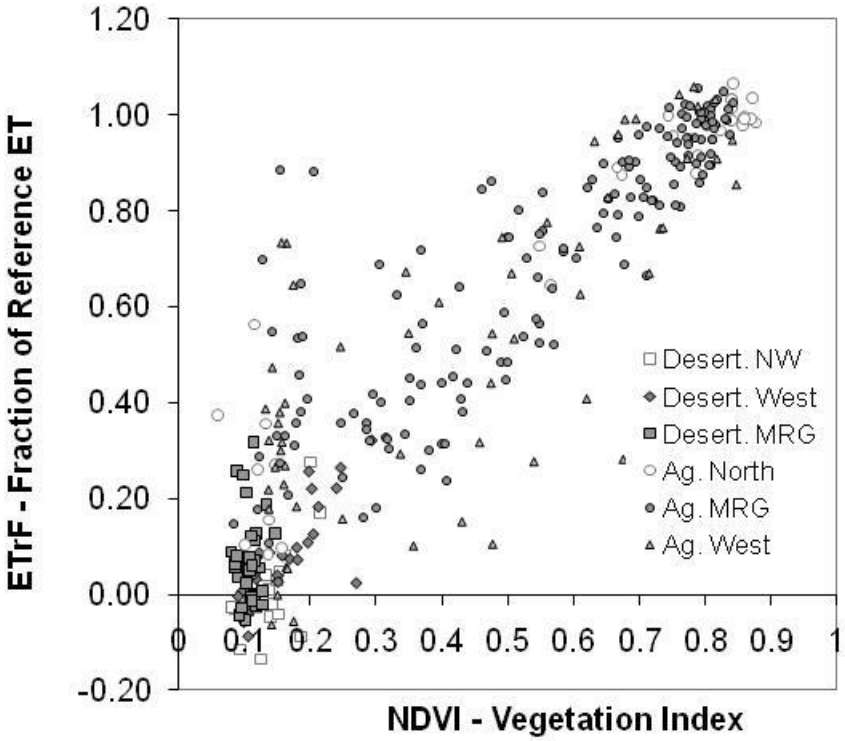
El equilibrio enérgico puede 'ver' impactos en la ET causados por:

- **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 significante, así que necesitamos computar la ET como residuo del equilibrio engrgico)*

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





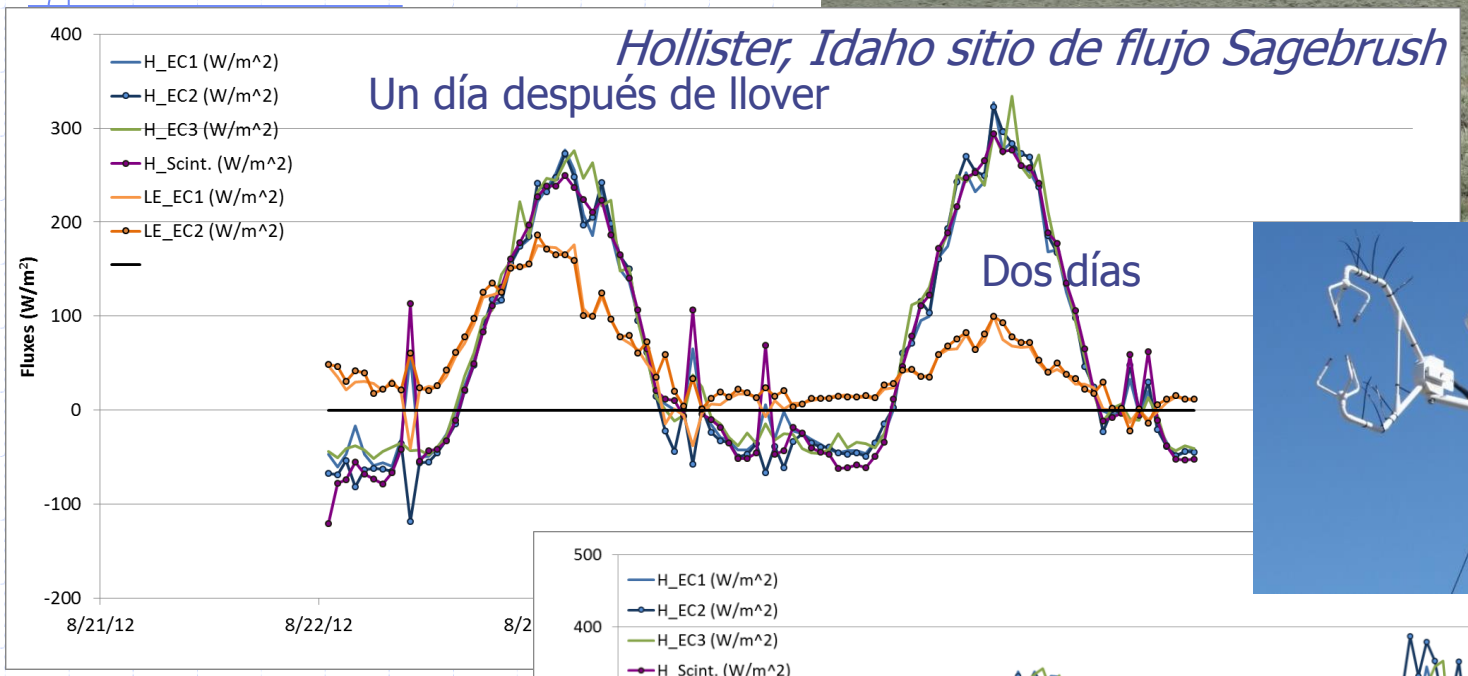
Medio río Grande, Nuevo México, 2002

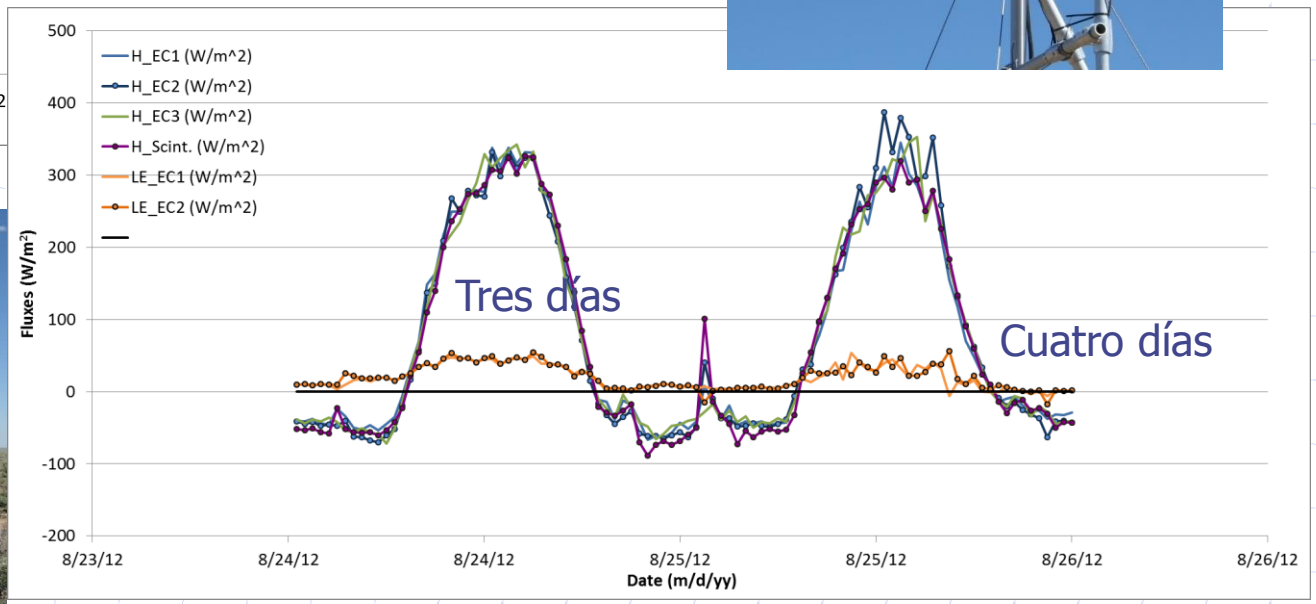
ET_rF = fracción de referencia ET. $ET_rF = ET_{real}/ET_{ref}$

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

Los bajos niveles de ET requieren un equilibrio enérgico (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
- $\lambda E = R_n - G - H$

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

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

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

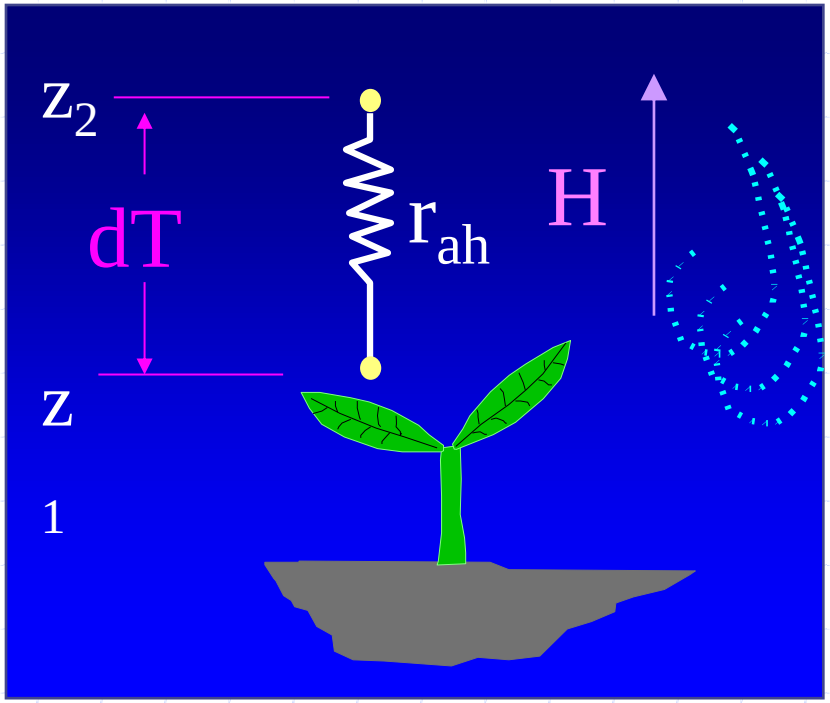
Ventaja:
dT es calculado a la inversa (simulado) (libre de of T_{rad} vs. T_{aero} vs. T_{air})

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

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

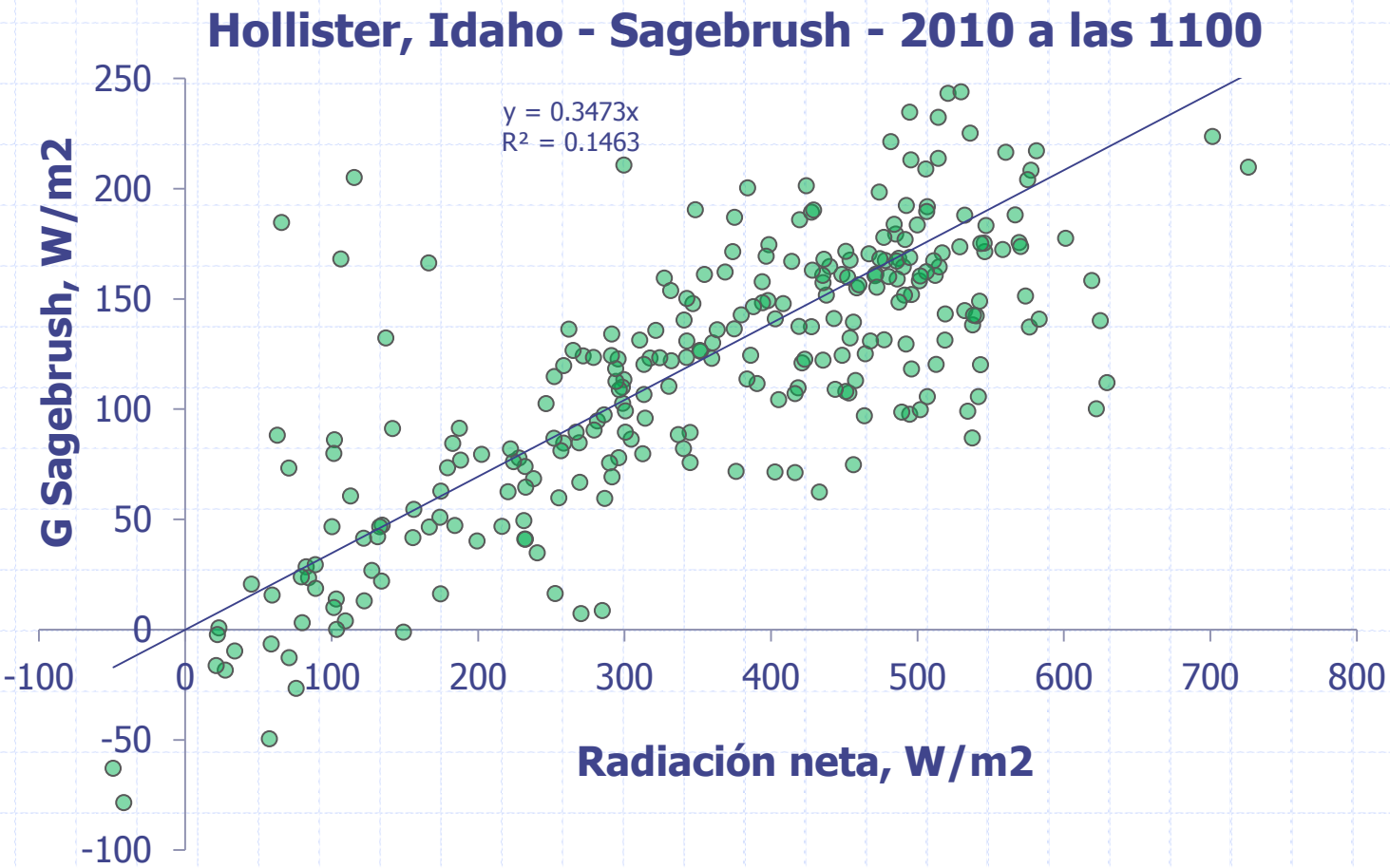
$$r_{ah} = \frac{\ln\left(\frac{z_2}{z_1}\right) - \Psi_{h(z_2)} + \Psi_{h(z_1)}}{u_* \times k}$$

u_* = velocidad de fricción
k = constante von karmon (0.41)



University of Nebraska Lincoln
University of Idaho

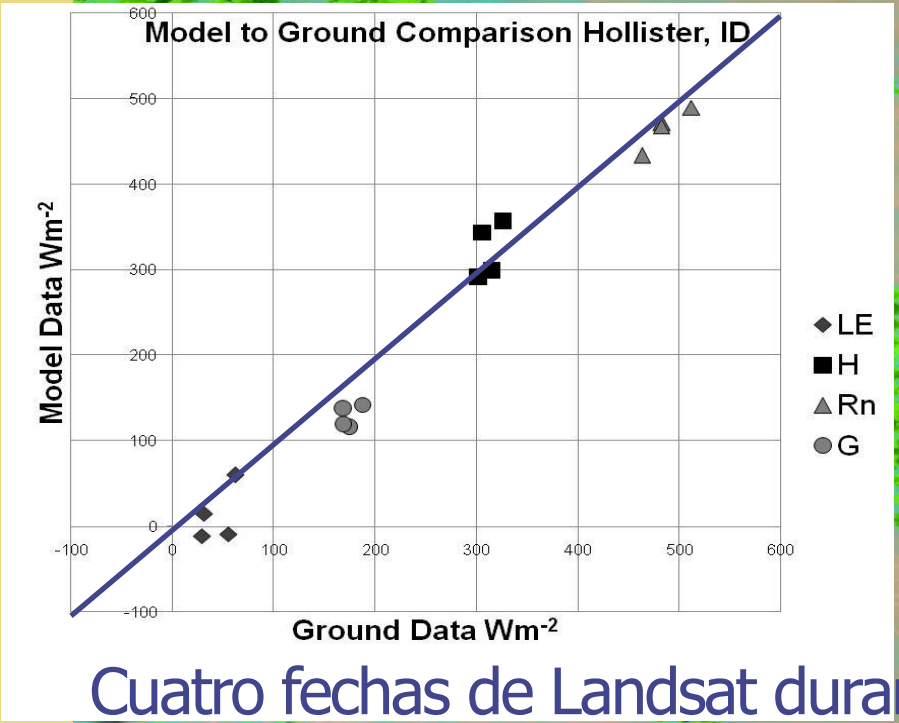
G para sistemas hidrológicos estresados puede ser significante y hay que tomarlo en cuenta



University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

Sitios de flujo de NSF EPSCoR en Iowa – Sistemas desérticos



ET abril – septiembre de METRIC

Cuatro fechas de Landsat durante 2010 – Sagebrush

- Comparación de equilbibrio enérgico a base de satélites (METRIC) con covarianza de remolinos para señales bajas de ET

Hydroclima

Calibración def METRIC/SEBAL:

$sesgo^{*}_{Rn-G} \rightarrow sesgo_{H-cal} \rightarrow sesgo_{dT} \rightarrow \cancel{sesgo_{H-pixel}} \rightarrow LE$

sin sesgo

*bias = sesgo

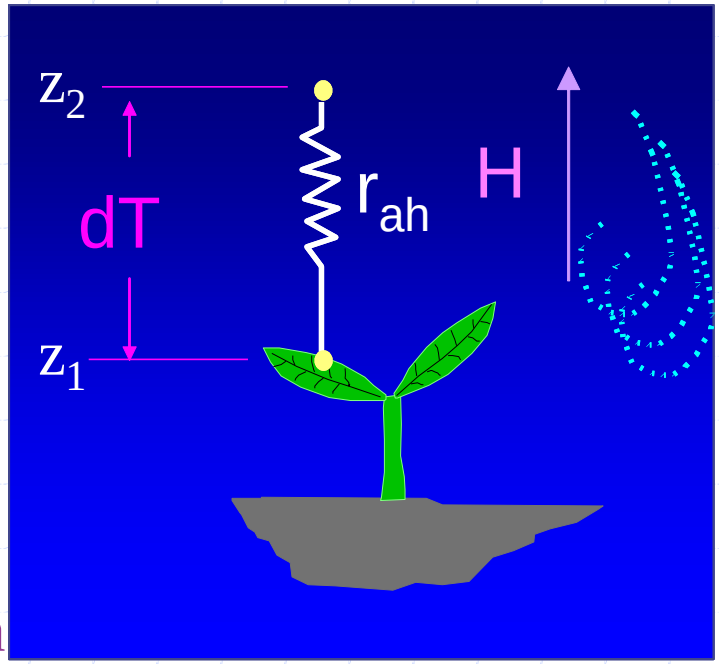
La función de calor sensible (H) *<u>se calibra no obstante los sesgos</u> en muchos de los compnentes del equilibrio enérgico:*

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

$$H = R_n - G - LE$$ *(para calibración)*

$$LE = R_n - G - H$$ *(durante la aplicación)*

Los sesgos se cancelan



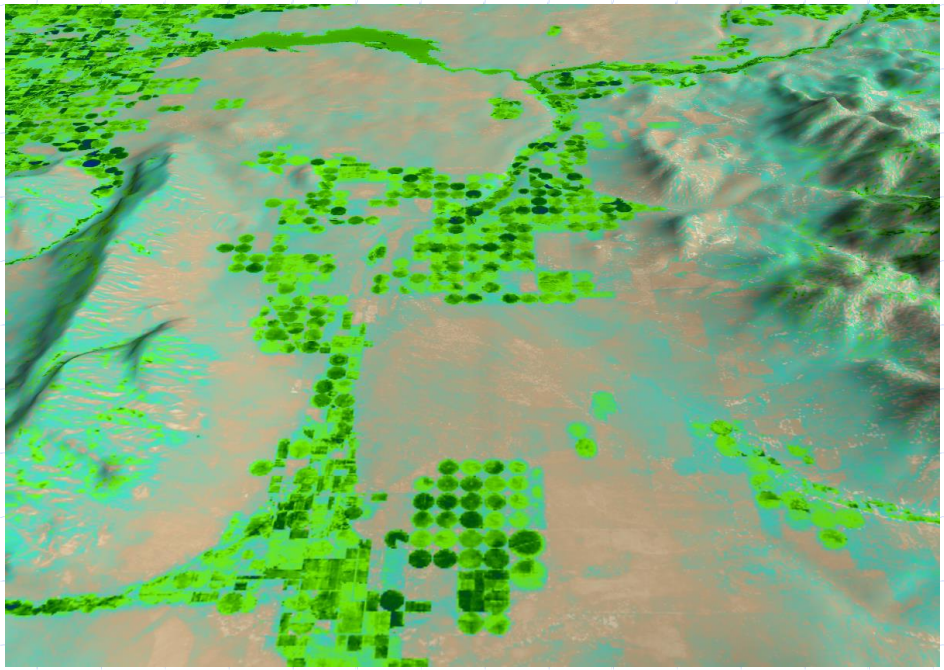
University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

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



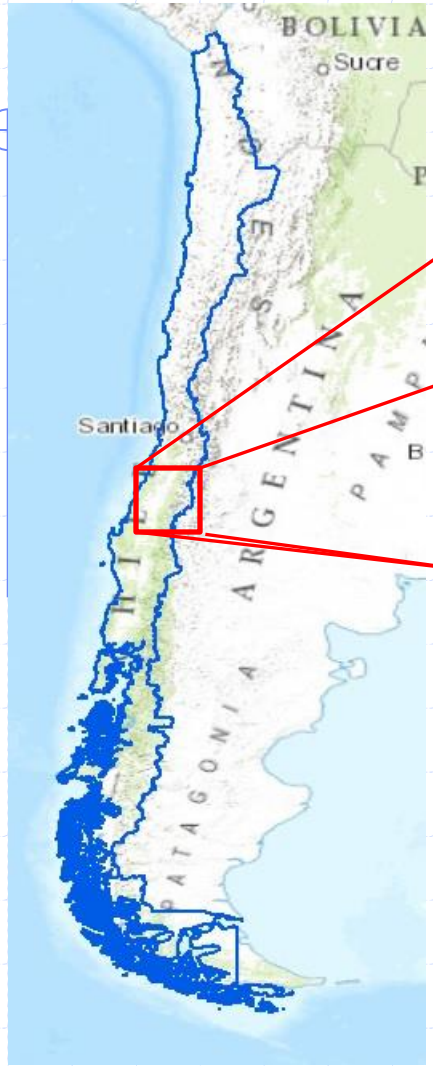
University of Nebraska Lincoln

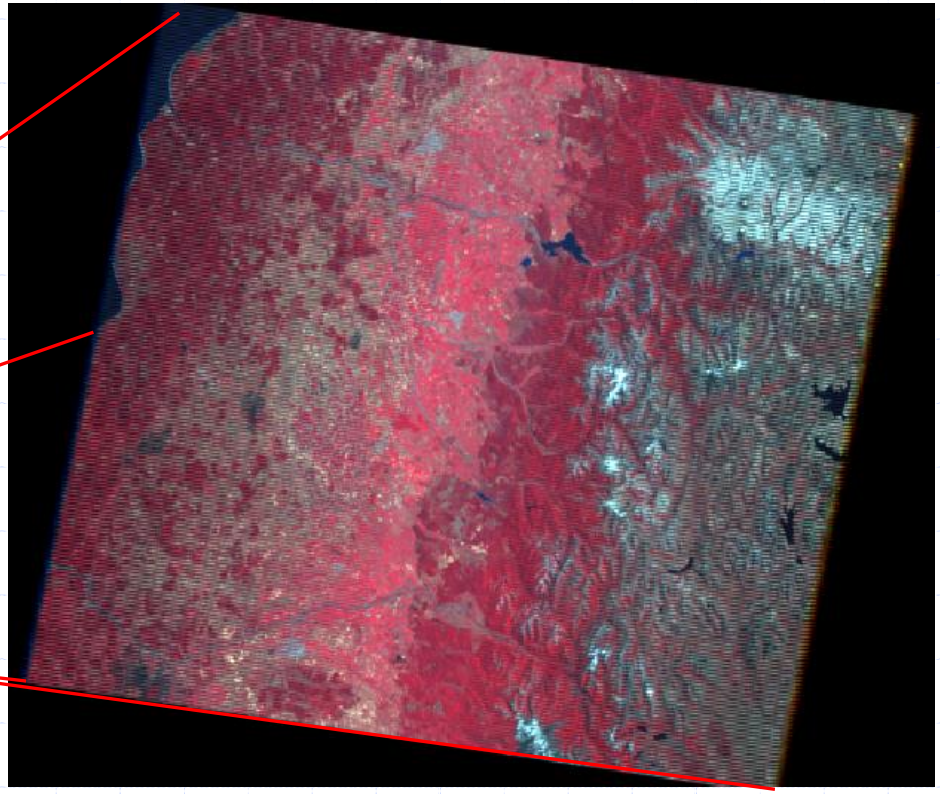
University of Idaho

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)

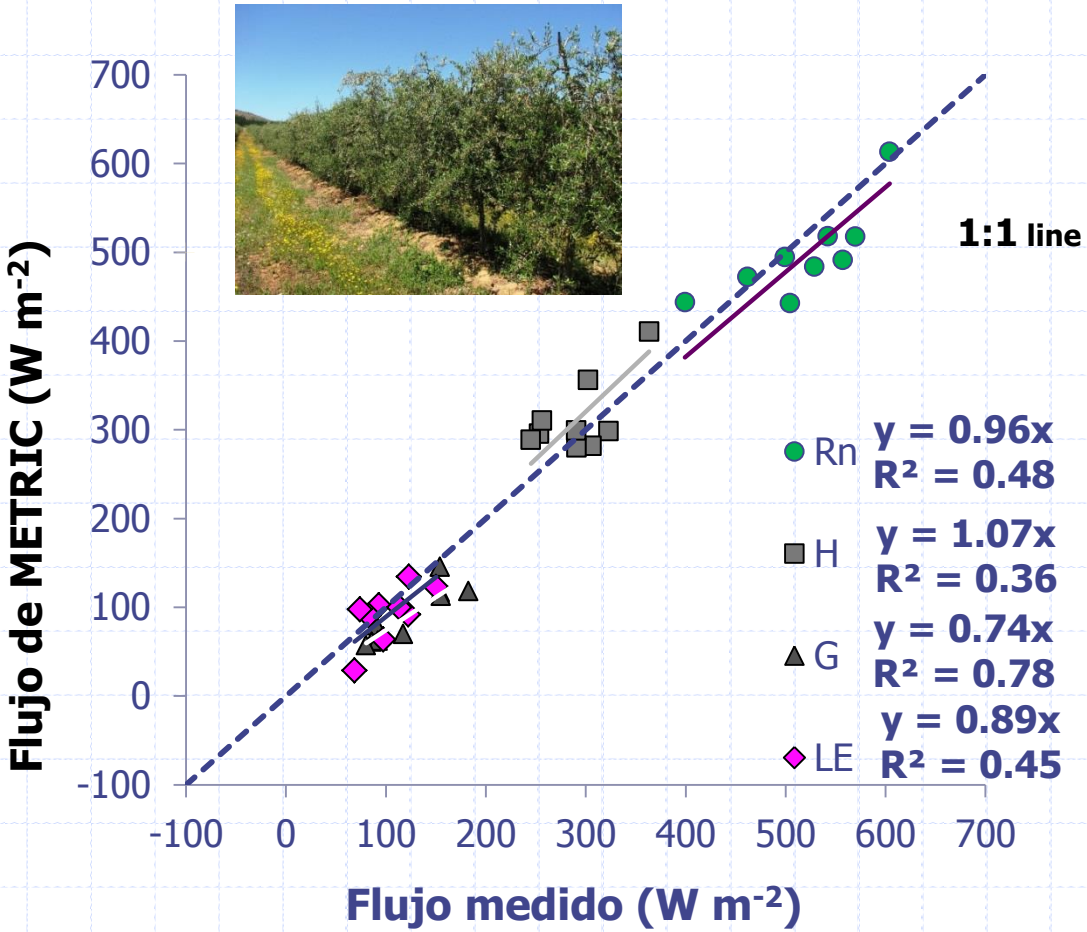
Chile

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

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

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

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

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_rF) 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

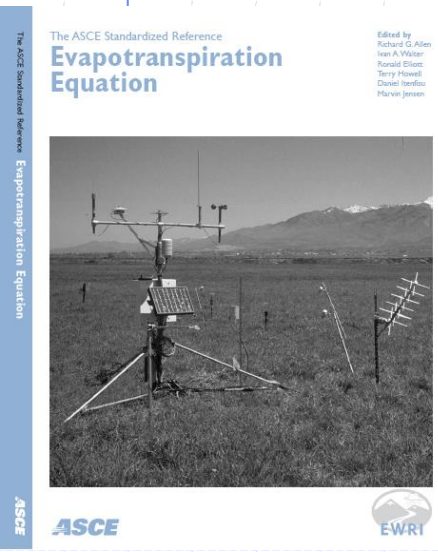
ET de referencia:
Un índice vivo de la evaporación

30 s m^{-1}
(diurno horario)

45 s m^{-1}
(24-hrs.)
para alfalfa

ASCE Penman-Monteith

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



ASCE Penman-Monteith estandartizada

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

C_n y C_d son constantes

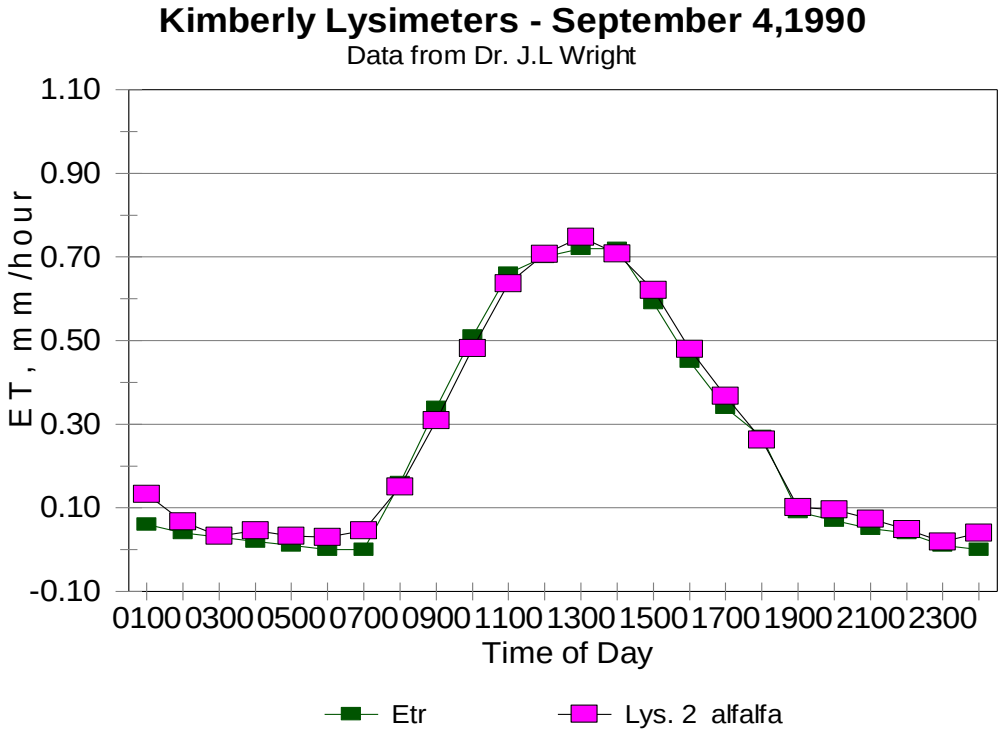
f (Radiación solar)

f (Temperatura)

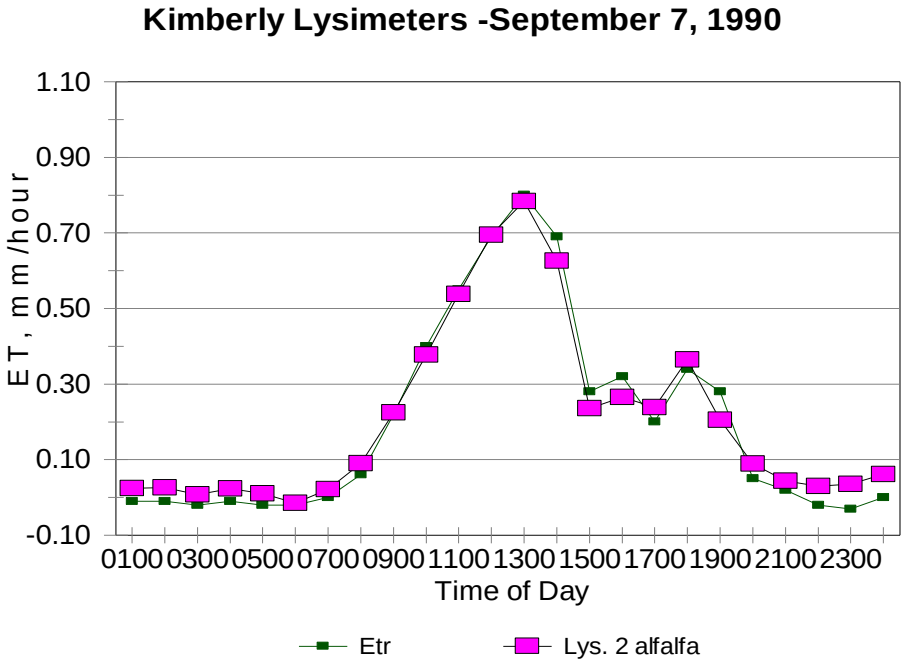
Velocidad del viento

f (Humedad)

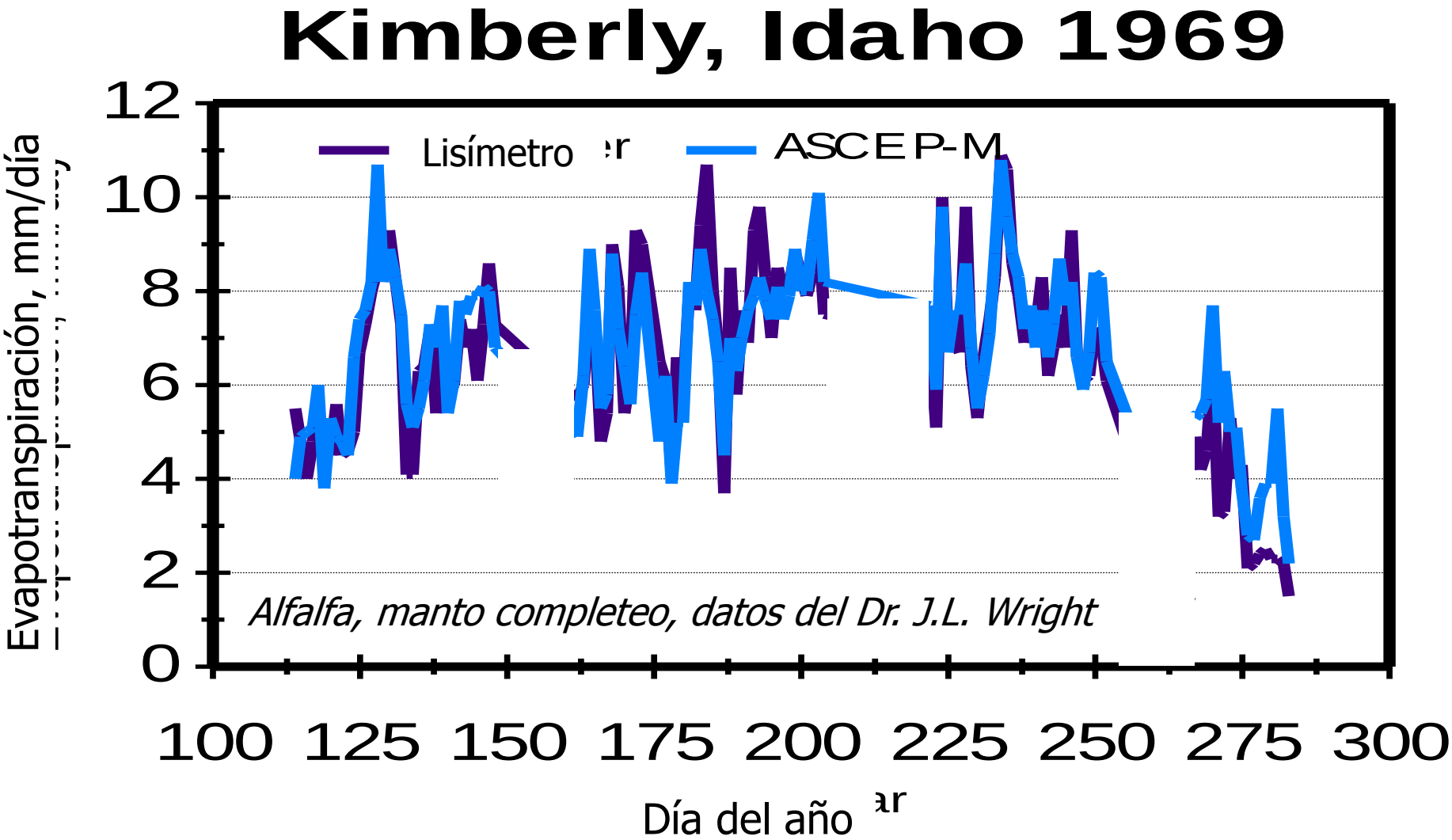
ASCE Penman-Monteith se puede rastrear hasta los lisímetros de Kimberly, Idao (USDA) y Davis, California


Kimberly Lysimeters - September 4,1990
Data from Dr. J.L Wright
1.10
0.90
0.70
0.50
0.30
0.10
-0.10
E T , m m /h o u r
0100 0300 0500 0700 0900 1100 1300 1500 1700 1900 2100 2300
Time of Day
Etr
Lys. 2 alfalfa

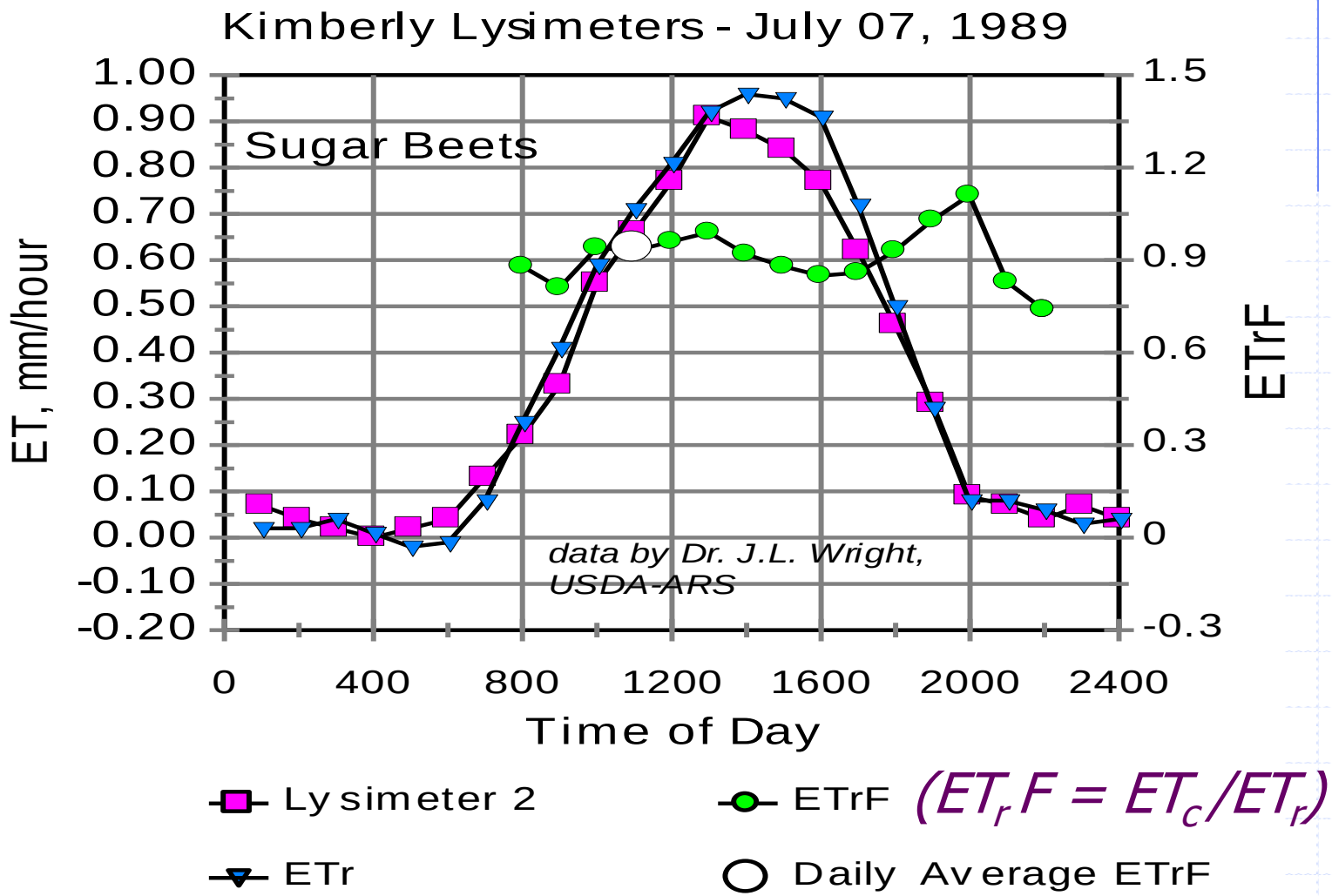
ASCEPenman-Monteith
estandartizado
(referencia para alfalfa)
en Kimberly, Idaho
- Intérvalo temporal de una ho


Kimberly Lysimeters -September 7, 1990
1.10
0.90
0.70
0.50
0.30
0.10
-0.10
E T , m m /h o u r
0100 0300 0500 0700 0900 1100 1300 1500 1700 1900 2100 2300
Time of Day
Etr
Lys. 2 alfalfa

Buena correspondencia de día a dia con lisímetro



ET_rF = Fracción de ET_r = K_c
ET_rF es consistente a lo largo del día



$(ET_rF = ET_c/ET_r)$

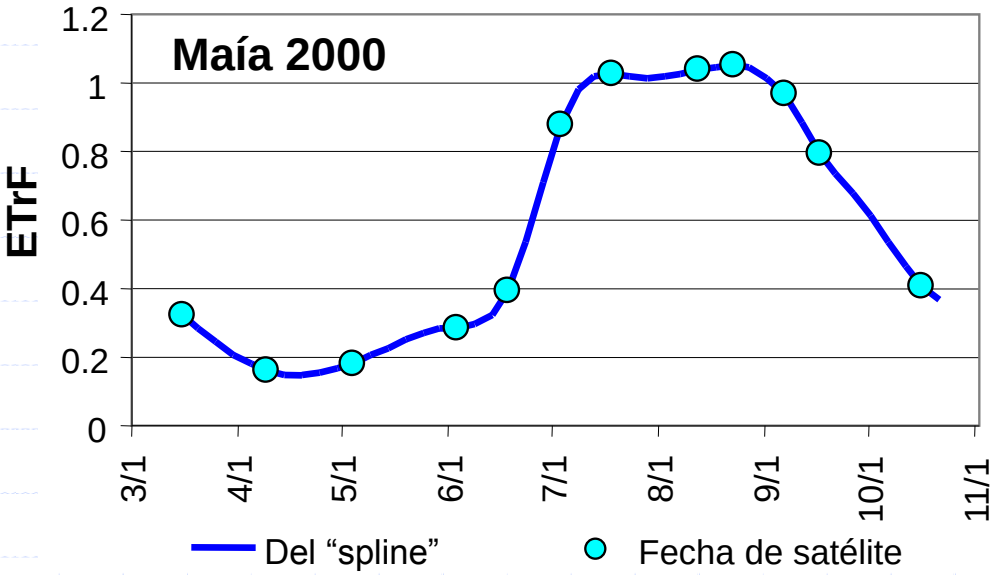
University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

Interpolación/Integración para ET mensual o estacional

ET_rF = fracción de ET de referencia (potencial)

-- interpolado diariameite usando un "spline" cúbico



$$ET_{period} = \int ET_r F_t \; x \; ET_{r24t} \, dt$$

Usa ET_r para tomar en cuenta los efectos del tiempo diario

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

Sistema de lisímetros de pesaje en Kimberly, Idaho

Dr. James L. Wright, USDA-ARS

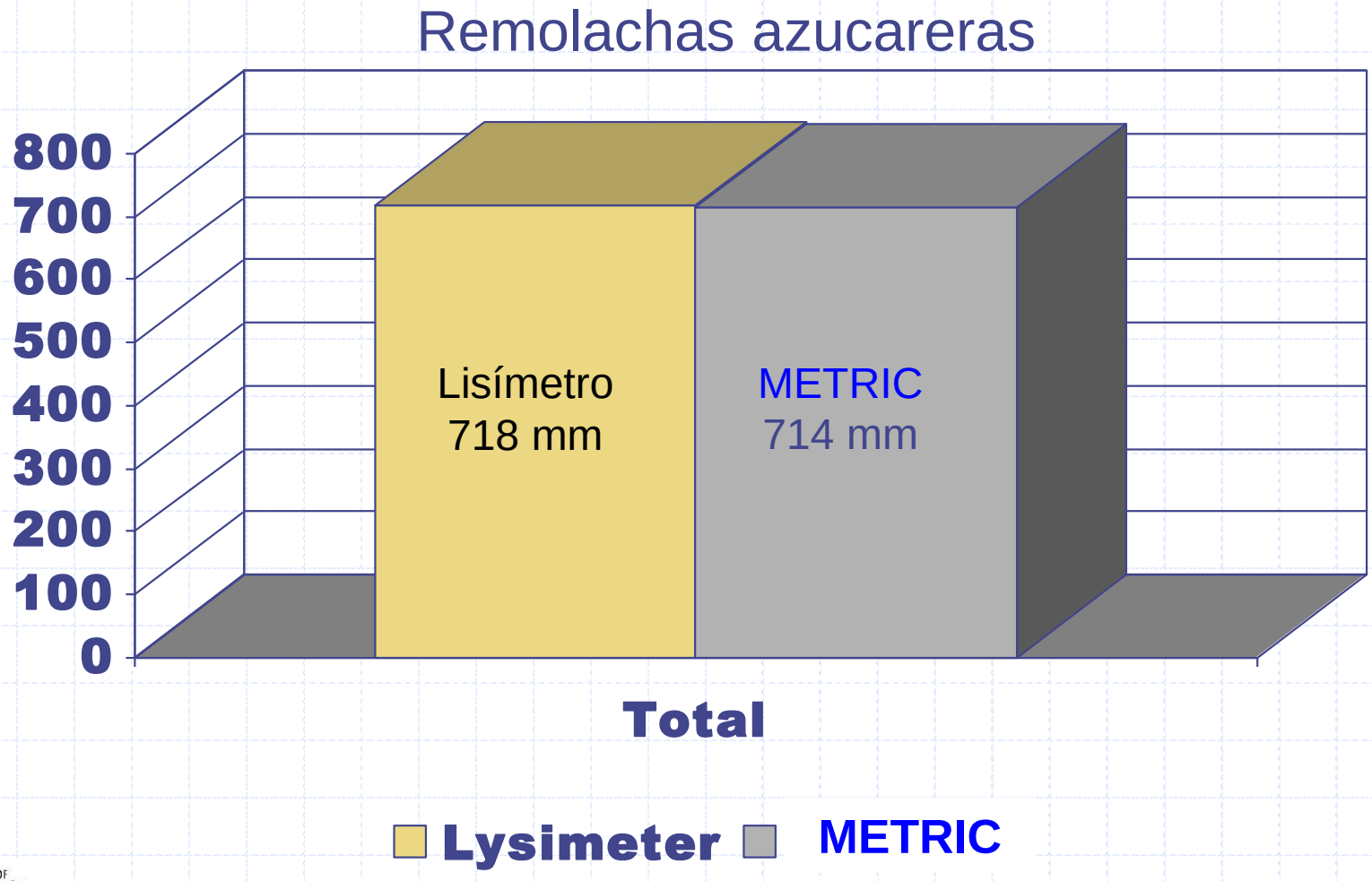
fotos cortesía del Dr. J.Wright, USDA-ARS (ret)

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

Comparación de ET estacional por METRIC^{tm} con lisímetro

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



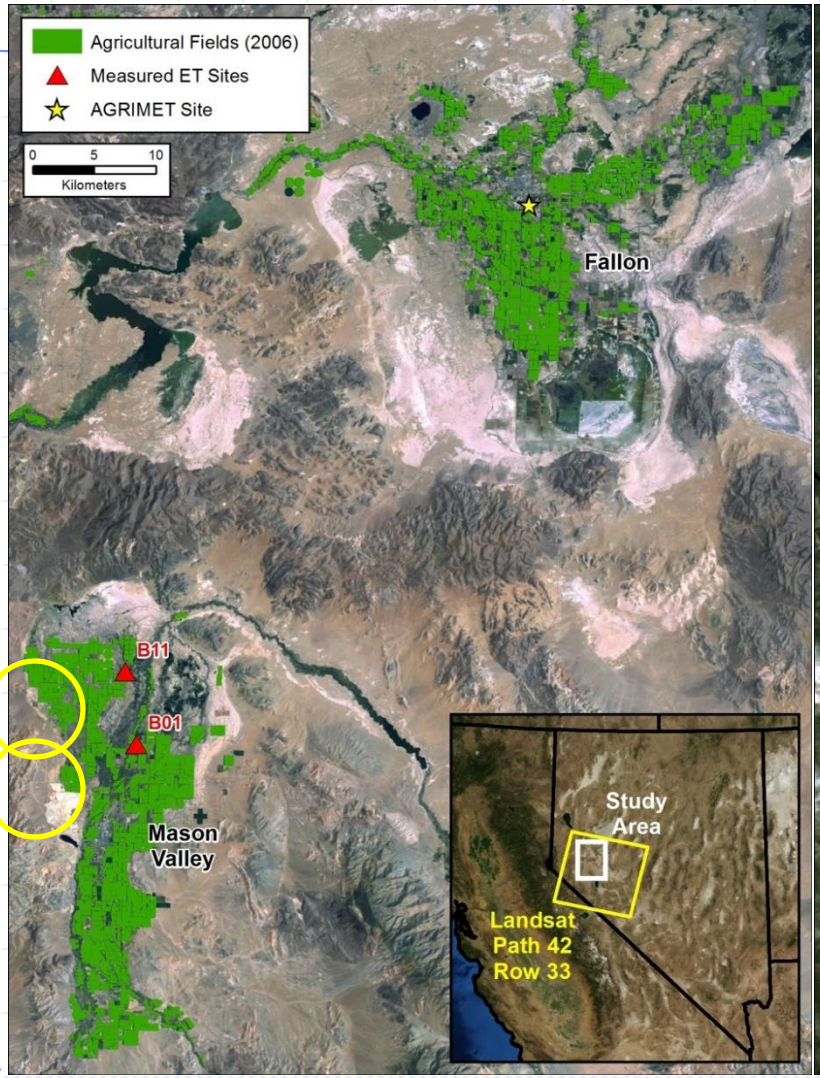
University of Nebraska Lincoln

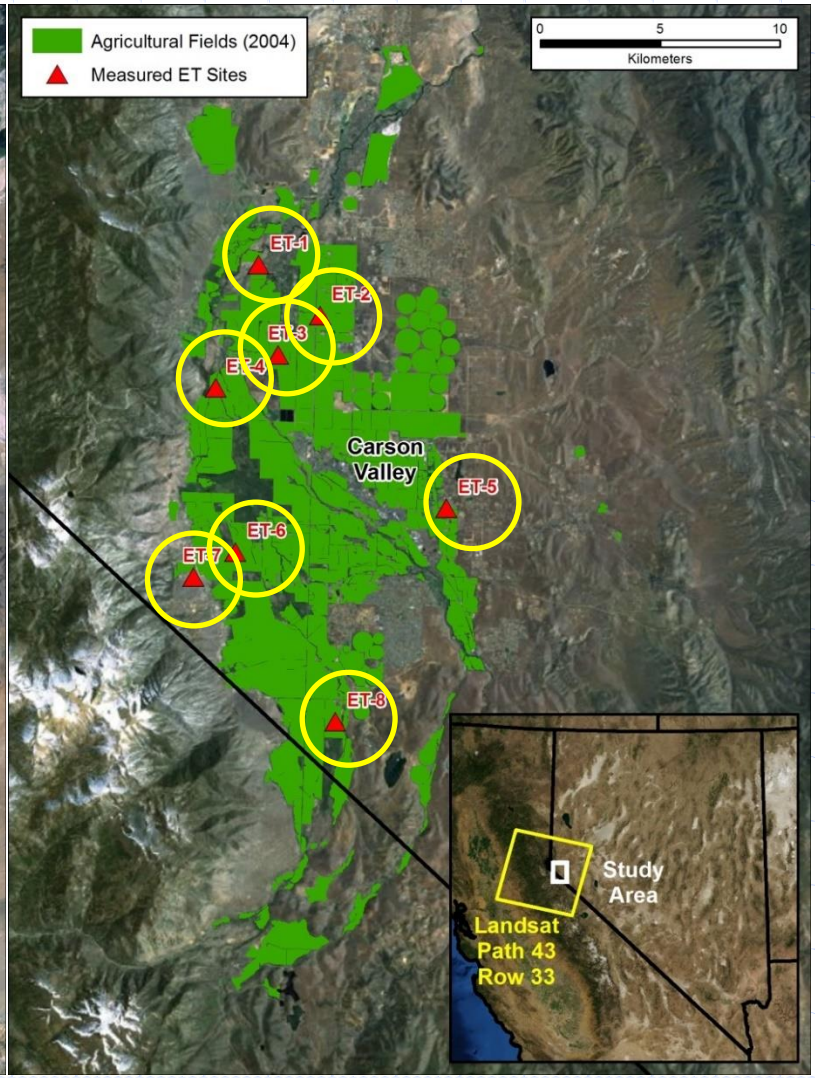
University of Idaho

Nevada

recopilado por el Dr. Justin Huntington, DRI

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





Datos de medición a nivel del suelo de USGS

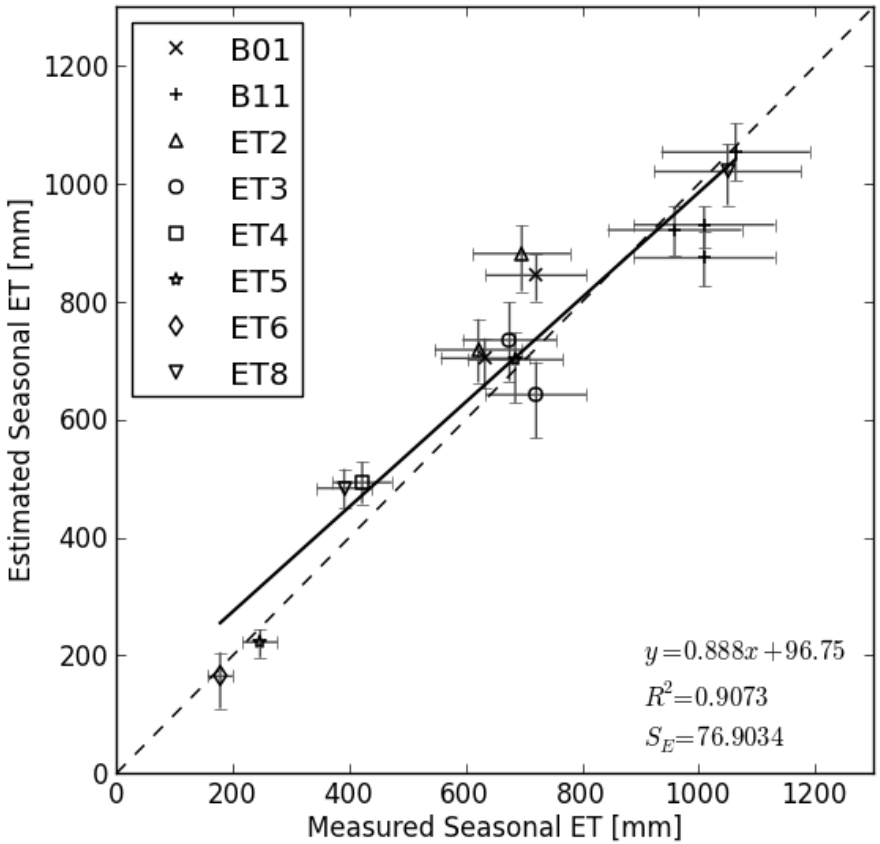
University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

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% intérvalos de confianza de 100 estimaciones de ET de METRIC Monte Carlo

University of Nebraska Lincoln
University of Idaho

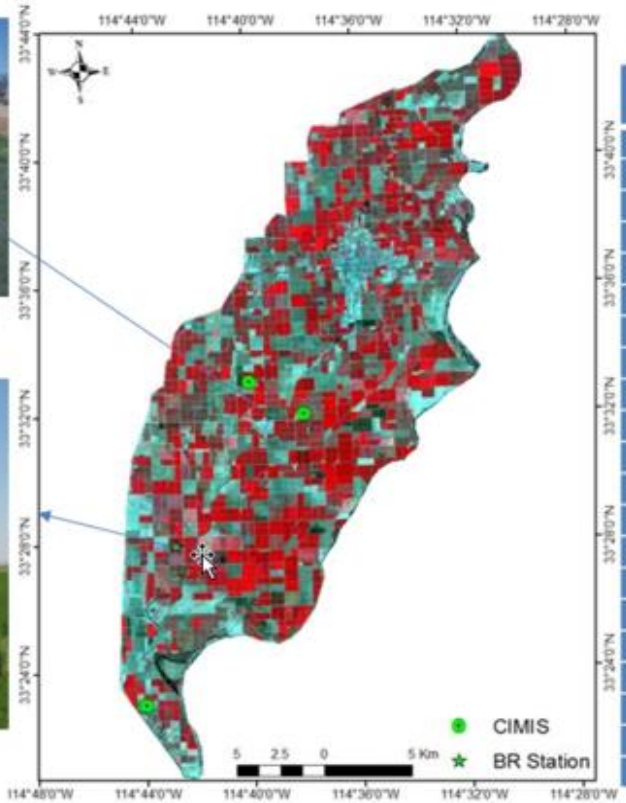
Dr. Justin Huntington, DRI

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



False color RGB , NIR-Red-Green Landsat 5 image during DOY 131, May 10, 2008

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

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

UtahState University

USGS science for a changing world

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	

UtahState University

USGS science for a changing world

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

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

Comparación con mediciones de lisímetros:

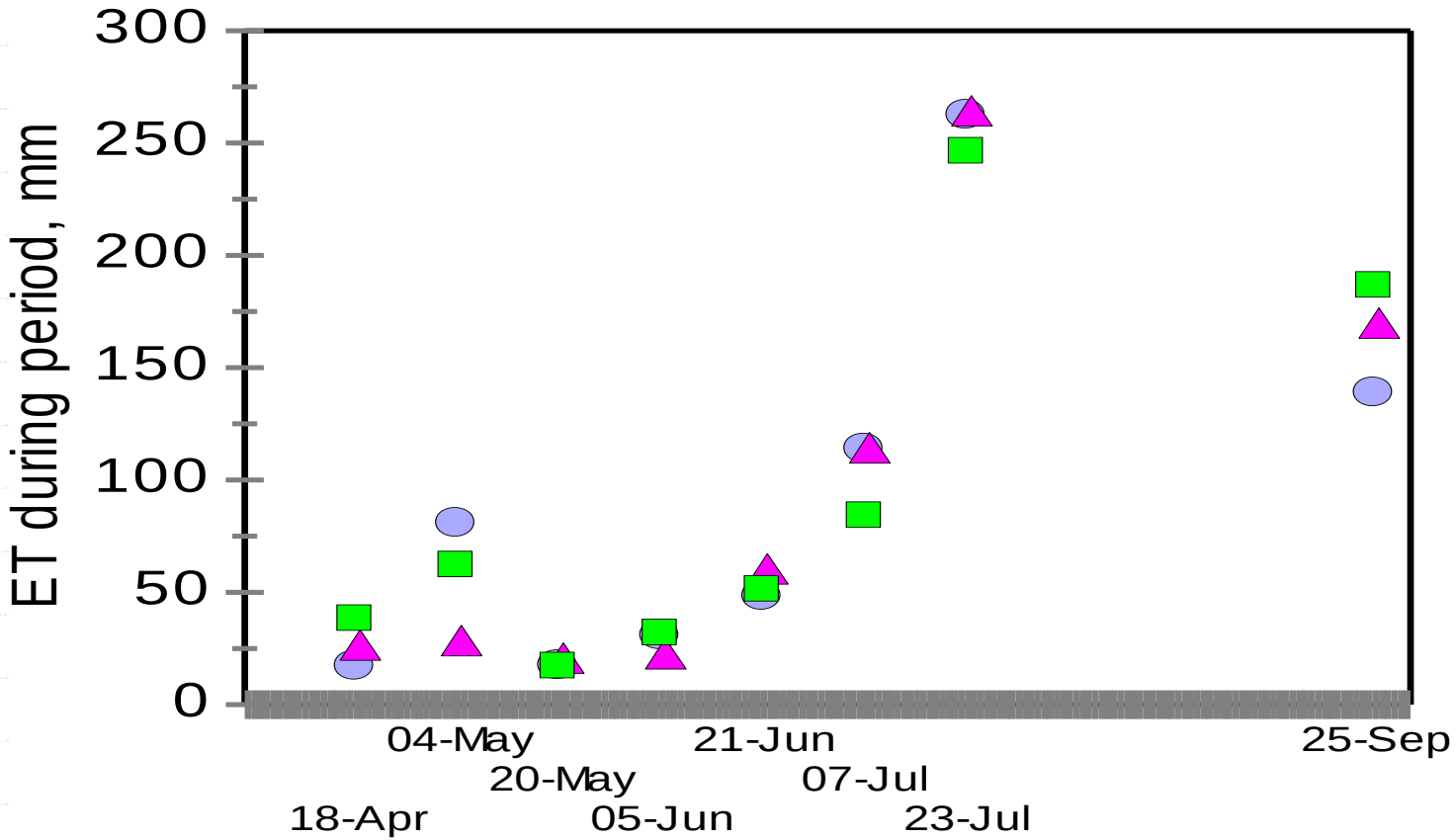
1968-1991

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

Kimberly, Idaho – Períodos entre satélites

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



Lys. Kc on Sat. date x sum ETr

Sum. all lysimeter meas. (Trut

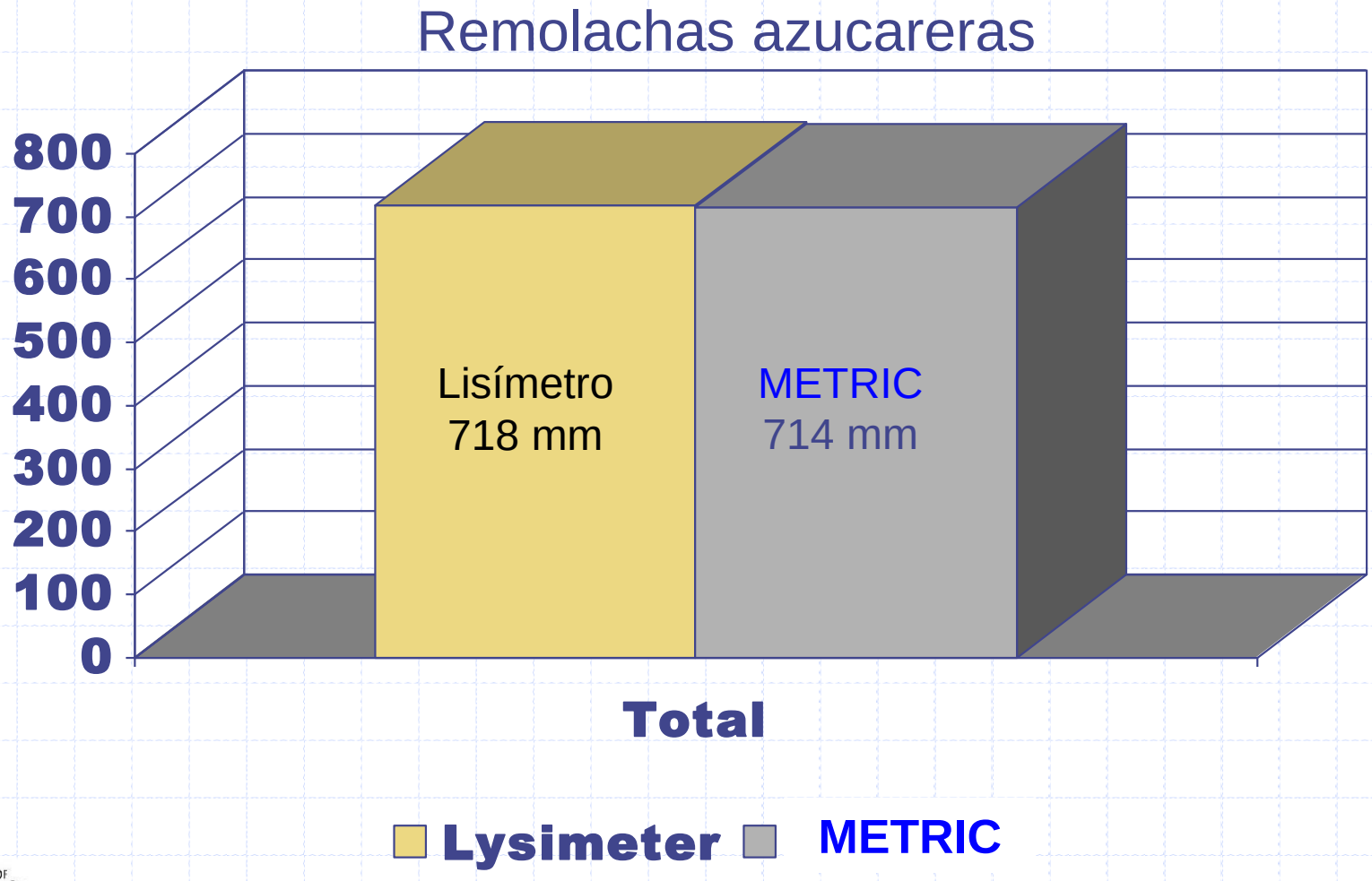
METRIC ET for period

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

Comparación de ET estacional por METRIC^{tm} con lisímetro

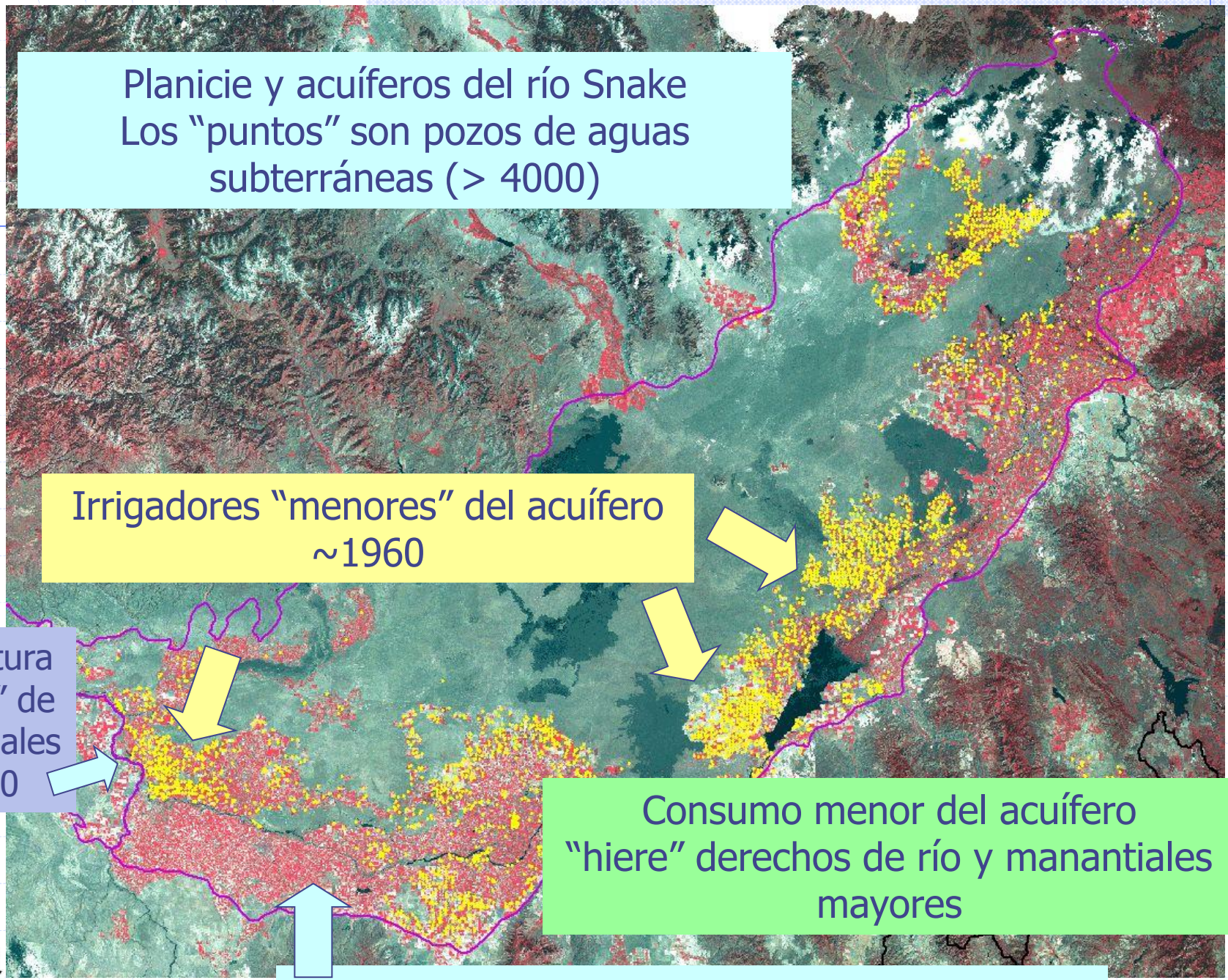
ET (mm) - abril-sept., *Kimberly, 1989*



University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

Aplicaciones en las que el esfuerzo y la exactitud importan



University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

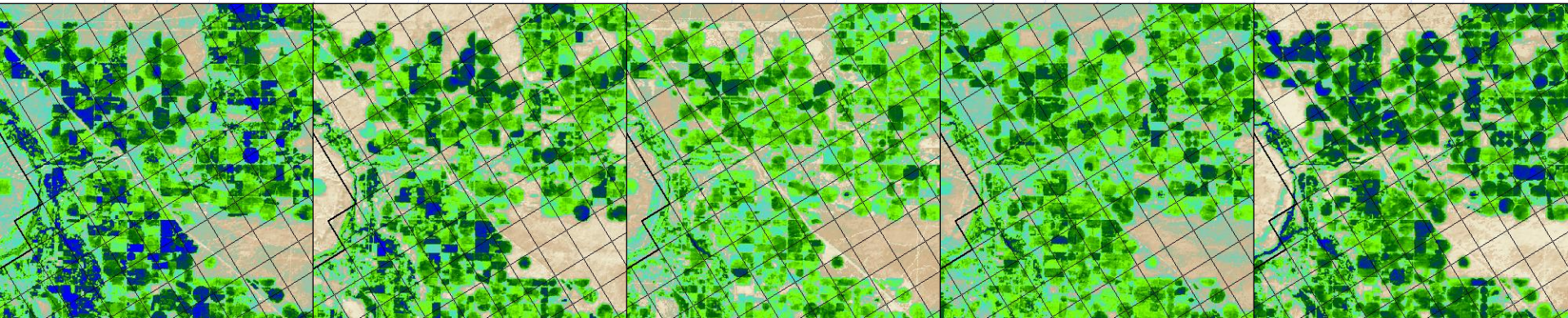
Idaho

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 annual 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.

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

Más sobre el acortamiento en las noticias

Water watch begins

8/1/2009

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 enforement

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.

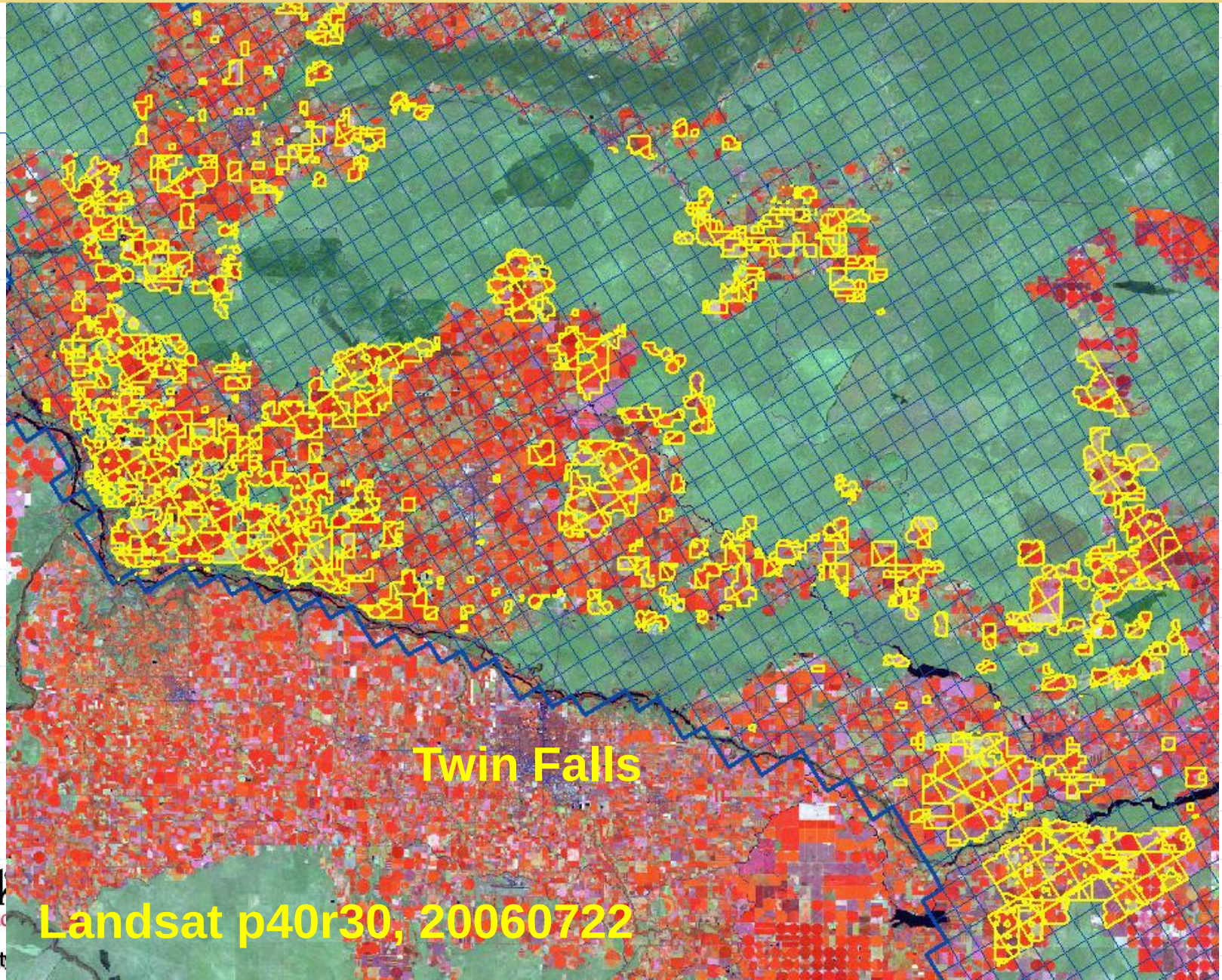
Representatives of the North Snake and Magic Valley groundwater districts were attempting to reach an agreement to end curtailment of about 150 water rights affecting businesses, towns and about 4,150 acres of irrigated land. But Lynn Carlquist, chairman of the North Snake Ground Water District, said 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.

University of Nebraska Lincoln

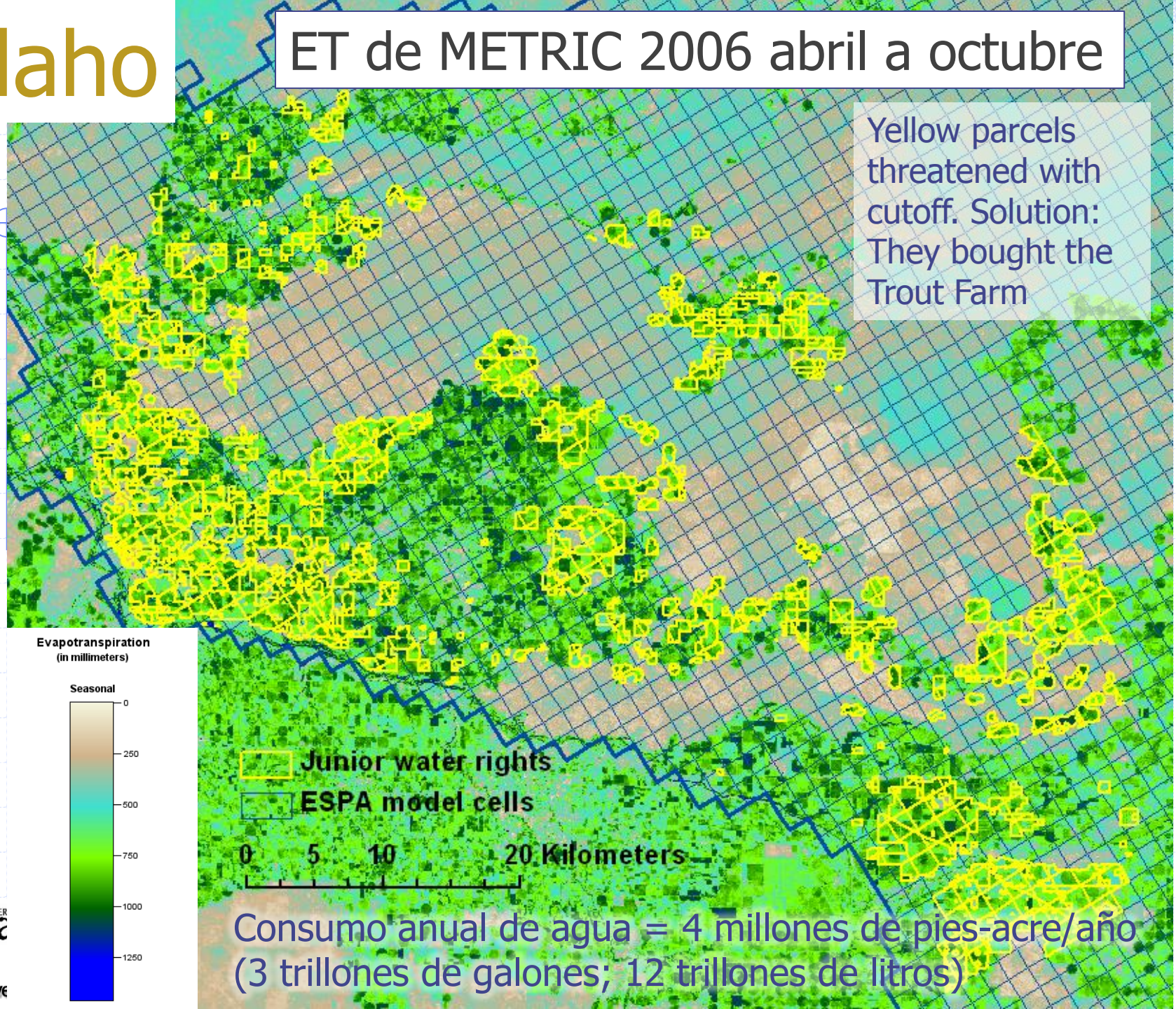
University of Idaho

Células del modelo GW y derechos de aguas menores



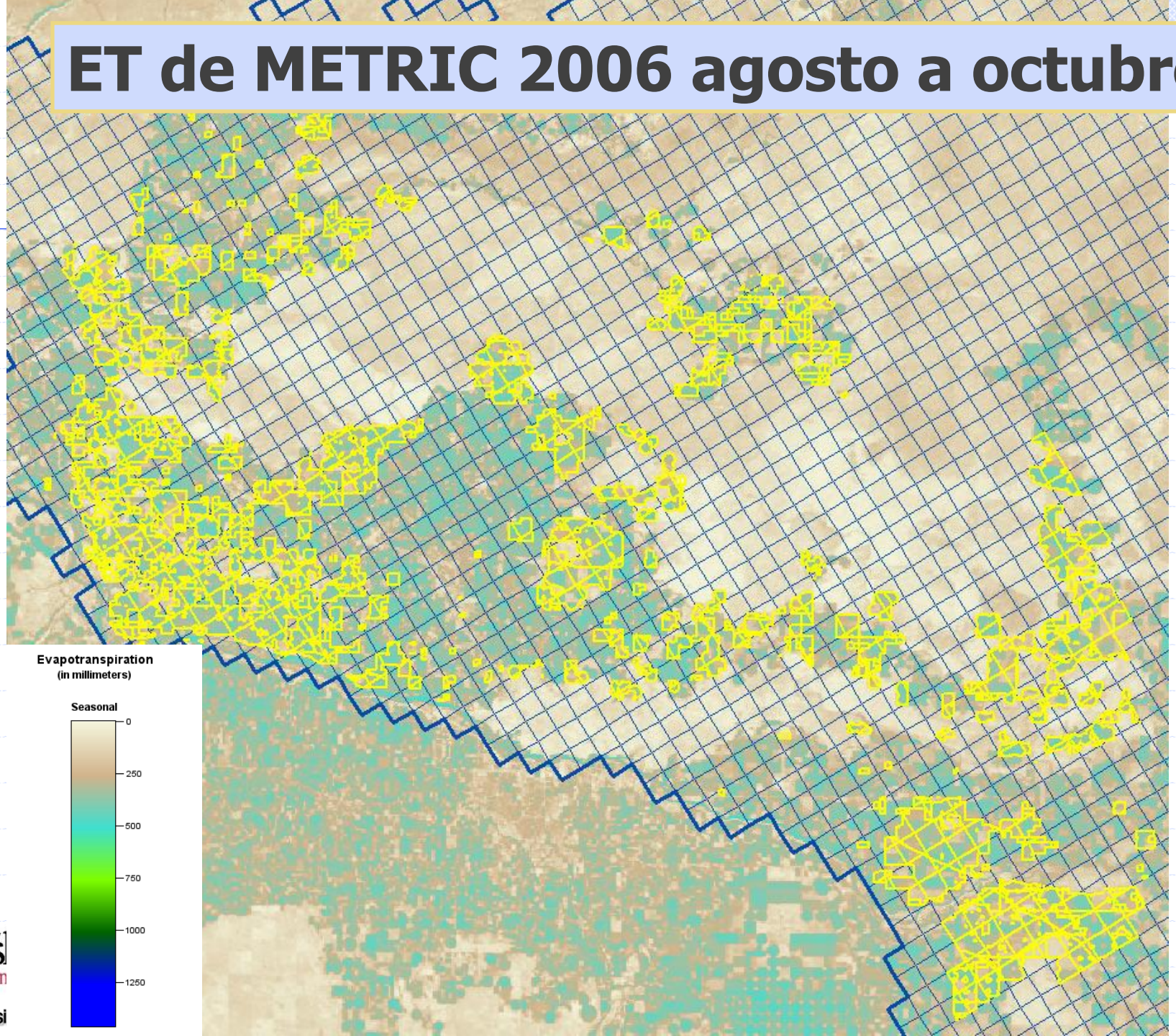
Idaho

ET de METRIC 2006 abril a octubre



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



Ejemplo 2: Recompra de derechos de aguas

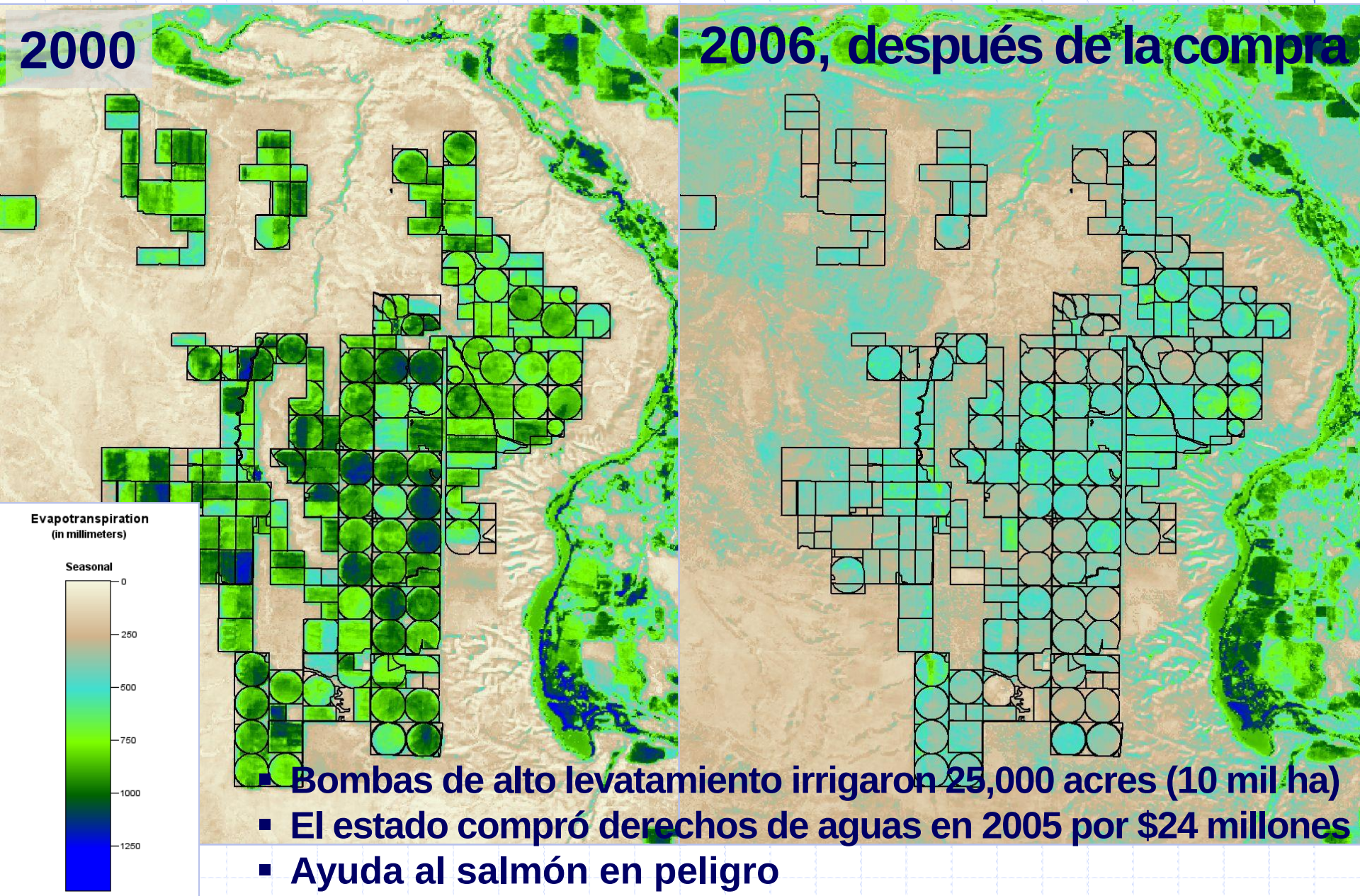
- Asunto:
  - Mantener flujo mínimo del río Snake
    - Especies en peligro de extinción
    - Derechos hidroeléctricos
- Método: Comprar derechos de aguas marginales
- Negociación
- Posición de los agricultores: comprar derechos de aguas completos
- Posición de la IDWR: comprar agua "mojada"

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

Idaho

Proyecto de irrigación Bell Rapids, Idaho: ET estacional

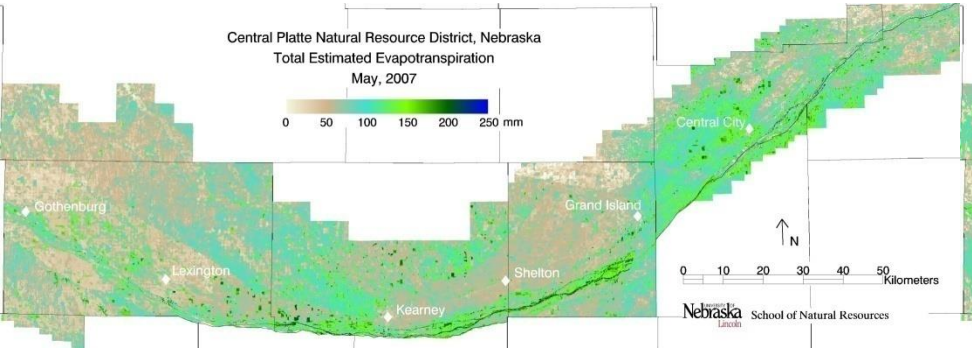


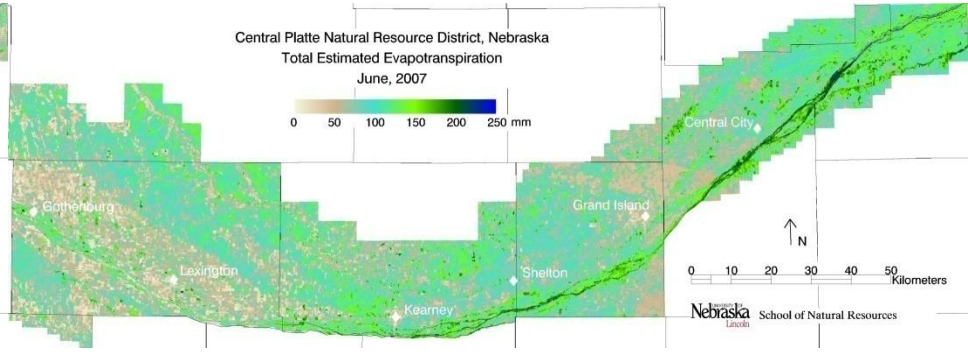
- Bombas de alto levatamiento irrigaron 25,000 acres (10 mil ha)
- El estado compró derechos de aguas en 2005 por $24 millones
- Ayuda al salmón en peligro

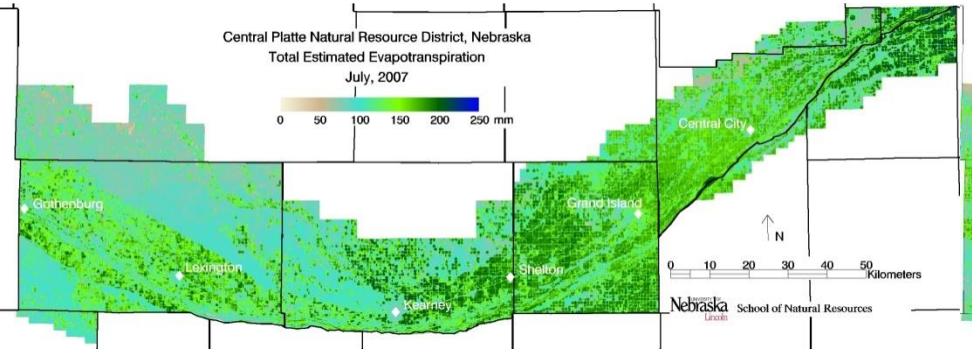
Nebraska

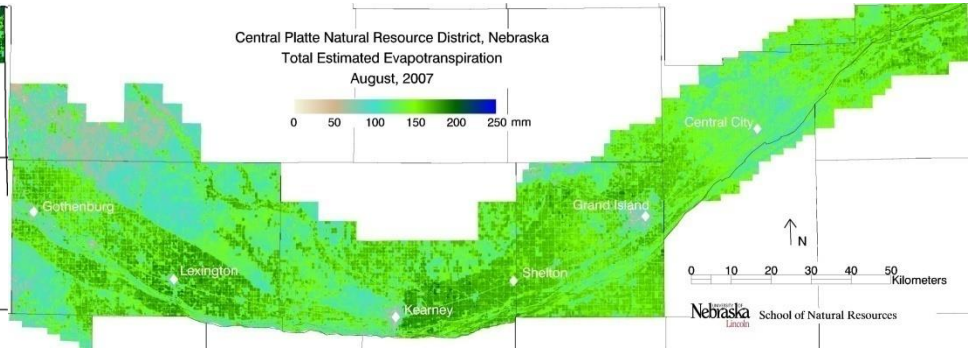
Distrito de recursos naturales Central Platte

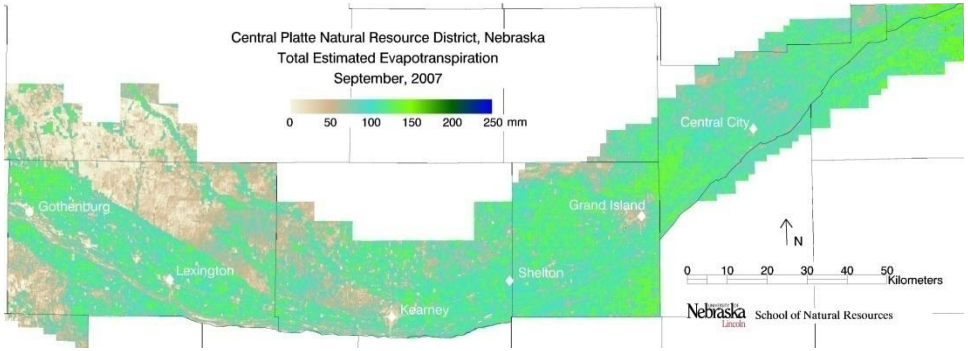
--- *Gestión del acuífero Ogallala*











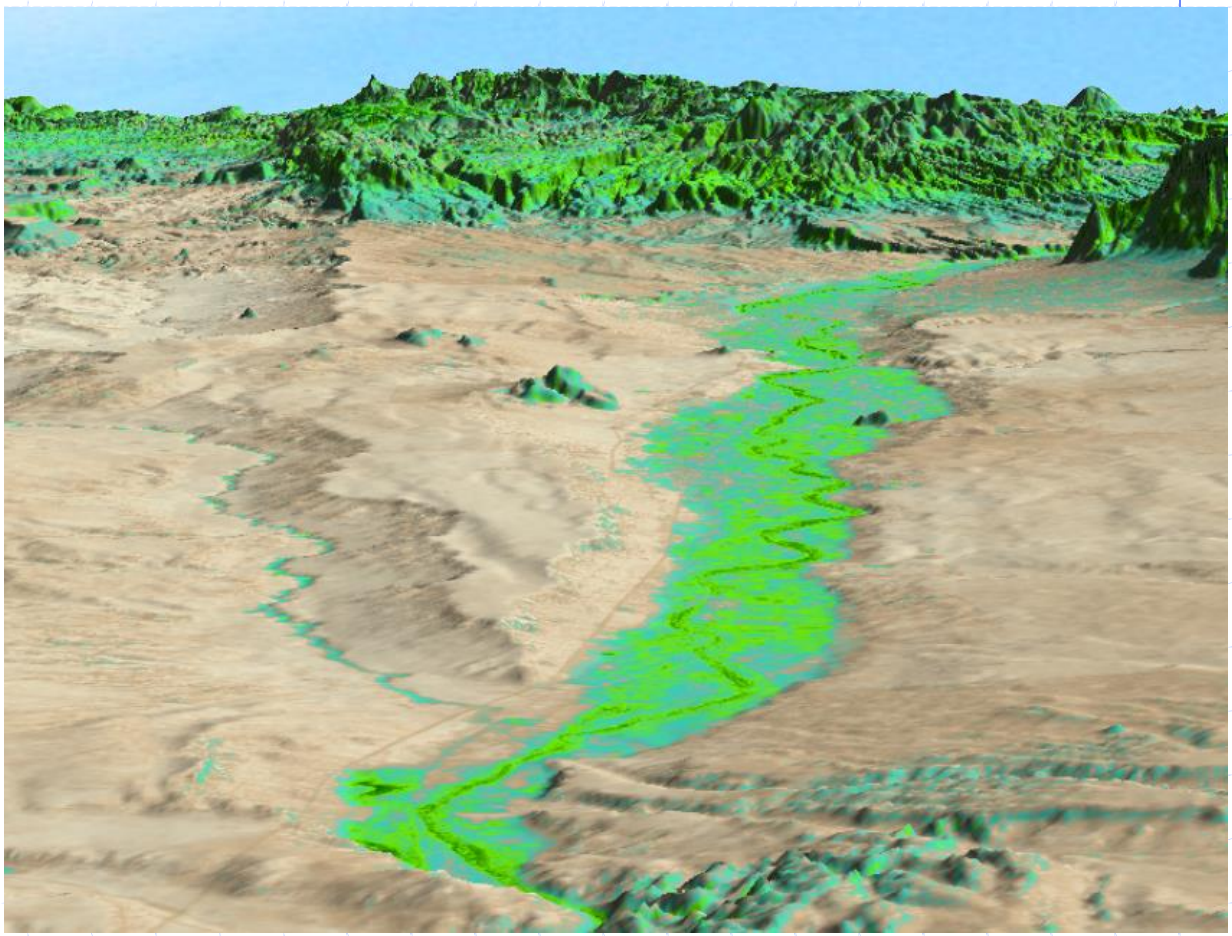
ET mensual

Dr. Ayse Kilic, UNL

Nuevo México

El río Grande de Nuevo México

- Derechos de la nación originaria Pueblo datan desede 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?



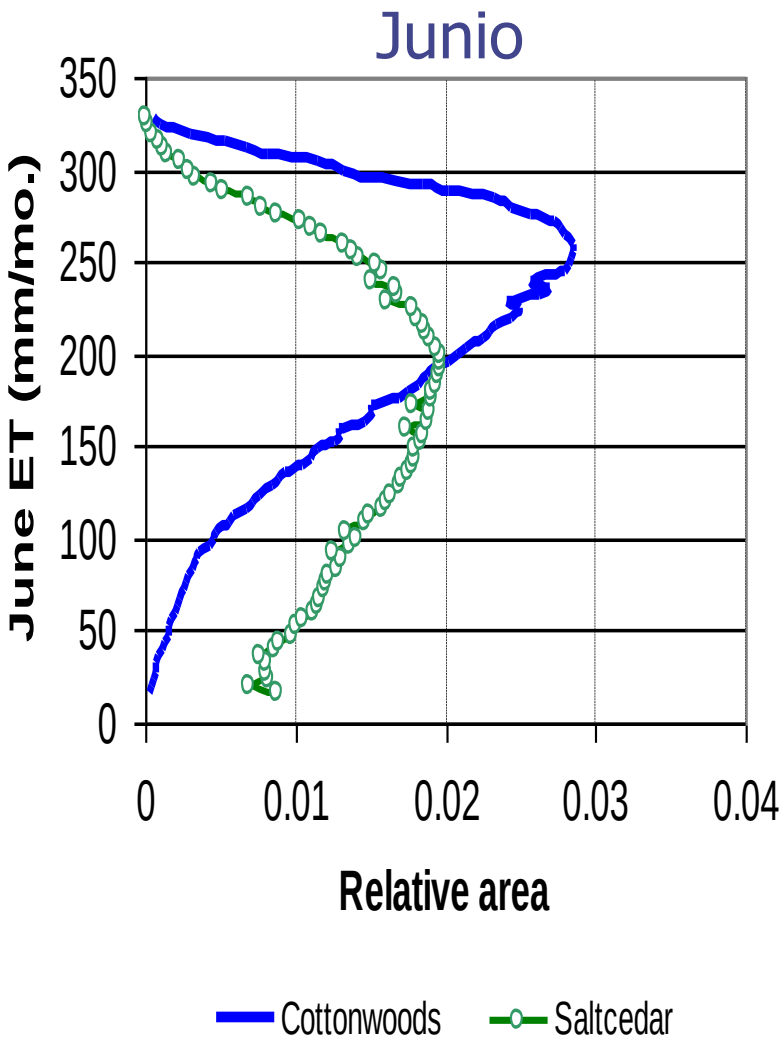
Nebraska Lincoln

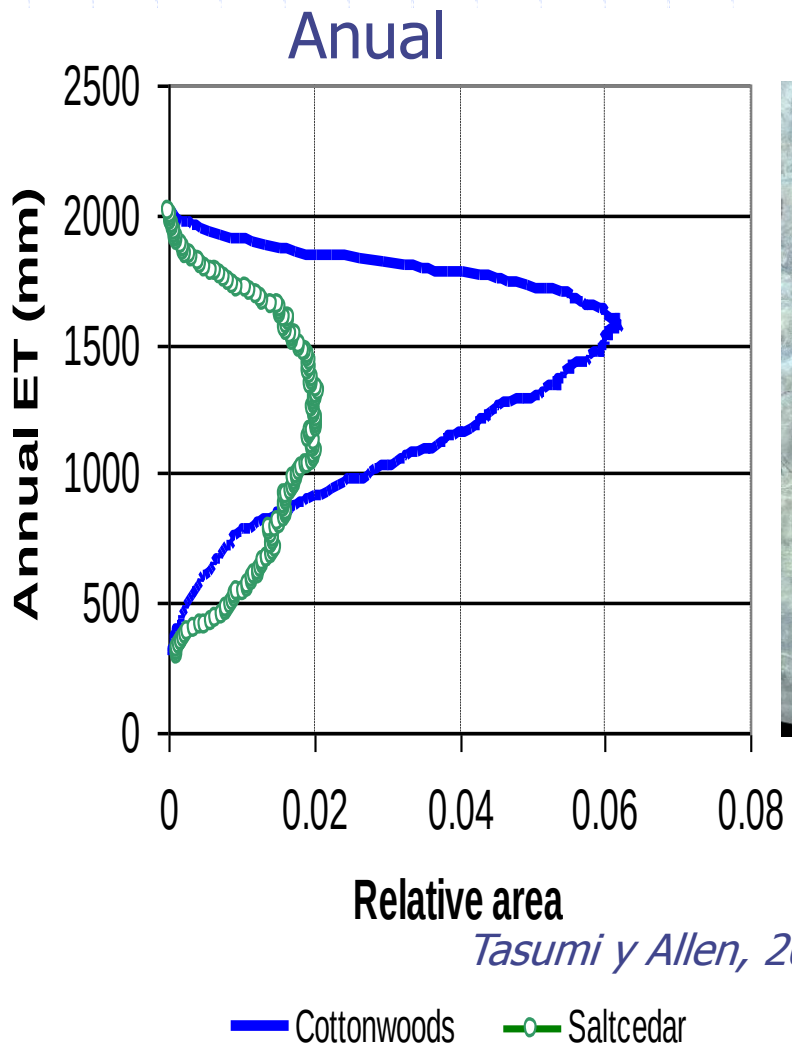
University of Idaho

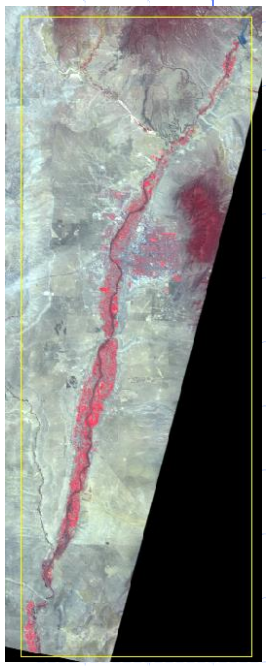
Nuevo México

Distribución de frecuencias de la ET

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



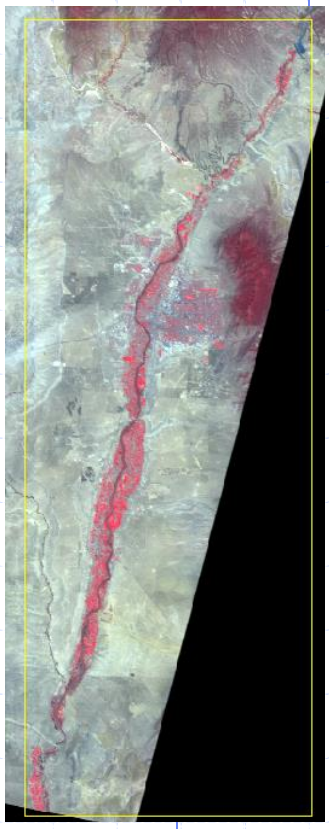




Tasumi y Allen, 2006

*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



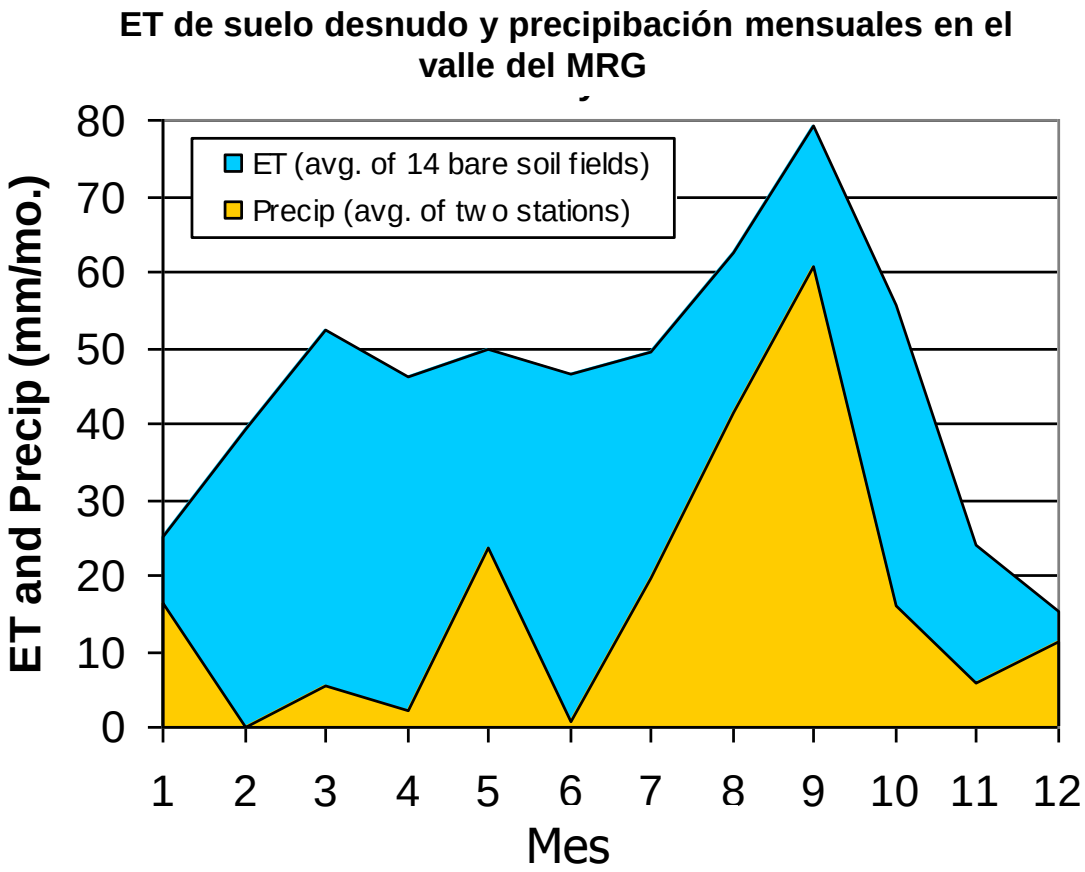
*Asume ETrF (i.e., ET/ETr) constante durante el día

*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



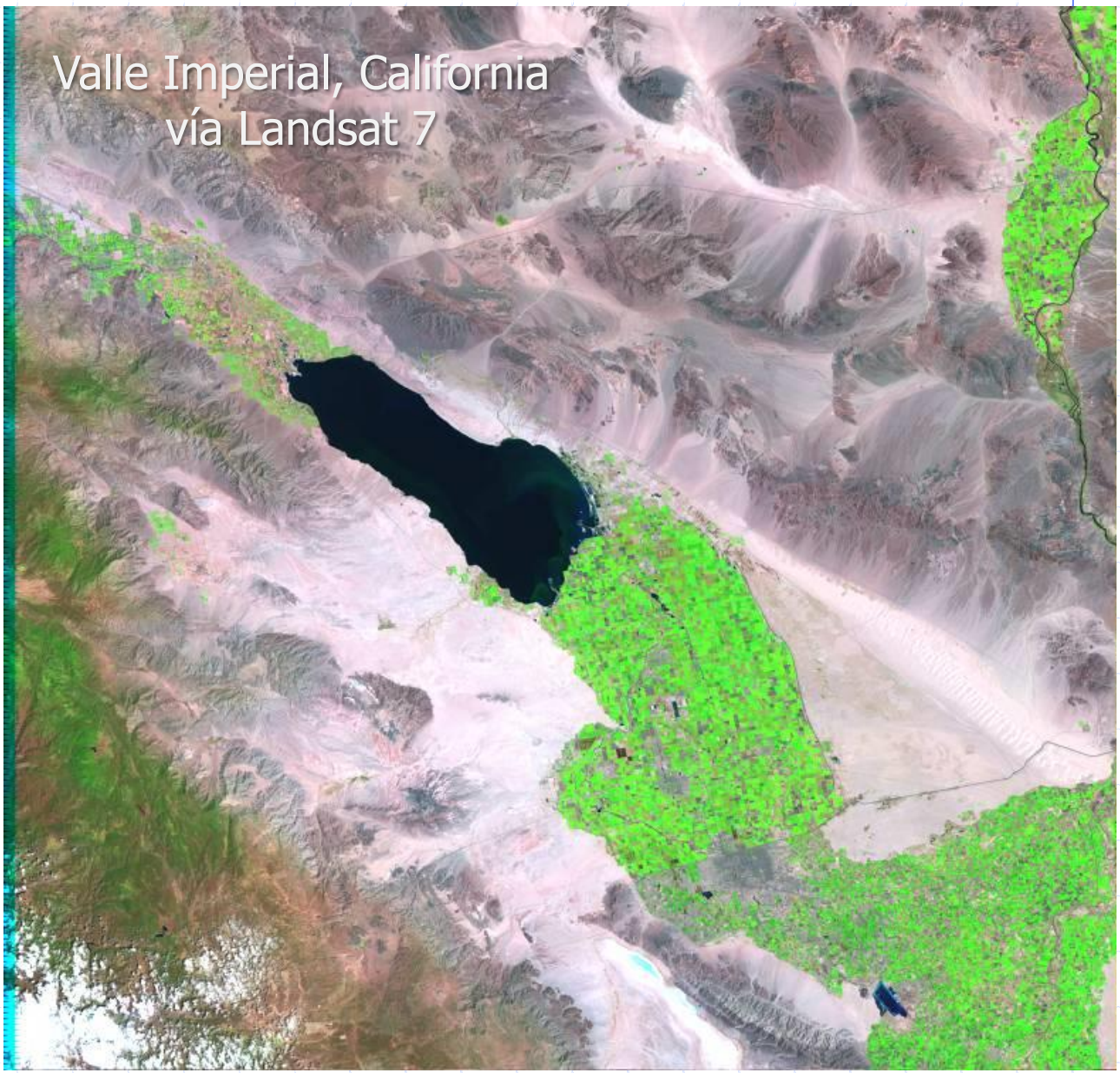
Evaporación durante 2002 de áreas continuamente descubiertas a lo largo del ***Medio Río Grande*** *de Nuevo México contrastada con la precipitación*

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?

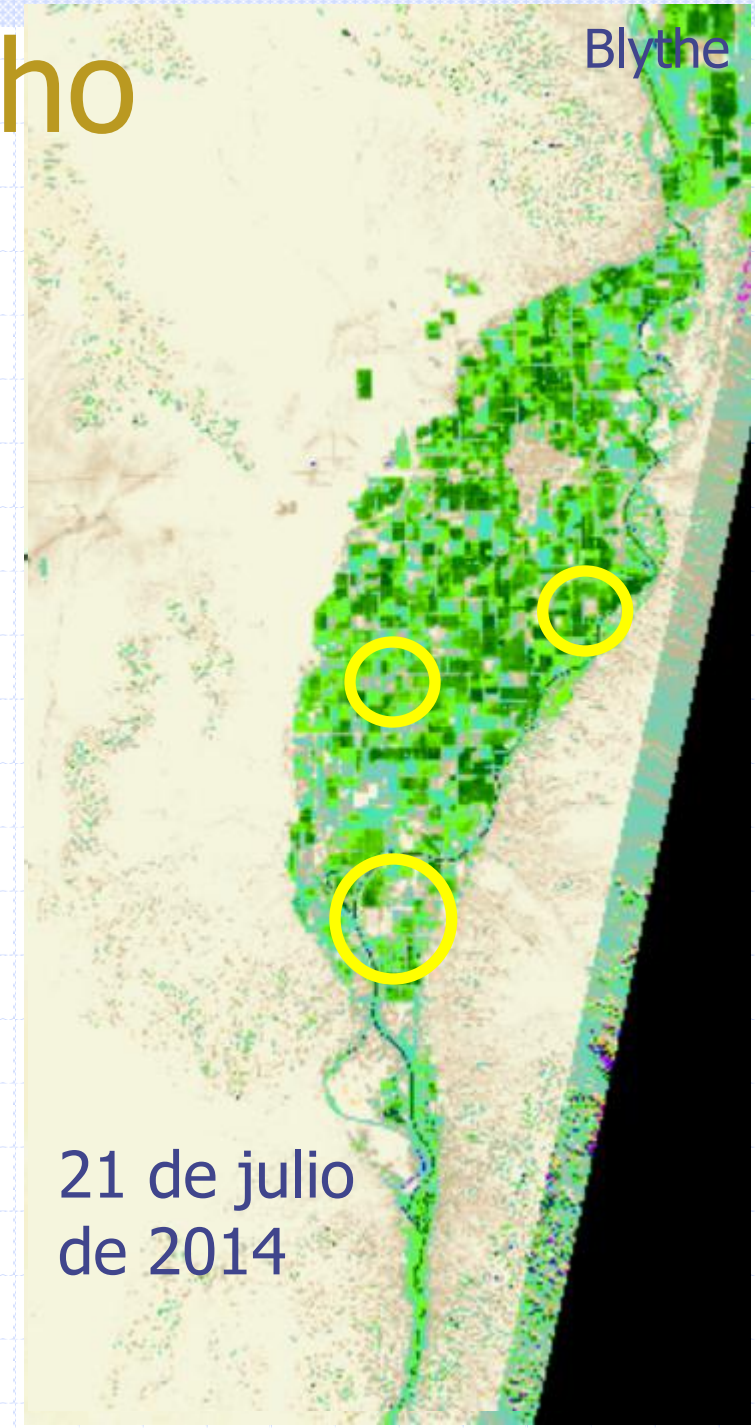


University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

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

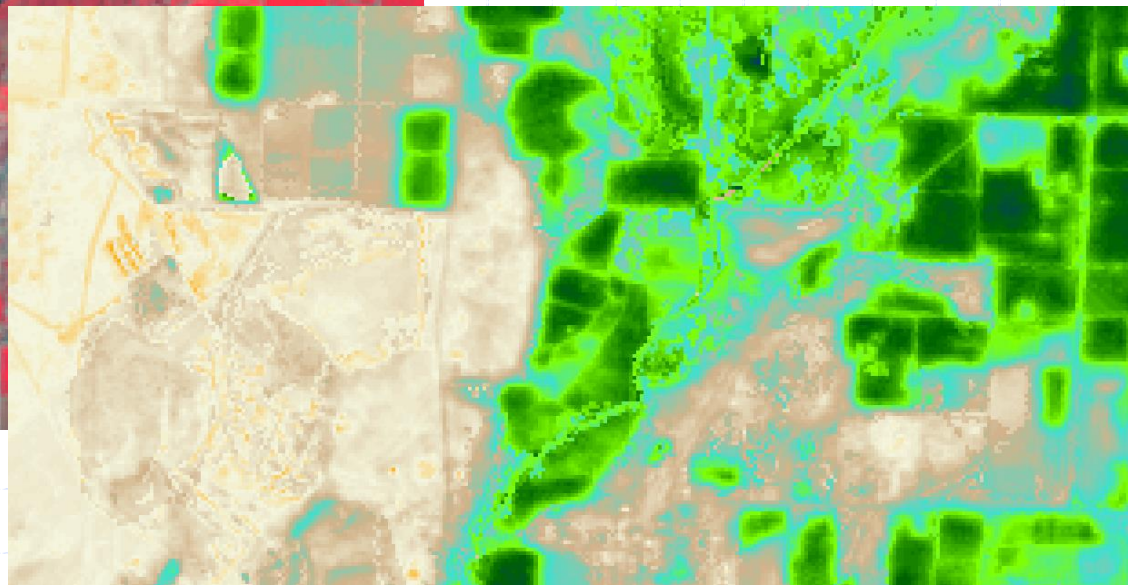


University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

Nevada

- Desert Research Institute / Nevada Office State Engr.
  - Transferencias de aguas de agricultura irrigada a Reno/Las Vegas
  - Transferencias de aguas de freatofitas y lagos secos a Las Vegas
  - *Necesitamos imágenes térmicas de alta resolución para los corredores de irrigación angostos y sistemas freatofíticos a veces angostos*

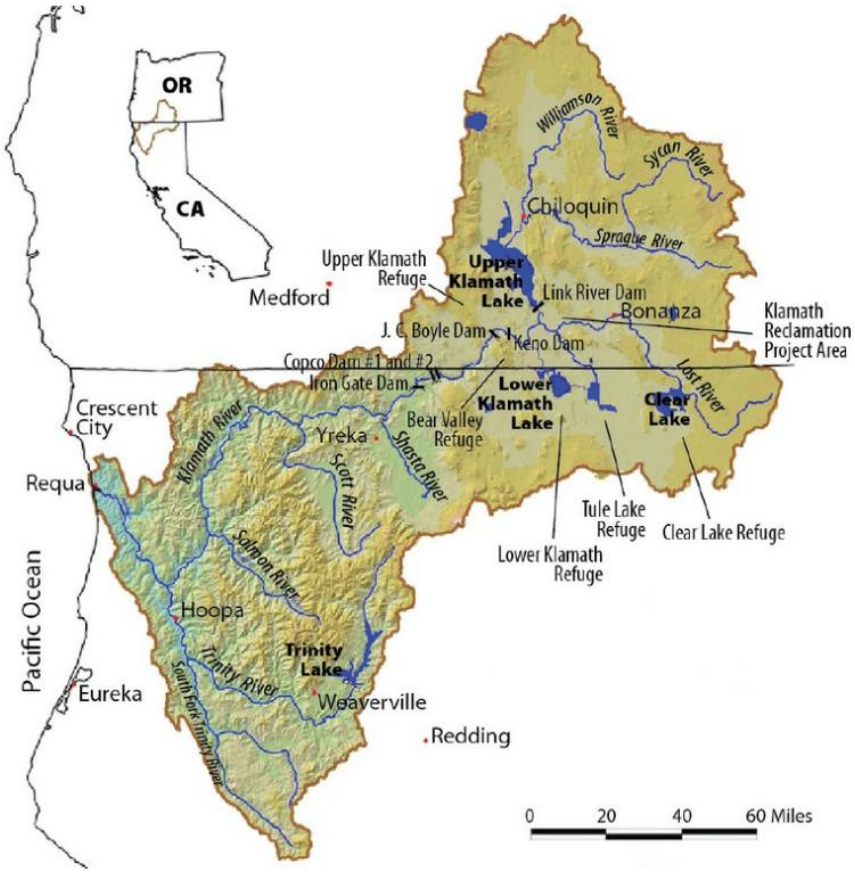


University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

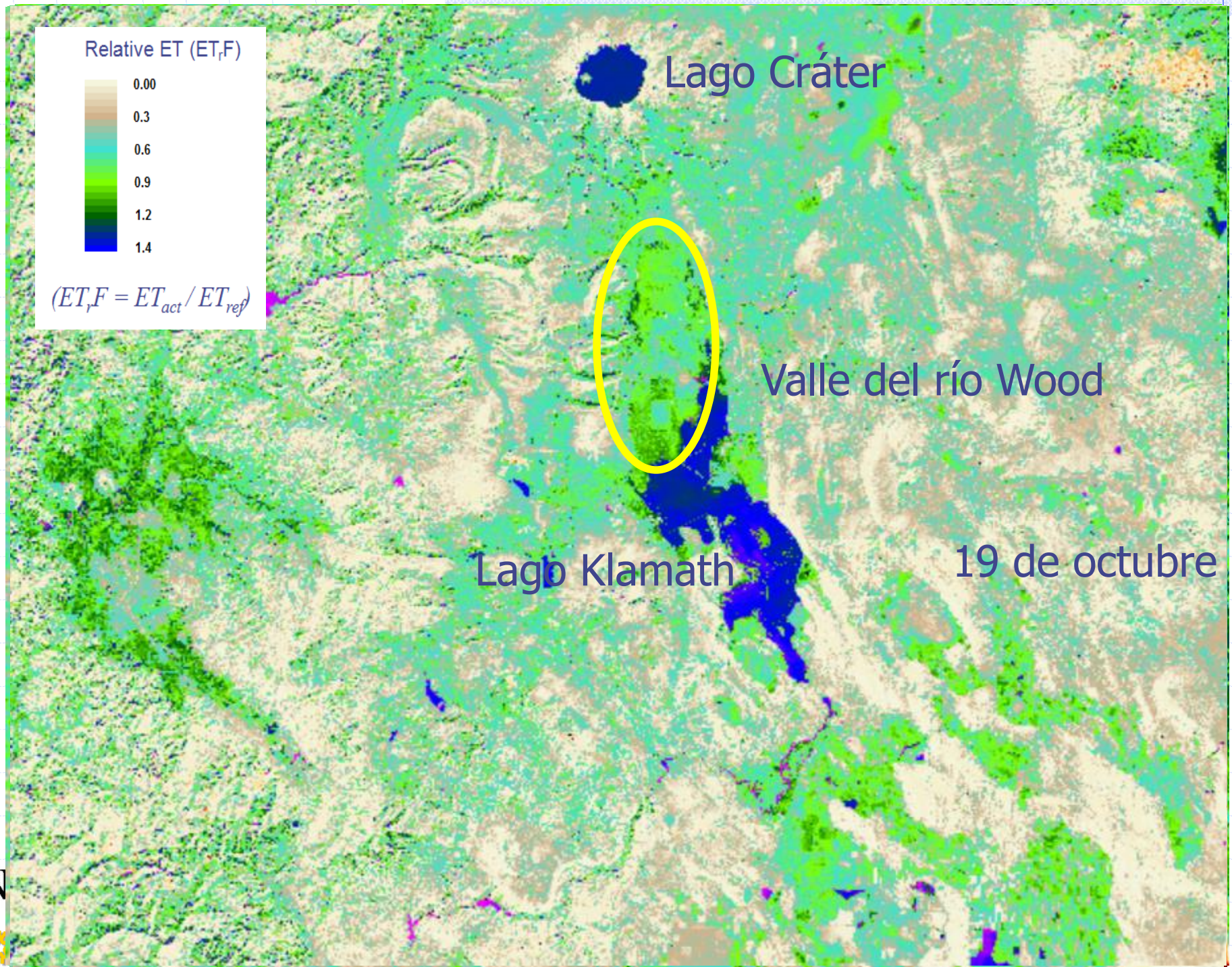
Cuenca del río Klamath

- 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**



University of Nebraska Lincoln

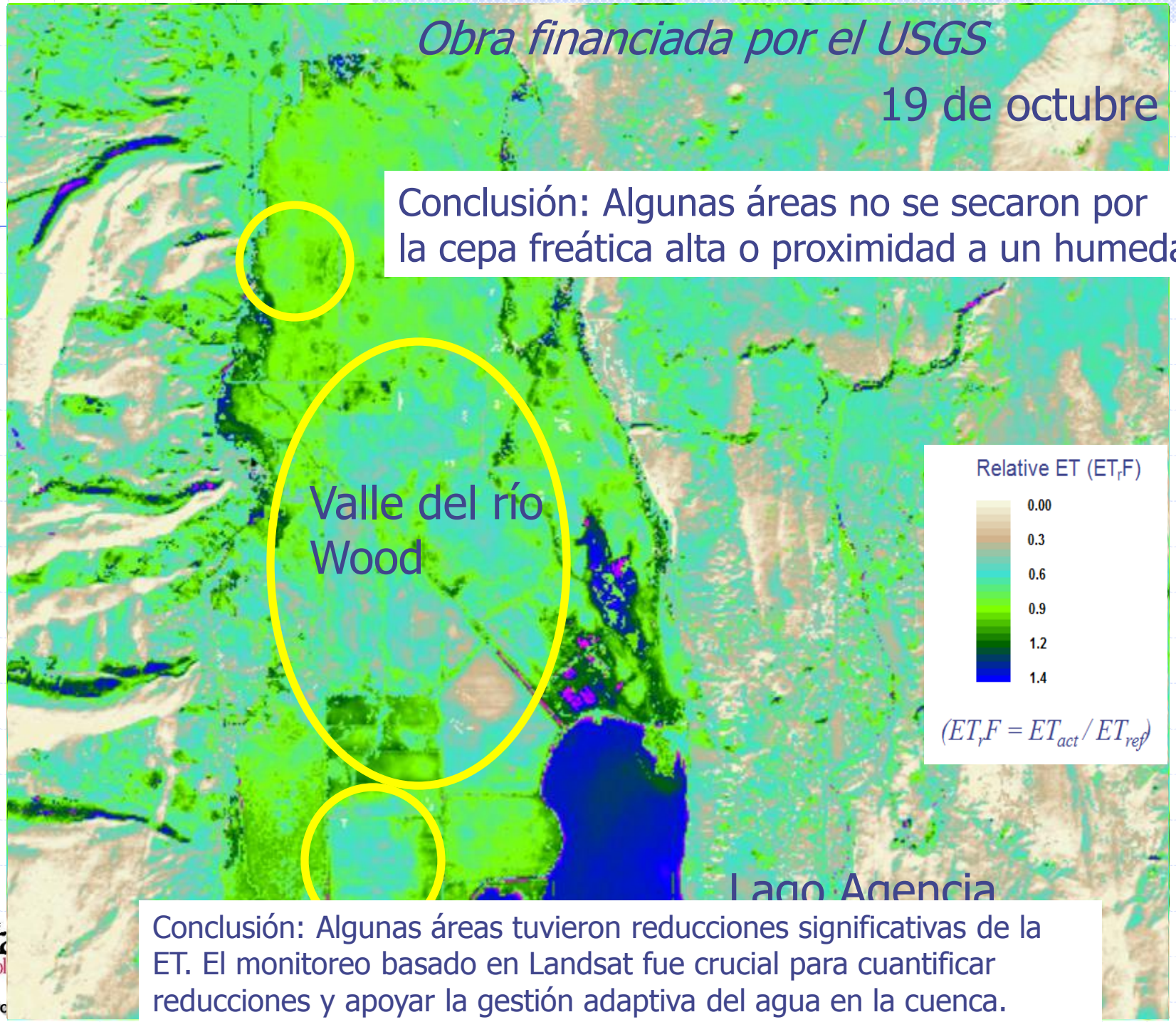
University of Idaho


Relative ET (ET_rF)
0.00
0.3
0.6
0.9
1.2
1.4
$(ET_rF = ET_{act} / ET_{ref})$
Lago Cráter
Valle del río Wood
Lago Klamath
19 de octubre

Obra financiada por el USGS

19 de octubre

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



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

University of Nebraska Lincoln

University of

Introducción a la Corte Suprema de EEUU

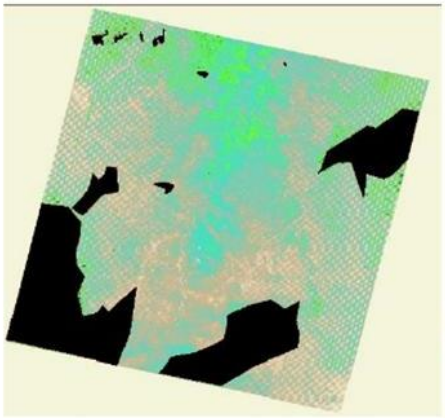
- Montana vs. Wyoming en el río Tongue
  - Caso de la Corte Suprema de EEUU
  - Derechos de aguas aguas arriba vs. aguas abajo y agotamiento por el estado aguas arriba
  - Compacto interestatal
  - ET de alta resolución se usa para estimar el consumo de agua entre campos irrigados rodeados de desierto
  - 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

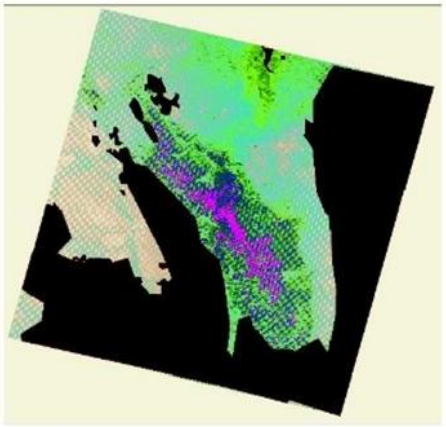
- Landsat pasa por encima cada 16 días
- Partes del área de las imágenes a menudo están nubladas
- La 'foto instantánea' de Landsat puede omitir del todo la evaporación de eventos pluviales entre las fechas del satélite

Las imágenes pueden estar contaminadas con lluvias

04-16-04

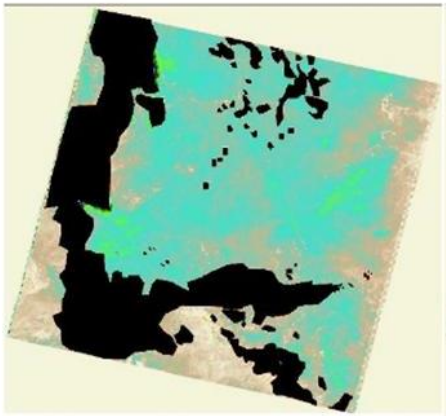


04-23-04

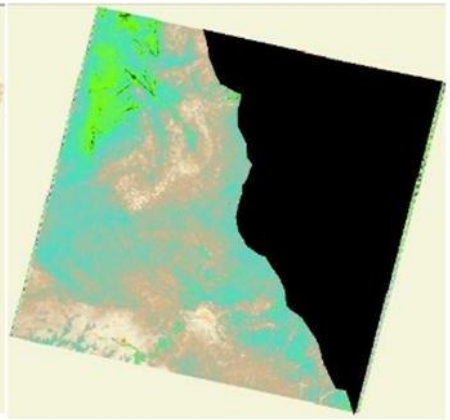


norte-centro de Wyoming

04-24-04



05-10-04



University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

Mitigación de nubes

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

Las áreas cubiertas de nubes deben ser 'enmascaradas'.

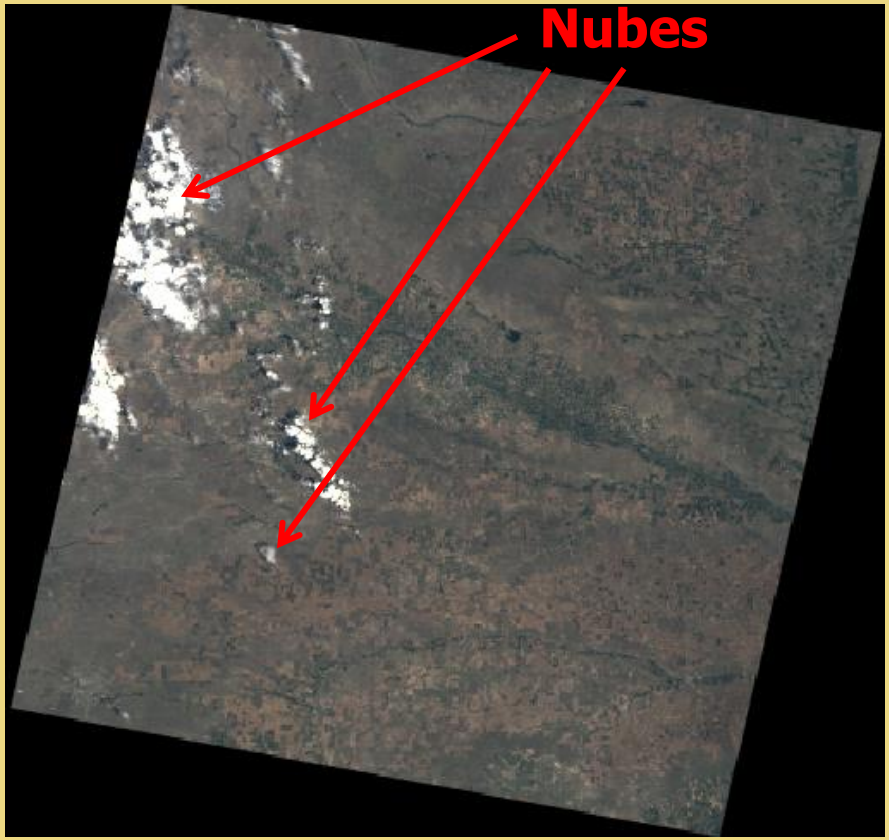
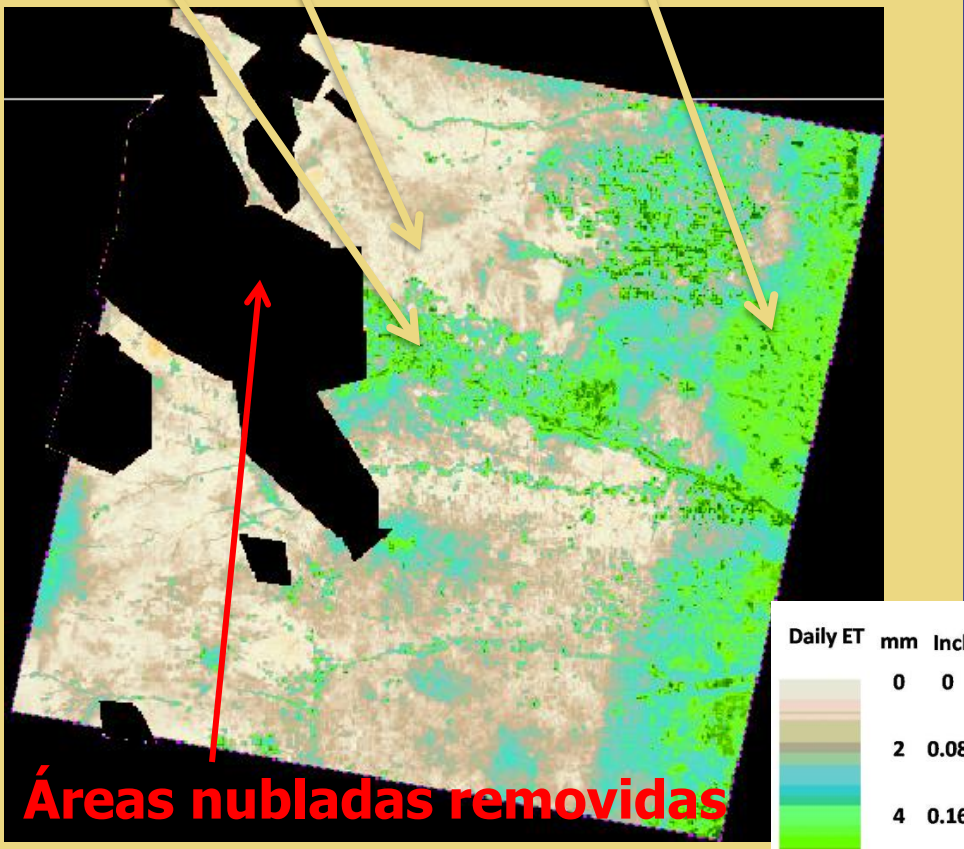


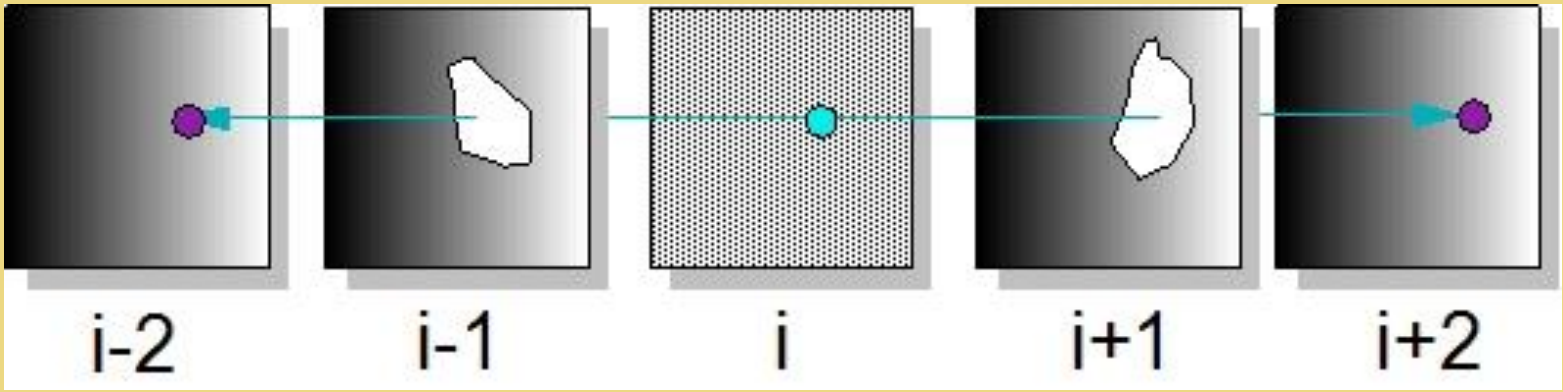
Imagen de Landsat 07/12-1997



ET el 07/12-1997. Las nubes han sido enmascaradas.

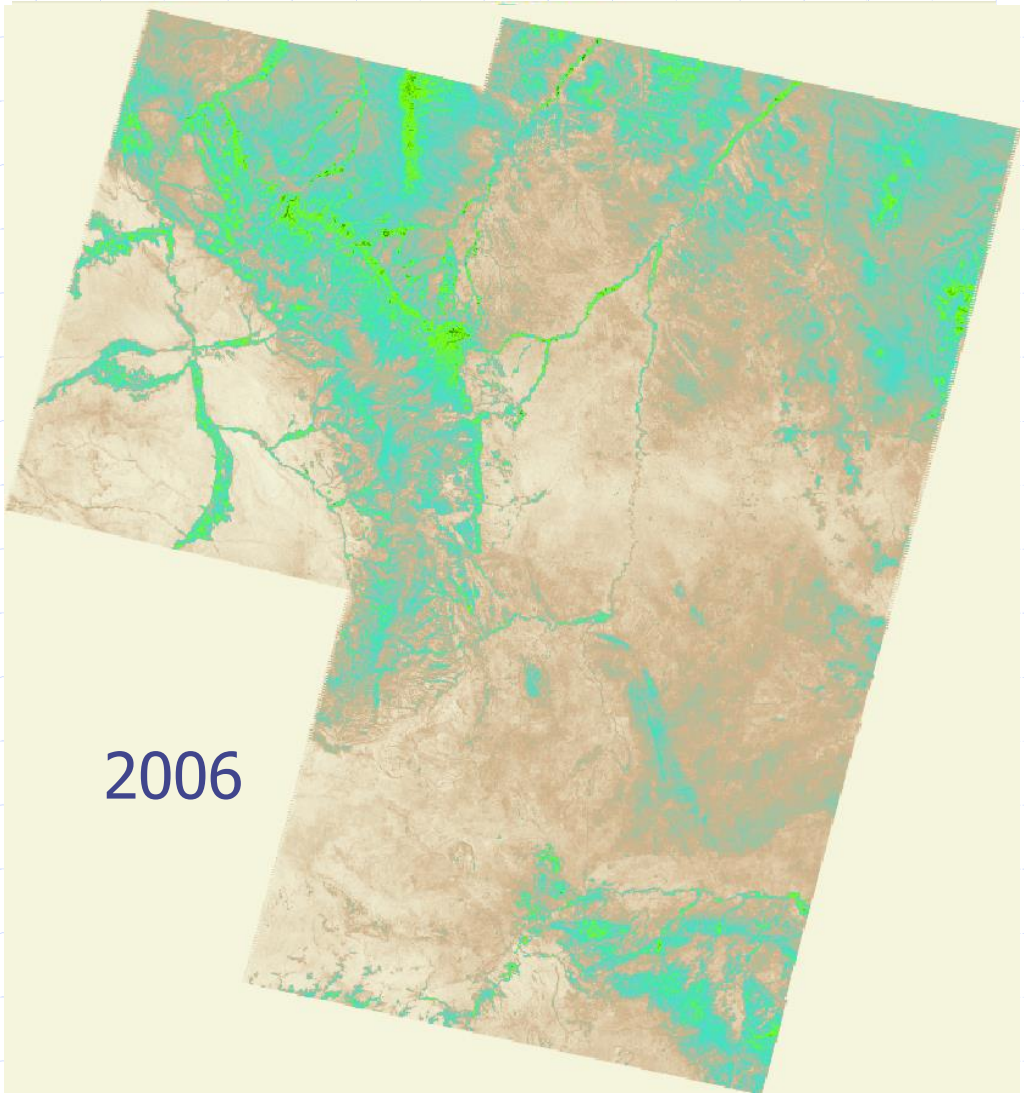
Nebraska Panhandle - 1997

Procedimiento para llenar las lagunas de las nubes

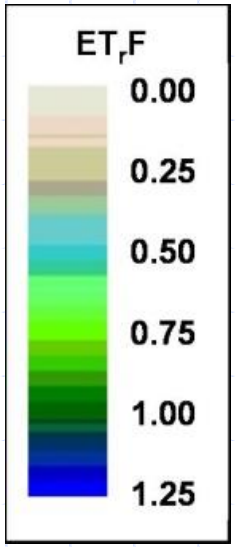


Se presta la información de 'ET relativa' de imágenes adyacentes (en el tiempo)

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

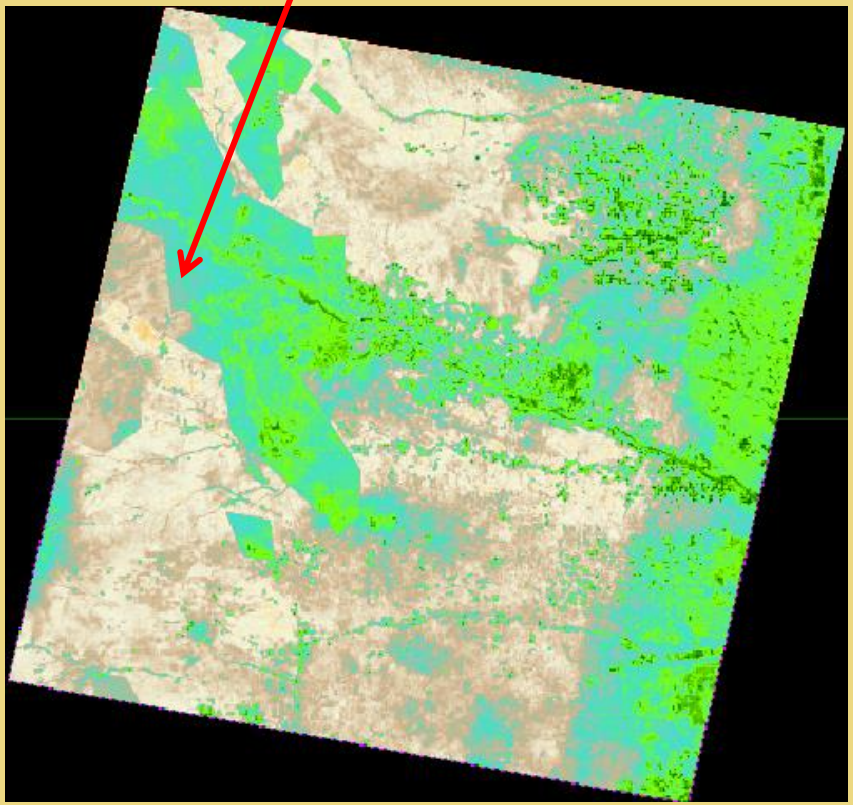
University of Nebraska Lincoln

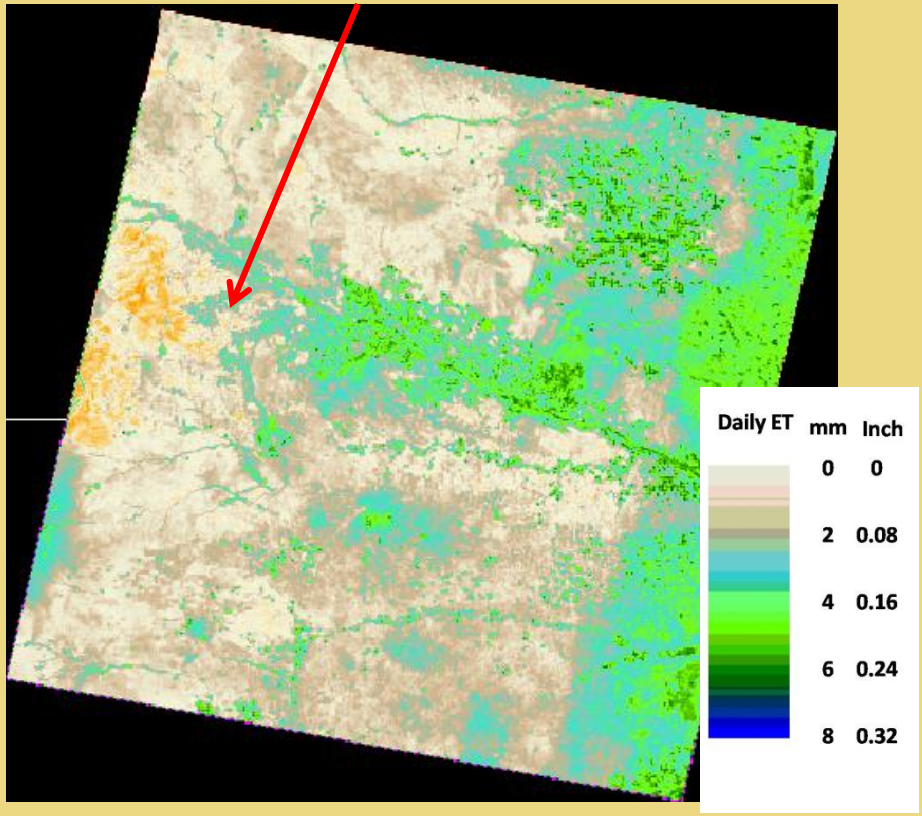
University of Idaho

Paso 2: Ajustar para cambios en evaporación debido a lluvias

Las áreas rellenas están muy altas para suelo desnudo

Mejor correspondencia



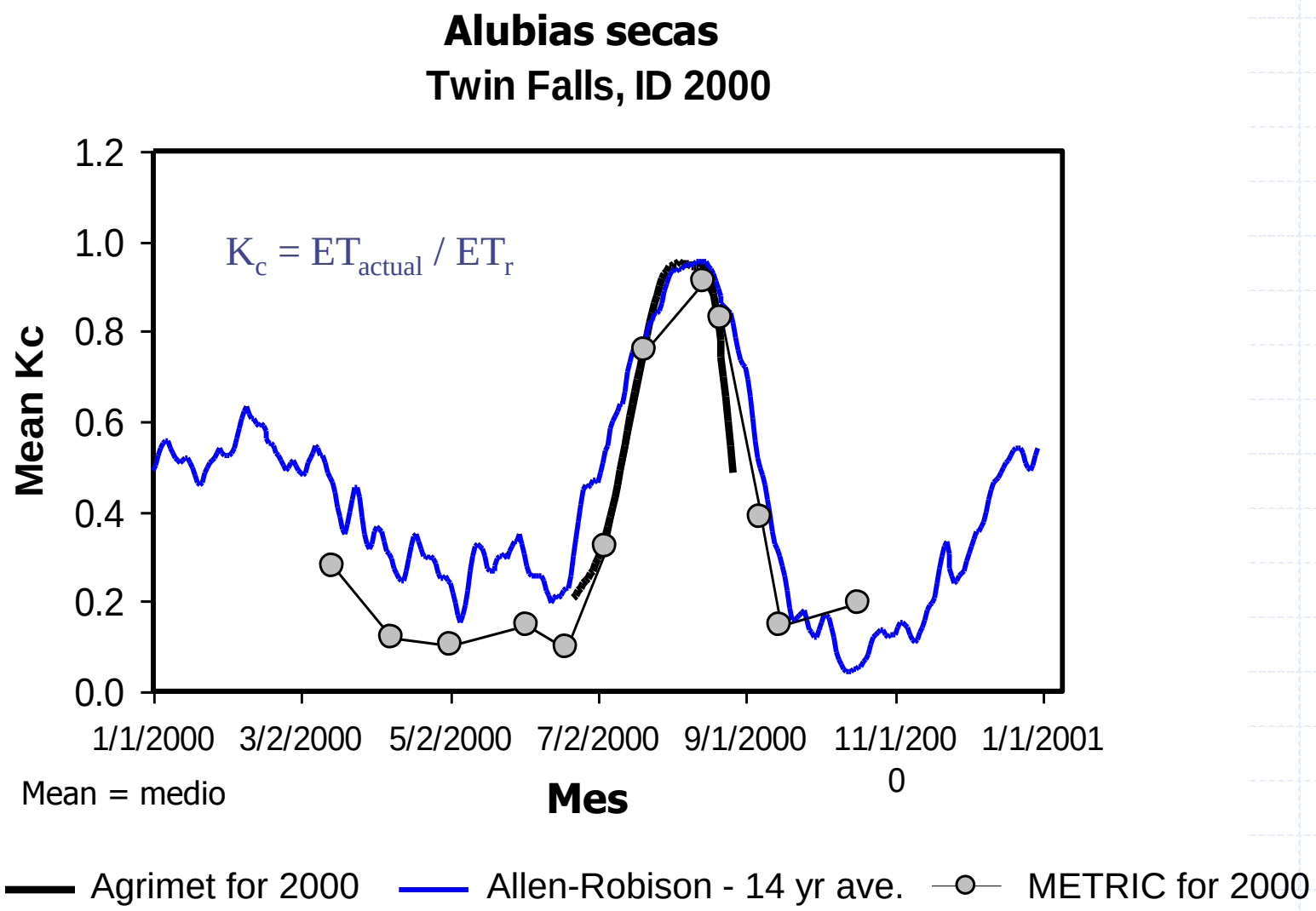


Relleno sin ajuste

Relleno con ajuste para evap.

07/12-1997

Congruencia de K_c de METRIC y métodos basados en K_c



Mean = medio

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 freafítifcas a las ciudades
- California Water Resources Control Board – consumo del agua en la bahía-delta de California (recién iniciado); - monitorieo 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
- Departmento de Justicia – Agotamientos del Rio Grande medio

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

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 subterréneas 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

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

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 – Desarrollador

Clarence Robison – Univ. de Idaho – Técnico GIS

Ricardo Trezza – Universidad de Idaho – Profesor

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

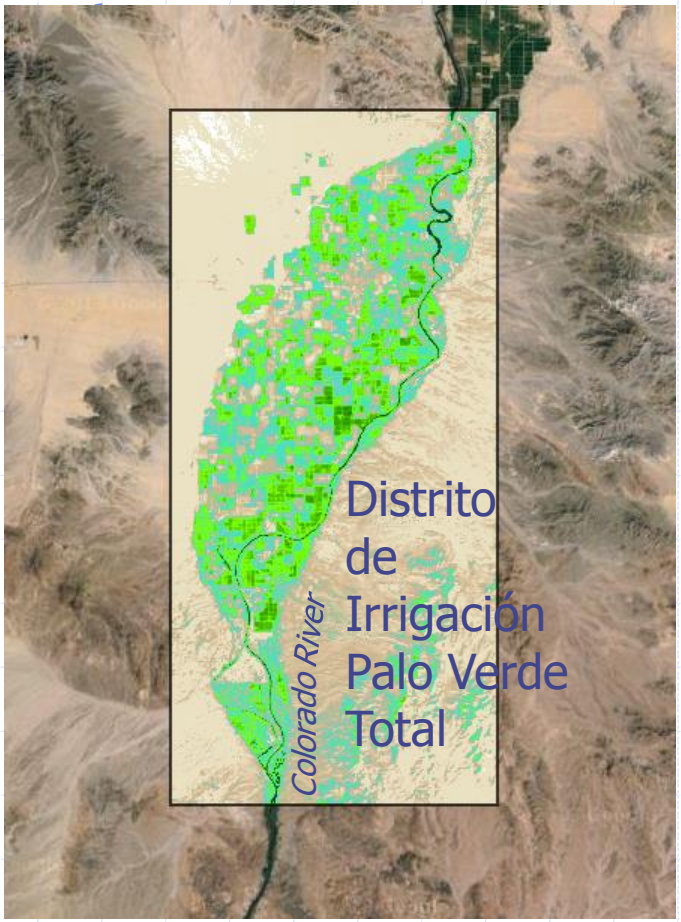
Tyler Erickson, Google, Inc. – Proponente Earth Engine

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 almacenaje
- 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

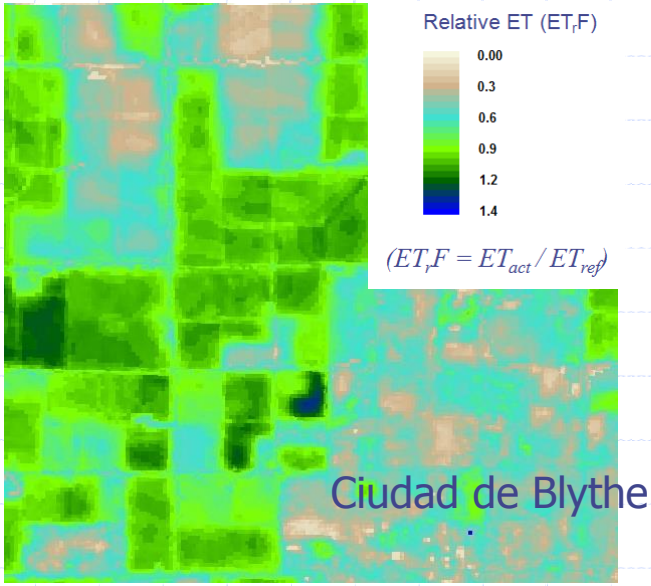


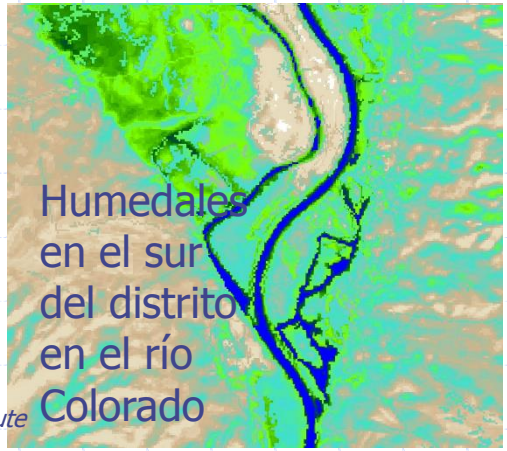
Earth Engine Evapotranspiration Flux

Distrito de irrigación Palo Verde

Blythe, California – ene. – dic. 2008

-- Imágenes de Landsat 5 dic.





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

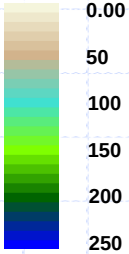
Los cómputos se basan en un equilibrio enérgico superficial completo ***(METRIC)***

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

ET de referencia en la aplicación Google Earth Engine EEFlux

Et refer. (mm/mes)



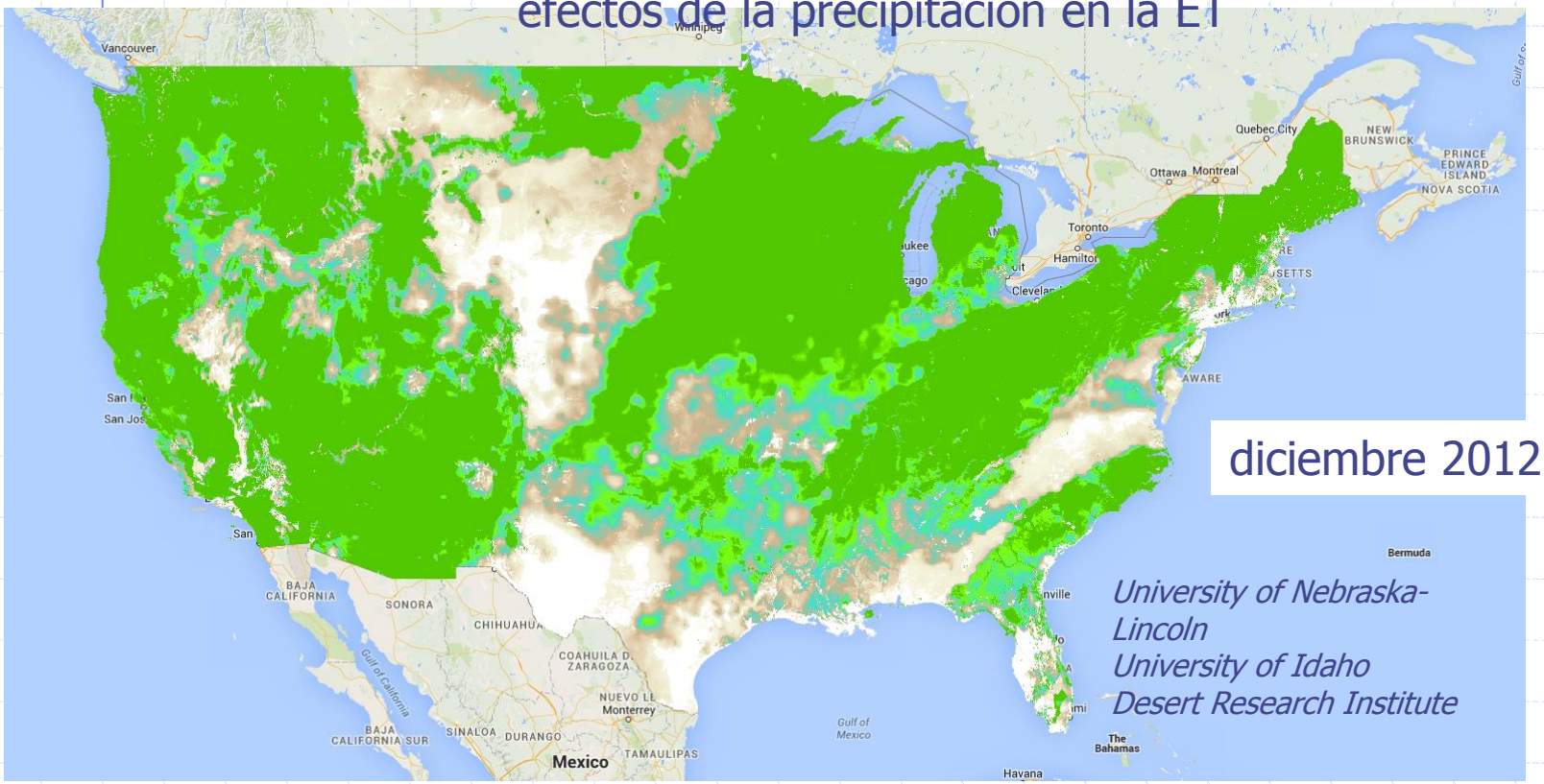
ET de referencia se calcula usando la ecuación Penman-Monteith estandartizada para el referente alto (Alfalfa) --computada del conjunto de datos GridMET de Abatzoglou (2012)

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

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

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



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

--computado del conjunto de datos del tiempo de Abatzoglou (2012)

-- GridMET se puede rastrear a conjuntos de datos de NLDAS y PRISM

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

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 enérgico de EEFlux para mayor exactitud
- Integración temporal para producir volúmen de ET mensual y anual *(próximamente)*
- Caminos en mosaico *(próximamente)*

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho

Demostración de EEFlux

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

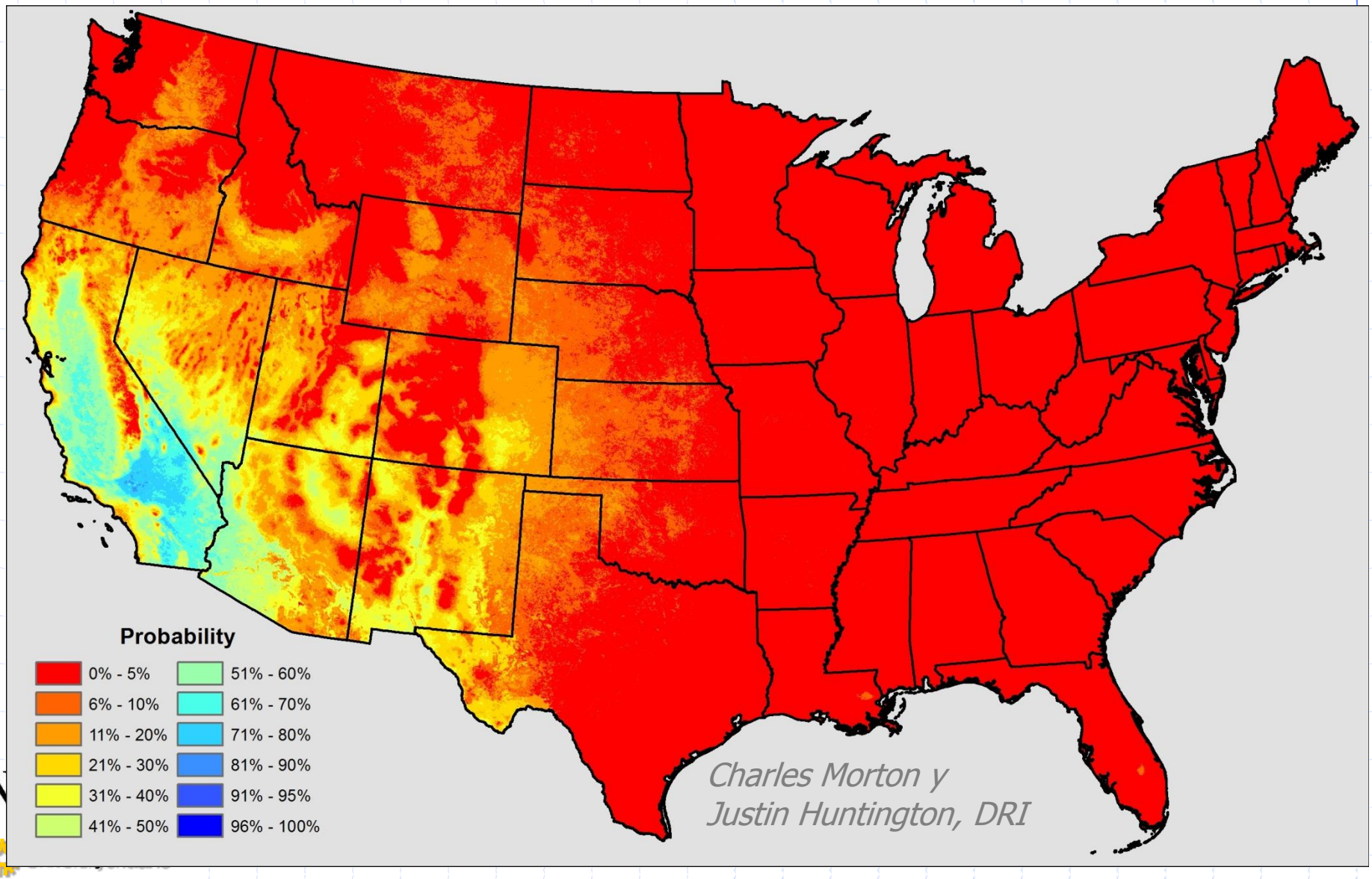
http://2.eeflux-level2-single-hotcold.appspot.com/

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

para mitigar las nubes

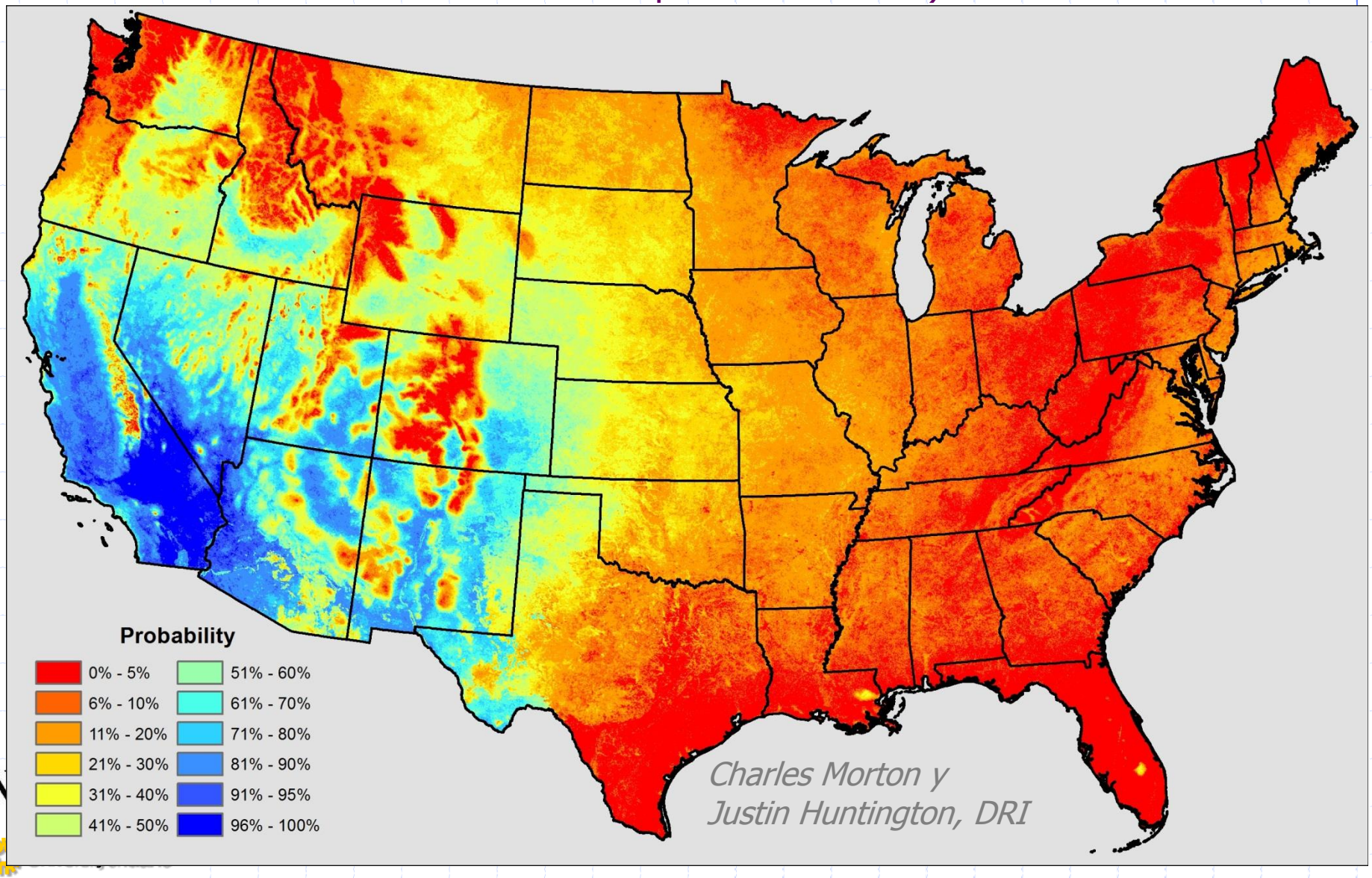
1 Satélite (imagen cada 16 días)

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)



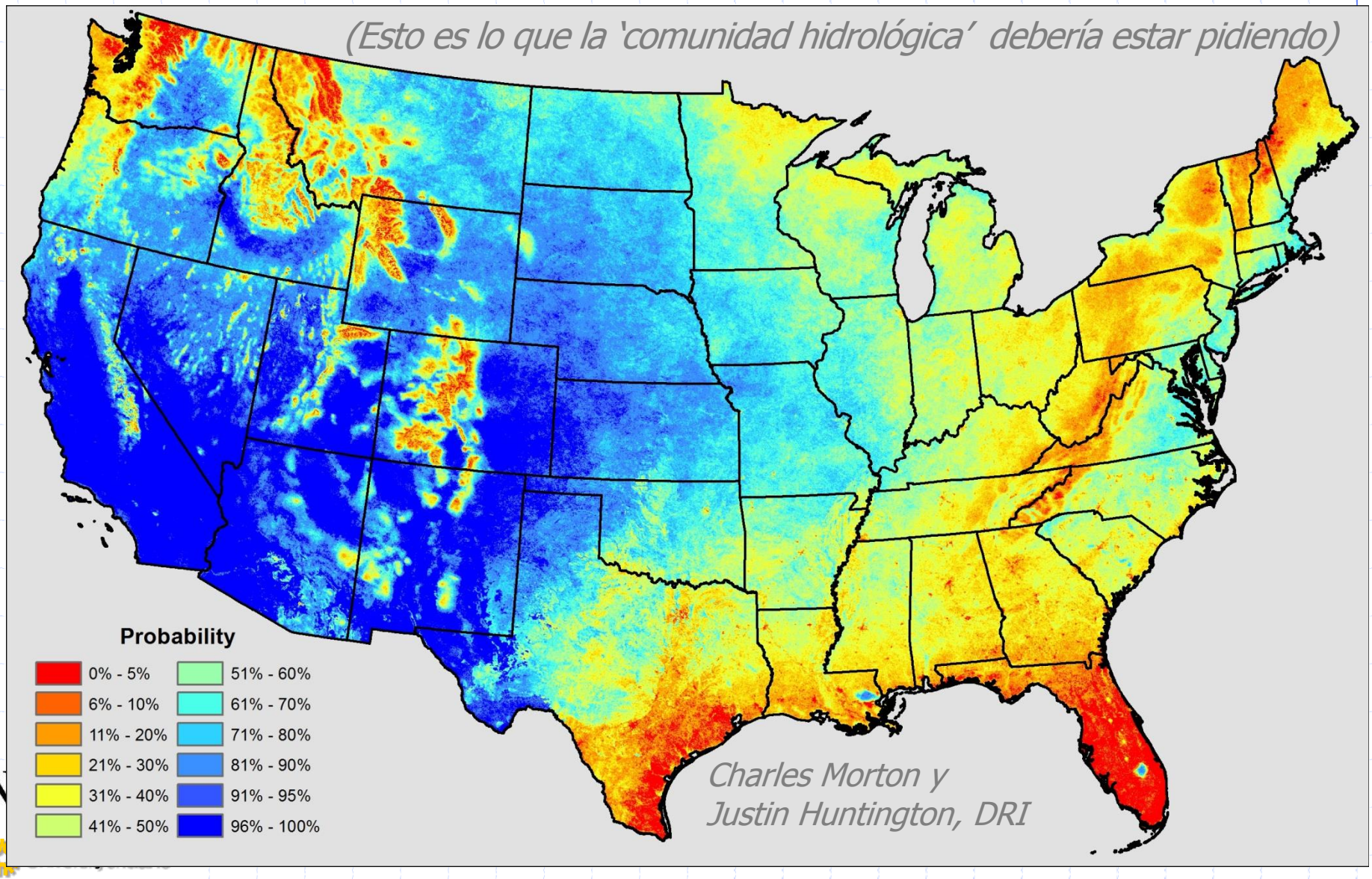
2 Satélites (imagen cada 8 días)

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)



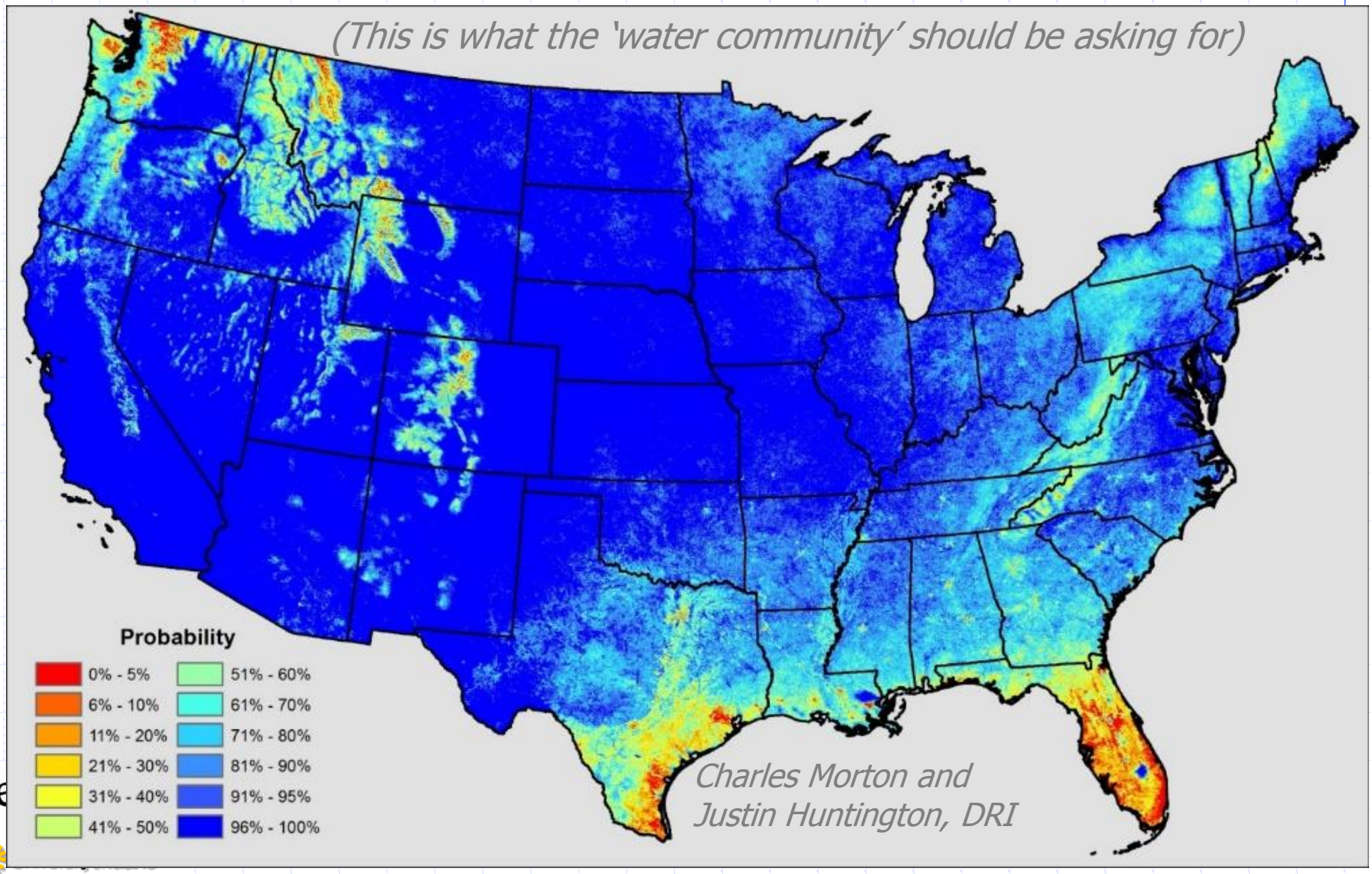
4 Satélites (imagen cada 4 días)

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)



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)



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???

University of Nebraska Lincoln
University of Idaho

Gracias

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

University of Nebraska Lincoln

University of Idaho