



# Integrando Observaciones In Situ con Imágenes Satelitales para Mapear el Calor Urbano

Profesor Vivek Shandas

17 de noviembre de 2020



Portland  
State

# Evaluación del Calor Urbano: 137 Años de Historia

- Las motivaciones de la investigación han cambiado a lo largo del tiempo.
  - i. Históricamente: Observar diferencias entre la ciudad y áreas aledañas
  - ii. Actualidad: Describir las causas de las diferencias dentro de y entre diferentes ciudades
  
- Midiendo el Progreso
  - i. Desarrollo y uso de diferentes estándares metodológicos
  - ii. Aplicación efectiva de hallazgos a la planificación y normas de diseño para la mitigación
  - iii. Operaciones para la adaptación al cambio climático

Author name	Year of publication	Language of publication	City or region studied
L. Howard	1833	English	London (U.K.)
É. Renou	1868	French	Paris (France)
J. Hann	1885	German	Europe, India, USA
M. Moreno	1899	Spanish	Mexico City (Mexico)
W. Hammon & F. Duenckel	1902	English	St. Louis (USA)
W. Schmidt	1927	German	Vienna (Austria)
A. Treibich	1927	German	Berlin (Germany)
A. Peppler	1929	German	Karlsruhe (Germany)
C. Brooks	1931	English	Springfield (USA)
L. Besson	1931	French	Paris (France)
K. Sasakura	1931	Japanese	Tokyo (Japan)
A. Budel & J. Wolf	1933	German	Munich (Germany)
H. Berg & H. Metzler	1934	German	Hanover (Germany)
W. Middleton & F. Millar	1936	English	Toronto (Canada)
E. Fukui & N. Wada	1941	Japanese	Tokyo, Osaka, Nagoya (Japan)
W. Balchin & N. Pye	1947	English	Bath (U.K.)
Å. Sundborg	1951	English	Uppsala (Sweden)
F. Duckworth & J. Sandberg	1954	English	San Francisco (USA)
E. Einarsson & A. Lowe	1955	English	Winnipeg (Canada)
H. Shitara	1957	Japanese	Hiroshima (Japan)
M. Takahashi	1959	Japanese	Ogaki, Kumagaya (Japan)
T. Chandler	1960	English	London (U.K.)
I. Kayane	1960	Japanese	Tokyo (Japan)
T. Sekiguti	1963	Japanese	Ogaki (Japan)
T. Kawamura	1964	Japanese	Kumagaya (Japan)
T. Chandler	1965	English	London (U.K.)
S. Nieuwolt	1966	English	Singapore
K. Nakamura	1966	Japanese	Nairobi (Kenya)
E. Fukui	1968	Japanese	Japan
F. Ludwig	1970	English	Dallas (USA)
Y. Goldreich	1970	English	Johannesburg (South Africa)
S. Sham	1972	English	Kuala Lumpur (Malaysia)
C. Daniel & K. Krishnamurthy	1973	English	Pune, Mumbai (India)
E. Jáuregui	1973	English	Mexico City (Mexico)
T. Oke	1973	English	St. Lawrence Lowland (Canada)
T. Oke & G. Maxwell	1975	English	Vancouver, Montreal (Canada)

Fuente: Stewart I., 2019. The relevance of history in contemporary urban heat island research. *Urban Climate News*, 74.



# Cómo el Sol Calienta La Tierra

## Balance de Radiación de Onda Corta



Calienta la Superficie



Calor del Suelo (G)

Calienta el Aire



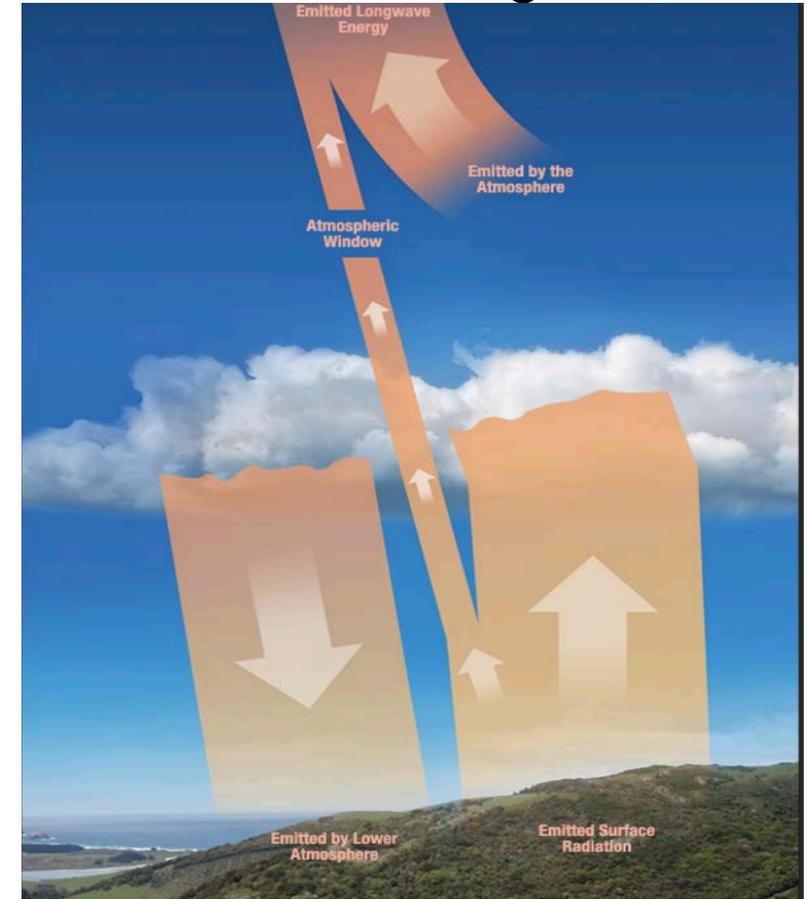
Calor Sensible (H)

Evapora el Agua



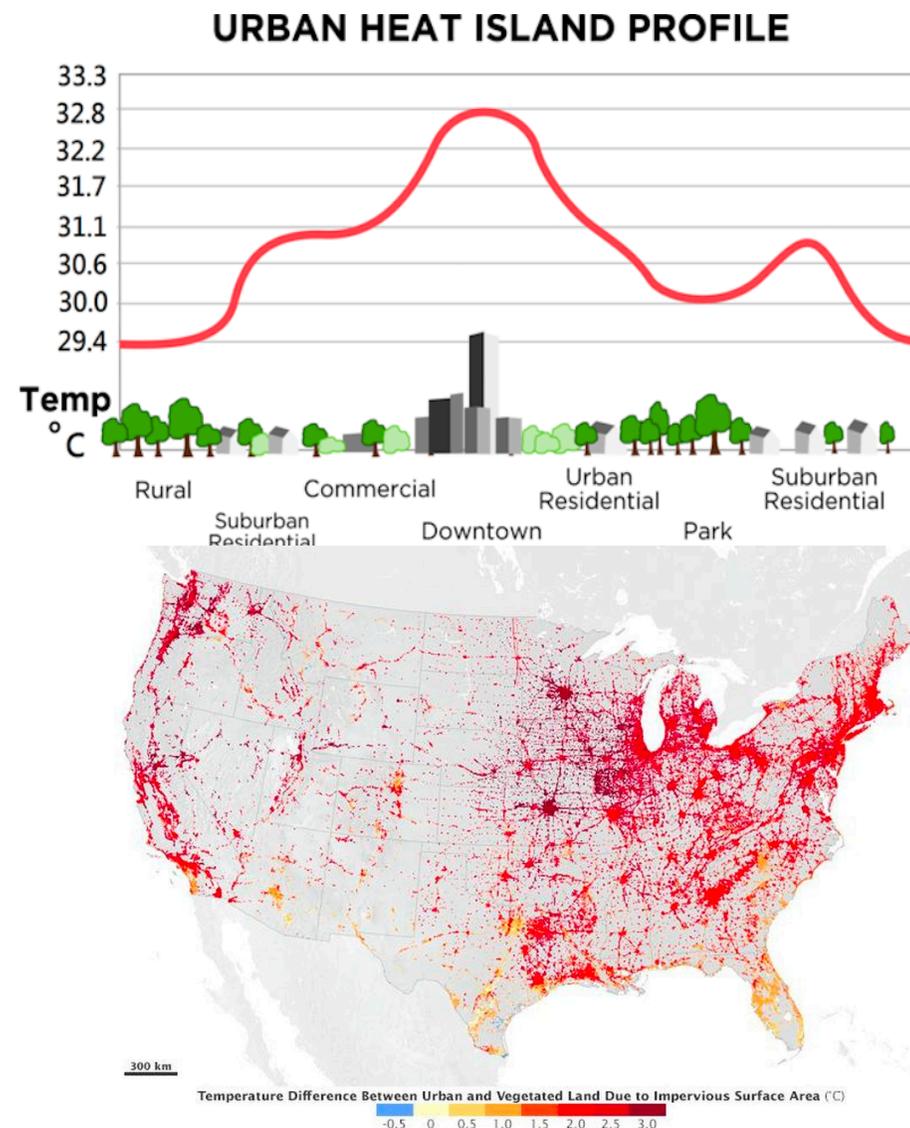
Calor Latente (L)

## Balance de Radiación de Onda Larga



# Descripciones Comunes de las Islas de Calor Urbano

1. Uso tradicional de un 'sitio de referencia' para evaluar temperaturas urbanas (Chandler, 1965; Landsberg, 1979)
  - Uso de estaciones meteorológicas (espacial)
  - Diferencias nocturnas (temporal)
2. Descripción satelital de la temperatura de la superficie de la tierra (LST)
  - Luminosidad y emisividad atmosférica
3. Integración con mediciones a nivel del suelo
  - Objetivo de desarrollar un modelo predictivo para temperaturas del aire



# Oportunidades de Integración: *Métodos Terrestres y Satelitales*

- Una cantidad limitada de datos in situ, los cuales se obtienen de estaciones meteorológicas para validar el modelo
  - Para recolectar la cantidad apropiada de datos, se recolectan para múltiples días/años y/o un área de estudio extensa
- Predicen solo T<sub>max</sub>, T<sub>min</sub>, T<sub>media</sub>
- Las imágenes MODIS son las más utilizadas para obtener LST y otras variables auxiliares.
  - Alta resolución temporal (Diaria), pero baja resolución espacial (1km)
  - Cuatro veces al día (Terra-10:30am, Aqua-1:30pm, Terra-10:30pm, Aqua-1:30am)
- Otros estudios usan Landsat LST o BT
  - Las resoluciones nativas de las bandas térmicas son:
    - Landsat 4-5 Thematic Mapper (TM): 120m
    - Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+): 60m
    - Landsat 8 Thermal Infrared Sensor (TIRS): 100m



# Evaluaciones en Base a Datos Adquiridos en el Suelo

- No hay necesidad de datos de la LST (banda térmica)
- Resolución espacial alta (10m)
- Gran cantidad de datos in situ (el número de puntos de trasversales vehiculares) para validar y calibrar
- Capacidad de predecir un patrón de temperatura diurna para un período de tiempo específico (6 am, 3 pm, and 7 pm)





# Modelo de Involucramiento en Alertas de Calor

**Involucrar** comunidades en la descripción y localización de riesgos climáticos

**Desarrollar** herramientas analíticas para analizar escenarios de acciones de adaptación

**Apoyar** campañas de desarrollo de capacidades a través de la inclusión de personas con capacidad decisoria y grupos comunitarios

# Cómo Funciona

## Involucrar a Nivel Local

Identificar organizaciones e individuos para apoyar la acción sobre el calor

## Completar Campaña

Usar materiales provistos para involucrar a voluntarios en la campaña de Alerta de Calor (Heat Watch)

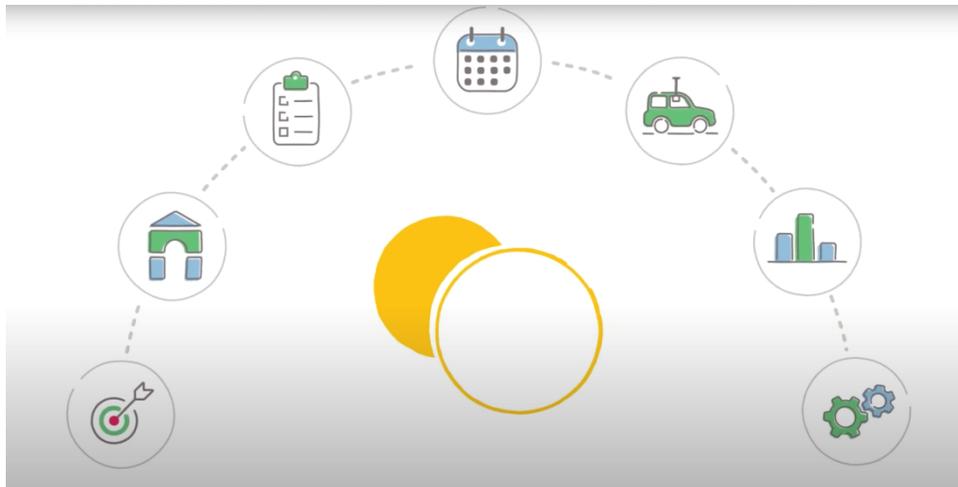
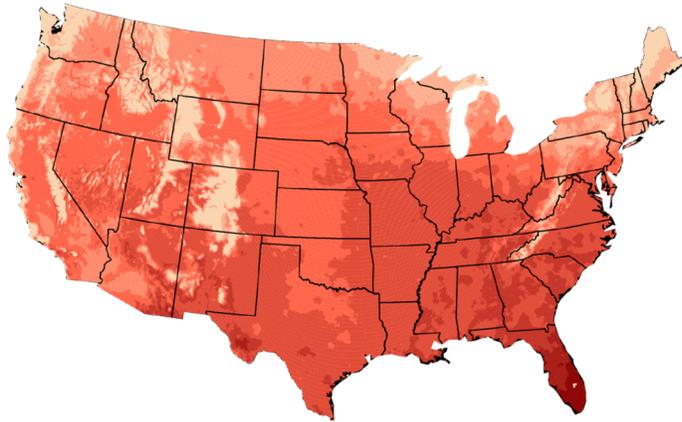
## Revisar Resultados e Identificar Acciones

Profundizar el involucramiento mediante la colaboración activa en la planificación para el calor



# Planificación de la Campaña

Projected Change in Number of Days Above 90°F  
Mid 21st Century, Higher Scenario (RCP8.5)



## CAPA Heat Watch

Organizer Timeline

### 2. Establish

Get to know the Heat Watch process and begin volunteer engagement.

- Review customized "starter kit", including materials for volunteer recruitment & training, step-by-step guides, and a document road-map
- Begin recruiting volunteers using provided outreach material
- Schedule a kickoff meeting with CAPA program managers to ask questions and review next steps

### 4. Activate

Finish preparatory steps by finalizing a campaign date, notifying volunteers and distributing CAPA-provided equipment.

- Using forecasts, confirm the ideal high-heat, no-rain Campaign Day
- Confirm availability with volunteers and organize backup teams as needed
- Receive equipment from CAPA and organize a central meeting time and location to distribute equipment

### 6. Analyze

CAPA analysts process data and produce heat map outputs.

- Analysts download, clean, and process raw data files
- Using satellite imagery to inform land-cover variables, analysts produce predictive temperature and heat index surfaces
- Maps and datasets are shared with the City Team



Graphic format from freepik.com



### 1. Set Goals

Determine the timing of your Heat Watch campaign and set up your team.

- Identify a target campaign date with high temperatures and clear skies based on historical weather patterns
- Partner with local organizations (e.g. science museums, universities, and non-profits) to combine resources and increase action potential
- Designate a lead, or "Organizer", who will act as the main point of contact

### 3. Prepare

Ensure volunteers are ready for their important role as data collectors.

- Schedule comprehensive volunteer training sessions
- Volunteers attend the live training or complete an at-home module, covering logistics to equipment usage
- Assign polygons and routes to volunteers in teams of 1 to 3 people
- Detail next steps for volunteers leading towards Campaign Day

### 5. Execute

Conduct a successful campaign, mapping the distribution of heat across your city at morning, afternoon and evening.

- Volunteers arrive at starting points and install equipment
- Following prescribed routes, volunteers collect ambient temperature and humidity data at every second
- Volunteers return and Organizers ship back the equipment to CAPA

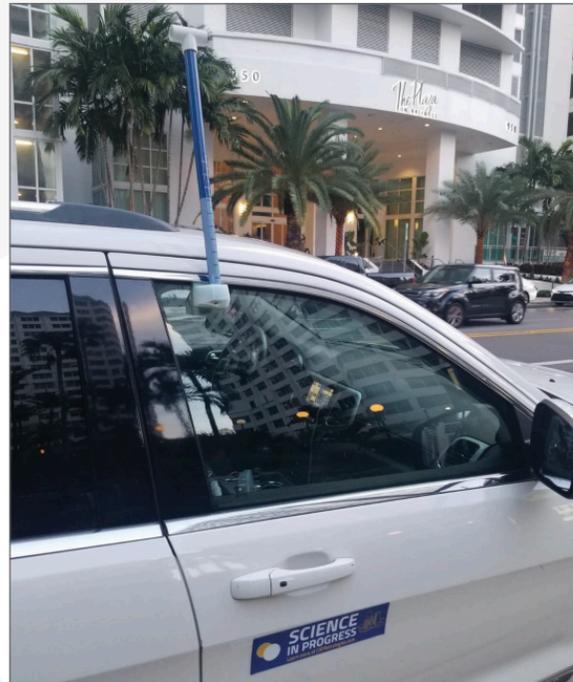
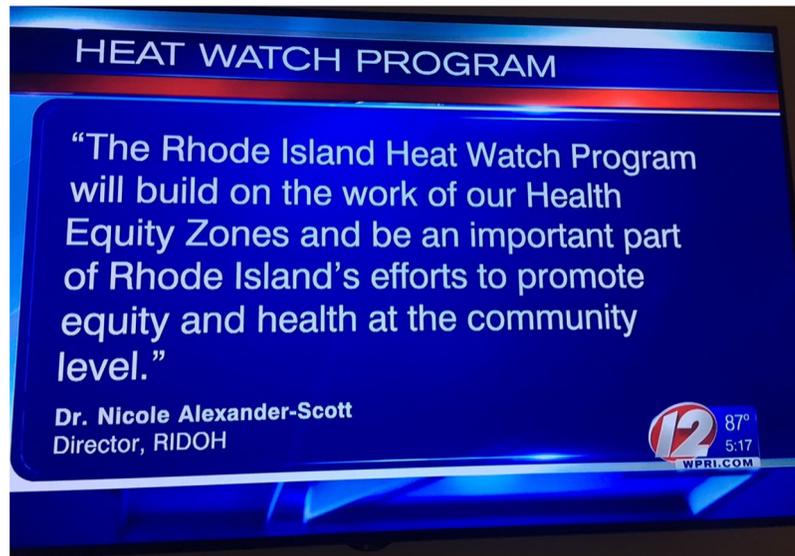
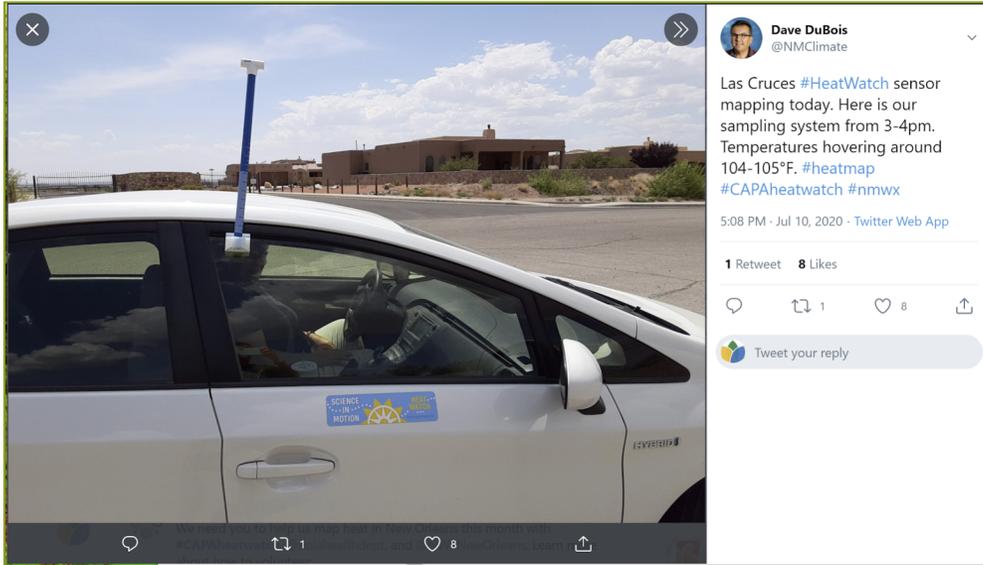
### 7. Implement

Heat Watch results are reviewed and interpreted by participants, with a meeting to discuss next steps.

- Surveys are distributed to participants to gather feedback on experience and interpretations
- CAPA and City Team meet virtually to explore future possibilities
- Next steps are determined and planned for action



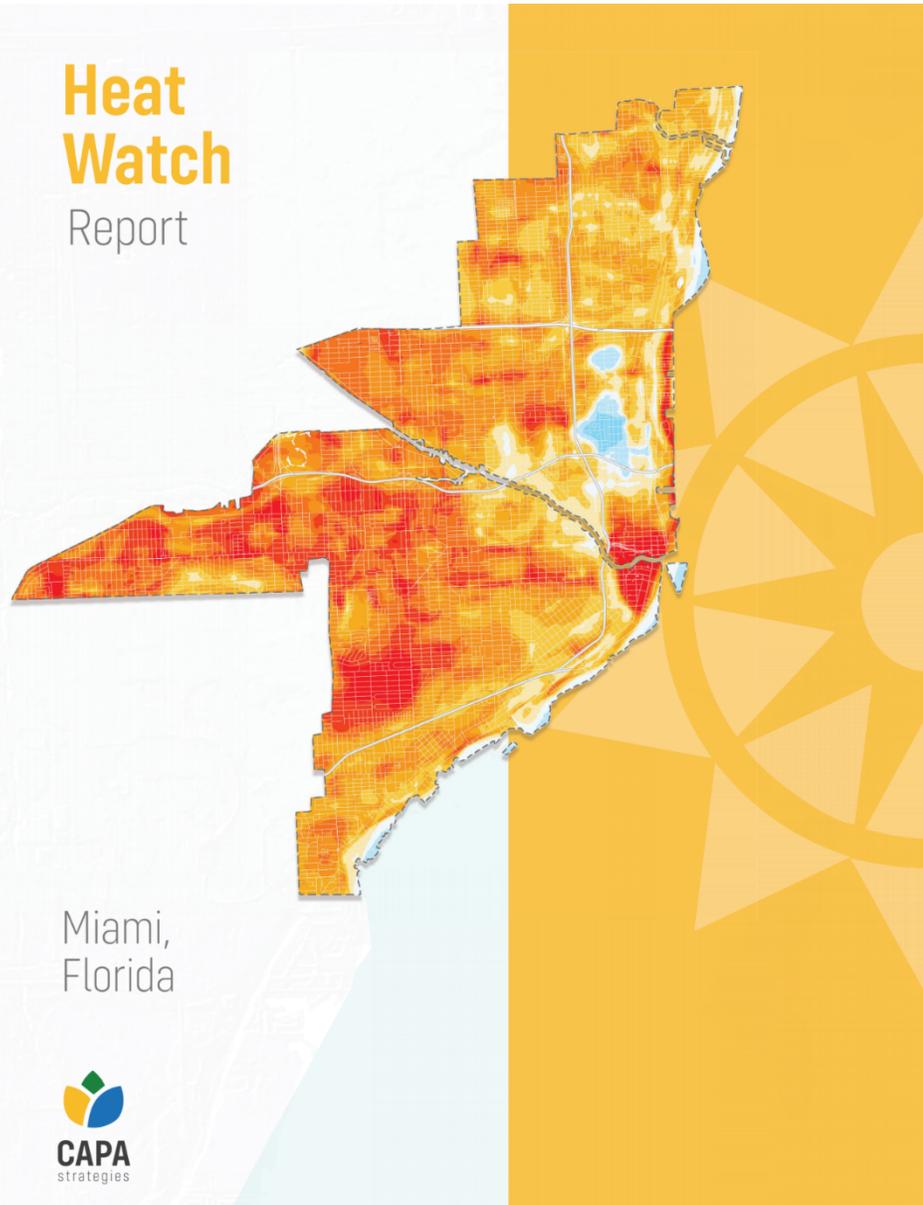
# El Día de la Campaña



# Resultados e Impactos de la Campaña

## Heat Watch Report

Report

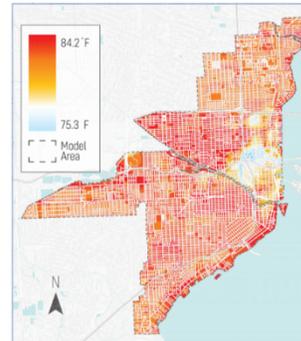


Miami, Florida

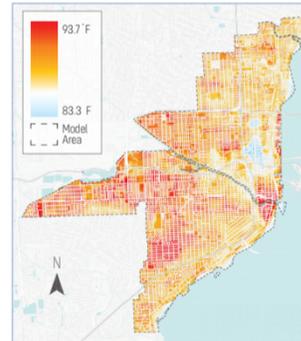


## Executive Summary

Morning Area-Wide Predictions (6 - 7 am)

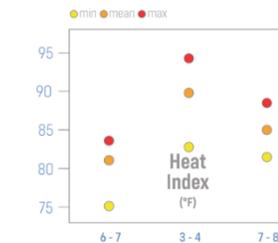
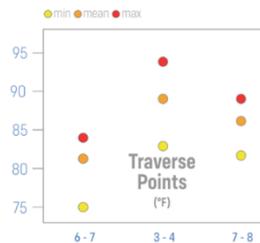
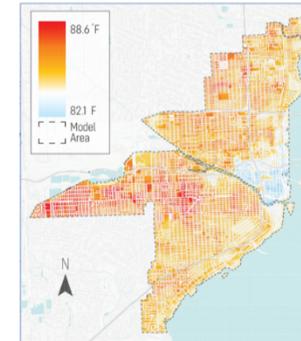


Afternoon Area-Wide Predictions (3 - 4 pm)



Major thanks to all of the participants and organizers of the Urban Heat Watch program in Miami, Florida. After months of collaboration and coordination, local organizers and volunteers collected thousands of temperature and humidity data points in the morning, afternoon, and evening of a long, hot campaign day on June 27th, 2020.

Evening Area-Wide Predictions (7 - 8 pm)



Study Date

6/27/20

**21**  
Volunteers

**9**  
Routes

**60,234**  
Measurements

**93.7°**  
Max Heat Index

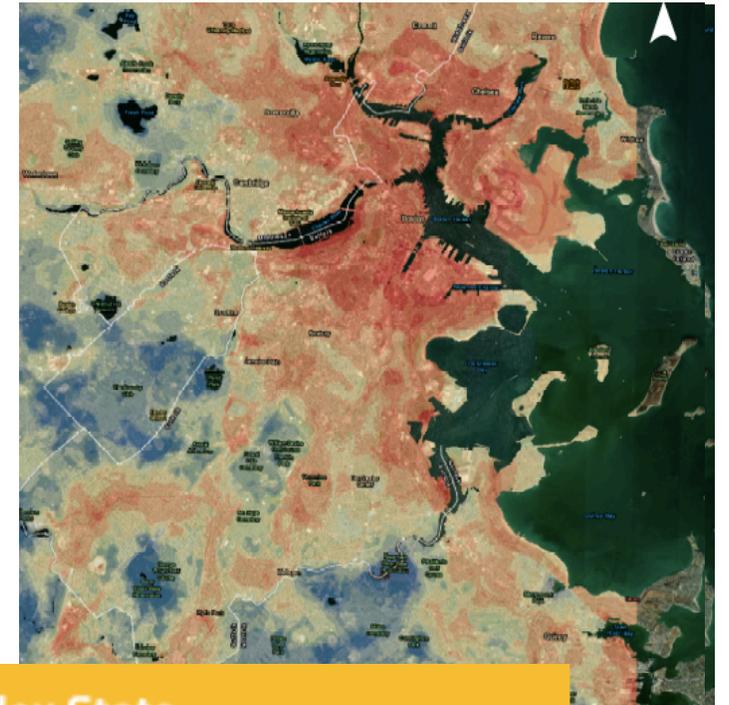
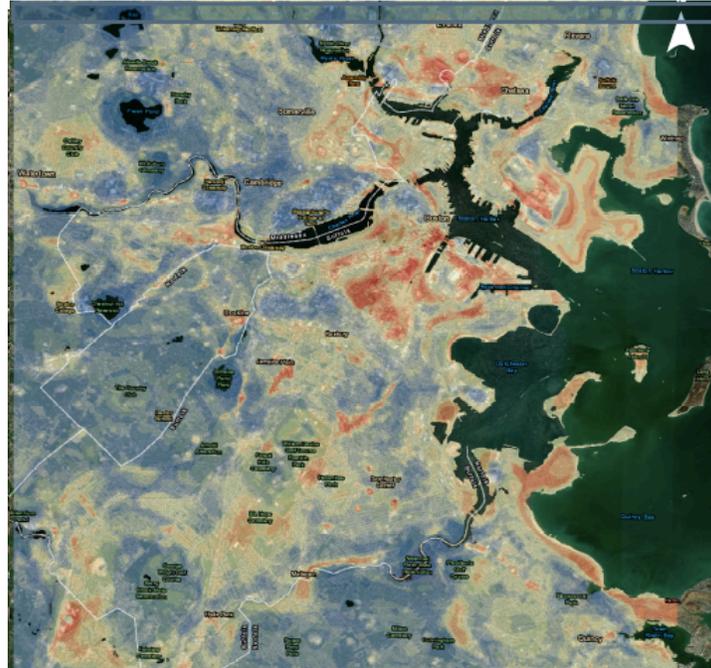
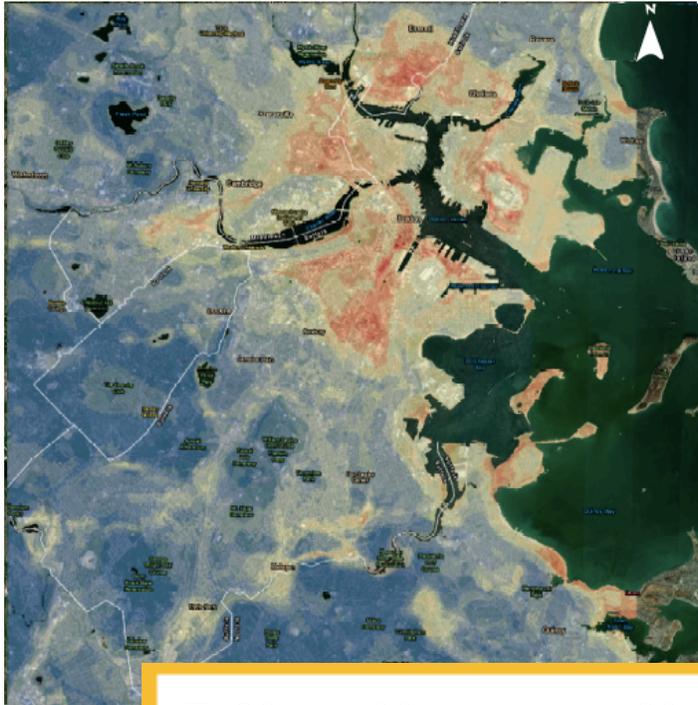
**10.6°**  
Heat Differential



Learn more about the background and goals of each Heat Watch 2020 campaign city at <https://nihhs.cpo.noaa.gov/Urban-Heat-Is->



# Salidas: La Ciudad de Boston, Massachussets EE.UU. (2019)



El 29 y el 30 de julio de 2019, voluntarios recorrieron 10 áreas de estudio entre Boston, Cambridge y Brookline. El calor máximo medido durante los recorridos fue de 102.3°F o 39.06°C (cerca del puerto de Boston), con la mayor diferencia de calor concurrente de 15 grados (8.3°C).

## Temperature and Heat Index Stats

Traverse	Temperature			Heat Index		
	MIN	MAX	MEAN	MIN	MAX	MEAN
6 - 7 am	71.8 F	82.7 F	74.5 F	73.0 F	87.7 F	75.8 F
3 - 4 pm	87.3 F	102.3 F	90.8 F	91.0 F	108.9 F	96.1 F
7 - 8 pm	78.7 F	91.1 F	84.0 F	80.5 F	97.7 F	88.9 F



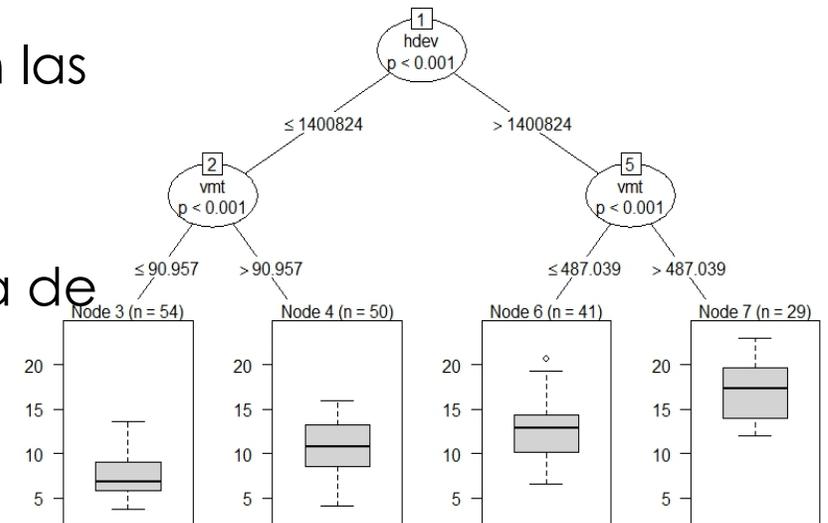
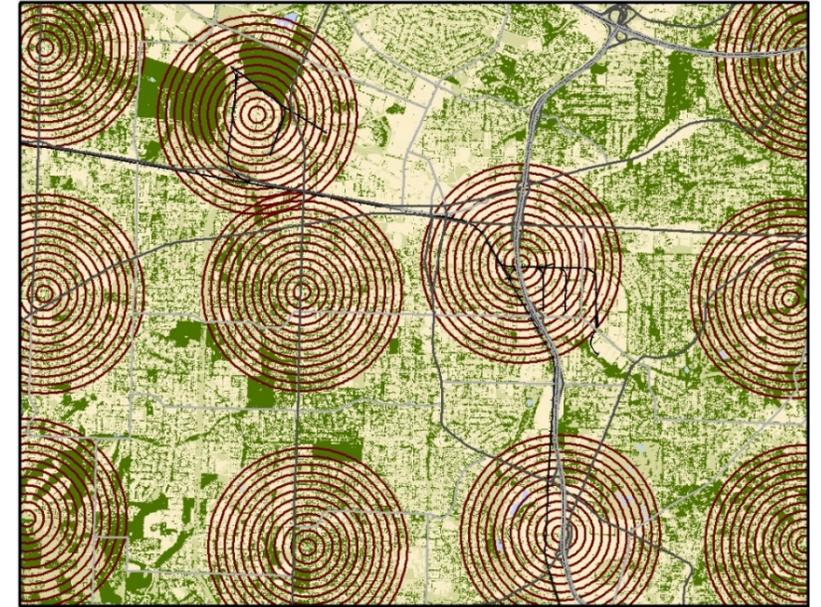
# Métodos de Validación

- Analizar diferencias entre las mediciones de la temperatura satelitales y aquellas de unidades móviles en el suelo (exhaustiva)
- Comparar estaciones en el suelo con mediciones de unidades móviles (selectiva)
- Realizar mediciones repetidas de temperaturas móviles en una región y comparar para días diferentes (TBD)



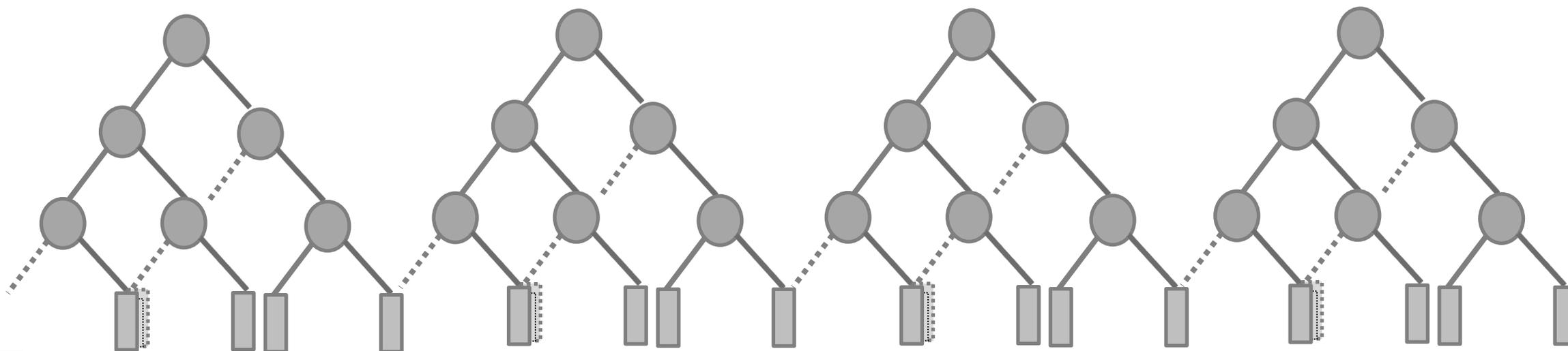
# Aprendizaje Automático: Random Forest

- Integra mediciones en el suelo con imágenes satelitales
  - i. Bandas satelitales brindan descripciones para la cobertura terrestre
  - ii. La diversidad de coberturas terrestres explica la variación en las mediciones de temperaturas
- Identificar los mejores predictores de temperatura en todas las diferentes coberturas terrestres
  - i. Usar predictores para desarrollar superficies de temperatura
  - ii. La estimación de la temperatura está basada en las coberturas terrestres atravesadas
- Ventajas sobre la interpolación geoespacial
  - Toma en cuenta lo que hay en el suelo, a diferencia de la estimación estrictamente estadística



# Ensamblado de “Árboles” de Regresión

- Desarrollados por Breiman (2001)
- Combinan muchos “aprendices débiles” en un “aprendiz fuerte”
- Emplean agregación “Bootstrap” o **bagging** (embolsado)
- Cada árbol usa solo un subconjunto **aleatorio** de predictores
- La precisión más alta para predecir la temperatura del aire

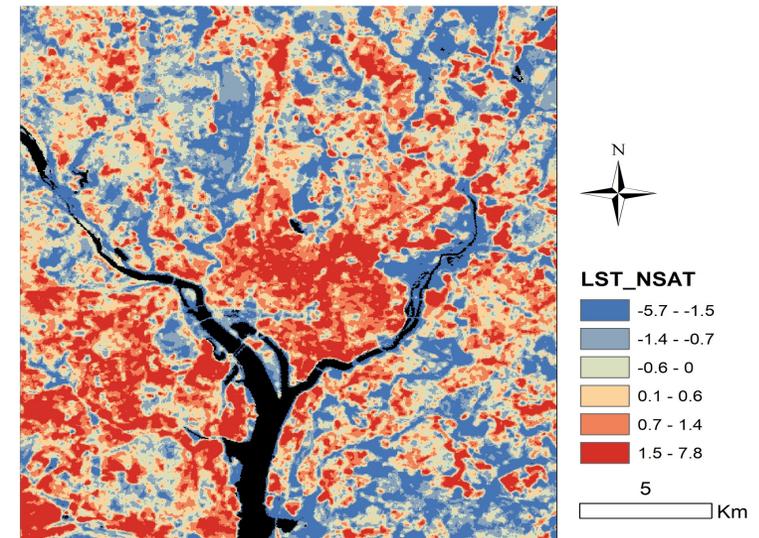
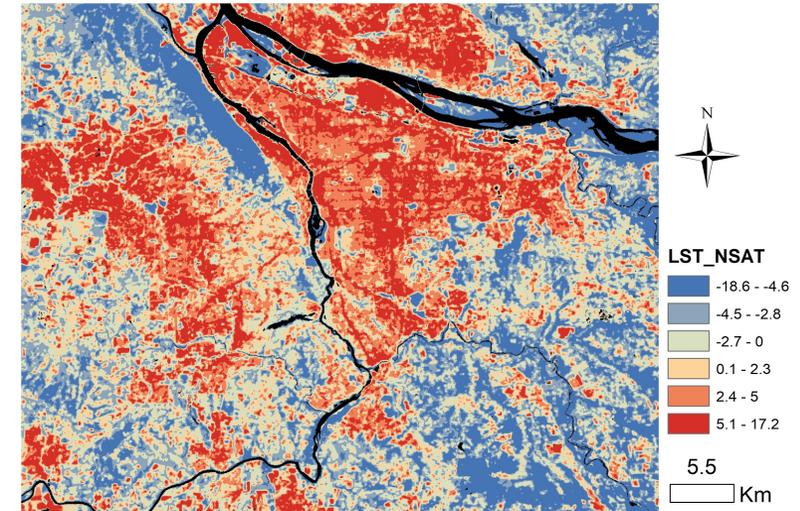
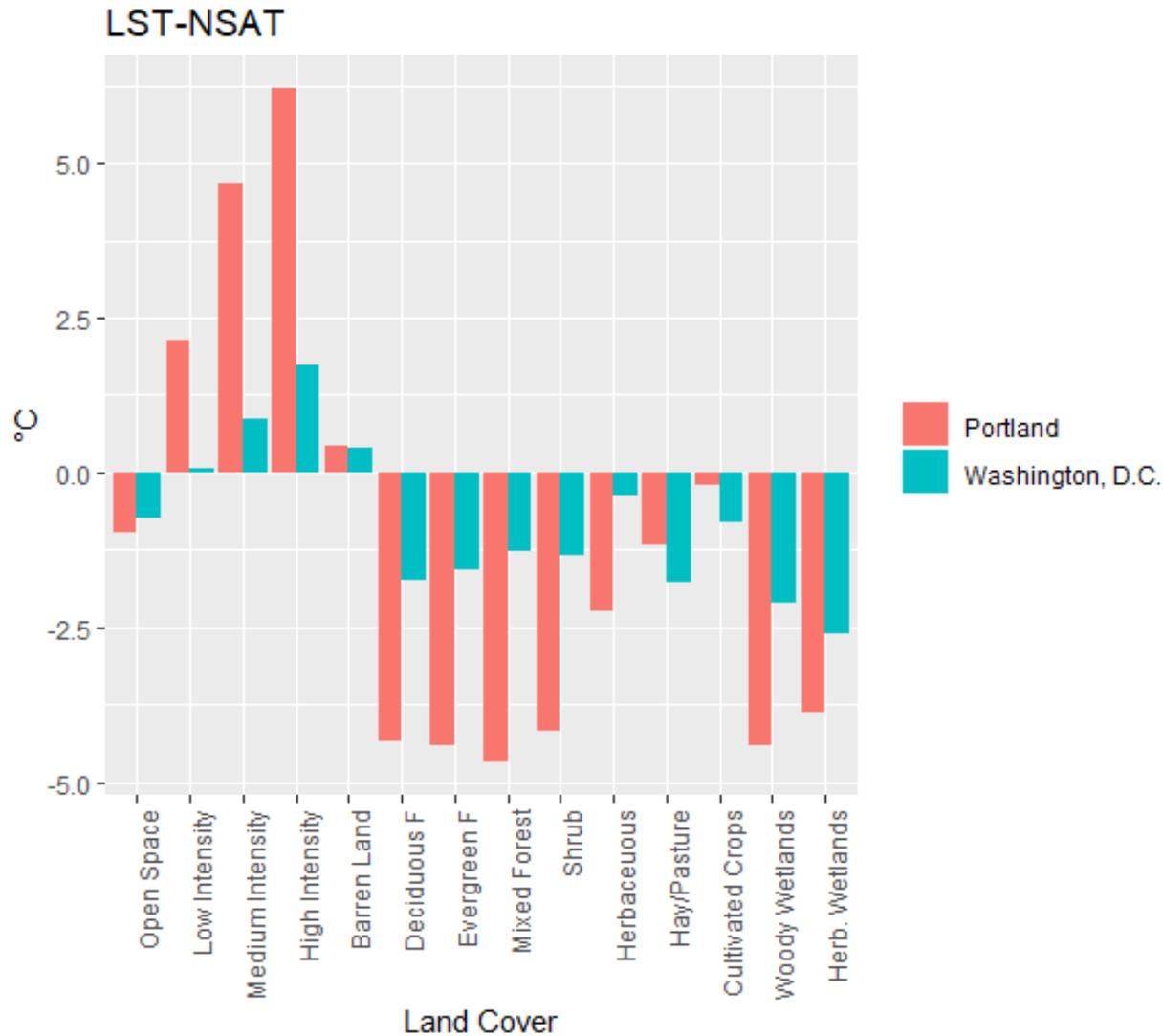


# Comparando Temperaturas Satelitales y Móviles

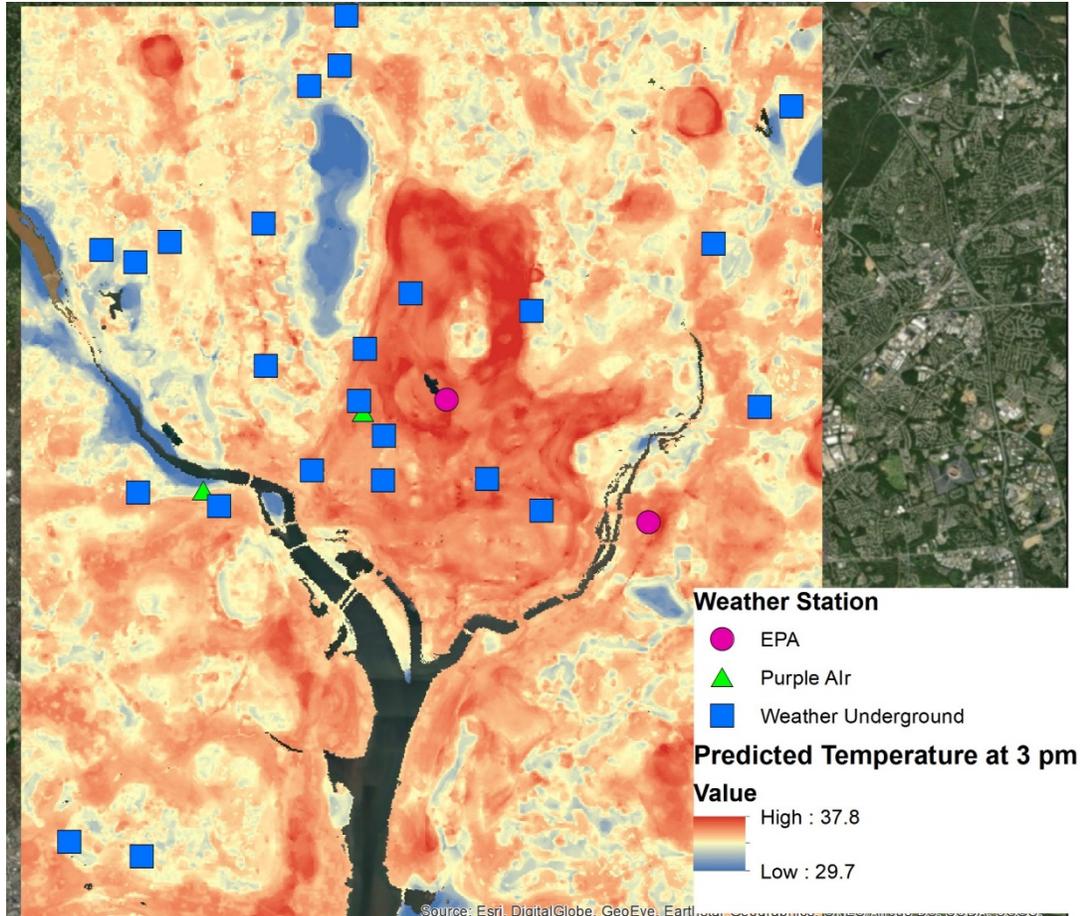
UBICACIÓN	LandSat LST FECHA/ HORA	TEMP. PROMEDIO LST	LST BAJA/ ALTA/ MEDIA	FECHA MEDICIÓN DE NSAT	NSAT MEDIA DIARIA	NSAT BAJA/ALTA /MEDIA
<b>Washington D.C.</b> Elevación: 45 m	07/08/18 3:45 PM	84°F	64/85/ <b>75</b>	08/30/18	92°F	78/93/ <b>86</b>
<b>Albuquerque, NM</b> Elevación: 1619 m	07/27/18 5:43 PM	85°F	63/87/ <b>75</b>	06/23/18	97°F	65/98/ <b>82</b>
<b>Portland, OR</b> Elevación: 15 m`	08/28/16 6:56 PM	84°F	57/84/ <b>72</b>	08/25/16	91°F	60/95/ <b>78</b>
<b>Richmond, VA</b> Elevación: 51 m	08/06/17 3:46 PM	85°F	59/89/ <b>74</b>	07/23/17	94°F	74/97/ <b>86</b>
<b>Tacoma, WA</b> Elevación: 74 m	07/24/18 7:00 PM	83°F	55/86/ <b>70</b>	07/26/18	86°F	57/89/ <b>73</b>



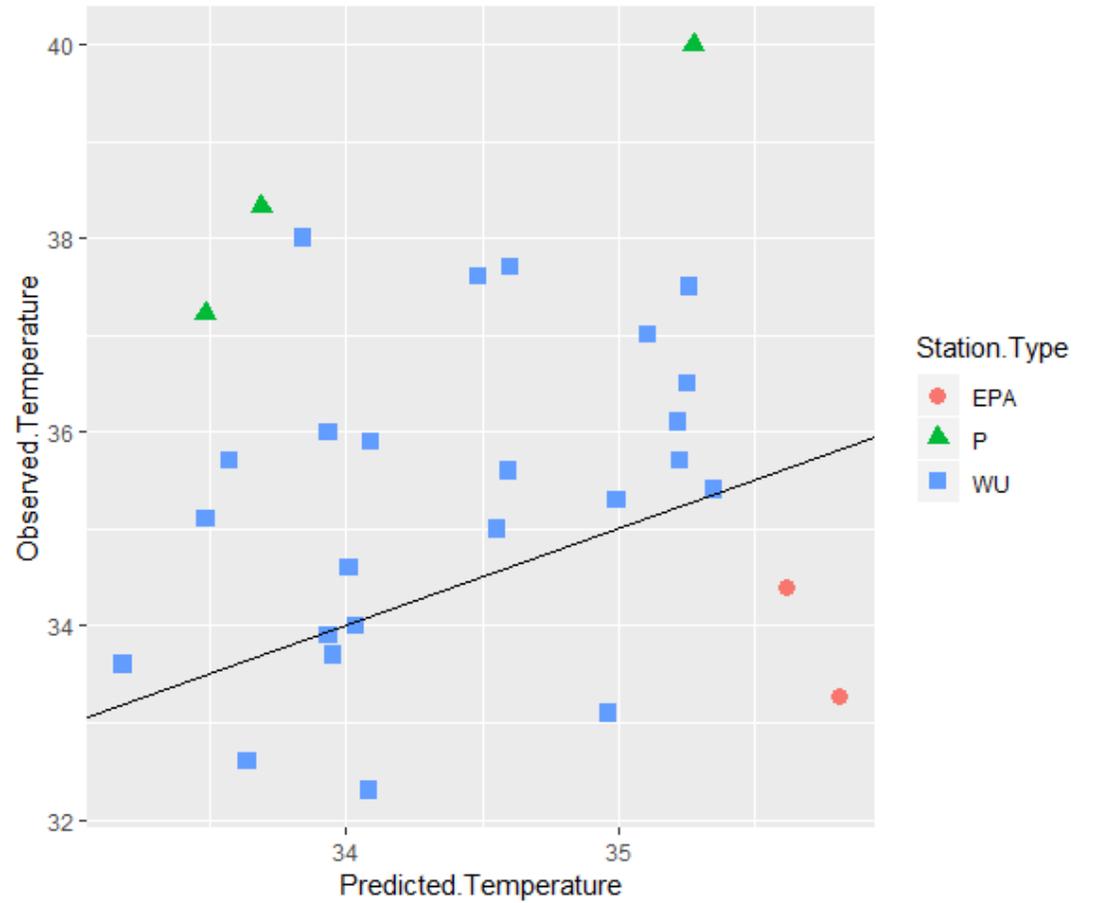
# Temperaturas Móviles y Satelitales – Efectos de la Cobertura Terrestre



# Washington, DC EE.UU. (28/08/2018)



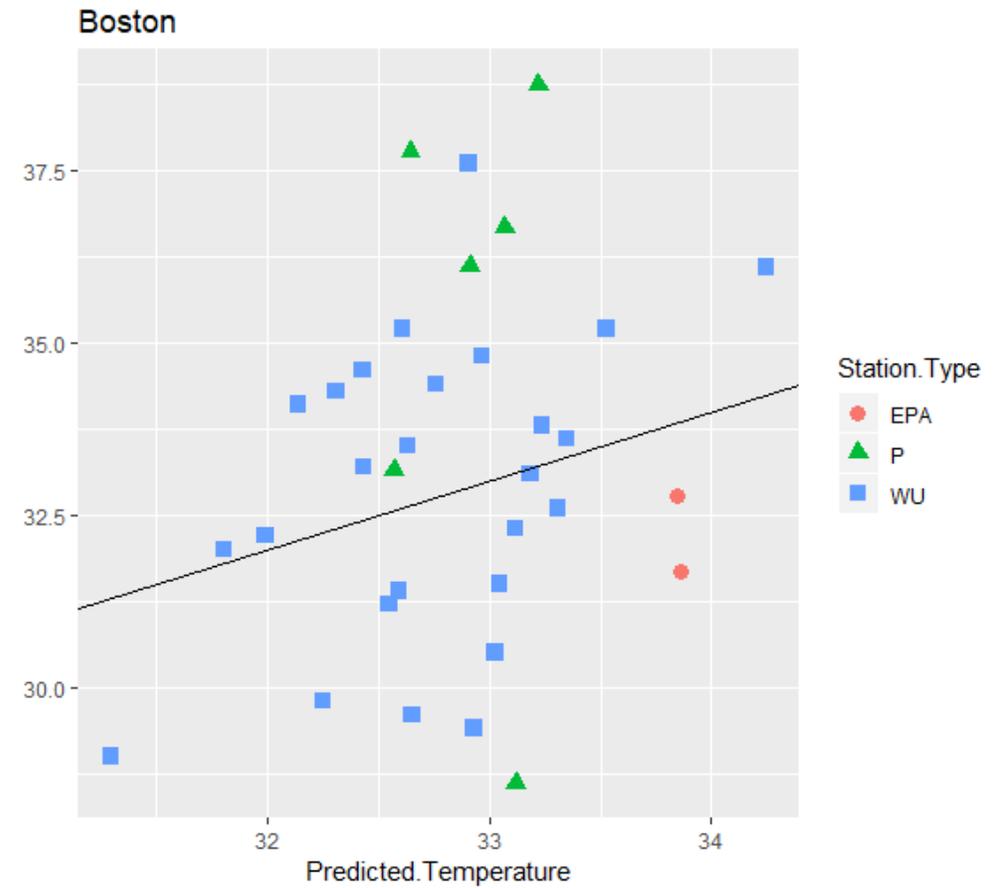
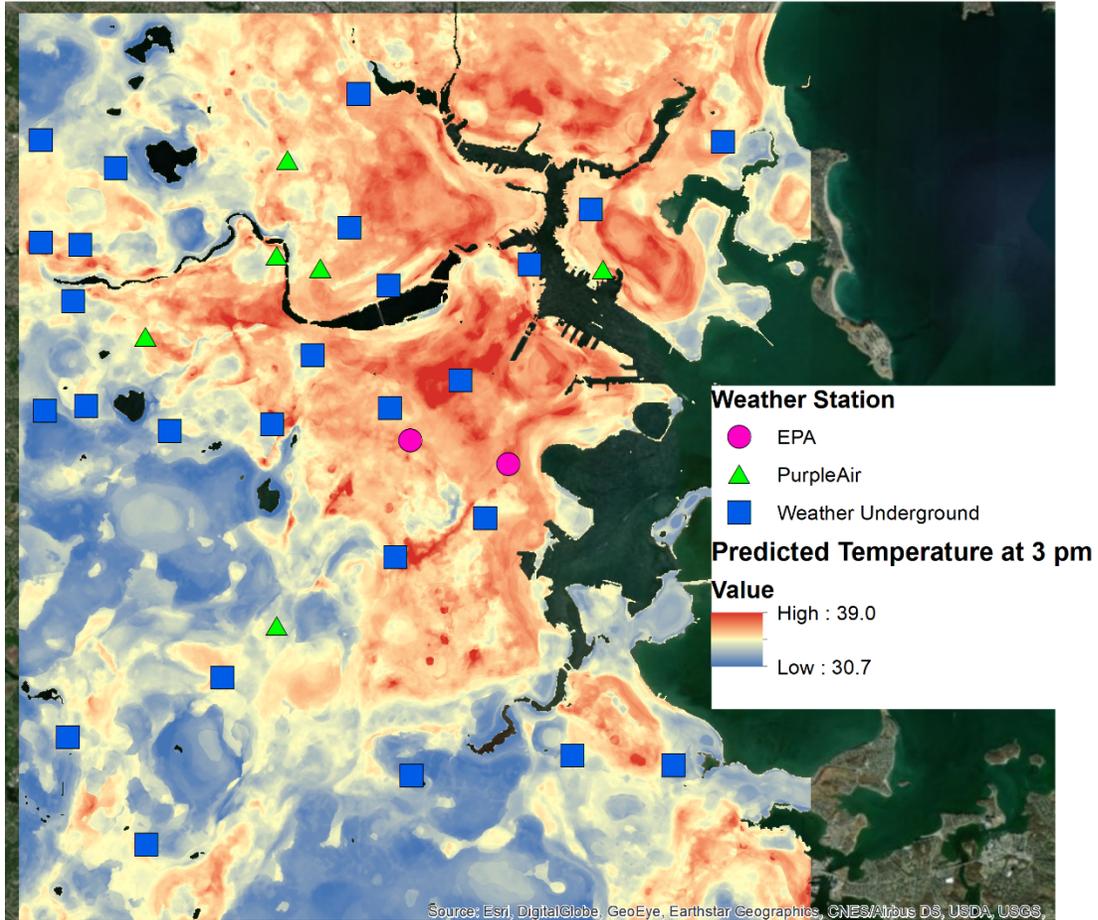
Washington, D.C.



	Número de Estaciones	RMSE (°C)
EPA	2	1.99
Purple Air	3	4.39
Weather Underground	24	1.73



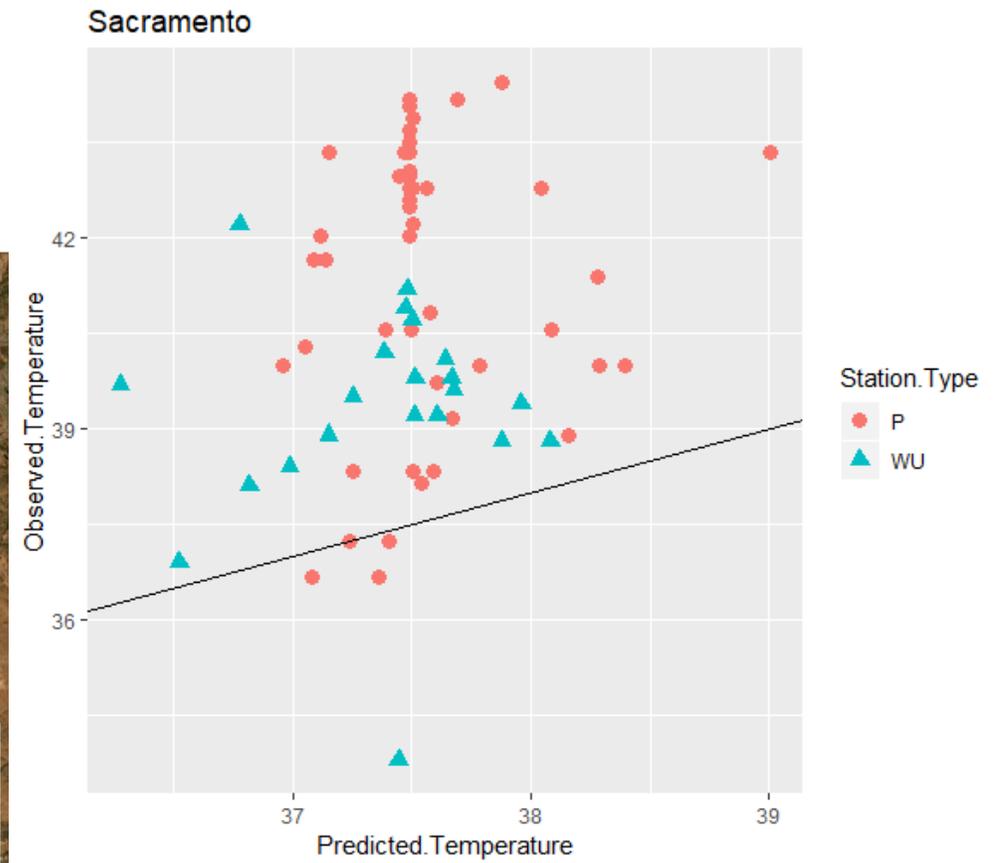
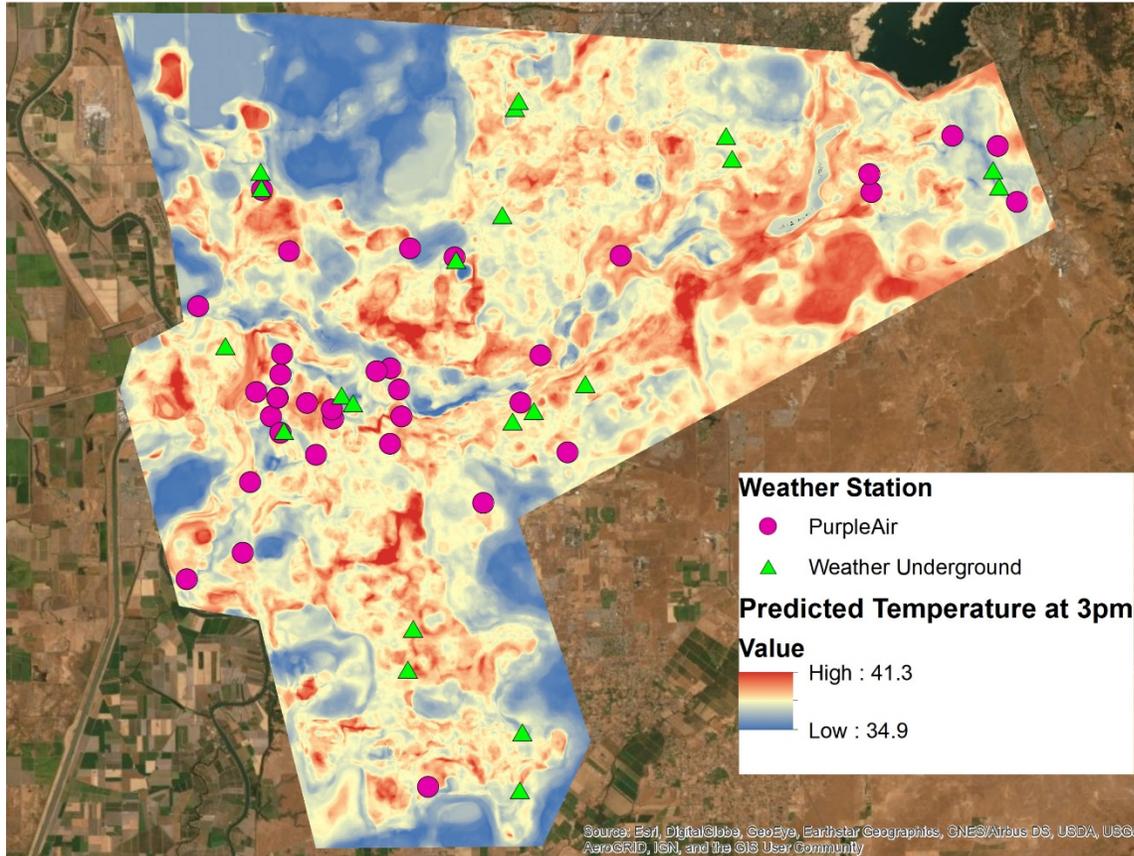
# Boston (29/7/2019)



	Número de Estaciones	RMSE (°C)
<b>EPA</b>	2	1.72
<b>Purple Air</b>	6	4.10
<b>Weather Underground</b>	26	1.98



# Sacramento, California (14/8/2019)



	Número de Estaciones	RMSE (°C)
Purple Air	53	4.45
Weather Underground	21	2.57



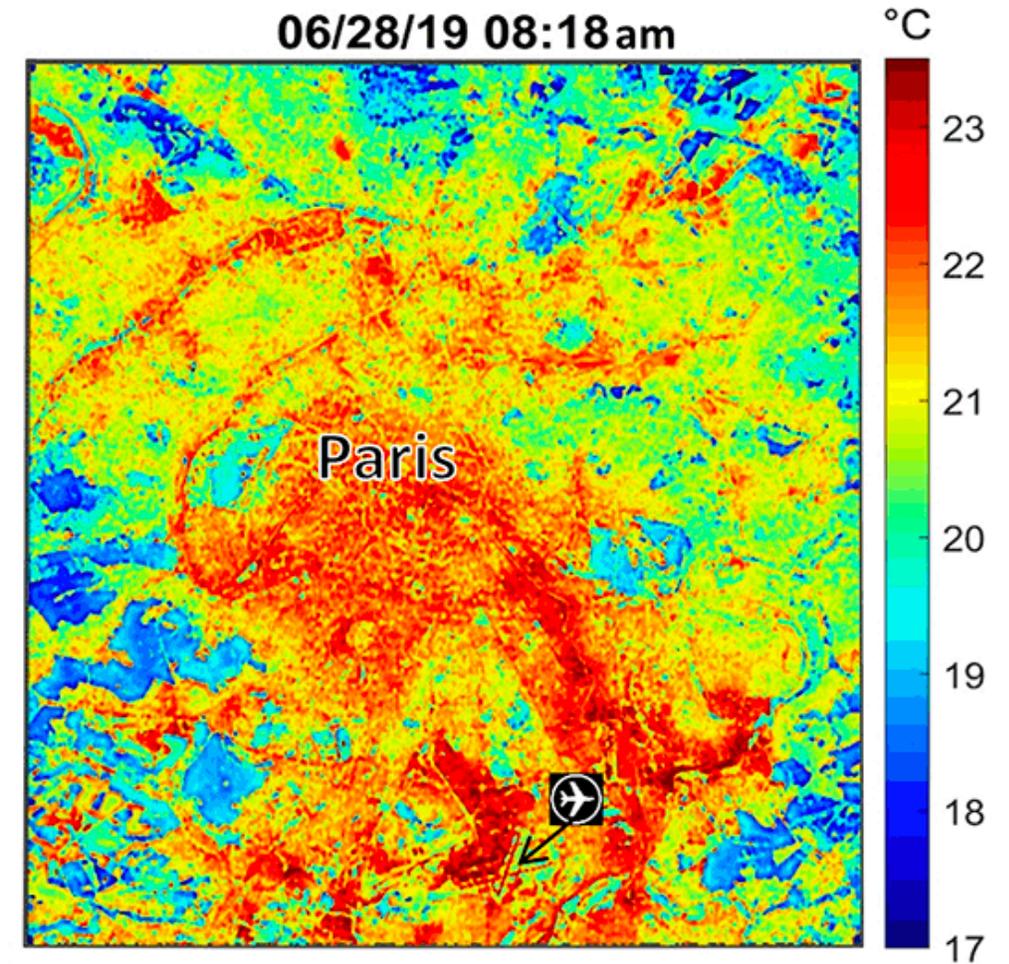
# Mediciones de Base Satelital

## Fuertes

1. Libremente disponibles en el mundo entero
2. Disponibilidad estacional
3. Variación intraurbana detectable
4. Literatura e investigaciones extensas
5. Posibles conexiones al uso del suelo

## Debilidades

1. Exageran rangos de temperaturas
2. Resolución de pixel gruesa (30m, 90m, 1km...)
3. Nivel tejados en vez de nivel calle
4. Diferencias discretas entre coberturas terrestres
5. No es claro cómo traducirlas en políticas



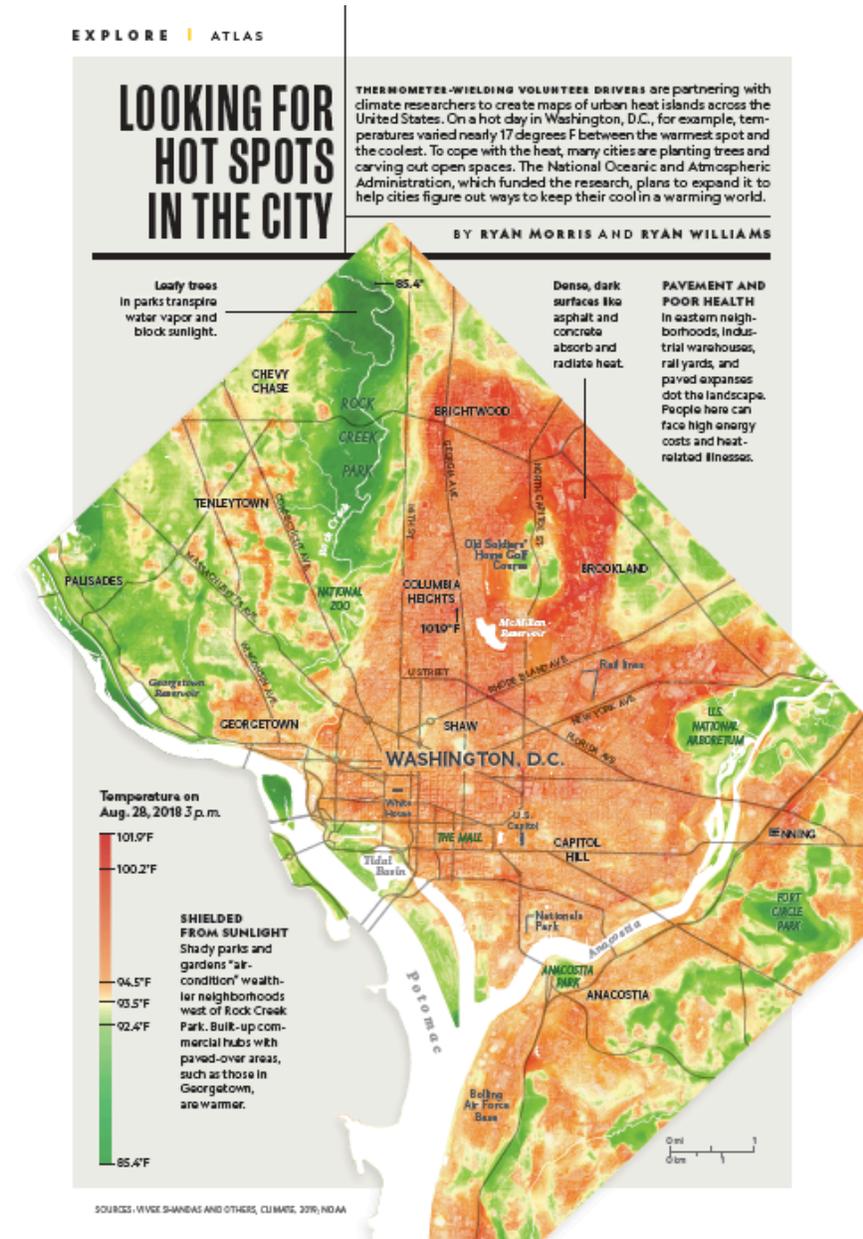
# Mediciones en el Suelo

## Fuertes

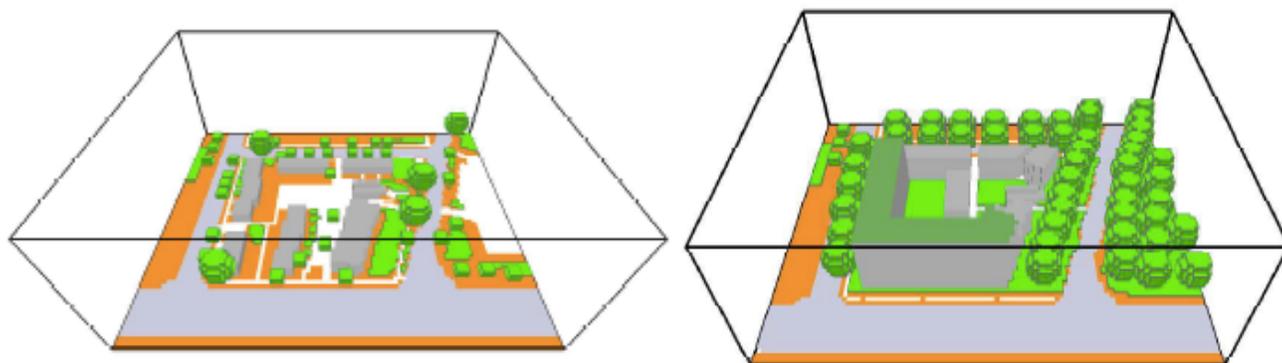
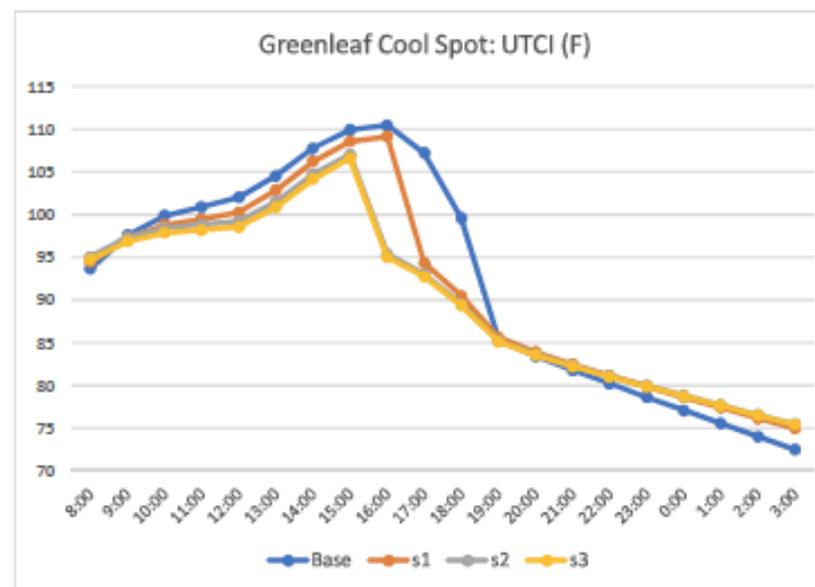
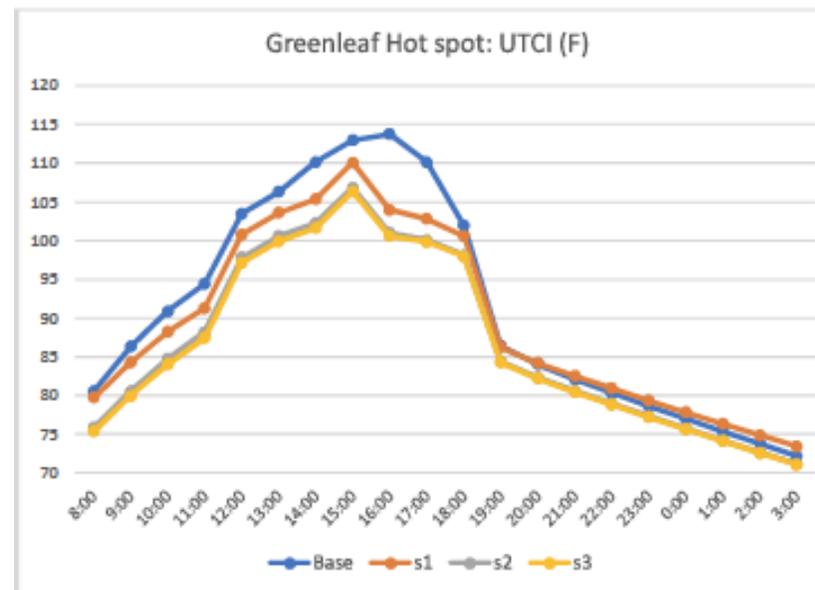
1. Involucran a la comunidad en su lugar
2. Establecen 'legitimidad cívica' del proceso científico y los resultados
3. Productos de alta resolución (1m, 10m)
4. Perfil diario para temperaturas atmosféricas
5. Las aplicaciones a las políticas son evidentes

## Debilidades

1. La coordinación de grupos comunitarios locales requiere tiempo y estrategia
2. No son gratuitas debido al involucramiento y análisis que requieren
3. Diferencias estacionales (aún) no disponibles
4. Las nubes o lluvia pueden causar demoras
5. Los modelos generalizables aún están en camino



# Extensiones en el Distrito de Columbia: Cambios en el Uso del Suelo



# Contacto

***Vivek Shandas***

**[vshandas@pdx.edu](mailto:vshandas@pdx.edu)**

