

# Evaluación de los Servicios Ecosistémicos con Teledetección

Amber McCullum, Juan L. Torres-Pérez, Presentador Invitado: Mehdi Heris (Hunter College,  
Universidad de la Ciudad de Nueva York)

30 de agosto de 2022



# Estructura y Materiales del Curso

- Tres sesiones de una hora y media los días 23, 25 y 30 de agosto de 11h a 12h30 Horario Este de EE.UU. (UTC-4) (English)
- Las grabaciones de las presentaciones, los archivos PowerPoint y la tarea asignada se pueden encontrar después de cada sesión en la siguiente página:
  - <https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/arset-evaluating-ecosystem-services-remote-sensing>
  - Preguntas y respuestas después de cada presentación y/o por correo electrónico a:
    - [amberjean.mccullum@nasa.gov](mailto:amberjean.mccullum@nasa.gov) o [juan.l.torresperez@nasa.gov](mailto:juan.l.torresperez@nasa.gov)



# Tarea y Certificados

- **Tarea:**

- Se asignará una tarea
- Debe enviar sus respuestas a través de Formularios de Google
- **Fecha límite para entregar la tarea: martes 13 de septiembre**
  
- **Certificado de Finalización:**
- Asista a las tres sesiones en vivo
- Complete la tarea asignada en el plazo estipulado (acceder desde la página web de ARSET)
- Recibirán sus certificados aproximadamente dos meses después de la conclusión del curso de: [marines.martins@ssaihq.com](mailto:marines.martins@ssaihq.com)



# Prerrequisitos

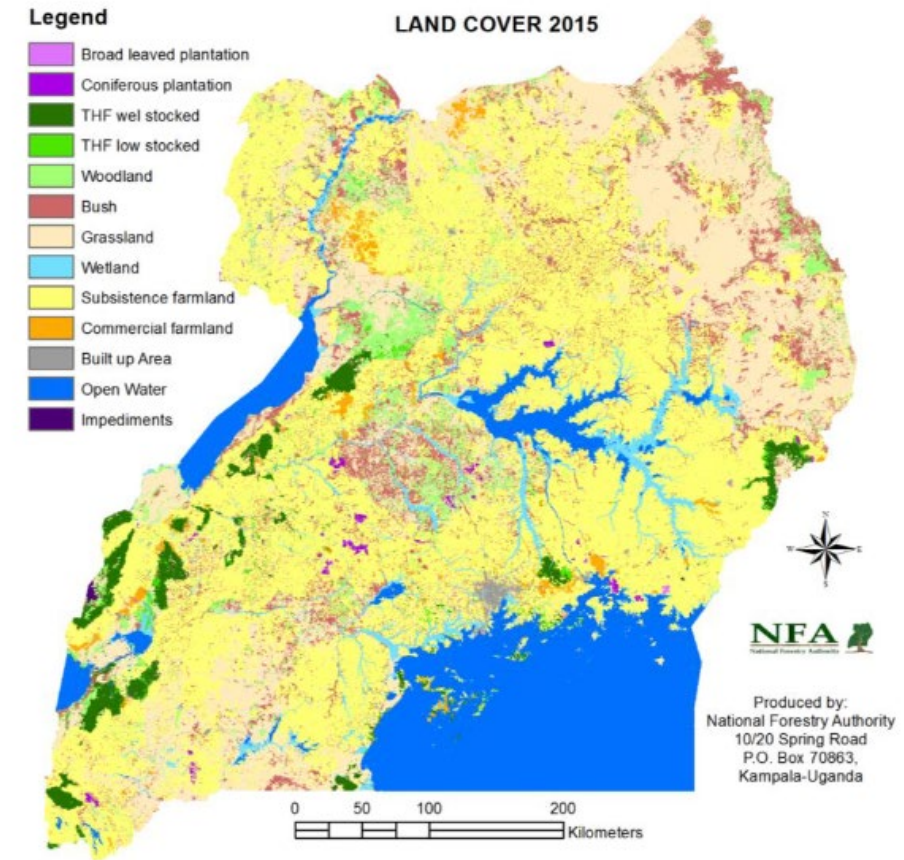
- Prerrequisitos:
  - Por favor complete las [Sesiones 1 y 2A de Fundamentos de la Percepción Remota \(Teledetección\)](#) o contar con experiencia equivalente.
- Materiales del Curso:
  - <https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/arset-evaluating-ecosystem-services-remote-sensing>



# Objetivos de Aprendizaje

Al final de esta sesión, usted estará familiarizada/-o con varios proyectos de evaluación de ecosistemas, incluso:

- La contabilidad de ecosistemas en Liberia
- Cuentas experimentales de ecosistemas para Uganda
- La evaluación de la cobertura terrestre de Indonesia
- La valoración del papel de los arrecifes de coral de EE. UU. en la reducción del riesgo de peligros costeros
- Prueba piloto de contabilidad de ecosistemas urbanos para los Estados Unidos



Fuente: [UNEP-WCMC & IDEEA \(2017\) Experimental Ecosystem Accounts for Uganda. Cambridge, UK.](#)



# Repaso de la 2<sup>da</sup> Sesión

- La teledetección se puede utilizar para evaluar una variedad de preguntas relacionadas con la valoración de los servicios de los ecosistemas.
- Existen muchos tipos de modelos y métodos para evaluar el valor de los servicios ecosistémicos.
- La tecnología ARIES destaca la interoperabilidad:
  - Al permitir que los modelos y datos sean contribuidos por investigadores independientes, albergados en una red y automáticamente ensamblados en flujos de trabajo de modelos
- El proyecto Natural Capital Project procura mejorar el bienestar de las personas y de nuestro planeta al motivar inversiones dirigidas en la naturaleza.
  - Ciencia, tecnología, colaboraciones





## Declaración de Gaborone para la Sostenibilidad en África (GDSA\*): Liberia

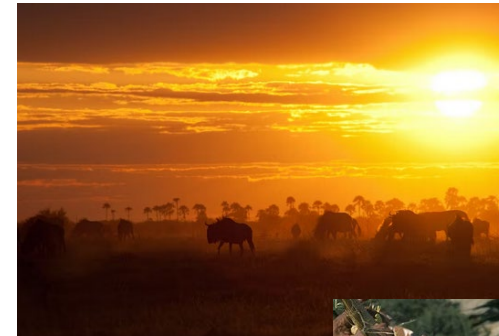
\*Siglas de “Gaborone Declaration for Sustainability in Africa”

# Declaración de Gaborone para la Sostenibilidad en África (GDSA\*)

- Una apuesta por un nuevo modelo de desarrollo que, por primera vez, tiene en cuenta el papel del capital natural en el desarrollo al llevar el valor de los recursos naturales desde la periferia al centro de todas las decisiones económicas.



Fuente: [Conservation International](#)



Fuente: Rod Mast



Fuente: Will Turner



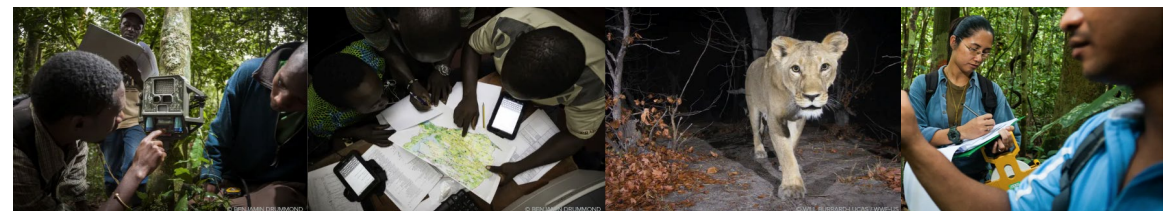
Fuente: CI/John Martin





# Colaboración entre Conservación Internacional (CI) y la NASA

- Objetivo a largo plazo: Desarrollar herramientas y prácticas para la toma de decisiones basadas en observaciones satelitales de la Tierra que se puedan usar a nivel mundial
  - Varios proyectos en curso
- Apoyar a los países de la GDSA al proporcionar herramientas y metodologías para avanzar aplicaciones de observaciones de la Tierra para la NCA\*
- Desarrollar metodologías y herramientas de bajo costo replicables que los países puedan utilizar para el mapeo de la extensión de sus ecosistemas



\*Siglas de “Natural Capital Accounting”

NASA's Applied Remote Sensing Training Program

Fuente de imágenes e información: Daniel Juhn, Max Wright  
eo4ea.org, secretariat@eo4ea.org



# Ejemplo de la GDSA: Contabilidad del Ecosistema en Liberia

- Liberia alberga algunos de los últimos bosques intactos de África occidental
  - Los manglares y la pesca también son importantes
- El 63% de los liberianos vive por debajo de la línea de pobreza, el 70% depende de los bosques para alimentación y sustento
- Gestión sostenible de estos ecosistemas a la vez que se satisfacen las necesidades de las personas



Fuente de la Imagen: Conservation International



gaborone declaration  
for sustainability  
in africa



EARTH OBSERVATIONS FOR  
ECOSYSTEM ACCOUNTING



Las diapositivas para este ejemplo de estudio de caso fueron adaptadas del webinar Africa Natural Capital Accounting Community of Practice, mayo 2021. Fuentes: Sr. Z. Elijah Whapoe, Liberia Environmental Protection Agency; Celio de Sousa, PhD, NASA Goddard Space Flight Center, Earth Sciences Division



# La Agenda Pro Pobres para la Prosperidad y el Desarrollo (Pro Poor Agenda for Prosperity and Development o PAPP)

- PAPP: Promover el uso sostenible, transparente y bien gestionado de los recursos naturales de Liberia
- Los indicadores sobre las cuentas nacionales actuales no miden el progreso hacia los objetivos de sostenibilidad de la PAPP.
- La contabilidad del capital natural en Liberia revelará los impactos y la dependencia de la actividad económica en el medio ambiente y apoyará mejores decisiones económicas a largo plazo.

PRO POOR AGENDA  
FOR PROSPERITY AND DEVELOPMENT  
(PAPP)  
A FIVE-YEAR NATIONAL DEVELOPMENT PLAN  
TOWARDS ACCELERATED, INCLUSIVE, AND SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT  
(July 2018 - June 2023)



REPUBLIC OF LIBERIA

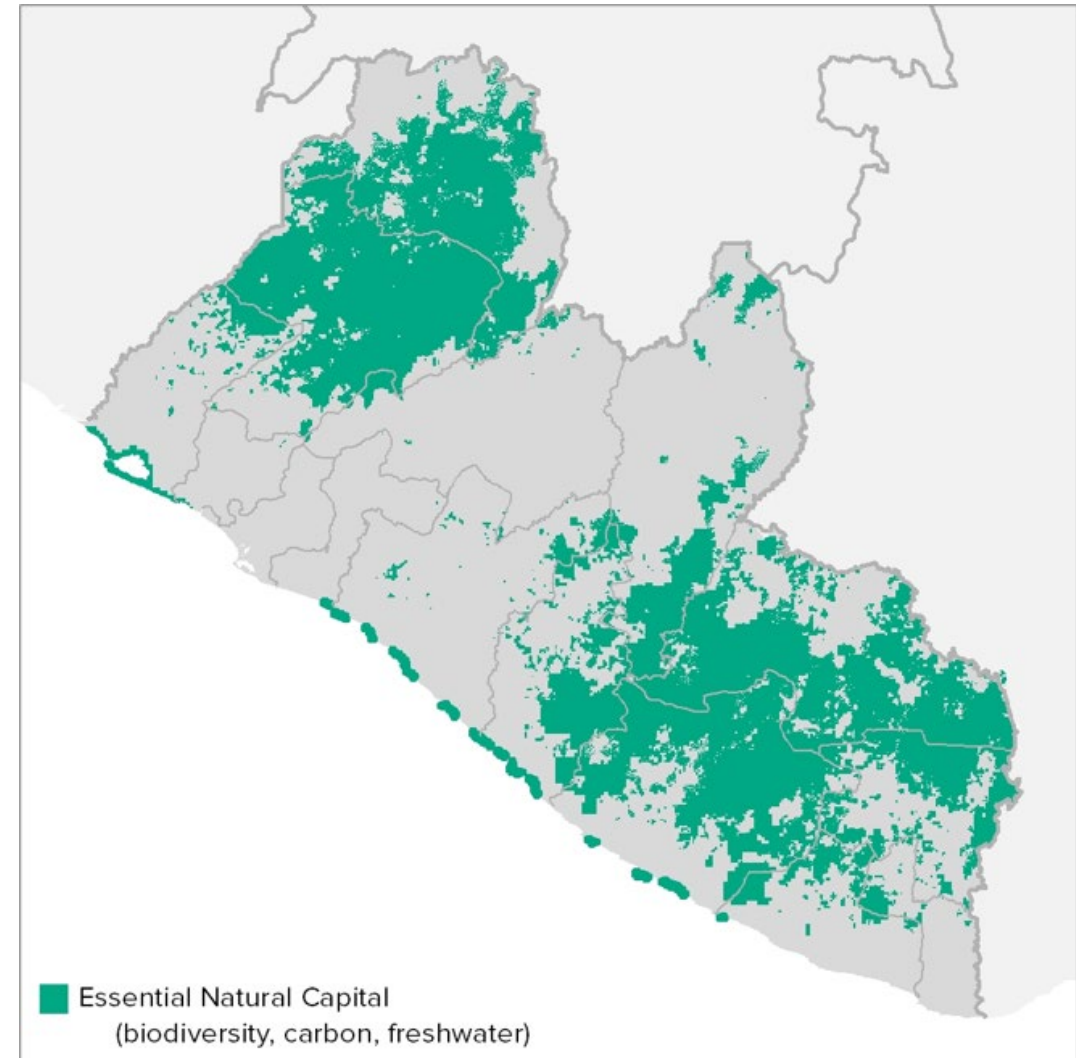
September 30, 2018

0



# Esfuerzos de Mapeo Iniciales

- Mapear Liberia es importante a nivel mundial para la biodiversidad, las fuentes de agua dulce, las fuentes silvestres de alimentos y los lugares naturales que son importantes para la identidad cultural.
- Hallazgos clave: la mayor parte del capital natural esencial todavía está intacto pero en su mayoría desprotegido y se necesita una estrategia de gestión para un desarrollo más sostenible.
- Necesidad de un enfoque más sistemático, riguroso y reproducible para medir la contribución de la naturaleza a la economía.



Fuente de la Imagen: Conservation International



# Mapeo de Clases de Ecosistemas y su Distribución

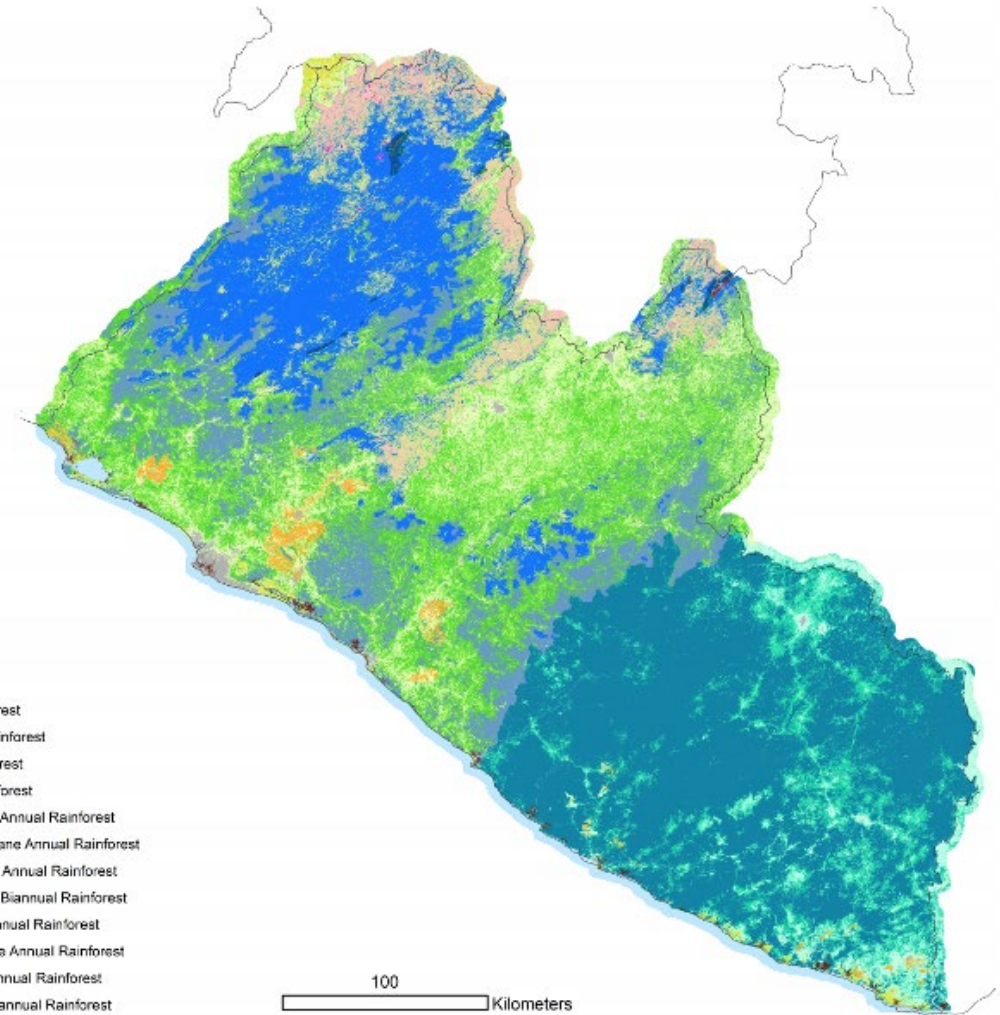
- Se necesita: Una clasificación de ecosistemas y mapas actualizados de la distribución de ecosistemas a escala nacional
- Colaboración con la NASA y CI para el mapeo de la extensión de ecosistemas
- Productos: Mapas del uso y distribución de ecosistemas, además de registros oficialmente avalados del suelo y extensiones de 2000 a 2018

CONSERVATION  
INTERNATIONAL



## Legend

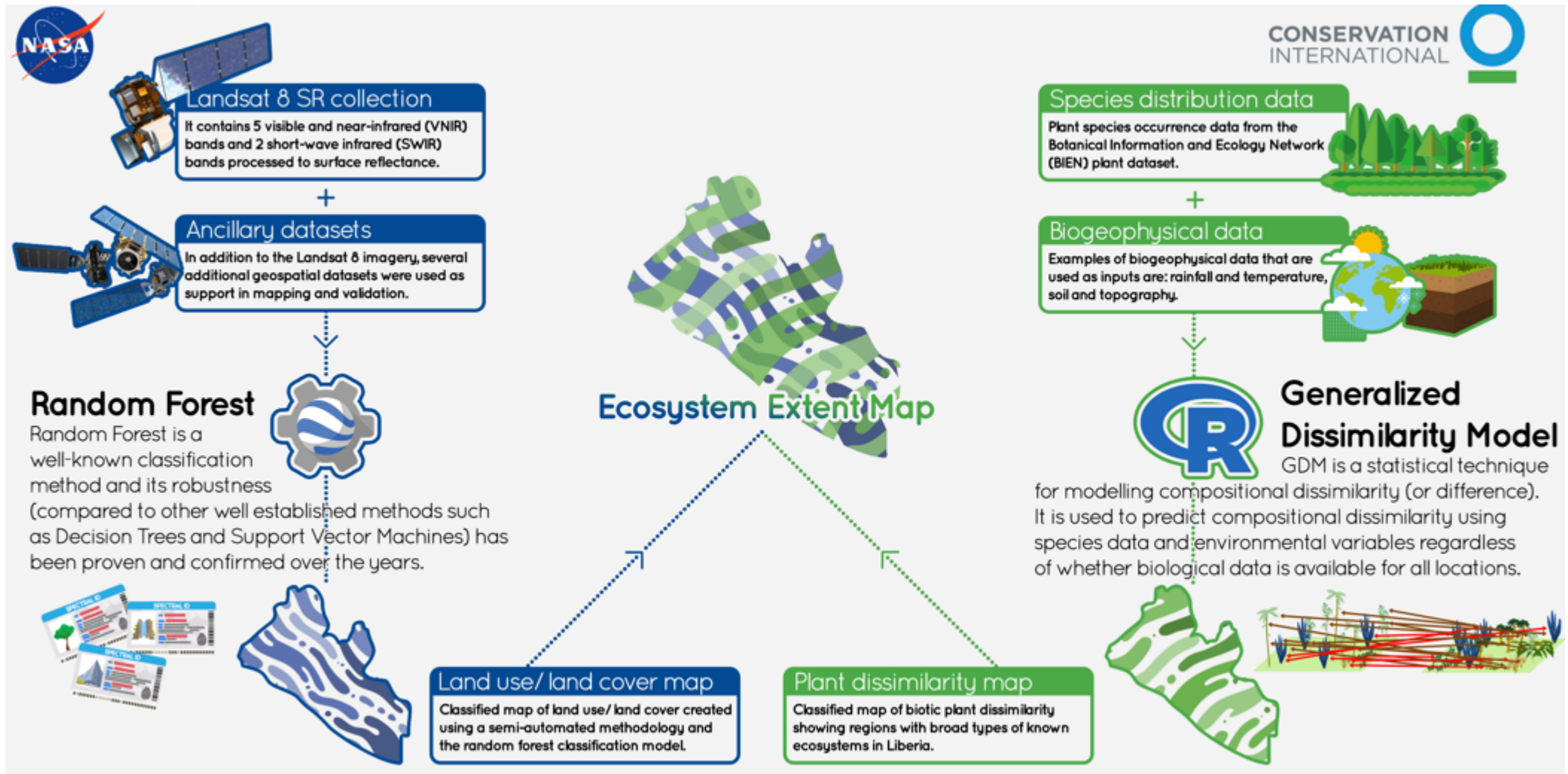
	No Data
	Water Body
	Mangrove and Marsh
	Built-up Area
	Barren Land
	Inselberg
	Shore
	Plantation
	Lowland Grassland
	Premontane Grassland
	Montane Grassland
	Mature Tropical Lowland Annual Rainforest
	Mature Tropical Premontane Annual Rainforest
	Mature Tropical Montane Annual Rainforest
	Mature Tropical Lowland Biannual Rainforest
	Moderately Degraded Tropical Lowland Annual Rainforest
	Moderately Degraded Tropical Premontane Annual Rainforest
	Moderately Degraded Tropical Montane Annual Rainforest
	Moderately Degraded Tropical Lowland Biannual Rainforest
	Severely Degraded Tropical Lowland Annual Rainforest
	Severely Degraded Tropical Premontane Annual Rainforest
	Severely Degraded Tropical Montane Annual Rainforest
	Severely Degraded Tropical Lowland Biannual Rainforest



Fuente de la Imagen: Conservation International



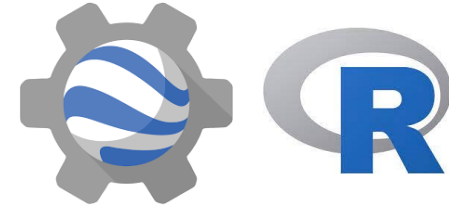
# Procesos para el Mapeo de Ecosistemas



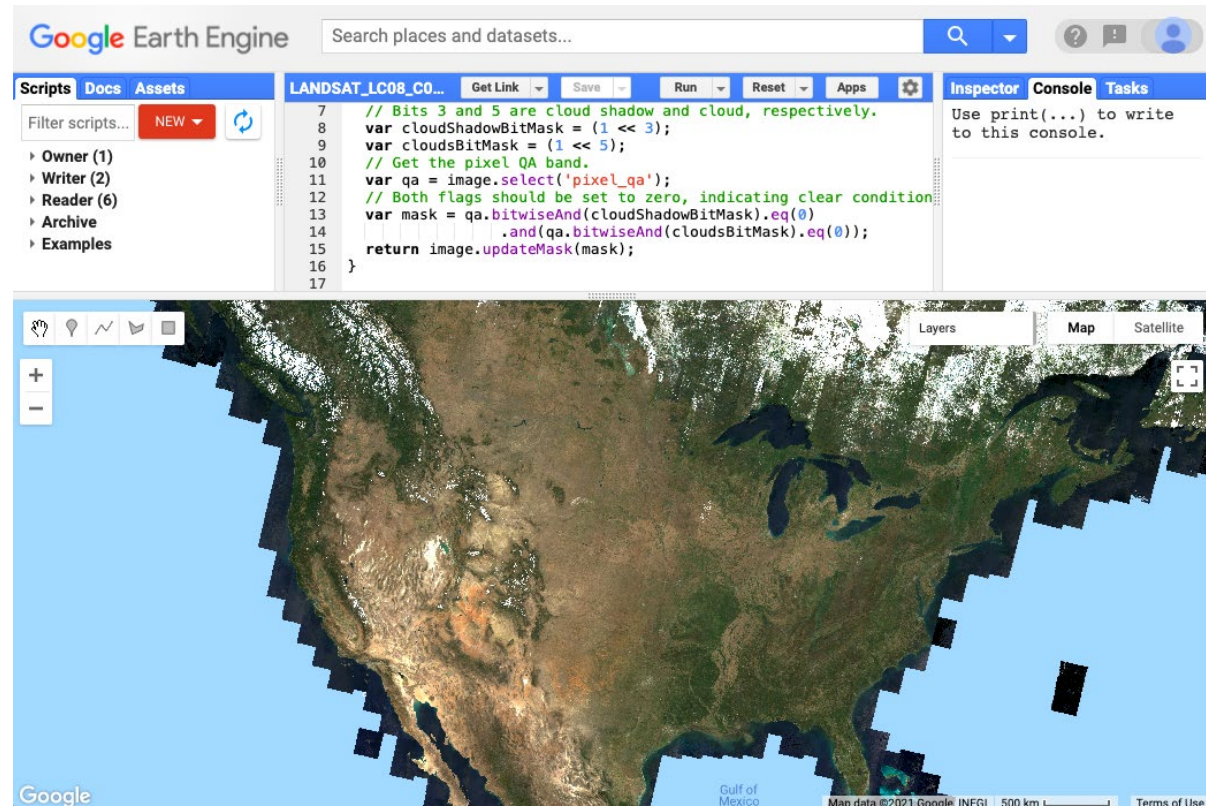
Fuente de la Imagen: NASA and Conservation International



# Software de Fuente Abierta y Computación en la Nube



- Uso de Google Earth Engine para el procesamiento y análisis de imágenes y R para computación estadística y gráficos
- Bajo Costo
  - Software de fuente abierta, de disponibilidad libre
- Reproducible
  - Metodología agilizada
  - Facilita la replicabilidad y transferibilidad
- Exactitud
  - Algoritmos y clasificadores aseguran mapas exactos

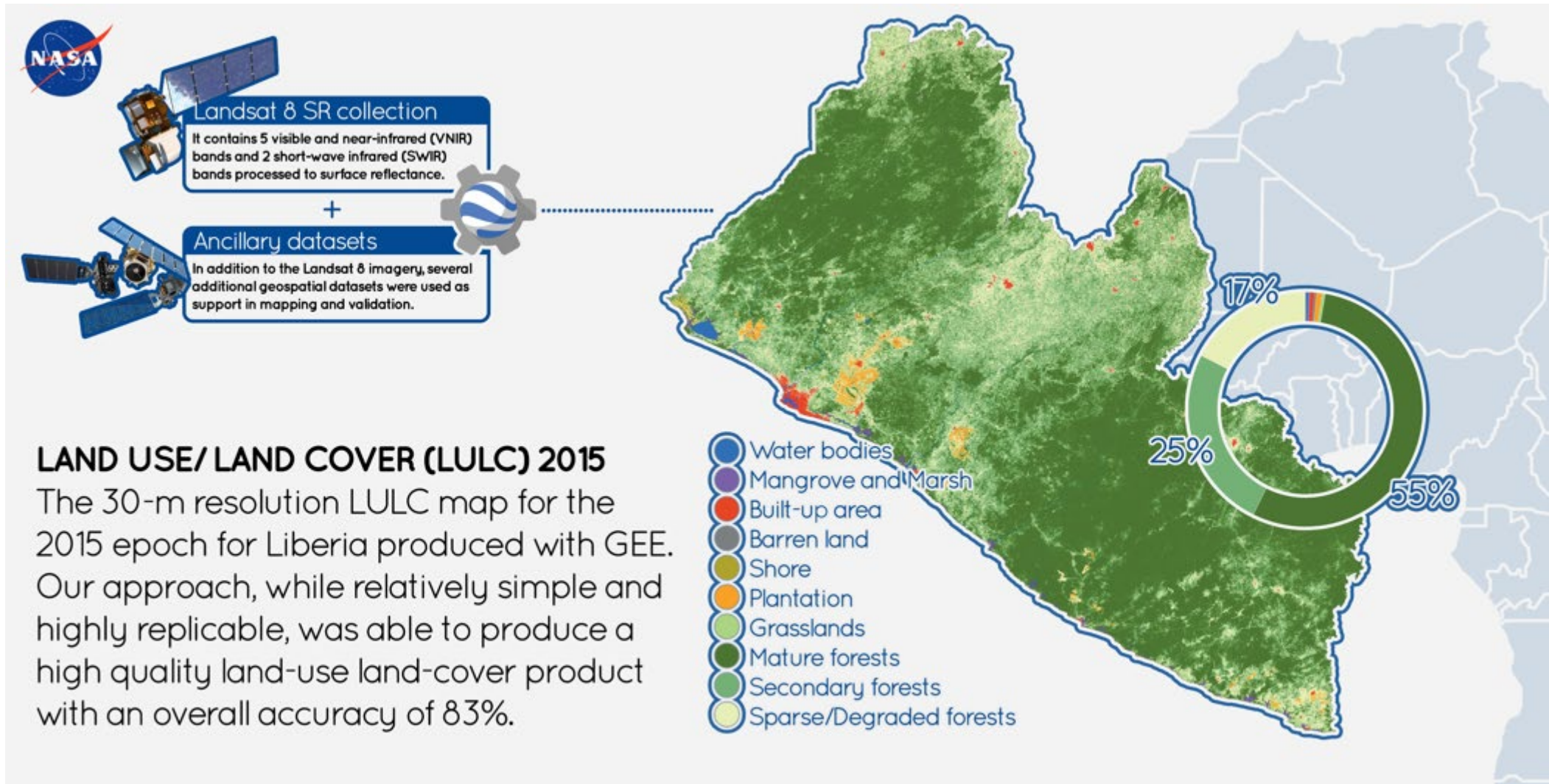


Interfaz del editor de código de Google Earth Engine con la API de JavaScript, que muestra imágenes de color verdadero de reflectancia superficial Landsat 8 para EE. UU.

Fuente: [Google Earth Engine Developers](#)



# Mapa del Uso del Suelo/Cobertura Terrestre (Land Use/Land Cover)

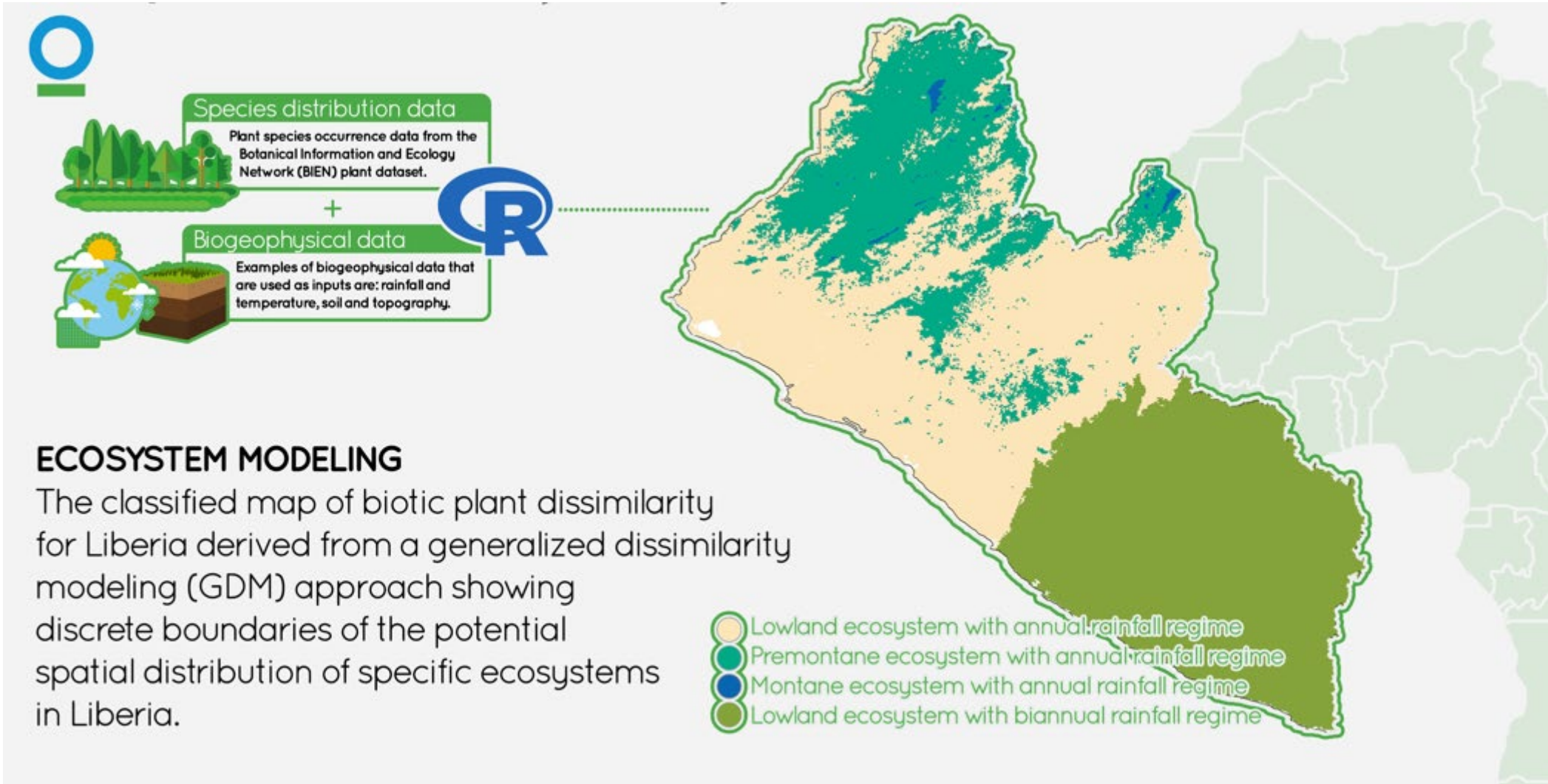


Fuente de la Imagen: NASA y Conservation International





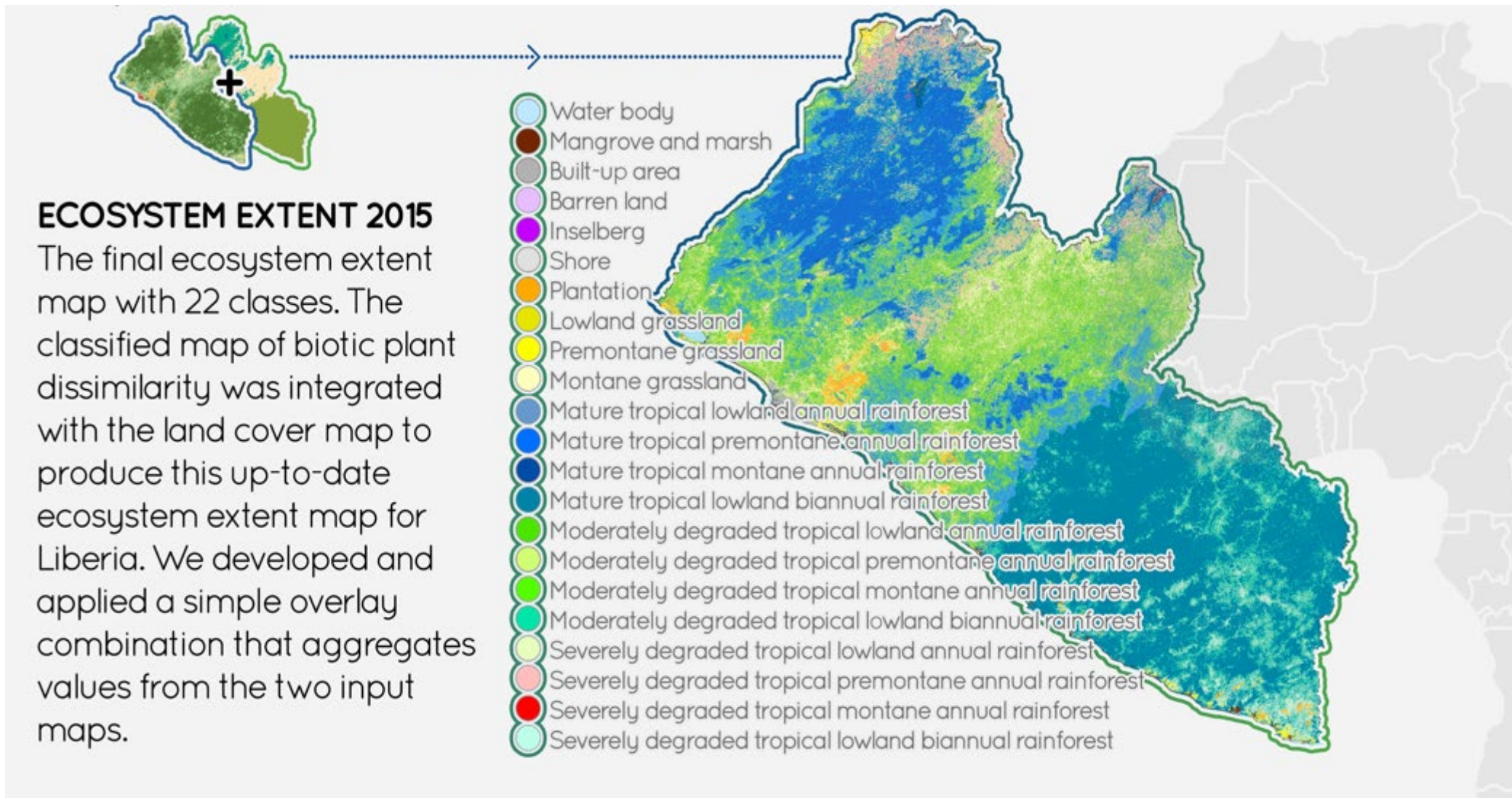
# Disimilitud Biótica de Plantas / Distribución de Ecosistemas



Fuente de la Imagen: NASA and Conservation International



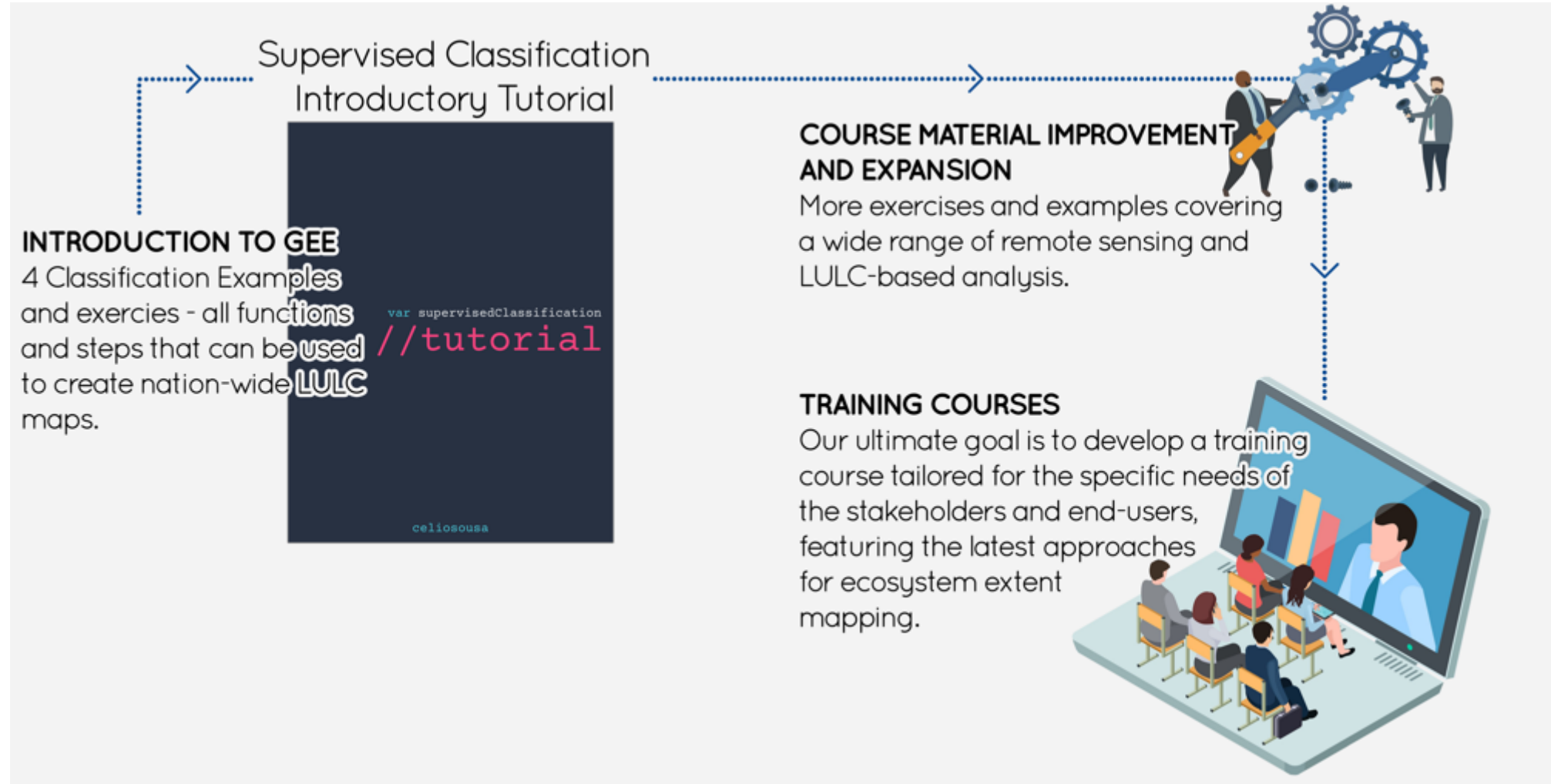
# Extensión de Ecosistemas



Fuente de la Imagen: NASA and Conservation International



# Capacitación y Desarrollo de Capacidades en el Futuro

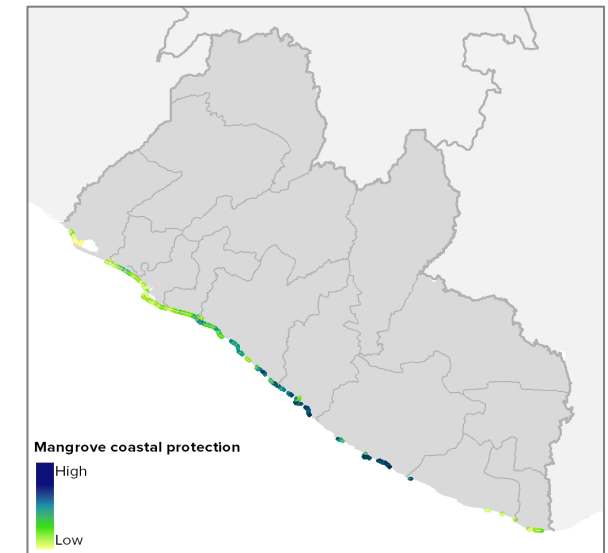
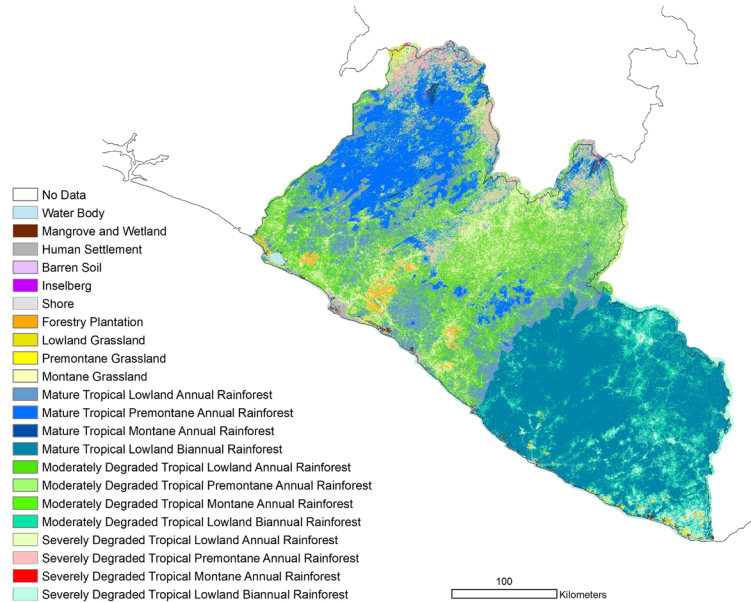
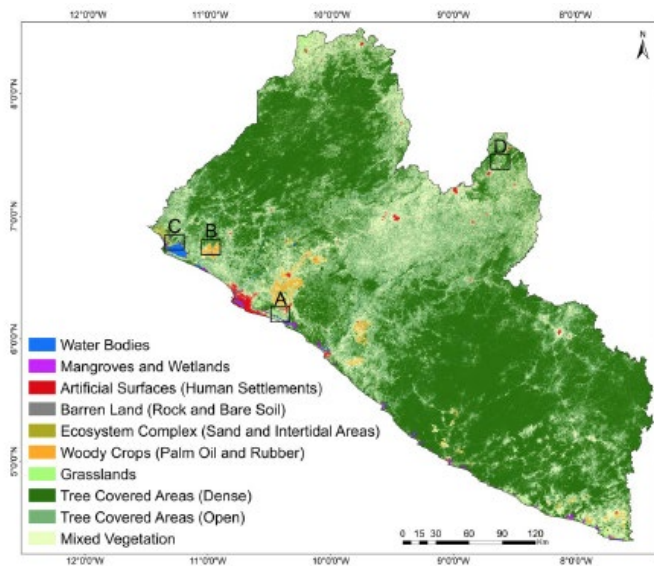


Fuente de la Imagen: NASA and Conservation International



# Próximos Pasos para Proyectos de Contabilidad del Capital Natural

- Proyecto Financiado por GEE: 'Conservación y uso sostenible del capital natural costero de Liberia'



Cuenta de Tierras



Cuenta de Extensión de Ecosistemas

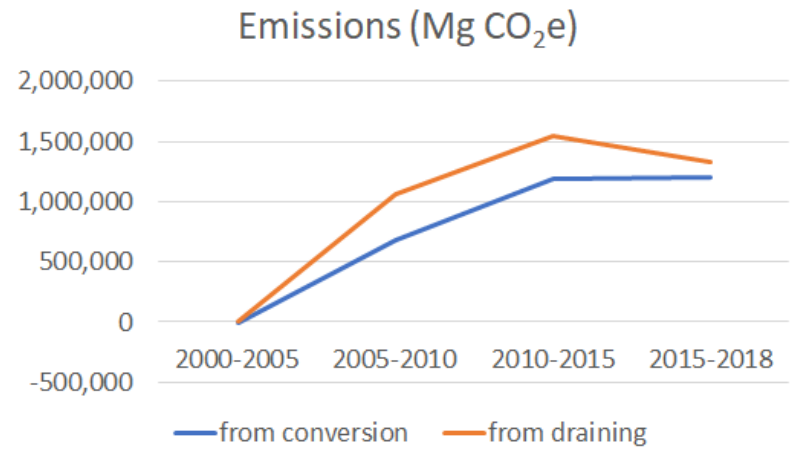
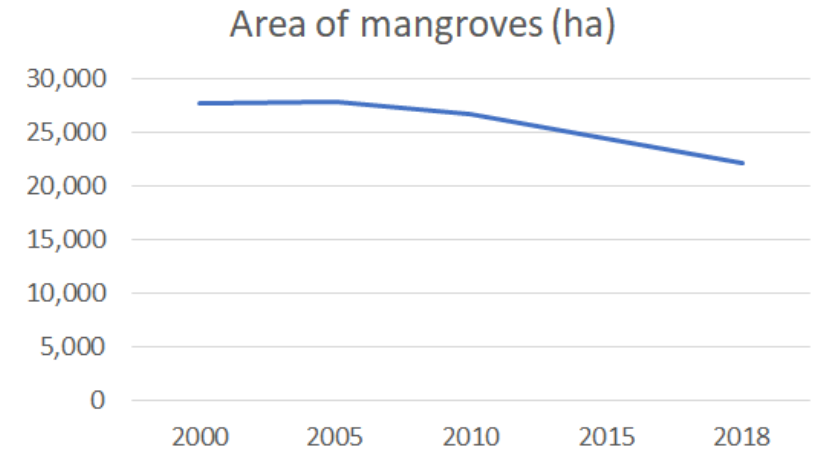


Cuenta de Servicios Ecosistémicos (GEF-NCA Manglares)



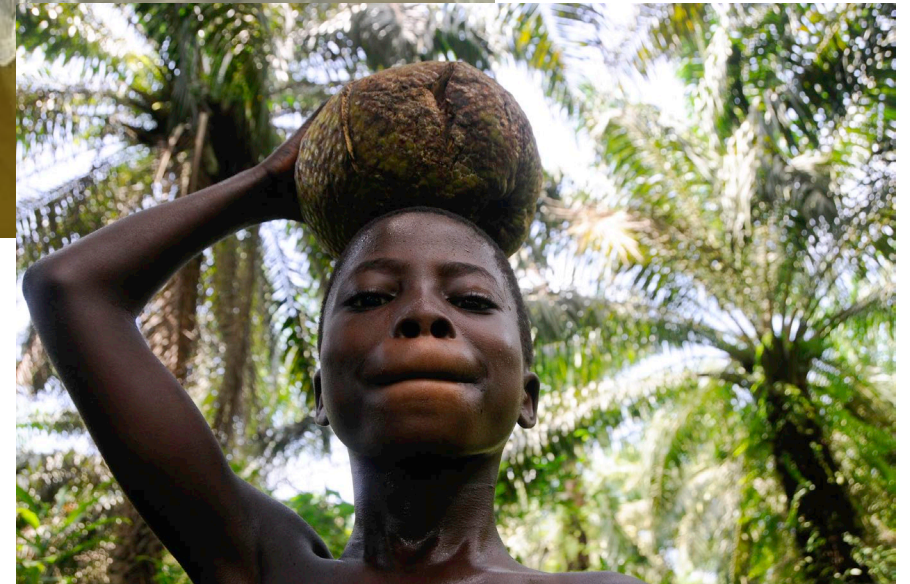
# Aplicaciones para Políticas

- Apoyar la meta de proteger el 30% de su territorio
- Planificación y Decisiones con Coordinación entre Sectores
- Evaluación de impactos, elección de sitios para intervenciones, adaptación/mitigación del cambio climático, planificación espacial, etc.
- Apoyar acuerdos medioambientales multilaterales
- Objetivos de Desarrollo Sostenible
- Marco Mundial de la Biodiversidad Post-2020
- Mitigación Climática (Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional o NDC, por sus siglas en inglés)
  - Información de revisiones
  - Medición de contribuciones sectoriales de emisiones y secuestro de CO<sub>2</sub>
  - Apoyar el diseño, planificación y monitoreo de objetivos, actividades e indicadores de los NDC
  - Medición de co-beneficios y bienestar humano



# Conexión y Coordinación Continuas

- Los mapas, las cuentas de tierras y extensiones generadas a través de esta asociación son un paso adelante importante para informar la formulación de políticas y la adopción de decisiones en Liberia.
- Agencia de Protección Ambiental: Compromiso de fomentar el desarrollo de información, datos e intercambio de conocimientos para el monitoreo y la presentación de informes
- Coordinación interinstitucional con LISGIS, Autoridad de Desarrollo Forestal (FDA), Autoridad de Tierras, Autoridad Marítima etc., asegurando la alineación con las políticas y leyes nacionales, las mejores prácticas y las nuevas iniciativas.





Observaciones de la Tierra para la  
Contabilidad de Ecosistemas (Earth  
Observations for Ecosystem Accounting o  
EO4EA): Uganda

# Cuentas de Ecosistemas Experimentales para Uganda

- Proyecto para desarrollar rápidamente la estructura de datos espaciales subyacente necesaria y la recopilación de cuentas clave relacionadas con ecosistemas y diversidad biológica usando el marco SEEA-EA
- Cuentas:
  - Cobertura terrestre
  - Extensión de ecosistemas
  - Tres bosques no madereros
  - Dos mamíferos bandera (Chimpancés y Elefantes)
- [Informe del Proyecto](#)



UNEP-WCMC y IDEEA Group en colaboración con el Wildlife Conservation Society (WCS), National Planning Authority (NPA) de Uganda, National Environmental Management Authority (NEMA) de Uganda y National Biodiversity Databank de la Universidad de Makerere. El proyecto fue financiado por la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (SIDA)



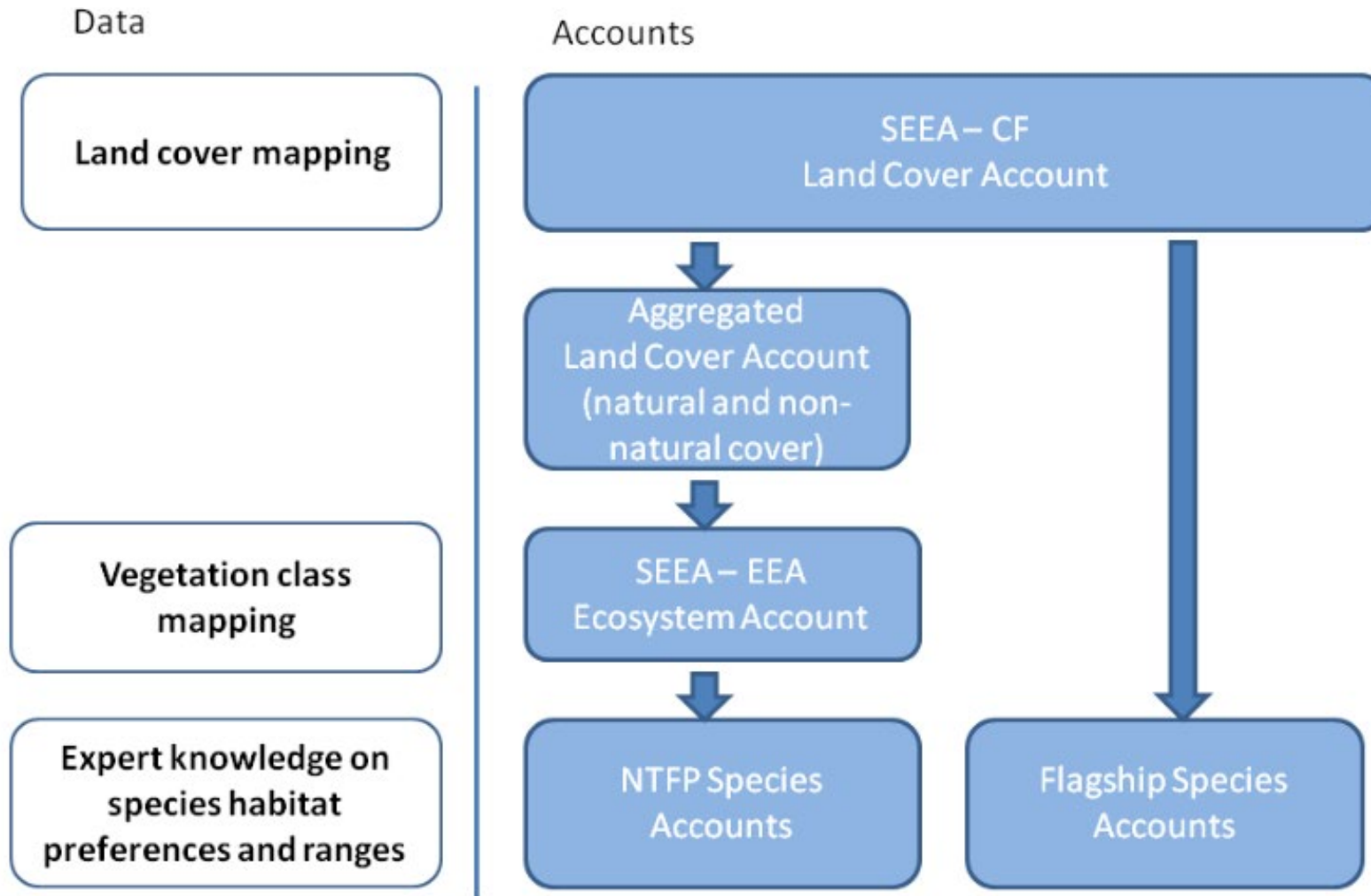


# Aplicaciones de Observaciones de la Tierra para Políticas

1. Informar los debates en curso en torno a la designación en una gaceta y la eliminación de una gaceta de áreas protegidas.
2. Defender el aumento de la asignación presupuestaria y la inversión en sectores ricos en biodiversidad para la conservación y la gestión (por ejemplo, la silvicultura, ya que mantiene niveles relativamente altos de biodiversidad).
3. Determinar el alcance de la degradación de los ecosistemas y dónde la disminución de la biodiversidad amenaza la prestación de servicios ecosistémicos y las implicaciones para el crecimiento económico y el bienestar humano.
4. Aumentar la conciencia y la apreciación de la biodiversidad como un activo de capital natural entre los encargados de tomar decisiones y el público.
5. Evaluar el progreso nacional hacia los objetivos del Plan Estratégico Nacional de Diversidad Biológica de Uganda (EPANB II) y el Plan Nacional de Desarrollo (PND II) y los compromisos internacionales asociados (es decir, las metas de Aichi y los ODS).



# Metodología



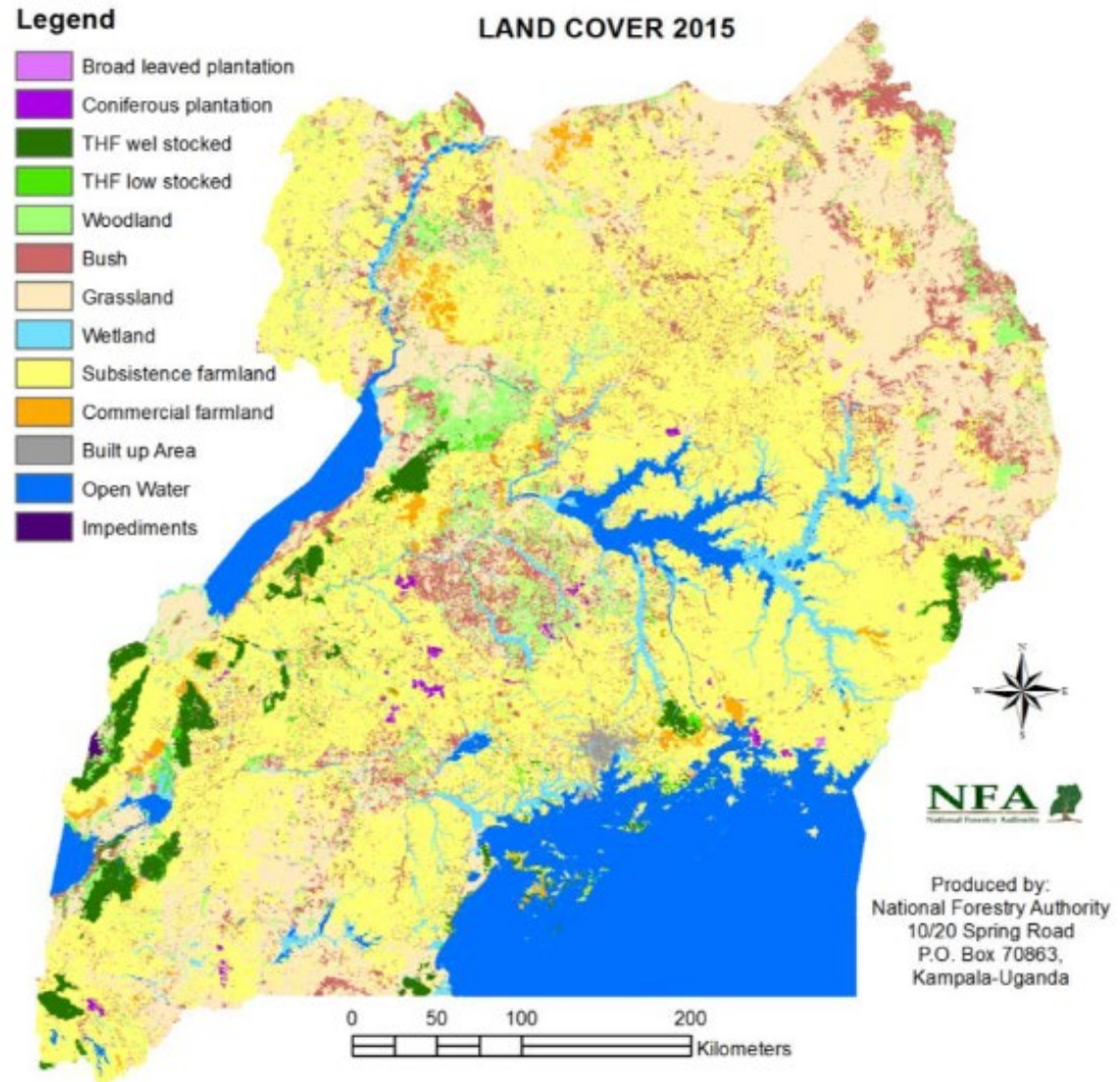
produced  
using **EnSym**®

Fuente: [UNEP-WCMC & IDEEA \(2017\) Experimental Ecosystem Accounts for Uganda. Cambridge, UK.](#)



# Mapeo de la Cobertura Terrestre

- El National Biomass Study (NBS) produjo mapas 1989–2005
- Después del año 2005: El FAO Land Cover Classification System (LCCS) produjo mapas

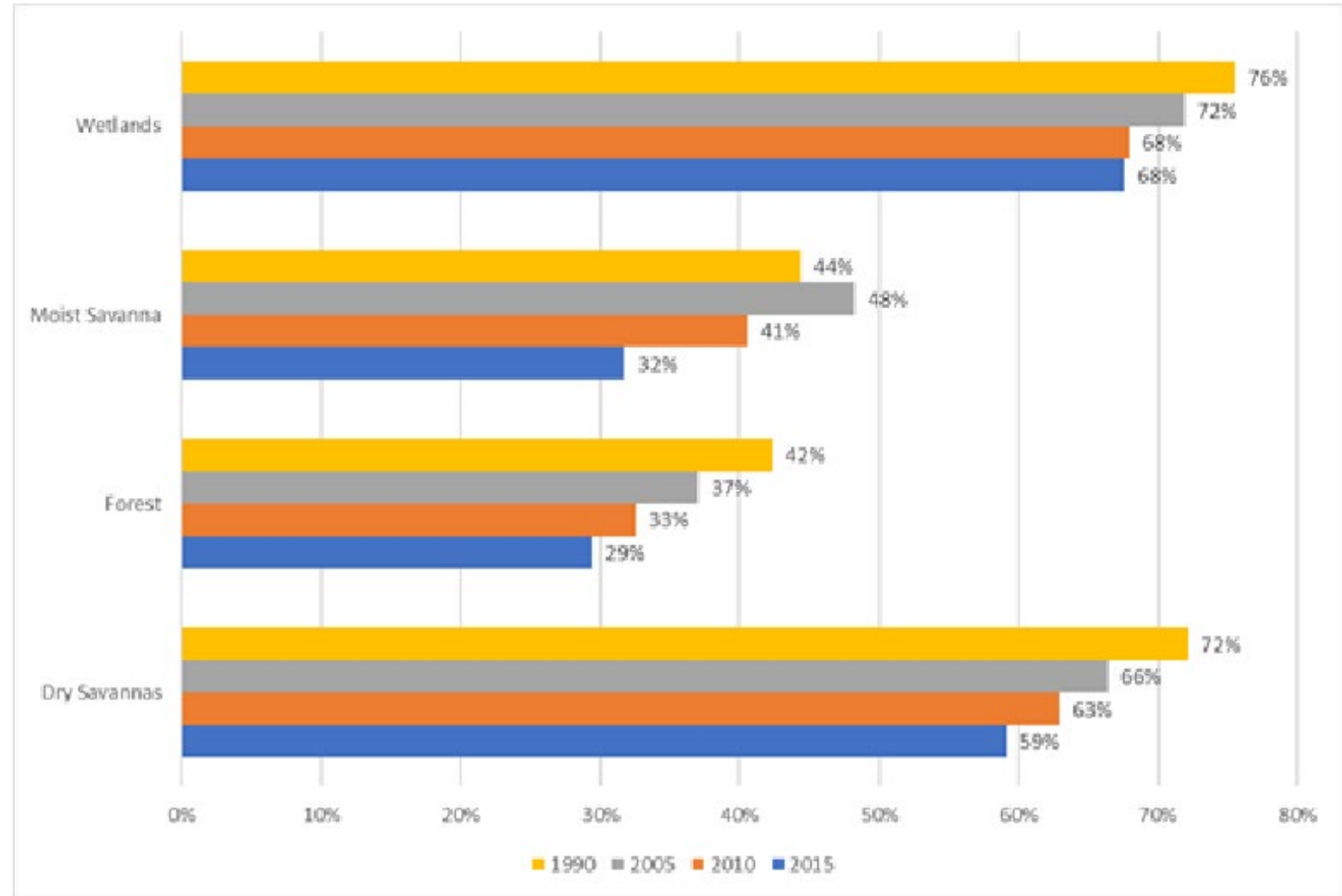


Fuente: [UNEP-WCMC & IDEEA \(2017\) Experimental Ecosystem Accounts for Uganda](#). Cambridge, UK.



# Cambios en los Ecosistemas Clave

- Cambios en los Ecosistemas Clave (1990-2015)
  - Reducciones sustanciales en los bosques (29% de la extensión original restante) y sabana (32% restante)



Fuente: [UNEP-WCMC & IDEEA \(2017\) Experimental Ecosystem Accounts for Uganda. Cambridge, UK.](#)



# Áreas Protegidas

- El establecimiento de áreas protegidas ha tenido un buen desempeño al prevenir la pérdida de ecosistemas naturales y los beneficios que confieren a Uganda. Las áreas protegidas evitaron la pérdida de ecosistemas naturales y los beneficios que confieren a Uganda.
- Oportunidades turísticas de observación de vida silvestre, una gran mayoría del hábitat restante de chimpancés totalmente adecuado está protegido en las subregiones suroeste (96%), oeste (84%) y Nilo Occidental (74%).
- Sin embargo, todavía existe un hábitat sustancial fuera de las áreas protegidas en la subregión occidental (51,000 ha) que brinda oportunidades para enfocarse en áreas para protección y desarrollo de turismo futuros.



# Hábitat Idóneo para Especies Clave

- Para los elefantes, una gran mayoría del hábitat totalmente adecuado está protegido en las subregiones de Karamoja (94%), suroeste (97%) y oeste (94%).
- Para *Prunus africana* (cerezo africano), el establecimiento de un área protegida ha sido efectiva para cubrir el rango de mayor calidad restante de esta especie.
- Hay beneficios potencialmente significativos para la conservación de especies de la conservación de áreas naturales en Acholi, Karamoja y Nilo Occidental (alta riqueza de especies de aves y grandes mamíferos).



Fuente: infonet-biovistion.org



Fuente: Janegoodall.ca



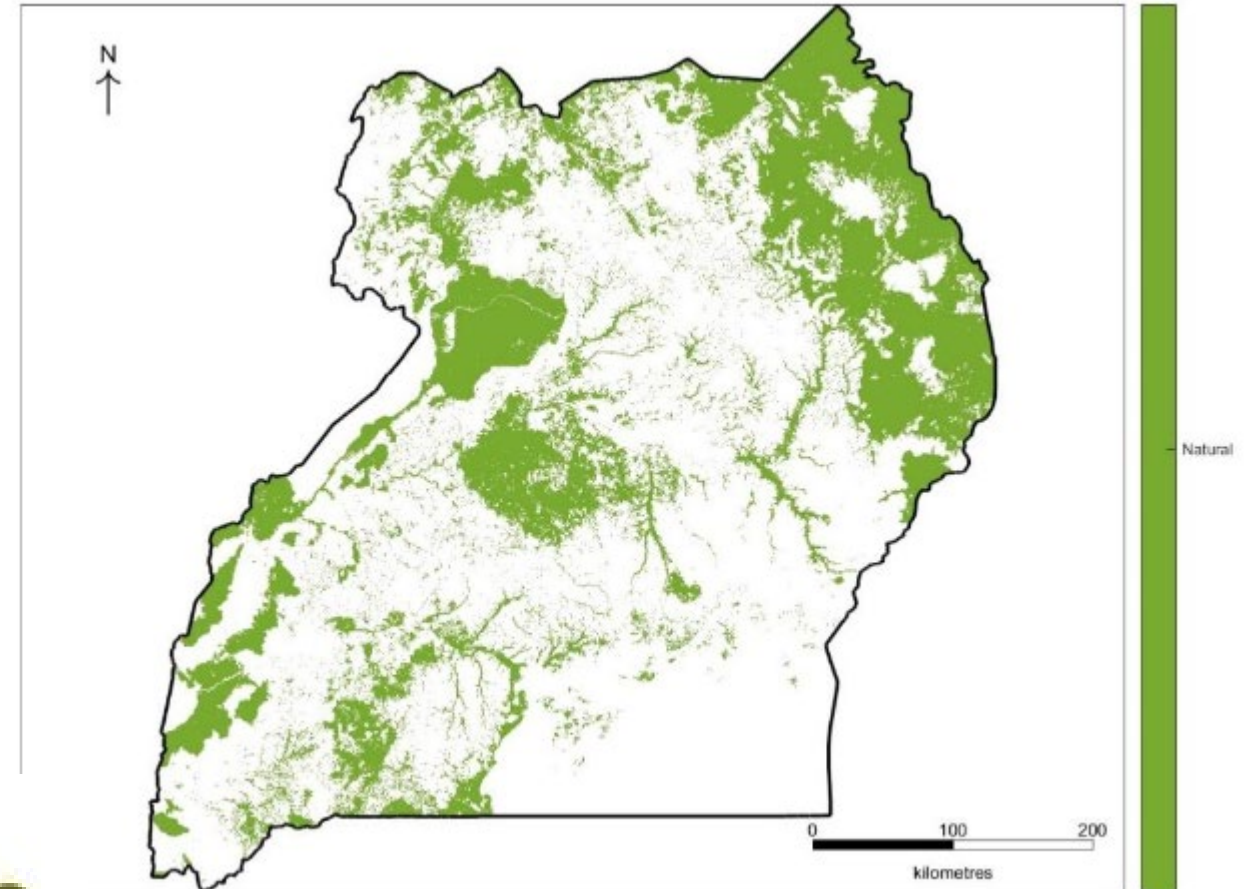
Fuente: NRCD



# Natural Vegetation and Non-Timber Forest Products\* (NTFPs)

- Grandes áreas de vegetación natural potencialmente idónea para cosechar productos forestales no madereros (non-timber forest products o NTFPs)

Extensión de Cobertura Terrestre Permanentemente Natural (1990-2015)



produced  
using **EnSym**®

Fuente: [UNEP-WCMC & IDEEA \(2017\) Experimental Ecosystem Accounts for Uganda. Cambridge, UK.](#)

\*Vegetación Natural y Productos Forestales no Madereros

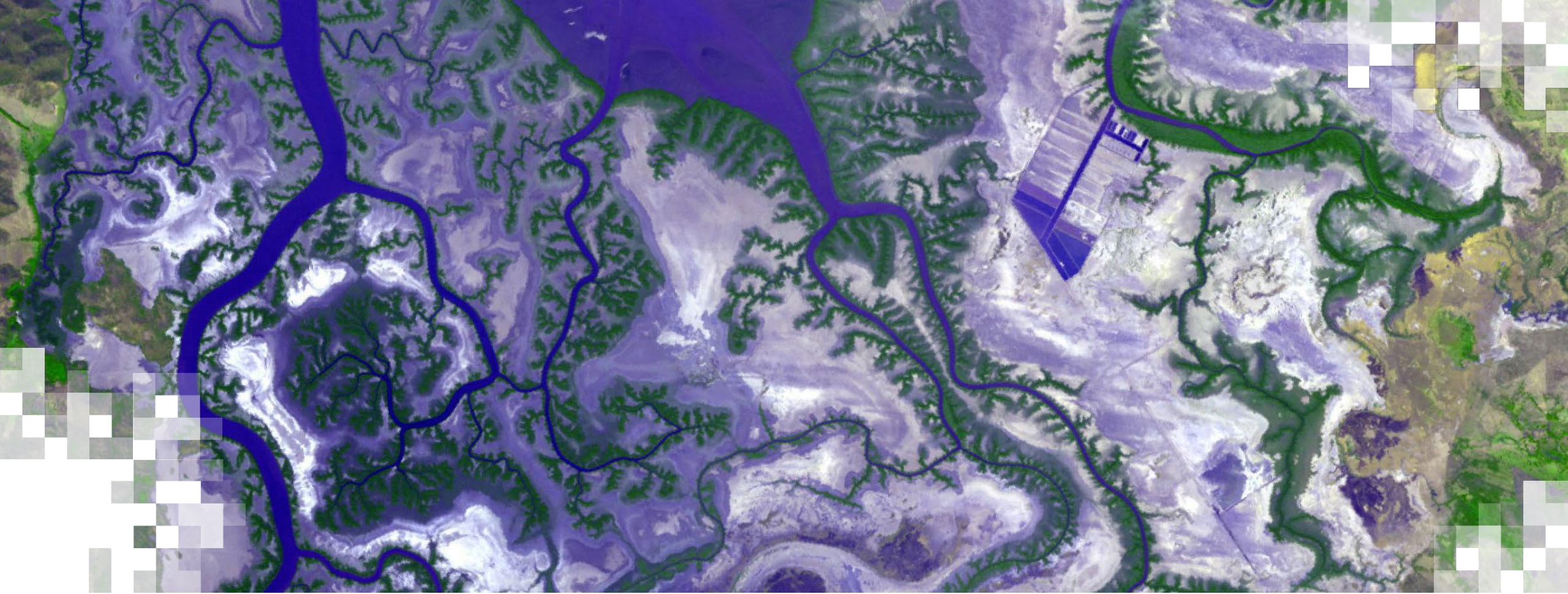


# Camino hacia Adelante e Implicaciones para Políticas

- Las actualizaciones periódicas pueden evaluarse de manera oportuna para determinar las tendencias y la extensión de los ecosistemas naturales y las implicaciones para las especies clave.
- La metodología ayudará a informar sobre una serie de compromisos de políticas, entre ellos:
  - Objetivos estratégicos nacionales para la biodiversidad especificados en el NBSAP (II) de Uganda
  - Metas Aichi (ej., 4, 5, 11, 12, 13 y 15)
  - Objetivos del Plan de Desarrollo nacional (II) para recursos medioambientales y naturales (Environmental and Natural Resources o ENR) y ODS asociados (ej., 1, 12 y 15)
- Oportunidades para:
  - Mejorar cuentas en el futuro
  - Establecer acuerdos institucionales y nexos programáticos







Cuenta de Riqueza y Valoración de  
Ecosistemas (Wealth Accounting and the  
Valuation of Ecosystem Services o WAVES) en  
Indonesia

# WAVES – Resumen General

<https://www.wavespartnership.org/en>

- Una colaboración mundial liderada por el Banco Mundial que tiene como objetivo promover el desarrollo sostenible asegurando que los recursos naturales se incorporen en la planificación del desarrollo y las cuentas económicas nacionales
- Parte del Global Program for Sustainability (GPS)
  - Procura integrar consideraciones sobre el medio ambiente y la sostenibilidad a las decisiones públicas al proporcionar métricas y herramientas



Tsefaye Kidane, un cafetalero de 40 años de la Kafa Biosphere Reserve en el sudoeste de Etiopía. [Fuente de la Foto: Kaia Rose, Connect4Climate – Banco Mundial Group](#)



# Evaluación de la Cobertura Terrestre en Indonesia

- La agricultura, silvicultura y pesca contribuyen el 11,4% del Producto Interno Bruto (PIB) de Indonesia.
  - El desarrollo económico depende de los recursos naturales y el país quiere asegurarse de que su crecimiento se realice dentro del marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).
- Iniciativa “Low Carbon Development Initiative” para Indonesia (LCDI):
  - Incorporar metas de emisiones de gases de efecto invernadero a la planificación
  - Asegurar el crecimiento al mismo tiempo que se minimiza la explotación de recursos naturales y se mantienen las emisiones bajas
- WAVES proporcionó datos en cumplimiento con la SEEA para la modelación
  - Cobertura terrestre y extensión
  - Turberas



# Mapeo de la Cobertura Terrestre en Indonesia

- 22 clases de cobertura terrestre
- 1990–2014
- Varios conjuntos de datos de teledetección

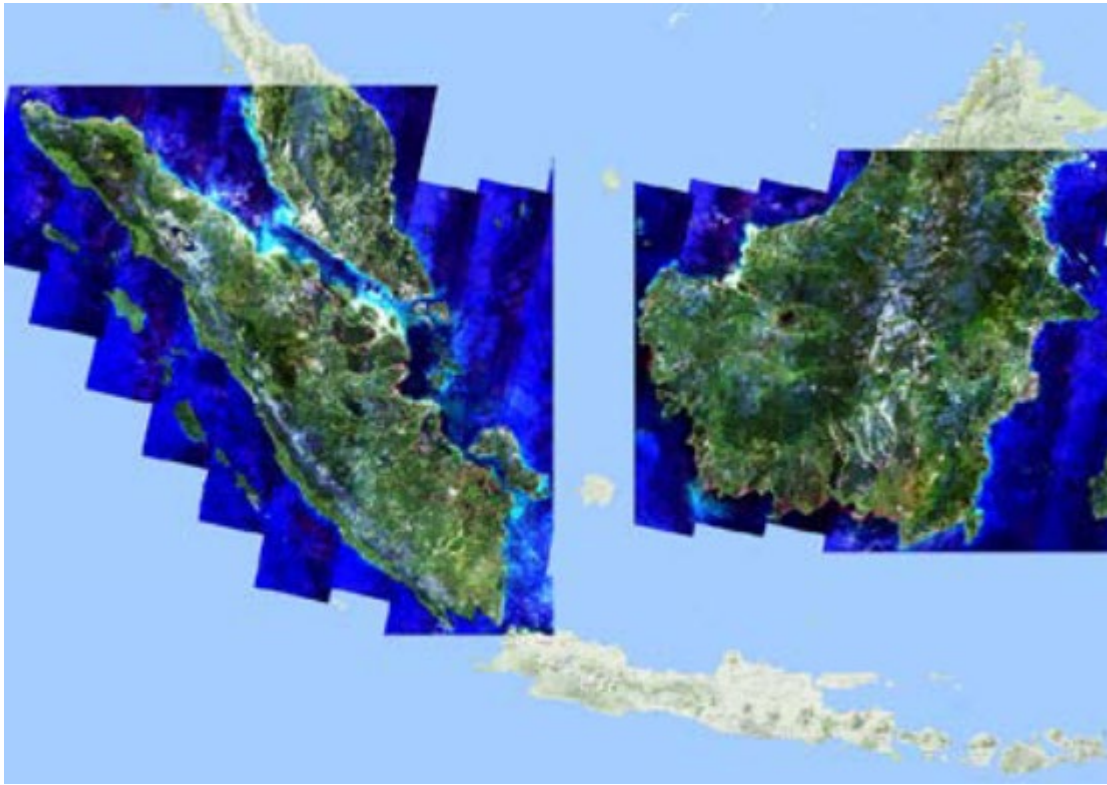
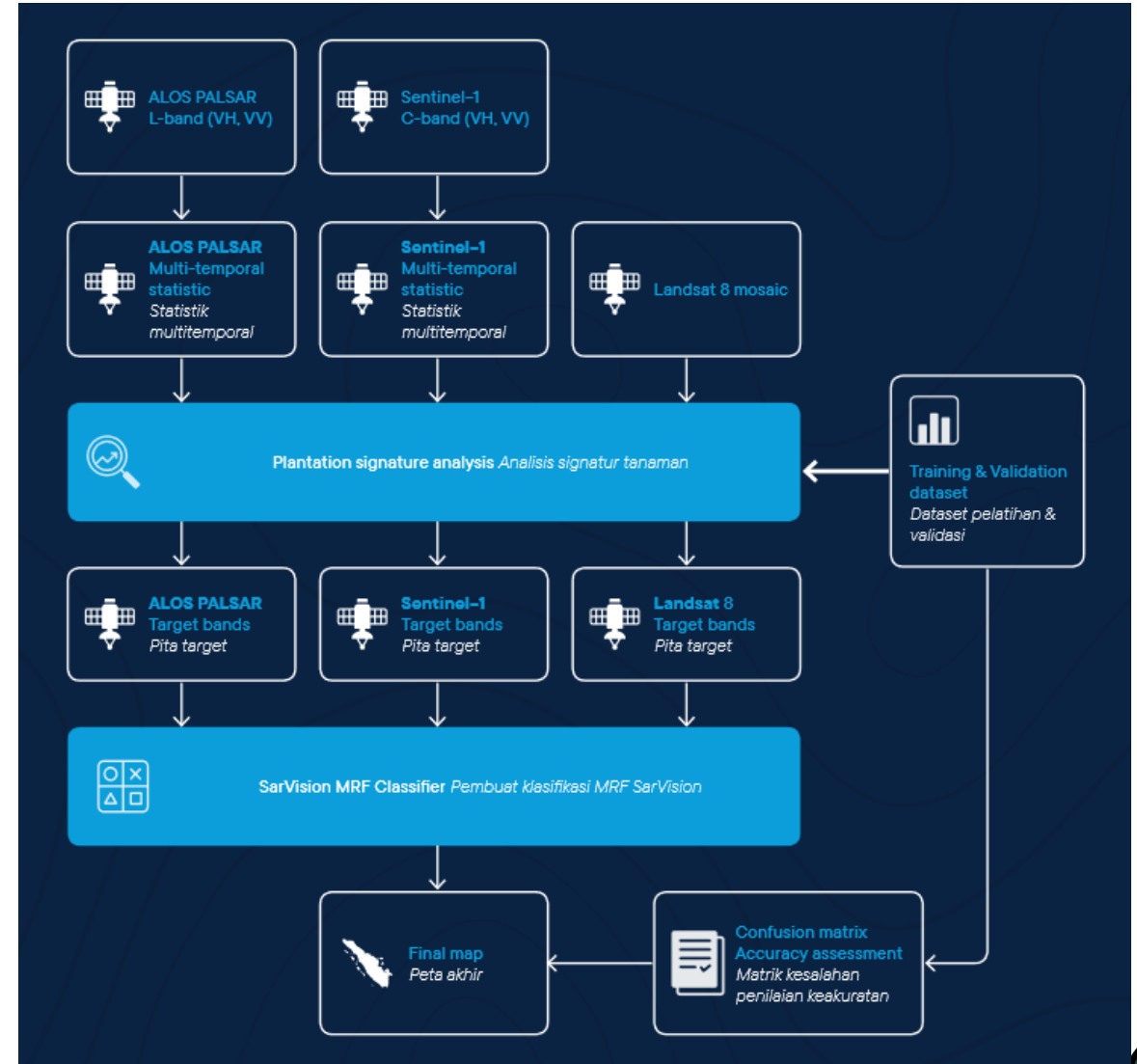


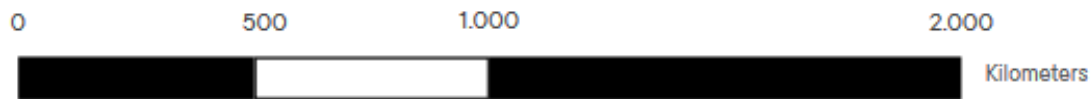
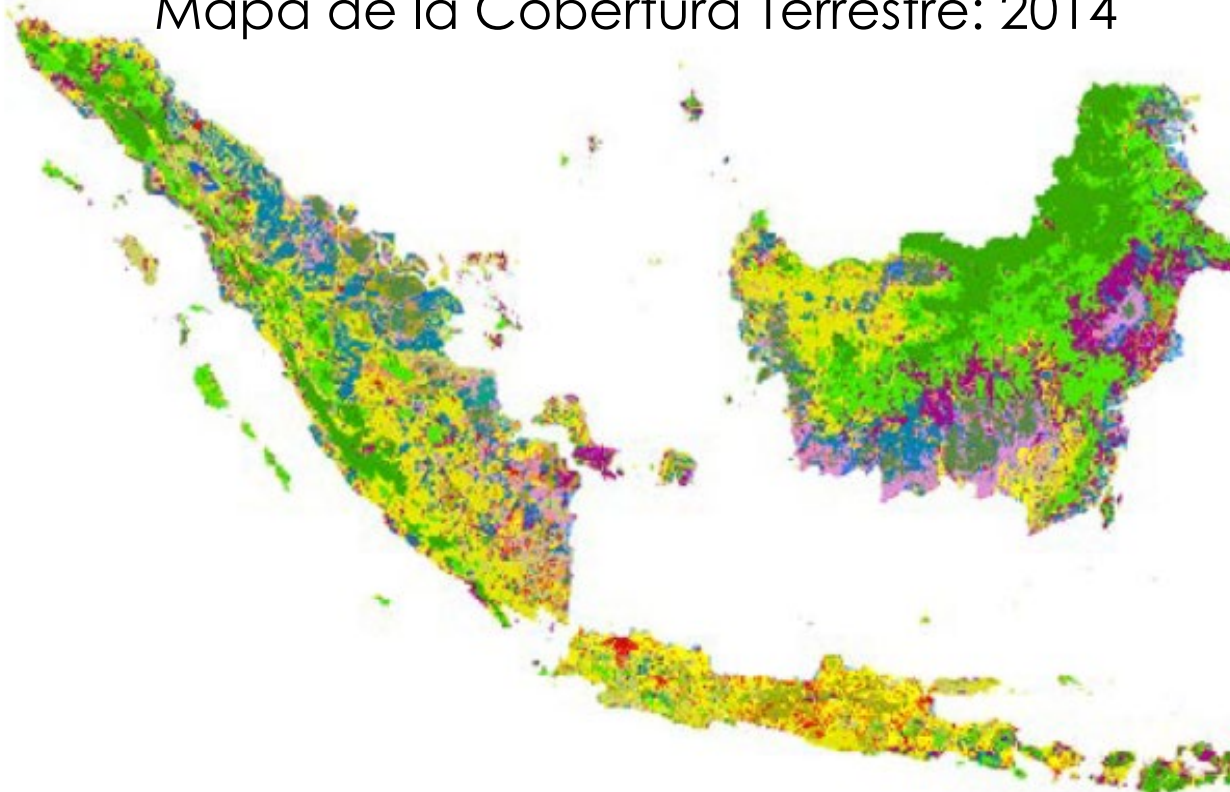
Imagen de color real compuesta de los mosaicos generados para Sumatra y Kalimantan en 2017, Fuente de la Imagen: [Banco Mundial 2019](#)

Flujo de trabajo para la clasificación de imágenes: Fuente de la Imagen [Banco Mundial 2019](#)



# Cobertura Terrestre

Mapa de la Cobertura Terrestre: 2014



- |   |   |   |  |
|---|---|---|--|
|    | Primary dry land forest<br>Hutan lahan kering primer        |    | Degraded peat swamp forest<br>Hutan rawa gambut terdegradasi |
|    | Degraded dry land forest<br>Hutan lahan kering terdegradasi |    | Plantation forest<br>Hutan tanaman                           |
|    | Primary peat swamp forest<br>Hutan rawa gambut primer       |    | Primary mangrove<br>Bakau primer                             |
|    | Degraded mangrove<br>Bakau terdegradasi                     |    | Savanna<br>Sabana  |
|    | Shrub<br>Belukar  |    | Perennial crop<br>Tanaman tahunan                            |
|  | Wetland shrub<br>Belukar lahan basah                        |  | Dry cultivation<br>Pertanian kering                          |

Fuente de la Imagen: [Banco Mundial 2019](#)



# Conclusiones Clave de la Cuenta de Tierras

- La cuenta de tierras muestra los cambios en la cobertura terrestre a lo largo del tiempo.
- El cambio de uso principal ha sido de bosques a plantaciones.
- Los cultivos perennes y la silvicultura de plantaciones puede que estén significativamente subestimados en las estadísticas oficiales.
- Indonesia perdió aproximadamente 33 millones de hectáreas de sus bosques naturales (aproximadamente el 17% de su superficie terrestre) entre 1990 y 2014.
- Los cultivos perennes, actualmente dominados por plantaciones de palma aceitera, se expandieron rápidamente entre 1990 y 2014.
- Los cambios en el uso de la cobertura terrestre claramente varían entre los diferentes grupos de islas.

NASA's Applied Remote Sensing Training Program



Adi Lumaksono, Secretario Principal de BPS entrega dos informes técnicos del programa I-WAVES al Dr. Ir. Arifin Rudiyanto, Viceministro de Recursos Marítimos y Naturales de Bappenas. Fuente de la Imagen: Banco Mundial



# Conclusiones Clave de la Cuenta de Extensiones

- Implicaciones para políticas similares a las de la cuenta de tierras
- Los datos de teledetección fueron clave:
  - Uso de Sentinel -1, Landsat, ALOS Palsar
  - Se usaron datos de WorldView y Planet como apoyo
- Hay que diferenciar no solo entre clases de bosques perennes y de plantaciones sino más bien entre especies de cultivos y árboles
  - Es difícil para algunas plantaciones
- La palma aceitera es el cultivo perenne dominante en ambas islas, la acacia es la especie principal en la silvicultura de plantaciones.



Palma aceitera. Fuente de la Imagen: [joakimbkk](#)





# Servicios Ecosistémicos de los Arrecifes de Coral



# Servicios Ecosistémicos de los Arrecifes de Coral

- Los arrecifes de coral se encuentran entre los ecosistemas más biodiversos y biológicamente complejos del mundo.
- Proporcionan hábitat al >25% de todas las especies marinas conocidas, incluidas plantas, algas, invertebrados y vertebrados.
- Proporcionan una fuente de alimento para millones de personas a través de la pesca.
- Fuente importante recreación e ingresos para las comunidades locales a través de actividades turísticas.



Fuente de la Imagen: Juan L. Torres-Pérez



# Servicios Ecosistémicos de los Arrecifes de Coral

- Spalding et al (2017) estimaron el valor global total de los arrecifes de coral para el turismo en \$ 36 mil millones por año.
- En los Estados Unidos, el valor turístico de solo los arrecifes de coral se estima en ~ \$1,2 mil millones por año.
- Por ejemplo, en la Florida, se estima que ~ 70,400 empleos dependen de los arrecifes de coral.
- En general, el valor económico anual de los arrecifes de coral del mundo (incluido el turismo, la pesca, los empleos locales y la protección de la costa) se estima entre \$ 375 mil millones y \$ 9,9 billones. (Costanza et al 2014)

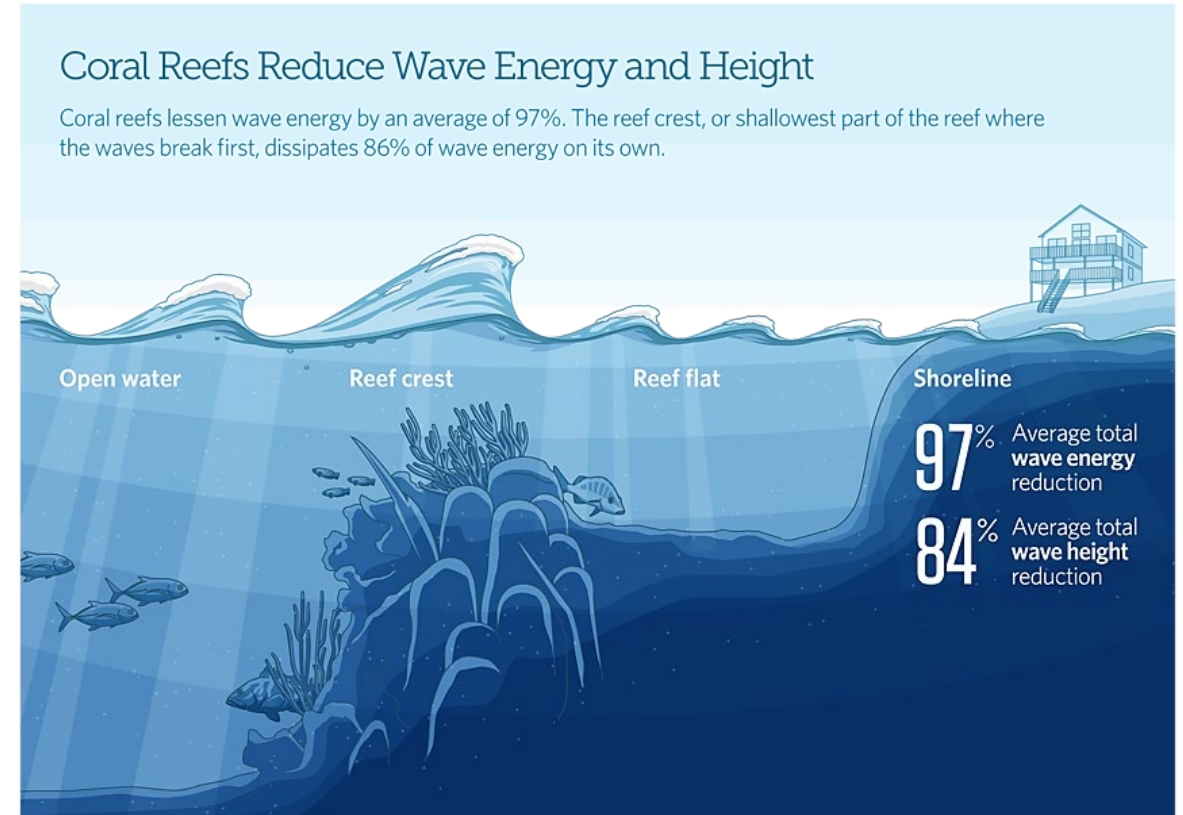


Fuente de la Imagen: Juan L. Torres-Pérez



# Servicios Ecosistémicos de los Arrecifes de Coral

- Los arrecifes pueden disipar ~ 97% de la energía de las olas, lo que resulta en una disminución de las inundaciones costeras (Ferrario et al (2014)).
- Storlazzi et al (2019; 2021) estimaron que el valor de los arrecifes de coral para la protección contra inundaciones era de ~ \$ 1,8 mil millones solo para los Estados Unidos.
- Los beneficios de la restauración de arrecifes se estimaron en ~ \$ 232 millones para la Florida y ~ \$ 40 millones para Puerto Rico anualmente (Storlazzi et al 2021).
- El valor actual de la restauración de arrecifes a gran escala para FL y PR (cuando los arrecifes se consideran infraestructura natural) supera los \$ 3,75 mil millones por año.

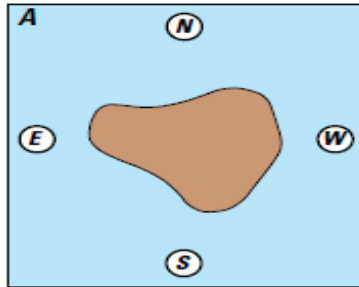


Fuente: Ferrario et al (2014)

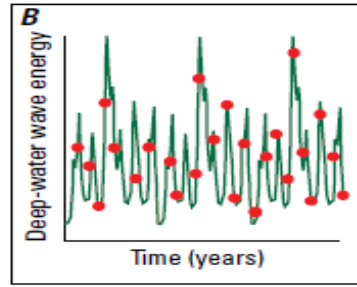


# Evaluación del Papel de los Arrecifes de Coral en la Reducción de Peligros Costeros

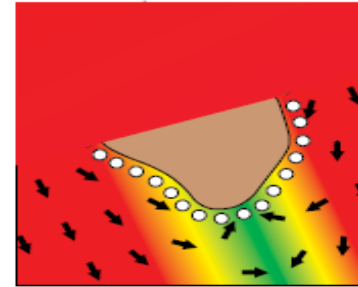
## HAZARDS: Downscaling waves to shore



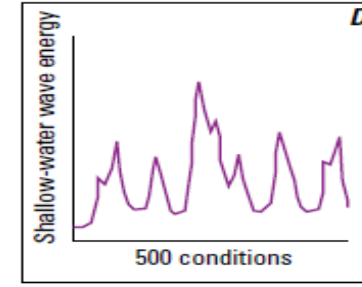
Offshore wave data



Representative sea states

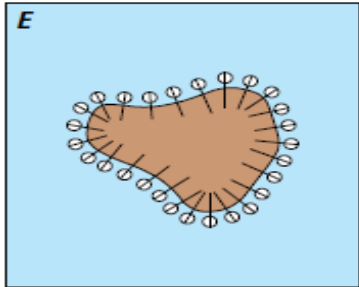


Propagate to nearshore

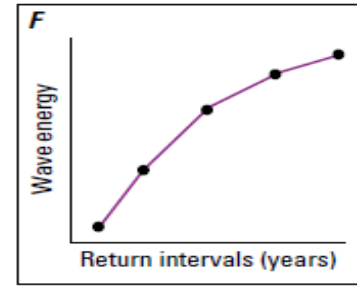


Reconstruct shallow water wave data

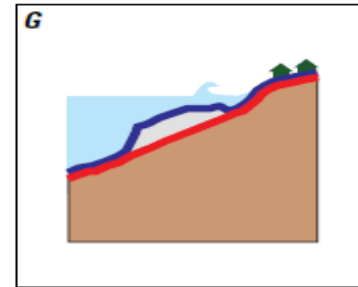
## ECOSYSTEM: Reef flood modeling



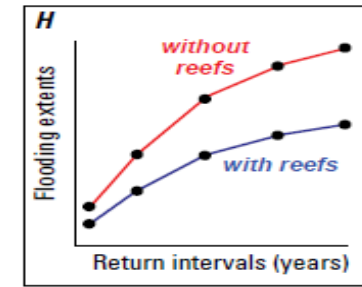
100-m reef profiles



Storm intensity

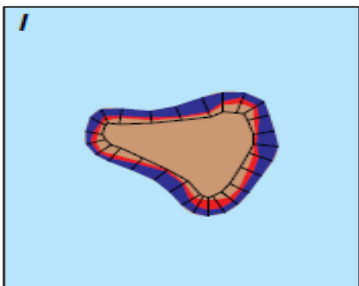


Effects of the reef

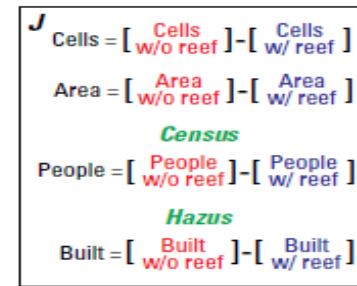


Flood frequency

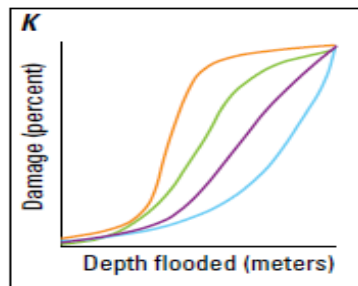
## CONSEQUENCES: Assessing impact and benefits



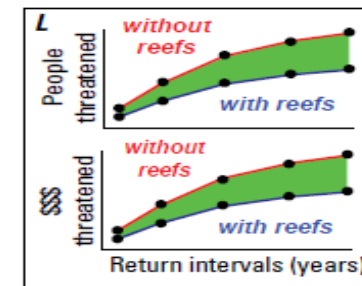
Map flood zones



Assess exposure



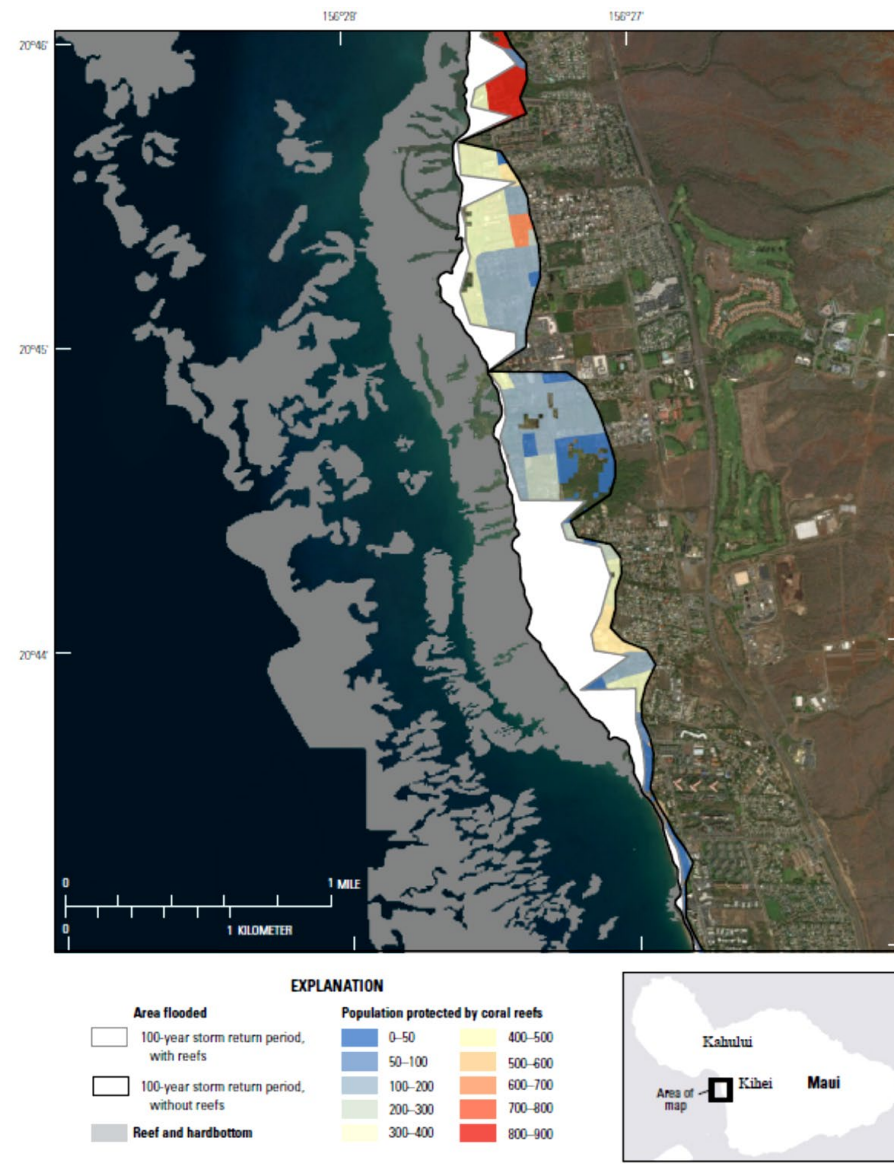
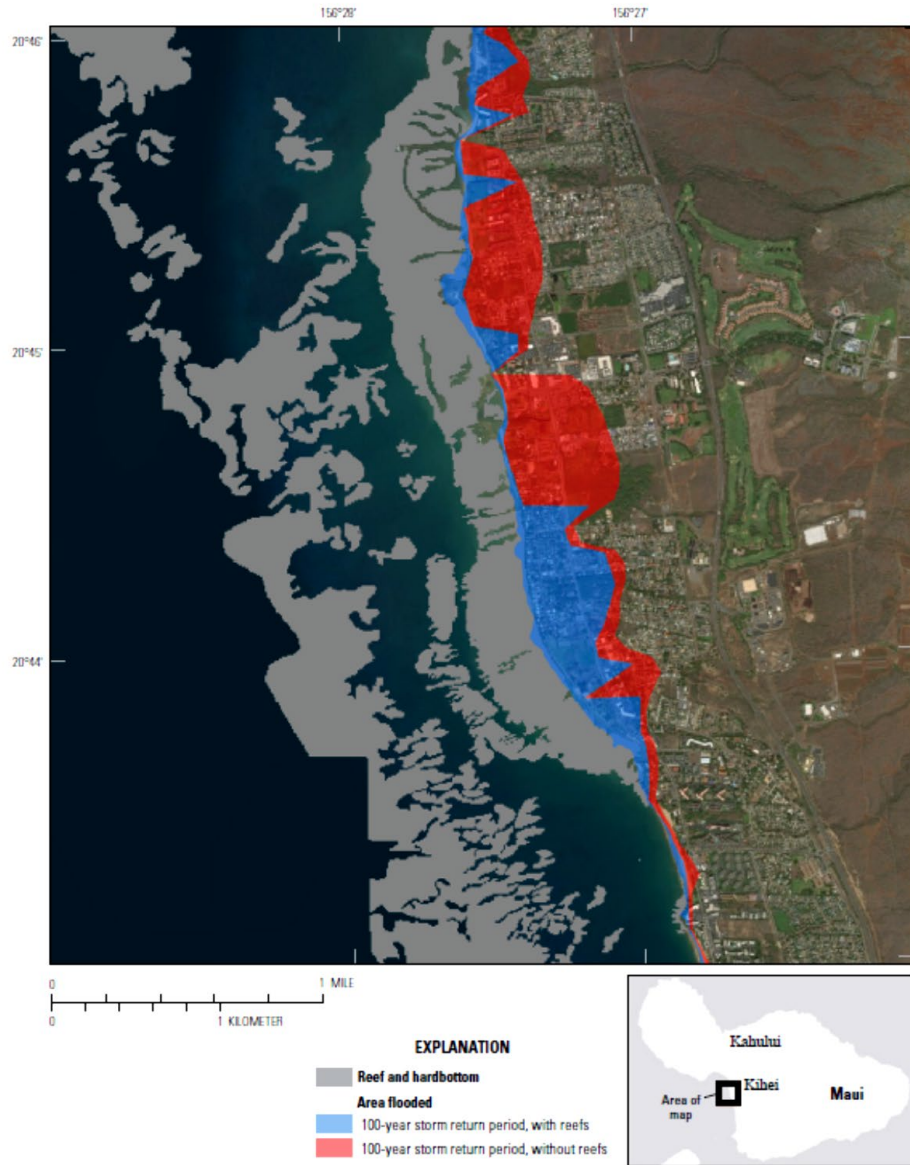
Economic damage



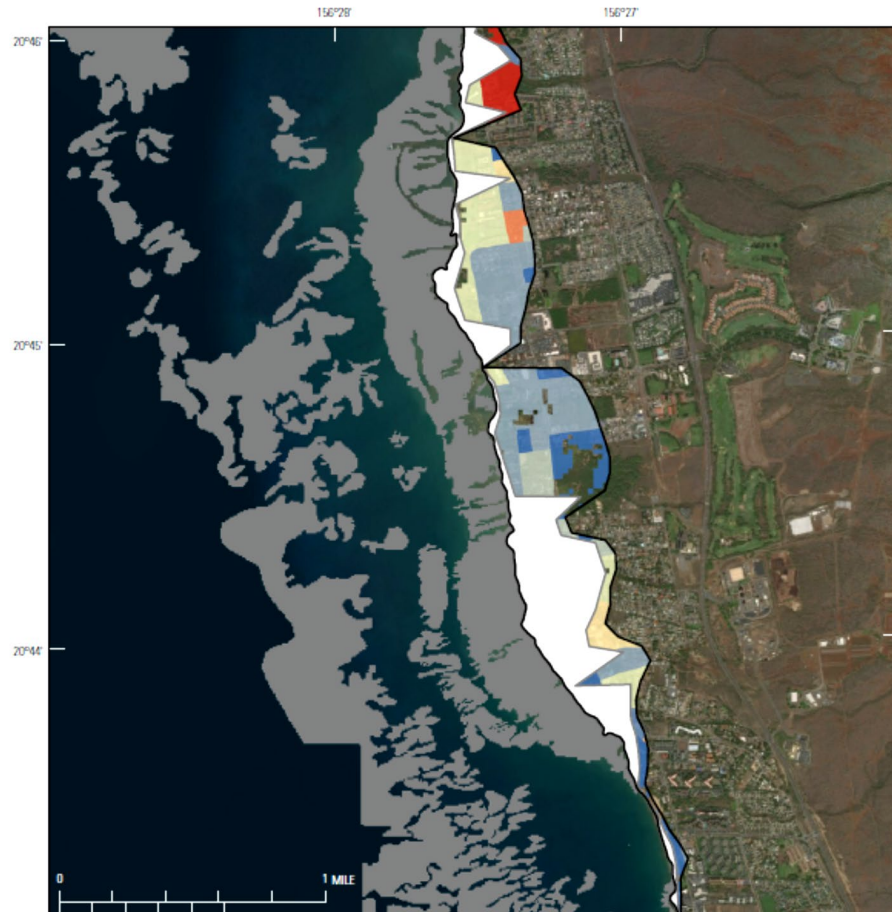
Assess risk reduction benefits



# Protección Costera por parte de Arrecifes de Coral – Maui, Hawái

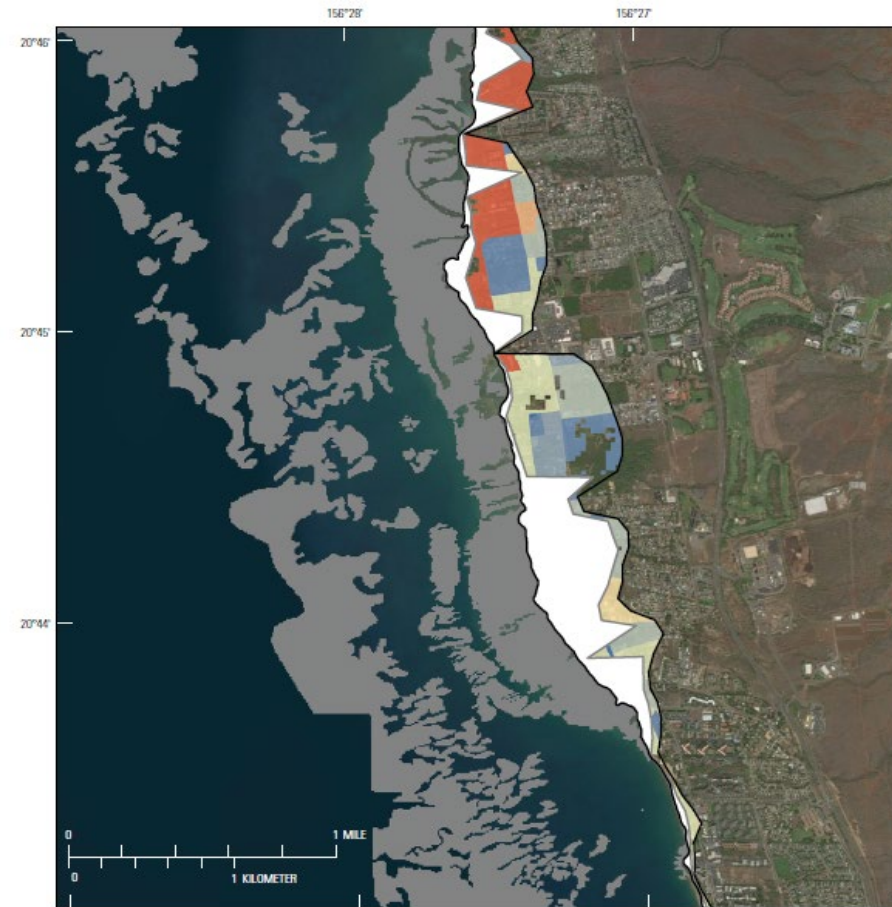
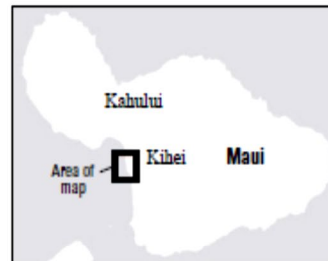


# Protección Costera por parte de Arrecifes de Coral – Maui, Hawái



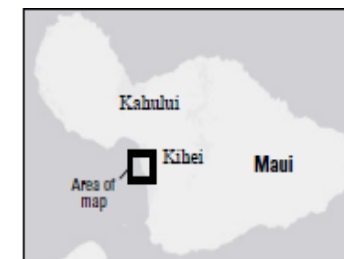
## EXPLANATION

Area flooded		Population protected by coral reefs			
	100-year storm return period, with reefs		0-50		400-500
	100-year storm return period, without reefs		50-100		500-600
	Reef and hardbottom		100-200		600-700
			200-300		700-800
			300-400		800-900



## EXPLANATION

Area flooded		Total infrastructure exposure (* \$1,000)			
	100-year storm return period, with reefs		0-1		30-40
	100-year storm return period, without reefs		1-5		40-60
	Reef and hardbottom		5-10		60-80
			10-20		80-100
			20-30		100-165

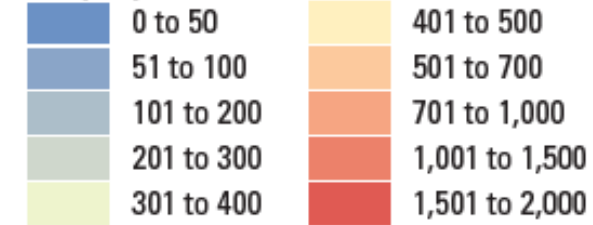


# Protección Costera por parte de Arrecifes de Coral – Puerto Rico y Florida

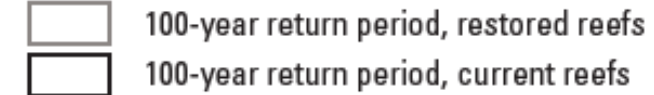


## EXPLANATION

### People protected by reef restoration



### Flooded area



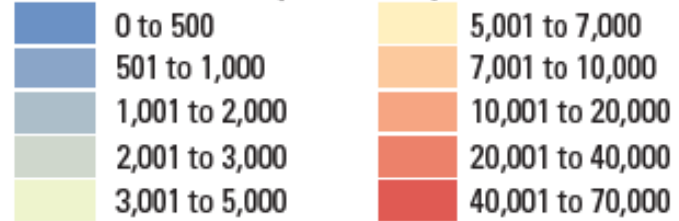
### Coral reef and hardbottom



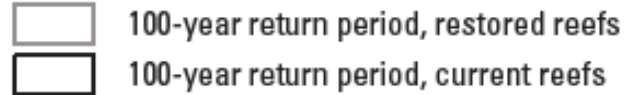
### Restoration line



### Total infrastructure protected by reef restoration



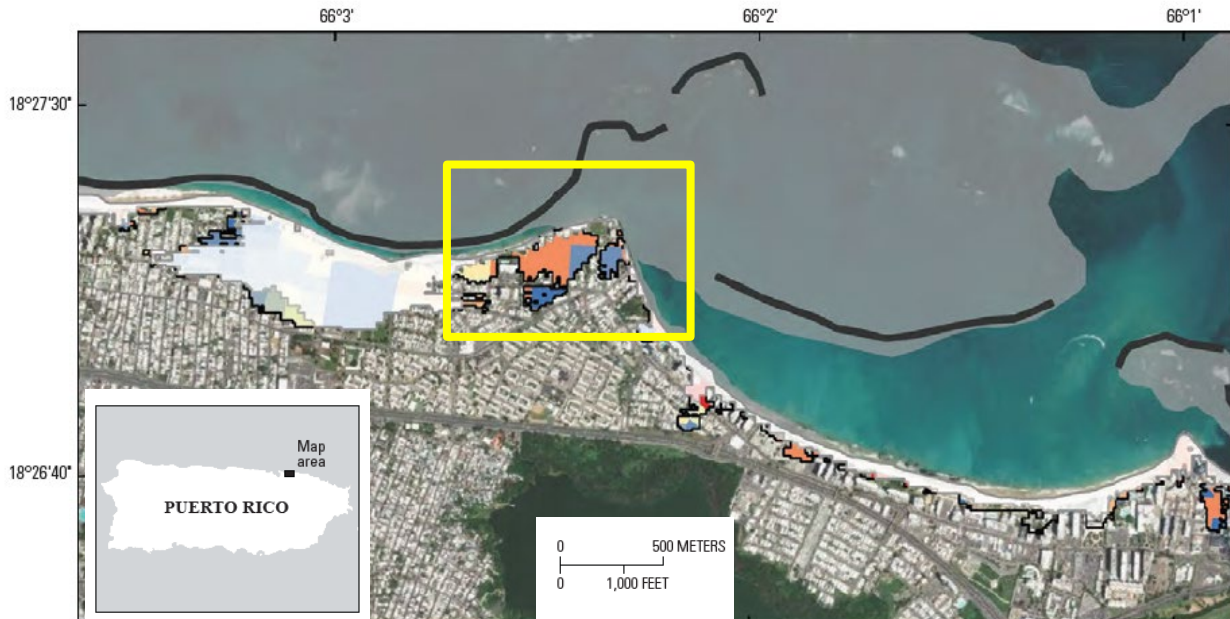
### Flooded area



### Coral reef and hardbottom



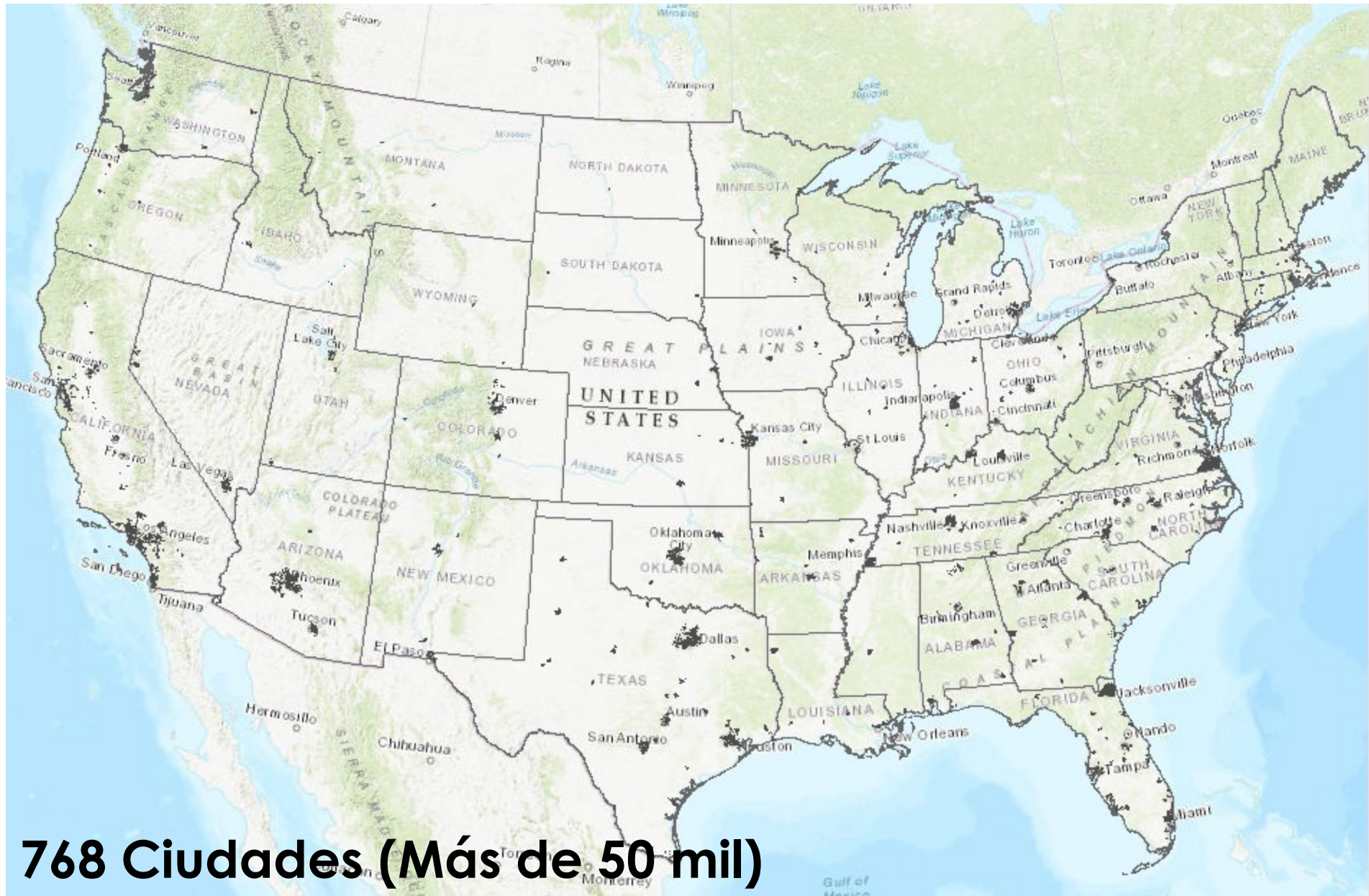
### Restoration line





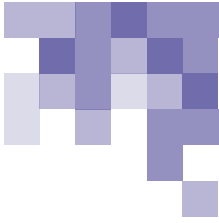
Presentador Invitado: Mehdi Heris (Hunter College,  
Universidad de la Ciudad de Nueva York)





# 768 Ciudades (Más de 50 mil)

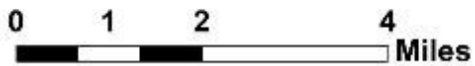




**Legend**

**Tree Coverage**

**% of Cells (30mX30m)**



# Servicios Ecosistémicos de los Árboles Urbanos

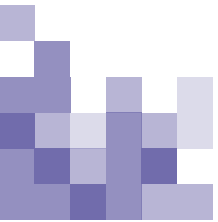
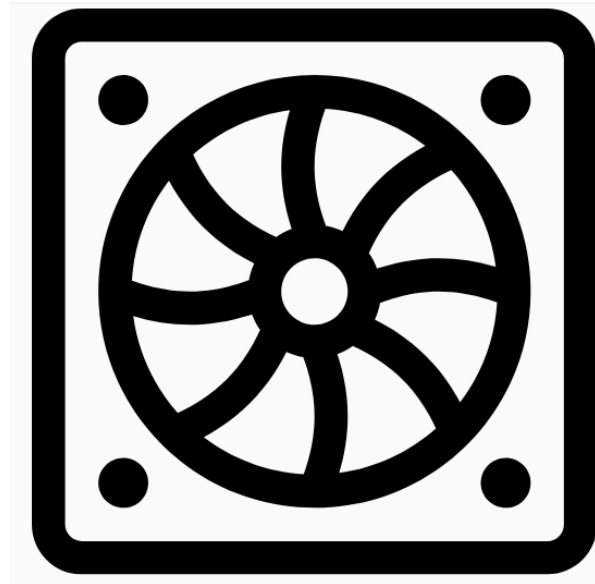
- Trataremos la valoración de la:
  - Mitigación del calor urbano
  - Reducción de aguas pluviales a través de la interceptación de la lluvia
- Otros Servicios:
  - Regulación de la calidad del aire
  - Biodiversidad
  - Hábitat
  - Valor estético traducido en valor de la tierra
  - Impacto positivo sobre el medioambiente y la salud mental





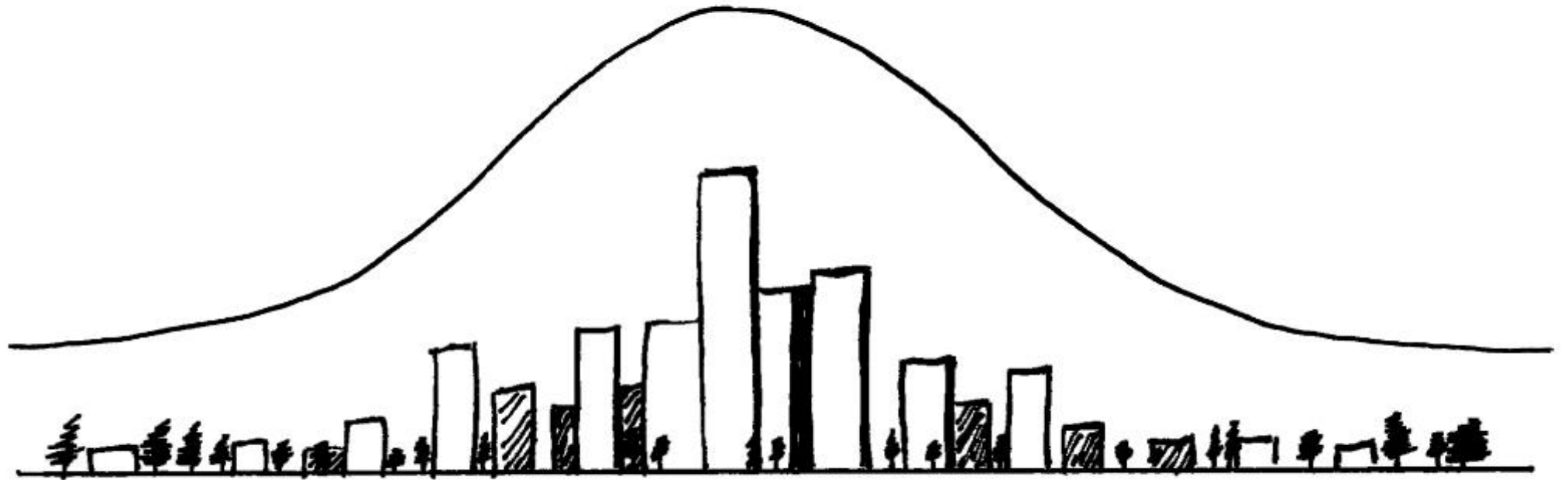
# Mitigación del Calor

## Ahorro de Energía para Refrescar



# ¿Qué es una Isla de Calor Urbana?

TEMPERATURE



# Infraestructura de Datos de Mitigación del Calor

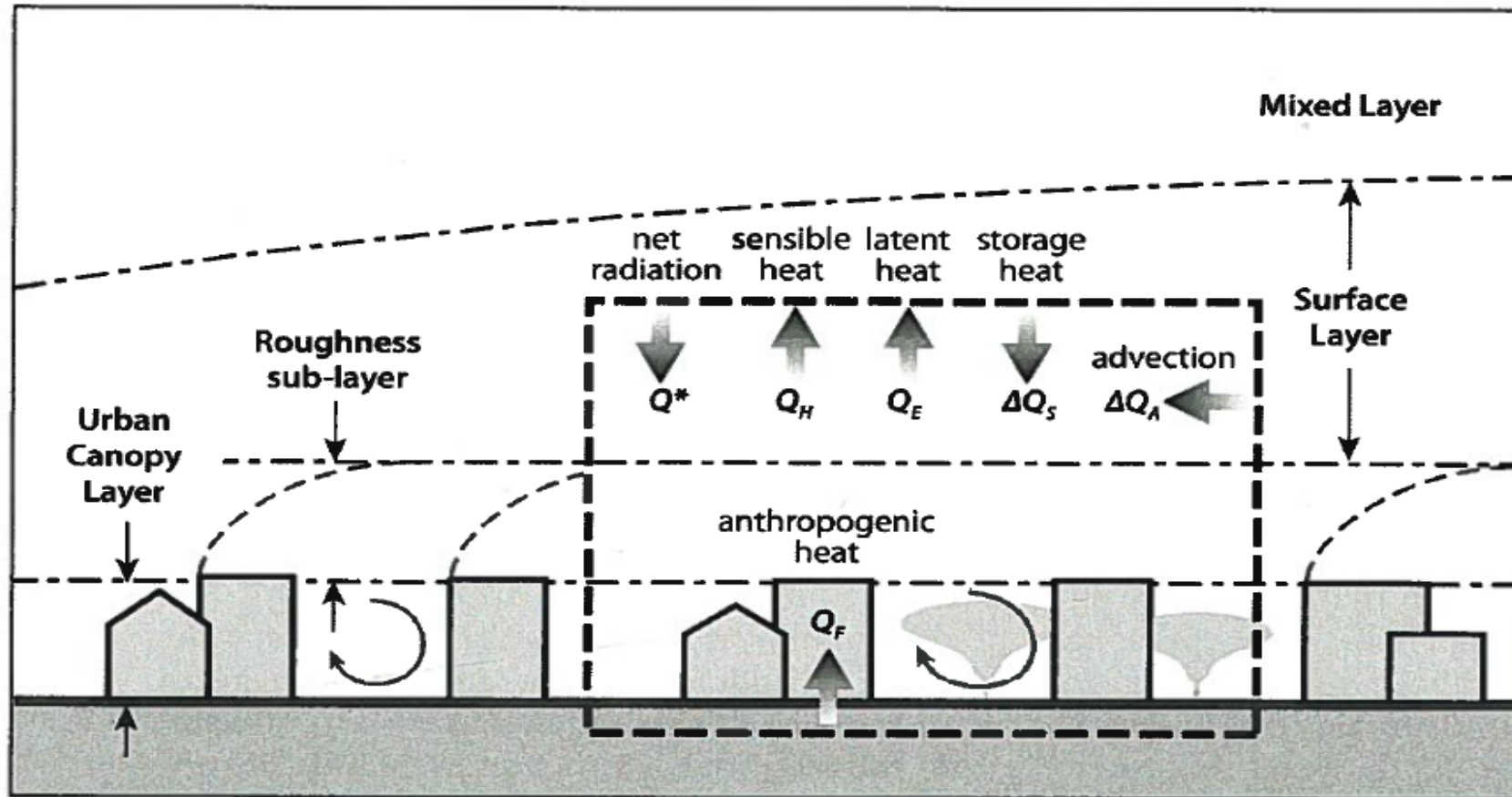
1. Temperatura de la Superficie
2. DoseL de Árboles NLCD\*
3. Cobertura Terrestre NLCD\*
4. Datos de Estaciones Meteorológicas
5. Datos de la Huella de Construcción
6. Datos del Uso de Energía por parte de los Edificios

\*Siglas de “National Land Cover Database”, Base de Datos Nacional de la Cobertura Terrestre, en inglés



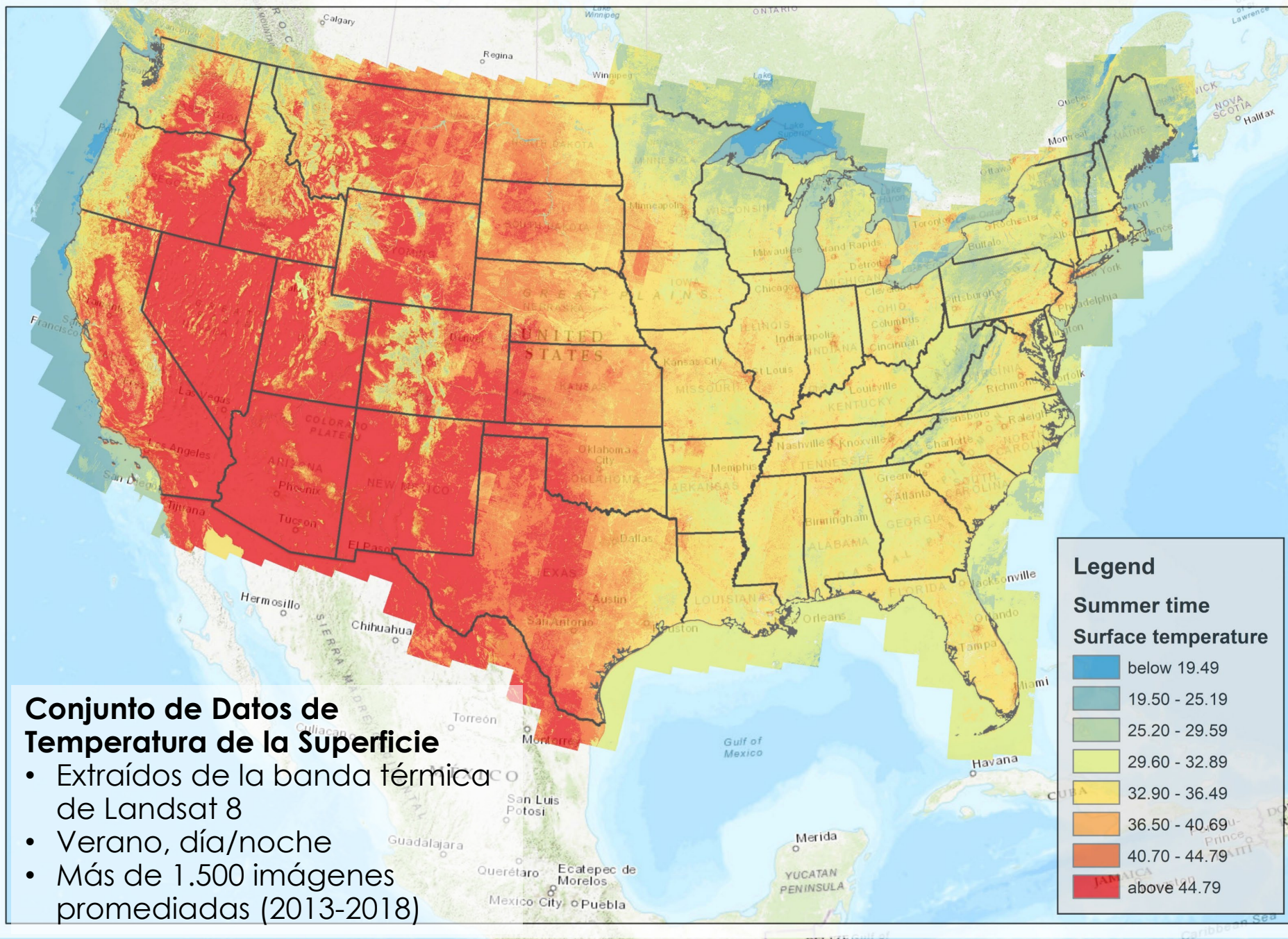
# Balance Energético Urbano

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S + \Delta Q_A$$

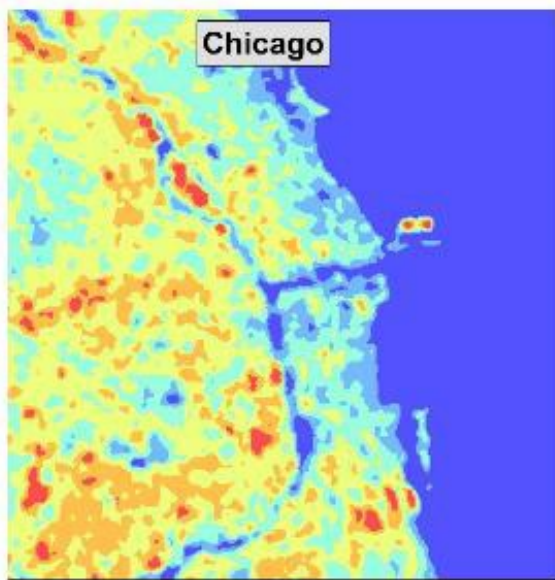


Erell, E., Pearlmutter, D., & Williamson, T. (2012). *Urban microclimate: designing the spaces between buildings*. Routledge.





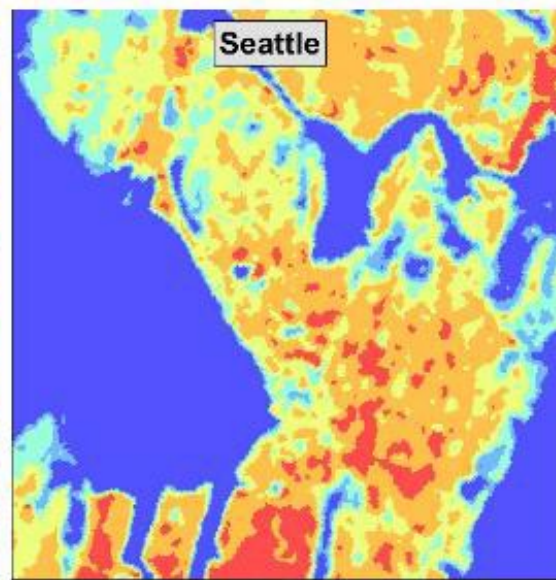




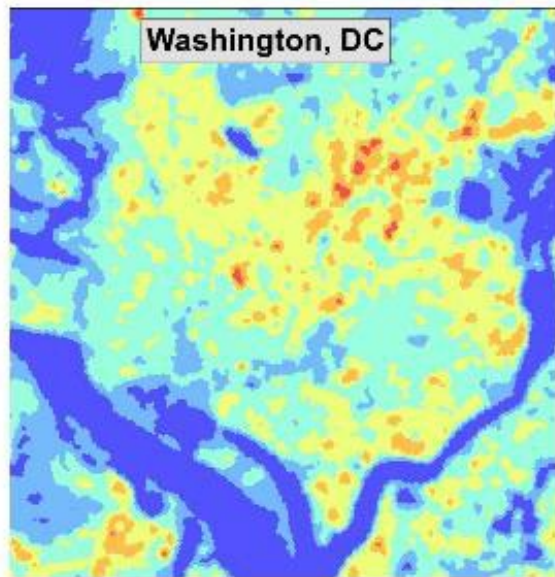
Chicago



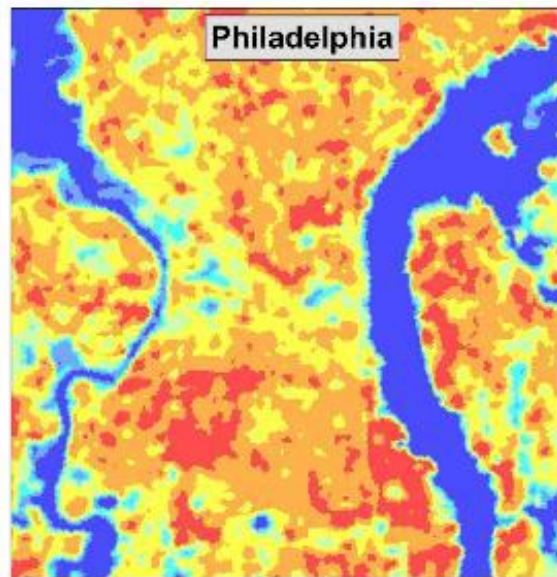
New York



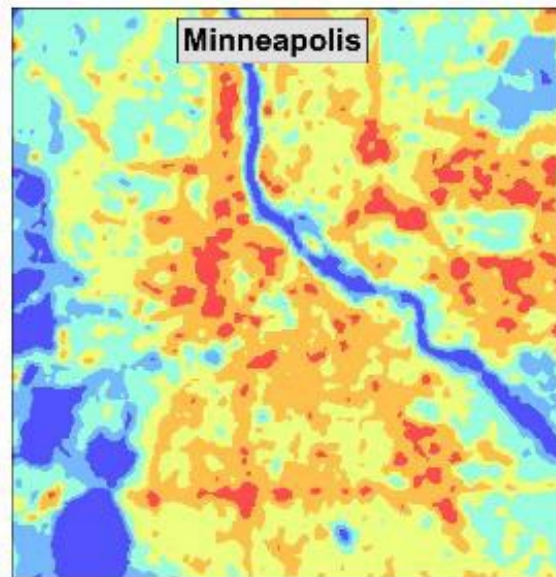
Seattle



Washington, DC



Philadelphia

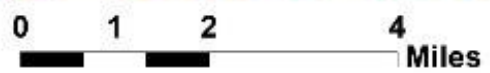
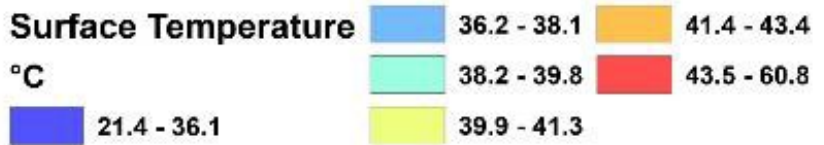


Minneapolis

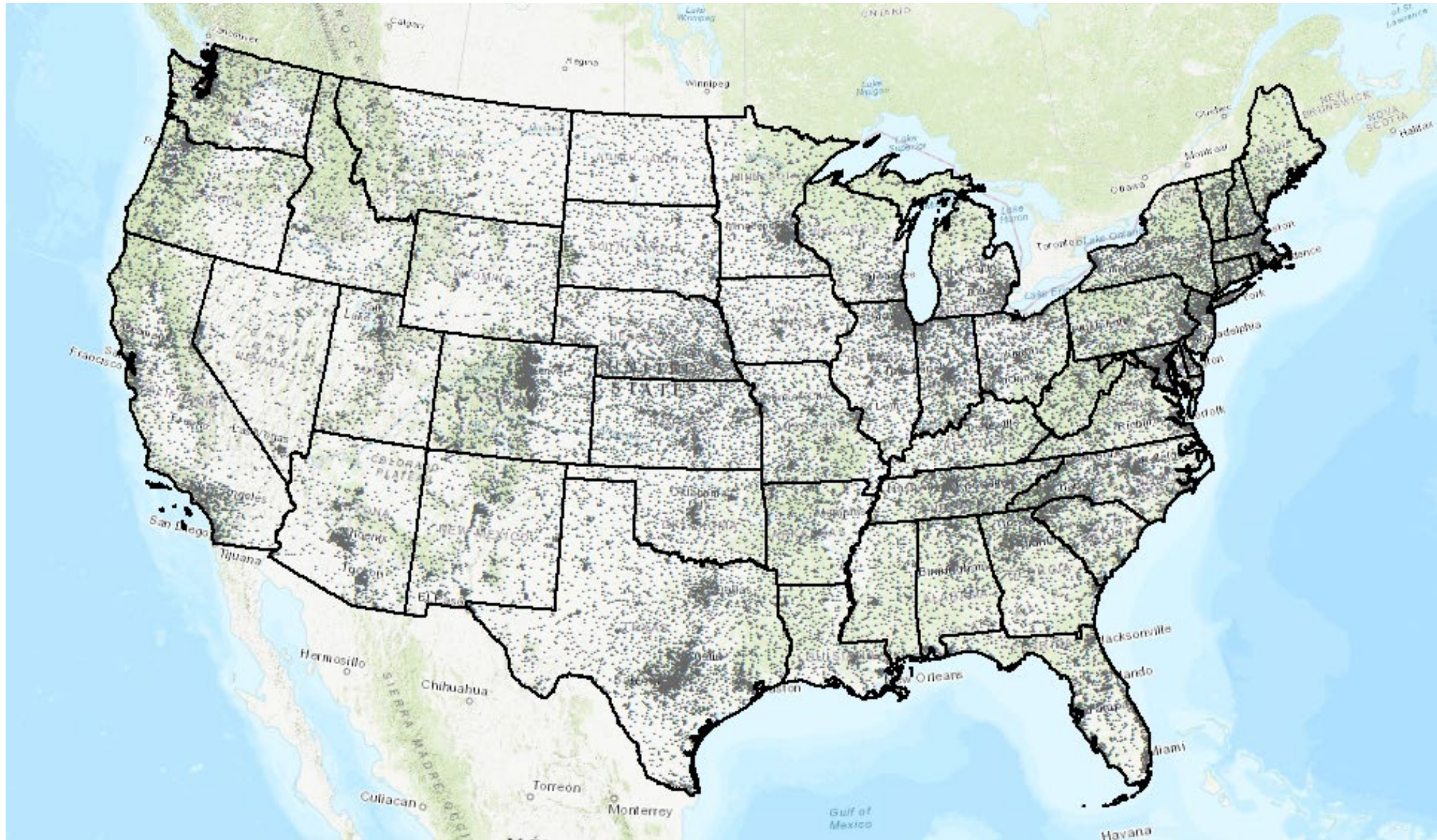
**Legend**

**Surface Temperature**

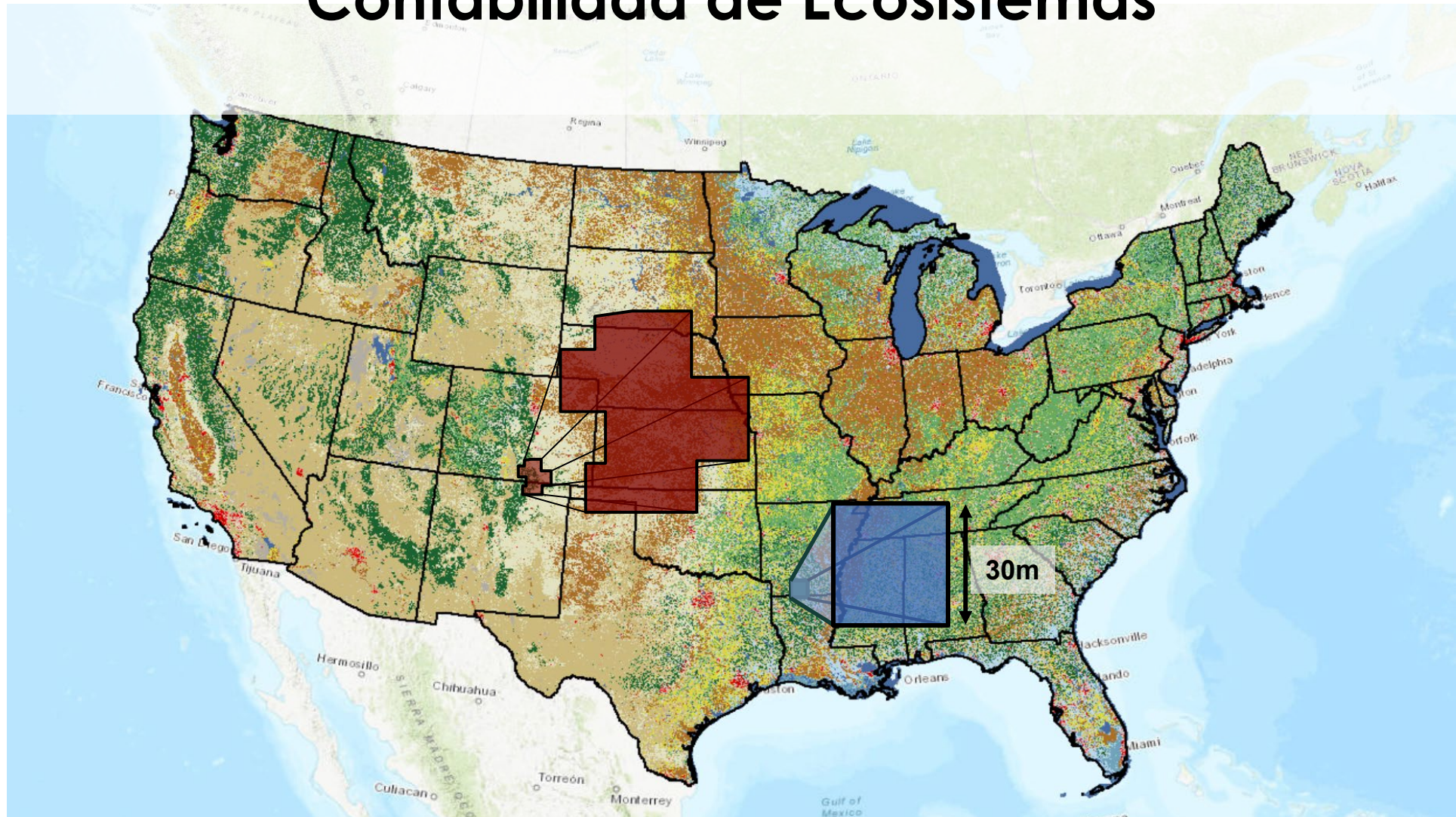
°C



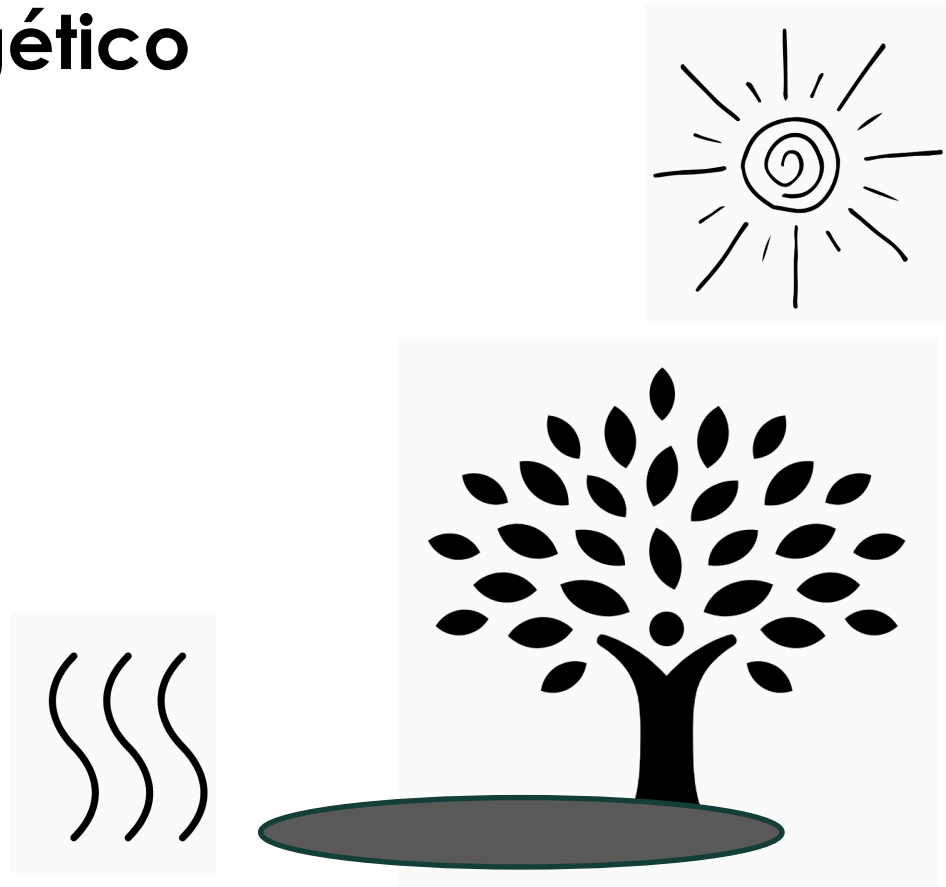
# 56 Mil Estaciones Meteorológicas



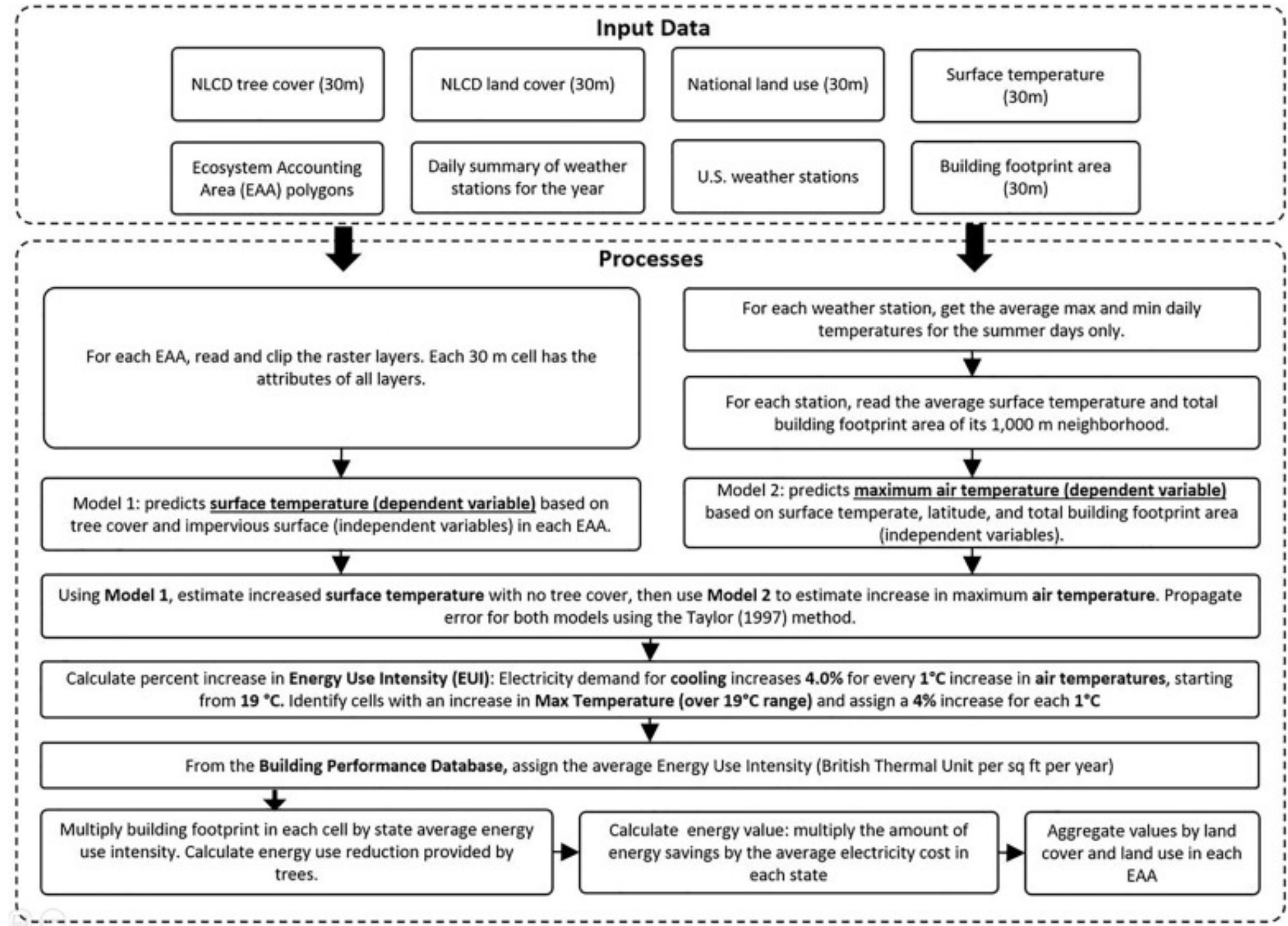
# Unidad de Datos Espaciales vs. Área de Contabilidad de Ecosistemas



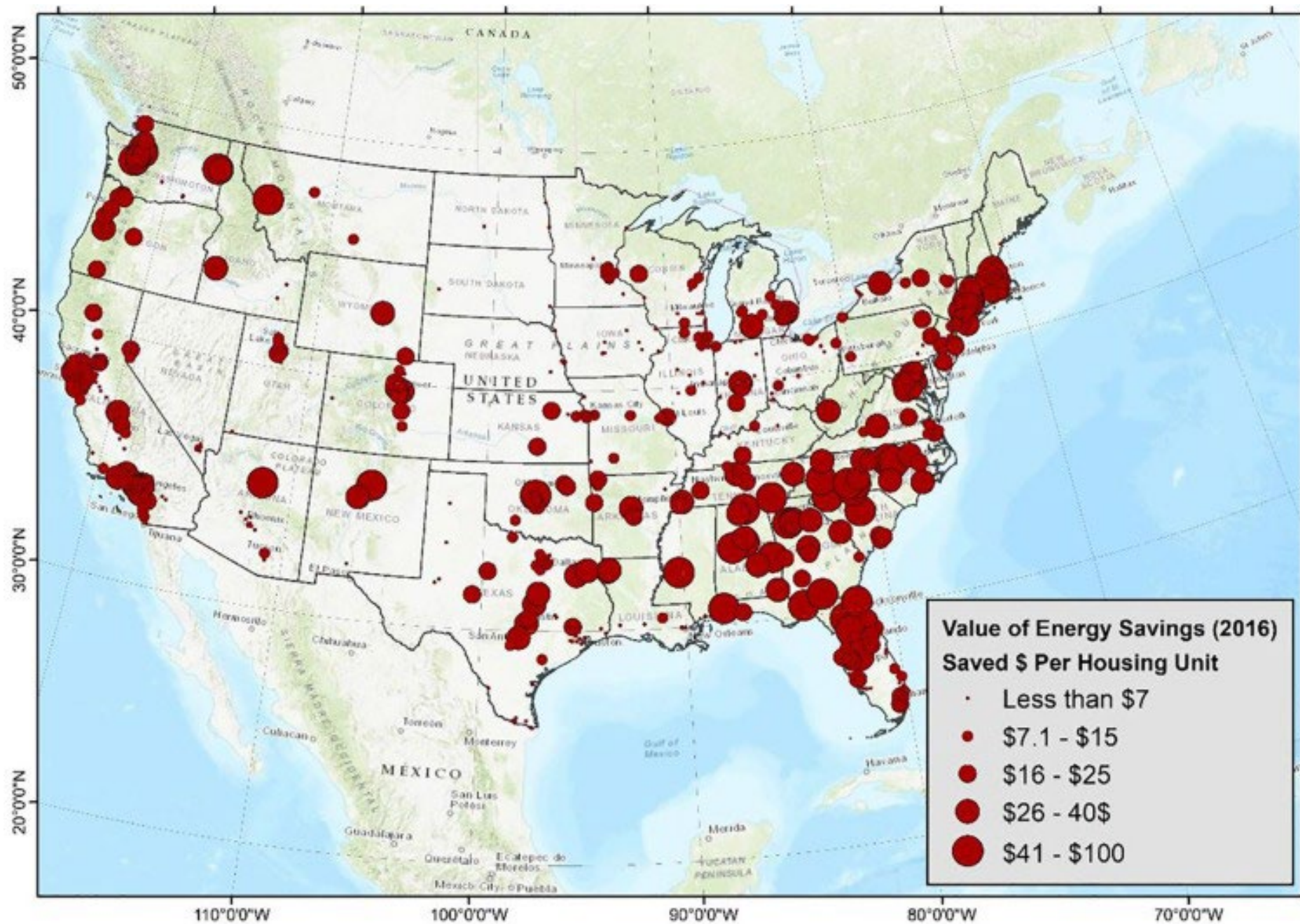
# Conceptualización del Papel de los Árboles en el Balance Energético



# El Modelo de la Mitigación del Calor



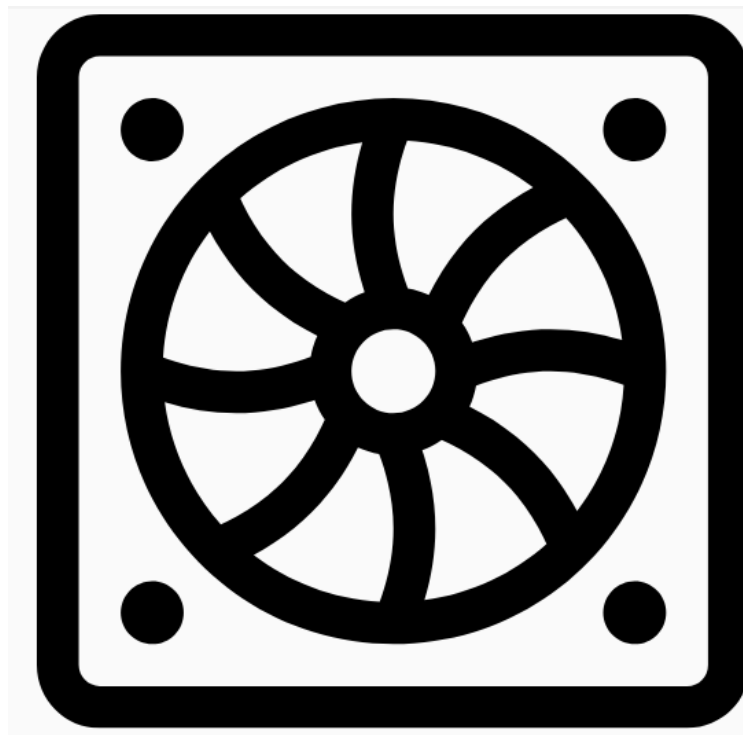
# Resultados




# Resultados

En 2011:  
4.098 GWh valorizados  
en **\$523 millones**

en 2016:  
4.229 GWh valorizados  
en **\$539 millones**





**Modelación de la  
Intercepción de  
la Lluvia**



# Infraestructura de Datos de Intercepción de la Lluvia

1. Dosel de árboles NLCD\*
2. Cobertura terrestre NLCD\*
3. Estaciones meteorológicas
4. Estacionalidad de MODIS



\*Siglas de “National Land Cover Database”, Base de Datos Nacional de la Cobertura Terrestre, en inglés



# What is leaf area index (LAI)?

Leaf area index (LAI) quantifies the amount of leaf material in a canopy. By definition, it is the ratio of one-sided leaf area per unit ground area. LAI is unitless because it is a ratio of areas. For example, a canopy with an LAI of 1 has a 1:1 ratio of leaf area to ground area (Figure 1a). A canopy with an leaf area index of 3 would have a 3:1 ratio of leaf area to ground area (Figure 1b).

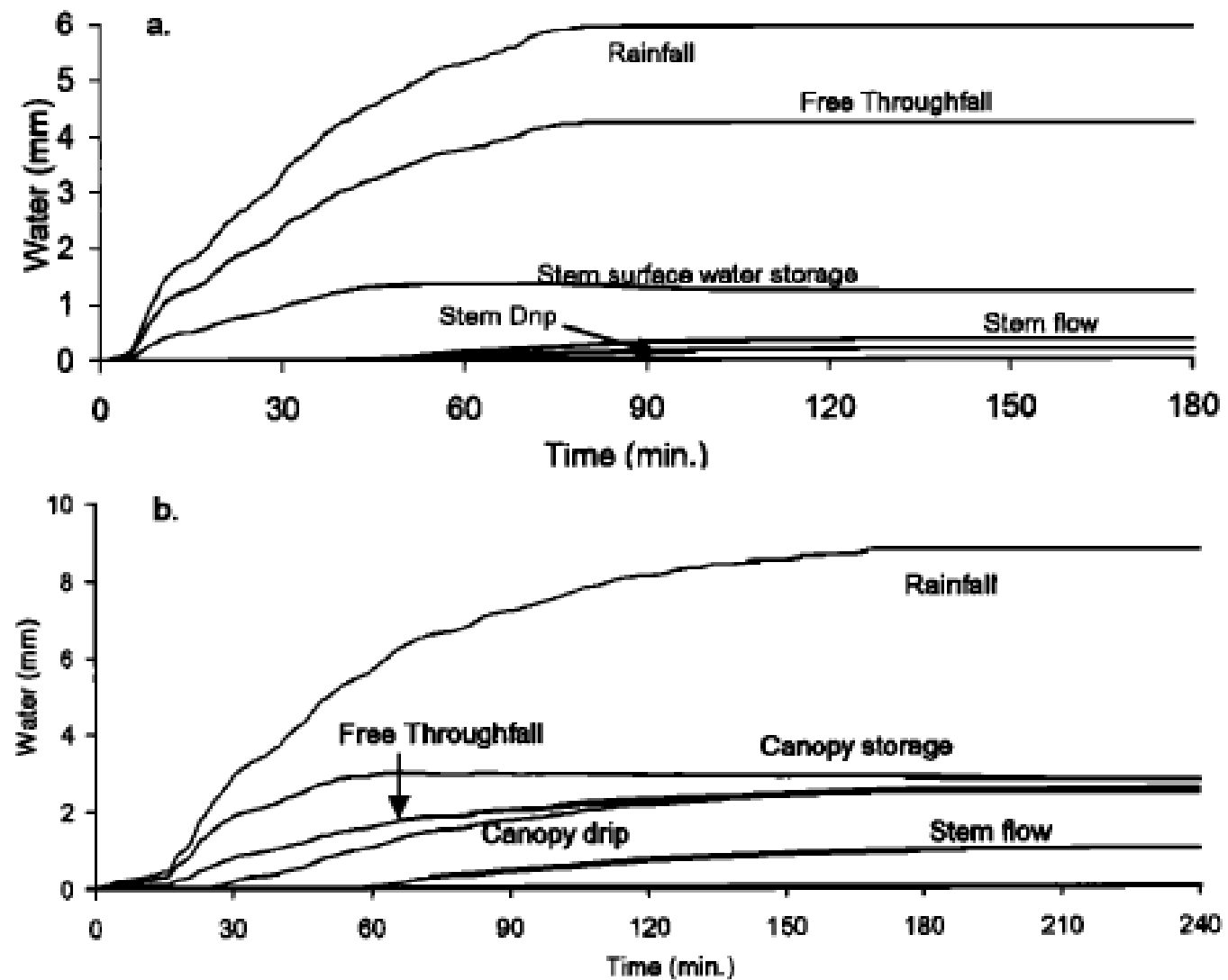


GROUND AREA =  $1\text{m}^2$   
LEAF AREA =  $1\text{m}^2$   
LAI = LEAF AREA:GROUND AREA = 1:1 = 1



GROUND AREA =  $1\text{m}^2$   
LEAF AREA =  $3\text{m}^2$   
LAI = LEAF AREA:GROUND AREA = 3:1 = 3

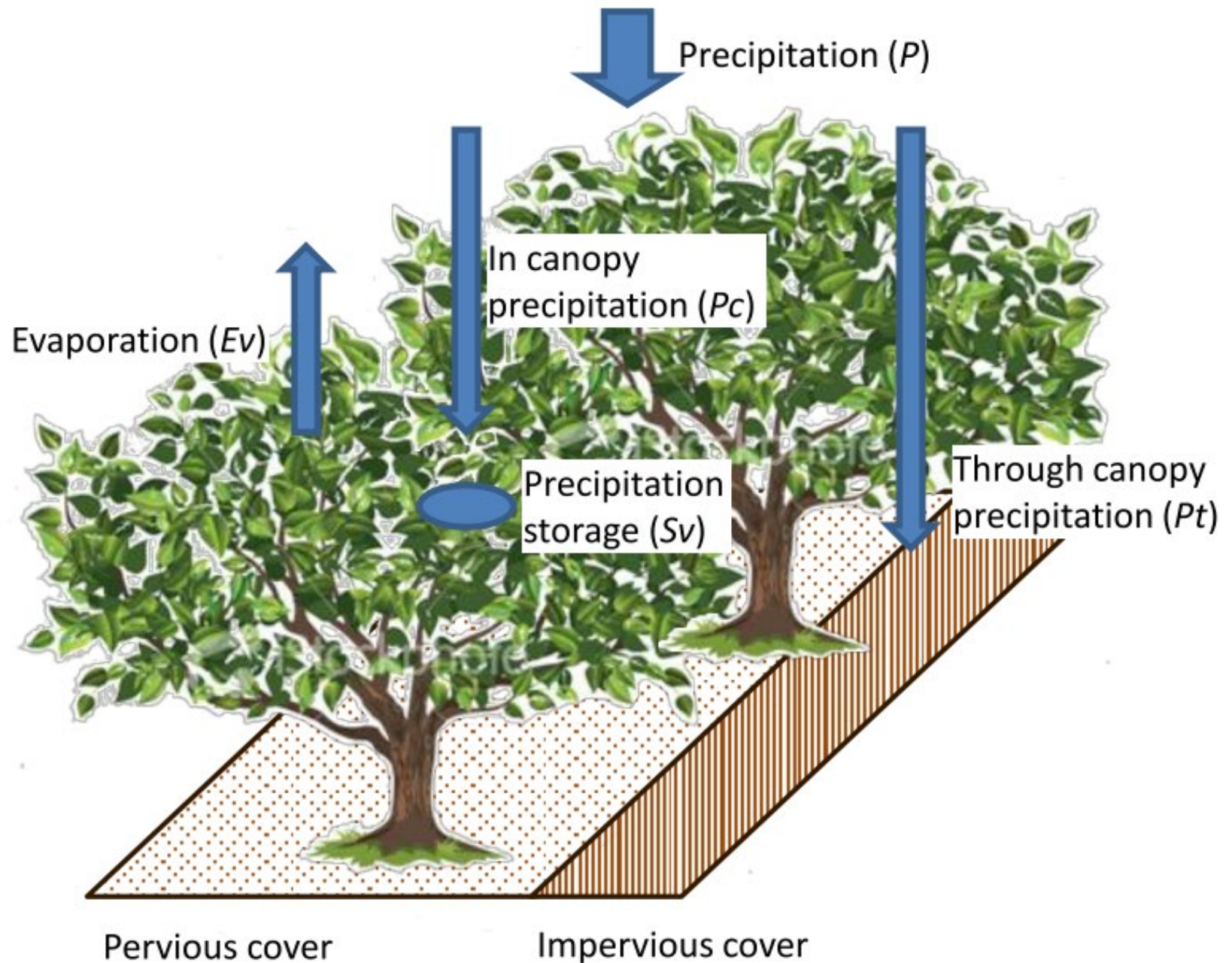
# Presentando los Componentes del Modelo

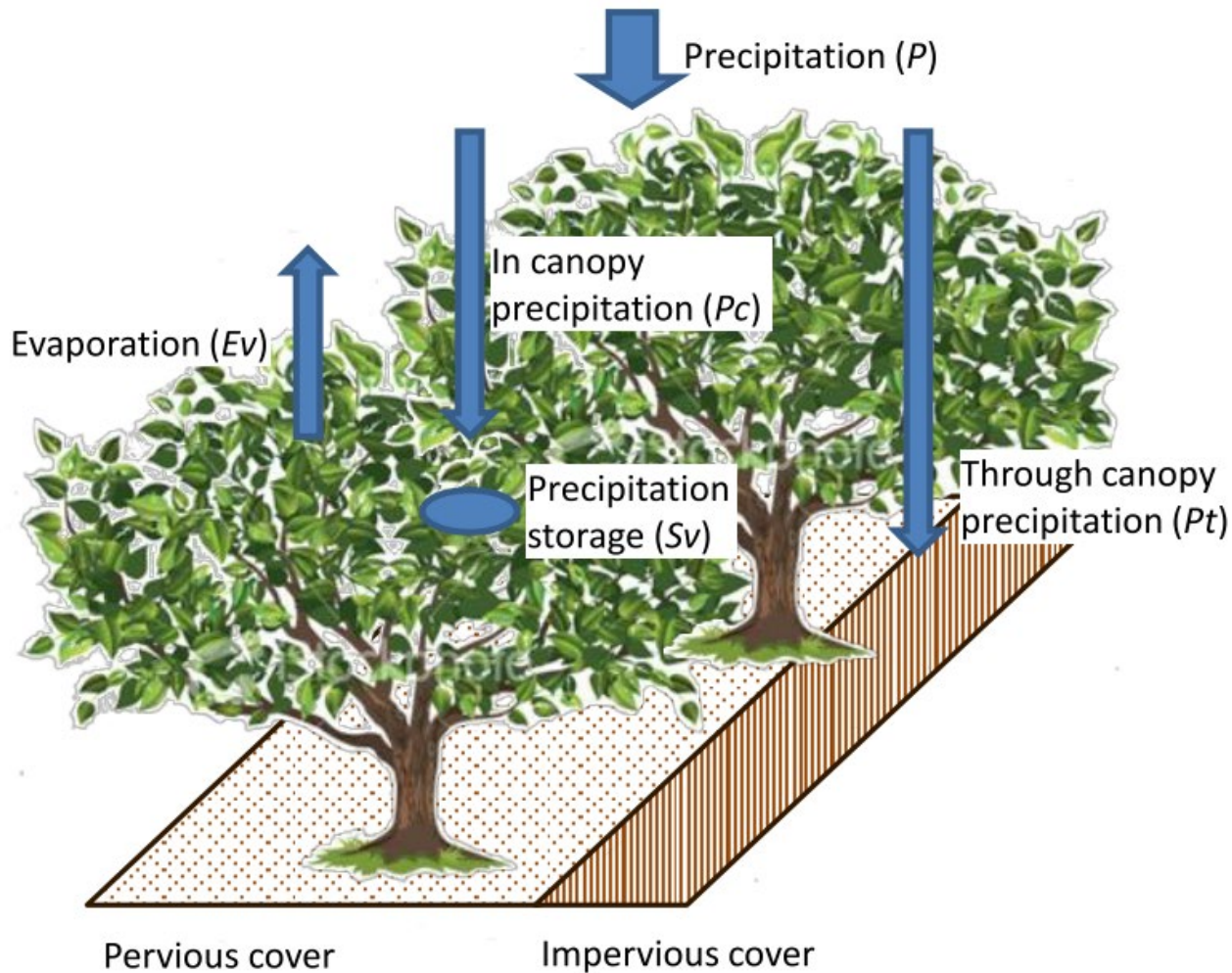


**Figure 8.** Rainfall interception processes. (a) Rainfall interception on the pear tree started at 0000:00, January 4, 1998, and it lasted about 3 hours. (b) Rainfall interception on the oak tree started at 0052:00, February 4, 1997, and it lasted about 80 min.

Xiao, Q., McPherson, E. G., Ustin, S. L. y Grismer, M. E. (2000). A new approach to modeling tree rainfall interception. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 105(D23), 29173-29188.

# Términos Clave





$$Sv_{max} = S_L LAI$$

$S_L$  es el almacenamiento específico de agua en las hojas (=0,0002 m).

$$P_c = P - P_t$$

$$P_t = P * (1 - c)$$

$$C = 1 - e^{-k * LAI}$$

$k$  es un coeficiente de extinción (=0,7 para árboles y 0,3 para arbustos)

# Modelo de Interceptación de la Lluvia

## Datos de Insumo

Polígonos Ecosystem Accounting Area (EAA)

Lista de estaciones y sus coordenadas

MODIS de principio y fin de época del año (500m)

Datos de estaciones meteorológicas

Cobertura de árboles NLCD (30m)

LAI de Copernicus para el momento de aparición y pérdida de hojas (330m)

## Procesos

A través de un ciclo, obtenga el límite de un EAA.

Encuentre las estaciones meteorológicas dentro de esta EAA; Si no existe, amplíe el radio de búsqueda a 4,8 km.

Asignar fechas de aparición y pérdida de hojas a cada estación.

Para cada estación, obtener todos los eventos de lluvia diarios con etiqueta de con/sin hojas

Para cada celda, obtener la superficie de la cobertura arbórea.

Para cada celda, obtener los valores LAI para aparición y pérdida de hojas.

Para cada celda, calcular la capacidad máxima de almacenamiento usando cobertura arbórea y LAI.

Utilice la función de multiplicación de matrices para multiplicar el vector de eventos de lluvia con la matriz de cobertura arbórea aplanada para calcular la interceptación de cada evento y celda; Sumar interceptación para todos los eventos.

Para las ciudades con OSC, valore la interceptación de lluvia para las plantas de tratamiento de aguas residuales multiplicando la interceptación por 25,5% (porcentaje de interceptación sobre superficie impermeable) y valorando la lluvia interceptada en \$ 2,58 por m<sup>3</sup>.

Agregar los valores a nivel de celda basado en la cobertura terrestre en cada EAA.

# Resultados

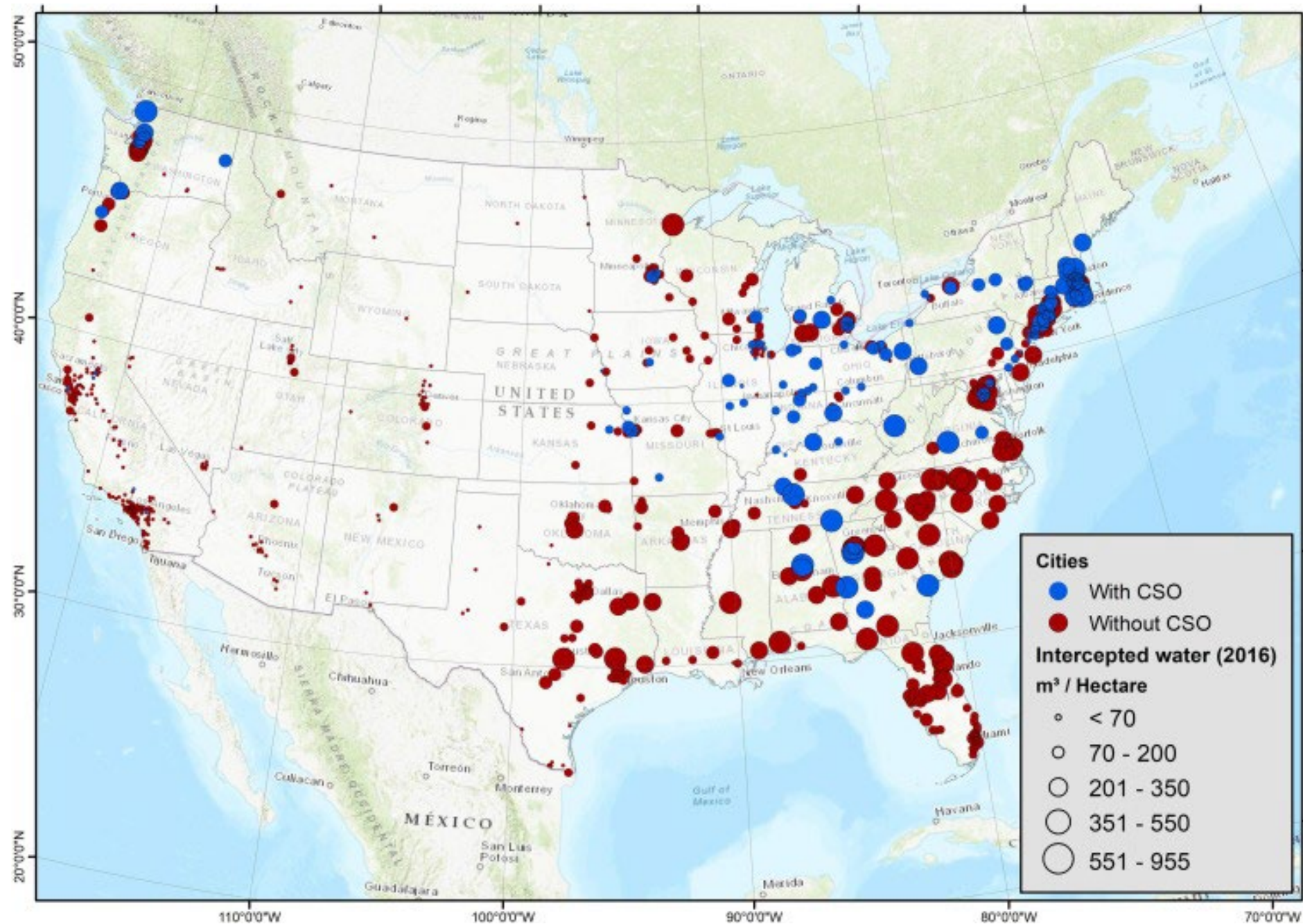


En 2011:  
2.422 millones de m<sup>3</sup>, valorados en **\$434 millones**

En 2016:  
2.627 millones de m<sup>3</sup> valorados en **\$425 millones**



# Resultados





City	Population	Average Cooling Energy Use (KBTU)	Electricity Cost (\$/KWh)	Energy Savings (million \$)						Rainfall Interception (m <sup>3</sup> * 10 <sup>6</sup> )							
				2011			2016			2011				2016			
				Lower CI (95%)	Mean	Upper CI (95%)	Lower CI (95%)	Mean	Upper CI (95%)	Copernicus LAI	I-Tree LAI Average	I-Tree +10%	Total Canopy Rain	Copernicus LAI	I-Tree LAI Average	I-Tree +10%	Total Canopy Rain
New York, NY*	8,175,133	17	0.18	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	5.0	11.0	12.0	268.5	5.2	11.4	12.4	179.0
Los Angeles, CA	3,792,621	14	0.20	14.4	16.5	18.6	14.5	16.6	18.7	1.4	4.8	5.2	79.4	1.0	3.5	3.8	65.4
Chicago, IL*	2,695,598	15	0.13	2.3	2.4	2.5	2.3	2.4	2.5	1.3	4.3	4.6	68.2	1.2	3.9	4.3	63.3
Houston, TX	2,099,451	21	0.12	1.7	2.0	2.4	1.5	1.9	2.2	13.2	30.8	33.6	754.1	18.6	42.1	46.1	1,673.7
Philadelphia, PA*	1,526,006	27	0.14	1.0	1.0	1.1	1.0	1.1	1.1	3.5	6.3	6.9	150.5	3.0	5.8	6.3	94.7
Phoenix, AZ	1,445,632	30	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
San Antonio, TX	1,327,407	21	0.12	5.3	5.9	6.6	5.4	6.0	6.7	7.2	20.5	22.3	415.5	13.4	39.1	42.7	1,258.7
San Diego, CA	1,307,402	14	0.20	4.4	5.1	5.7	4.5	5.2	5.9	0.6	2.3	2.5	27.9	0.5	2.1	2.2	26.3
Dallas, TX	1,197,816	21	0.12	3.9	4.2	4.6	3.9	4.3	4.7	5.3	19.1	20.8	468.8	9.0	30.5	33.4	825.9
San Jose, CA	945,942	14	0.20	1.8	2.0	2.3	1.8	2.1	2.3	0.6	1.9	2.0	22.0	0.5	1.6	1.7	27.8
Jacksonville, FL	821,784	22	0.12	12.3	14.0	15.8	13.1	15.1	17.1	127.4	199.9	218.4	5,429.6	132.3	204.7	223.8	5,668.9
Indianapolis, IN*	820,445	23	0.12	5.7	6.2	6.6	5.8	6.2	6.7	13.8	25.8	28.1	468.3	12.0	21.3	23.2	431.6
San Francisco, CA*	805,235	14	0.20	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	5.3	0.2	0.4	0.4	8.1
Austin, TX	790,390	21	0.12	9.1	10.5	11.9	9.2	10.6	12.0	10.1	29.0	31.4	425.6	18.3	54.8	59.7	1,549.9
Columbus, OH*	787,033	20	0.12	2.1	2.3	2.5	2.1	2.3	2.4	6.3	13.2	14.4	233.0	5.2	10.7	11.7	152.3
Fort Worth, TX	741,206	21	0.12	2.0	2.3	2.5	2.1	2.3	2.5	2.6	9.8	10.7	217.7	3.3	12.5	13.6	309.8
Charlotte, NC	731,424	31	0.12	12.9	14.6	16.3	13.6	15.5	17.4	21.2	50.1	54.8	1,060.8	20.5	47.0	51.3	965.1
Detroit, MI*	713,777	14	0.15	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9	1.7	4.6	5.0	71.9	1.6	4.2	4.5	51.1
Memphis, TN	646,889	33	0.11	4.9	5.3	5.7	5.0	5.4	5.9	19.7	39.4	43.1	1,025.8	20.2	38.9	42.6	980.8
Baltimore, MD*	620,961	20	0.13	1.1	1.3	1.4	1.2	1.3	1.4	2.4	4.8	5.3	101.8	1.8	3.9	4.2	59.6
Boston, MA*	617,594	16	0.23	1.5	1.6	1.8	1.6	1.8	2.0	1.4	3.1	3.4	51.4	1.2	2.9	3.2	35.8
Seattle, WA*	608,660	30	0.09	1.8	2.0	2.3	2.3	2.7	3.1	2.4	6.9	7.5	64.0	2.2	6.5	7.1	78.5
Washington, DC*	601,723	9	0.13	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	1.8	3.8	4.1	59.8	1.7	3.6	3.9	47.2
Nashville, TN*	601,222	33	0.11	6.4	7.3	8.1	6.4	7.4	8.3	79.8	118.8	129.5	2,832.2	80.3	114.0	124.5	2,632.5
Denver, CO	600,158	16	0.12	3.5	5.1	6.6	3.5	5.0	6.5	0.4	1.4	1.6	14.6	0.4	1.3	1.4	13.4
Louisville, KY*	597,337	28	0.10	2.7	3.0	3.2	2.8	3.0	3.3	31.1	47.9	52.4	1,148.3	29.6	44.5	48.6	864.4
Milwaukee, WI*	594,833	14	0.14	1.4	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	1.4	4.4	4.8	55.8	1.7	5.1	5.6	64.8
Portland, OR*	583,776	19	0.11	4.0	5.3	6.6	4.1	5.4	6.8	8.9	16.8	18.3	182.3	8.8	17.1	18.7	262.0
Las Vegas, NV	583,756	25	0.12	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
Oklahoma City, OK	579,999	34	0.10	4.7	5.2	5.8	4.8	5.3	5.8	15.3	36.2	39.4	820.3	19.4	45.0	49.1	899.9
Albuquerque, NM	545,852	17	0.13	4.0	8.2	12.5	4.0	8.2	12.5	0.1	0.8	0.8	6.4	0.2	1.1	1.1	8.9

# Creación de la Tabla de Suministro

Ecosystem Accounting Area	Service Type	year	Ecosystem types (Land cover)															
			Open Water	Developed - Open	Developed - Low	Developed - Medium	Developed - High	Barren	Deciduous Forest	Evergreen Forest	Mixed Forest	Scrub/shrub	Grassland/Herbaceous	Pasture/Hay	Cultivated Crops	Woody Wetlands	Emergent Herbaceous Wetlands	Total
All U.S. cities (population>=50,000)	Intercepted water by urban trees (1000m3)	2001	7,647.7	320,911.4	209,883.4	54,797.1	3,327.4	1,199.0	422,914.2	260,253.1	69,532.0	37,858.4	22,132.8	18,067.9	10,728.6	300,915.5	15,339.8	1,755,508.2
		2011	5.5	404,770.9	266,974.4	70,641.5	7,073.8	1,872.6	433,311.9	184,358.4	59,537.3	49,801.8	35,074.9	25,727.2	14,510.1	303,279.8	16,909.7	1,873,849.7
	Energy Savings by urban trees mWh	2001	0.0	686,907.8	1,195,035.5	436,080.9	39,102.9	716.8	193,749.1	134,299.6	36,265.7	25,264.6	14,026.5	12,641.4	16,846.8	32,990.7	1,291.7	2,825,220.1
		2011		967,225.9	1,799,185.3	733,586.3	87,435.7	622.4	117,722.0	70,589.8	19,465.6	20,085.0	14,030.8	8,470.0	2,902.2	13,480.5	1,210.8	3,856,012.2
Colorado	Intercepted water by urban trees (1000m3)	2001	12.3	626.6	1,684.2	258.3	6.7	0.1	134.8	579.8	0.4	184.0	36.1	6.3	12.2	216.9	16.7	3,775.3
		2011	0.0	770.6	2,317.4	665.4	59.2	1.1	131.7	522.5	0.6	350.7	80.2	11.7	22.0	235.6	23.1	5,191.8
	Energy Savings by urban trees mWh	2001		11,578.5	51,036.4	8,749.4	315.5	0.3	442.0	571.3	0.9	532.6	140.0	24.4	83.5	814.1	65.2	74,354.1
		2011		16,970.1	93,034.7	30,284.4	3,441.3	6.4	486.9	628.3	5.0	876.0	216.9	30.0	32.5	720.0	62.6	146,795.0
Denver	Intercepted water by urban trees (1000m3)	2001	2.5	151.7	410.8	53.0	1.9	0.0	0.7	0.5	0.0	0.6	1.8	0.2	1.0	23.7	1.0	649.4
		2011	0.0	174.0	515.8	142.8	19.6	0.1	0.8	0.4	0.1	0.7	3.0	0.1	4.8	23.8	0.8	886.8
	Energy Savings by urban trees mWh	2001	0.0	4,206.0	16,498.0	2,267.8	109.2	0.0	16.4	0.3	0.8	6.2	5.2	0.0	2.3	49.1	2.0	23,163.4
		2011	0.0	6,974.7	30,416.9	8,983.4	1,445.6	0.0	22.6	0.5	4.5	2.9	15.8	0.0	1.2	65.7	3.1	47,936.7
Sensitivity analysis on Denver	Intercepted water by urban trees (1000m3)	2011	32.1	3,156.6	10,063.7	3,172.1	432.4	2.0	7.0	3.8	0.7	3.9	36.9	2.9	37.1	222.5	4.8	17,178.4
	Energy Savings by urban trees mWh	2011	0.0	6,585.6	38,124.8	12,476.1	1,880.9	0.4	14.4	0.3	2.0	3.8	5.7	0.0	3.1	40.9	1.6	59,139.7

# Creación de la Tabla de Usos

Ecosystem Accounting Area	Service Type	Year	Economic units										Households (No NAICS Code)	No NAICS equivalent	Total
			NAICS 11 Livestock	Wastewater treatment 221320	NAICS 31-33 Manufacturing	NAICS 44-45 Retail	NAICS 48-49 Transport warehousing	NAICS 51-56 Offices	NAICS 61 Educational services	NAICS 62 Health care & social assistance	NAICS 71 Entertainment	NAICS 92 Government			
All U.S. cities (population >=50,000)	Intercepted water by urban trees (1000m3)	2001	0.0	1,755,508.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,755,508.2
		2011	0.0	1,873,849.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,873,849.7
	Energy Savings by urban trees MegaWh	2001	325.6	0.0	16,047.8	28,927.2	10,951.7	28,933.7	26,132.7	9,097.3	840.5	8,615.9	2,624,267.5	71,080.1	2,825,220.1
		2011	302.3	0.0	17,722.2	25,660.4	13,799.7	31,539.6	33,475.0	9,472.4	1,421.8	6,816.4	3,639,349.7	76,452.6	3,856,012.2
Colorado	Intercepted water by urban trees (1000m3)	2001	0.0	3,775.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3,775.3
		2011	0.0	5,191.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5,191.8
	Energy Savings by urban trees MegaWh	2001	0.5	0.0	76.5	248.1	98.4	311.0	561.1	166.3	11.8	177.5	71,386.3	1,316.6	74,354.1
		2011	2.7	0.0	411.0	1,218.9	330.1	1,428.8	1,621.2	513.6	77.4	611.2	137,884.7	2,695.4	146,795.0
Denver	Intercepted water by urban trees (1000m3)	2001	0.0	649.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	649.4
		2011	0.0	886.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	886.8
	Energy Savings by urban trees MegaWh	2001	0.0	0.0	15.9	38.6	34.3	76.8	297.2	64.7	9.9	114.2	22,199.4	312.5	23,163.4
		2011	0.8	0.0	167.1	340.1	169.4	465.5	772.3	198.1	70.5	408.2	44,609.0	735.9	47,936.7
Sensitivity analysis on Denver	Intercepted water by urban trees (1000m3)	2011	0.0	17,178.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17,178.4
	Energy Savings by urban trees MegaWh	2011	2.1	0.0	257.0	305.3	280.3	742.2	951.5	20.7	37.6	520.7	56,004.4	17.2	59,139.7

# Resumen

- Para modelar los servicios ecosistémicos de los árboles, podemos usar modelos físicos.
- Simplificar las suposiciones es un paso inevitable en semejantes estimaciones.
- Los intervalos de confianza y la propagación de errores son un componente esencial.
- La preparación de tablas contables requiere un modelo diseñado para semejantes salidas.



# Resumen de la Tercera Sesión

- Se destacaron múltiples proyectos que presentan métodos claros y aplicaciones de políticas para la valoración de los servicios ecosistémicos en múltiples países y para los tipos de servicios de los ecosistemas.
- La teledetección es un componente importante en la valoración de los servicios de los ecosistemas.
- Existe la necesidad de seguir utilizando estos datos, junto con otras formas de datos, para obtener beneficios continuos de los ecosistemas para las personas y la protección de estos ecosistemas para la salud sostenible del planeta.



# Contactos

Síguenos en Twitter  
[@NASAARSET](https://twitter.com/NASAARSET)

- Formadores:
  - Amber Jean McCullum:  
[AmberJean.McCullum@nasa.gov](mailto:AmberJean.McCullum@nasa.gov)
  - Juan Torres-Pérez: [juan.i.torresperez@nasa.gov](mailto:juan.i.torresperez@nasa.gov)
- Página web de la capacitación:
  - <https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/arset-evaluating-ecosystem-services-remote-sensing>

Échele un vistazo a nuestros programas hermanos:





**¡Gracias!**

