

"ONE OF THE BASIC RULES OF
THE UNIVERSE IS THAT
NOTHING IS PERFECT.
PERFECTION SIMPLY DOESN'T EXIST...
WITHOUT IMPERFECTION,
NEITHER YOU NOR I
WOULD EXIST."

-STEPHEN HAWKING



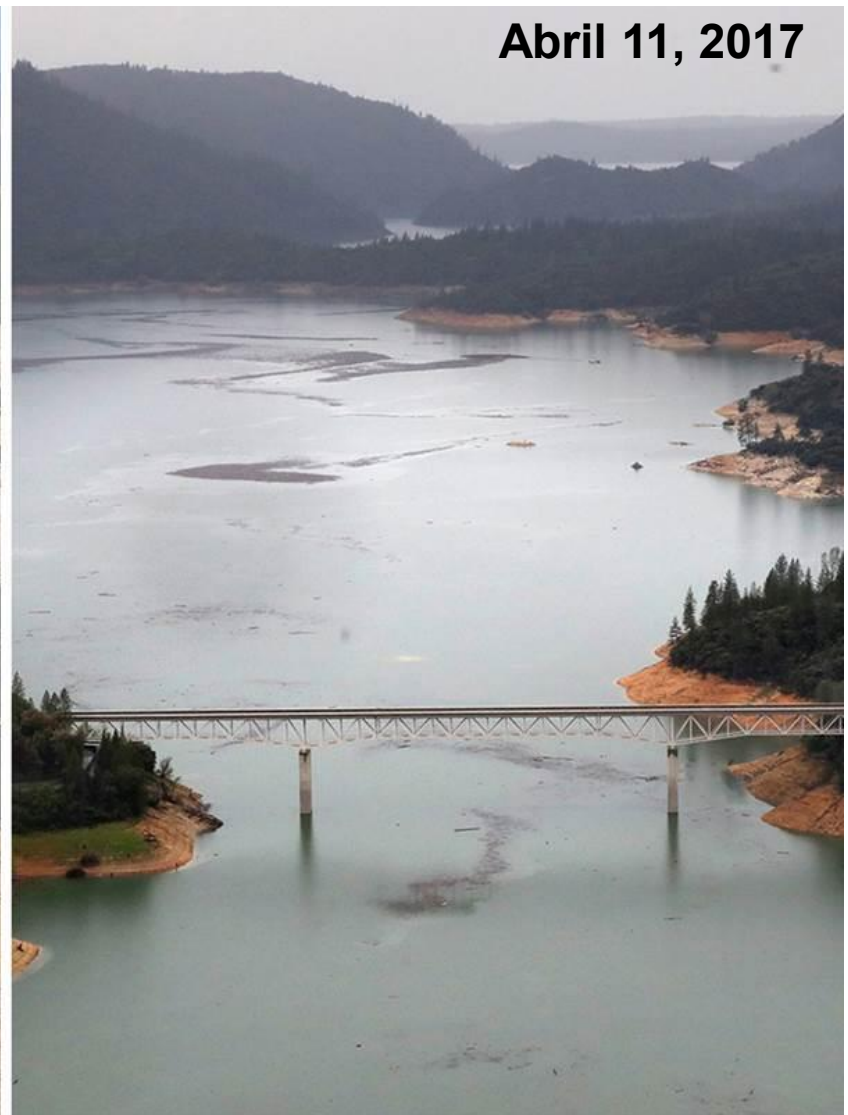
HUFF
POST

JUSTIN SULLIVAN VIA GETTY IMAGES

Tecnologías y transformación digital en la gestión del agua

Marzo 2018

Dr. Felipe I. Arreguín Cortés
Director General
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua



Lago Oroville, California



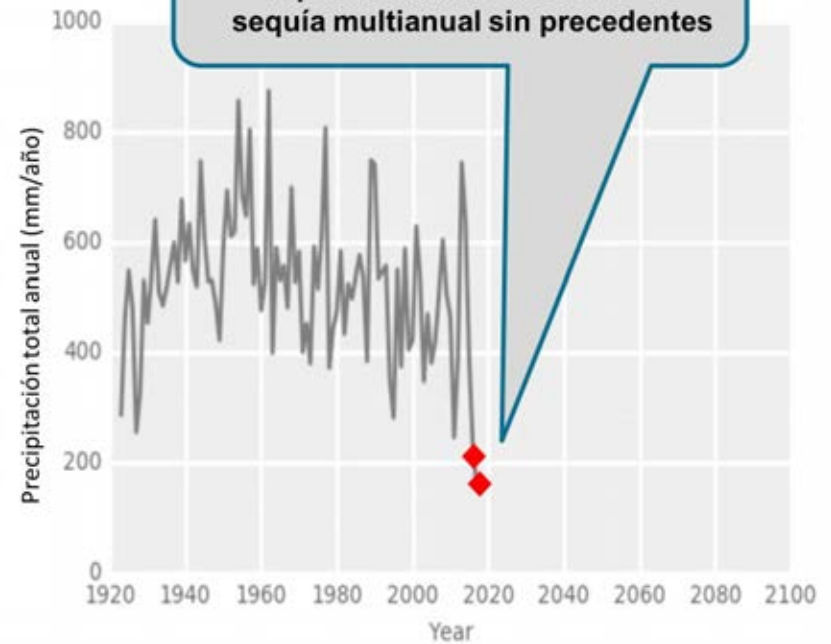
Presajaguari del sistema Cantareira en Braganca Paulista, Sao Paulo

Felipe I. Arreguín
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua



Tuberías extrayendo las últimas gotas del embalse Jaguari-Jacareí al norte de São Paulo

Felipe I. Arreguín
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

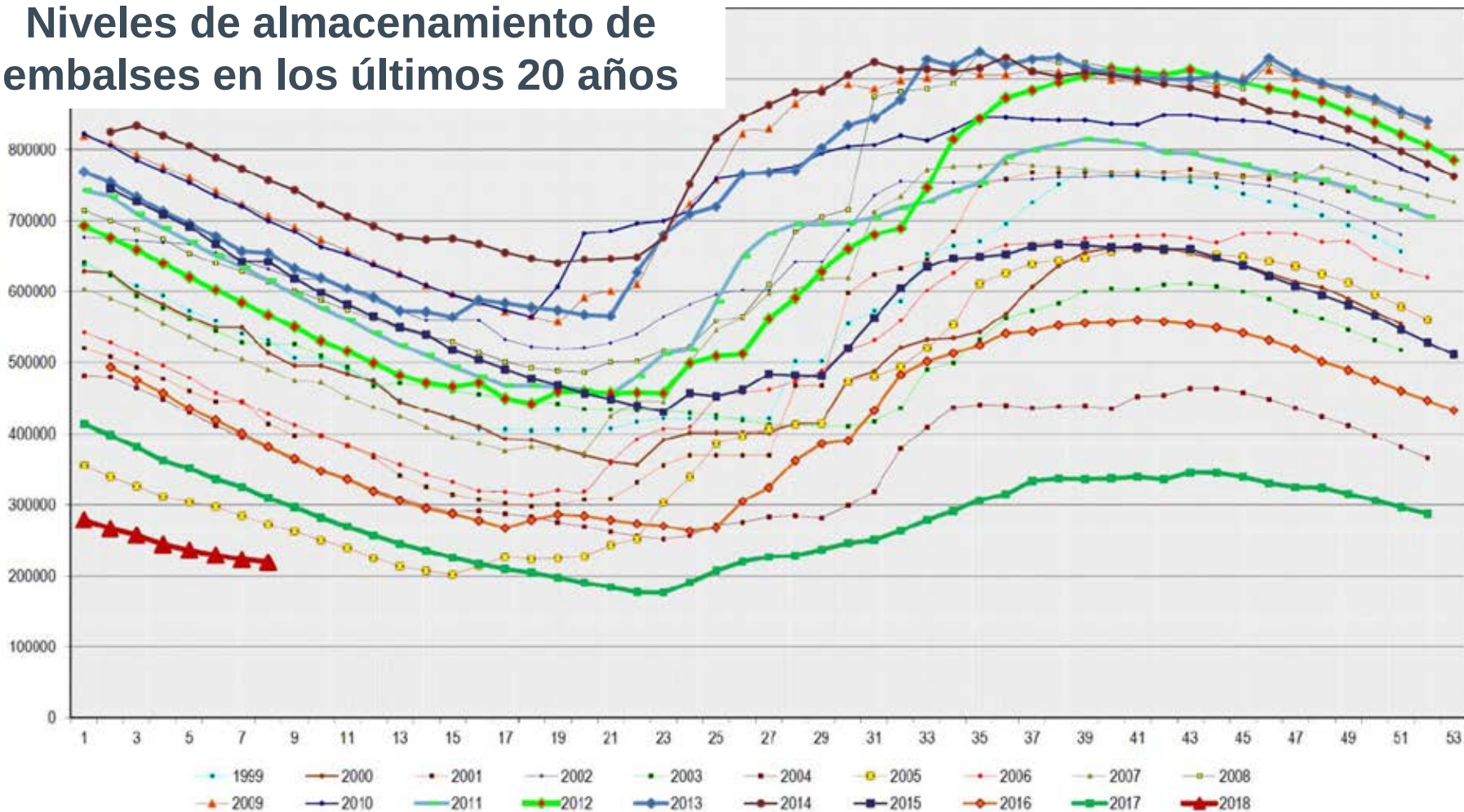


Ciudad del Cabo, Sudáfrica, 2018

Felipe I. Arreguín
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Niveles de almacenamiento de embalses en los últimos 20 años

Volumen almacenado en Millones de litros



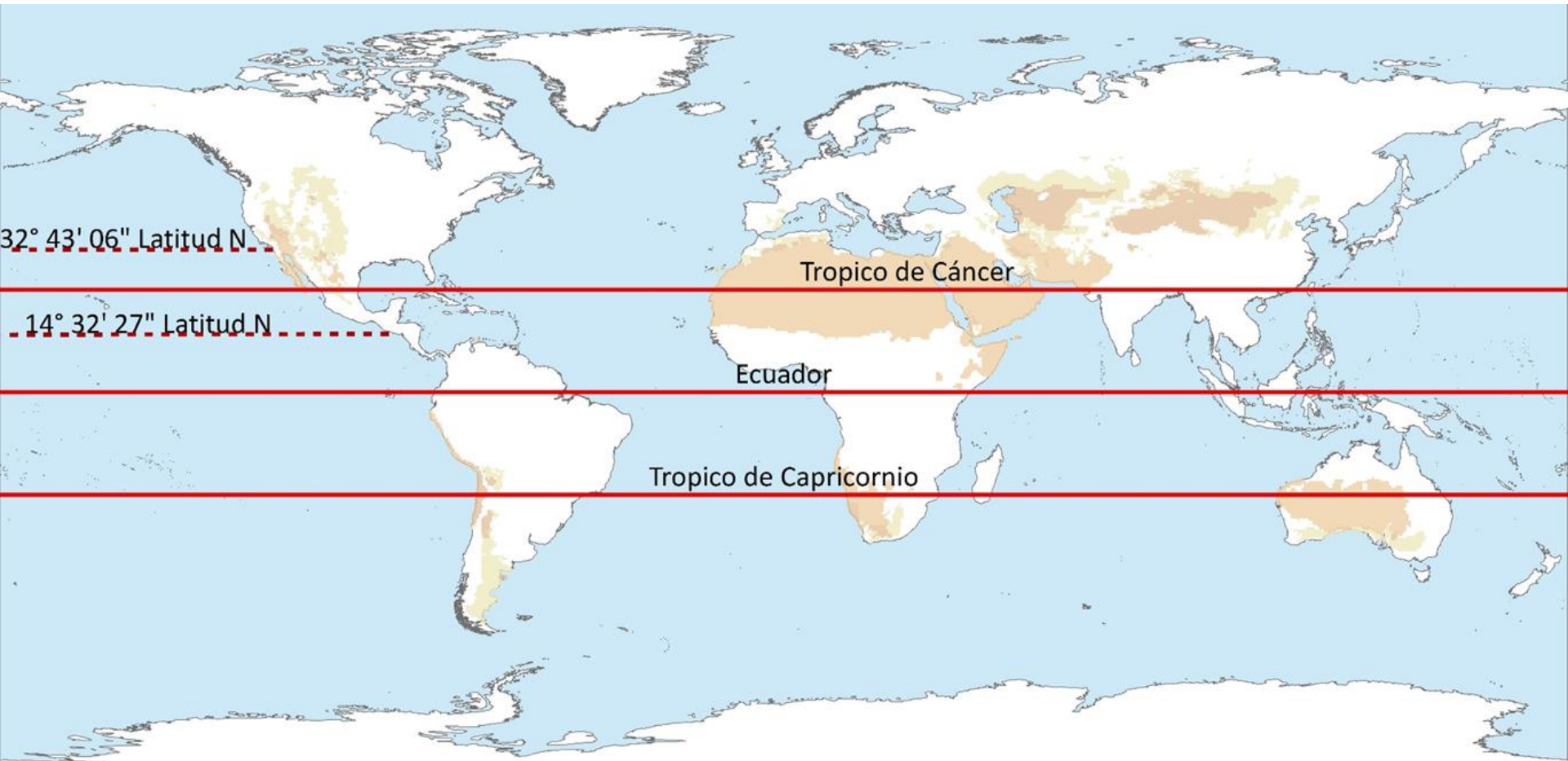
Ciudad del Cabo, Sudáfrica



Huston, Estados Unidos

Felipe I. Arreguín
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

México vulnerable por su ubicación geográfica



Trayectorias históricas de los huracanes

Atlántico desde 1851
Pacífico desde 1949

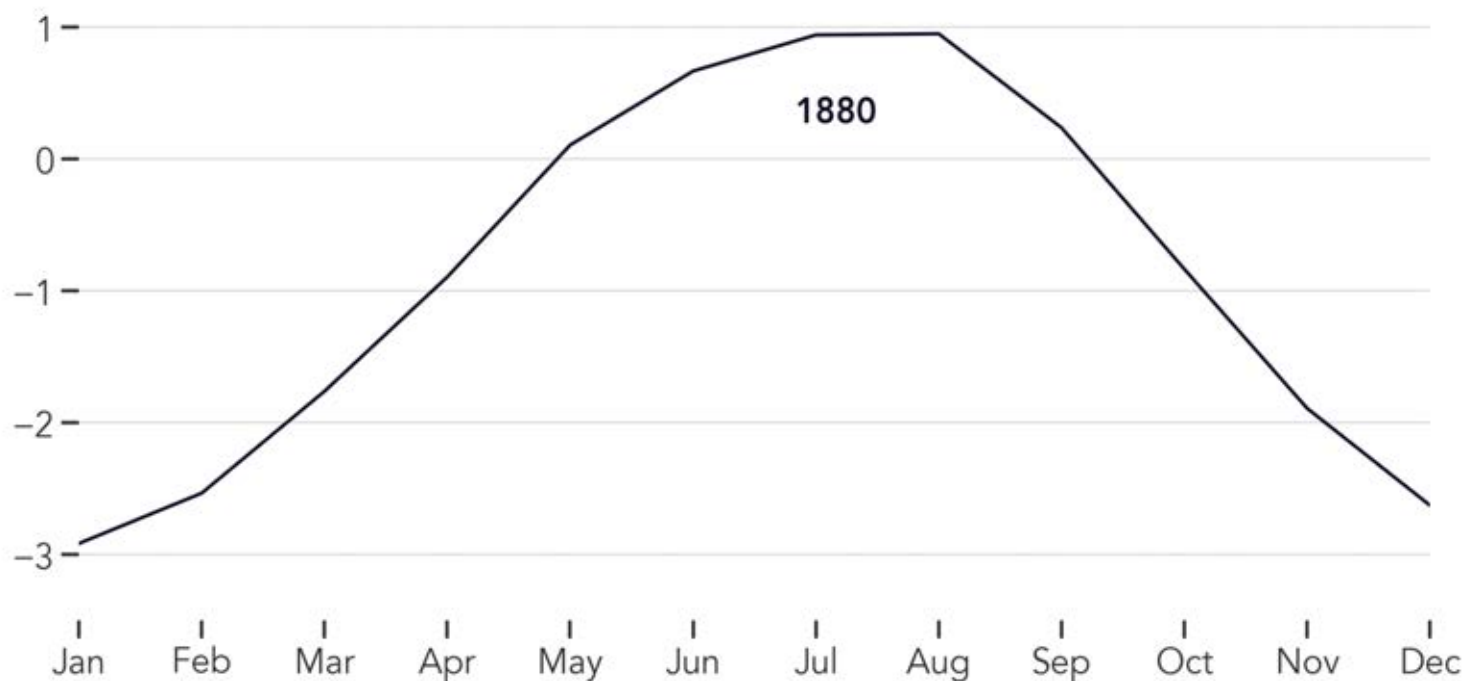
— Tormentas tropicales y subtropicales
— Huracanes I y II
— Huracanes III, IV o V
— Depresión o disturbio tropical, extratropical



Anomalía de temperatura (°C)

(Diferencia con respecto a la media anual del periodo 1980-2015)

Años
record



La mayor parte del calentamiento global ha ocurrido en los últimos 35 años, con 16 de los 17 años más cálidos registrados desde 2001.

2016 es el tercer año consecutivo en que se ha establecido un nuevo registro de temperatura global y 2017 es considerado el segundo año más cálido (NASA, 2018).

El planeta se ha calentado 1.1 °C desde finales del s. XIX

Impacto hidrológico del cambio global



Elevación del nivel del mar



Reducción o pérdida de hielos
perenes o nieve periódica



Ondas de calor más intensas y
frecuentes



Cambio en el régimen de
lluvias



Expansión de Sequías, y
condiciones más severas y
duraderas con respecto a umbrales
actuales



Precipitaciones extremas más
intensas y frecuentes en muchas
regiones



Destruktividad de ciclones
tropicales creciente



Translación de zonas ciclógenas
y/o tornádicas



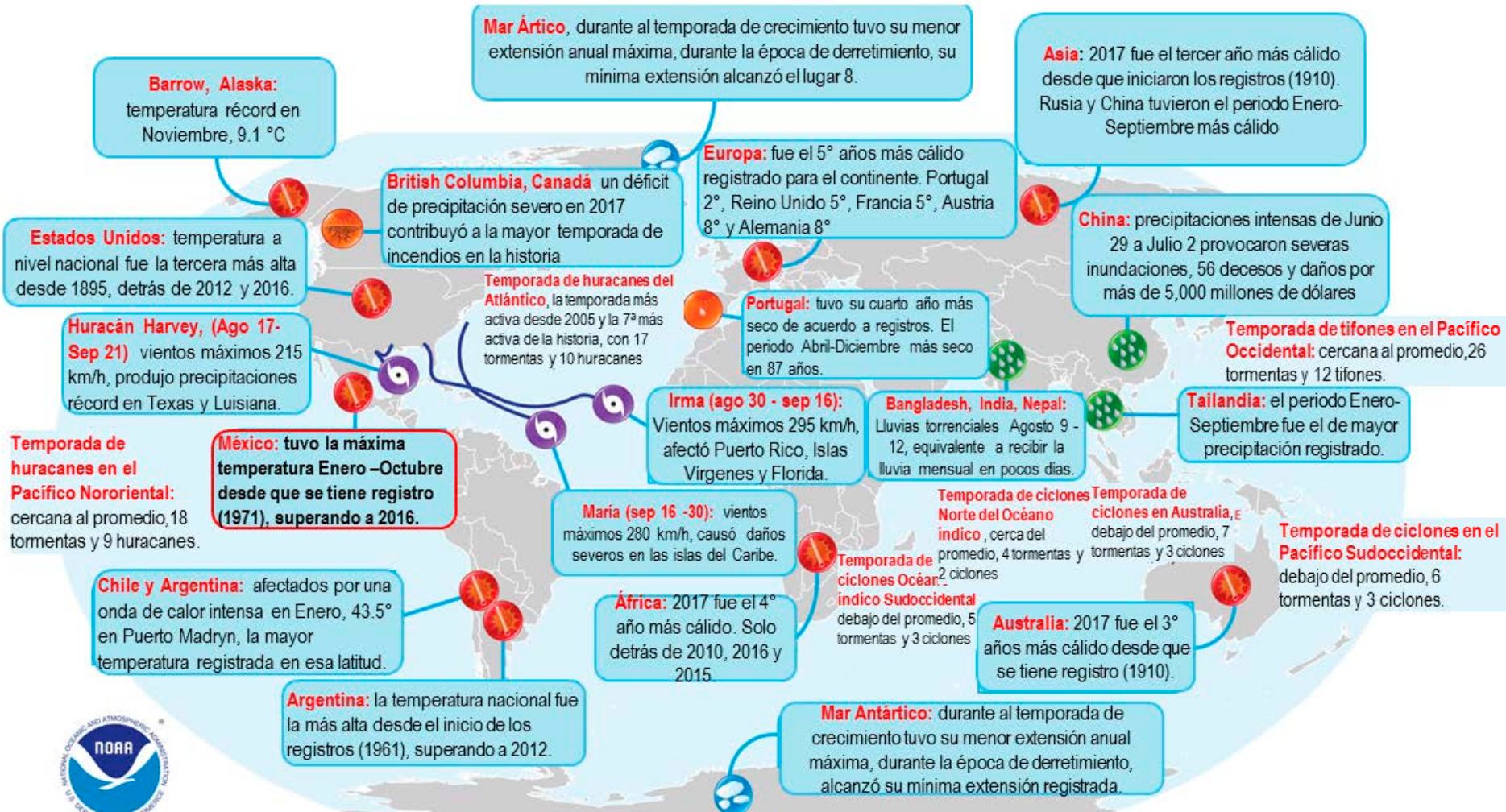
Felipe I. Arreguín

Venice, Louisiana

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

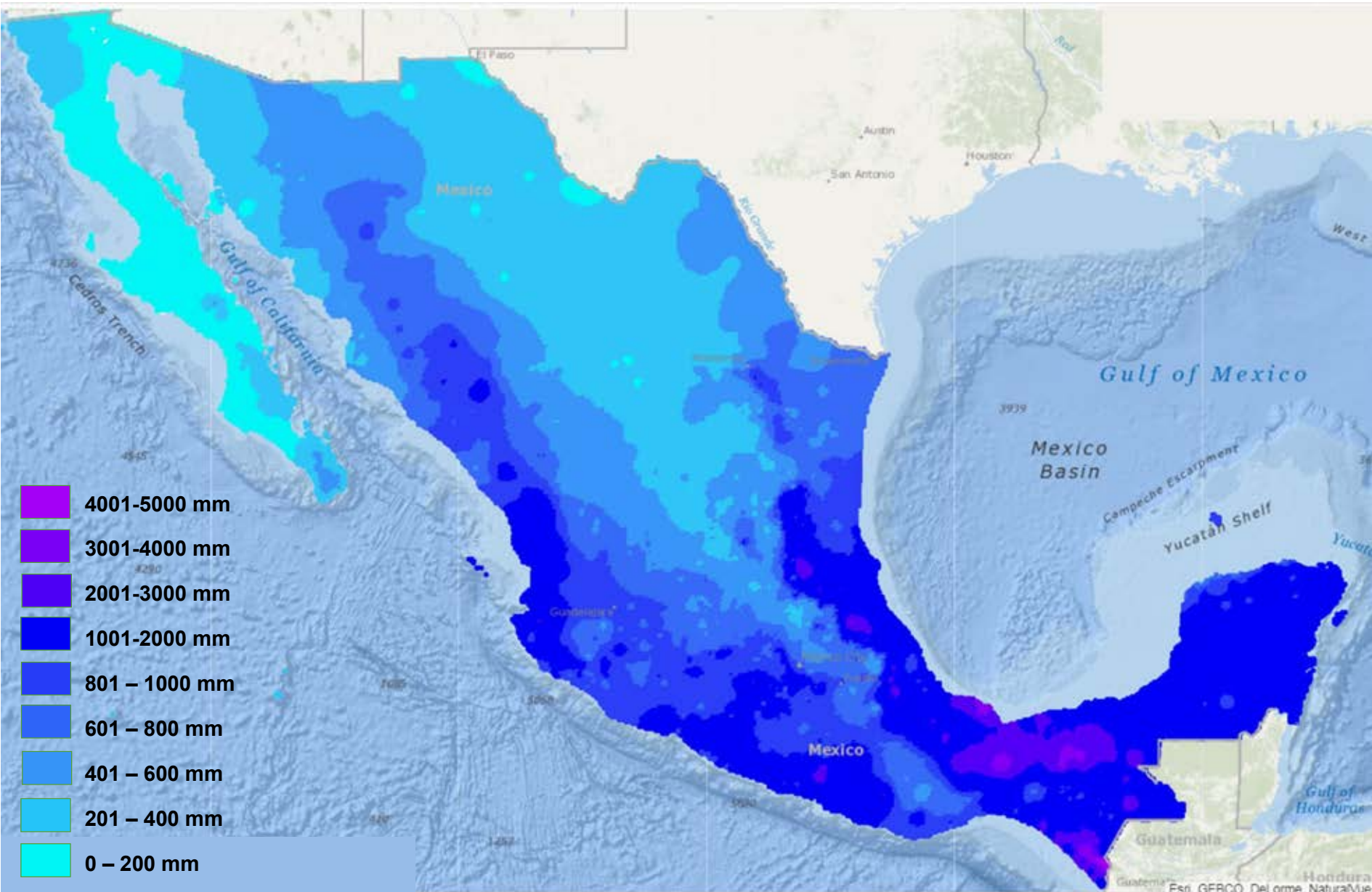
1956

Anomalías climáticas y eventos significativos en 2017

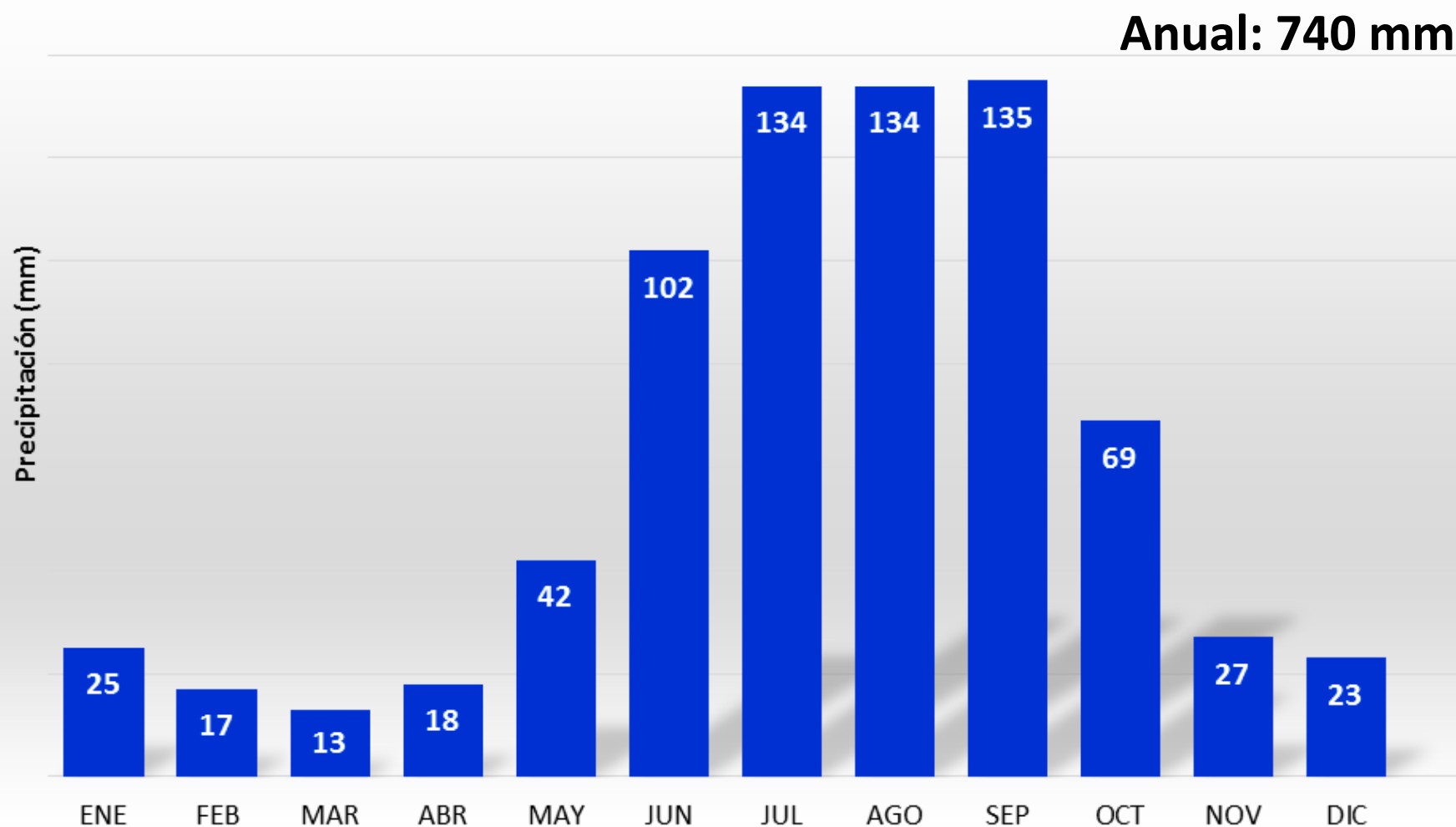


Please Note: Material provided in this map was compiled from NOAA's NCEI State of the Climate Reports and the WMO Provisional Status of the Climate in 2017.
For more information please visit: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc>

Precipitación normal en México 1981-2010



Precipitación normal anual en México (mm)



Fuente: CONAGUA (2017)

Felipe Arreguín
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Monitor de sequía de México

al 28 de febrero de 2018

Publicado el 6 de marzo de 2018

CONAGUA

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

Intensidad de sequía:

- D0 Anormalmente seco
- D1 Sequía moderada
- D2 Sequía severa
- D3 Sequía extrema
- D4 Sequía excepcional

Tipos de impacto de sequía:

Delimita impactos dominantes

S= Corto periodo, típicamente <6 meses
(p.ej. agricultura, pastizales)

L= Largo periodo, típicamente >6 meses
(p.ej. hidrología, ecología)

Elaborado por: Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo

2018



Felipe I. Arreguín

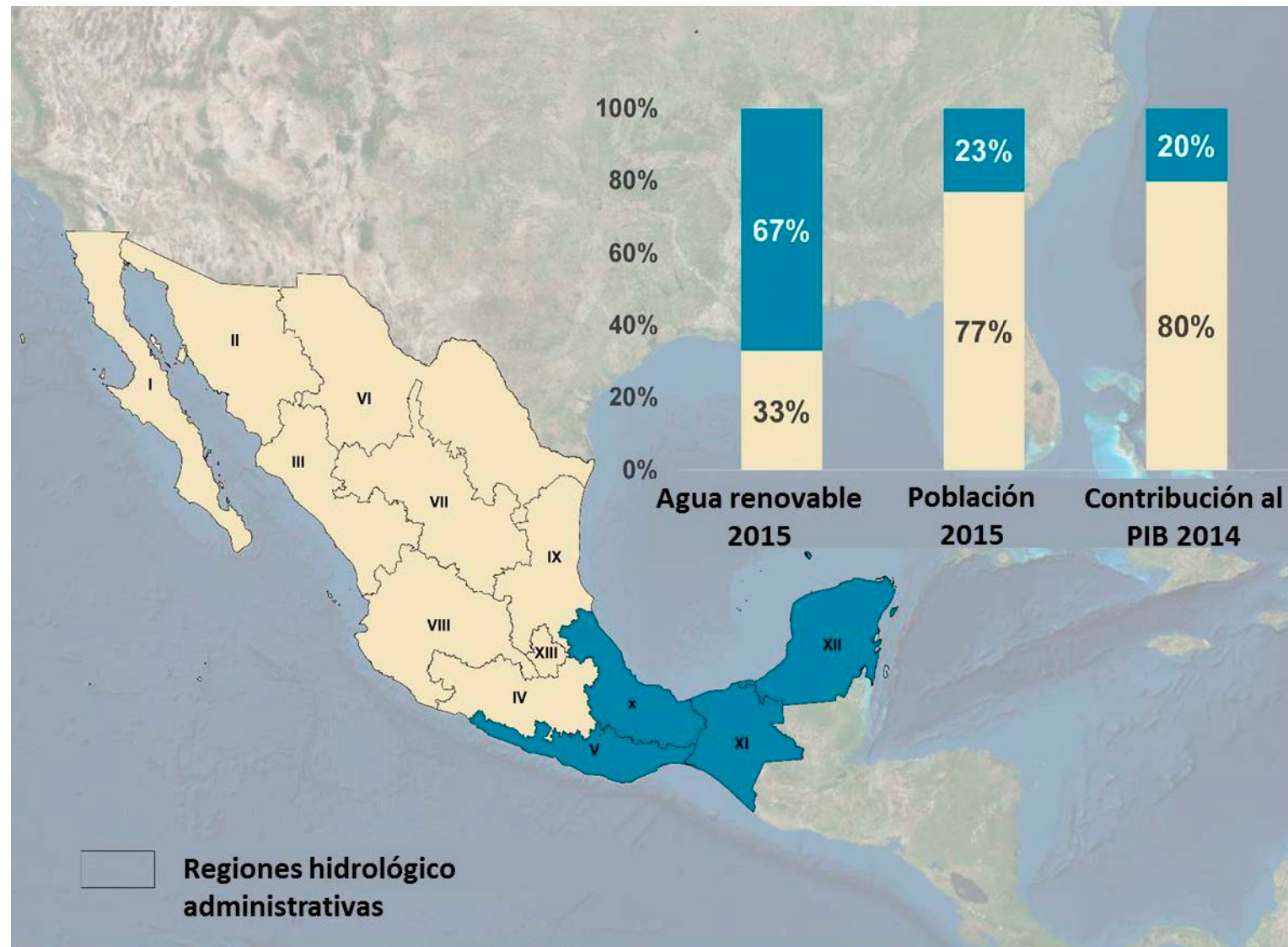
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Vulnerable ante las inundaciones

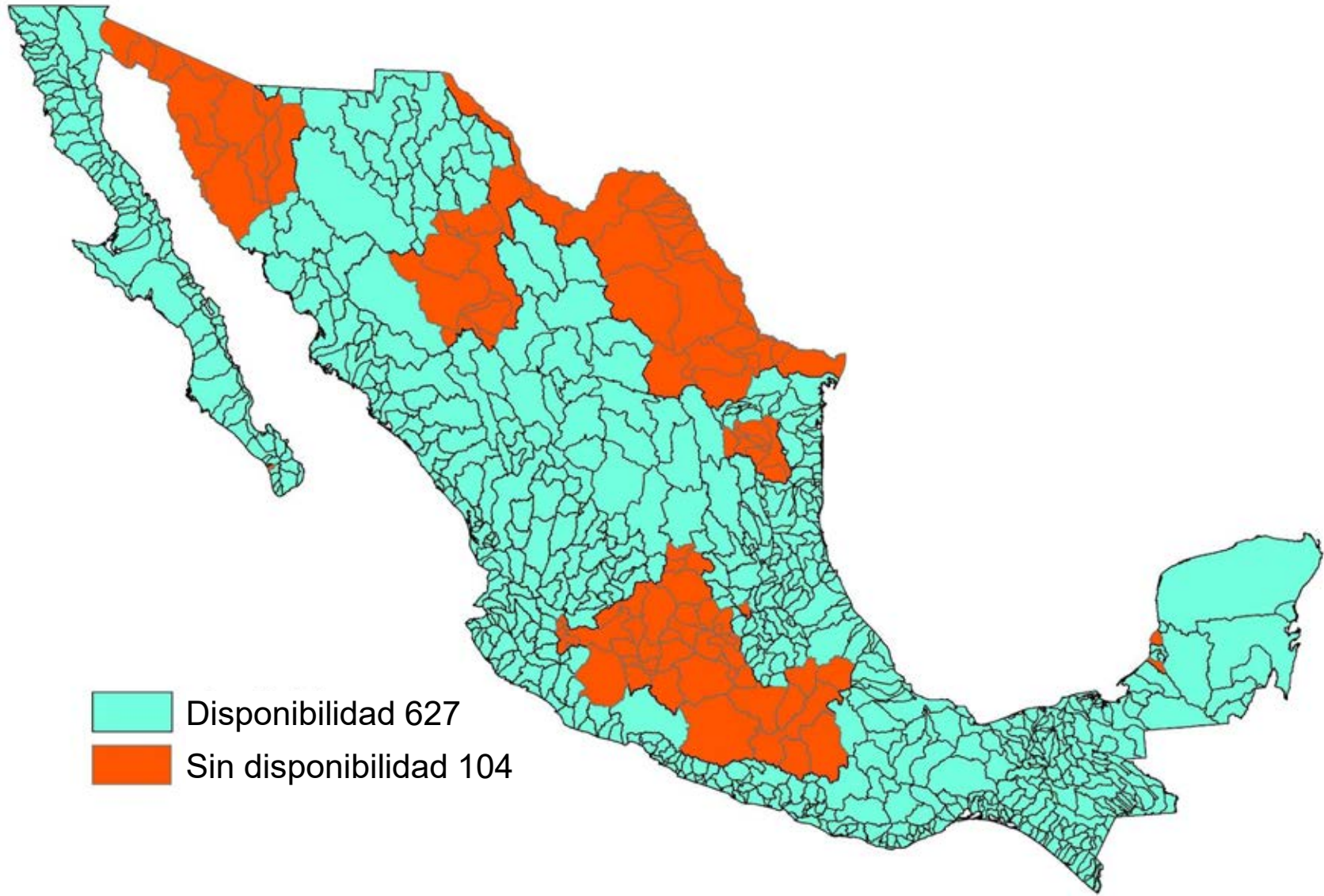
162,000 km² del territorio nacional son susceptibles a inundarse para una probabilidad de 40 años de período de retorno.



Contraste regional entre agua renovable y desarrollo



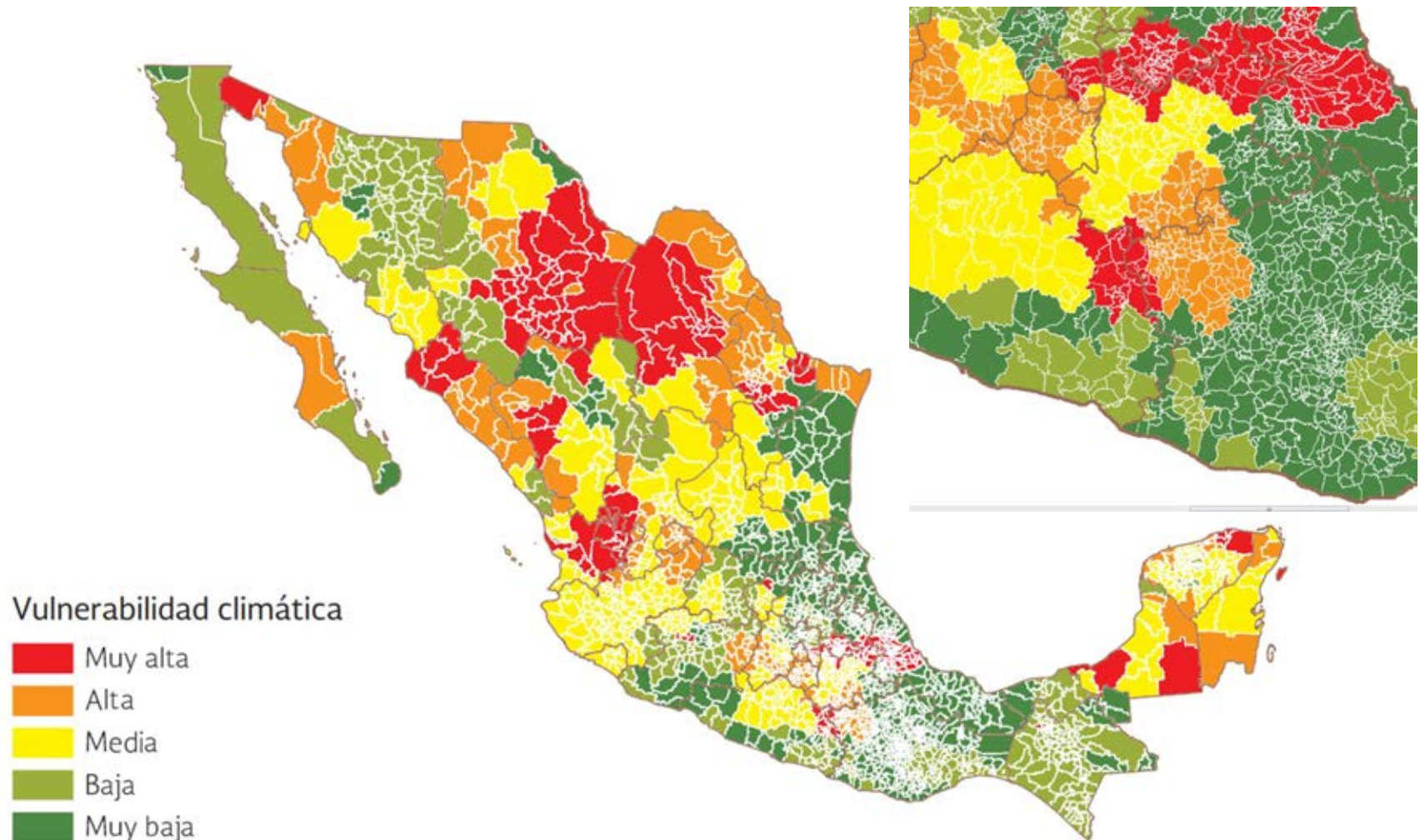
Disponibilidad en Cuencas



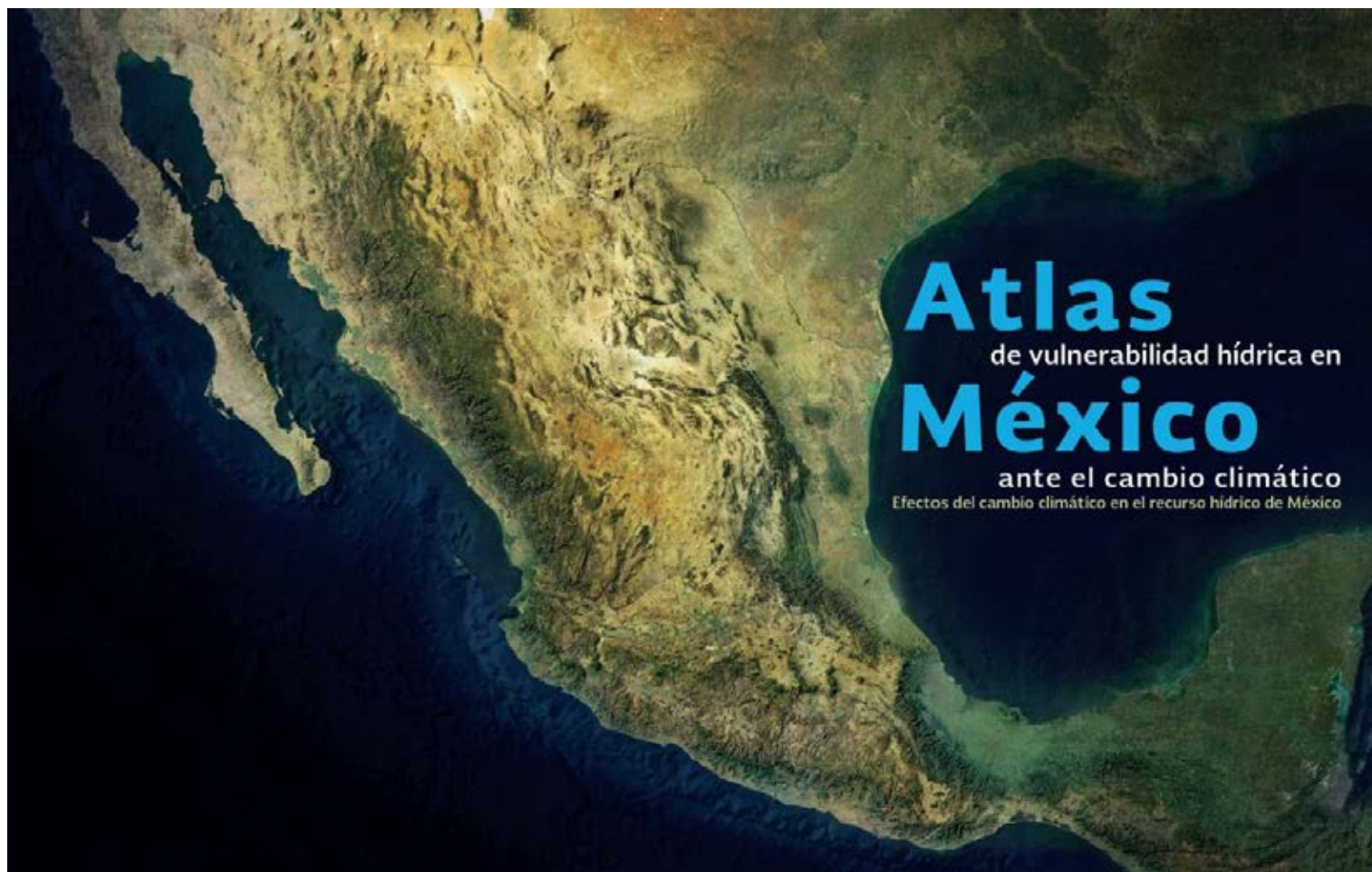
Disponibilidad en Acuíferos



Vulnerabilidad Global por Municipio



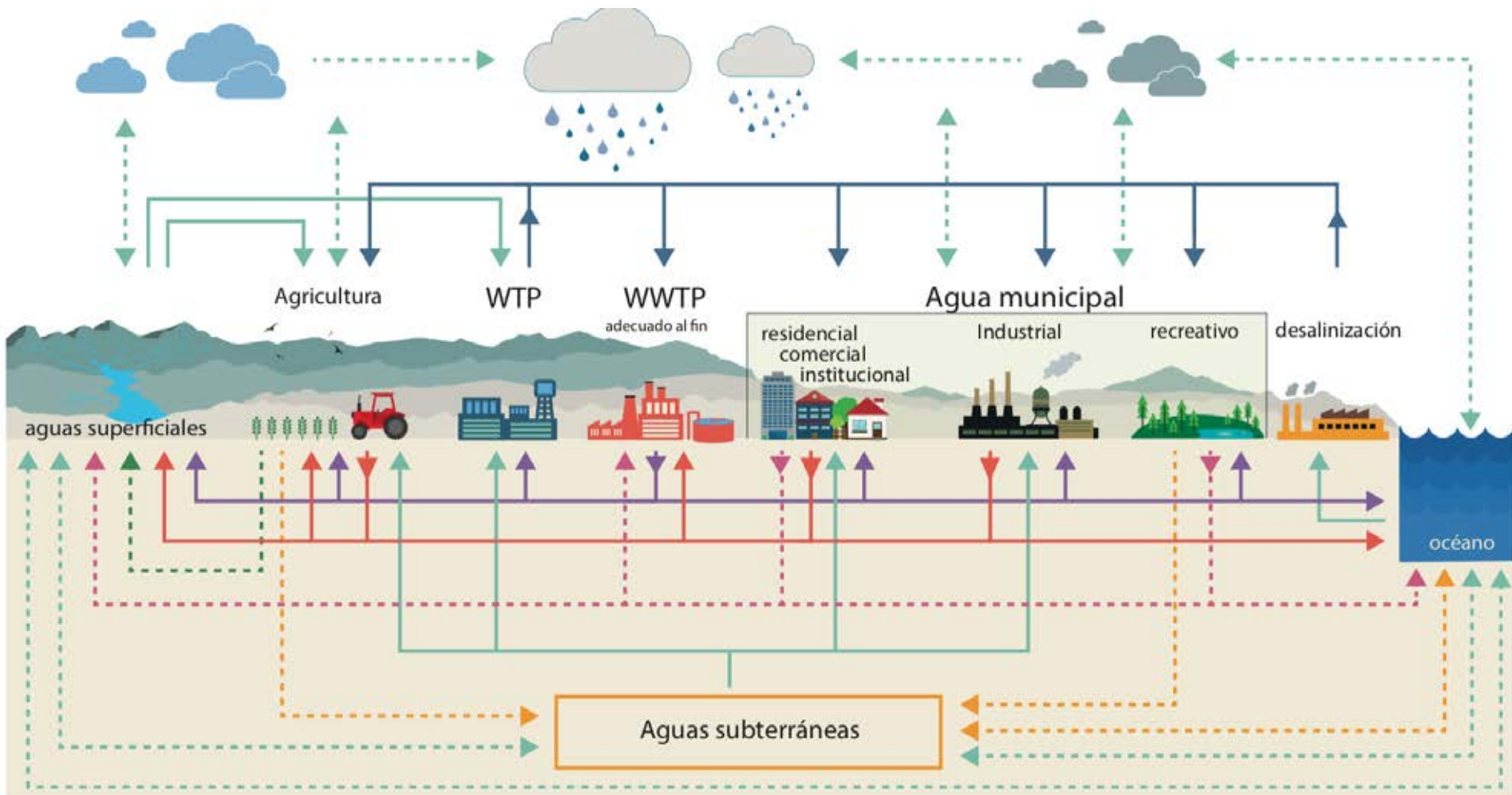
Atlas de vulnerabilidad hídrica ante el Cambio Climático



Principales retos de la administración eficiente y sostenible del agua

- **Escasez**
- **Contaminación**
- **Impacto del cambio global sobre el ciclo hidrológico**
 - **Falta de ordenamiento territorial y acelerada urbanización**
 - **Mejoramiento de la administración del agua**
 - **Incremento de la inversión en investigación y desarrollo tecnológico**
 - **Recursos financieros limitados**

Las aguas residuales en el ciclo del agua



LEYENDA:

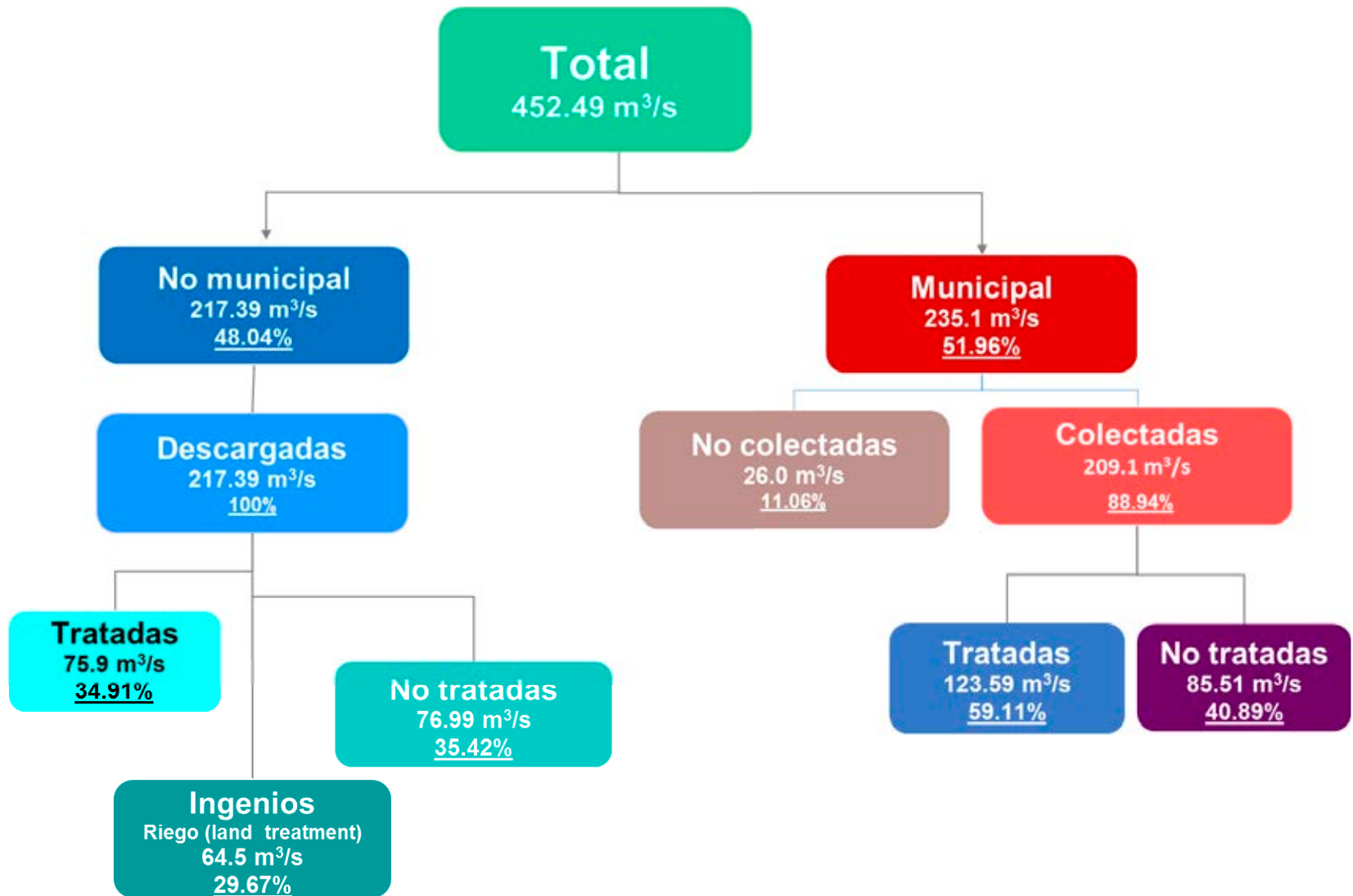
- ciclo natural del agua
- flujo de agua subterránea
- fuente de agua bruta
- agua tratada
- aguas residuales tratadas
- aguas residuales no tratadas
- escorrentía agrícola
- escorrentía urbana

WTP = planta de tratamiento de agua

wwtp = planta de tratamiento de aguas residuales

Felipe L. Arreguín
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Balance de aguas residuales a nivel nacional 2017



¿Qué significa Seguridad Hídrica?

De acuerdo con ONU, CEPAL, Unesco-PHI, GWP, Seguridad Hídrica, debe atender:

- La **disponibilidad de agua en cantidad** adecuada y **calidad** aceptable para preservar un clima de paz y estabilidad política, **para sostener y proteger el abasto de agua** para todo ser viviente y toda actividad social, económica y ambiental;
- La capacidad de **mitigar y adaptarse a niveles aceptables** y manejables ante los **fenómenos naturales y antropogénicos** que ponen en riesgo a la población, la economía y al medio ambiente asociados a la cantidad y calidad del agua;
- Y la capacidad para **acceder, explotar, usar y aprovechar** las aguas de forma sostenible, así como para gestionar, planificar, manejar y administrar de manera integrada las interrelaciones e intervenciones entre los **diferentes sectores asociados a los recursos hídricos.**

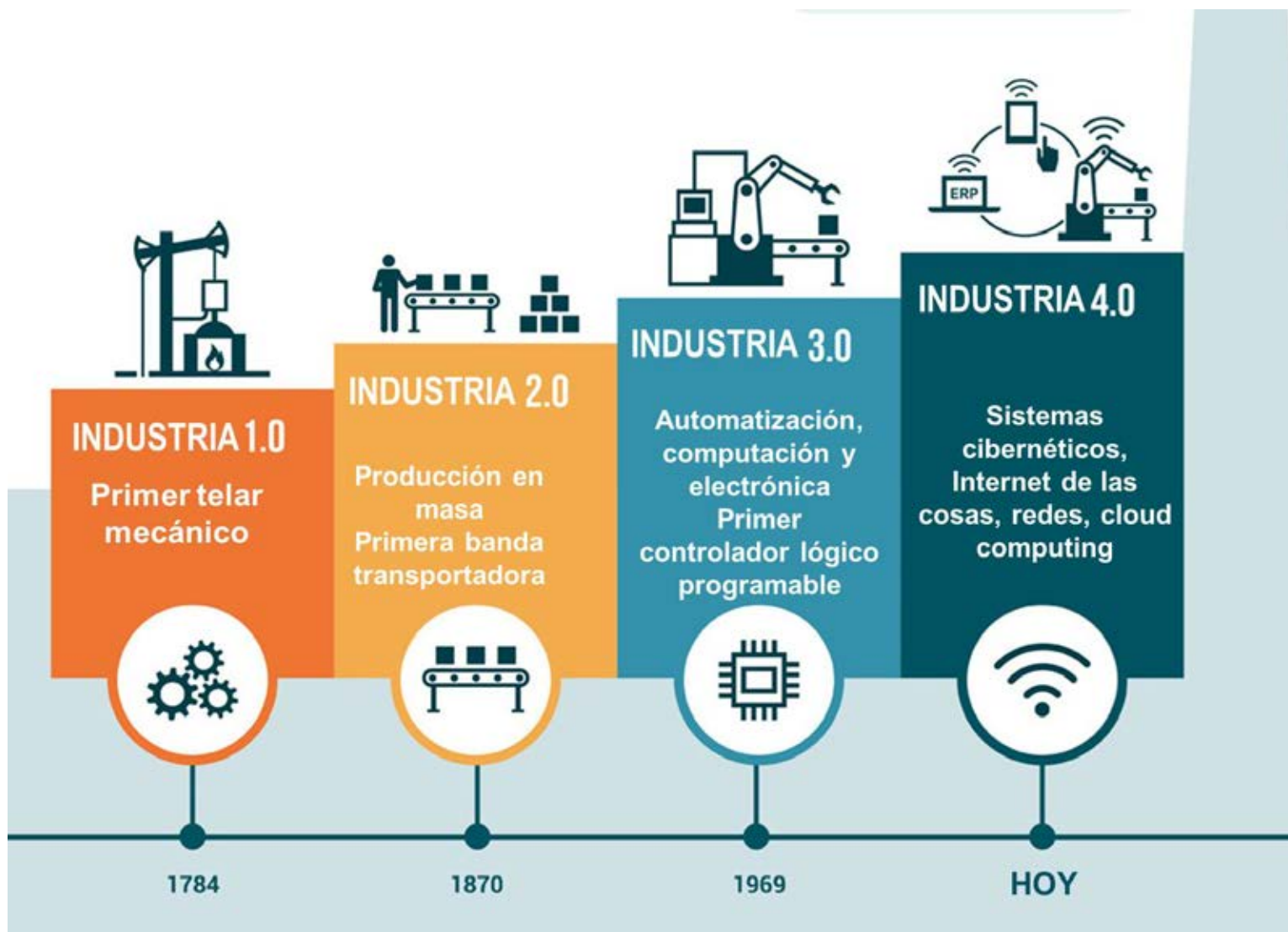
Retos de la Seguridad Hídrica

- **Satisfacer necesidades para una población con crecimiento demográfico acelerado y urbanización no planeada**
- **Asignar recursos para las organizaciones operadoras, mantenimiento (rezago) y para el crecimiento de las ciudades**
- **Gestionar eficientemente el recurso agua en cuencas y acuíferos**
- **Controlar la contaminación del agua superficial y subterránea**
- **Adaptar medidas al cambio global y al aumento en la frecuencia y severidad de eventos extremos**
 - **Formar personal capacitado**
 - **Usar tecnologías emergentes**

Las líneas estratégicas del programa de seguridad hídrica del IMTA



Cuarta revolución industrial

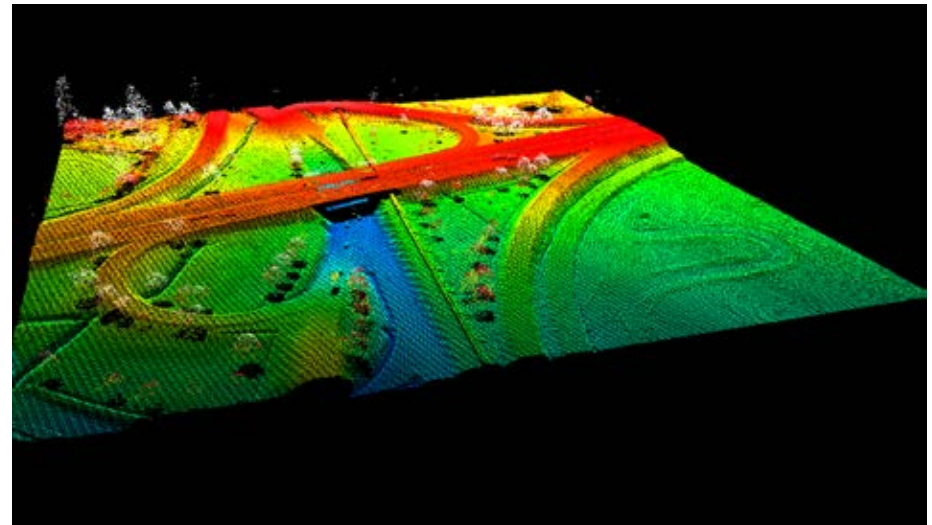


Tecnologías de información y comunicación en el manejo del agua

- **Adquisición remota de numerosos datos meteorológicos e hidrológicos (tecnologías geoespaciales, I o T).**
 - **Necesidad del manejo de gran cantidad de datos (Big data).**
- **Automatización de monitoreo, procesamiento y difusión de pronósticos (Computo en la nube).**
- **Datos abiertos y desarrollo de algoritmos inteligentes (machine learning).**
 - **Necesidad de mayor productividad en menos tiempo.**
- **Generación de escenarios que consideren diversos factores (modelos).**
 - **Calibración de modelos con información disponible y confiable.**
- **Desarrollo, implementación y operación de Sistemas de Alerta Temprana.**

Lidar

Su utilización en ingeniería es amplia en materia cartográfica, se emplea en levantamientos topográficos, hidrológicos, de cubierta vegetal, de ubicación de infraestructura (carreteras, presas, puentes, edificios, etc), entre otros.



Drones



Aplicaciones

Se pueden equipar con GPS, sensores infrarrojos, cámaras de alta resolución, sistemas de envío de información a satélites o a estaciones terrenas; esto siempre y cuando su capacidad de carga lo permita.

- reconocimiento de boquillas para presas
- inspección de cortinas de presas, de zonas inundadas y de áreas agrícolas afectadas
 - delimitación de zonas federales e inundables
 - revisión de cauces, zonas de derrumbes y otros accidentes (derrumbes de puentes, fallas de cuerpos de carreteras o túneles)
 - exploración de zonas de difícil acceso
 - supervisión y control de incendios
 - registros de calidad en cuerpos de agua
 - supervisión de la operación de compuertas en condiciones de avenidas y levantamientos topográficos.

Drones

El IMTA se ha equipado con software especializado y dos tipos drones



- Vuelos de baja altura, baja velocidad y corto alcance
- Seguimiento, revisión y monitoreo de obras
- Topografía a detalle
- Agricultura de precisión y operación

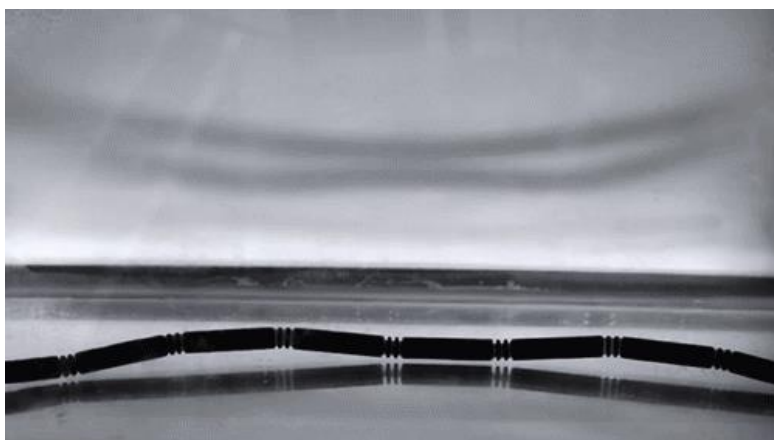


- Vuelos altos (>100 m), de largo alcance y de alta velocidad (hasta 80 km/h),
- Estudios de reconocimiento
- Topografía básica y estudios hidrológicos
- Agricultura extensiva y registro general de obras

Impresión 4D

Con la impresión 4D se utilizan materiales con la capacidad de transformarse o regenerarse de acuerdo con las condiciones cambiantes del ambiente, haciendo uso de materiales cuyas características físicas, químicas y biológicas les permitan ajustarse a las solicitaciones a que sean sometidos.

Ejemplo: tubos que se regeneren cuando sufran fisuras para evitar las fugas, o que puedan cambiar de diámetro en función del gasto, cerrarse actuando como válvulas e incluso expandirse y contraerse para impulsar el agua.



Satélite GOES-16

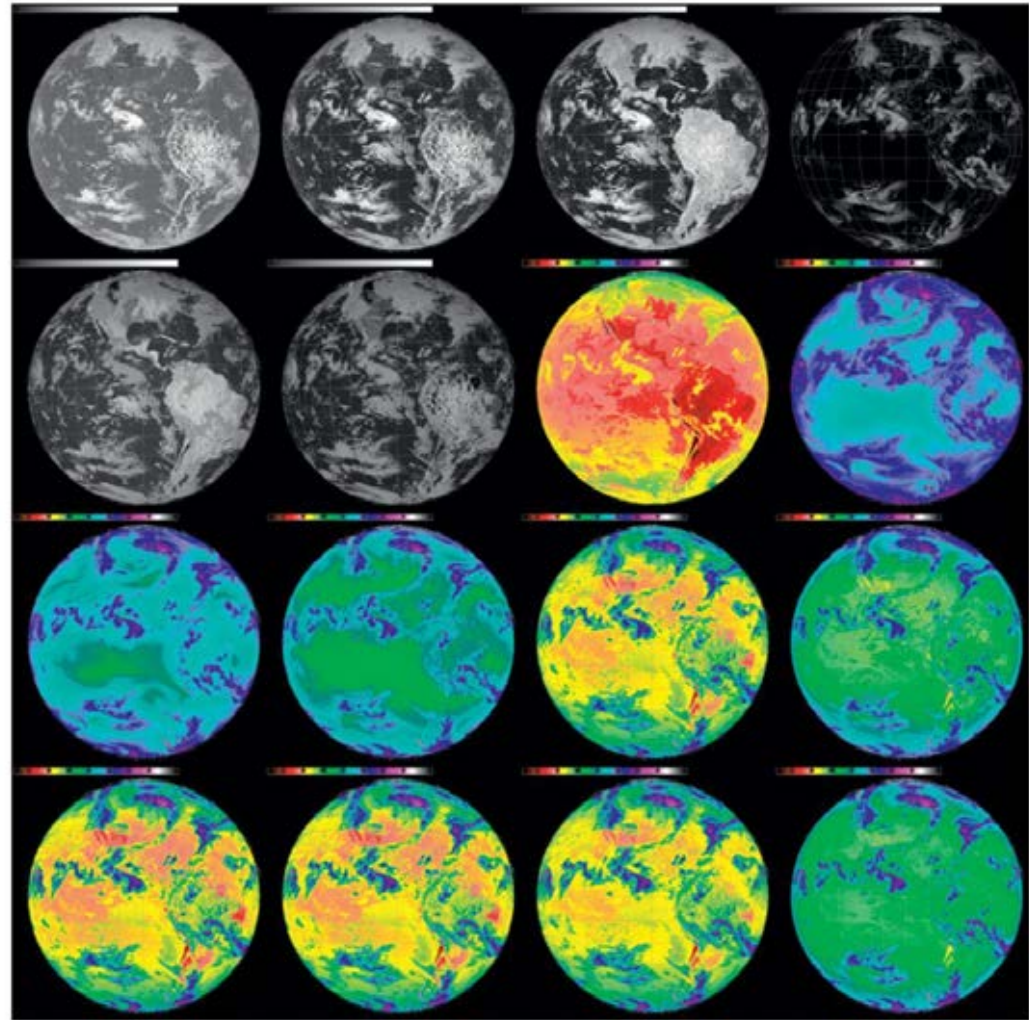


Satélite GOES-16

El Advanced Baseline Imager (ABI), es el instrumento primario del GOES-R para imágenes del tiempo de la tierra, clima y entorno.

ABI será capaz de ver la Tierra a través de 16 bandas espectrales, incluyendo:

- dos canales visibles
- cuatro canales infrarrojo cercano
- diez canales infrarrojos



Productos GOES-16

- Detección de aerosoles (incluidos humo y polvo)
- Profundidad óptica de aerosol
- Cenizas volcánicas: detección y altura
- Imágenes de nubes y humedad
- Profundidad óptica de la nube
- Distribución de tamaño de partículas en la nube

- Fase de la cima de la nube
- Altura de la cima de la nube
- Presión en la cima de la nube
- Temperatura en la cima de la nube
- Intensidad de huracán
- Tasa de precipitación / estimación cuantitativa de precipitación (QPE)

- Perfil de humedad vertical
- Perfil de temperatura vertical
- Índices de estabilidad derivados [energía potencial disponible de convección (CAPE), lifted index, índice K, índice de Showalter, total de totales]
- Agua total precipitable
- Capas de cielo despejado
- Radiancia
- Radiación solar de onda corta
- Radiación de onda corta reflejada
- Vientos derivados por movimiento

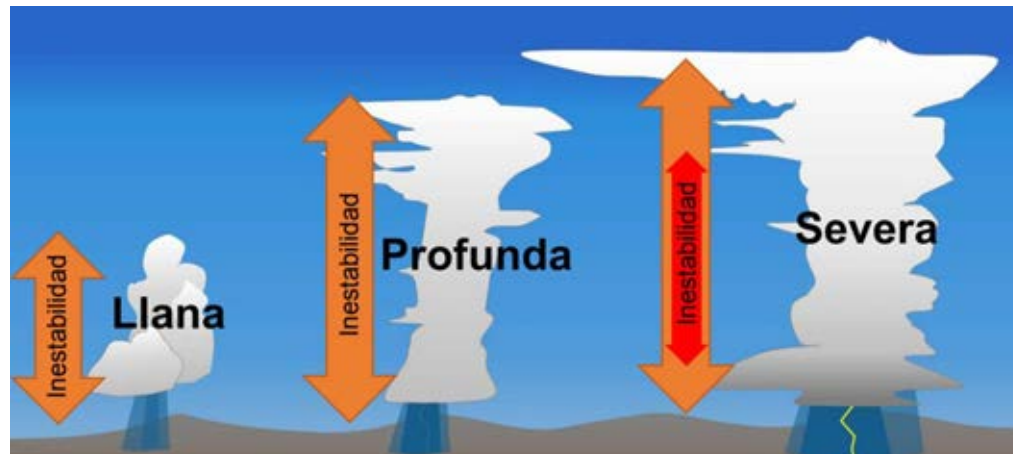


Aplicaciones de los productos GOES-16

- **Índices de estabilidad derivados**
 - ✓ **energía potencial disponible de convección (CAPE)**
 - ✓ **lifted index (LI)**
 - ✓ **índice K,**
 - ✓ **índice de Showalte**
 - ✓ **total de totales]**

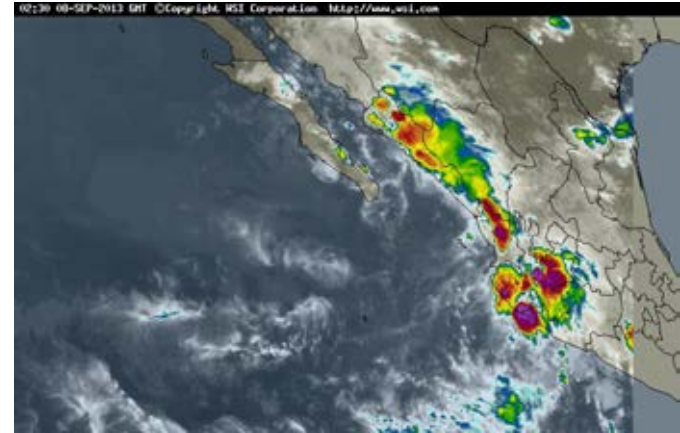


Estiman el potencial para que ocurra desarrollo convectivo, importantes en pronóstico meteorológico ya que ayudan a estimar la severidad de la tormentas esperada.



Aplicaciones de los productos GOES-16

- **Intensidad de huracán:** seguimiento de ciclones tropicales y alertamiento en caso de riesgo.
- **Ceniza volcánica:** seguridad de tráfico aéreo, posibles afectación a la salud pública.
- **Temperatura de la superficie terrestre:** estimación del potencial de ocurrencia de incendios en temporada de estiaje



PRODUCTOS GOES-R

Generador de Imágenes de Línea Base Avanzada (ABI)

1. Detección de Aerosoles (Incluyendo Humo y Polvo)
2. Profundidad Óptica de Aerosol (AOD)
3. Máscaras de Cielo Claro
4. Imágenes de Nubosidad y Humedad (KPP)
5. Profundidad Óptica de Nubes
6. Distribución de los Tamaños de Partículas de las Nubes
7. Altura de la Cima de Nubes
8. Fase de la Cima de Nubes
9. Presión de la Cima Nubes
10. Temperatura de la Cima de Nubes
11. Vientos de Movimiento Derivado
12. Índices de Estabilidad Derivada
13. Radiación de Onda Corta Descendente: Superficie
14. Caracterización de Zona de Fuego/Caliente
15. Estimación de la Intensidad de Huracanes
16. Temperatura Superficial del Suelo (Somera)
17. Perfil de Humedad Vertical Legado
18. Perfil de Temperatura Vertical Legado
19. Brillos
20. Tasa de Lluvia/QPE
21. Radiación de Onda Corta Reflejada: TOA
22. Temperatura Superficial del Mar (Somera)
23. Cobertura de Nieve
24. Agua Precipitable Total
25. Ceniza Volcánica: Detección y Altura

Mapeo Geoestacionario de Rayería (GLM)

1. Detección de Rayería: Eventos, Grupos y Destellos

Equipo Espacio Ambiente En Sitio (SEISS)

2. Iones Pesados Energéticos
3. Electrones y Protones Magnetosféricos: Baja Energía
4. Electrones Magnetosféricos: Energía Media y Alta
5. Protones Magnetosféricos: Energía Media y Alta
6. Protones Solares y Galácticos

Magnetómetro (MAG)

7. Campo Geomagnético

Equipos de Irradiación Extrema Ultravioleta y de Rayos X (EXIS)

8. Flujo Solar: EUV
9. Flujo Solar: Irradiación de rayos X

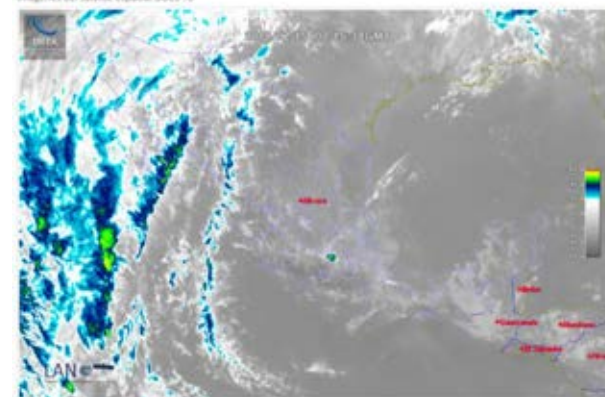
Generador de Imágenes Solares Ultravioleta (SUVI)

10. Imágenes Solares (rayos-X): hoyos coronales, erupciones solares, regiones de procedencia de expulsiones de masa coronal



Satélite GOES R

Imágenes del satélite espacial GOES 16



<http://galileo.imta.mx/mx/vistas/goes.php?fuelle=imta>

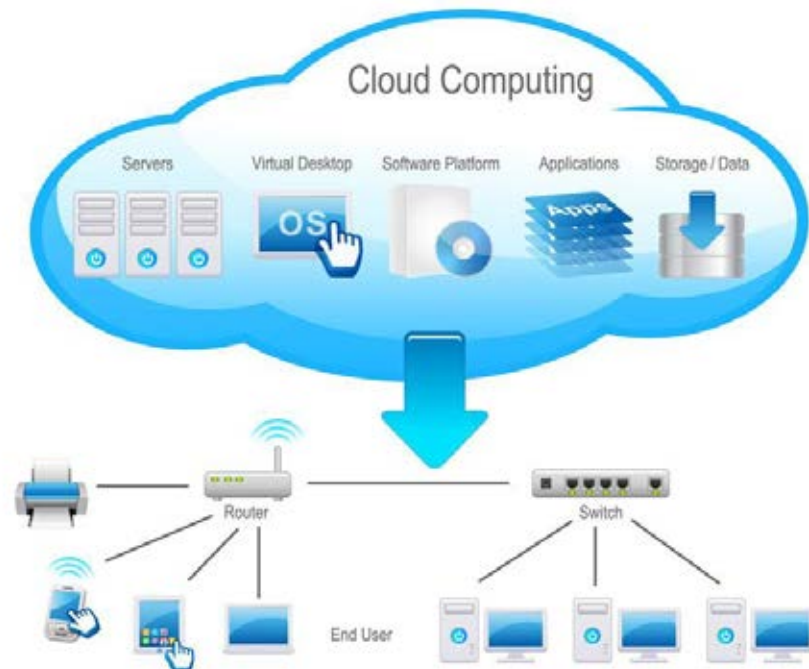
Big Data

Manejo y procesamiento de grandes cantidades de datos, de diferentes formatos, con la finalidad de obtener indicadores estadísticos que sean relevantes para la operación de un sistema.



Servicios en la nube (Cloud computing)

Tecnología basada en internet que permite adquirir productos, servicios y soluciones que son entregados o consumidos en tiempo real.



Sistemas Automático de Información Hidrológica

Un sistema de este tipo se compone de una red de estaciones meteorológicas, hidrométricas y de calidad en ríos y embalses para monitoreo en tiempo real (I o T) .

La transmisión de datos es cada 15 minutos (vía satélite), los datos se concentran y procesan para la toma de decisiones y posteriormente se almacenan (cloud computing). Se han configurado alertas basadas en umbrales, que en algunos casos detonarán la implementación de protocolos de emergencia.

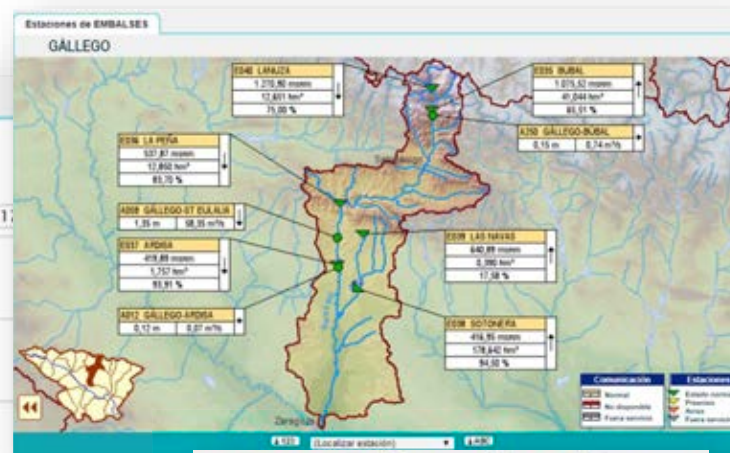
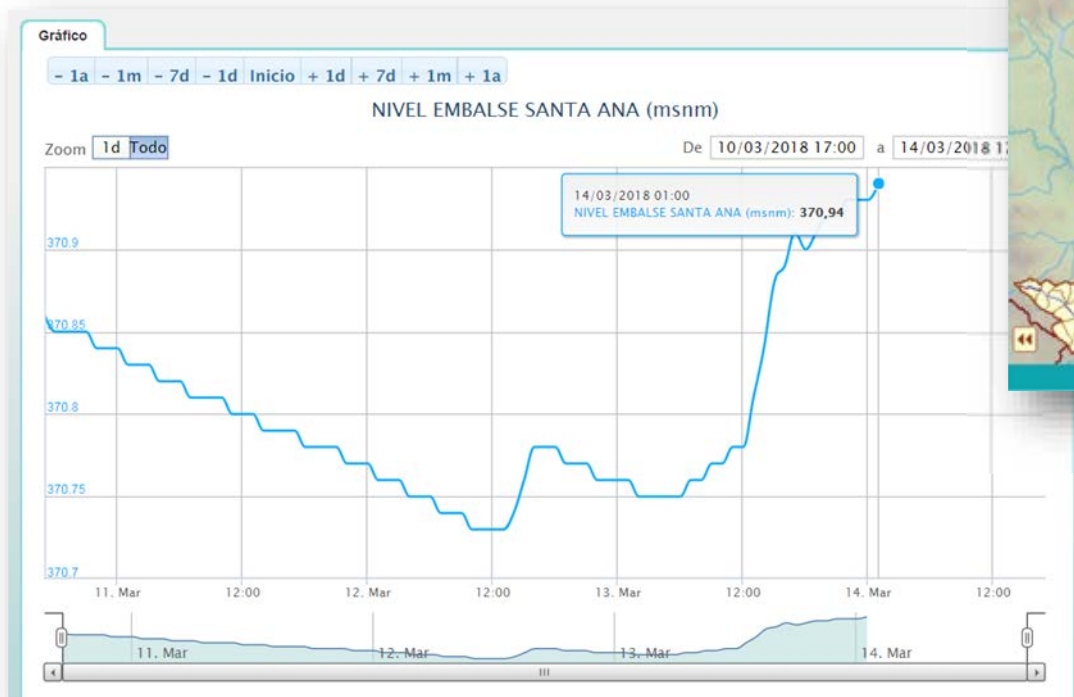


Felipe I. Arreguín

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Sistemas Automático de Información Hidrológica

Con los datos de climatológicos e hidrométricos, los **modelos hidrológicos** permiten estimar los escurrimientos, mediante **modelos hidráulicos** estos caudales se transitan por los cauces y finalmente se hace una modelación de los sistemas de embalses para tomar decisiones sobre su operación.



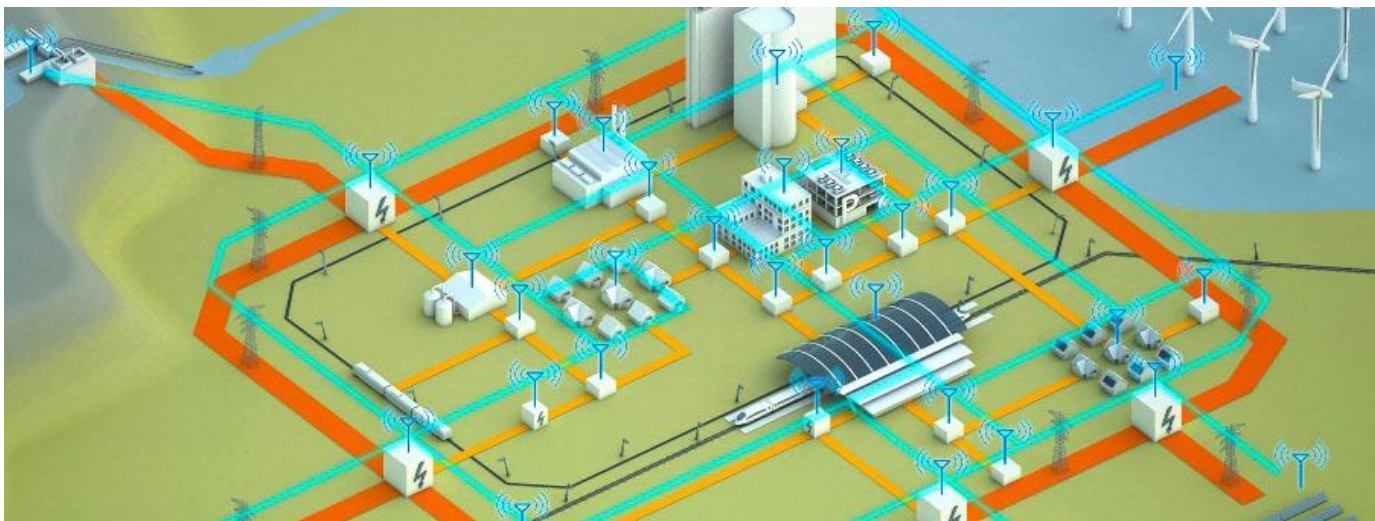
A025 Río Segre en Serós

Esquemas Fotos Información de

Información de Caudal	
Caudal que limita el régimen	
Descripción	Caudal m³/s
Máxima crecida ordinaria	1038.02
Caudales de crecida con	
Periodo	Caudal m³/s
2 años	815
5 años	1.261
10 años	1.652
25 años	2.302
100 años	3.709
500 años	6.357

Tecnologías informáticas y de comunicación para la gestión de infraestructura hídrica en ciudades

- Medición y monitoreo inteligente
- Distritos Hidrométricos
- Gestión de Presión
- Detección Activa de Fugas
- Sistemas de Información de Gestión
- Sistemas de Información Geográfica
- Adquisición y validación de datos
- Modelos Hidráulicos



Medición Inteligente



Ventajas:

- Menor costo comparado con la lectura manual
- Reducción de errores de facturación y conflictos con el cliente
- Monitoreo del sistema de agua de manera puntual
- Disminución de las demoras en la facturación
- Equilibrio de suministro según la demanda
- Estimación de Agua No Facturada en tiempo real o en periodos cortos
- Concientizar a los usuarios sobre sus hábitos y fomentar un menor consumo de agua



Mellinger, 2017

Distritos Hidrométricos

Un distrito pueden definirse como un sub-sistema discreto de red de distribución en el que el suministro y consumo pueden ser medidos separadamente del resto del sistema.



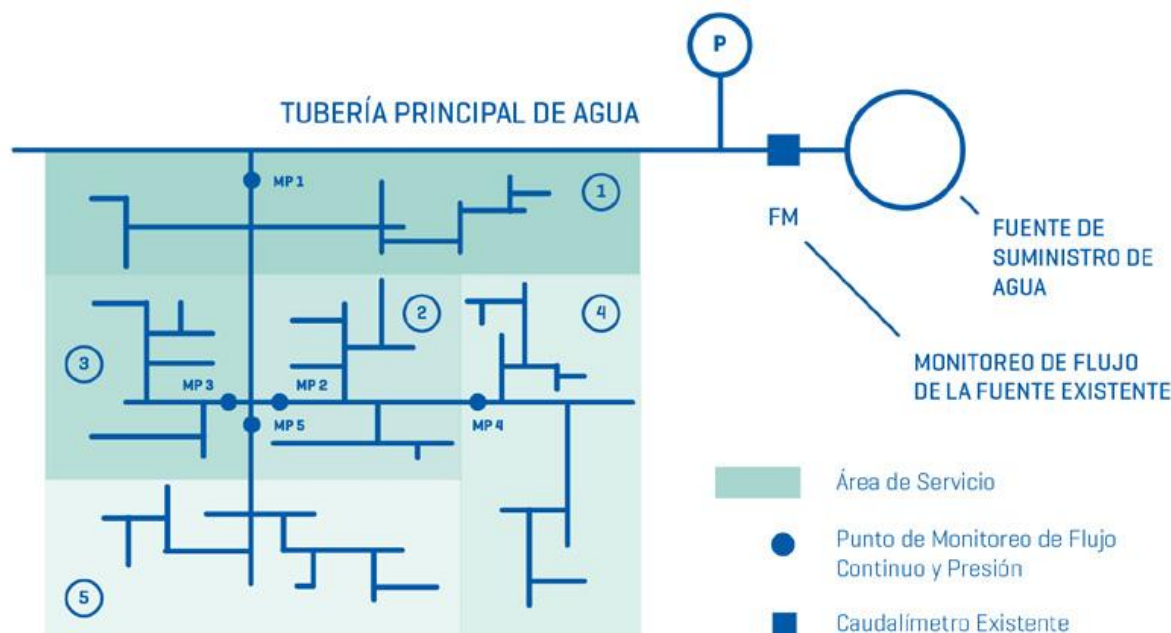
Al dividir el sistema en varios distritos hidrométricos sub-medidos, se pueden identificar áreas en las que el agua no facturada es predominante y desarrollar planes de acción e intervención específicos para reducir las pérdidas.

Mellinger, 2017

Gestión de la Presión en la red de suministro.

Los beneficios comprobados de la gestión de la presión en los sistemas de distribución un menor número de fallas de tuberías y de fugas. Esto lleva a reducir los costos de reparación y reinstalación, así como a un mejor servicio.

Un área de gestión de presión es un Distrito Hidrométrico permanentemente aislado con control de presión y medición utilizada para controlar las fugas de fondo y fugas no reportadas, y para ayudar en la reducción de las frecuencias de roturas.

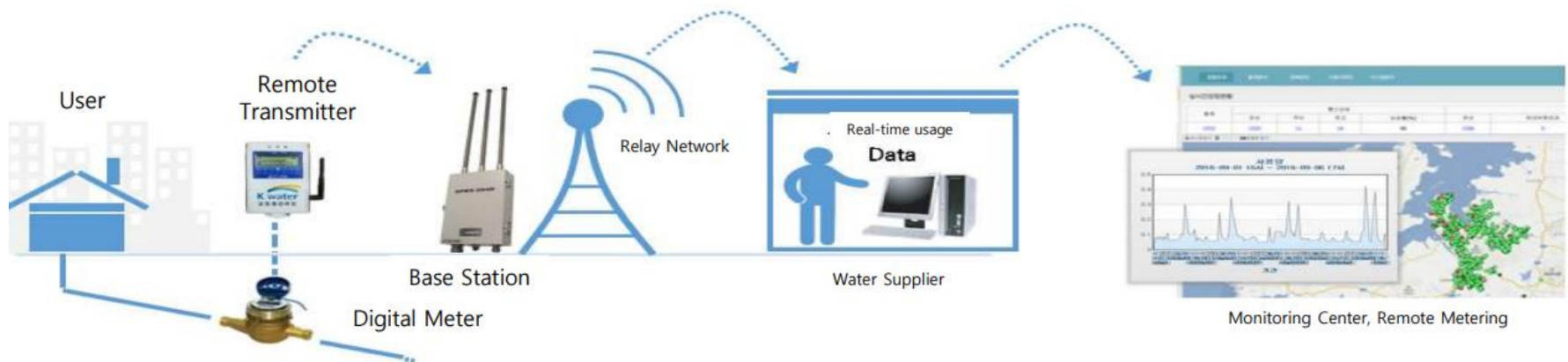


Mellinger, 2017

Monitoreo de calidad del agua a distancia

Las ventajas de utilizar el monitoreo a distancia son:

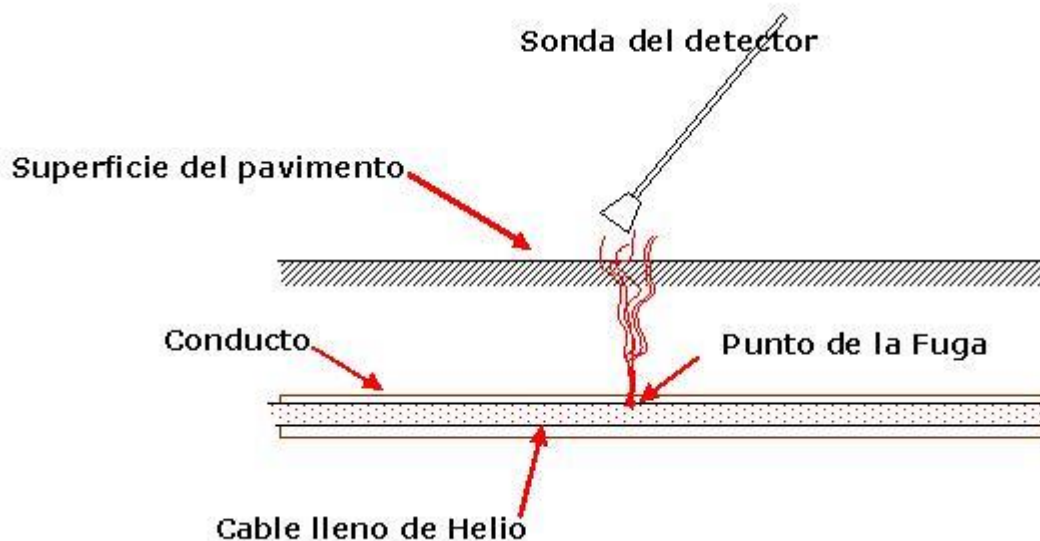
- Permitir la corrección de problemas en poco tiempo
- Mejorar la calidad del agua distribuida
- Proteger a la salud pública mediante alertas tempranas ante un cambio en la calidad
- Identificar escenarios de contaminación de graves consecuencias que de otro modo tomaría más tiempo detectar e implementar soluciones
- Ahorrar en costos de operación, mantenimiento y reemplazo



Detección de Fugas por Medio de Helio

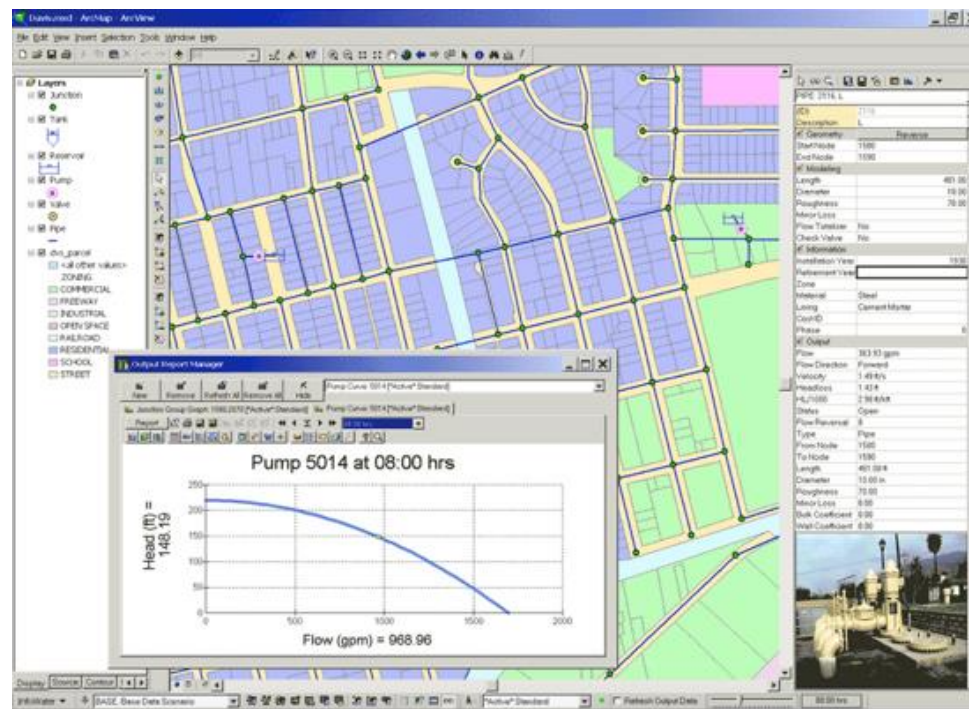
El gas helio es inyectado en una tubería de agua a través de componentes de acero inoxidable. Se hace circular el helio disuelto a través la red por medio de la operación normal del sistema. El gas emerge a la superficie del suelo a través de fugas en el sistema (roturas de tuberías, conexiones, líneas de servicio, medidores, etc.) Dado que el helio es 5 veces más liviano que el aire, una vez que la mezcla de helio y agua escapa de la tubería, el gas helio migra hacia la superficie del terreno.

El recorrido de la tubería es rastreado por encima del suelo con equipo especializado que detecta la concentración del helio en la atmósfera. Una concentración de helio anormalmente alta medida por encima de la superficie del suelo es indicativa de una fuga.



Aplicaciones GIS claves para servicios de abastecimiento

- Red de tuberías — diámetro interior, material, fecha de instalación, e historial de fallas de líneas y reparaciones.
- Válvulas: ID, coordenadas de ubicación, elevación, tamaño, material, fecha de instalación, número de serie y estado (abierta, cerrada o parcialmente abierta)
- Bombas: ID, marca, modelo, elevación central de descarga, peso, fechas de reparaciones y de instalaciones, registros de mantenimiento, capacidad, tamaño del motor, y estado;
- Ubicación de tanques de almacenamiento: coordenadas, material, elevación, capacidad.



Gracias



Marzo 2018
Dr. Felipe I. Arreguín Cortés
Director General
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua