

# CONAZA Y ATENCIÓN A LA SEQUÍA

---

ING. RAMÓN ANTONIO SANDOVAL NORIEGA  
DIRECTOR GENERAL DE CONAZA



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



**2022** *Ricardo Flores*  
*Año de Magón*  
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

# ANTECEDENTES



La Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA) es una entidad descentralizada de la SADER cuya misión es “... mejorar las condiciones de las comunidades rurales de las zonas áridas...”

Para cumplir su misión, la CONAZA construye pequeñas obras hidráulicas para suministro de agua con fines domésticos y productivos.

Desafortunadamente, las zonas áridas están sujetas a sequías; por lo que, durante sequías prolongadas, la efectividad de las soluciones que implementa la CONAZA se reduce significativamente.

Por consiguiente, la CONAZA consideró importante diseñar estrategias para mitigar los efectos de la sequía para su población objetivo a través de la estimulación de lluvias.



# ATENCIÓN A LA SEQUÍA

*“Actividades relativas al pronóstico de la sequía y encaminadas a reducir la vulnerabilidad de la sociedad y de los sistemas naturales a la sequía en cuanto se relaciona con la lucha contra la desertificación”*

La CONAZA tiene estrategias para la mitigación de la sequía, incluyendo:

- Estimulación de lluvias: 9 millones de ha en 2021 y 10.2 millones de ha para 2022
- Sustitución de cultivos de alta demanda hídrica por cultivos de baja demanda hídrica (
- Mejoramiento de la cobertura vegetal con especies de porte bajo (pastos, arbustivas, etc.) y/o especies nativas (adaptadas a las condiciones xéricas).

- Sequía: Fenómeno que se produce naturalmente cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de producción de recursos de tierras;

# BASES CIENTÍFICAS DE LA ESTIMULACIÓN DE LLUVIA

Establecidas por el equipo de Irving Langmuir, Premio Nobel de Química de 1932, investigando fenómenos de superficie en sistemas de gases en un laboratorio de la GE en Nueva York.

- En 1946, Vincent Shaefer, introdujo hielo seco en un ambiente de vapor de agua sobresaturado, provocando la cristalización de agua (hielo)
- En 1947, Bernard Vonnegut encontró que el yoduro de plata provocaba la nucleación de moléculas de vapor de agua y su precipitación posterior



Fotografía de los primeros intentos de siembra de nubes del equipo de General Electric en Amsterdam, Nueva York, que muestra las huellas de una vuelta en "U" del avión que hizo la aplicación con yoduro de plata



# PROYECTO DE ESTIMULACIÓN DE LLUVIA

|        |                                                   |    |
|--------|---------------------------------------------------|----|
| 3.6.   | PRUEBA DE FACTIBILIDAD DE LA TECNOLOGÍA.....      | 17 |
| 3.6.1. | DESCRIPCIÓN DE EVENTOS FACTIBLES DE SIEMBRA ..... | 18 |
| 3.6.2. | CAPTURA DE INFORMACIÓN DE CAMPO.....              | 18 |
| 3.6.3. | ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....                      | 18 |
| 3.6.4. | RESULTADOS ESPERADOS.....                         | 18 |
| 3.7.   | ESCALAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA.....                | 18 |
| 3.7.1. | ESTRATEGIA DEL ESCALAMIENTO.....                  | 19 |
| 3.7.2. | IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS .....            | 19 |
| 3.7.3. | ENFOQUE DE LA ESTIMULACIÓN .....                  | 20 |

# OBJETIVOS DEL PROGRAMA ESTIMULACIÓN DE LLUVIA



## OBJETIVO PRINCIPAL

Mitigar los efectos de la **sequía** en las zonas áridas y semiáridas, que son las regiones más susceptibles y donde son más intensas.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Incrementar la producción de las actividades económicas de la población objetivo de la CONAZA (agricultores de temporal, ganadería y aprovechamiento de flora y fauna silvestres) para mejorar su bienestar;

Asegurar el suministro de agua a los asentamientos humanos afectados y otras actividades económicas por la concentración de escurrimiento en las cuencas de captación de obras de almacenamiento



# CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE PROYECTOS DE ESTIMULACIÓN DE LLUVIA



## CRITERIOS

- Zona donde la sequía está presente y/o más intensa;
- Presencia de formaciones de nubes que puedan ser interceptadas (dirección de tormentas);
- Áreas donde se concentra la población objetivo de la CONAZA;
- Áreas que puedan contribuir con el escurrimiento para el suministro de agua a asentamientos humanos y otras actividades productivas

## COBERTURA AÉREA

- Existe el potencial de trabajar en polígonos de hasta 2 millones de ha con la tecnología existente y que está dando resultados con equipo aéreo apropiado.





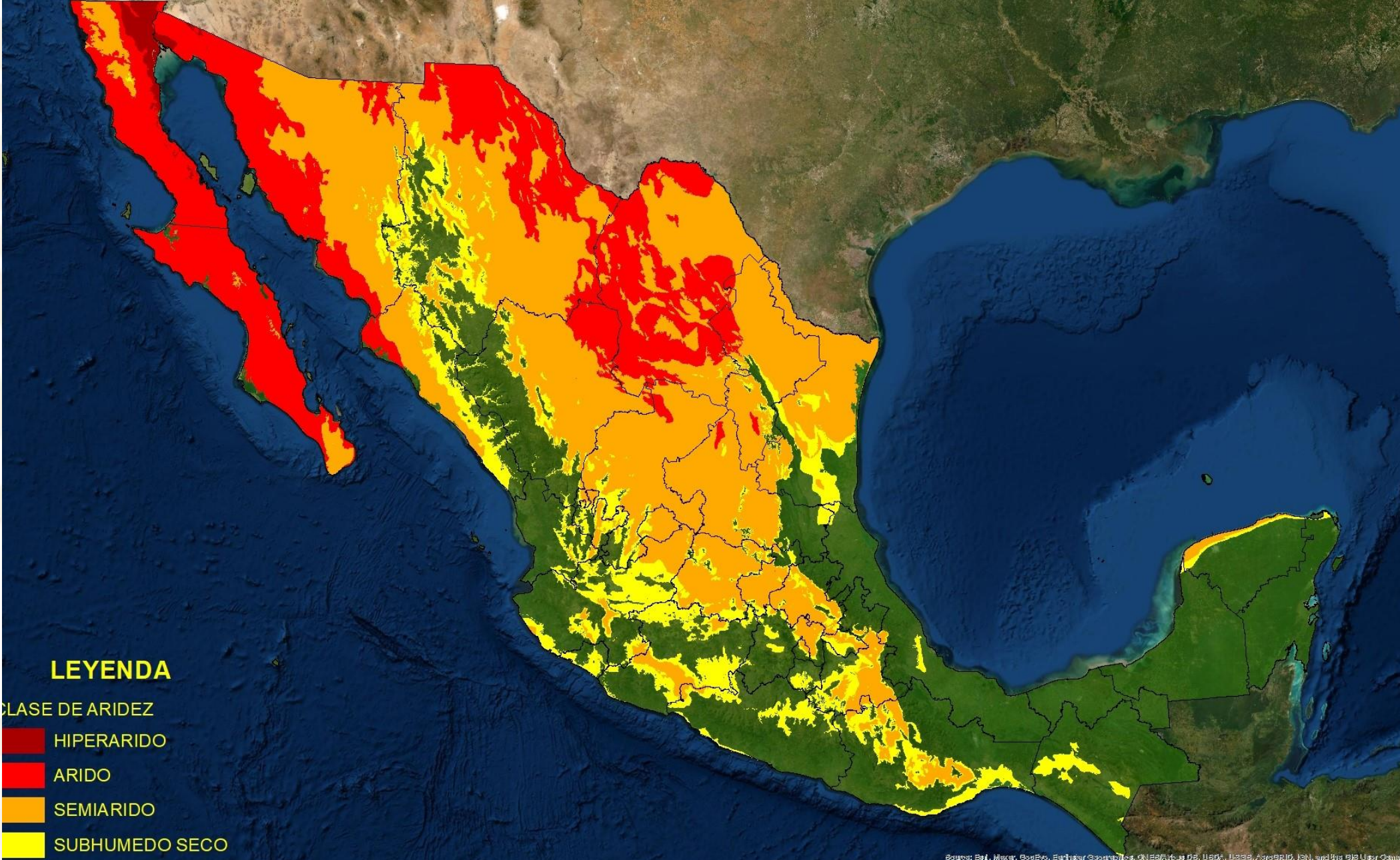
# CONDICIÓN DE LA SEQUÍA A LARGO PLAZO

(ÍNDICES DE  
ARIDEZ)

## LEYENDA

CLASE DE ARIDEZ

- HIPERARIDO
- ARIDO
- SEMIARIDO
- SUBHUMEDO SECO





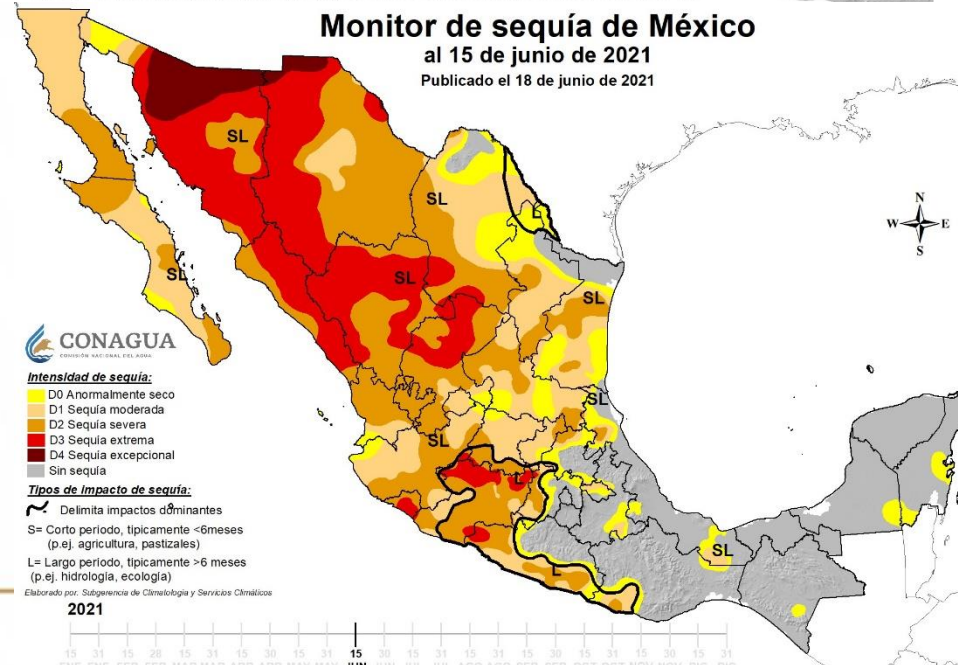
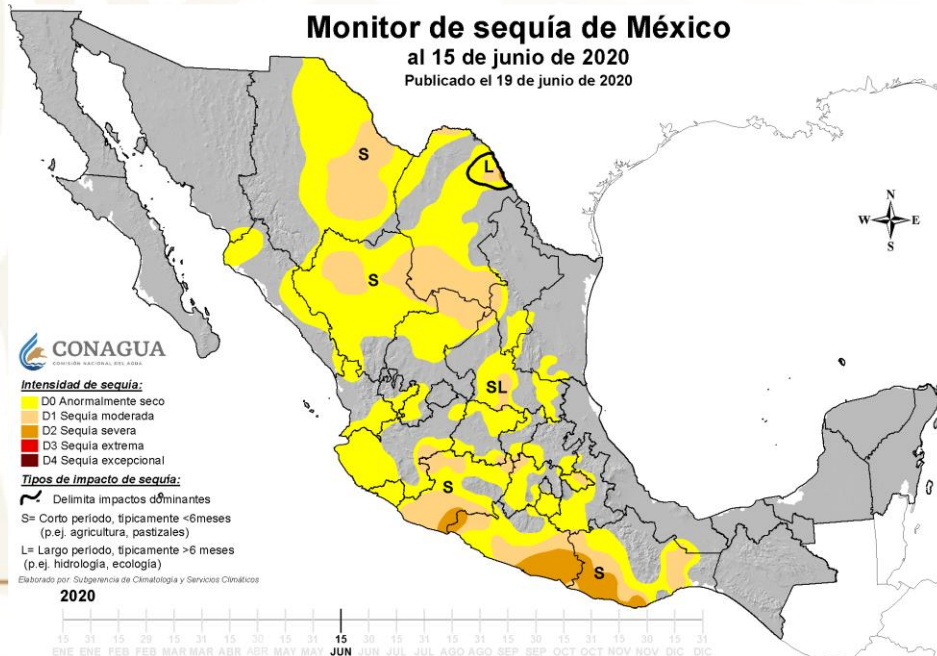
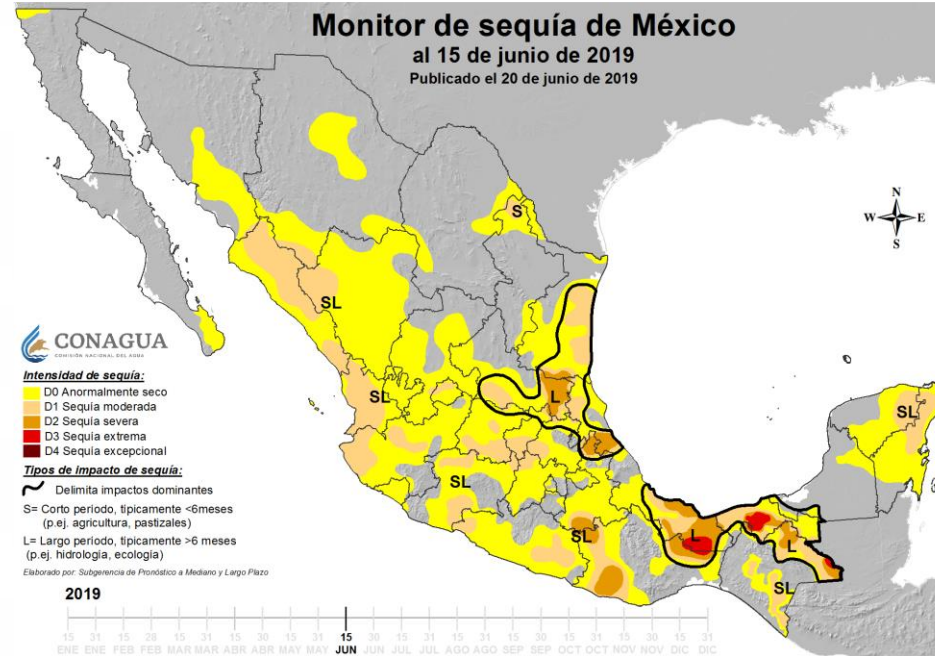
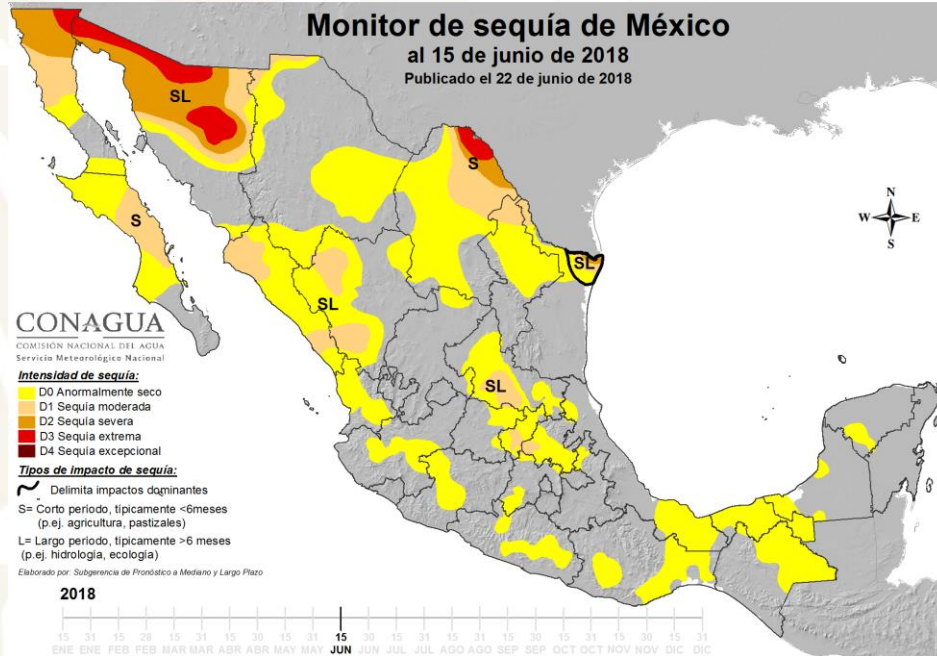
# NORTEAMÉRICA (INDICADOR DE SEQUÍA DE CORTO PLAZO)



Parámetros o variables que usa el Monitor de la Sequía:

- Índice Estandarizado de Precipitación (SPI), cuantifica déficit, o exceso, de precipitación (30, 90, 180, 365 días);
- Anomalía de Lluvia, Porcentaje de la Normal (30, 90, 180, 365 días);
- Índice Satelital de Salud de la Vegetación (VHI), grado de estrés de la vegetación a través de la radiancia observada;
- Modelo de Humedad del Suelo (Leaky Bucket CPC-NOAA), estima la humedad del suelo mediante un modelo hidrológico de una capa,
- Índice Normalizado de Diferencia de la Vegetación (NDVI),
- Anomalía de la Temperatura Media,
- Porcentaje de Disponibilidad de Agua en las presas del país y la aportación de expertos locales.





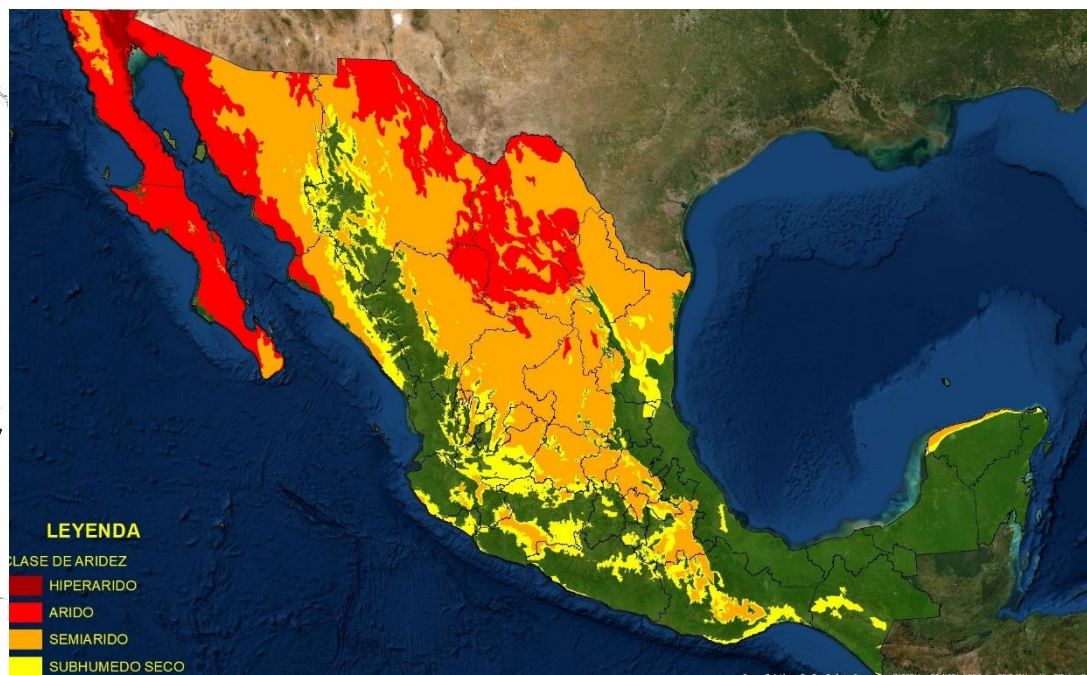
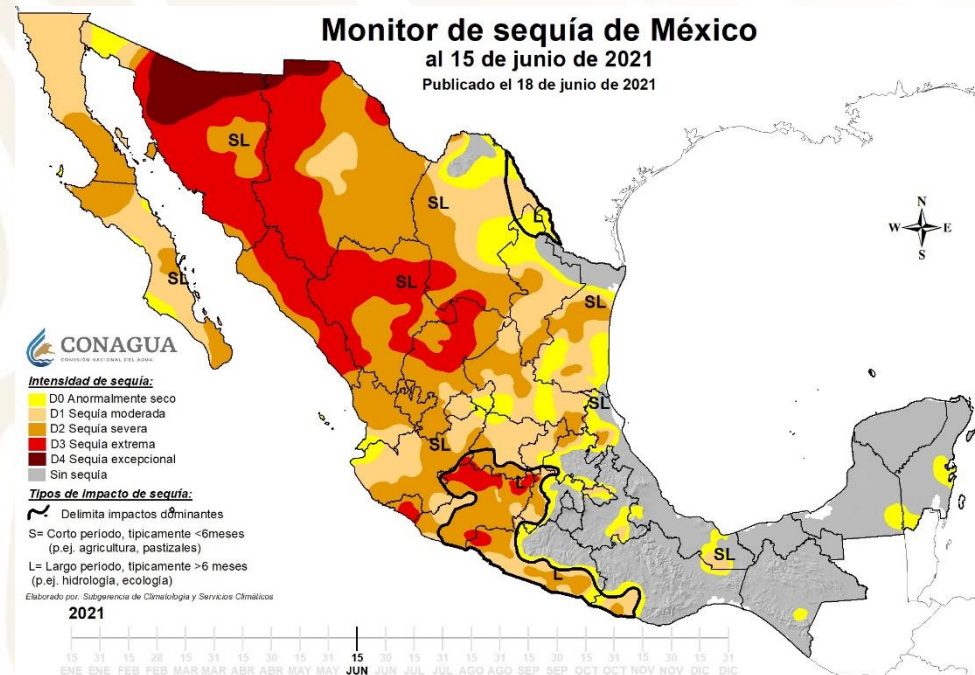
ÚLTIMOS  
CUATRO  
AÑOS  
(MONITOR  
DE LA  
SEQUÍA DE  
LA  
CONAGUA)



## Monitor de sequía de México

al 15 de junio de 2021

Publicado el 18 de junio de 2021



COMPARACIÓN  
DE  
LA CONDICIÓN  
DE LA SEQUÍA  
DE CORTO Y  
LARGO PLAZO

ÚLTIMO  
REPORTE  
(MONITOR DE  
LA SEQUÍA DE  
LA CONAGUA)



# TECNOLOGÍA DE ESTIMULACIÓN DE LLUVIA

---

## TECNOLOGÍA USADA POR CONAZA

La estimulación de lluvia se lleva a cabo con un agente coalescente (basado en Ioduro de Plata, AgI) asperjado desde un avión bimotor equipado con un tanque con el reactivo y otro tanque presurizado, desde el cual se aplica el reactivo como un sistema de riego por aspersión, a una formación de nubes que reúnen condiciones físicas (humedad, temperatura y presión) que favorecen la precipitación.

La aplicación se hace en una superficie (polígono de estimulación) donde se conjuntan la población objetivo de la CONAZA, las mejores condiciones para la estimulación y la presencia de infraestructura de almacenamiento de agua

Esto implica un equipo de meteorólogos, hidrólogos y expertos en sensoría remota, y la disponibilidad de aviones y personal entrenado en vuelos en nubes.

# EQUIPO DE TRABAJO



## PERSONAL

- Equipo de meteorología para optimizar los vuelos y verificar resultados;
- Equipo terrestres para instalar y registrar información pluviométrica;
- Equipo de operaciones aéreas, para administrar el reactivo;
- Equipo de soporte científico (sensoría remota) y procesamiento de información

## TRIPULACIÓN Y AERONAVES

- Aeronaves y tripulación (piloto, copiloto, mecánico y electrónico, meteorólogos).

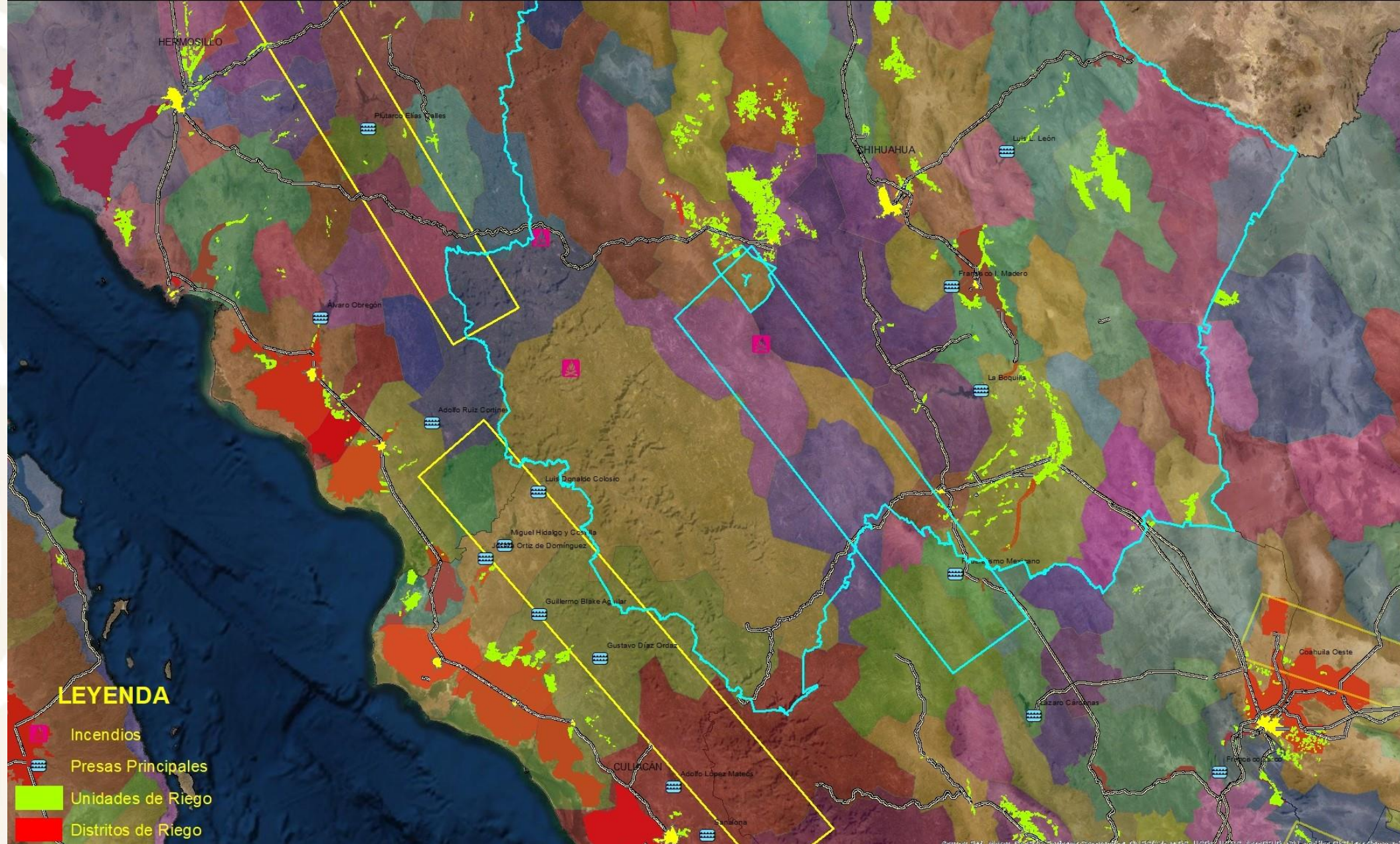




## PROCEDIMIENTO

Definición del polígono que asegure “exceso de precipitación” (condiciones atmosféricas, población objetivo y otros demandantes de agua, y presencia de cuerpos de agua);  
Instalación de 20 pluviómetros para verificar información;  
Programación de vuelos, con base en pronósticos meteorológicos, sobre posibles sitios de “aspersión” del reactivo;  
Aplicación de los protocolos de seguridad y del procedimiento el día del vuelo;  
Liberación del reactivo por la tripulación y personal en el avión;  
Captura y comunicación de lluvia colectada en pluviómetros;  
Captura, proceso y análisis de información en gabinete;  
Captura, proceso y análisis de información satelital relevante





# POLÍGONOS DE ESTIMULACIÓN EN EL VERANO DEL 2021

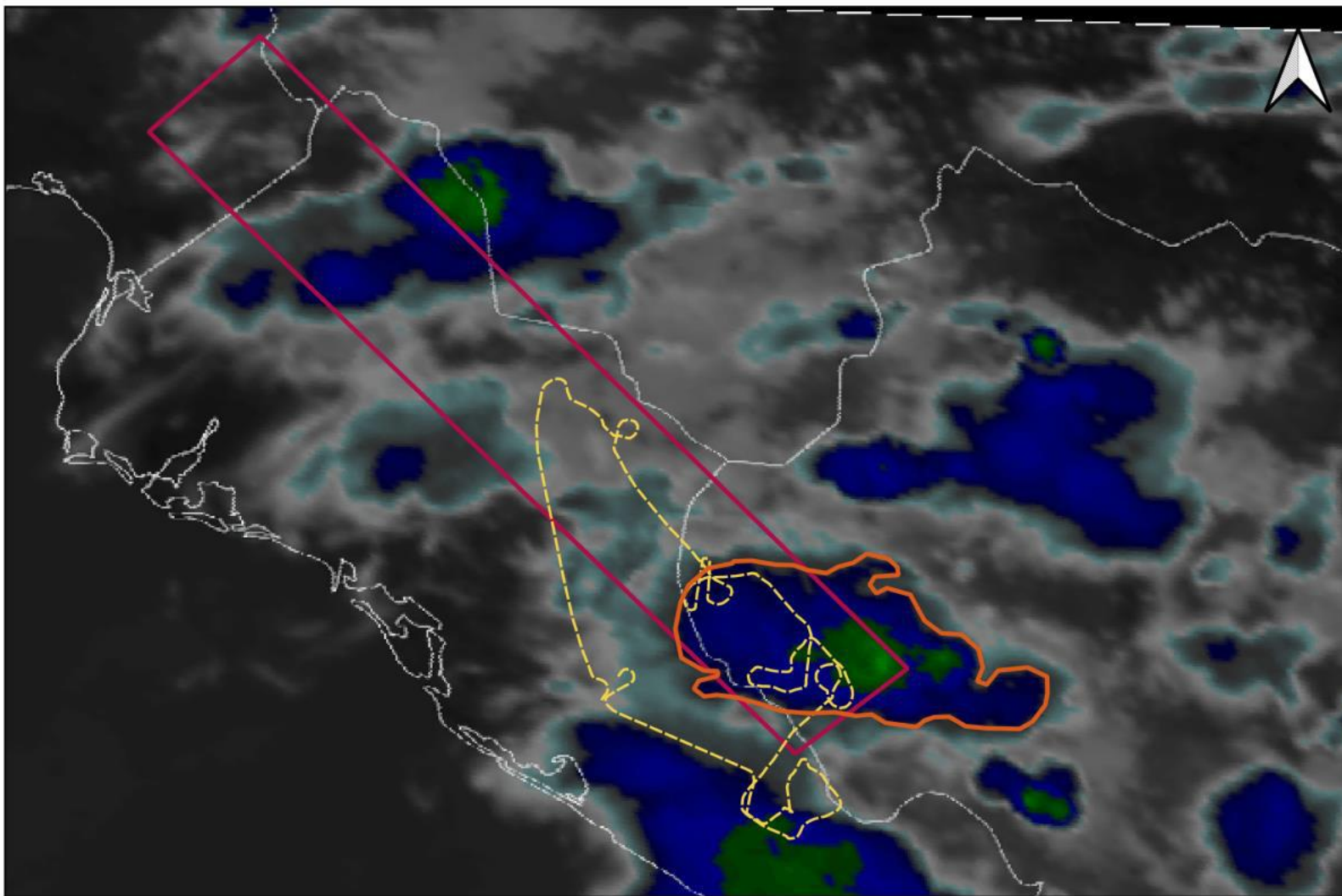


# IMÁGENES

---



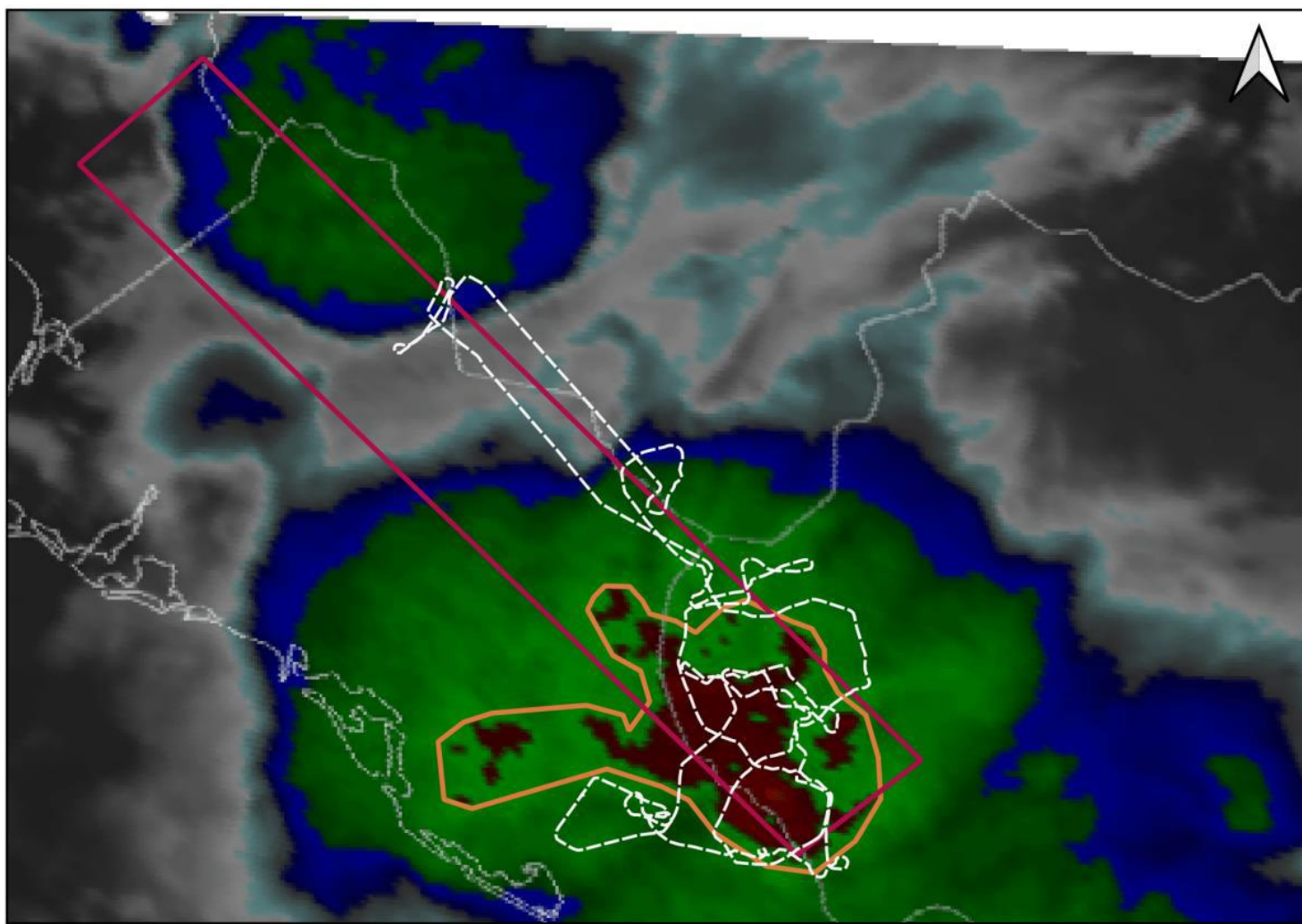
2021.  
El área  
aproxima  
da  
calculad  
a es de  
655,471.4  
4 ha.



EVENTO DEL 19 DE JULIO DE 2021

- Ruta de vuelo 9
- Extensión de la nube
- Polígono de Sinaloa

2021.  
El área  
aproxima  
da  
calculad  
a es de  
655,471  
ha.



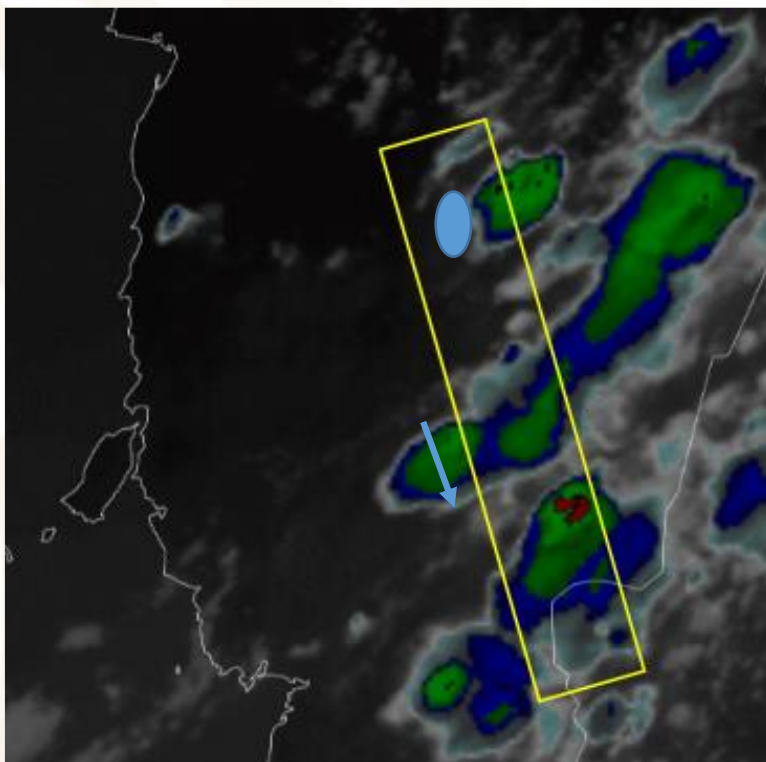
EVENTO DEL 21 DE JULIO DE 2021

0 75 150 km

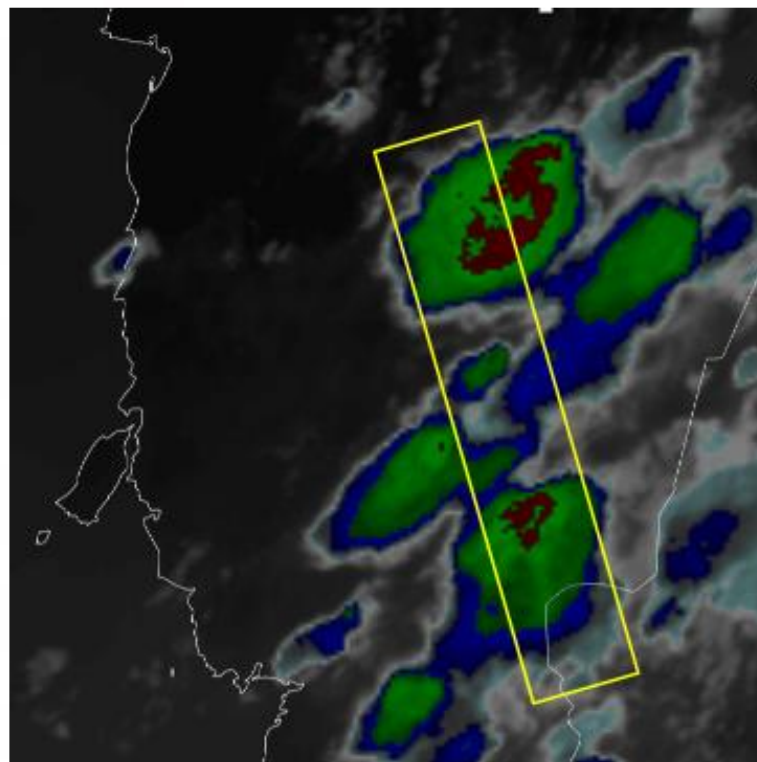
- Ruta de vuelo 10
- Extensión de la nube
- Polígono de Sinaloa



Inicio de estimulación: 16:55 hrs



Evolución de la nube a las 17:40 hrs.



Estación Rayón Pronóstico: 0.0 mm Registro: 10.0 mm Volumen inducido 7'236,442 m<sup>3</sup>  
Estación Ures Pronóstico: 0.4 mm Registro: 6.7 mm Volumen inducido: 51'791,134 m<sup>3</sup>

**Flecha  
azul:  
dirección  
del vuelo  
Recuadr  
o  
amarillo:  
Polígono  
del  
proyecto**



# EFFECTOS FUERA DE POLÍGONOS

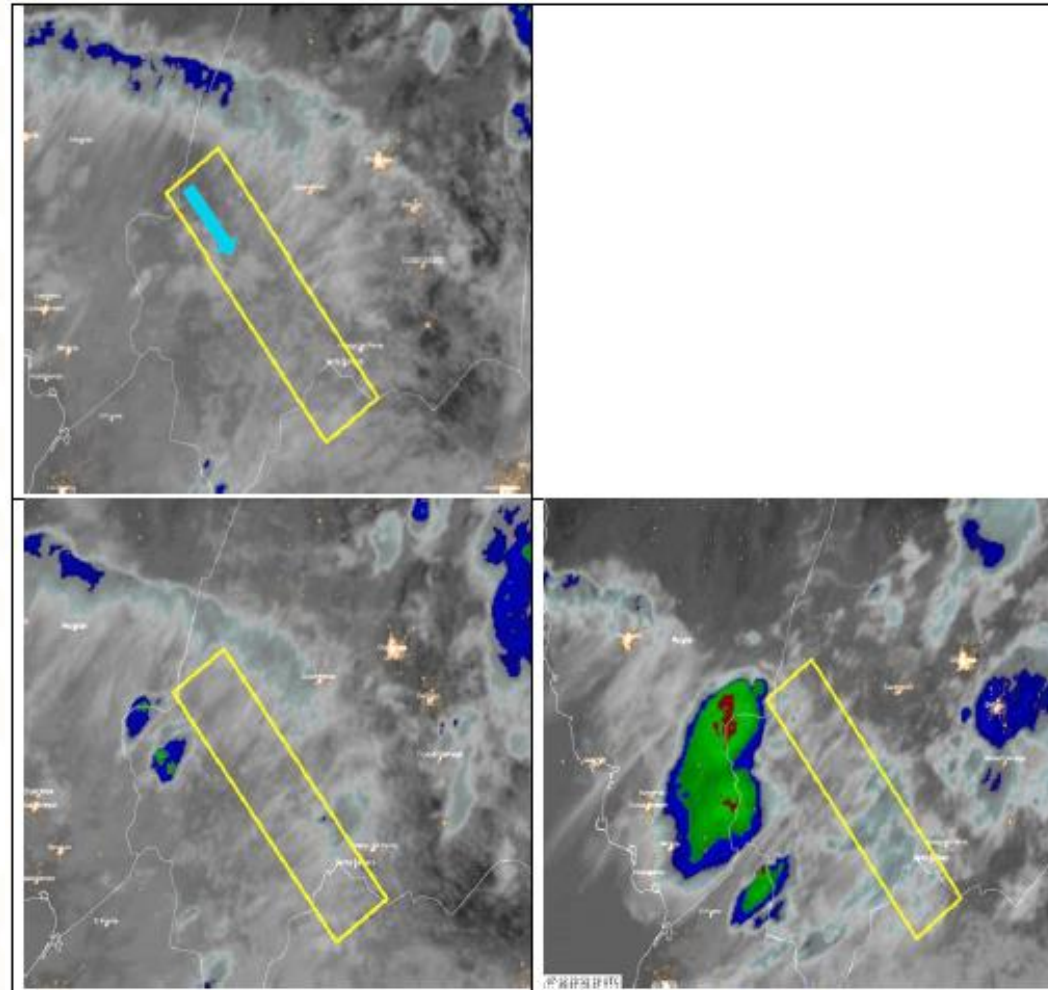


Figura 3. Vuelo del 12 de julio con trayecto de norte a sur. La foto superior izquierda muestra la trayectoria de la aplicación del reactivo a las 14:25. La foto inferior izquierda fue entre las 15:00 y las 16:00, y la foto inferior derecha es a las 16:50.

Fuente Imagen: Regional and Mesoscale Meteorology Branch, Cooperative Institute for Research in the Atmosphere, 2021.



# RESULTADOS

---

| POLÍGONO     | # DE VUELOS | PRECIPITACIÓN (mm) |                 | EXCESO DE LLUVIA (%) |
|--------------|-------------|--------------------|-----------------|----------------------|
|              |             | PRONOSTICADO       | REGISTRADO      |                      |
| CHIHUAHUA    | 26          | 1,036.30           | 1,273.90        | 22.93%               |
| SINALOA      | 26          | 1,531.30           | 2,513.70        | 64.15%               |
| SONORA       | 17          | 656                | 885.1           | 34.92%               |
| COA/DGO/ZAC  | 18          | 231.6              | 342.2           | 47.75%               |
| <b>TOTAL</b> | <b>87</b>   | <b>3,455.20</b>    | <b>5,014.90</b> | <b>45.14%</b>        |

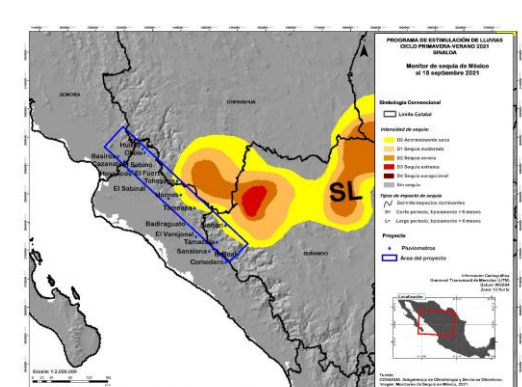
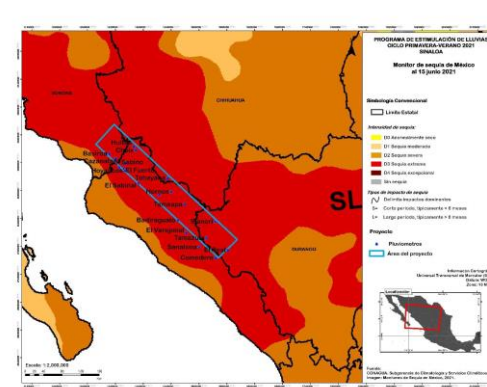
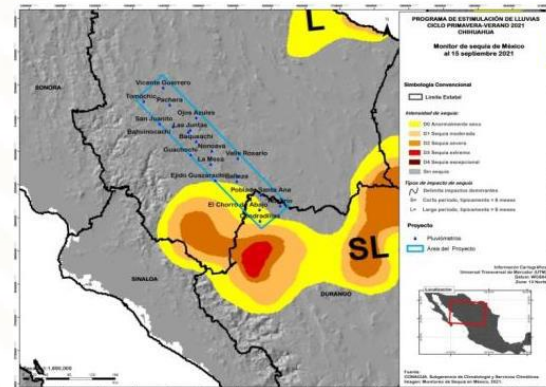
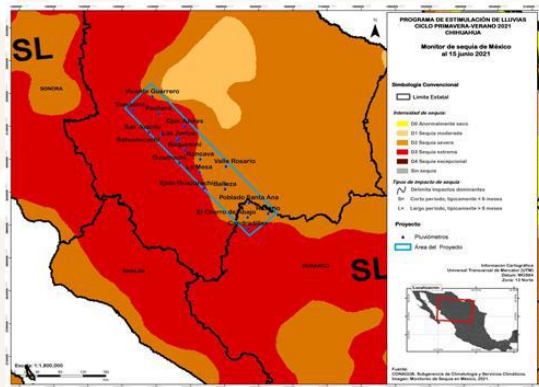
## 1. EFICACIA DE LA TECNOLOGÍA INCREMENTO DE PRECIPITACIÓN EN LOS PLUVIÓMETROS



## 2. EFICIENCIA DE LA TECNOLOGÍA NÚMERO DE VUELOS QUE LLOVIÓ DENTRO DEL POLÍGONO

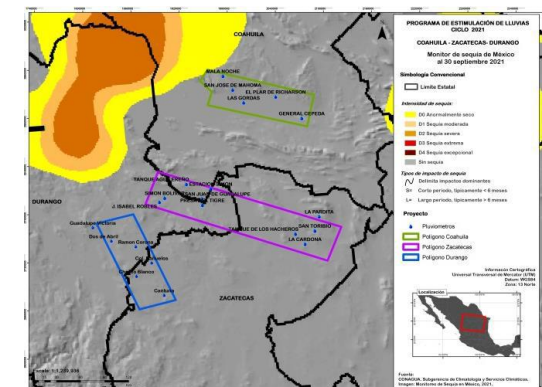
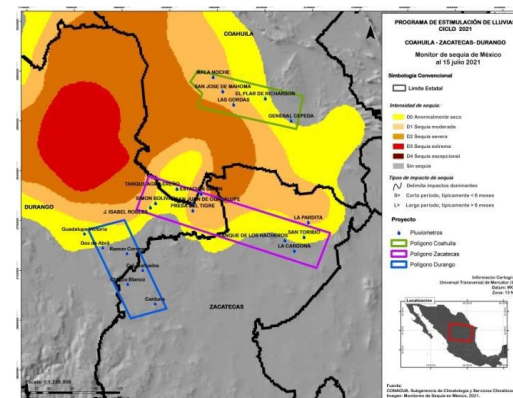
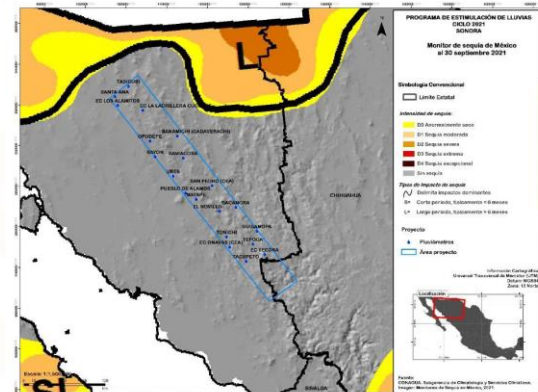
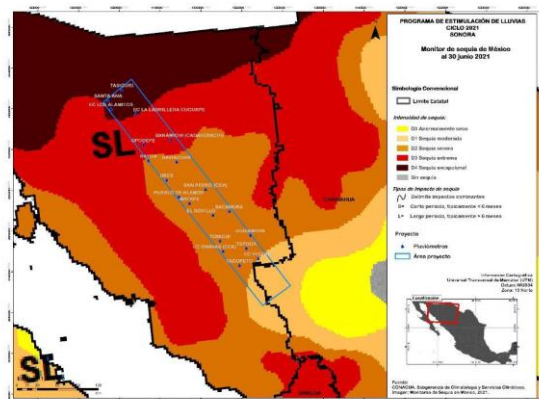
| POLÍGONO    | NÚMERO DE VUELOS |                            |                              | EFICIENCIA DE<br>VUELOS (%) |
|-------------|------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|             | TOTALES          | CON LLUVIA EN<br>POLÍGONOS | LLUVIA FUERA<br>DE POLÍGONOS |                             |
| CHIHUAHUA   | 26               | 25                         | 1                            | 96%                         |
| SINALOA     | 26               | 26                         | 0                            | 100%                        |
| SONORA      | 17               | 17                         | 0                            | 100%                        |
| COAHUILA*   | 10               | 7                          | 3                            | 70%                         |
| ZACATECAS * | 9                | 8                          | 1                            | 89%                         |
| DURANGO     | 3                | 3                          | 0                            | 100%                        |
| TOTAL       | 87               | 83                         | 5                            | 95%                         |

### 3. EFECTIVIDAD DE LA TECNOLOGÍA (CUMPLIMIENTO CON EL OBJETIVO GENERAL)



CHIHUAHUA PREVIO Y FINAL

SINALOA PREVIO Y FINAL



SONORA PREVIO Y FINAL

COAHUILA-DURANGO-ZACATECAS PREVIO Y FINAL

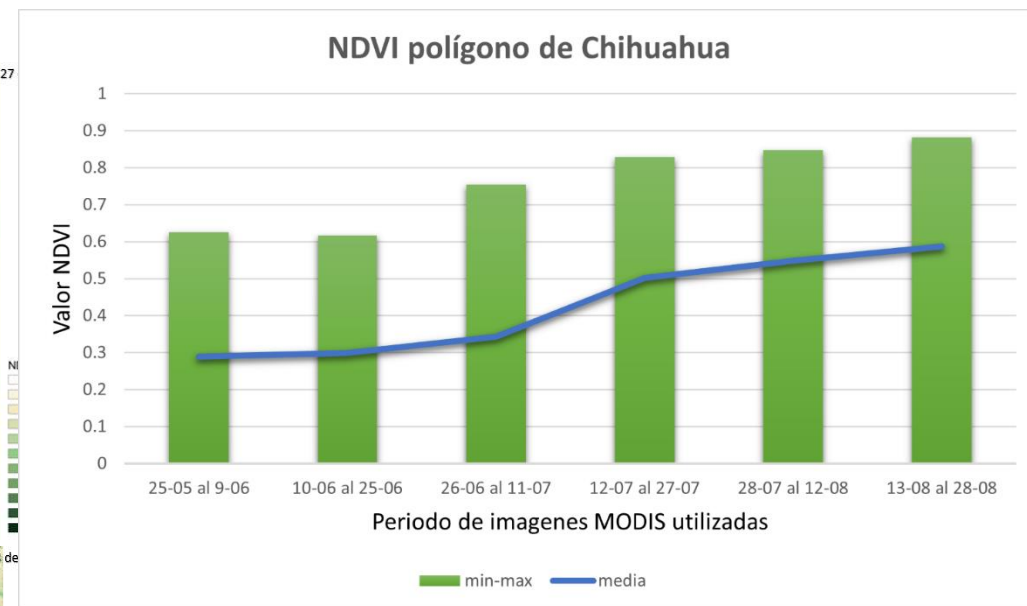
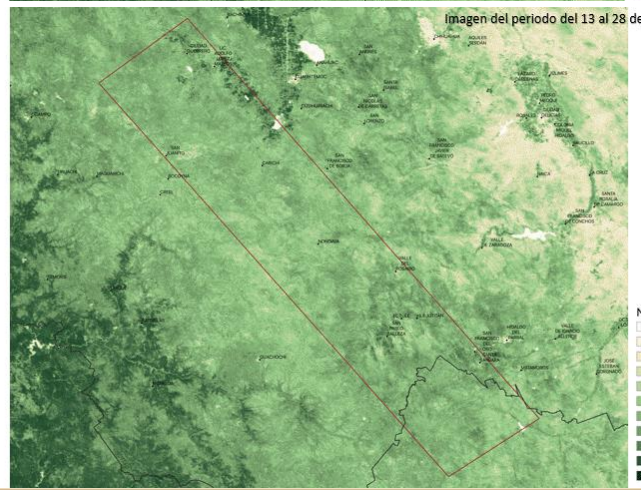
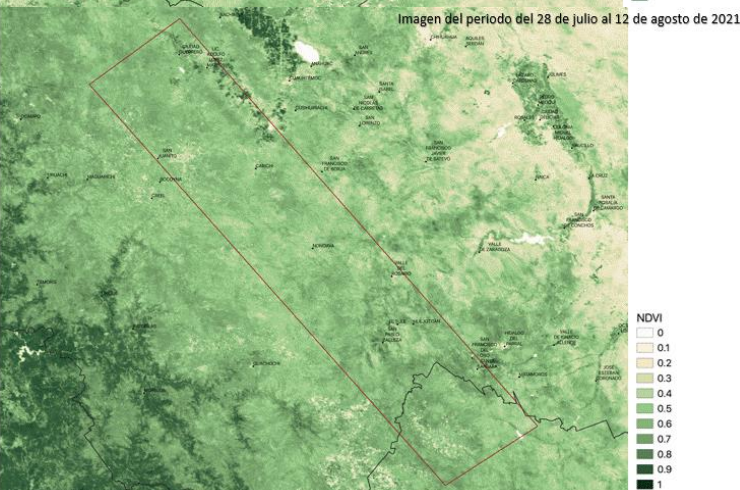
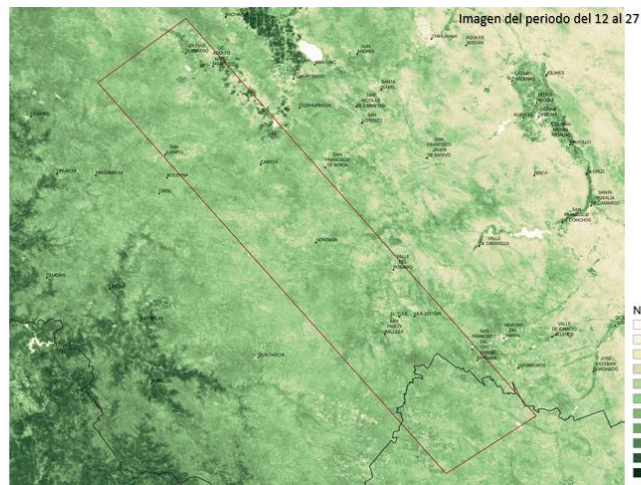
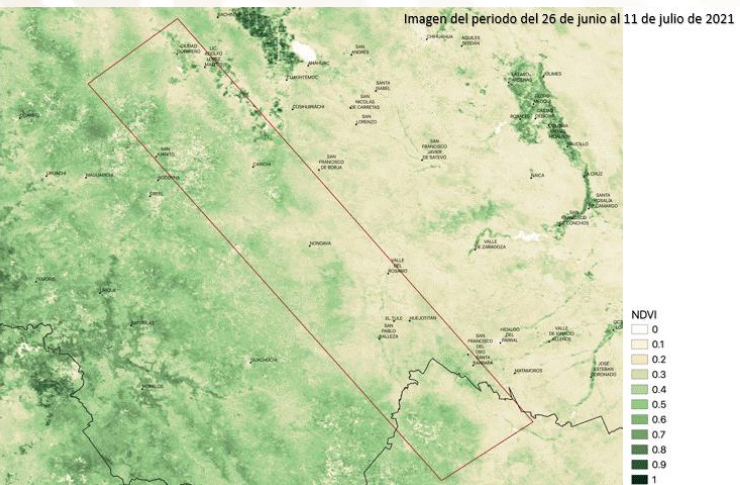


# IMPACTOS

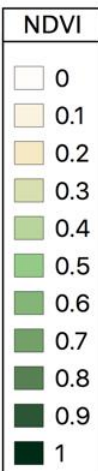
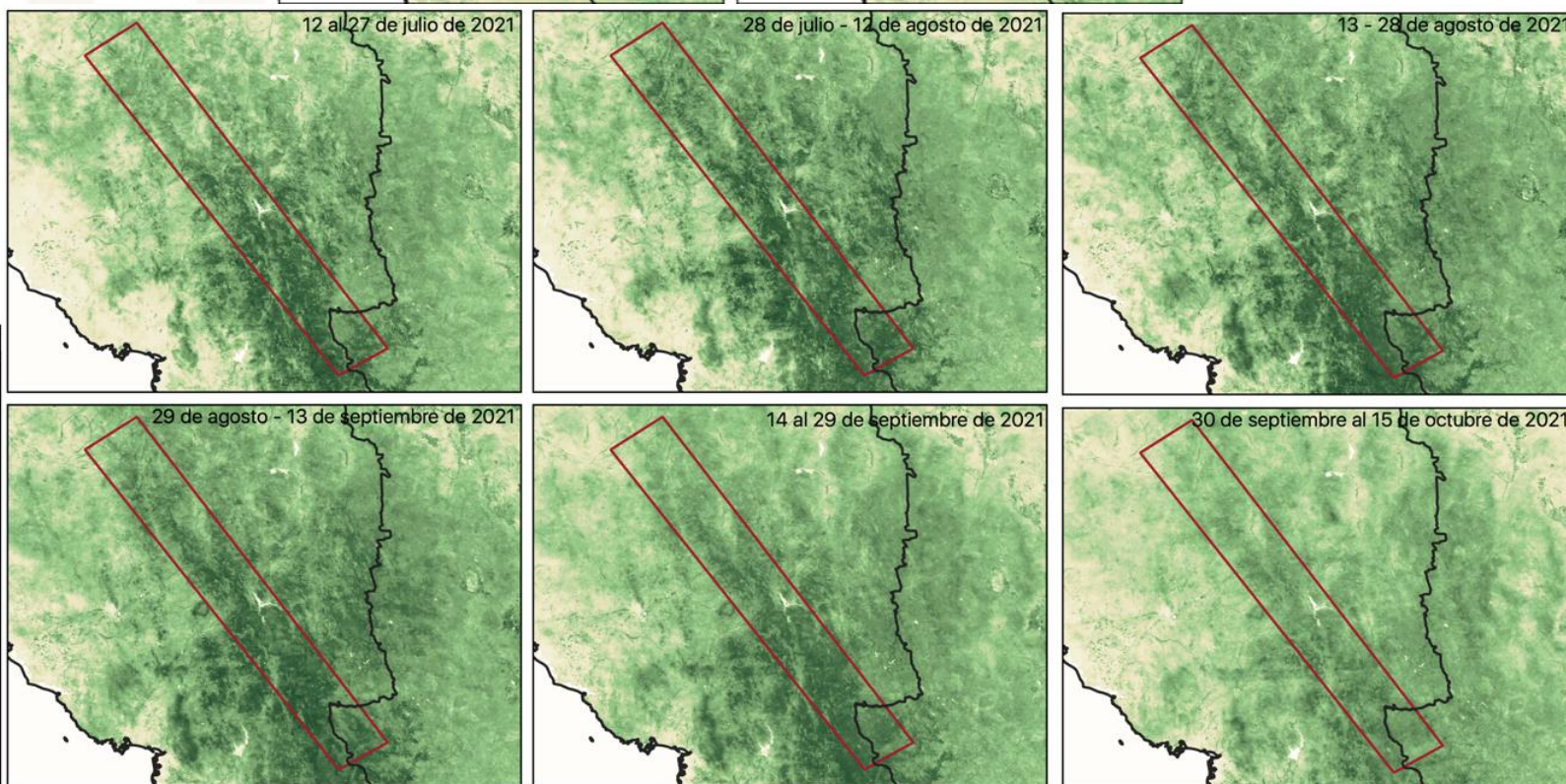
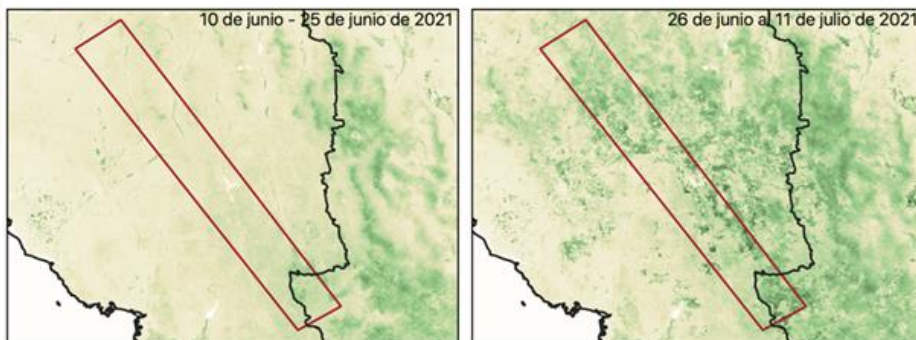
---

# IMPACTO 1

## INCREMENTO EN LA COBERTURA VEGETAL POLÍGONO DE CHIHUAHUA

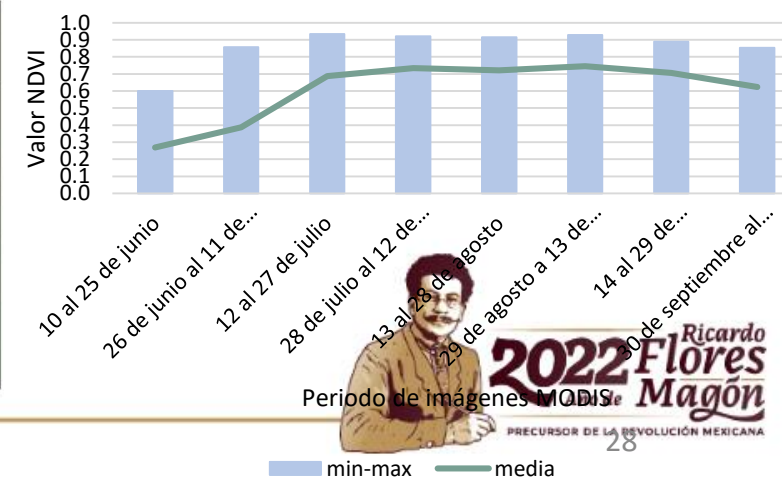






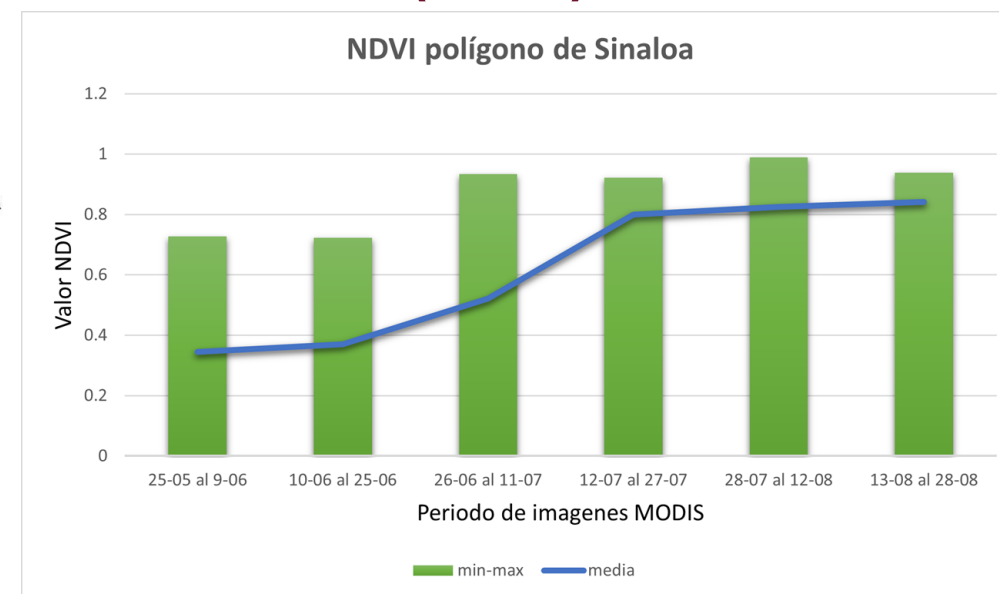
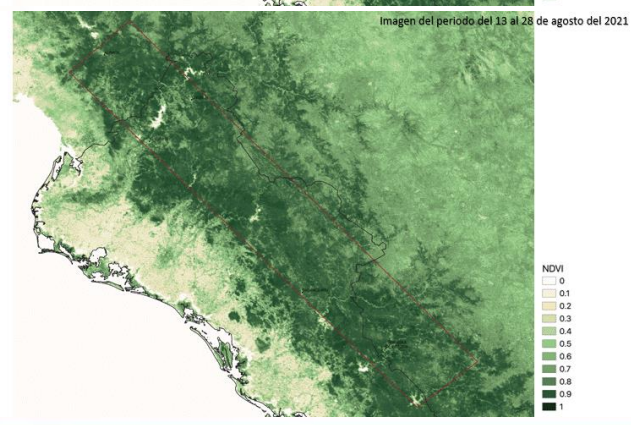
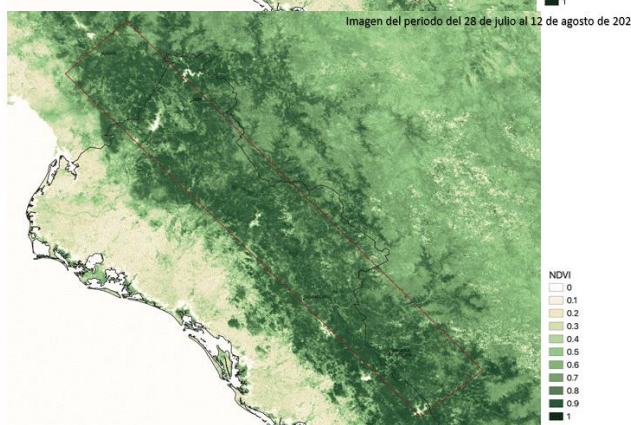
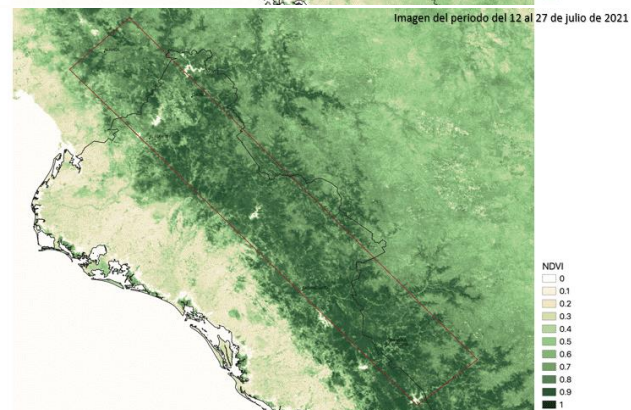
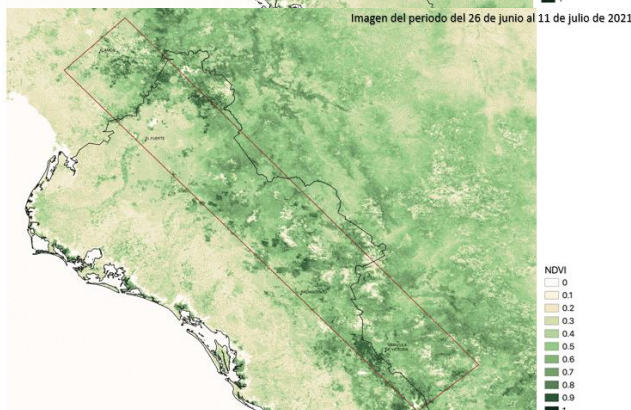
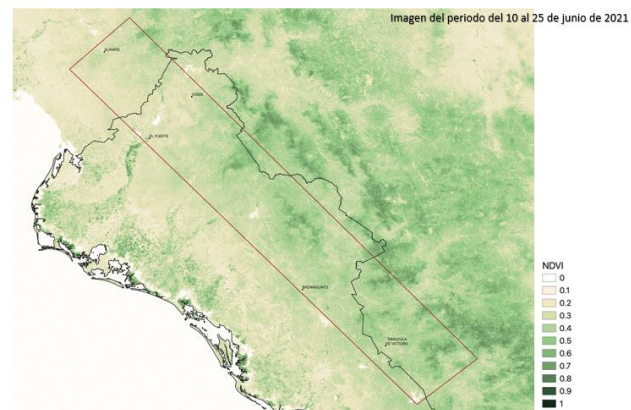
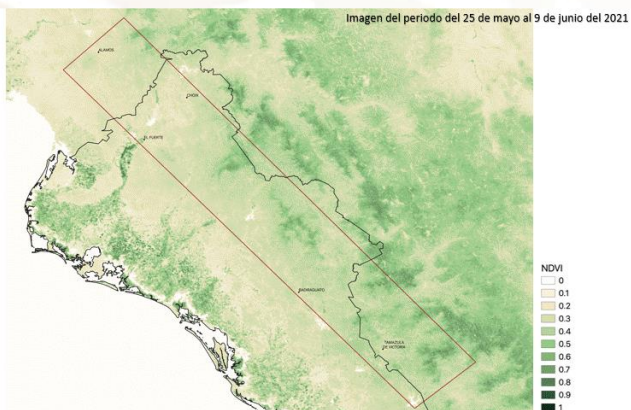
# IMPACTOS DEL PROYECTO: 1. PRODUCTIVIDAD EN EL POLÍGONO ("VERDOR") INDICADOR DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIAS NORMALIZADAS (NDVI)

NDVI polígono de Sonora



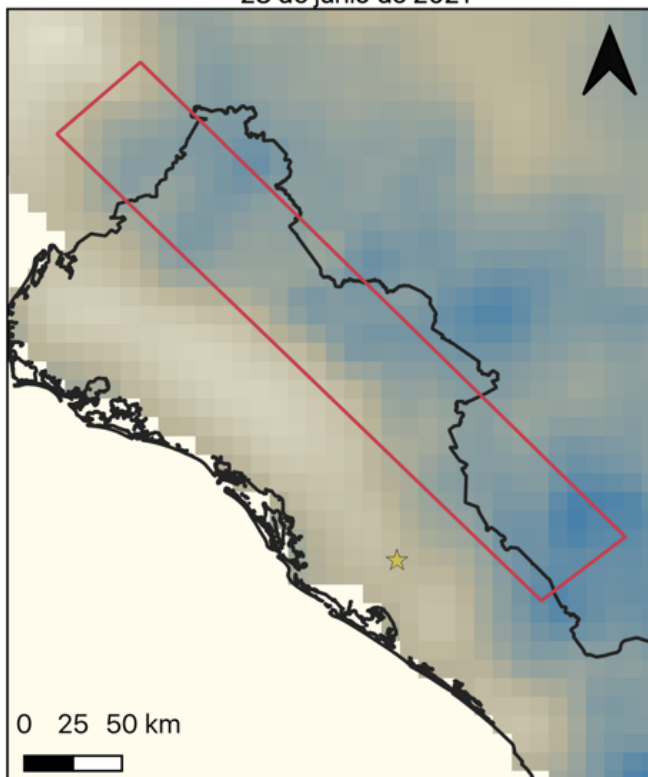


# IMPACTOS DEL PROYECTO: 1. PRODUCTIVIDAD EN EL POLÍGONO (“VERDOR”) INDICADOR DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIAS NORMALIZADAS (NDVI)

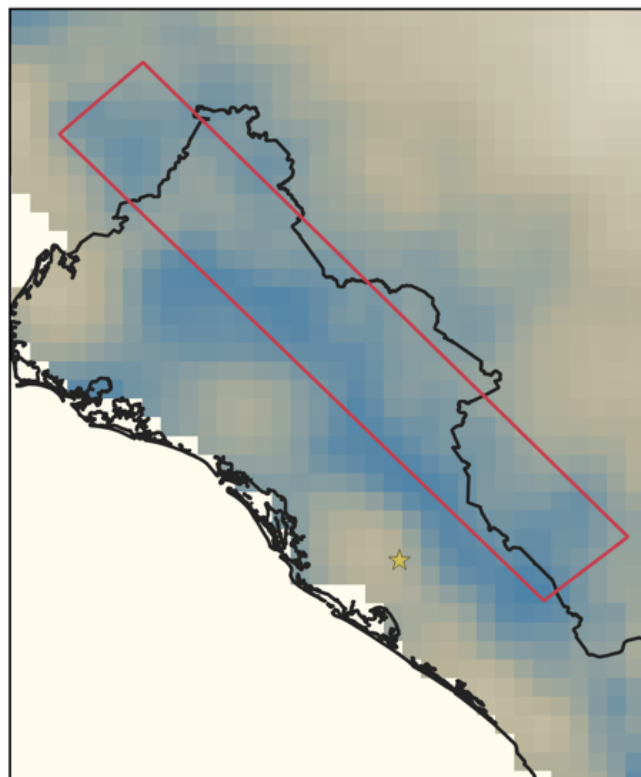




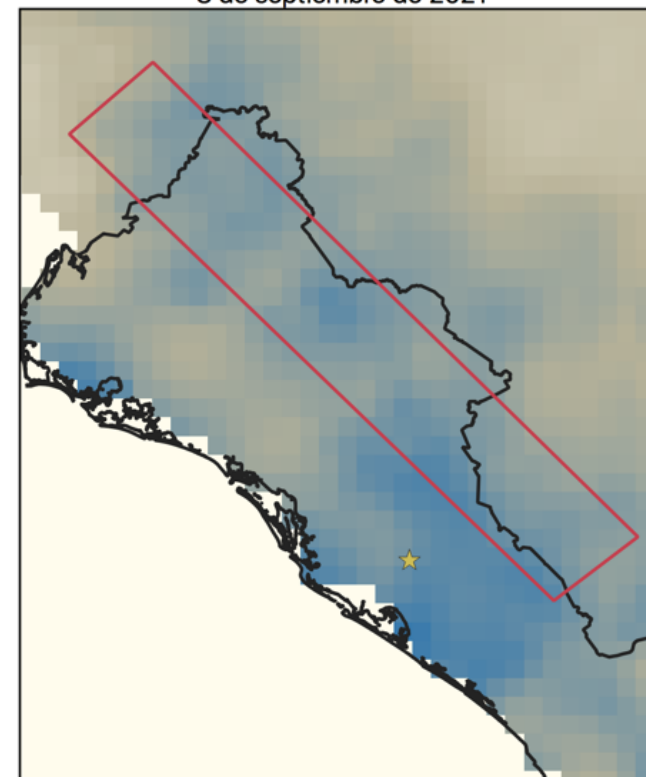
Previo al vuelo 1  
28 de junio de 2021



30 de julio de 2021



Posterior al vuelo 26  
8 de septiembre de 2021



Polígono de Sinaloa  
Aeropuerto

Surface soil moisture (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>)  
0 0.25 0.5 0.75 1

y posterior a los tratamientos.



Ricardo Flores  
2022 Año de Magón  
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

# IMPACTOS

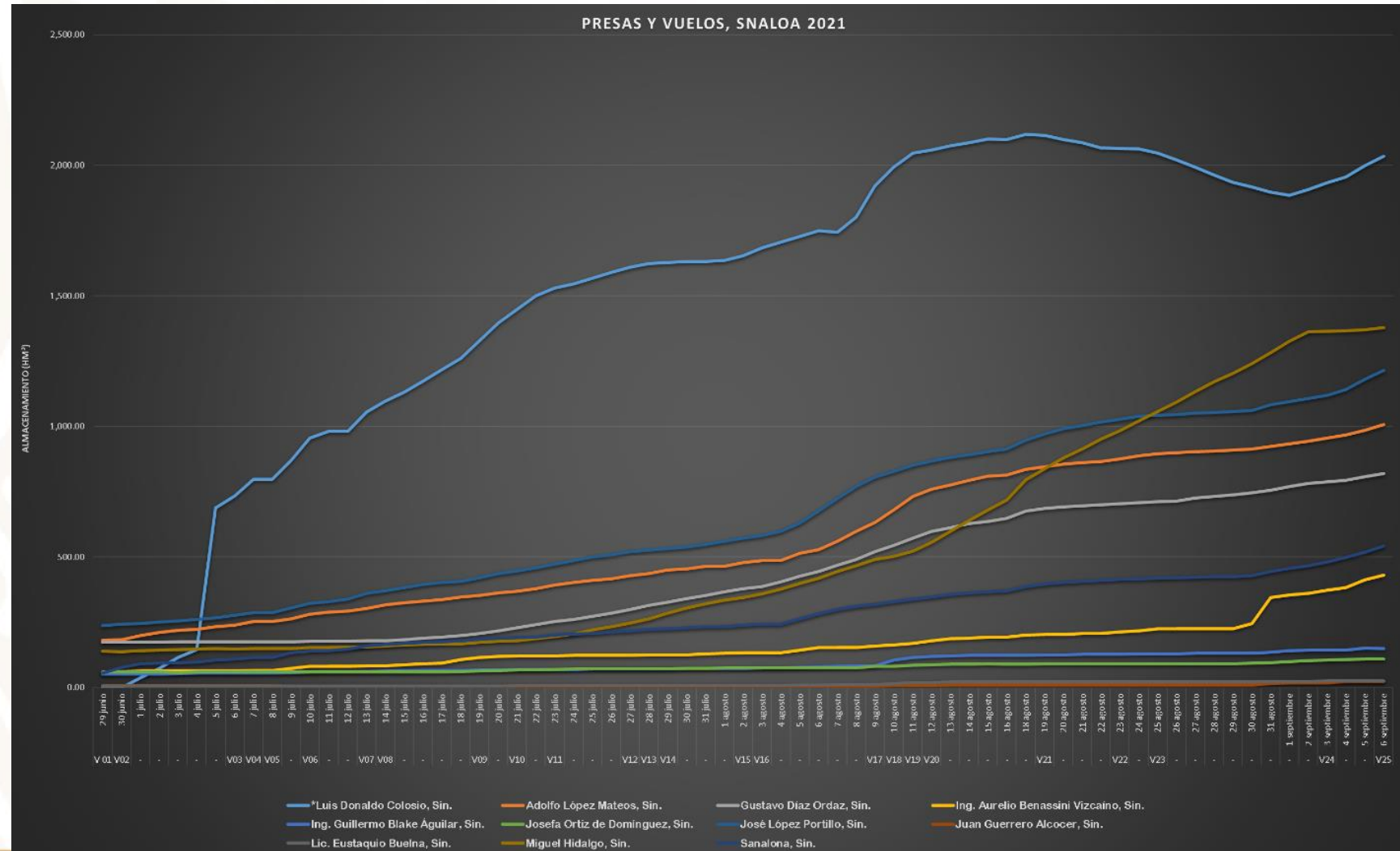
## 2. INCREMENTO EN EL ALMACENAMIENTO DE PRESAS

| POLÍGONO     | ALMACENAMIENTO (hm3) |                 |                  |                  | %             |
|--------------|----------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------|
|              | NAMO                 | INICIAL         | ACTUAL           | INCREMENTO       |               |
| SONORA       | 7,163.34             | 1,804.86        | 3,474.40         | 1,669.54         | 48.50%        |
| SINALOA      | 14,991.92            | 1,435.83        | 8,798.48         | 7,362.65         | 58.69%        |
| CHIHUAHUA    | 3,944.92             | 784.60          | 1,468.14         | 683.54           | 37.22%        |
| COAHUILA     | 3,109.70             | 1,173.69        | 1,930.76         | 757.07           | 62.09%        |
| <b>TOTAL</b> | <b>29,209.88</b>     | <b>5,198.98</b> | <b>15,671.79</b> | <b>10,472.81</b> | <b>53.65%</b> |



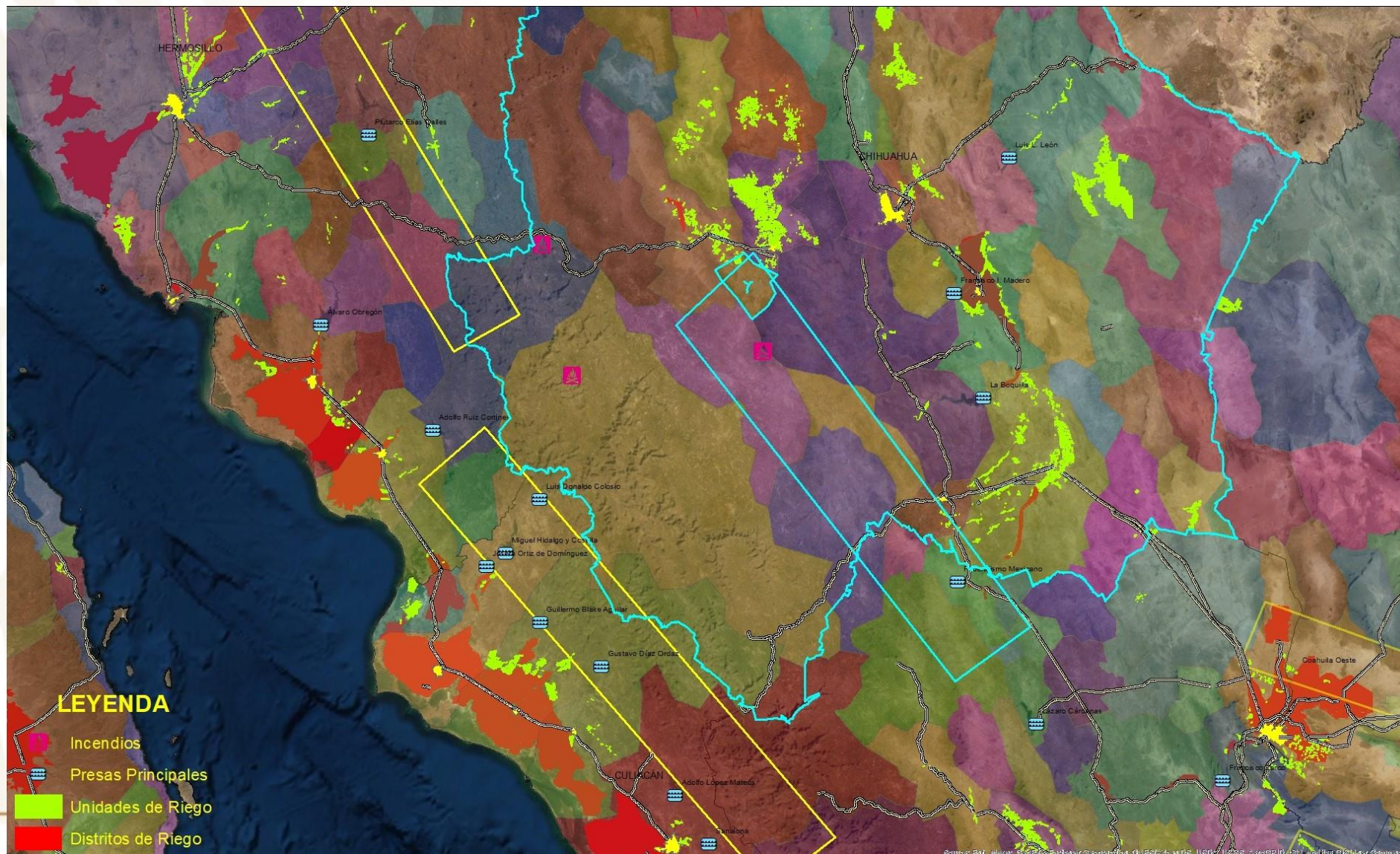
# IMPACTOS

## 2. INCREMENTO EN EL ALMACENAMIENTO DE PRESAS EN SINALOA





## IMPACTO 4 CONTROL DE INCENDIOS



El 13 de junio, anuncio del programa, se avisó que existían 25 incendios forestales. Se aceleró el proceso para iniciar con las primeras condiciones atmosféricas, 20 de junio y se procedió al combate.



# ¿QUÉ SIGUE?

---

## SOLICITUDES DE EXTENSIÓN DEL PROGRAMA

Por un lado, los estados que fueron beneficiados en el 2021 han solicitado la extensión del programa ya que la sequía es casi parte integral de la vida de esas áreas como un programa multianual. Por otro lado, hay varias crisis locales que ven a la estimulación de lluvia como una alternativa. Esto ha propuesto un programa multianual.

- **Crisis de agua en el distrito de riego DR-025 Bajo Río Bravo, Tamaulipas para el ciclo Otoño-Invierno 2021-2022.** Esta crisis se generó debido al cumplimiento con las obligaciones del Tratado Internacional de Aguas entre México y Estados Unidos, la disponibilidad de agua para el distrito quedó en aproximadamente 9.0 hm<sup>3</sup> (hectómetros cúbicos equivalente a un millón de metros cúbicos), cuando las demandas mínimas son de 860.54 hm<sup>3</sup>.
- **Crisis de suministro de agua potable para la Zona Metropolitana de Monterrey, N.L. en Primavera 2022.** Los bajos niveles de dos de las presas más pequeñas que suministran agua a la ZMM, han resultado en una crisis donde se están tomando medidas de emergencia con la expectativa de que las lluvias se regularicen a partir de abril.





 **ESCUADRÓN AÉREO**

**SEDENA** AGRICULTURA  
**EL GOBIERNO DE LA REPUBLICA**  
**CUMPLIENDO METAS EN BIEN**  
**DE LA PATRIA**  
**"PROGRAMA ESTIMULACIÓN**  
**DE LLUVIAS"**  
**26 OPERACIONES**

**GRACIAS**