



El arte de transformar lo imposible en realidad

PROYECTOS DE
**ESTIMULACIÓN
DE LLUVIAS** 2022



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL





DEDICATORIA

A Mayte

*Madre amorosa y compañera leal
que deja un gran legado de compromiso,
esfuerzo y tenacidad hacia el alcance de las
metas más arraigadas en la convicción.*



PROYECTO DE ESTIMULACIÓN DE NUBES 2022



**Dr. Victor Manuel
Villalobos Arámbula**
SECRETARIO DE AGRICULTURA Y
DESARROLLO RURAL

Entre otras acciones que la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Agricultura) ha emprendido para impulsar el desarrollo del campo, en 2021 echó a andar un proyecto de estimulación de lluvias para mitigar los daños derivados de la sequía que año con año azota en las zonas áridas del norte del país.

La estimulación de lluvias, también conocida como Bombardeo o siembra de nubes, es una técnica desarrollada y utilizada en México desde hace más de 50 años que consiste en la dispersión de una solución de yoduro de plata sobre nubes con potencial de precipitación.

El proyecto no ha estado exento de críticas, pues hay quienes cuestionan su efectividad. Sin embargo, utilizada de manera adecuada, esta técnica ha demostrado su potencial para incrementar la lluvia en zonas áridas, con resultados positivos e inmediatos para la agricultura y la ganadería de la región. Consideramos que ha valido la pena el esfuerzo realizado.

En el año 2021, se erradicó la sequía temporal en todos los proyectos impulsados. En las zonas desérticas del norte del país se rescató el ganado y la agricultura de temporal, mediante el aumento de la precipitación y escurrimiento hacia las presas de la región. Los alcances obtenidos ese año nos alentaron a continuar con el proyecto de estimulación de lluvias en la temporada siguiente.

Para el año 2022, los beneficios se mantuvieron. Volvió a llover en las zonas áridas de Baja California, Sonora, Sinaloa y Chihuahua. Además, se llevó a cabo el primer riego por estimulación de lluvias en el polígono de siembra de sorgo del Bajo Río Bravo, en Tamaulipas. También, se apoyó al estado de Nuevo León para recaudar agua y abastecer a la población de la ciudad de Monterrey, así como para sofocar incendios en la parte serrana del estado.

A partir de la evaluación de los resultados, podemos afirmar que el proyecto de estimulación de nubes ha sido muy exitoso. Se pudo apreciar un incremento significativo en las precipitaciones, lo que se tradujo, por un lado, en un aumento en los niveles de almacenamiento de agua en las presas, y por otro, en un claro crecimiento de la vegetación en dichas regiones.

El proyecto de estimulación de lluvias impulsado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural hace patente que utilizando de manera creativa los recursos científicos y tecnológicos nacionales se fortalece el impulso a la agricultura y ganadería, pues ayuda a potenciar el esfuerzo de productores rurales para mantener la oferta de alimentos para México. Asimismo, contribuye a contrarrestar los efectos del cambio climático, al mantener la humedad y riqueza de los suelos, y evitar su desertificación.



BAJA CALIFORNIA



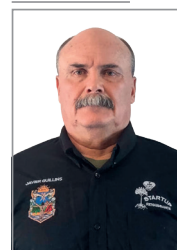
**Dr. Joaquín
Contreras Gil**
COORDINADOR



**Ing. Carlos Eduardo
Tomas Mayorquin**
OPERADOR DE REACTIVO



**Adriana
Mandujano Moreno**
SUPERVISIÓN DE VUELOS



**Ing. Javier
Guillins Villareal**
COORDINADOR DE PLUVIÓMETROS



**Ing. Carlos
Rodríguez Santana**
COORDINADOR DE PLUVIÓMETROS



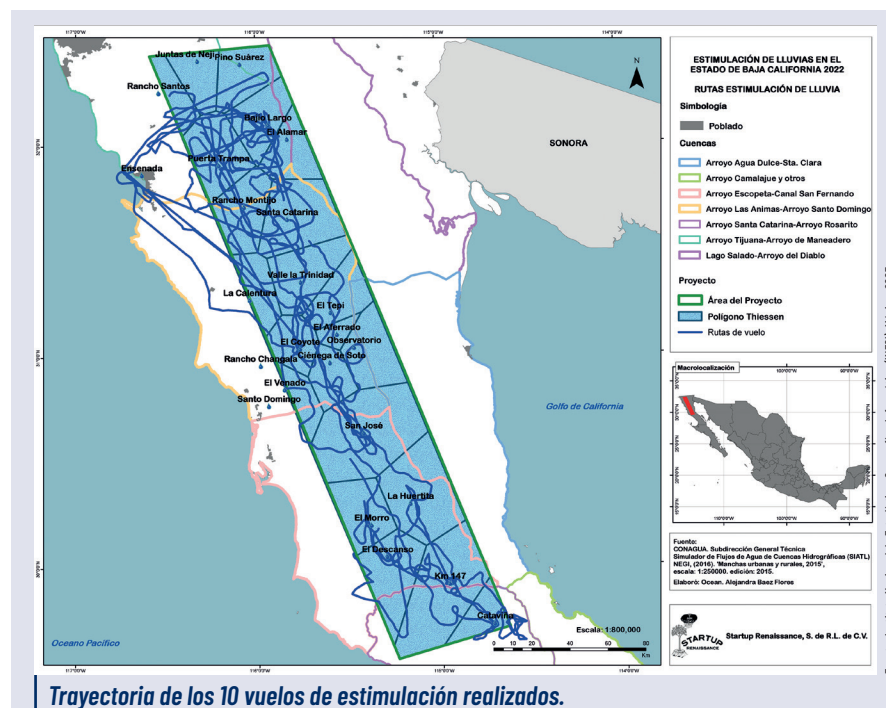
**M. en C. María de los Ángeles
Milanés Salinas**
AUXILIAR EN INFORMÁTICA

PROGRAMA DE ESTIMULACIÓN DE LLUVIAS CICLO INVIERNO 2021-2022 EN EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA

Este programa se ejecutó con el trabajo coordinado de la SEDENA a través de la FAM, y de la SADER a través de la CONAZA con personal técnico de Startup Renaissance, durante el mes de marzo (del 4 al 29), se realizaron 10 vuelos de estimulación en Baja California, en un polígono de trabajo de 2'033,083.741 ha, donde se cubrieron 130,740.00 km² acumulados durante los vuelos, de los municipios de Tijuana, Tecate, Ensenada y San Quintín, B.C.

Se realizaron 10 vuelos de estimulación

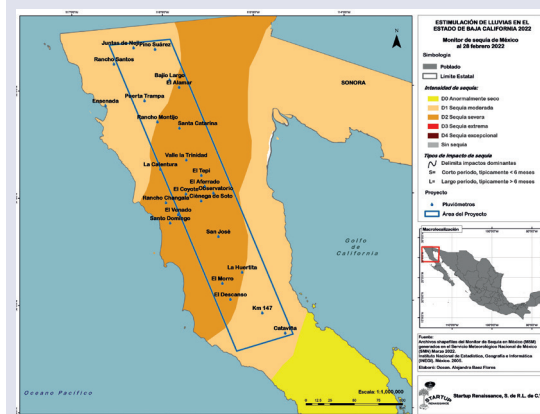
Distancia recorrida dentro del polígono de trabajo	Superficie cubierta dentro del polígono de trabajo	Reactivo Rainmate® aplicado
4,358.00 Km	130,740.00 Km ²	1,000 lt
Lámina precipitada acumulada, sobre las áreas que se voló y a donde llegó la influencia del reactivo 245,587,212.88 m³	Incremento de agua versus lo pronosticado los días que se voló 116.05%	



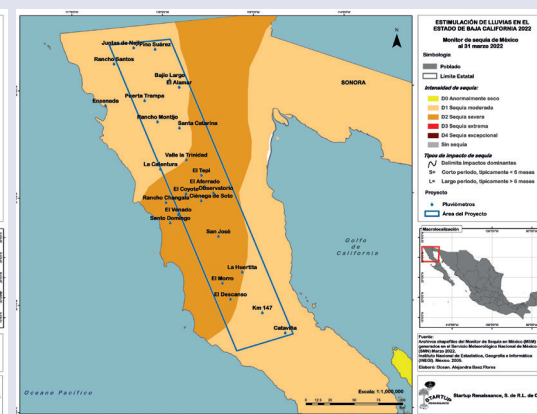
CONTRIBUCIÓN A LA MITIGACIÓN DE LA SEQUÍA

De las imágenes se desprende que durante el mes que se ejecutó el proyecto, se observa una disminución ligera dentro del polígono en lo referente a sequía severa (D2), lo que no sucede en la parte sur del estado (no cubierta por el proyecto). Se puede suponer que se logró contener el avance de esta sequía, en la parte centro y norte del polígono de trabajo.

Porcentaje de área de sequía al 28 de febrero 2022



Porcentaje de área de sequía al 15 de abril 2022

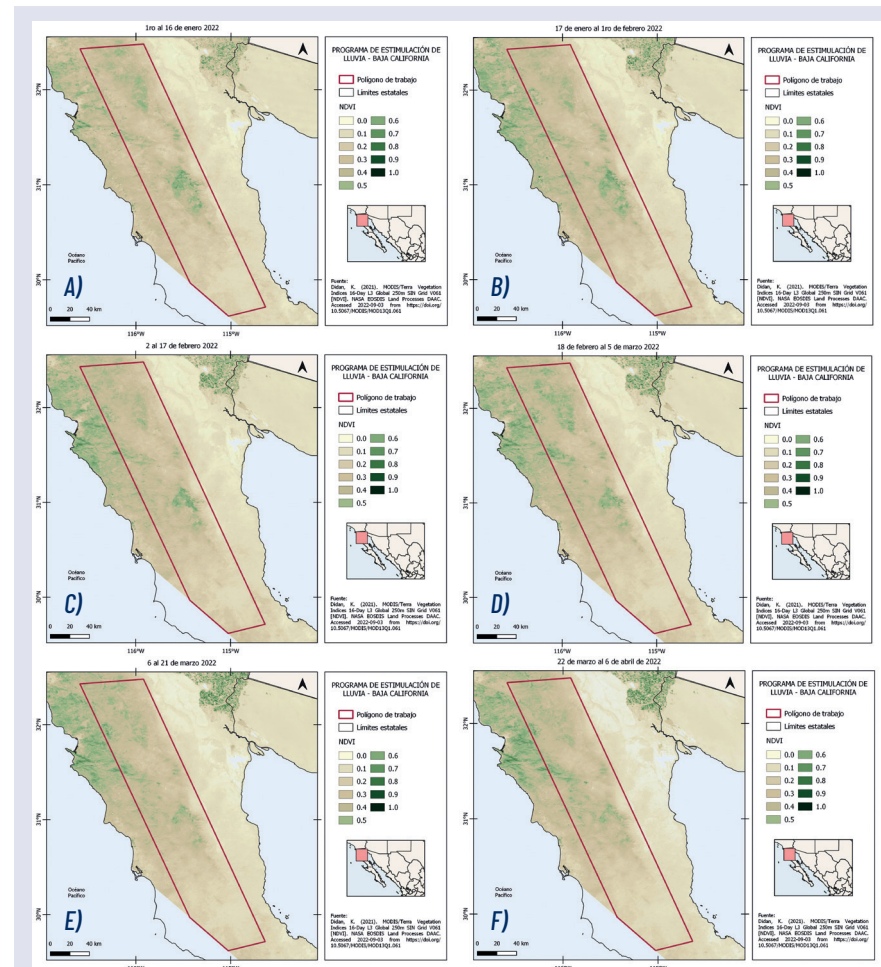


Monitoreo Sequía en México, al inicio y al fin del proyecto.
La imagen de la izquierda indica la sequía al inicio del proyecto, la imagen de la derecha al finalizar el proyecto.

Fuente: Monitor de Sequía en México (MSM) generados en el Servicio Meteorológico Nacional de México (SMN).

SENSORES REMOTOS / ÍNDICES DE VEGETACIÓN NDVI Y EVI

Los resultados de sensores remotos para los índices de cobertura vegetal (NDVI/EVI), muestran que las condiciones de la vegetación y la biomasa se mantuvieron, e inclusive aumentaron ligeramente, a pesar de que las condiciones de sequía prevalecieron en la región. Es decir, la estimulación atmosférica contribuyó a no agravar las condiciones de sequía dentro del polígono del trabajo.



En las primeras cuatro imágenes (A, B, C y D) se muestran las condiciones de la vegetación antes del inicio de la estimulación atmosférica, las dos restantes (E y F) muestran la condición de este índice después de los vuelos. Se puede apreciar el mantenimiento de las condiciones de “verdor” después de la estimulación.



PRECIPITACIÓN

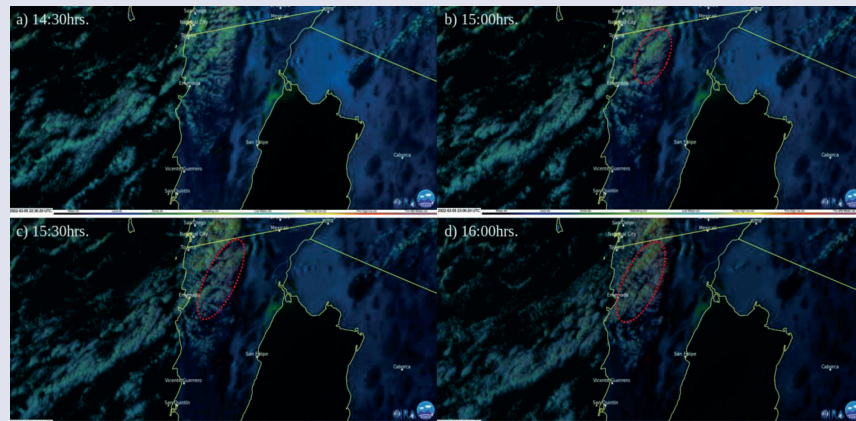
Se logró un incremento del 11.66% en la precipitación acumulada en el polígono de trabajo, sobre los pronósticos generales. El mayor incremento se obtuvo sobre las nubes dinámicas, es decir, aquellas nubes sobre las que se voló y que registraron también efectos en pluviómetros vecinos, a donde el viento empujó estas nubes “tratadas”. Este incremento fue de 16.05% sobre lo pronosticado y es finalmente el indicador de eficacia del proyecto, ya que en este cálculo se excluyen las áreas donde no se voló.

Caso	Descripción	Precipitación (mm)		
		Pronóstico WINDY	Registro Pluviométrico	Incremento (%)
1	Análisis del polígono total	582.9	650.8	11.66
2	Análisis de nubes estáticas	152.9	151.8	99.29
3	Análisis de nubes dinámicas	192.2	223.1	116.05

IMÁGENES INFRARROJO/ DINÁMICA DE LAS FORMACIONES DE NUBES



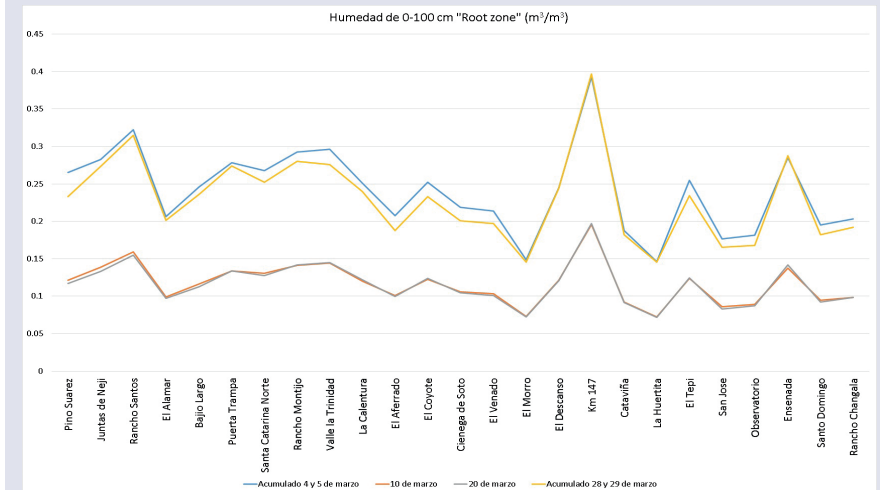
A partir de las imágenes satelitales del GOES 16, en las bandas visibles, infrarroja en su banda 13 e imágenes compuesta como Geocolor y Day Cloud Phase Distinction se utilizaron para identificar cambios en la nubosidad durante y media hora posterior al proceso de estimulación.



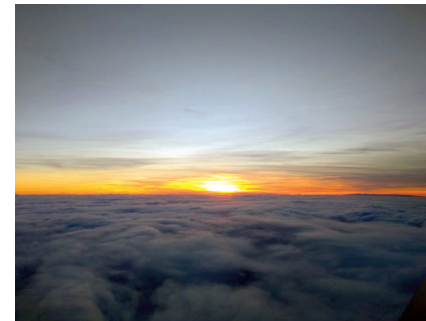
Imágenes compuestas Day Cloud Phase, a) imagen de las 14:30 horas (hora local) al inicio del vuelo, b) imagen de las 15:00 horas en línea punteada roja se señala el crecimiento de la nubosidad, c) imagen 15:30 horas en línea punteada se muestra en desarrollo de nuevos núcleos de nubosidad, d) imagen 16:00 evolución de la nubosidad, nubes con mayor espesor con partículas de hielo.



El producto SMAP Root Zone 0-100 cm que muestra valores de humedad del suelo de 0 a 100 cm de profundidad.

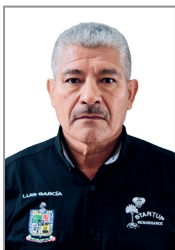


Muestra los valores de humedad del suelo en los primeros 100 cm de profundidad, se observa que las estimulaciones secuenciales (dos días seguidos) duplican el valor de la humedad del suelo que registra el producto satelital SMAP.





NUEVO LEÓN



**Ing. Luis
García Saavedra**
COORDINADOR



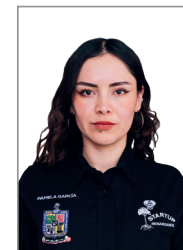
**Ing. Luis Rodrigo
García Aguilar**
OPERADOR DE REACTIVO



**Ing. Martín
Máñez Chavarría**
OPERADOR DE REACTIVO



**Ing. Gustavo
Rodríguez Vera**
OPERADOR DE REACTIVO



**Lic. Pamela
García Aguilar**
INFORMÁTICA

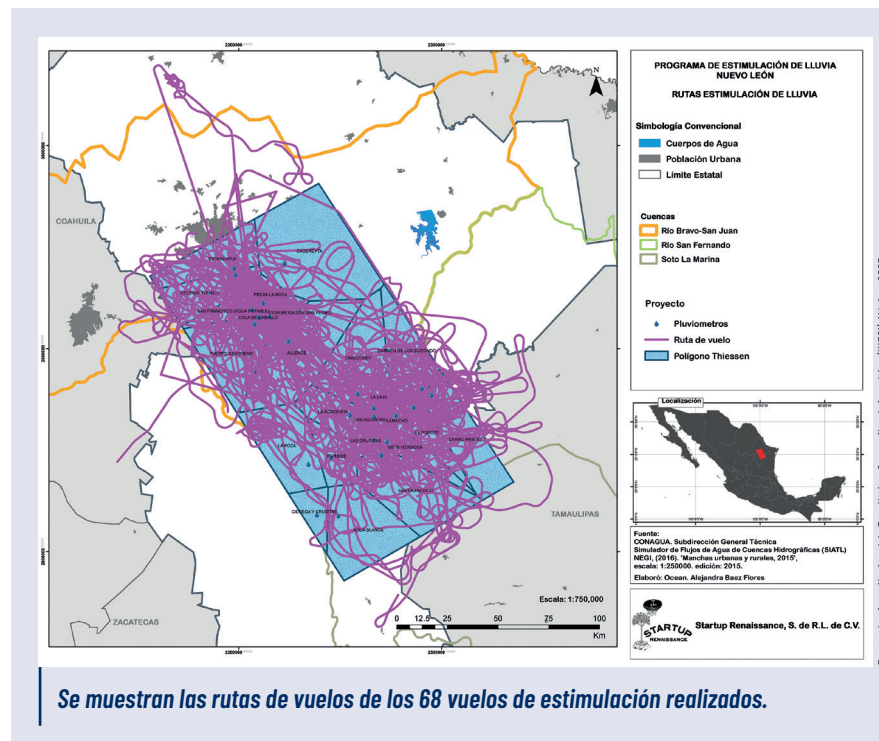
PROGRAMA DE ESTIMULACIÓN DE LLUVIAS, NUEVO LEÓN 2022

El polígono que se propuso por el gobierno del estado de Nuevo León para la estimulación de lluvias fue de 1'691,179.52 ha. Este polígono tiene influencia directa sobre las 2 cuencas Río Bravo – San Juan y Río San Fernando. Igualmente aportará agua para las presas que operan en el estado y que en parte son para el abastecimiento de agua potable a la población.

Se realizaron en total 68 vuelos de estimulación de lluvias, entre el 14 de abril al 08 de diciembre de 2022. En todos los casos generaron precipitaciones en al menos uno de los pluviómetros (100% de eficiencia) y escurrimientos hacia los sitios de interés, dando inicio con esta secuencia al proyecto más importante a nivel mundial, que se realiza con fines de captación para uso doméstico exclusivamente.

Se realizaron 68 vuelos de estimulación

Distancia recorrida dentro del polígono de trabajo	Superficie cubierta dentro del polígono de trabajo	Reactivo Rainmate® aplicado
25,503 Km	765,090 Km ²	6,725 lt
Lluvia precipitada acumulada en todo el polígono los días que se voló para estimular 3,794,662,877.67 m³		

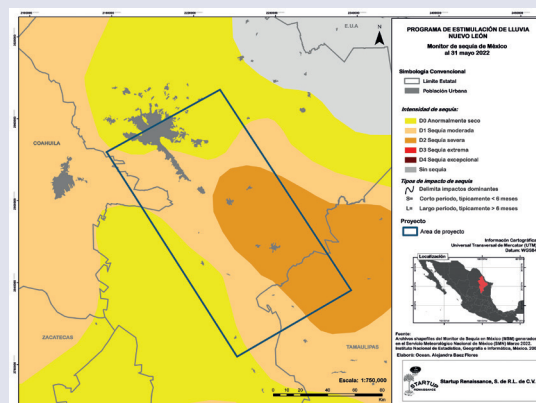


CONTRIBUCIÓN A LA MITIGACIÓN DE LA SEQUÍA

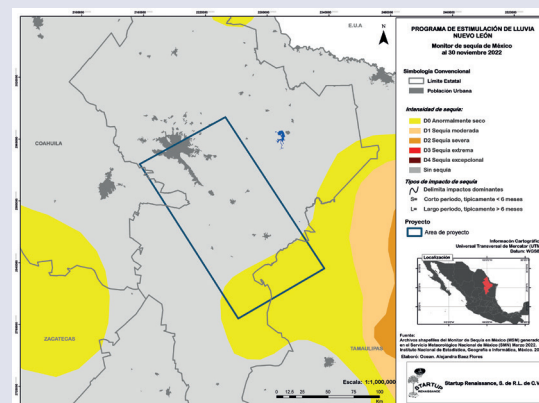
Al inicio del proyecto el 100% del polígono de trabajo para la estimulación de lluvia presentaba categorías de sequía de anormalmente seco (D0) a sequía severa (D2).

Al finalizar el programa el 100% de la superficie estatal estaba libre de sequía, teniendo aproximadamente el 18.5% de su superficie la condición D0 (Anormalmente Seco).

Porcentaje de área de sequía al 31 de mayo de 2022



Porcentaje de área de sequía al 30 de noviembre de 2022



Monitoreo Sequía en México, al inicio y al fin del proyecto. La imagen de la izquierda indica la sequía al inicio de proyecto, la imagen de la derecha, al finalizar el proyecto.

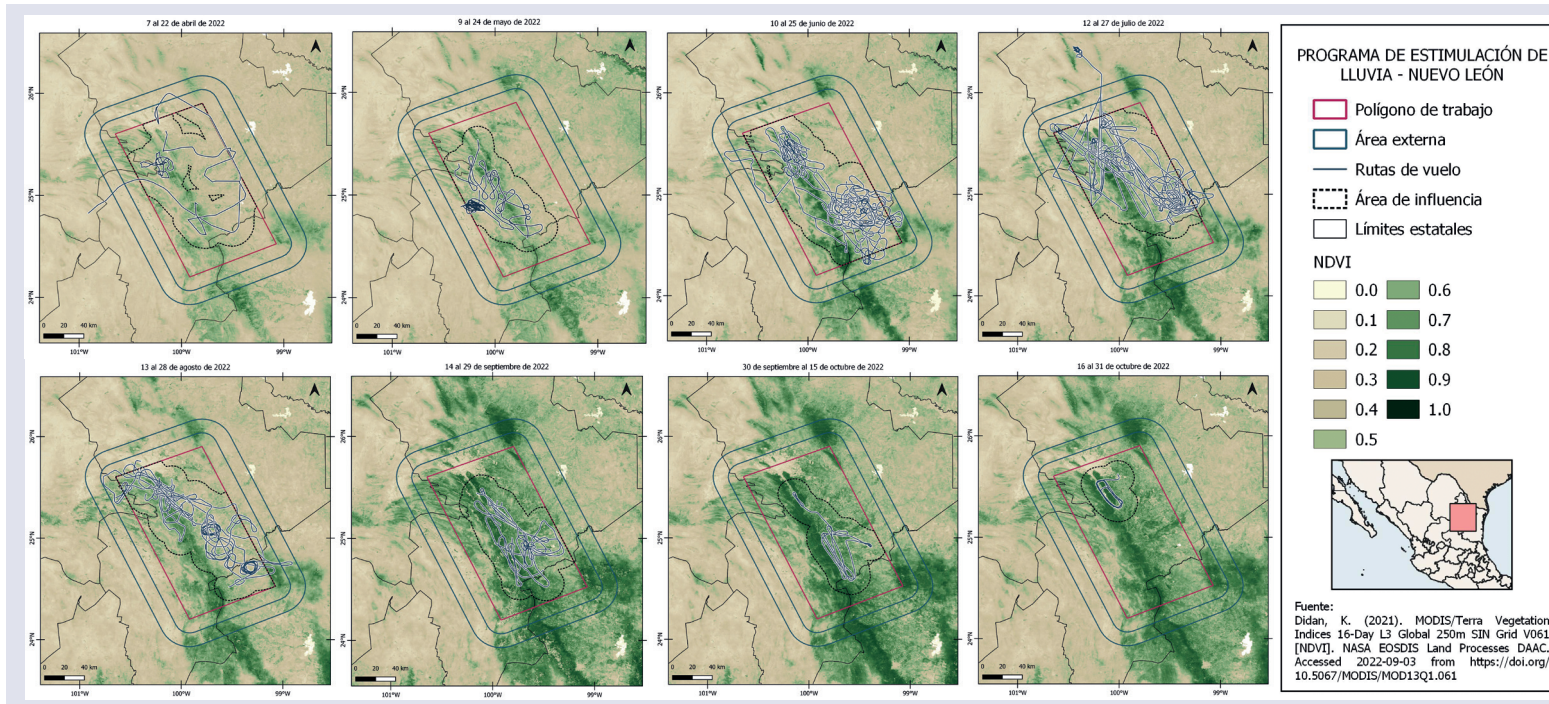
Fuente: Monitor de Sequía en México (MSM).



SENSORES REMOTOS / VEGETACIÓN MODIS-NDVI

El índice de diferencias normalizadas de vegetación muestra de manera general un aumento durante todo el desarrollo del proyecto.

El valor promedio de cobertura de vegetación, comparado entre el inicio y el final del proyecto, se observa que aumentó cerca de 42% dentro del área de estimulación, 37% dentro del área externa y 28% para el polígono de trabajo. Lo anterior indica que la estimulación atmosférica causó un aumento localizado en el valor promedio del verdor o índice NDVI al final del proyecto, el promedio del NDVI del área de estimulación, comparada con el polígono de trabajo y el área buffer aledaña, fue mayor en más del 30%.



Imágenes del valor promedio del índice de vegetación (NDVI) en el periodo correspondiente del 14 de abril al 1ro de noviembre del 2022, que comprende los vuelos de números consecutivos del 1 al 68.

La cobertura de vegetación aumentó cerca del 42%

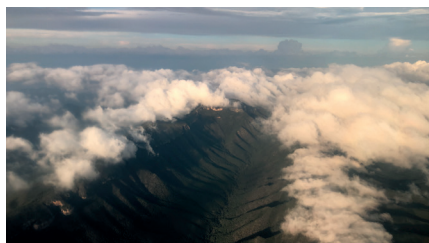
COMBATE DE INCENDIOS

Debido a los incendios forestales que azotaron la Sierra de Santiago en el mes de marzo 2022, el gobierno del estado solicitó a la FEDERACIÓN a través de la SADER-CONAZA apoyo para su combate en las partes más inaccesibles de la Sierra, y para inducir lluvias en las cuencas de las Sierra de La Boca y Cerro Prieto. Aprovechando la llegada de un movimiento nuboso del frente frío N° 47 que se pronosticaba con presencia cercana a la zona del incendio, la Secretaría de la Defensa Nacional ordenó el traslado del avión de la Fuerza Aérea Mexicana King Air 350i, para dar inicio a las actividades, lográndose sofocar el incendio en dos días de vuelo.



CONTRIBUCIÓN EN LA COBERTURA VEGETAL

Para las coberturas de uso de suelo y vegetación el NDVI mostró un aumento conforme se realizaron las estimulaciones. Las coberturas con mayor impacto positivo son las coberturas 1) sin vegetación, 2) agrícola, y 3) el pastizal; para estas coberturas el aumento del verdor fue de entre el 56 y 66% con respecto a los valores registrados al inicio del proyecto. Se registró que los valores de NDVI comenzaron a aumentar después del segundo mes de estimulación, es decir a partir de junio, cuando se esperaba que la sequía y el estrés hídrico fueran más agudos para la zona.



Cobertura vegetal con mayor impacto

Agrícola	56.08%
Pastizal	55.42%
Sin vegetación	66.14%

CONTRIBUCIÓN AL ALMACENAMIENTO DE PRESAS

La ubicación del polígono de trabajo en la parte alta de la sierra del estado, es de suma importancia ya que esto genera escurrimientos aguas abajo que llegan a las presas. Comparando los volúmenes de agua precipitados los días de vuelo, contra el ingreso de agua a las presas beneficiadas con el proyecto, los resultados nos indican un incremento en la capacidad de almacenamiento (NAMO) desde el inicio de los vuelos (599.28 hm³) hasta el fin de éstos (650.93 hm³), de 51.56 hm³. Con respecto al porcentaje de almacenamiento (NAMO) total para las cuatro presas, en el área de influencia, al cierre de los vuelos de estimulación, fue de 43.93%.



PRECIPITACIÓN

La precipitación promedio dentro del área de estimulada (AE), comparada con dos zonas aledañas (AA) no estimuladas, una al este y otra al oeste del polígono de trabajo, mostró que los registros son constantemente más altos dentro del área de estimulación que en las otras dos áreas.

La precipitación registrada por sensores remotos para los días que se voló después de haber aplicado el reactivo Rainmate® fue del 100%, ya que hubo registro después de la estimulación.

Descripción	Pronosticado ECMWF Acumulado mm	Precipitado Sensores remotos Acumulado mm	Eficacia %
Lluvia homogénea	3,542.700	5,929.882	167.383
Nubes estáticas	1,570.900	2,648.214	168.579
Nubes dinámicas	1,677.900	3,289.818	196.068



TAMAULIPAS



**Ing. Luis
García Saavedra**
COORDINADOR



**Ing. Luis Rodrigo
García Aguilar**
OPERADOR DE REACTIVO



**Víctor Alfonso
Torres Sánchez**
CAPITÁN DEL KING AIR 350



**Lic. Pamela
García Aguilar**
INFORMÁTICA

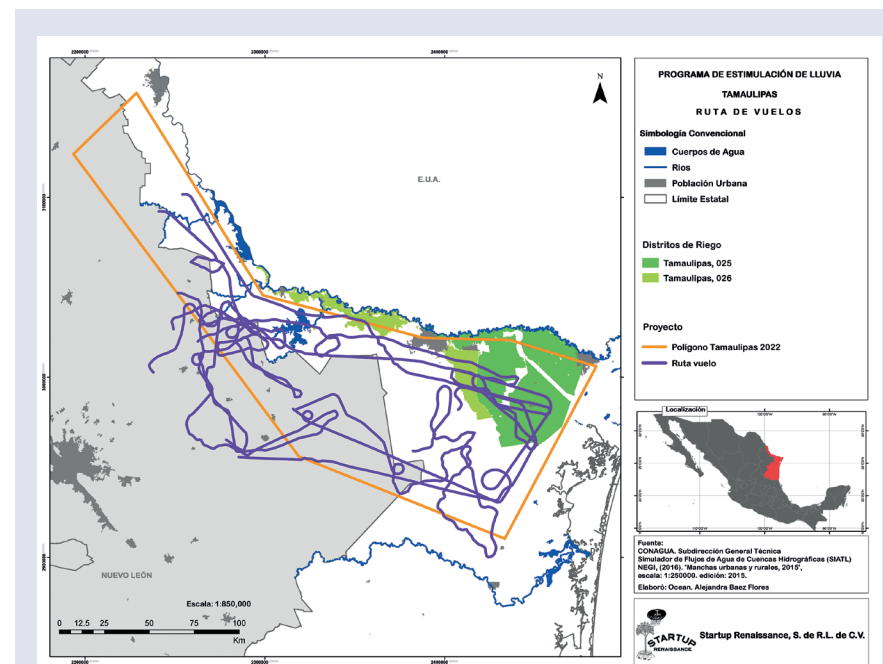
PROGRAMA EMERGENTE DE ESTIMULACIÓN DE LLUVIAS EN TAMAULIPAS

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), en coordinación con la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), puso en marcha el proyecto de estimulación de lluvias para mitigar los efectos del desabasto de agua en los distritos de riego DR-025 Bajo Río Bravo y 026, Bajo Río San Juan, Tamaulipas.

Se realizaron 6 vuelos en una aeronave de la Fuerza Aérea Mexicana King Air 350i, entre el día 20 de abril y el 25 de mayo de 2022, con la liberación de 600 litros de Rainmate® cubriendo un acumulado total de 83,820.00 km² de trabajo, dentro del polígono de trabajo de 1'982,408.43 ha. En todos estos vuelos se registró precipitación, con una gran variación en cuanto a lámina. Durante los vuelos siempre se observó que las nubes precipitaban después del tratamiento, lo que nos indica una eficiencia del 100%.

Se realizaron 6 vuelos de estimulación.

Distancia recorrida dentro del polígono de trabajo	Superficie cubierta dentro del polígono de trabajo	Reactivo Rainmate® aplicado
2,794.00 Km	83,820.00 Km ²	600 lt
Lluvia precipitada acumulada en todo el polígono los días que se voló para estimular 984 mm		

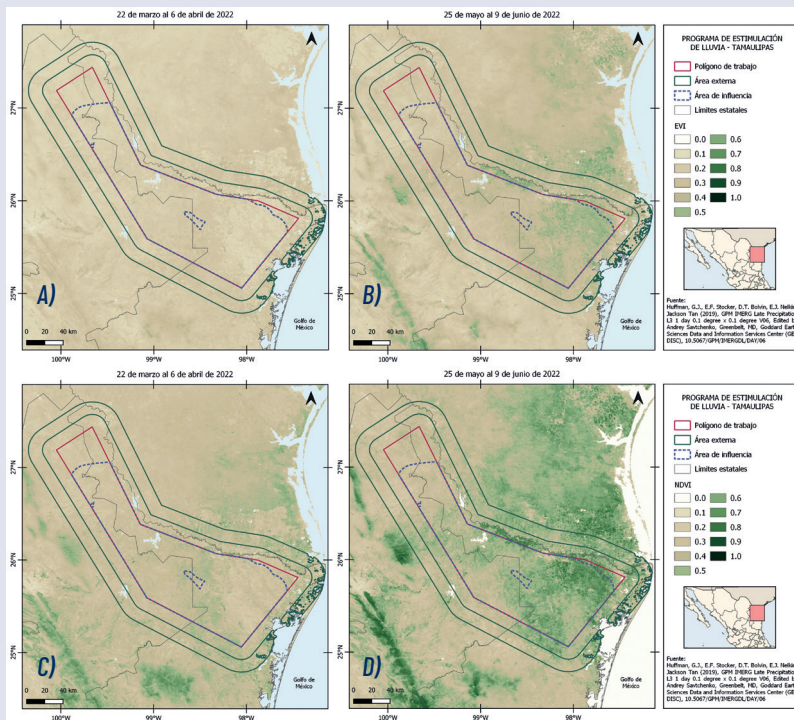


La línea morada muestra las trayectorias de los 6 vuelos de estimulación realizados.

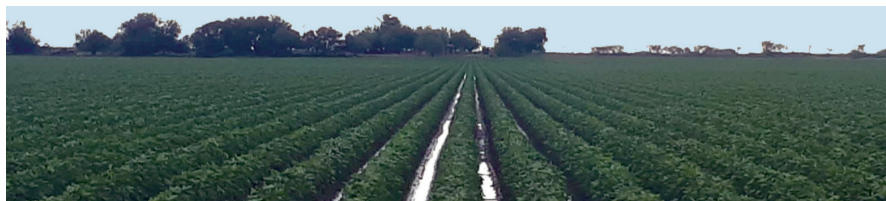


SENSORES REMOTOS / ÍNDICES DE VEGETACIÓN (NDVI Y EVI)

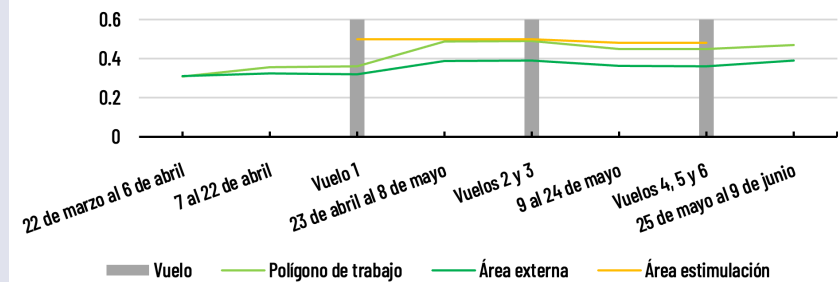
Los índices de verdor (NDVI y EVI) se utilizan para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación por medio de sensores remotos. Los resultados para Tamaulipas nos indican un aumento en el verdor y cobertura después de la estimulación, dentro del polígono en comparación con el área externa. La imagen de abajo nos muestra como con base a los resultados de ambos índices, aumenta la cobertura vegetal en el área de influencia después de los vuelos de estimulación.



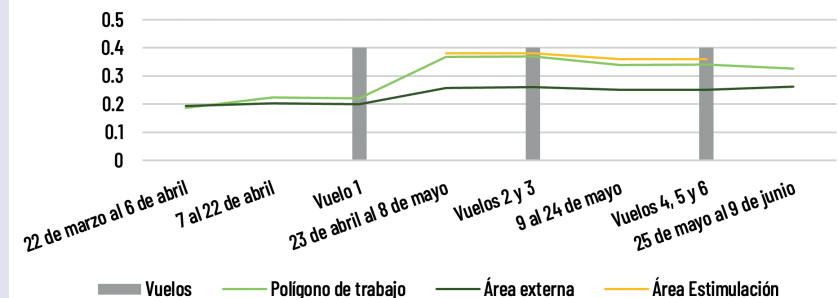
Se muestra el incremento en la cobertura vegetal, al comparar la imagen del sitio de trabajo antes de la estimulación (imagen del periodo del 22 de marzo al 6 de abril), con la imagen del sitio después de los tratamientos de estimulación atmosférica (imagen del 25 de mayo al 9 de junio). Las figuras A y B se refieren al EVI, las figuras C y D al NDVI.



Valores promedio de NDVI - Tamaulipas 2022



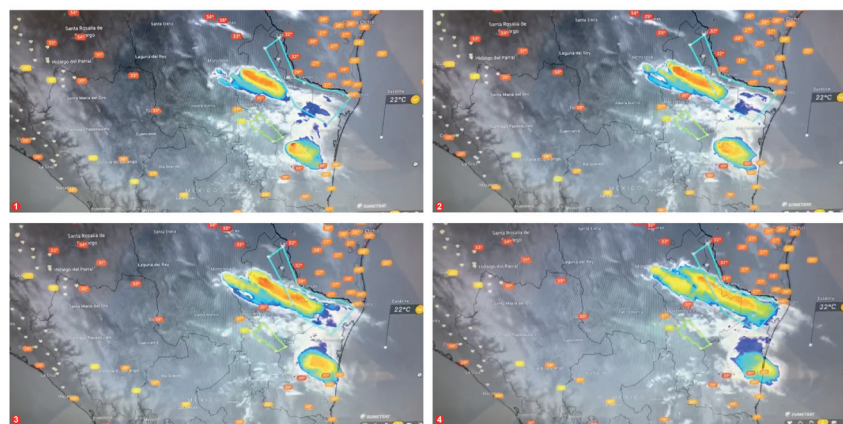
Valores promedio de EVI - Tamaulipas 2022



Comportamiento del aumento en la cobertura de vegetación, antes y después de la estimulación, dentro y fuera del área de trabajo. Se observa que después de los vuelos, hay una tendencia de aumento en el verdor, superior, y muy superior en el área de tratamiento (línea amarilla) en comparación con el área externa (línea verde).

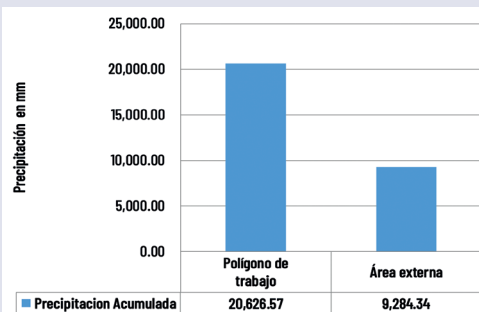
PRECIPITACIÓN

De acuerdo a los sensores remotos se observó un aumento en la precipitación, tanto en los registros de precipitación promedio, como en los de precipitación acumulada, siendo estos registros mayores para el área en donde se dispersó Rainmate®.

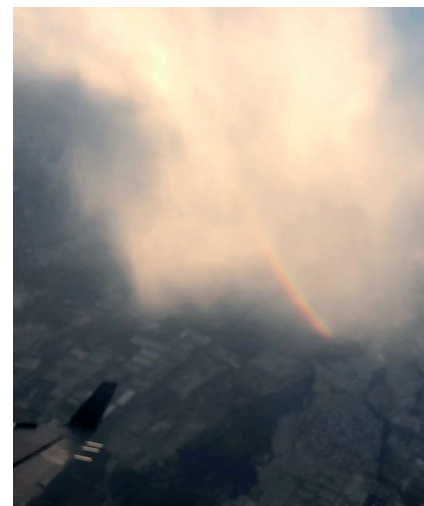


Evolución en el crecimiento de la nube una vez realizada la estimulación. (25 de mayo)

EL ANÁLISIS GLOBAL DE SENSORES REMOTOS PARA LA PRECIPITACIÓN MUESTRA QUE LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA FUE MAYOR 222.16% DENTRO DEL POLÍGONO DE ESTIMULACIÓN.



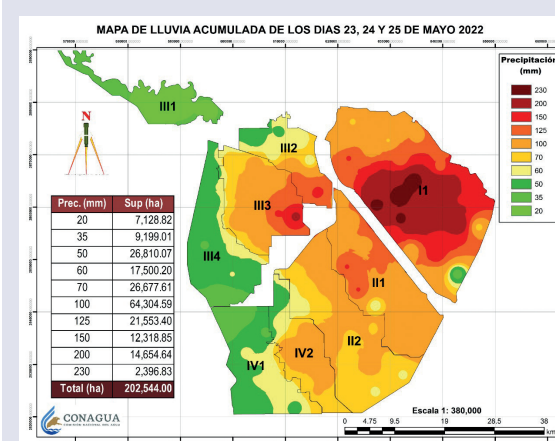
*Esta gráfica nos muestra que una vez realizada la estimulación, para la precipitación acumulada, con base a sensores remotos, se generaron **11,344.23 mm** más de agua dentro del polígono de trabajo que en la parte externa.*



IMPACTO DEL PROGRAMA DE ESTIMULACIÓN EN CULTIVOS DE RIEGO

Este proyecto, por su operación y eficiencia puede ser considerado como el primer proyecto de **riego por estimulación de lluvias** por realizarse directamente sobre un área de cultivo de manera directa, abriendo así una aplicación específica adicional al proyecto de estimulación que realizamos.

En lo referente al sorgo, se presentó un volumen de 2 millones 064 mil 338 toneladas, 24% más respecto al ciclo anterior. Sobre el maíz, se observó un alza de 7.84% en la producción, al obtener 344 mil 396 toneladas (Fuente: SADER).



Lluvia acumulada de los días 23, 24 y 25 de mayo de 2022. La figura muestra datos de precipitación acumulada publicados por CONAGUA para los distritos de riego DR-025 y DR-026, para los días 23, 24 y 25 de mayo, fechas que coinciden con los últimos vuelos en el Estado, por lo que pudiera pensarse la influencia de la estimulación en estos resultados.



CHIHUAHUA



**M. en C. Eduardo Luis
Prieto Valles**
COORDINADOR



**Ing. Martín
Máyne Chavarria**
OPERADOR DE REACTIVO



**Ing. Alejandro
Nevárez Durán**
COORDINADOR DE PLUVIÓMETROS



**Ing. Edgar
Bustillos Daniel**
COORDINADOR DE PLUVIÓMETROS



**Sofía
Estrada Valles**
AUXILIAR EN INFORMÁTICA

El polígono se extiende por la Sierra Madre Occidental, empezando en el municipio de Guerrero, Chihuahua, hasta el municipio de San Bernardo, Durango, abarcando 18 municipios en total, y cubre una superficie de 2'006,326 ha.

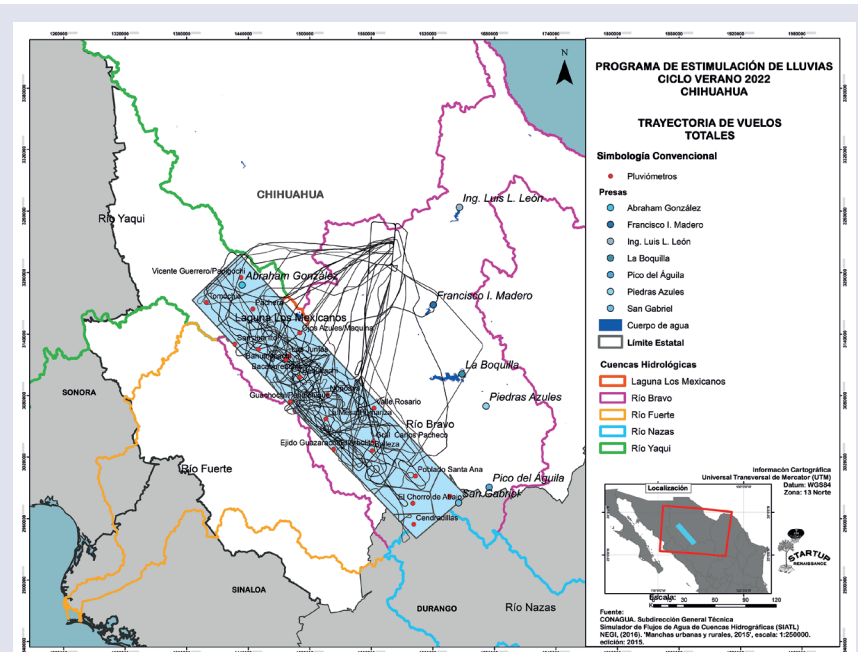
**KING AIR 350i PROPIEDAD DE LA FUERZA AÉREA MEXICANA,
DEL 20 DE JUNIO AL 04 DE SEPTIEMBRE DE 2022.**

Distancia efectiva recorrida dentro del polígono de trabajo	Superficie cubierta dentro del polígono de trabajo	Reactivo Rainmate® aplicado
---	--	-----------------------------

Todos los vuelos se registraron lluvias

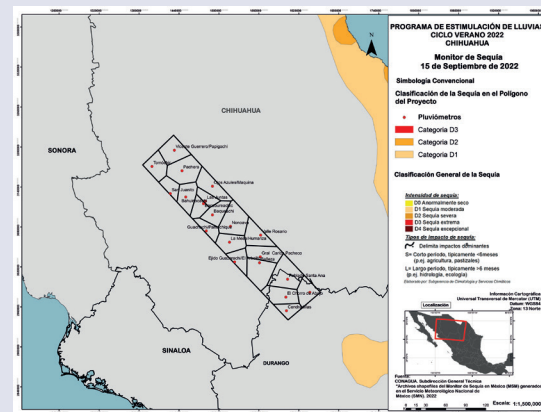
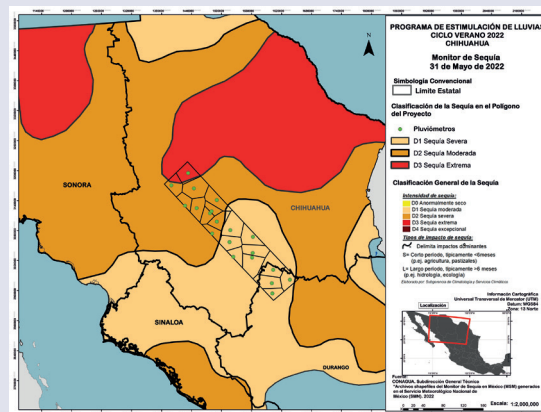
EFICIENCIA DE VUELO

100 %



Macrolocalización del polígono del proyecto con la trayectoria de los 20 vuelos de estimulación realizados.

Con base al Monitor de la Sequía al inicio del proyecto 67% del territorio estatal se encontraba con afectación. A la fecha de término del proyecto el mapa nacional de sequía muestra al estado de Chihuahua con un 86.6% de su superficie sin afectación, de 67 municipios que se encontraban en alguna categoría al inicio del proyecto se redujo a 5 (7.5% del estado), es decir 62 municipios mostraron mejoría.



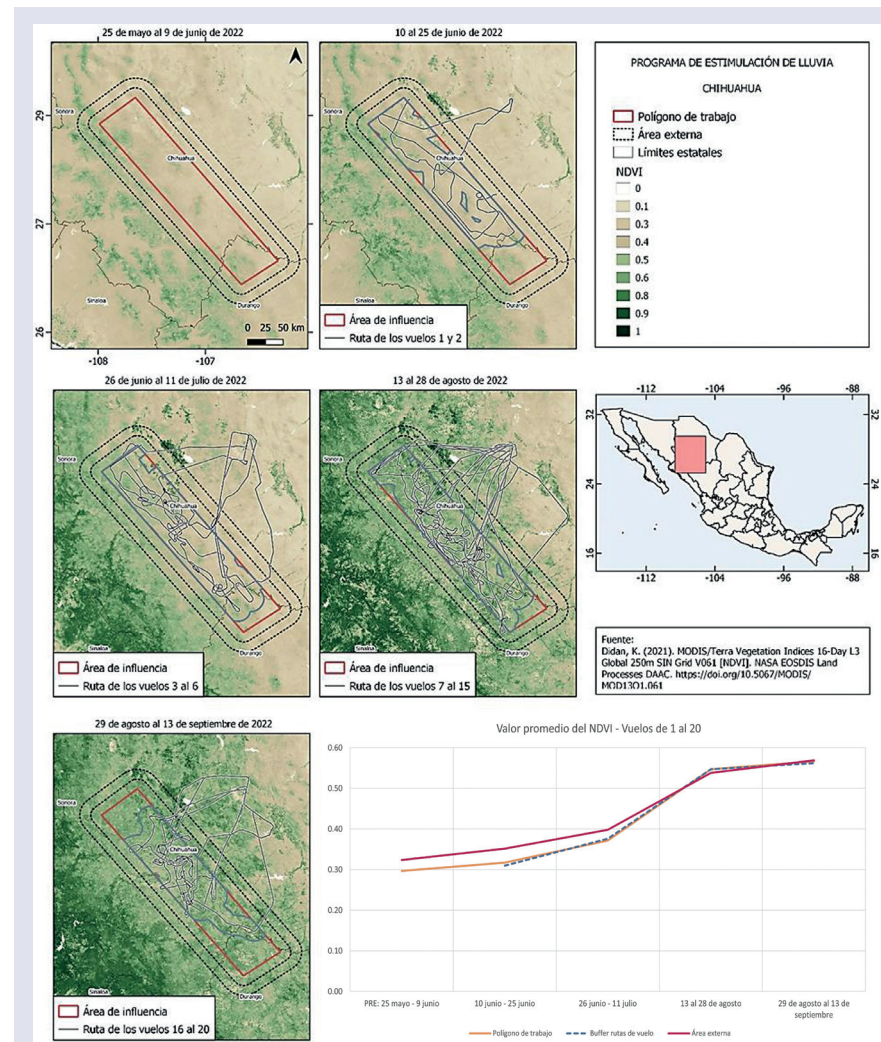
Monitoreo Sequía en México, al inicio y al fin del proyecto.

Fuente: Monitor de Sequía en México (MSM) generados en el Servicio Meteorológico Nacional de México (SMN).

PARA LOS 18 MUNICIPIOS DENTRO DEL POLÍGONO DE TRABAJO EN CHIHUAHUA PRESENTABAN ALGÚN GRADO DE SEQUÍA, CON DOS MESES DE OPERACIÓN DEL PROYECTO Y YA FINALIZADO, SE PRESENTAN TODOS LOS MUNICIPIOS DE INFLUENCIA EN LA CATEGORÍA **SIN SEQUÍA**.

SENSORES REMOTOS / ÍNDICES DE VEGETACIÓN NDVI Y EVI

El índice de diferencias normalizadas de vegetación (NDVI) mostró de manera general un aumento. Esto indica un aumento en la cobertura vegetal con respecto al avance y desarrollo del proyecto.

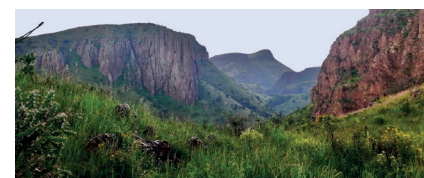
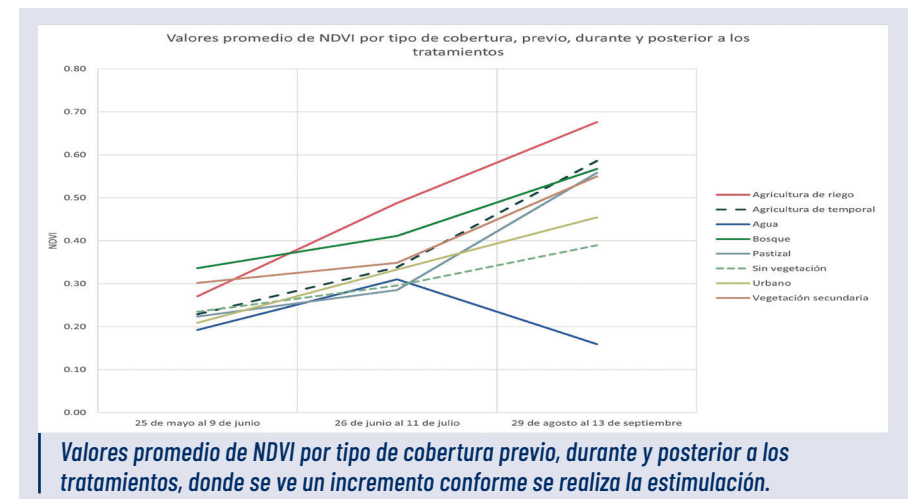


Imágenes de la evolución de la cobertura vegetal (NDVI) para dos periodos previos a la estimulación atmosférica (arriba izquierda), imagen del valor de NDVI para el periodo de los vuelos de estimulación 1 y 2 (arriba centro), vuelos 3 al 6 (centro izquierda), vuelos del 7 al 15 (centro) y vuelos 16 al 20 (abajo izquierda).



CONTRIBUCIÓN EN LA COBERTURA VEGETAL

El análisis del verdor y vigor de la vegetación con base en las coberturas de uso de suelo y vegetación, también mostró un aumento conforme se realizaron las estimulaciones. La cobertura que mostró el mayor impacto fue la agricultura de temporal, seguida por la agricultura de riego y el pastizal. Para estas coberturas el aumento del verdor fue de entre el 150 y 155% con respecto a los valores registrados al inicio del proyecto.



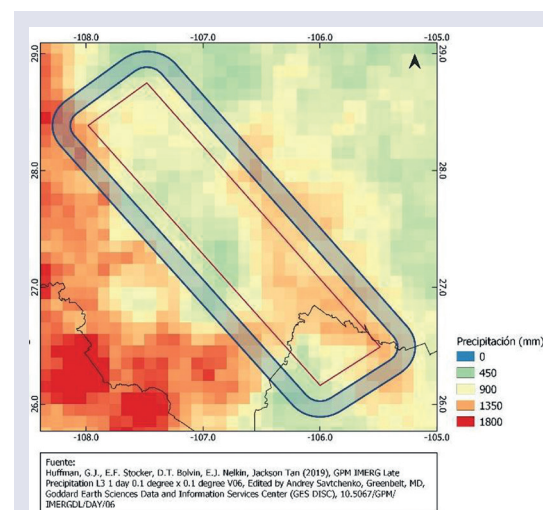
Cobertura vegetal con mayor impacto

Agricultura de temporal	155.95%
Pastizal	149.49%
Agricultura de riego	149.48%

PRECIPITACIÓN

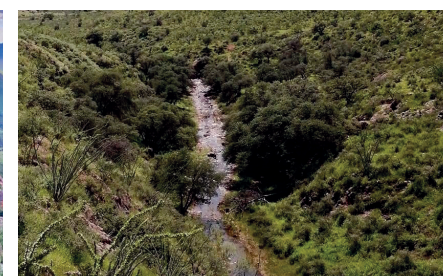
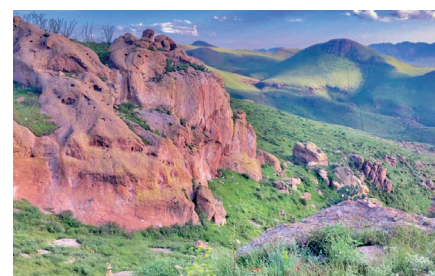
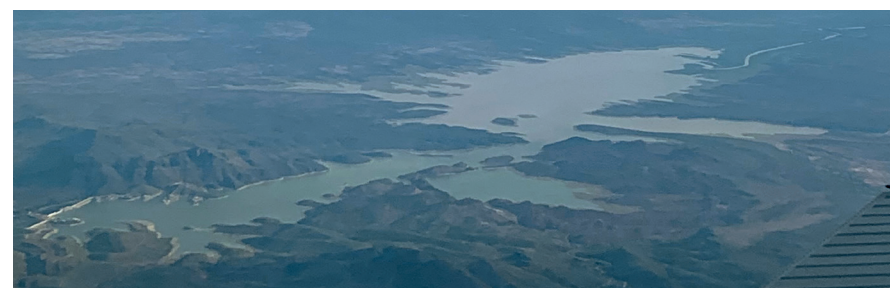
En todos los vuelos se registró precipitación en al menos un pluviómetro, lo que indica una eficiencia del 100%. De acuerdo a los pluviómetros, se registró una lámina total acumulada de agua para todo el polígono, de 3'990,200 m³.

Caso	Descripción	Precipitación (mm)		
		Pronóstico acumulado	Registro pluviométrico acumulado	Incremento (%)
1	Análisis polígono total	4,205.9	3,990.2	94.9
2	Análisis de nubes estáticas	1,237.2	1,271.8	102.8
3	Análisis de nubes dinámicas	1,385.1	1,604.6	115.8



Imágenes que muestran la precipitación acumulada dentro del polígono (marcado en rojo), en el área de influencia y área externa (sombreada en azul)

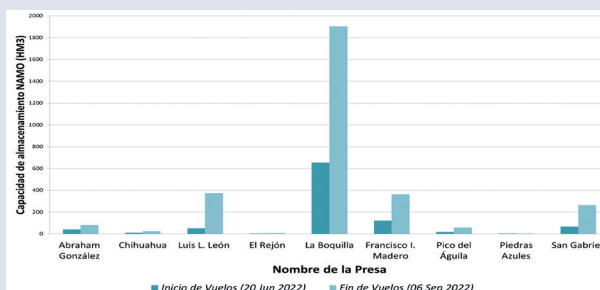
EL ANÁLISIS GLOBAL DE SENSORES REMOTOS PARA LA PRECIPITACIÓN PARA TODO EL PERIODO ANALIZADO MUESTRA QUE DENTRO DEL POLÍGONO DE TRABAJO EL PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN Y LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA FUERON MAYORES DENTRO DEL POLÍGONO, QUE EN EL ÁREA EXTERNA EN UN 28.89%.



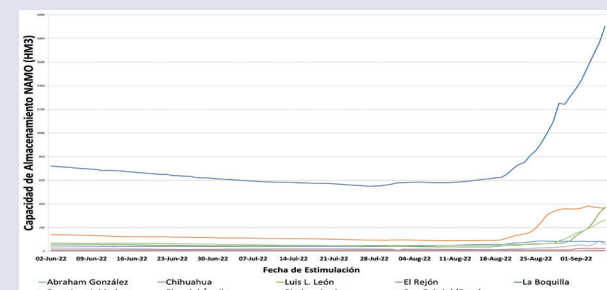
CONTRIBUCIÓN AL LLENADO DE PRESAS

Las presas registraron un incremento en su almacenamiento total (NAMO) de 2,108.66 hm³.

Con un porcentaje de llenado al inicio de los vuelos de estimulación, para todas las presas, de 25% aumentando hasta el 79.44% al término del proyecto.



Capacidad de almacenamiento NAMO (hm³) para las presas dentro del área de influencia al inicio y fin del proyecto, 7 de las 9 presas dentro del área de influencia superaron el 100% de su almacenamiento.



Evolución semanal en la capacidad NAMO (hm³) de las presas dentro del área del proyecto durante toda su ejecución.



SINALOA



**Ing. Rafael
Sáenz Ramos**
COORDINADOR



**Ing. Rafael
Sáenz Peñuelas**
OPERADOR DE REACTIVO



**Ing. Luis Enrique
Arrearán Ramírez**
COORDINADOR DE PLUVIÓMETROS



**Ing. Luis Francisco
Arrearán Montoya**
COORDINADOR DE PLUVIÓMETROS



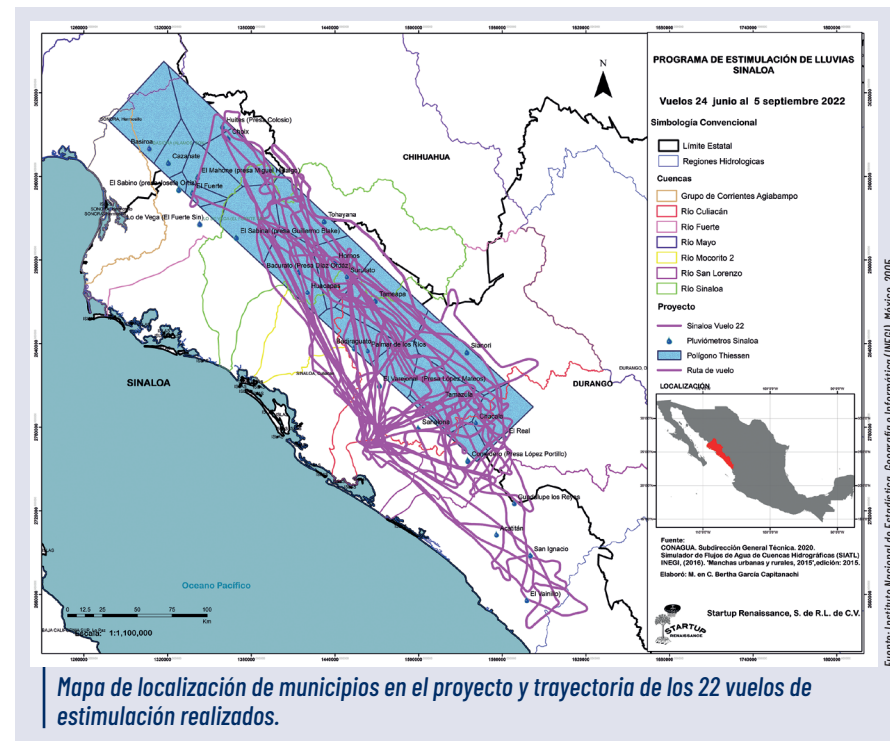
**Ing. Nathanael
Trapero Cabrales**
AUXILIAR EN INFORMÁTICA

PROGRAMA DE ESTIMULACIÓN DE LLUVIA CICLO VERANO 2022 EN EL ESTADO DE SINALOA

Los vuelos de estimulación iniciaron el 24 de junio, realizando 22 en total, hasta el 05 de septiembre. Se utilizó un avión Turbo Commander 690B del Gobierno del Estado de Sinaloa, con matrícula oficial XC-HHS. Se asperjaron en total 2,200 litros de Rainmate®, empleando en promedio 46 minutos de vuelo en cada misión. Estos 22 vuelos sumaron un total de 6,001.07 hm³ precipitados los días que se voló.

El área del proyecto para la estimulación de lluvias comprendió una superficie de aproximadamente 2'000,000 de ha, enmarcadas en un polígono que cubre parcialmente las cuencas de los ríos Fuerte, Sinaloa, Mocorito, Culiacán y San Lorenzo, en el estado de Sinaloa.

Se realizaron 22 vuelos de estimulación		
Distancia efectiva recorrida dentro del polígono de trabajo	Superficie cubierta dentro del polígono de trabajo	Reactivo Rainmate® aplicado
5,866 Km	175,980.00 Km ²	2,200 lt
Lamina precipitada acumulada 6,001,068,369.80 m³	Incremento versus lo pronosticado los días que se voló	
	Análisis total del polígono	148.1 %
	Análisis de nubes dinámicas	178.1 %

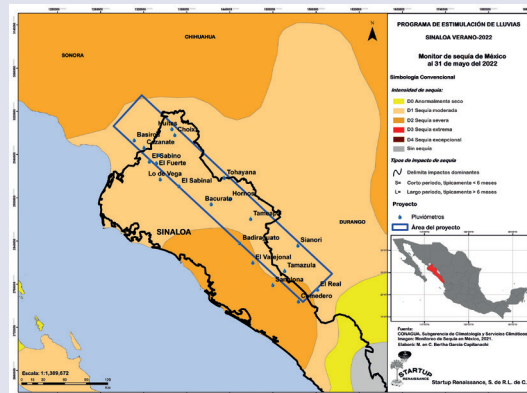


Mapa de localización de municipios en el proyecto y trayectoria de los 22 vuelos de estimulación realizados.

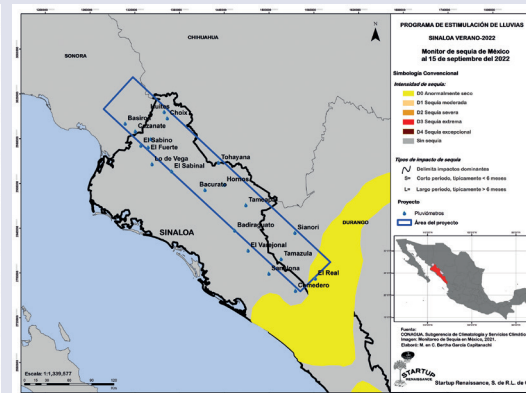
CONTRIBUCIÓN A LA MITIGACIÓN DE LA SEQUÍA

Es de resaltar que este proyecto se programó pensando en mitigar los efectos de la sequía para los productores agropecuarios más vulnerables a esta condición, del estado de Sinaloa. De acuerdo al monitor al inicio del proyecto 18 municipios presentaban algún tipo de sequía, al final del periodo de estimulación de lluvia (15 de septiembre), 8 municipios presentaron la categoría de Anormalmente seco, esta categoría no representa sequía. Esto indica que se logró beneficiar al sector agrícola y ganadero de agostadero.

Porcentaje de área de sequía al 31 de mayo de 2022



Porcentaje de área de sequía al 15 de septiembre de 2022



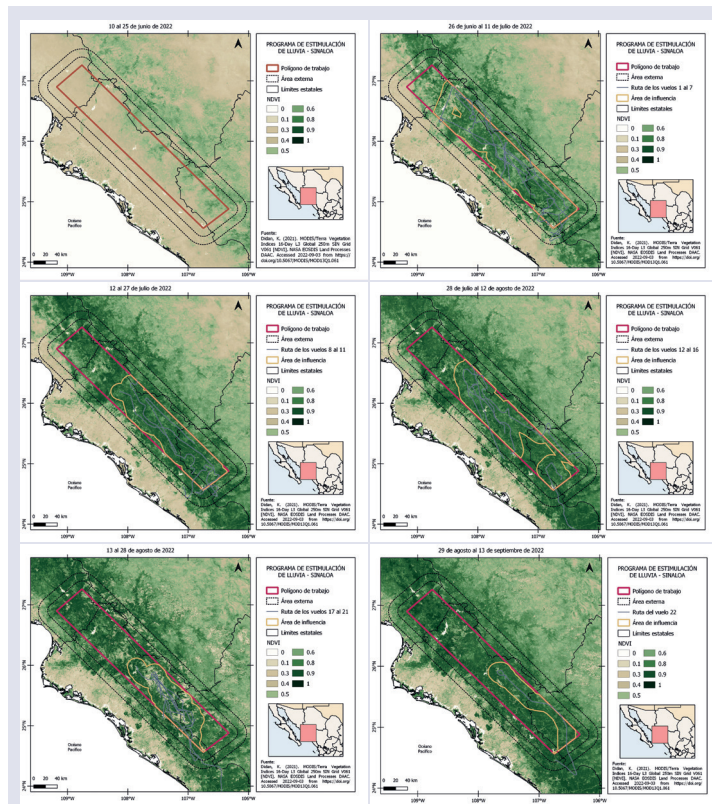
Monitoreo Sequía en México, al inicio y al fin del proyecto. La imagen de la izquierda indica la sequía al inicio del proyecto, la imagen de la derecha, al finalizar el proyecto.

Fuente: Monitor de Sequía en México (MSM) generados en el Servicio Meteorológico Nacional de México (SMN).

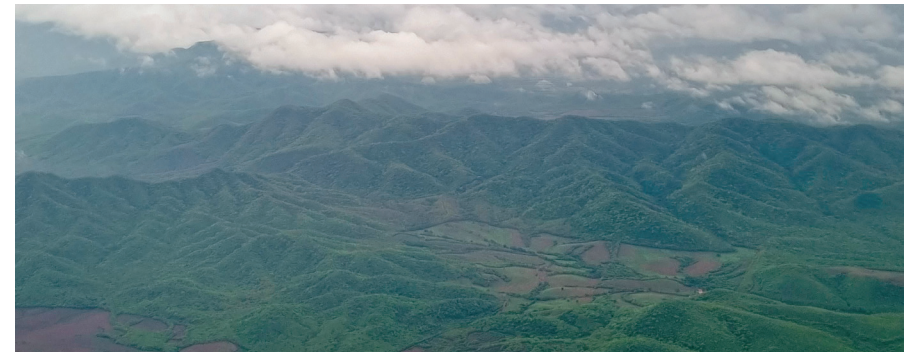
DE LOS 7 MUNICIPIOS EN LOS CUALES CAE EL POLÍGONO DE TRABAJO, EL 100% SE ENCUENTRA SIN SEQUÍA. EN COMPARACIÓN AL INICIO DEL PROYECTO DONDE HABÍA 4 MUNICIPIOS EN CATEGORÍA DE SEQUÍA SEVERA (D2) Y 3 EN CATEGORÍA DE SEQUÍA MODERADA (D1).

SENSORES REMOTOS / ÍNDICE DE VEGETACIÓN

El NDVI muestra de manera general la respuesta de la vegetación conforme fue avanzando el proyecto. Al inicio del proyecto, y en los 2 periodos previos analizados antes del comienzo de la estimulación (del 25 de mayo al 9 de junio y del 10 de junio al 25 de junio), el valor del NDVI en el área externa y el polígono de trabajo presentaron valores similares. A partir del 26 de junio y hasta el último vuelo realizado (5 de septiembre), los valores de NDVI siempre fueron superiores dentro del polígono de trabajo y el área estimulada con respecto al área externa, se observa un aproximado de 25% mayor verdor en las áreas intervenidas.

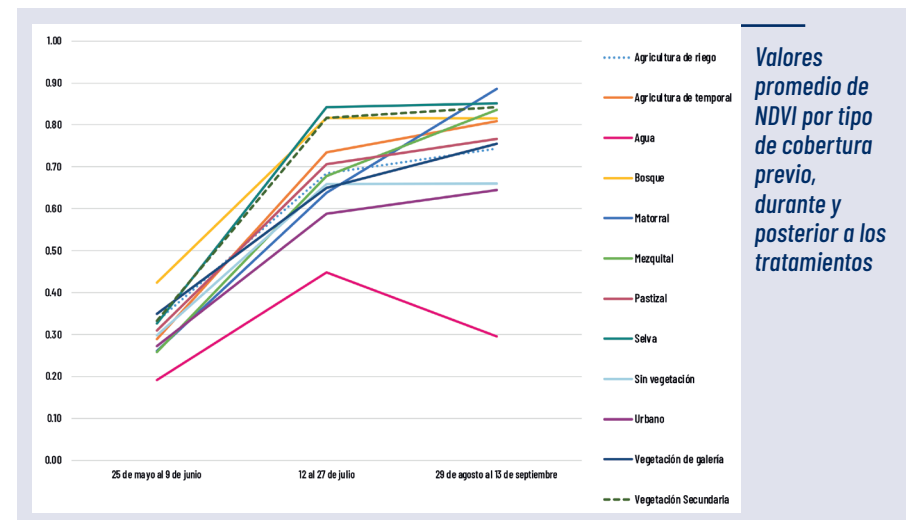


Imágenes del índice de vegetación (NDVI) para dos periodos previos a la estimulación atmosférica (Arriba izquierda y arriba centro), imagen del valor de NDVI para el periodo de los vuelos de estimulación 1 al 7 (Centro izquierda), vuelos 8 al 11 (Centro), vuelos del 12 al 16 (Centro derecha), vuelos 17 al 21 (Abajo izquierda) y vuelo 22 (Abajo centro).



CONTRIBUCIÓN EN LA COBERTURA VEGETAL

El análisis del verdor y vigor de la vegetación con base en las coberturas de uso de suelo y vegetación mostró un aumento conforme se realizaron las estimulaciones y se desarrolló el proyecto. La cobertura que mostró el mayor impacto respecto al inicio del proyecto fue el matorral (240%), seguido por el mezquitil (223%) y la agricultura de temporal (180%). El resto de las coberturas también presentaron aumento de entre 20 y 50% comparando los valores iniciales y finales.



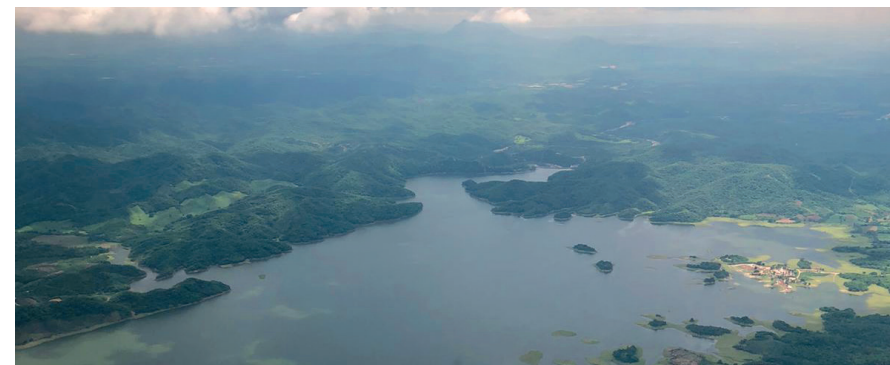
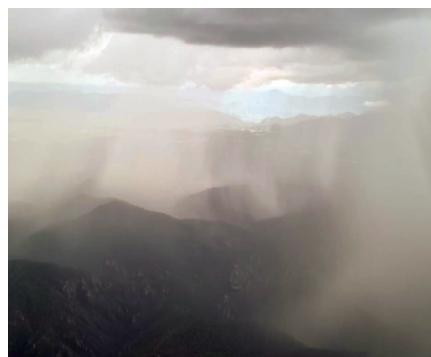
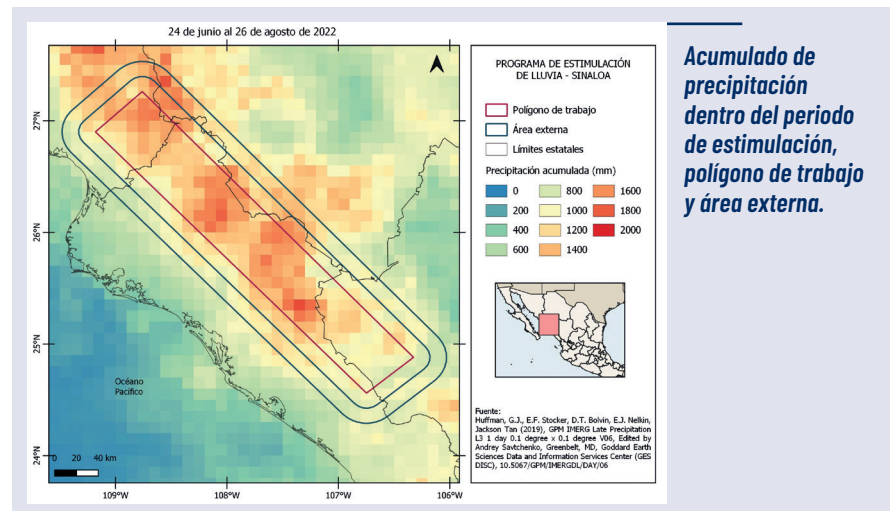
Valores promedio de NDVI por tipo de cobertura previo, durante y posterior a los tratamientos

Cobertura vegetal con mayor impacto

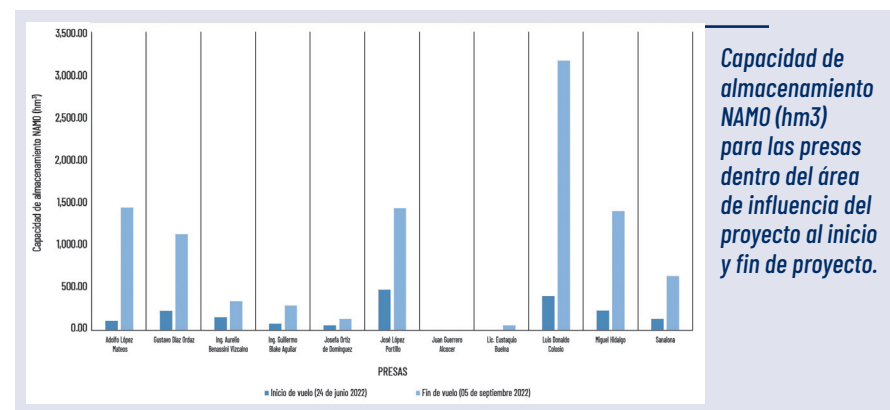
Matorral	240%
Mezquitil	223%
Agricultura de Temporal	180%

El análisis del polígono total de la precipitación para todo el periodo analizado muestra que dentro del polígono de trabajo el promedio de precipitación y la precipitación acumulada fueron mayores que en el área externa, se calcula que el promedio de precipitación fue alrededor de 70% mayor dentro del polígono de trabajo que en el área externa. Observándose que los efectos pueden llegar afuera de las áreas sobrevoladas.

Caso	Descripción	Precipitación (mm)		Incremento (%)
		Pronóstico acumulado	Registro pluviométrico acumulado	
1	Análisis total	3,911.6	5,791.3	148.1
2	Análisis de nubes estáticas	1,055.7	1,655.6	156.8
3	Análisis de nubes dinámicas	1,140.4	2,030.5	178.1



Comparando los volúmenes de agua precipitados los días de vuelo, contra el ingreso de agua a las presas beneficiadas con el proyecto, se puede señalar que de los 8,192.6 hm³ de incremento en las presas durante la vigencia del proyecto, se registraron en los pluviómetros los días que se voló y considerando la superficie de cada polígono Thiessen, un volumen de 6,001.07 hm³, lo que puede significar el 73.2% del volumen de incremento en las presas en el mismo tiempo.



Al término del proyecto se incrementó un total de **8,192.6 hm³**, en el almacenamiento NAMO. Con relación al NAMO original para todas las presas, el almacenamiento inicial estaba al 12.55% y al finalizar se logró un **64.98%**.

ES IMPORTANTE RESALTAR QUE, DE ESTE VOLUMEN, EL 73% CORRESPONDE A LO PRECIPITADO EN TODO EL POLÍGONO LOS DÍAS QUE SE VOLÓ. ESTE NÚMERO ES EXCLUSIVAMENTE PARA AYUDAR A DIMENSIONAL EL VOLUMEN PRECIPITADO DURANTE LOS VUELOS, PRECISANDO QUE NO TODA LA LLUVIA PRECIPITADA LLEGA A LAS PRESAS, YA QUE UNA PARTE IMPORTANTE SE EVAPORA, SE INFILTRA O ES RETENIDA POR LA VEGETACIÓN.



SONORA

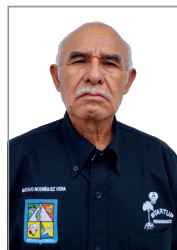
2022



**M. en C. Marco Polo
Martínez Mayorquín**
COORDINADOR



**Ing. Luis
García Saavedra**
OPERADOR DE REACTIVO



**Ing. Gustavo
Rodríguez Vera**
OPERADOR DE REACTIVO



**M. en C. Tania Abigail
Burgos Othón**
COORDINADORA DE PLUVIÓMETROS



**M. en C. Carolina
Trujillo López**
COORDINADORA DE PLUVIÓMETROS



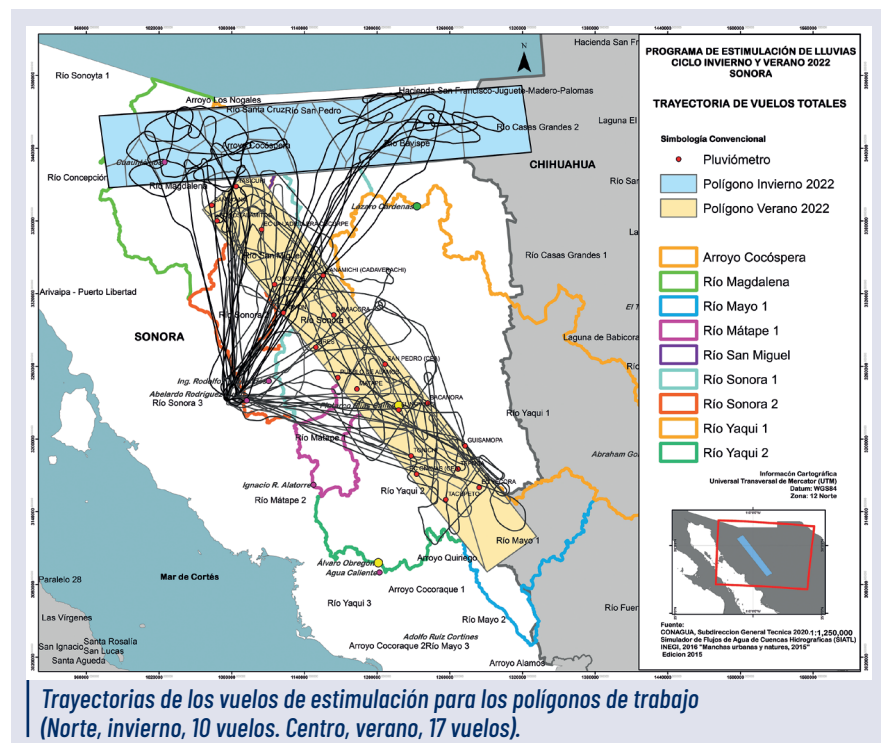
**Biol. Alejandra
Maldonado Gutiérrez**
AUXILIAR EN INFORMÁTICA

PROGRAMA DE ESTIMULACIÓN DE LLUVIAS EN SONORA, CICLO INVIERNO-VERANO 2022

El proyecto operó en dos etapas, la primera durante los meses de febrero y marzo, la segunda del 01 de junio al 12 de septiembre del 2022. En la primera etapa los resultados fueron muy pobres debido a la escasez de nubes trabajadas. En el verano, el proyecto cubrió 1'999,103 hectáreas ubicadas en la parte central del Estado de Sonora, incluye 30 municipios, dos de los cuales corresponden a Chihuahua. Todos los vuelos fueron ejecutados en un avión Turbo Commander propiedad del Gobierno del Estado de Sonora, entre los días 20 de junio y el 29 de julio del 2022.

En total se realizaron 27 vuelos de estimulación

Distancia efectiva recorrida dentro del polígono de trabajo	Superficie cubierta dentro del polígono de trabajo	Reactivo Rainmate® aplicado
7,729 Km	231,870 Km ²	2,700 lt
Lamina precipitada acumulada 2,333,748,324.4 m³	Incremento de lluvia versus lo pronosticado los días que se voló 166.3%	

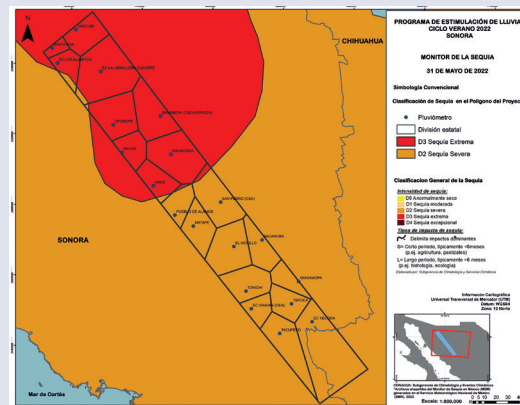


Trayectorias de los vuelos de estimulación para los polígonos de trabajo (Norte, invierno, 10 vuelos. Centro, verano, 17 vuelos).

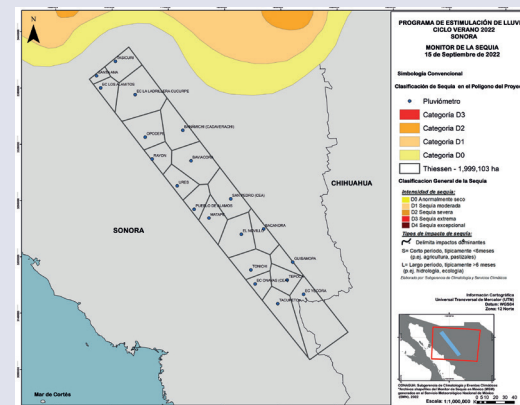
CONTRIBUCIÓN A LA MITIGACIÓN DE LA SEQUÍA

Con base al Monitor de la Sequía del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), de los 72 municipios del estado categorizados con algún tipo de sequía al inicio del proyecto, al finalizar el proyecto se redujo a 5, que corresponde a un 7.5% del total estatal municipal. Es decir 67 municipios del estado pasaron de un 100% con alguna categoría de sequía al estado SIN SEQUÍA.

Porcentaje de área de sequía al 31 de mayo de 2022



Porcentaje de área de sequía al 15 de septiembre de 2022



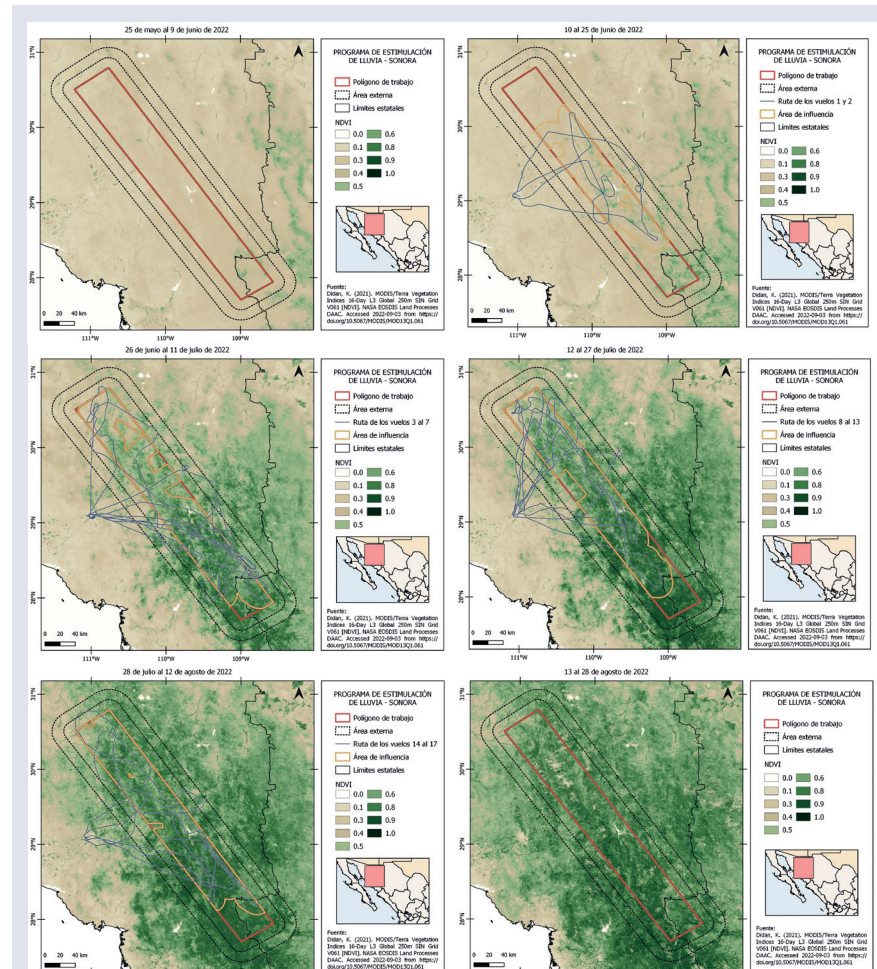
Monitoreo Sequía en México, al inicio y al fin del proyecto.

Fuente: Monitor de Sequía en México (MSM) generados en el Servicio Meteorológico Nacional de México (SMN).

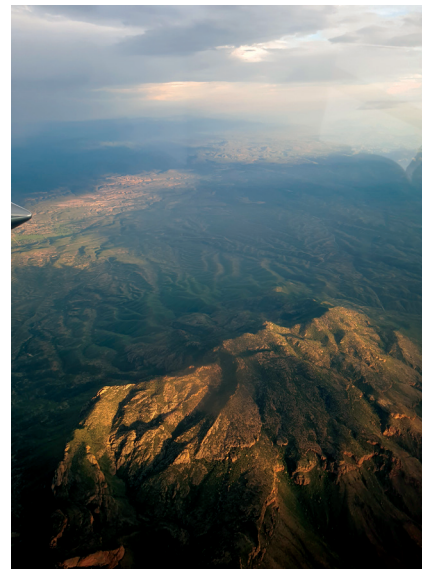
DE LOS MUNICIPIOS EN LOS CUALES CAE EL POLÍGONO DE TRABAJO, EL 100% SE ENCUENTRA SIN SEQUÍA. EN COMPARACIÓN AL INICIO DEL PROYECTO DONDE HABÍA MUNICIPIOS EN CATEGORÍA DE SEQUÍA EXTREMA (D3) Y EN CATEGORÍA DE SEQUÍA SEVERA (D2).

SENSORES REMOTOS/ ÍNDICE DE VERDOR (NVDI)

El análisis del verdor y vigor de la vegetación con base en las coberturas de uso de suelo y vegetación también mostró un aumento conforme se realizaron las estimulaciones y se desarrolló el proyecto. Algunas coberturas alcanzaron valores de NDVI superiores a 70 lo que indica una alta biomasa.



En esta serie de imágenes se observa como fue incrementando el verdor de la vegetación (esta significa cobertura y productividad), durante la aplicación del proyecto. Para un periodo previo a la estimulación atmosférica (Arriba izquierda), para el periodo de los vuelos 1 y 2 (Arriba derecha), para el periodo de los vuelos 3 al 7 (Centro izquierda), para los vuelos 8 al 13 (Centro derecha) y para el periodo de los vuelos 14 al 17 (Abajo izquierda).



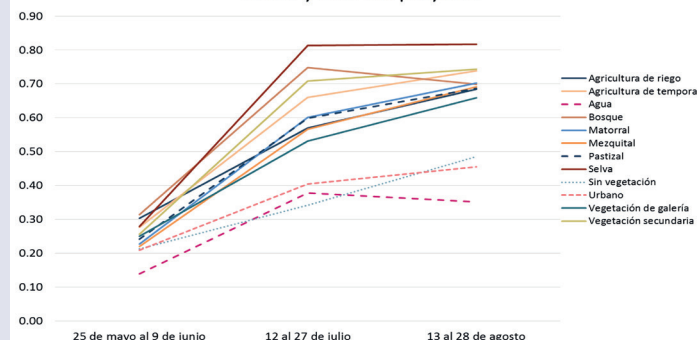
CONTRIBUCIÓN EN LA COBERTURA VEGETAL

La cobertura vegetal que mostró el mayor impacto fue el mezquite, seguido por el matorral, la selva y la vegetación secundaria, para estas coberturas el aumento del verdor fue de entre el 190% y 215% con respecto a los valores registrados al inicio del proyecto.

Cobertura vegetal con mayor impacto

Mezquite	214.32%
Matorral	208.63%
Selva	192.38%
Vegetación secundaria	190.15%

Valores promedio de NDVI por tipo de cobertura: inicio, mitad y final del proyecto



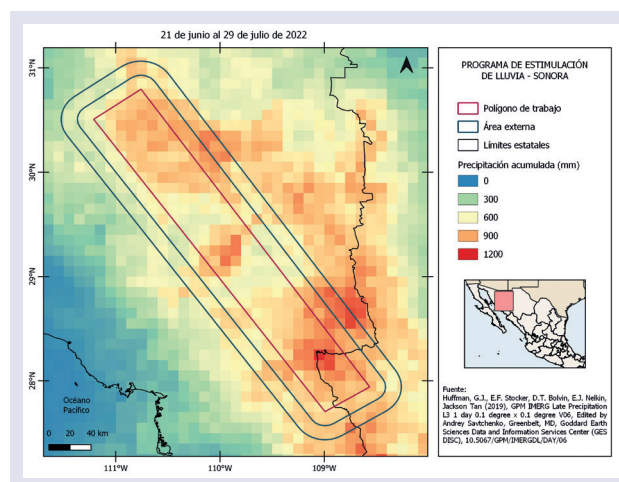
Valores promedio de NDVI por tipo de cobertura previo, durante y posterior a los tratamientos.

PRECIPITACIÓN

En el 100% de los vuelos se registró precipitación en al menos un pluviómetro. Igualmente los días que se voló los incrementos de lluvia fueron del 166.3% al 254.3%.

Caso	Descripción	Precipitación (mm)		
		Pronóstico acumulado	Registro pluviométrico acumulado	Incremento (%)
1	Análisis total	1,436.8	2,389.6	166.3
2	Análisis de nubes estáticas	426.9	808.8	189.5
3	Análisis de nubes dinámicas	502.6	1,278.2	254.3

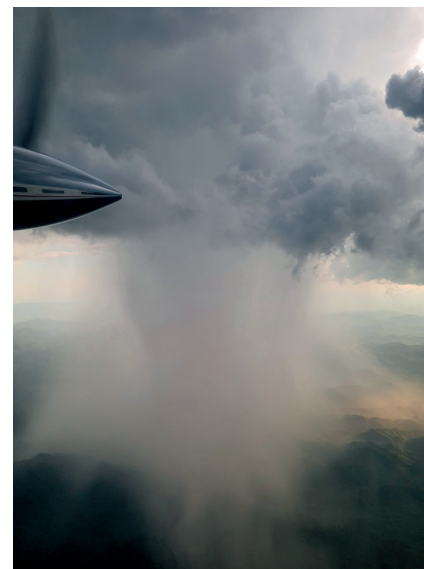
El análisis global de la precipitación por sensores remotos para todo el periodo analizado muestra que dentro del polígono de trabajo el promedio de precipitación y la precipitación acumulada fueron mayores que en el área externa en un 30.21%.



El análisis global de la precipitación por sensores remotos para todo el periodo analizado, muestra que, dentro del polígono de trabajo, el promedio de precipitación y la precipitación acumulada, fue mayor en un 13.3% en comparación al área externa.

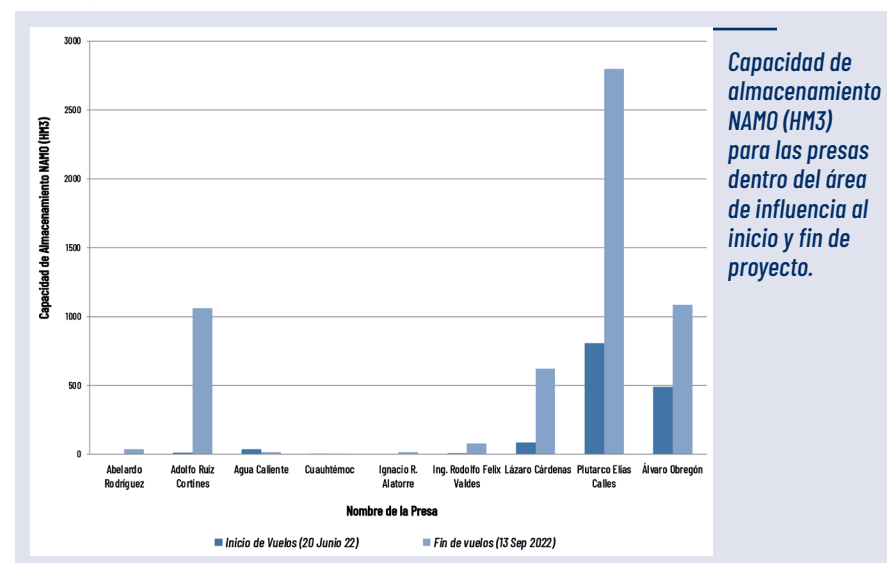


Vista aérea de la Presa "El Molinito" una vez terminado el proyecto



CONTRIBUCIÓN AL LLENADO DE PRESAS

Con respecto a las presas se reflejó un aumento en su almacenamiento (NAMO) desde el inicio del proyecto y hasta el término de este, incrementándose 4,299.9 hm³.



Con relación al NAMO original para todas las presas, el porcentaje de almacenamiento inicial estaba al 17.94% y al finalizar se logró incrementar al 71.98%.

EQUIPO CENTRAL STARTUP RENAISSANCE

EQUIPO DE ANÁLISIS TÉCNICO



**Dr. Joaquín
Contreras Gil**
COORDINADOR



**Ocean. Alejandra
Baez Flores**
ANALISTA



**M. en C. Samantha
Rodríguez de la Gala
Hernández**
ANALISTA



**M. en C. María de los Ángeles
Milanés Salinas**
ANALISTA



**M. en C. Bertha
García Capitanachi**
ANALISTA

EQUIPO DE ANÁLISIS ESPECTRALES, SUELO Y VEGETACIÓN



**Dr. Bernardo Ricardo
Eaton González**
COORDINADOR TÉCNICO



**M. en C. Nadia Fernanda
Siordia González**
ANALISTA ESPECIALIZADA



**M. en C. Jessica
Martínez Jiménez**
COORDINADORA DE
METEOROLOGÍA



**Lic. Yasmin
Córdoba Sánchez**
METEORÓLOGA



**C.P.A. Víctor Alfonso
Torres Sánchez**

EQUIPO METEOROLÓGICO

CAPACITACIÓN A PERSONAL DE VUELOS

EQUIPO CENTRAL STARTUP RENAISSANCE

EQUIPO TÉCNICO CENTRAL



**M. en C. Obed
Mayoral Fernández**
ASESOR TECNOLÓGICO



**Dr. Omar
Musalem López**
CONSULTOR



**Ing. Alejandro Jesús
Trueba Carranza**
COORDINADOR GENERAL



**Adriana
Mandujano Moreno**
COORDINADORA
ADMINISTRATIVA



**Lic. Alejandra
Trueba Meave**
GERENTE DE DESARROLLO DE
NEGOCIOS INTERNACIONALES Y
ADMINISTRADORA DE NEGOCIOS



**Ing. Rodrigo
Monsalvo Velázquez**
COORDINADOR
MECÁNICO



**Ing. César
López Morales**
LOGÍSTICA



**Ana María
Hernández Baladés**
AUXILIAR CONTABLE



**D.C.G. Erika Lucía
Marroquín Moreno**
COORDINADORA
DE DISEÑO GRÁFICO



EQUIPO DE LA FUERZA AÉREA MEXICANA

BAJA CALIFORNIA



**Víctor Alfonso
Torres Sánchez**
Tte. F.A.P.A.



**Carlos
Carbajal Hernández**
Tte. F.A.P.A.



**Ricardo
Aguilar Díaz**
Tte. F.A.P.A.



**Alejandra
Castañeda Casillas**
Tte. F.A.P.A.



**José Javier
Hernández Lepe**
Tte. F.A.E.E.A.



**Ángel Gabriel
Guzmán Gómez**
Sgto. 2/o. F.A.E.M.A.

NUEVO LEÓN Y TAMAULIPAS



**Mario Elizber
Rubio Covarrubias**
Cap. 2/o. F.A.P.A.



**Víctor Alfonso
Torres Sánchez**
Tte. F.A.P.A.



**Eduardo
Alvarado Barrera**
Tte. F.A.P.A.



**Marco Antonio
Martínez Luis**
Tte. F.A.P.A.



**Miguel Ángel
Ibarra Lazcano**
Cap. 2/o. F.A.P.A.



**Guillermo Amaury
Estrella Pardo**
Cap. 2/o. F.A.P.A.



**Luis Gerardo
Alvarado Núñez**
Tte. F.A.P.A.



**Alejandra
Castañeda Casillas**
Tte. F.A.P.A.



**Erick Gildardo
Gómez Vega**
Tte. F.A.E.M.A.



**José Javier
Hernández Lepe**
Tte. F.A.E.E.A.



**José Ángel
Zárate Díaz**
Sgto. 2/o. F.A.E.M.A.



**Juan Carlos
Díaz Leocadio**
Sgto. 2/o. F.A.E.M.A.



**Cristóbal
Natarén Pérez**
Sgto. 2/o. F.A.E.E.A.



**Carlos
Narváez Arcos**
Tte. F.A.E.E.A.



**Felipe
Sánchez Reyes**
Tte. F.A. METEORÓLOGO



**Eduardo
Silva Matamoros**
Tte. F.A. METEORÓLOGO



EQUIPO DE LA FUERZA AÉREA MEXICANA

CHIHUAHUA



**Julio Efraín
Baquedano Castillo**
Tte. Cor. F.A. Met.



**Eduardo
Alvarado Barrera**
Tte. F.A.P.A.



**Francisco
Menes Torres**
Cap. 2/o. F.A.P.A.



**Miguel Ángel
Ibarra Lazcano**
Cap. 2/o. F.A.P.A.



**Sebastián
González Arciga**
Tte. F.A.E.E.A.



**José Marcelino
Gutiérrez González**
Sbte. F.A.E.E.A.



**Guillermo Amaury
Estrella Pardo**
Cap. 2/o. F.A.P.A.



**Marco Antonio
Martínez Luis**
Tte. F.A.P.A.



**Carlos
Narváez Arcos**
Tte. F.A.E.E.A.



**Luis Fernando
Gómez Ordaz**
Sgto. 2/o. F.A.E.M.A.



**Miguel Ángel
Cruz Bautista**
Tte. F.A.A.A.



**Karim Arturo
Fernández Chequer**
Cap. 2/o. F.A.P.A. D.E.M.A.



**Juan Carlos
Aguilar González**
Sgto. 2/o F.A.E.M.A.

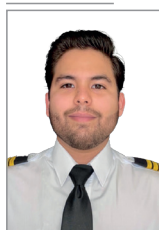


**Felipe Iván
Ceballos Hinojosa**
Sgto. 1/o. F.A.E.M.A.

EQUIPO DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE SINALOA



**Jorge Ignacio
Yñigo Riesgo**
PILOTO



**Javier Eduardo
Carey López López**
COPILOTO



**Luis Alfredo
Jiménez López**
COORDINADOR DE VUELOS



**Elías
de la Vega Beltrán**
COORDINADOR DE VUELOS



**José Everardo
Corrales Hernández**
TÉCNICO EN AVIACIÓN



**Miguel Ángel
Félix Lizárraga**
TÉCNICO EN AVIACIÓN



**Daniel
Salazar Aguilar**
TÉCNICO EN AVIACIÓN

EQUIPO DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN



**Armando
Núñez Toledo**
PILOTO



**Jesús Guillermo
Sandoval Méndez**
PILOTO



**Fernando
Acevedo Luna**
PILOTO



**José Juan
Meléndez González**
MECÁNICO DE AERONAVES



**Ismael
Treviño Martínez**
JEFE DE SERVICIOS

EQUIPO DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE SONORA



**Roberto Capitán
Andere García**
DIRECTOR DE HANGAR



**Bernardino
Abril López**
COORDINADOR DE HANGAR



**Sergio Adrián
López Cortés**
PILOTO



**Alejandro
Jáuregui Rentería**
PILOTO



**Juan Pablo
Valenzuela Martínez**
PILOTO



**Héctor Ramón
Aguirre Carranza**
PILOTO



**Jaime
Luna Virgen**
MECÁNICO AERONÁUTICO



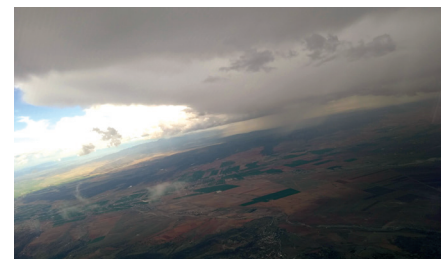
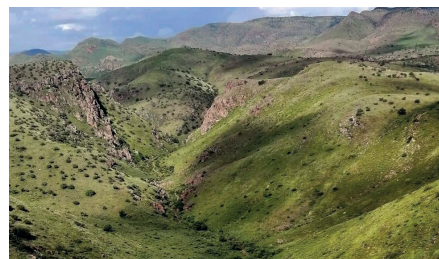
**José Israel
Favela Aldana**
MECÁNICO AERONÁUTICO



**Leonardo
Cobarrubias Vázquez**
AYUDANTE GENERAL

RESUMEN DE RESULTADOS

- Debido a los positivos resultados de los proyectos regionales de estimulación de lluvia el año 2021, el Gobierno Federal aplicó de nuevo esta estrategia en el 2022 en los estados de Baja California, Chihuahua, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Nuevo León, a través de la SADER y CONAZA como instancia ejecutora, en colaboración con la SEDENA, FAM y Gobiernos de los Estados.
- Se realizaron 153 vuelos cubriendo un acumulado de 9'729,692.26 ha, y se lograron incrementos en lo precipitado del 72% los días que se voló (eficacia del proyecto), significando esto un volumen de agua precipitada de 12,563,881,215.75 m³, con base a los registros en pluviómetros.
- A pesar de que algunas veces no se registró precipitación en pluviómetros, si se observó que en todos los vuelos donde se aplicó el reactivo Rainmate®, se provocó lluvia, manteniendo su eficiencia en el 100%.
- Para la evolución de la sequía en los estados, los resultados del Monitor de Sequía del SMN-CONAGUA, indican cambios importantes y favorables en sus categorías durante el periodo que se llevaron a cabo los proyectos. En Sonora y Chihuahua de estar en categorías D1 a D3 (moderada, severa y extrema), y Sinaloa y Nuevo León de estar en categorías D0 a D2 (anormalmente seco, sequía moderada y severa), pasaron a estar SIN SEQUÍA. Para Baja California, a pesar de que el proyecto inició ya tarde en la temporada de lluvias y sólo duró un mes, ayudó a que la sequía no se agudizara, logrando una leve disminución, en comparación con su incremento fuera del polígono de trabajo.
- Con base a la información de sensores remotos, que determinan los cambios registrados en la vegetación gracias a la lluvia, se lograron incrementos en la cobertura y verdor que van del 32% al 240%. Es importante mencionar que los mayores incrementos se registraron en las áreas de agricultura de temporal, de 155% a 180%, y en la vegetación natural, hasta de 240%, lo que tiene una alta importancia ya que estos proyectos se han diseñado principalmente para beneficiar directamente a este tipo de sectores.



- En Tamaulipas como ejemplo, las áreas agrícolas tienen cultivos de importancia económica y estratégica como el sorgo, donde se cultiva de riego y temporal, y aporta aproximadamente el 70% de la producción nacional. El desarrollo del programa en el estado aportó agua suficiente para salvar el ciclo agrícola de los cultivos que estaban en condición crítica por falta de agua en las presas, incrementándose la producción un 24% con respecto al ciclo anterior.
- Los resultados en la evolución de los almacenamientos en presas fue positivo. Para los estados con mayores obras de almacenamiento como Sonora, Chihuahua y Sinaloa, al inicio de los proyectos, el porcentaje promedio de almacenamiento (NAMO) para las presas se encontraba al 19.49% de su capacidad. Una vez concluidos los proyectos se logró un incremento promedio de 72.13%, y en algunas presas pequeñas se superó el 100% de su almacenamiento, vertiendo excedentes.
- Se debe resaltar que sin lugar a dudas que parte de esta agua almacenada es resultado de la lluvia estimulada, y es indicador de los beneficios indirectos de la aplicación del reactivo, ya que un alto porcentaje de estas presas se encuentran aguas abajo de los polígonos de trabajo, por lo tanto, el beneficio llega a grandes poblaciones y a la agricultura de riego.
- La estimulación de lluvia durante el mes de marzo en el estado de Nuevo León permitió reafirmar que es una herramienta muy útil para el control de incendios forestales, sobre todo en zonas agrestes, donde el combate por tierra además de poner en riesgo la seguridad de los bomberos, es muy costoso y complicado.
- La percepción de los productores agropecuarios de las áreas estimuladas es muy favorable y como ejemplo, podemos señalar que para los estados de Sonora, Sinaloa y Nuevo León, a petición de estos productores, los Gobiernos de los Estados aportaron el avión y la tripulación para la ejecución de estos proyectos.
- Los logros obtenidos se deben a la colaboración de la SADER-CONAZA, SEDENA-FAM, con la participación de los Gobiernos de los Estados correspondientes, que apoyaron en sus áreas de competencia al proyecto y a la empresa Startup Renaissance para la coordinación y ejecución del proyecto. El éxito es de todos.
- Finalmente, los diversos indicadores, que aquí se presentan, reflejan los buenos resultados que el Gobierno Federal deseaba, que era lograr prevenir que la sequía impactara de manera irreversible la precaria condición de los productores de las extensas Zonas Áridas del norte del país, territorio de CONAZA, Institución que cumplió cabalmente su misión atendiéndolas significativamente con este proyecto.



AGRADECIMIENTOS



Estamos cerrando el segundo año de actividades de estimulación de lluvias, un año con complicaciones periféricas en torno al proyecto pero impecable en cuanto a sus resultados por lo que lo menos que debemos hacer es agradecer, primero a Dios y después a México y sus Instituciones, que a través de los funcionarios que las encabezan, a pesar de críticas, decidieron continuar apoyándolo y así respaldar el valiente esfuerzo de técnicos y pilotos que juntos, volvieron a traer agua al desierto.

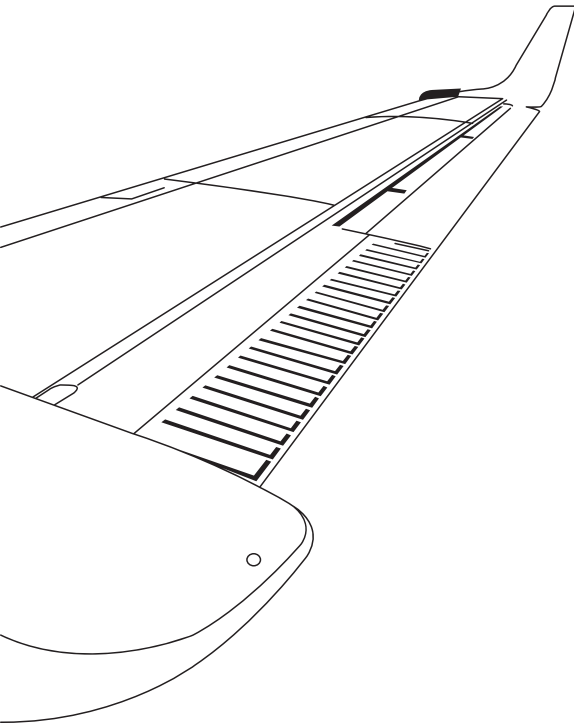
Especial reconocimiento al Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula, Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural y al Gral. Luis Crescencio Sandoval González, Secretario de la Defensa Nacional, ambos cumpliendo con inteligencia y disciplina la encomienda que al respecto les instruyó el Lic. Andrés Manuel López Obrador, Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos.

Reconozco, que no obstante que el segundo año de actividades se cierra con 247 misiones de vuelo de estimulación, todas exitosas e incrementando arriba del 70% en promedio el volumen de agua precipitada en los 13 proyectos realizados en 10 Estados de la República a diciembre de 2022, aún no hemos logrado convencer a funcionarios y especialistas que siguen insistiendo en obtener explicaciones de estos resultados sobre parámetros estadísticos y de comportamiento registrable de las nubes y soslayando lo evidente como ha sido el desarrollo de la vegetación inducida por el proyecto en beneficio de la agricultura y la ganadería, los escurrimientos superficiales que han permitido llenar presas y embalses que reportaban vacíos casi absolutos así como la sofocación de incendios, aun cuando por su naturaleza se presentan en épocas de casi ausencia total de nubes.

Lo positivo es que las personas y técnicos de mente abierta si han valorado este esfuerzo y nos han permitido continuar con la estimulación de lluvias, a ellos nuestro más profundo agradecimiento.

Finalmente nuestro más sentido agradecimiento al Ing. Ramón Antonio Sandoval Noriega y al Dr. Héctor Manuel Arias Rojo de la Comisión Nacional de las Zonas Áridas, por su valioso aporte en la operación y supervisión de nuestros proyectos, a los técnicos que cada vez son más y que se han incorporado a nuestro equipo de vuelo, operación y logística, quienes se han superado continuamente para mantener el nivel de excelencia en nuestros proyectos de principio a fin, a los excelentes caballeros águila de la Fuerza Aérea Mexicana a través de sus pilotos y técnicos que se han comprometido con nosotros a seguir llevando agua y esperanza a los desiertos mexicanos; considero que ya somos una familia mexicana que ve en su trabajo una forma de contribuir al esfuerzo de productores agrícolas, ganaderos, planificadores y operadores del agua que si aprecian los resultados que hemos alcanzado.

Alejandro Jesús Trueba Carranza



Alejandro J. Trueba Carranza
Adriana Mandujano Moreno
Joaquín Contreras Gil
Alejandra Trueba Meave
Jessica Martínez Jiménez
Eduardo Prieto Valles
Rafael Sáenz Ramos
Luis García Saavedra
Marco Polo Martínez
Jorge A. Sánchez Arellano
Luis Rodrigo García Aguilar
Martín Máñez Chavarría
Rafael Sáenz Peñuelas
Gustavo Rodríguez Vera
Anacleto Chapa Ríos
Alejandra Báez Flores

Samantha Rodríguez de la Gala Hernández
Bernardo Ricardo Eaton González
Nadia F. Siordia González
Carlos Eduardo Tomas Mayorquin
María de los Ángeles Milanés Salinas
Javier Guillins Villareal
Bertha García Capitanachi
Tania Abigail Burgos Othón
Carolina Trujillo López
Edgar Bustillos Daniel
Alejandro Nevárez Durán
Eduardo Pérez Rodríguez
Jesús Antonio Chapa Marmolejo
Alejandra Maldonado Gutiérrez
Nathanael Trapero Cabrales
Sofía Estrada Valles

Pamela García Aguilar
Rodrigo Monsalvo Velázquez
Erika Lucía Marroquín Moreno
César López Morales
Yasmin Córdoba Sánchez
Omar Musalem López
Víctor Alfonso Torres Sánchez
Obed Mayoral Fernández
Carlos Rodríguez Santana
Ana María Hernández Baladés
Mario Marín Silva Serna
José Hugo Loperena Rodríguez
Brian Enrique Avila Ortega
Mario Manuel Velázquez Mandujano
Javier Moreno Trujillo



**Javier
Moreno**
ESCULTOR

**Mario Manuel
Velázquez Mandujano**
FOTOGRAFÍA DE PORTADA

Todas las fotografías publicadas en este documento fueron
tomadas por el personal de Startup Renaissance



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



El arte de transformar lo imposible en realidad