

PROYECTOS DE ESTIMULACIÓN DE LLUVIAS 2021

*A los valientes guerreros del árido...
A los intrépidos caballeros águila...
que juntos trajeron agua al desierto*



A Claudia y a Francisco

Parte de nosotros, quienes nos tuvieron fe desde que todo esto fue una idea. A ellos les dedicamos todo el esfuerzo, aplicación y resultados obtenidos en el proyecto global que aquí presentamos.





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

Desde el punto de vista económico, y a pesar de la pandemia, el año 2020 fue un buen año para la agricultura ya que fue el único sector que tuvo saldo positivo; sin embargo, el panorama para el sector agropecuario era desolador para el año 2021 porque las presas tenían las más bajas reservas de agua debido a una sequía que hacía crisis después de tres años de agobio consecutivo.

Los productores de San Quintín, Baja California, le solicitaron al presidente de la república un programa de estimulación de lluvia como la mejor opción que tenían para enfrentar la sequía que estaban pasando. Instruí al Ing. Ramón Antonio Sandoval Noriega, Director de la CONAZA, para que implementara la solicitud presidencial. La respuesta fue inmediata pero el problema era el costo. La mitad del costo correspondía a la renta de aviones. Me puse en contacto con el Gral. Luis Crescencio Sandoval González, Secretario de la Defensa Nacional, sobre la amenaza de la sequía al país, quien de inmediato respondió a través de la Fuerza Aérea Mexicana con un espléndido avión King Air 350 como parte del Plan DN-III-E, considerando que la sequía era ya un desastre natural y de esta manera contribuirían con su control.

Con la colaboración de la SEDENA, el Presidente López Obrador aprobó la realización del proyecto y lo anunció en diciembre del 2020. A partir de ahí, se le dio puntual seguimiento hasta que tuvimos la seguridad de que teníamos una solución a la mitigación de la sequía y que podríamos adoptar como parte de las estrategias de la SADER para aplicarla contra la sequía en el resto del país, iniciando de inmediato, en el Ciclo Primavera-Verano 2021 en los Estados que presentaban ya los peores estragos en el norte de la república.

Los resultados hablan por sí mismos como se aprecia a que en todos los casos de las áreas proyecto se rescató de la sequía a estos territorios (Fuente: Monitor de la Sequía de la CNA), por lo presentado en este documento considero que estamos ante el umbral de una tecnología, que adicionalmente de ser orgullosamente mexicana, se puede constituir en la herramienta con la que podamos enfrentar las contingencias, tanto sequías como incendios, que plantea el cambio climático que ya comenzó y que afortunadamente pudimos superar en este año.



**Ing. Ramón Antonio
Sandoval Noriega**
*DIRECTOR GENERAL DE LA
COMISIÓN NACIONAL DE
LAS ZONAS ÁRIDAS*

EXPOSICIÓN DE MOTIVOS

Siempre ha sido mi convicción profesional la restauración de cuencas hidrográficas que lamentablemente hemos deteriorado de manera significativa para revertirlas a través de tres componentes básicos: conservación y manejo de agua, suelo y cubierta vegetal, todo con el propósito de mejorar las condiciones de vida de quienes habitan estas regiones.

En septiembre del año 2020, el Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula, Secretario de Agricultura, me llamó para decirme que tenían una solicitud de productores de San Quintín, Baja California, desesperados por la prolongación de una sequía, que pedían apoyo con un programa de estimulación de lluvia ya que debían tomar medidas desesperadas para evitar la mortandad de su ganado ante la falta de forraje y agostaderos.

En Sinaloa, donde resido y trabajaba, hay empresas mexicanas, intermediarias de empresas americanas, que prestan servicios para “estimulación de lluvia”. Le asigné al Dr. Héctor Arias la tarea de analizar esta situación y el diseñar de un programa que contuviera esta emergencia que es muy frecuente en las zonas áridas, el ámbito geográfico de la institución que represento.

Después de analizar las ventajas y desventajas de esta tecnología, contratamos a la empresa mexicana Startup Renaissance S. de R.L. de C.V. en virtud de poseer su proceso y reactivo patentado y registrado y se consideró apropiado para el programa piloto en Baja California, con lluvias en invierno. Los resultados fueron altamente satisfactorios, aunados a su éxito en apagar un incendio de proporciones extremas en los Estados de Nuevo León y Coahuila, por lo que se decidió aplicarlo en el monzón de verano de este año a los Estados del norte del país, con magníficos resultados también, los que se reseñan brevemente en el presente documento.

En vista de los resultados observados en los poco más de 9 millones de hectáreas donde se aplicó el proyecto de estimulación de lluvias, a que en todos los casos se pudo mitigar la sequía. Con esta nueva herramienta se abre un abanico de opciones para las zonas áridas y semiáridas de México, ya que al disponer razonablemente del vital líquido, es posible promover más acciones que fomenten el desarrollo de actividades productivas en estas áreas, tales como la incorporación de otras opciones de cultivos propios o incluso novedosos en estos climas, reforestaciones, siembra de peces en los estanques de mayores proporciones, etc.

Creemos que estos proyectos deben ser multianuales, lo que significaría dar seguridad a la conservación del agua, suelo y cubierta vegetal para mejorar las condiciones de vida en las zonas áridas y semiáridas de México.



**Héctor Manuel
Arias Rojo**

*DIRECTOR DE SUSTENTABILIDAD
Y FORTALECIMIENTO DE LA
COMISIÓN NACIONAL DE LAS
ZONAS ÁRIDAS Y SUPERVISOR
DEL PROYECTO ESTIMULACIÓN
DE LLUVIAS*

RELEVANCIA DEL PROYECTO DE ESTIMULACIÓN DE LLUVIAS

Cuando me pidieron implementar una estrategia para mitigar la sequía a través de la Estimulación de Lluvia, recordé mi estancia en la primavera de 1978 en el Volcani Center en Rehovot, Israel, y recordé las palabras de David Sharon, hidrólogo y estadístico, que evaluaba los programas de “siembra de nubes” en Israel: “con la tecnología existente actualmente, es muy difícil comprobar que la tecnología de estimulación de lluvia sea la responsable y, sobre todo, cuánto”.

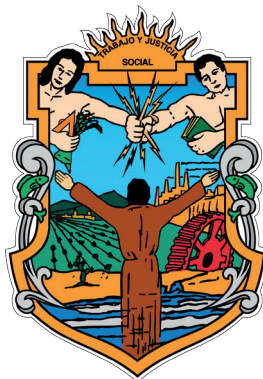
Me eché un clavado para ver qué tanto había evolucionado la tecnología desde entonces y encontré que seguía siendo “ciencia gris”; por lo que, cuando estuve en contacto con el Ing. Alejandro Trueba, representante legal y director de Startup Renaissance S. de R.L. C.V., me explicó las características y las pruebas que hizo, me dejó asombrado.

Había innovaciones interesantes. El reactivo se mantenía en frío previo a la aplicación, ya que casi todas las técnicas de aplicaciones aéreas eran en bengalas, que liberan calor, una limitante para la siembra de nubes en lugares como México. La aplicación del reactivo también era novedad. Usaba roseta de aspersión, similar al riego agrícola, a presión, lo cual liberaría una solución en gotas pequeñas, casi del tamaño de la lluvia natural, situación que influye en la dinámica interna de la nube.

Mi impresión fue que tenía bajo control las dos principales limitantes de la estimulación de lluvia, pero no creí sus experiencias de una eficiencia mayor del 95%, 95 de 100 intentos logra lluvia; y entre 40 y 60% de exceso de lluvia, diferencia entre lo pronosticado y lo registrado. Aún más, tenemos mejores herramientas para darle seguimiento y evaluar la tecnología que hace 40 años.

La situación del país era de emergencia. Así lo expresé al Ing. Sandoval, y con su anuencia, elaboré una estrategia nacional para mitigar la sequía con la estimulación de lluvia, servicio provisto por esta empresa. Los resultados se están dando precisamente a un año de esta intervención y rebasaron mis expectativas.

Mis congratulaciones a la empresa, su inventor y director, y a todos los que han contribuido para retomar esta tecnología que representa una esperanza para mitigar la sequía en las zonas áridas y semiáridas de México.



BAJA CALIFORNIA



**Alejandro Jesús
Trueba Carranza**
COORDINADOR DEL
PROYECTO



**Joaquín
Contreras Gil**
NAVEGADOR



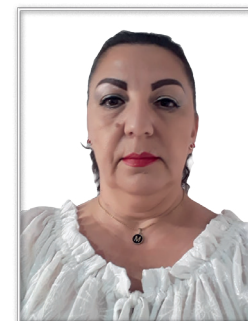
**Adriana
Mandujano Moreno**
OPERADORA DEL
SISTEMA DE REACTIVOS



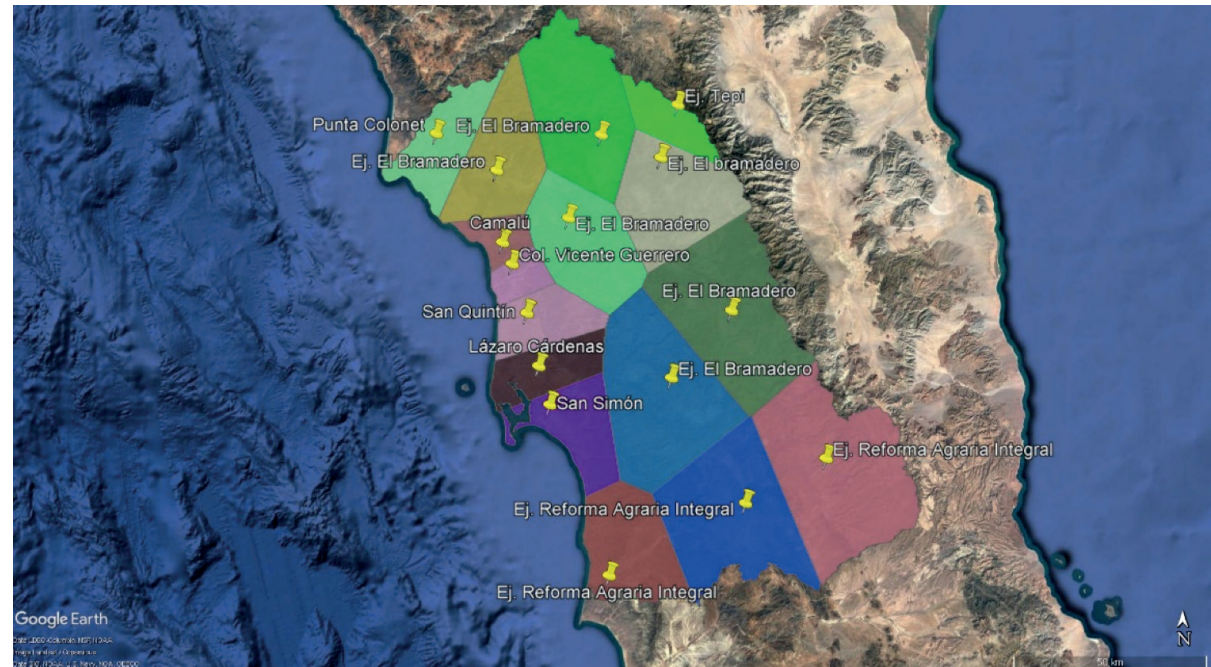
**Javier
Guillins Villareal**
OPERADOR DE
CAMPO



**Carlos
Rodríguez Santana**
COORDINADOR DE
PLUVIÓMETROS



**María Elena
Cázares Bobadilla**
TÉCNICO DE CAMPO Y
SECRETARIA DE APOYO



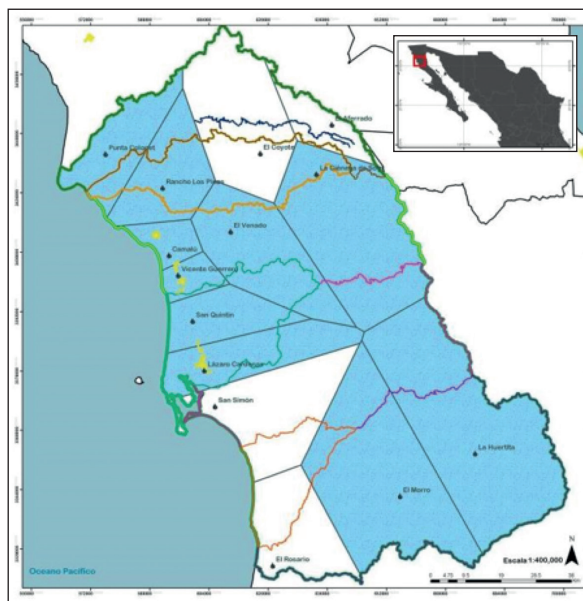
Polígonos de Thiessen para determinar la precipitación generada

El proyecto se concibe desde su inicio como una tecnología para estimular lluvias de verano, con temperaturas relativamente altas y en nubes cargadas de humedad como cumulonimbus o nimbostratus. Sin embargo, el Gobierno Federal a través del Doctor Víctor Manuel Villalobos Arámbula, Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural, y ante la necesidad de probar con una tecnología para paliar la sequía que afectaba a las zonas áridas del continente, decidió probar su potencial con las precipitaciones de invierno de Baja California (2020-21) precipitaciones moderadas de tipo mediterráneo, consistentes en movimientos frontales provenientes del noroeste, de escaso desarrollo y bajas temperaturas.

El invierno 2020-21 resultó además de ser el más seco de los últimos 10 años, según estudio de los meteorólogos de la Base Aérea Militar, BAM, 03

de Ensenada, B.C. lo que se comprobó con la presencia de sólo seis condiciones regulares para la estimulación de lluvias en un lapso de 54 días, del 12 de febrero, fecha del V01, al 26 de marzo en que se realizó el V06, todos con nubes muy precarias, grupos de cúmulos de no más de 250 m de espesor, de rápido movimiento y sin obstáculos que pudieran, si no detener, al menos aminorar su flujo hacia el Mar de Cortés; razón por la cual se tuvo que trabajar de prisa, con repetidas aplicaciones del reactivo hasta hacerlas reaccionar y eventualmente arrancarles precipitación, algo que hubiera resultado imposible si no se hubiera contado con el apoyo de los extraordinarios aviones King Air 350 y los experimentados pilotos de la Fuerza Aérea Mexicana.

El polígono de trabajo o área objetivo fijada para la estimulación de la lluvia fue de poco más de un



En azul pluviómetros cuya precipitación superaron a la pronosticada correspondiente al V05 del 11 de marzo del 2021

Este volumen inducido, significa en promedio de los distintos vuelos un incremento del 225.11% sobre lo pronosticado y generó casi 28 millones de metros cúbicos de agua

millón de hectáreas, desde Punta Colonet al norte y El Rosario al sur; y de la costa del pacífico en el oeste, hasta la sierra de San Pedro Mártir al este.

El criterio de evaluación para la eficiencia del reactivo fue medir la precipitación a través de pluviómetros, bajo el criterio de considerar al pronóstico "oficial" (Sistema Europeo) de lluvia como la lluvia normal y lo que lo sobrepase, como efecto de la estimulación de la lluvia del proyecto. Se instalaron 16 pluviómetros dentro del polígono de trabajo, donde hubo población que capturara la información. Con los pluviómetros instalados se construyó una red de Thiessen para estimar los volúmenes precipitados atribuibles al proyecto en virtud de que en el área no se cuenta con presas u otros sitios que pudieran medir concentraciones de escurrimientos.

Lo destacable del proyecto es que no obstante de que las lluvias fueron prácticamente insignifican-

tes durante toda la temporada, en todos los casos la precipitación registrada en los pluviómetros después de las operaciones de estimulación realizadas en al menos un pluviómetro se registró precipitación superior a la del pronóstico, razón por la cual el proyecto se consideró 100% eficiente; por otra parte, si se considera la precipitación "normal" o la precipitación esperada conforme al pronóstico correspondiente, entonces la eficacia del sistema fue del 225%, dado que la precipitación registrada superó en ese porcentaje a la esperada. En la figura siguiente se aprecia el mejor vuelo (V05) en cuanto a resultados se refiere considerando que en esa ocasión la precipitación producida superó a la esperada en prácticamente todo el territorio del polígono de trabajo.

La temporada de Baja California tuvo que ser suspendida por la emergencia del incendio de Nuevo León y Coahuila después del V06 sin embargo arrojó los siguientes resultados:

Ubicación Pluviómetro	No. de eventos con registro	Frecuencia % con relación al número de vuelos	Lámina acumulada en mm	Superficie en ha	Volumen Inducido m3
El Venado	3	50.00	9.9	81,324.63	8,051,138.81
La Ciénega de Soto	4	66.67	5.25	126,161.00	6,623,452.35
Lázaro Cárdenas	2	33.33	6.68	55,733.63	3,723,006.67
Punta Colonet	4	66.67	5.78	47,652.61	2,754,320.62
Los Pinos	3	50.00	3.17	55,468.44	1,758,349.47
El Morro	1	16.67	0.9	147,639.60	1,328,756.39
Rancho Magaña	2	33.33	3.18	39,499.61	1,256,087.48
La Huertita	1	16.67	0.5	174,272.78	871,363.92
El Aferrado	1	16.67	2.7	25,049.76	676,343.57
Vicente Guerrero	2	33.33	2.98	14,918.39	444,567.90
Camalú	2	33.33	1.28	16,434.46	210,361.11
San Simón	1	16.67	0.19	80,936.53	153,779.40
El Rosario	1	16.67	0.2	58,386.37	116,772.73
El Coyote	0	0	0	91,388.03	0
Aportación Total del Proyecto			42.71	1,014,865.83	27,968,300.42



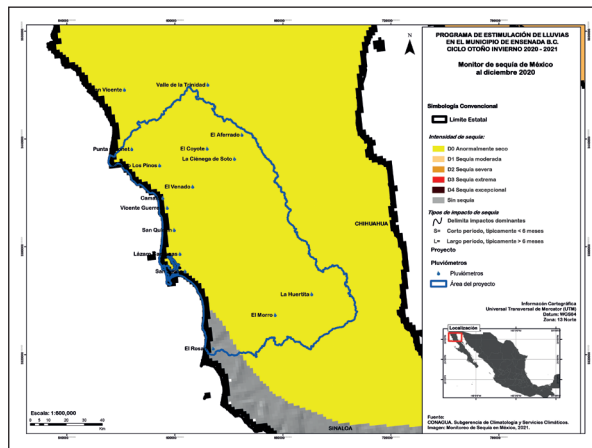
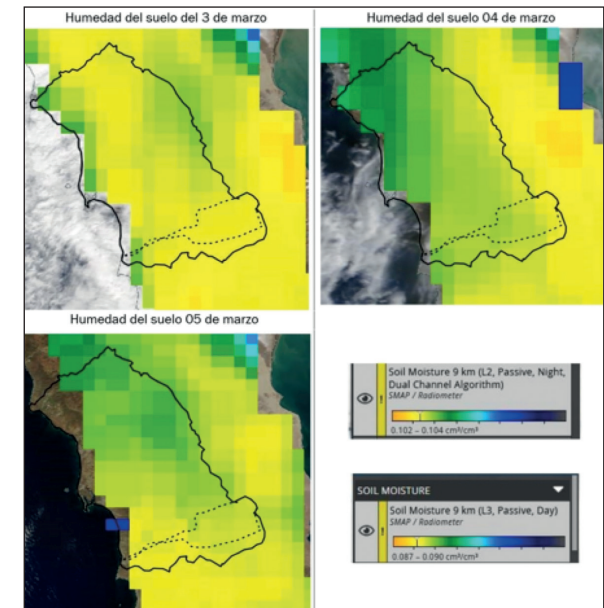
Sahuaro



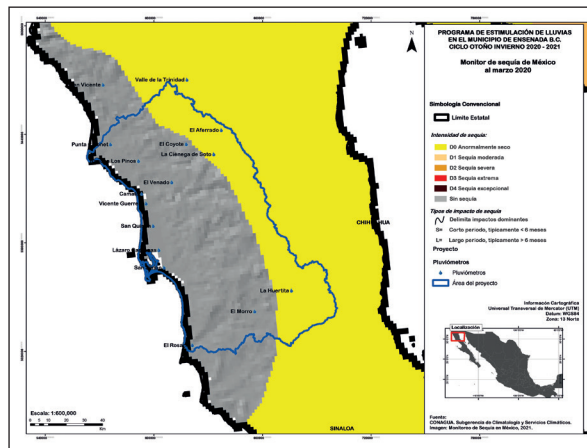
Cirio

Paralelamente se trabajó con el análisis espectral del suelo y la vegetación, destacándose el impacto de la humedad del suelo como se aprecia con los resultados del V03 del 3 de marzo, lo que hace promisoría esta tecnología para evaluar de manera adicional los impactos de la estimulación de lluvias, en cuanto a la concentración de la humedad en el suelo por la precipitación inducida.

HUMEDAD DEL SUELO RESULTANTE DEL VUELO V03 (03 DE MARZO DE 2021)



Polígono en diciembre de 2020



*Polígono en marzo de 2021.
Nótese en gris la reducción de la sequía*

Fuente: Comisión Nacional del Agua



VUELO 07



**Alejandro Jesús
Trueba Carranza**
COORDINADOR DEL
VUELO Y OPERADOR
DEL SISTEMA DE
REACTIVOS



**Doroteo
Treviño Puente**
NAVEGADOR



**Guadalupe
Rojas Granados**
CAPITÁN DEL
KING AIR 350

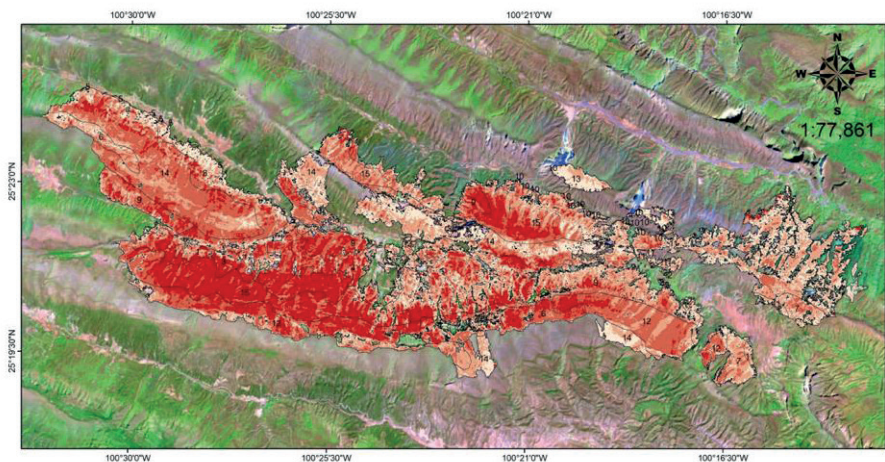


**Edgar Alejandro
Lozano Pech**
COPILOTO DEL
KING AIR 350



**Darwin
Rivera Torres**
METEORÓLOGO MILITAR

INCENDIO DE VILLA DE SANTIAGO, NUEVO LEÓN Y ARTEAGA, COAHUILA



Zona del incendio

El 22 de febrero del 2021 se inicia un incendio producto de la combustión de la vegetación seca producida por las heladas de la temporada, e inicia un incendio que creció de manera descontrolada abarcando principalmente las partes altas de los municipios citados, cubriendo hasta el día 31 de marzo, fecha de su extinción, una superficie total de 13,526 Has (10,687 en Nuevo León y 2,839 de Coahuila) y llegando a constituirse en una seria amenaza para poblaciones rurales aledañas, lo que obligó a contratar servicios de aeronaves norteamericanas de gran calado, DC-10, que eran cargados en Texas con 40,000 litros de sustancias retardantes al fuego, liberaban su producto y se regresaban de inmediato a los EUA.

Aprovechando el avistamiento de un movimiento nuboso del frente frío N° 47 que se pronosticaba con presencia cercana a la zona del incendio, el General Luis Crescencio Sandoval González, Secretario de la Defensa Nacional ordenó para el día 27 de marzo el traslado del avión de la Fuerza



Aérea Mexicana King Air 350 que para entonces realizaba actividades de estimulación de lluvias en Ensenada para dirigirse a la Base Aérea Militar N° 14 de Apodaca, N.L.

El técnico del proyecto y pilotos de la aeronave salieron en vuelo de reconocimiento de la zona del incendio el día 28 de marzo y ubicaron que los incendios iban a ser difíciles de controlar de



la manera convencional en virtud de que tales incendios se ubicaban en altitudes cuyas cúspides oscilaban los 12,306 pies, a que era virtualmente imposible atacar cualquier nube desde abajo por los accidentes orográficos de la cordillera, y por arriba menos, debido a la baja visibilidad entre los humos del incendio y la presencia de algunas nubes presentes, lo que obligó a improvisar la forma de atacar la nube cuando ésta se presentara.

A las 16:30 del día 31 de marzo se decide realizar el vuelo con el propósito de atraer nubes de la trayectoria del frente frío N° 47. El objetivo visualizado era un macizo de nubes tipo nimbostratus con desplazamiento sur sureste a una velocidad de 15 Km/h y aproximadamente a 200 Km de la zona de los incendios.

La aeronave se desliza de la zona nubosa hacia la zona del polígono definida por los principales focos activos del incendio, sobre el Municipio de Santiago, N.L. entre cordillera del Cerro de la Silla y la Sierra Madre Oriental, marcando como piso entre 13 y 15 mil pies para librar las cúspides de los picos donde la visibilidad era virtualmente de cero.

Se trazaron líneas de trayectoria de estimulación (TE) del macizo de nubes hacia zona de polígono en forma de líneas paralelas primero y transversales después para cubrir la superficie del polígono establecido de aproximadamente 1190 Km² con tiempos de reacción de la precipitación de aproximadamente entre 10 a 15 minutos.

Las siguientes figuras muestran el seguimiento meteorológico dado en la BAM 14 del macizo nuboso inicial y del desplazamiento observado hacia la zona del incendio, inducido por la estimulación y que finalmente apagó el incendio en una operación que duró poco más de 3 horas, recorrió 1550 km y consumió 100 litros del reactivo Rainmate®.



Forbes Staff • abril 2, 2021

REGISTRO DEL EVENTO CON IMÁGENES INFRARROJAS CONUS GOES EAST DEL SATÉLITE GOES (GLOBAL GEOSTATIONARY WEATHER SATELLITE)

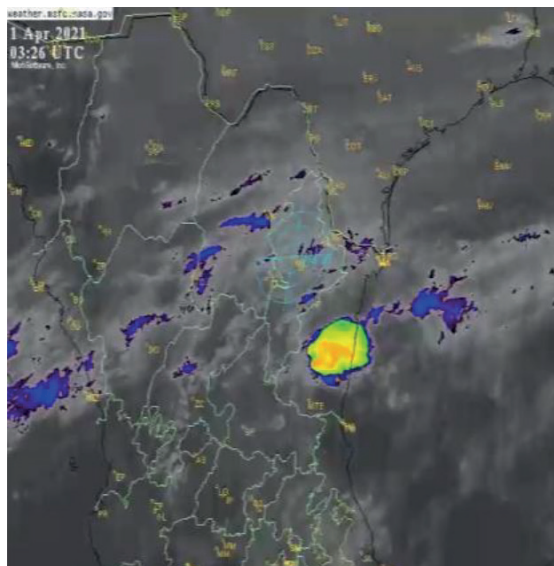


Imagen previa a la estimulación de lluvia

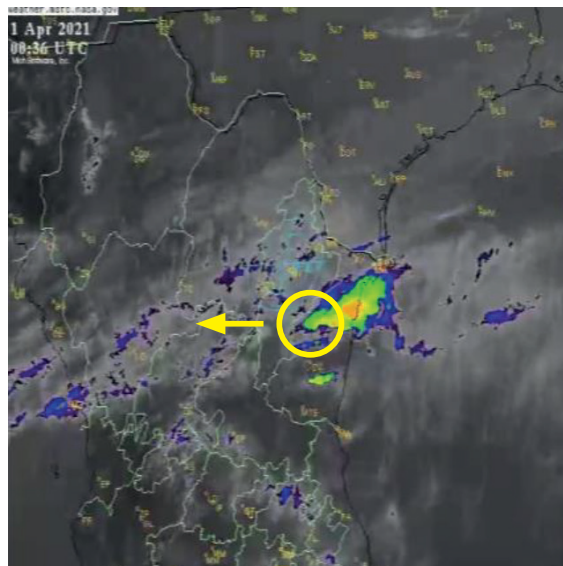
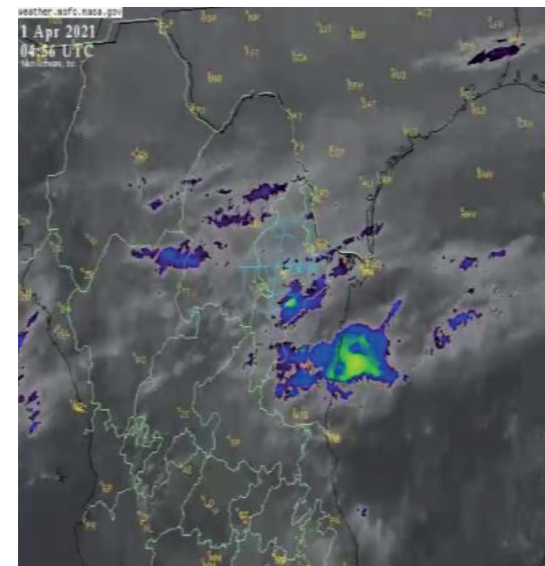


Imagen posterior a la estimulación, el círculo amarillo indica el desplazamiento logrado y que generó la lluvia que apagó el incendio



Extinción del sistema nuboso No 47



*King Air 350,
Matrícula 5210
de la FAM*



CHIHUAHUA



**Eduardo Luis
Prieto Valles**
COORDINADOR DEL
PROYECTO



**Martín
Máyne Chavarría**
OPERADOR DE
REACTIVO



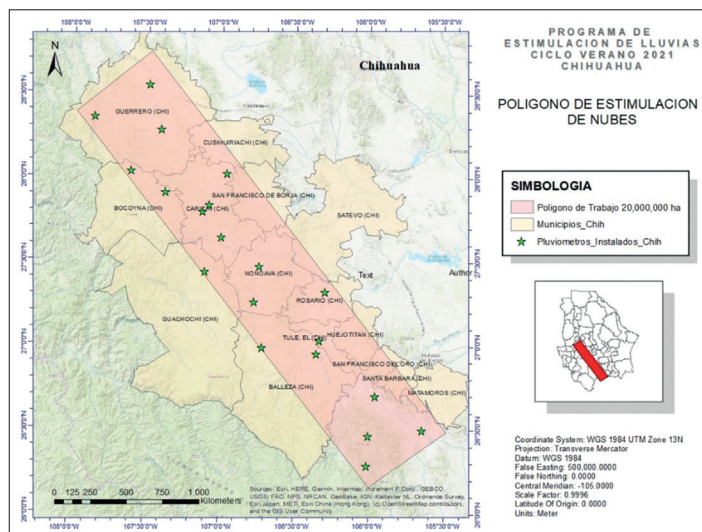
**Alejandro
Nevárez Durán**
TÉCNICO DE CAMPO



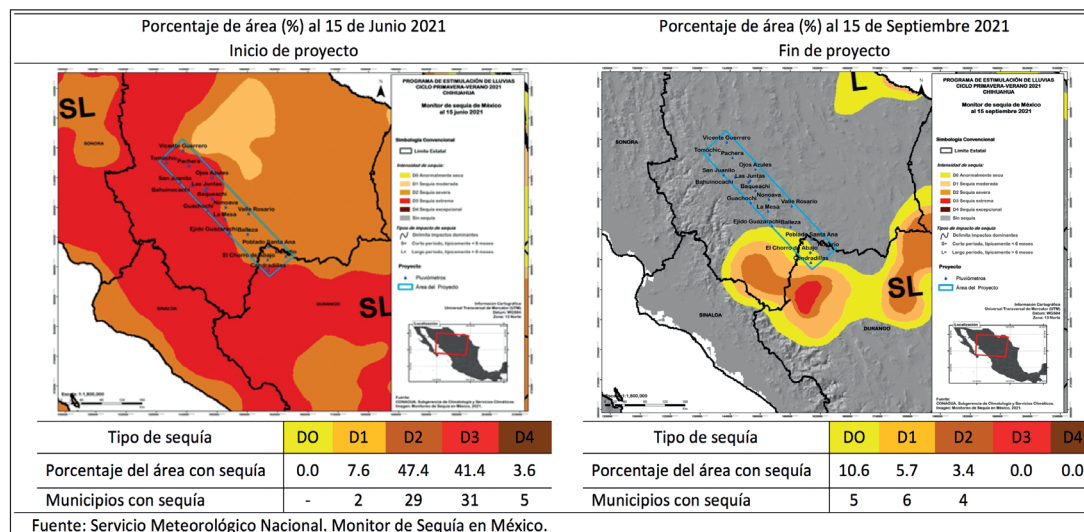
**Edgar
Bustillos Daniel**
TÉCNICO DE CAMPO



**Sofía
Estrada Valles**
AUXILIAR EN
INFORMÁTICA



Polígono establecido de trabajo



El principal objetivo del programa fue el mitigar los efectos de la sequía en el estado y así contribuir con la producción agro alimentaria, la economía nacional y protección de los productores más expuestos a sufrir daños por estos fenómenos.

El programa fue operado por personal técnico de Startup Renaissance en representación de SADER-CONAZA y personal militar y avión de la Fuerza Aérea Mexicana (FAM).

Se realizaron 26 vuelos en un avión King Air 350, equipado exprofeso, entre el día 20 de junio y el 23 de septiembre de 2021, con la liberación de 2,435 litros de yoduro de plata cubriendo un total de 578,520 km² de trabajo, en un polígono de dos millones de hectáreas que abarca 19 municipios en Chihuahua y Durango, los cuales presentaron una eficacia en la aplicación del reactivo del 96%.

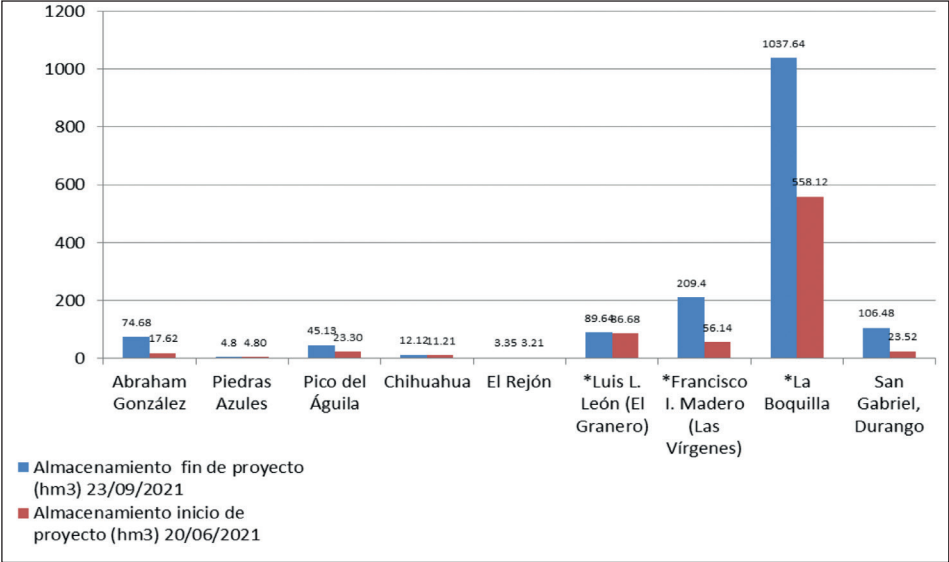
La ubicación del polígono fue planeada estratégicamente para que abarcara la cuenca alta y media de las principales cuencas de Chihuahua, así como

la del Yaqui y Fuerte de Sonora y Sinaloa respectivamente, la cual da vida y sustento económico a la región centro-sur y este del estado. Las primeras precipitaciones en la región se presentaron sorpresivamente, a solo minutos de haber aplicado el reactivo sobre los conglomerados nubosos. Durante los dos primeros días de trabajo, la presencia de incendios dentro y fuera del polígono obligó a priorizar la estimulación sobre las áreas en que éstos se desarrollaban, logrando contribuir junto con los esfuerzos de los combatientes, a su extinción. El 22 de junio (3 días después del inicio de operaciones), el periódico El Heraldo de Chihuahua, calificó al “Bombardeo de Nubes” como un “éxito”, debido a la presencia de las esperadas lluvias. En sus noticias consignaba un promedio de 12.8 mm de precipitaciones en la región.

Contribución del Programa a la Mitigación de la Sequía

Al inicio del proyecto Chihuahua contaba con 66 municipios afectados por algún tipo de sequía, con el 100% del territorio estatal cubierto, con todas las categorías.





TIPO DE COBERTURA	Previo al tratamiento (25 de mayo al 9 de junio)	Final del tratamiento (29 de agosto al 13 de septiembre)
Agricultura de riego	0.268425336	0.695561233
Agricultura de temporal	0.222283388	0.603322259
Agua	0.130900938	0.110747001
Bosque	0.328806908	0.582647756
Pastizal	0.216147398	0.560854196
Sin vegetación	0.236336111	0.380491429
Urbano	0.208321585	0.48856636
Vegetación secundaria	0.290367168	0.572343559

NOTA: Estos números son para dimensionar la importancia de las precipitaciones logradas, ya que no todo lo precipitado se almacena en las presas debido a la evaporación e infiltración principalmente.

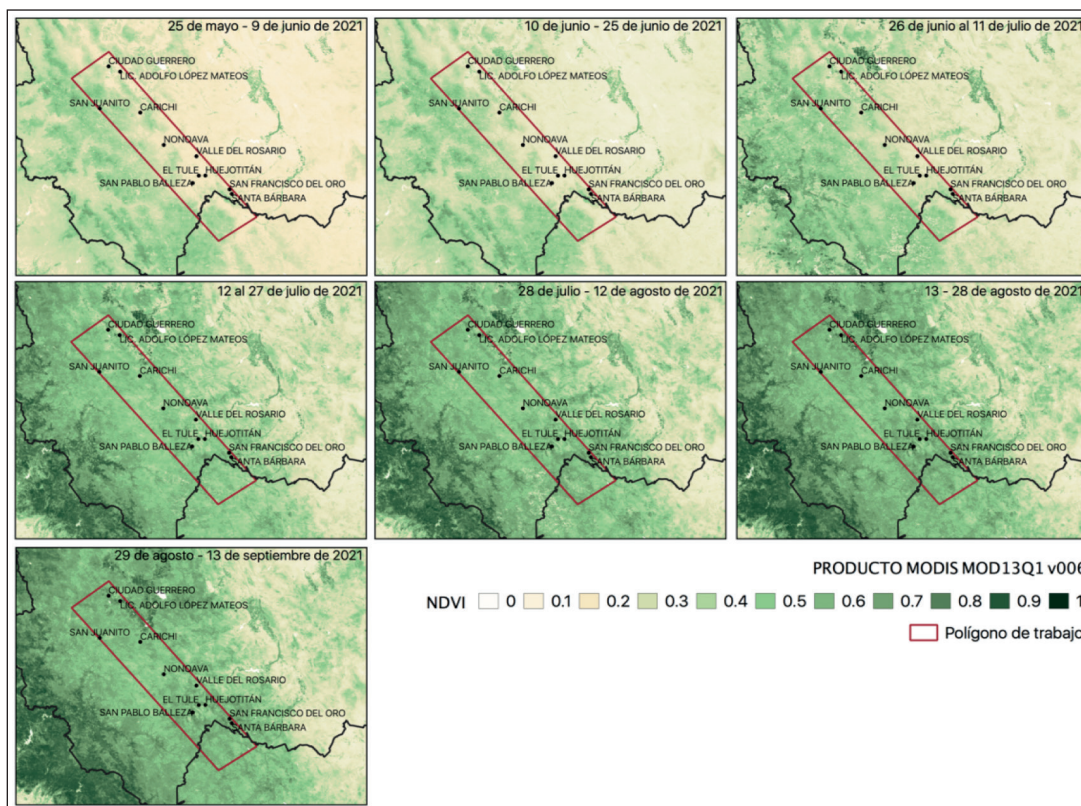


Al finalizar el programa, de acuerdo a la información proporcionada por el Sistema Meteorológico Nacional al corte del 15 de Septiembre el estado se encuentra con un 80.3% sin afectación por la sequía (Categorías de D0 a D2). Para el resto de los parámetros, como sequía extrema (D3) y sequía excepcional (D4), ya no se registran, las cuales estuvieron en la mayor parte del territorio durante el final del 2020 y parte del primer semestre del año 2021 de acuerdo al monitoreo de sequía. Reduciendo el número de municipios afectados de 66 al inicio del proyecto a 10.

Si bien no se puede hablar de que el agua precipitada inducida gracias al programa haya acabado con la sequía en el estado, sí ayudó de manera importante a su mitigación, ya que se registraron 2,146.79 hm³ de lluvia durante los días que se tuvieron vuelos.

Contribución al almacenamiento de presas

Al final de la ejecución del proyecto, las presas dentro del área de influencia en total registraron 798,640,000 de m³, de cuales 632,780,000 de m³ (632.78 hm³) corresponden a las presas Las Vírgenes y La Boquilla las cuales son las principales del estado. Sin embargo los resultados nos indican un incremento en el almacenamiento de 40.13% con respecto a la capacidad NAMO (hm³) de cada una de las presas, y un 20% desde el inicio del proyecto y hasta su finalización, siendo en volumen para el mismo periodo de 798.64 hm³. Siendo La Boquilla y Las Vírgenes las presas que alcanzaron más almacenamiento. Lo anterior es importante ya que con base a datos proporcionados por CONAGUA, las presas del estado se encontraban 40% por debajo de su capacidad. Tres de ellas incluida La Boquilla que es de las principales, por debajo del 20%.



Contribución en la cobertura vegetal

Análisis de productos Satelitales – NDVI (Índice de Diferencia Normalizadas de Vegetación/Verdor)

A pesar de que en los primeros vuelos no se registró una diferencia visible en el verdor de la vegetación dentro y fuera del polígono, de manera general si se observó un incremento en el índice de verdor en las coberturas de los diferentes tipos de vegetación dentro y fuera del polígono.

En la figura de la izquierda se puede apreciar el cambio en el color de la vegetación lo que indica mayor cobertura, comparando los valores anteriores al inicio de los vuelos con los valores al final del programa de estimulación.



Fotografía tomada justo después de una descarga (bombardeo) de IAg sobre la nube, pudiendo observar los resultados casi inmediatamente.

Las coberturas de vegetación que sufrieron el mayor cambio fueron:

Agricultura de temporal	171%
Pastizal	160%
Agricultura de riego	159%





SINALOA



**Rafael
Sanz Ramos**
COORDINADOR DEL
PROYECTO



**Rafael
Sanz Peñuelas**
OPERADOR DE
REACTIVO



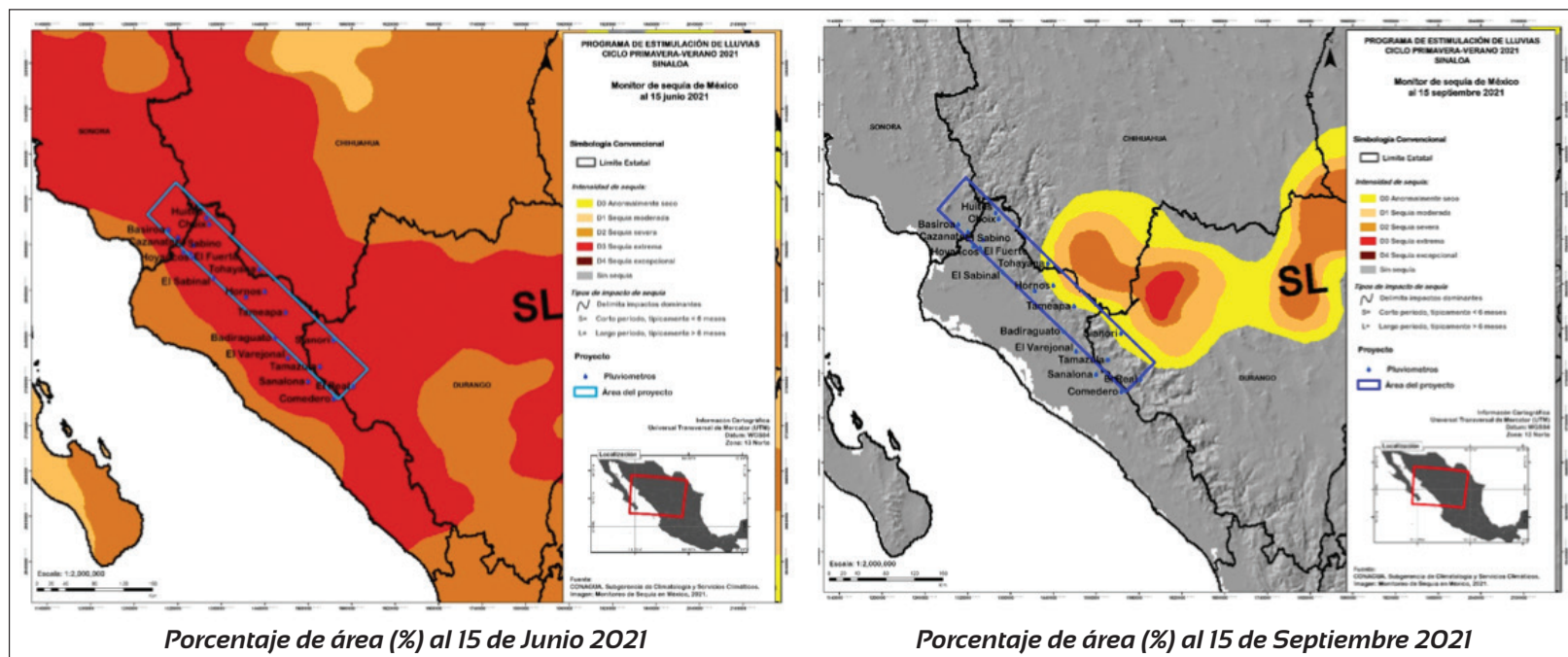
**Luis Enrique
Arrearán Ramírez**
TÉCNICO DE CAMPO



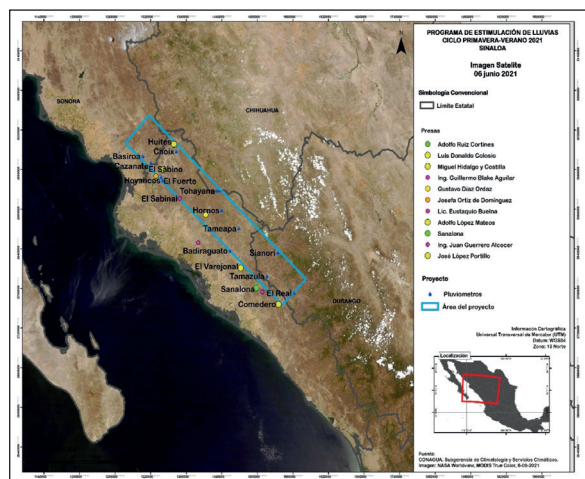
**Luis Francisco
Arrearán Montoya**
TÉCNICO DE CAMPO



**Nathanael
Trapero Cabrales**
AUXILIAR EN
INFORMÁTICA



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.
Monitor de Sequías en México.



Polígono establecido de trabajo

Los vuelos de estimulación iniciaron el 29 de junio, realizando 26 en total, hasta el 07 de septiembre, utilizando un avión King Air 350 de la Fuerza Aérea Mexicana, con matrícula oficial 5210. Se asperjaron en total 2,450 litros de yoduro de plata, promediando 94 litros de reactivo aplicados por vuelo, empleando en promedio 2.5 horas de vuelo en cada operación. Estos 26 vuelos sumaron un total de 4,153.76 hm³ precipitados los días que se voló.

Contribución del Programa a la Mitigación de la Sequía

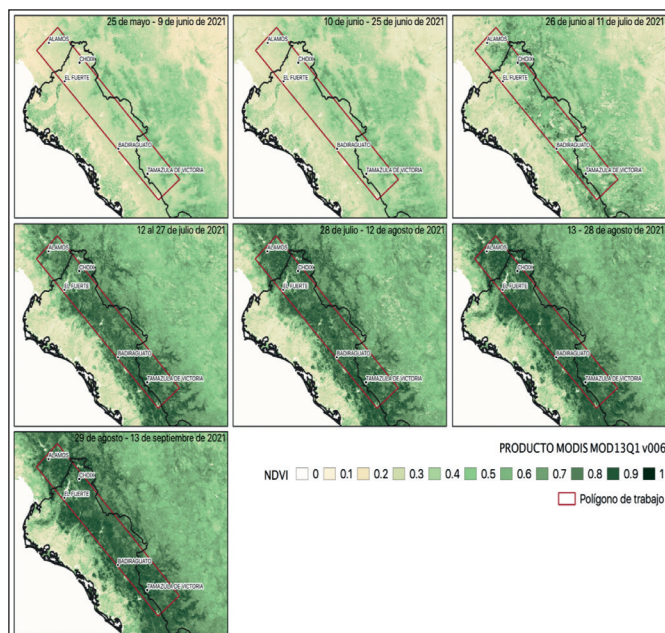
Al inicio del proyecto Sinaloa contaba con 18 municipios afectados por algún tipo de sequía, lo que equivale al 100% del estado. Al finalizar el programa, de acuerdo a la información proporcionada por el Sistema Meteorológico Nacional al corte del 15 de Septiembre, el estado se encuen-

tra con solo un municipio con sequía moderada (5.6% del estado). Para el resto de los parámetros, como sequía extrema (D3) y sequía excepcional (D4), ya habían desaparecido, para la fecha de término del proyecto.

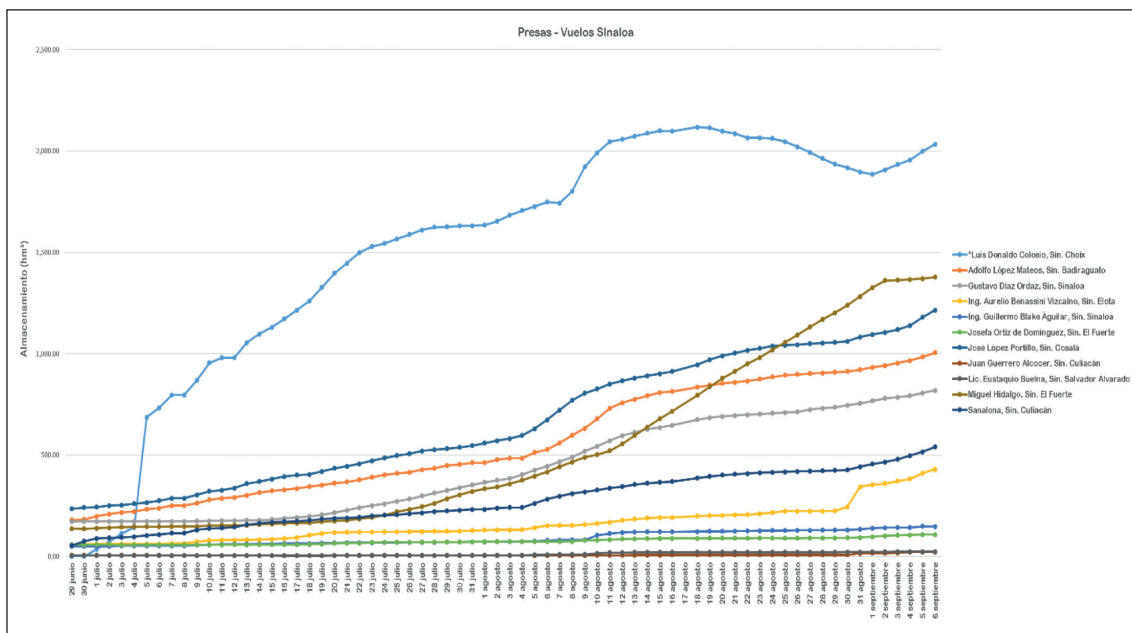
Si bien no se puede afirmar de que el agua precipitada inducida gracias al programa haya acabado con la sequía en el estado. Sin lugar a dudas si ayudó a su mitigación ya que se registraron 767.3 hm³ de incremento en las presas y ríos principales del estado, durante la operación del programa.

Contribución al almacenamiento de presas

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 7,673.04 hm³ de incremento en las presas durante la duración del proyecto, se



Imágenes del sensor MODIS, producto NDVI con periodo de 16 días, se observan cada uno de los clusters que agrupan vuelos en donde se dispersó el estimulante de lluvia. Se observa un incremento del valor de NDVI durante el periodo del proyecto. Es notorio en contraste entre el polígono de trabajo y las áreas externas, ya que resulta evidente la mayor intensidad de "verdor" lograda en el área del proyecto.



Evolución en el almacenamiento de agua en las presas del Estado de Sinaloa desde el inicio y hasta el fin del programa.

Contribución en la cobertura vegetal

Análisis de productos Satelitales – NDVI (Índice de Diferencia Normalizadas de Vegetación/Verdor)

Al inicio de los trabajos, se observaba la vegetación seca, al igual que bordos o repesos sin agua y muy bajos embalses en las grandes presas.

Con el inicio de los vuelos, se fue observando el rebrote de la vegetación arbustiva y de pastizales, así como arbórea, el escurrimiento en arroyos y ríos, la recuperación de agua en bordos o repesos y el aumento en el embalse de las grandes presas.

Con la humedad en el suelo, se generalizaron las siembras de temporal, con cultivos como sorgo grano y forrajero, maíz, ajonjolí y cacahuete, prin-

registraron en los pluviómetros los días que se voló y considerando la superficie de cada polígono Thiessen, se precipitó un volumen de 4,153.76 hm³, lo que puede significar el 54.13% del volumen de incremento en las presas en el mismo tiempo, sin embargo, estos números son para dimensionar la importancia de las precipitaciones logradas, ya que no todo lo precipitado se almacena en las presas debido a la evaporación e infiltración y lo más importante para este proyecto, es el agua que logra aprovechar la vegetación.

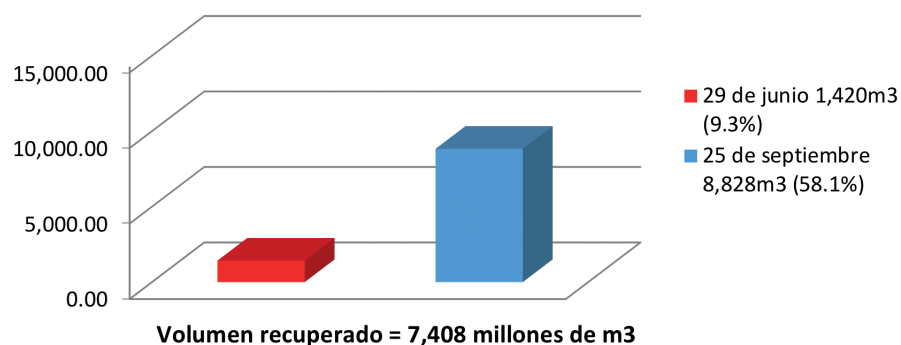
Un resultado importante de incremento en el almacenamiento es suficiente para establecer sin restricciones el ciclo otoño-invierno del año agrícola 2021-2022, en una superficie del orden de 730,000 hectáreas de cultivos básicos como el maíz, frijol, hortalizas y perennes.



Foto: Sorgo de temporal



Evolución de almacenamiento en principales presas verano 2021



principalmente, en las que se corroboró en campo su desarrollo satisfactorio.

Las grandes presas recuperaron en conjunto un volumen de 7,408 millones de m³ en la vigencia del programa, el cual es superior al promedio del periodo de los meses de junio a septiembre. Al 25 de septiembre, el volumen almacenado fue de 8,828 millones de m³, equivalentes al 58.1%, el cual es suficiente para establecer sin restricciones el ciclo otoño-invierno del año agrícola 2021-2022 en los 7 distritos de riego.

En reunión del Consejo Estatal de Desarrollo Rural Sustentable de Sinaloa, celebrada el 25 de septiembre, se autorizó la siembra en otoño-invierno de 711,489 hectáreas: (maíz blanco 420,000 ha; maíz amarillo 10,000 ha; frijol 60,000 ha; trigo 40,000 ha; garbanzo 34,000 ha; sorgo 50,000 ha; hortalizas 50,000 ha, 35,800 de cultivos perennes, principalmente).

El volumen de agua autorizado para esta superficie es de 7,600 millones de m³.



SONORA



**Marco Polo
Martínez Mayorquin**
COORDINADOR DEL
PROYECTO



**Luis
García Saavedra**
OPERADOR DE
REACTIVO



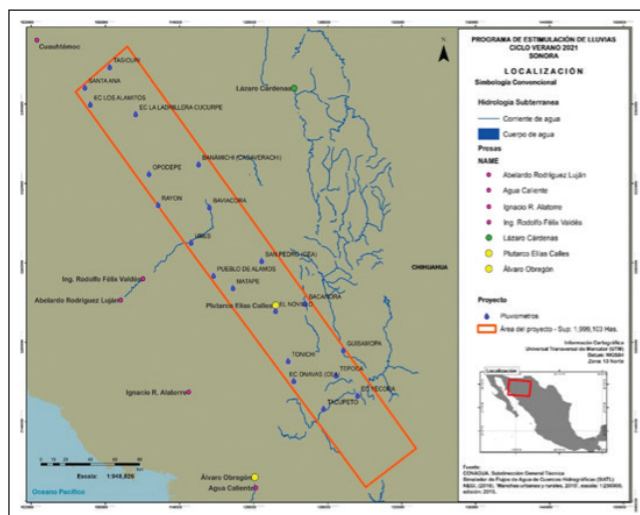
**Tania Abigail
Burgos Othón**
TÉCNICA DE CAMPO



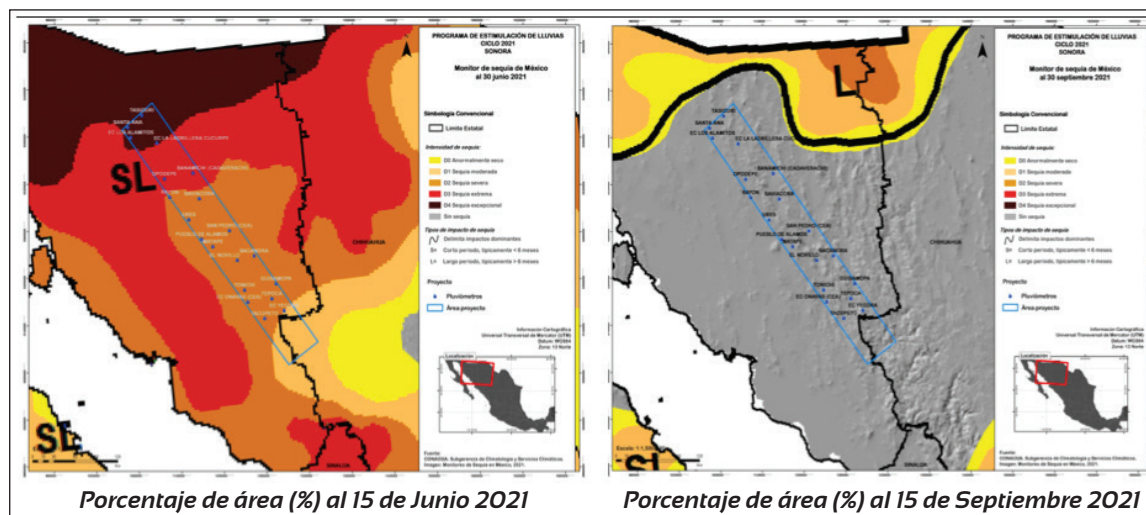
**Carolina
Trujillo López**
TÉCNICA DE CAMPO



**Alejandra
Maldonado Gutiérrez**
AUXILIAR EN
INFORMÁTICA



Polígono establecido de trabajo



Porcentaje de área (%) al 15 de Junio 2021

Porcentaje de área (%) al 15 de Septiembre 2021

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. Monitor de Sequías en México.

Al igual que el resto de los proyectos en los otros estados, el polígono fue diseñado estratégicamente buscando la mitigación de los efectos de la sequía en las zonas de transición entre la planicie costera del estado y la sierra alta, donde se desarrolla con mayor intensidad la agricultura de temporal y la ganadería extensiva en la entidad.

Para Sonora se determinó un polígono de 1'999,103 ha, el que abarca desde los Municipios de Magdalena y Santa Ana al norte, hasta aproximadamente 50 Km al sur de los Municipios de Yecora y Tacupeto.

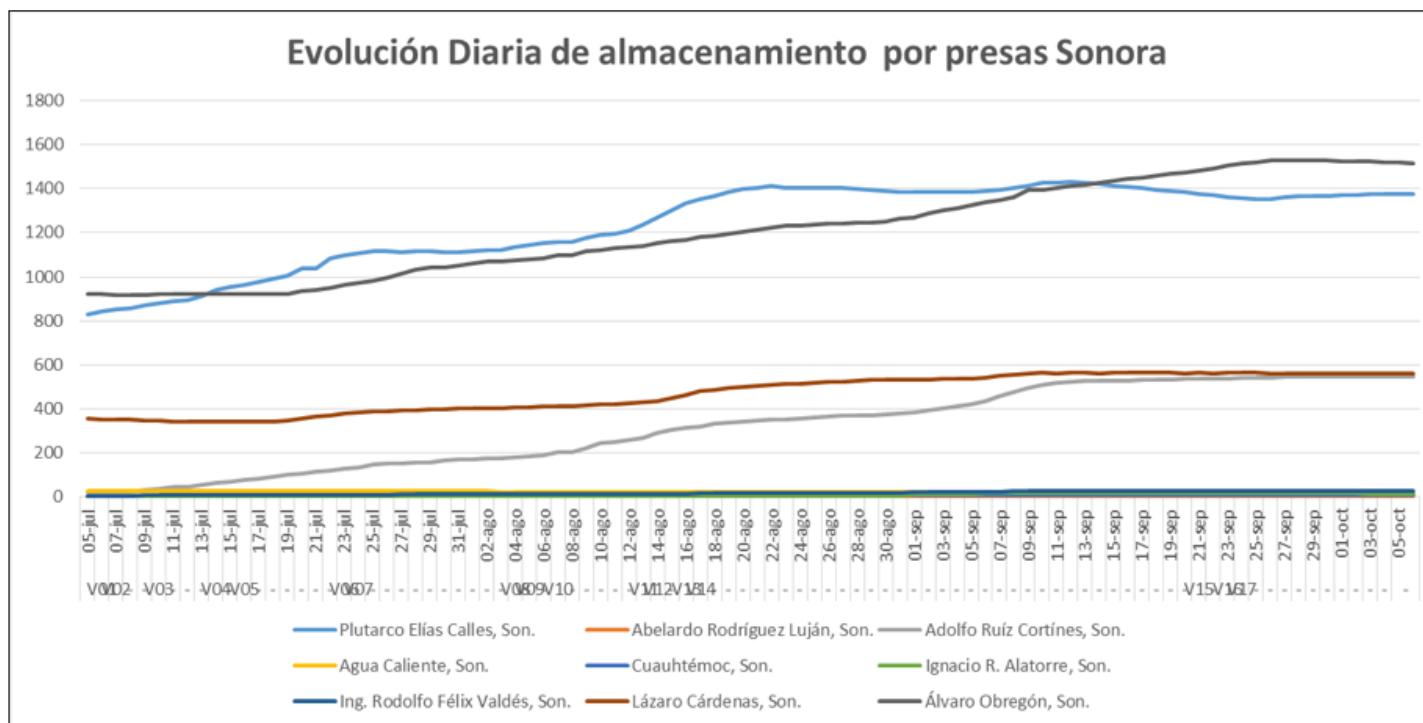
El primer vuelo se realizó el día 6 de julio del 2021, completándose durante la temporada un total de 17 vuelos al 30 de septiembre del 2021, recorriéndose en total 182,550 km² y liberando 1,510 litros de yoduro de plata.

Esta área del polígono es también cuenca de captación de las grandes presas que suministran de agua a los distritos de riego de la zona costera y que adicionalmente reciben una aportación muy importante de los escurrimientos provenientes del polígono del Estado de Chihuahua.

Contribución del Programa a la Mitigación de la Sequía

Al inicio del proyecto Sonora contaba con 72 municipios afectados por algún tipo de sequía, lo que corresponde al 100% de su territorio cubierto con todas las categorías. Al finalizar el programa, de acuerdo a la información proporcionada por el SMN al corte del 30 de Septiembre, ningún área dentro del polígono reportó sequía y del número de municipios afectados de 72 al inicio del proyecto bajó a 17 ubicados principalmente en la parte norte del Estado.

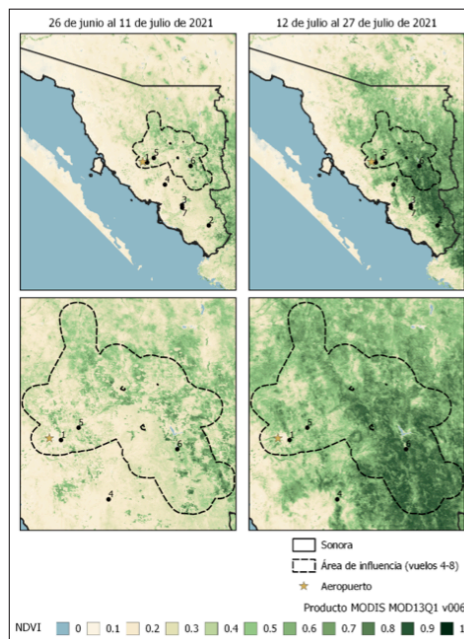
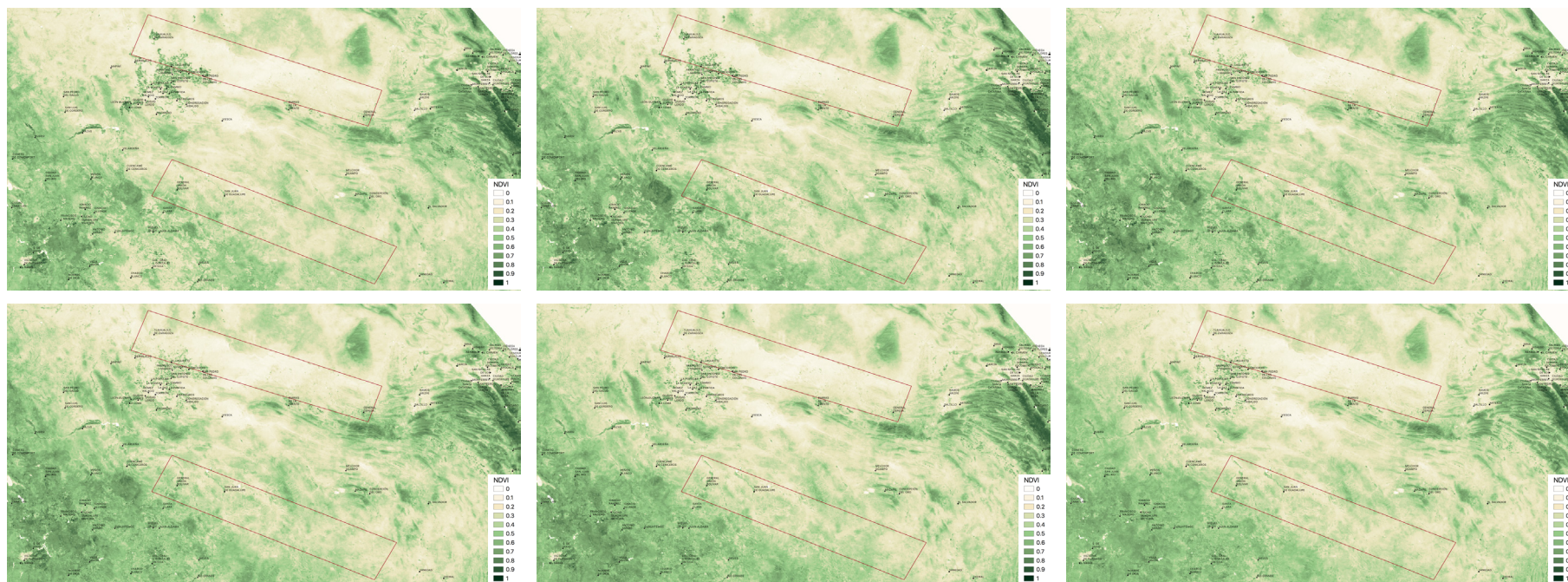




Contribución al Almacenamiento de Presas

El polígono del proyecto cubre siete presas de importancia: Plutarco Elías Calles, Abelardo Rodríguez Luján, Adolfo Ruíz Cortínes, Agua Caliente, Ignacio R. Alatorre, Ing. Rodolfo Félix Valdés y Álvaro Obregón. Actualmente la capacidad global de almacenamiento es de 3,497.72 hm³, equivalente al 48.57% de su capacidad de conservación, observándose un incremento de 1,664 hm³ desde el inicio del proyecto, siendo la más beneficiada la Plutarco Elías Calles.

Estos números se señalan para efectos de comparación, ya que la lluvia que precipita no llega



Estas imágenes muestran como el “verdor” de la vegetación en Sonora se fue incrementando, sobre todo en el área de influencia de los vuelos, lo que coincide con las imágenes de seguimiento a la sequía.

En todos los proyectos de estimulación de lluvia ejecutados el 2021, se observó que los efectos de la estimulación llegaron mucho más allá de los polígonos de trabajo, lo que se puede observar en las imágenes de evolución de las nubes, generando beneficios del proyecto en superficies adicionales no consideradas inicialmente.



toda a las presas, por efectos de la evaporación, de la infiltración y la parte de mayor interés para el proyecto es la humedad que captan las plantas y que se ve reflejado en la condición de sequía cuando la humedad no se registra.

Contribución en la Cobertura Vegetal

Análisis de productos Satelitales – NDVI (Índice de Diferencia Normalizadas de Vegetación/Verdor)

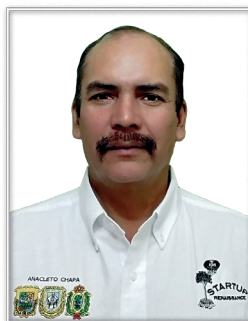
Es un producto satelital que determina la coloración o “verdor” de la vegetación dado por la recuperación de algunas propiedades de la vegetación como el índice de área foliar, condición y desarrollo de la cobertura vegetal o biomasa.



COAHUILA ZACATECAS DURANGO



**Jorge Antonio
Sánchez Arellano**
COORDINADOR DEL
PROYECTO



**Anacleto
Chapa Ríos**
OPERADOR DE
REACTIVO



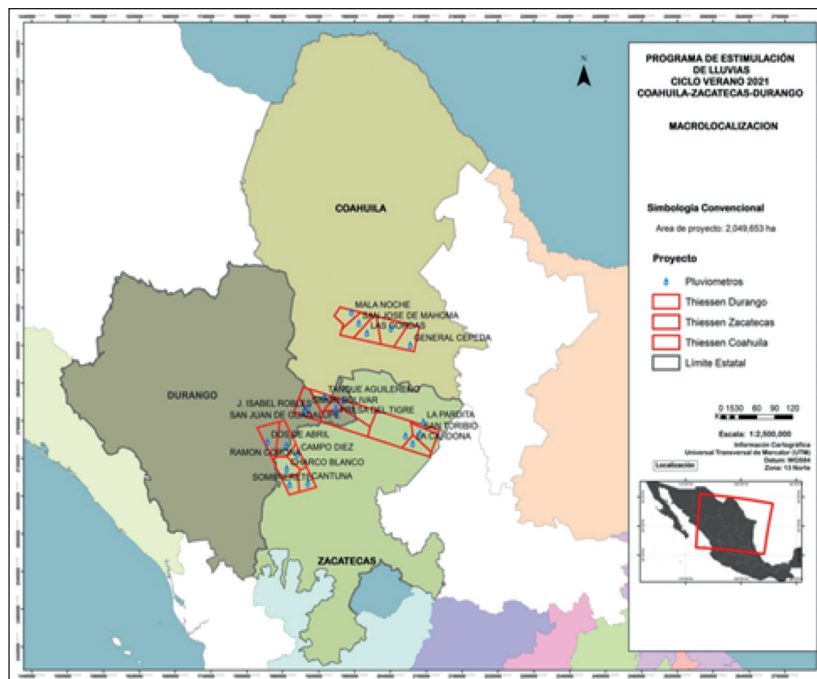
**Eduardo
Pérez Rodríguez**
COORDINADOR DE
CAMPO



**Jesús Antonio
Chapa Marmolejo**
AUXILIAR EN
INFORMÁTICA

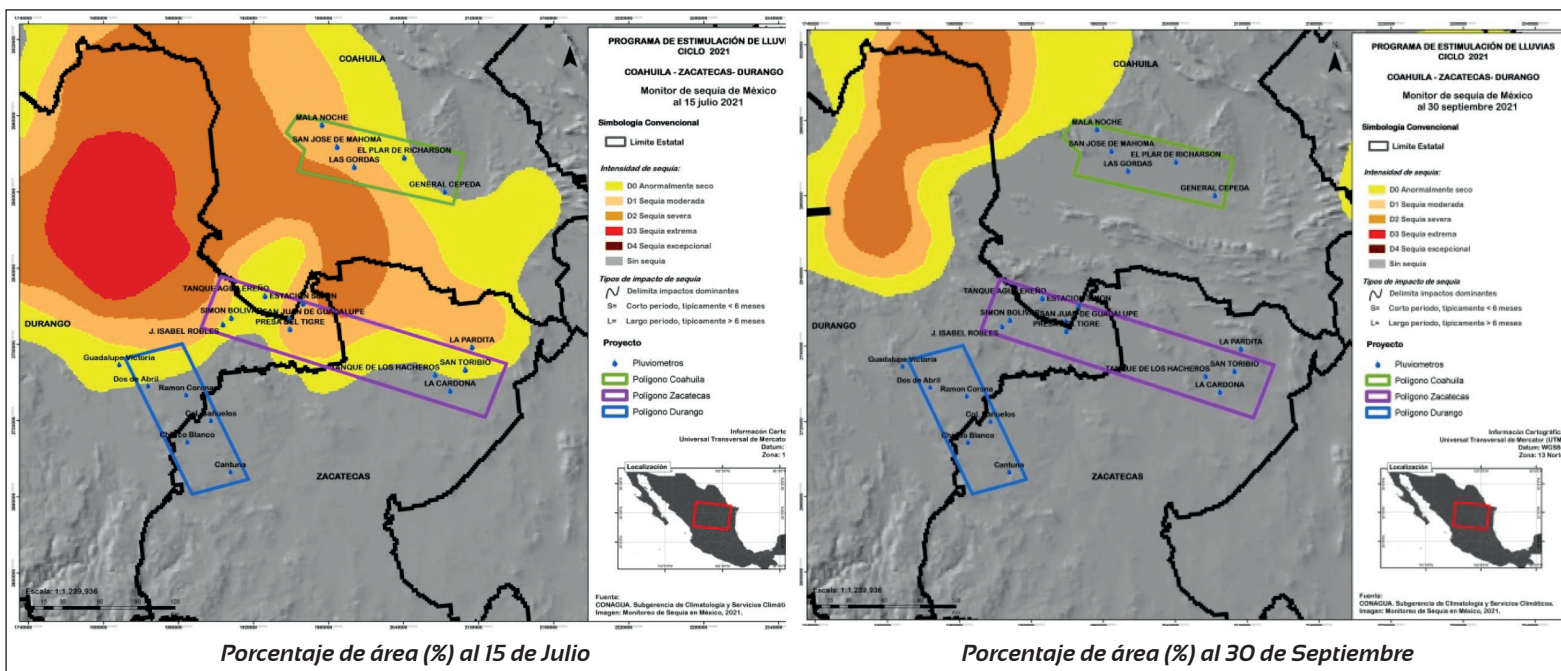


*Polígono
establecido
de trabajo*



Se realizaron 18 vuelos propuestos en el proyecto, entre el 19 de julio y el 01 de Octubre de 2021, con la liberación de 1,603 litros de yoduro de plata cubriendo un total de 223,261 de km² de trabajo.

El proyecto al que por la ubicación sede del avión se le denominó Torreón, fue el último en ser autorizado y el más complejo dado que para cubrir las zonas productoras por las distancias y sin perder de vista cultivos de frijol, otros importantes de temporal y la ganadería a través de zacatonales y agostaderos; para su atención se dividió en tres polígonos, procurando incluir estas zonas agrícolas de gran importancia a nivel nacional. Los tres polígonos propuestos fueron: uno en Zacatecas de 1'052,960.57 ha, uno en Coahuila de 553,570.42 ha y otro en Durango de 548,005.34 ha, que sumaron una superficie de 2'154,536.33 has.



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. Monitor de Sequías en México.

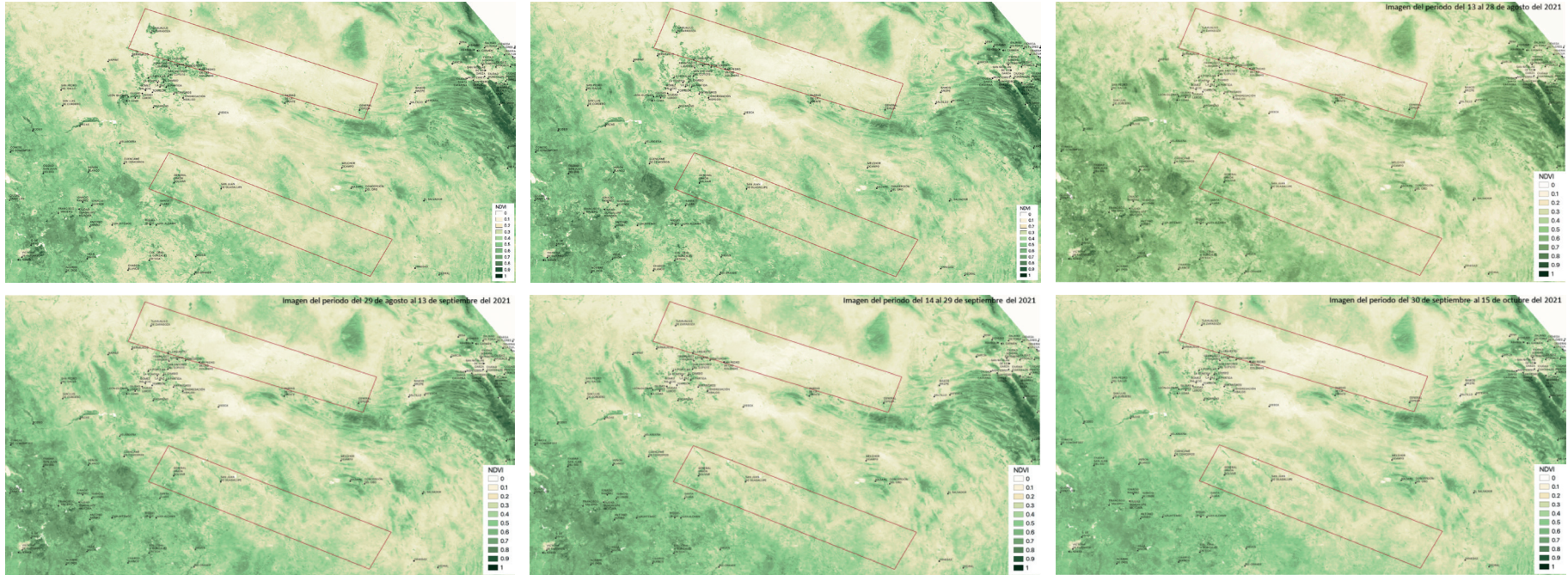
Contribución del Programa a la Mitigación de la Sequía

Al inicio del proyecto se contaba con 43 municipios afectados entre los 3 estados (11 en Coahuila, 27 en Zacatecas y 5 en Durango), los cuales entraron en las categorías de D0-D3. Al finalizar el programa, de acuerdo a la información proporcionada por el Sistema Meteorológico Nacional, al corte del 30 de Septiembre, el número de municipios afectados por sequía dentro de los polígonos de trabajo fue de cero, tal como se aprecia en el monitor del lado derecho. A nivel regional también hubo influencia positiva por las acciones de estimulación de lluvias, ya que de los originales 43 municipios afectados la sequía se redujo a 24 a nivel global es decir se redujo en un 55.81% y con menor nivel de intensidad.

Si bien no se puede hablar de que el agua precipitada inducida gracias al programa haya acabado con la sequía en el estado, si ayudó a su mitigación ya que se registraron 487.50 hm³ registrados en pluviómetros como resultado de la estimulación.

En las siguientes imágenes se aprecia la evolución de la vegetación a través de imágenes satelitales-NDVI (Índice de Diferencias normalizadas de vegetación/verdor) correspondientes a diferentes fechas conforme avanzaba el proyecto, lo que concuerda con la superación de la sequía y la aparición de vegetación en las áreas beneficiadas (índice de verdor).





El proyecto tuvo la dificultad de que el polígono de trabajo o área objetivo estaba dispersa, primero en dos polígonos de un millón de hectáreas, uno en Coahuila y otro en Zacatecas, el cual después se modificó al evaluar que resultaba más conveniente incorporar uno para la zona frijolera del Estado de Durango, de las más importantes productoras de esta leguminosa en el país, a costa de la zona al oeste del polígono original de Coahuila en la Laguna de Mayran, de suelos de barrial salino inundable, prácticamente sin importancia productiva.

Este proyecto sin duda abre las puertas a otros que puedan operarse en una sola base aérea con polígonos dispersos en zonas que puedan razonablemente ser cubiertas simultáneamente como lo logró hacer el personal asignado a este denominado Torreón y darle más versatilidad a los proyectos de estimulación de lluvias.

EQUIPO CENTRAL STARTUP RENAISSANCE

EQUIPO DE ANÁLISIS TÉCNICO



**Joaquín
Contreras Gil**
COORDINADOR



**Alejandra
Baez Flores**
ANALISTA



**Samantha
Rodríguez de la Gala
Hernández**
ANALISTA



**María de los Ángeles
Milanés Salinas**
ANALISTA

EQUIPO DE ANÁLISIS ESPECTRALES, SUELO Y VEGETACIÓN



**Bernardo Ricardo
Eaton González**
COORDINADOR
TÉCNICO



**Nadia Fernanda
Siordia González**
ANALISTA
ESPECIALIZADA

EQUIPO METEOROLÓGICO



**Jessica
Martínez Jiménez**
COORDINADORA DE
METEOROLOGÍA



**Julio Nemorio
Martínez Sánchez**
METEORÓLOGO



**Manuel
Mustieles Ibarra**
COORDINADOR
QUÍMICO



**Rodrigo
Monsalvo Velázquez**
COORDINADOR
MECÁNICO



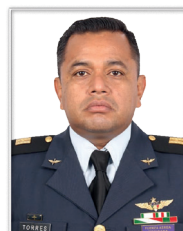
**César
López Morales**
LOGÍSTICA



**Erika Lucía
Marroquín Moreno**
COORDINADORA
DE DISEÑO GRÁFICO

EQUIPO TÉCNICO CENTRAL

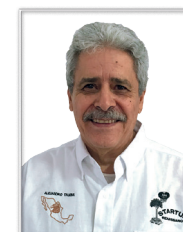
CAPACITACIÓN A PERSONAL DE VUELOS



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



**Adriana
Mandujano Moreno**
COORDINADORA
ADMINISTRATIVA



**Alejandro Jesús
Trueba Carranza**
COORDINADOR
GENERAL

EQUIPO DE LA FUERZA AÉREA MEXICANA



BAJA CALIFORNIA



**Lázaro
Garduño Esteves**
GENERAL COMANDANTE
DE LA BASE AÉREA 03 "EL
CIPRÉS" ENSENADA, B.C.



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



**Horacio
Silva Álvarez**
CAPITÁN 1/o DE LA F.A.P.A.



**Guadalupe
Rojas Granados**
CAPITÁN 2/o F.A.P.A.



**Edgar Alejandro
Lozano Pech**
CAPITÁN 2/o F.A.P.A.



**Israel
González Cortés**
CAPITÁN METEORÓLOGO
BASE AÉREA MILITAR 03



**César
Aguilar Flores**
SARGENTO 2/o F.A.E.E.A.



**Brayan Adán
Contreras León**
SARGENTO 2/o F.A.E.E.A.



**Daniel
Corona Díaz**
SARGENTO 2/o F.A.E.M.A.



**Eduardo
Tolentino Avelar**
SARGENTO 2/o F.A.E.M.A.

VUELO 07



**Mario
Ríos Arellano**
CORONEL F.A.P.A.
COMANDANTE DE LA
BASE AÉREA MILITAR 14,
APODACA, N.L.



**Guadalupe
Rojas Granados**
CAPITÁN 2/o F.A.P.A.



**Edgar Alejandro
Lozano Pech**
CAPITÁN 2/o F.A.P.A.



**Darwin
Rivera Torres**
METEORÓLOGO MILITAR

EQUIPO DE LA FUERZA AÉREA MEXICANA



CHIHUAHUA



**Francisco Xavier
Alonso Martínez**
TENIENTE CORONEL
F.A.P.A.



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



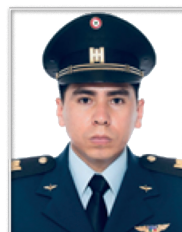
**Guadalupe
Rojas Granados**
CAPITÁN 2/o F.A.P.A.



**Ale Adbenali
Vitar Soto**
TENIENTE F.A.P.A.



**Ervyn
Chay Vázquez**
CAPITÁN 2/o F.A.P.A.



**Mario Alberto
Sánchez Guzmán**
CAPITÁN 2/o F.A.P.A.



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



**Guillermo Amaury
Estrella Pardo**
TENIENTE F.A.P.A.



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



**Bernardino
Barrios Márquez**
TENIENTE F.A.E.E.A.



**Héctor Manuel
Magaña Martínez**
SARGENTO 1/o F.A.E.E.A.



**César
Aguilar Flores**
SARGENTO 2/o F.A.E.E.A.



**Erick
Sánchez Monroy**
SARGENTO 1/o F.A.E.E.A.



**Daniel
Corona Díaz**
SARGENTO 2/o F.A.E.E.A.



**Carlos Enrique
Hernández García**
SARGENTO 2/o F.A.E.E.A.



**Luis Fernando
Gómez Ordaz**
SARGENTO F.A.E.E.A.



**Juan Miguel
Flores Garibay**
SARGENTO 2/o F.A.E.E.A.



**Ricardo
Esteban Roja**
CABO F.A.E.E.A.



**Salvador
Guzmán González**
TENIENTE F.A.A.A.



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



**José Eduardo
Purón González**
TENIENTE F.A.E.E.A.



**Geovanni Ezequiel
Rosas Sepúlveda**
TENIENTE F.A. AEGTA.



**Ricardo Argenis
Gómez López**
CAPITÁN 2/o F.A.
METEORÓLOGO



**Héctor Guillermo
Velázquez González**
TENIENTE F.A.
METEORÓLOGO



**Elías
Quezada Bautista**
TENIENTE F.A.
METEORÓLOGO



**Omar
Silva Matamoros**
SUBTENIENTE F.A.
METEORÓLOGO

EQUIPO DE LA FUERZA AÉREA MEXICANA



SINALOA



Juan Osuna González
GENERAL COMANDANTE
DE BASE AÉREA 10



Enrique Gaona Mendoza
GENERAL COMANDANTE
DE BASE AÉREA 10



José Luis Moreno Aguirre
CORONEL SEGUNDO
COMANDANTE DE BASE
AÉREA 10



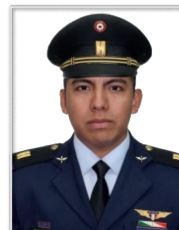
Ignacio Bonilla Rodríguez
CAPITÁN PILOTO
KING AIR 350



Marco Antonio Gómez Amador
CAPITÁN COPILOTO
KING AIR 350



Karim Arturo Fernández Chequer
CAPITÁN PILOTO
KING AIR 350



Gilberto Lucas Vicente
TENIENTE COPILOTO
KING AIR 350



Mario Elizber Rubio Covarrubias
TENIENTE PILOTO
KING AIR 350



Francisco Menes Torres
CAPITÁN COPILOTO
KING AIR 350



José Guadalupe López Baeza
CAPITÁN METEORÓLOGO
FUERZA AÉREA



José Eduardo Ramírez Rivas
TENIENTE ANALISTA
DEL CIDTFA



Sebastián González Arciga
TENIENTE ANALISTA
DEL CIDTFA



Fernando Zúñiga Maltos
SUBTENIENTE ANALISTA
DEL CIDTFA



Gerson Saucedo Zequeida
SARGENTO ESPECIALISTA
EN MANTENIMIENTO DE
AVIACIÓN



Obduany Morales Alvarado
SARGENTO ESPECIALISTA
EN ELECTRÓNICA DE
AVIACIÓN



Martín del Ángel Cosme Anota
SARGENTO ESPECIALISTA
EN MANTENIMIENTO DE
AVIACIÓN



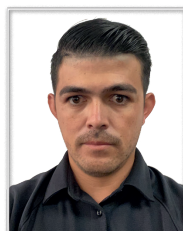
Brayan Adán Contreras León
SARGENTO ESPECIALISTA
EN ELECTRÓNICA DE
AVIACIÓN

SONORA • COAHUILA • ZACATECAS • DURANGO

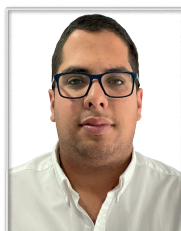
EQUIPO DE PILOTOS PRIVADOS



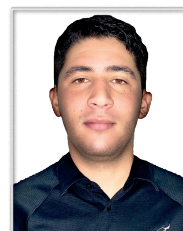
Martín Antonio Robles Miranda
CPA KING AIR 250



Jorge Antonio Torres Martín
CPA KING AIR 250



Jesús Guillermo Sandoval Méndez
CPA TURBOCOMANDER
690C



Luis Ángel Figueroa Chaidez
CPA TURBOCOMANDER
690C



Efrén García Sánchez
TÉCNICO AERONÁUTICO



Jorge Francisco Sandoval Méndez
TÉCNICO AERONÁUTICO

RESUMEN DE RESULTADOS

- La motivación del gobierno federal para la aplicación de este proyecto, fue tratar de revertir la sequía que se pronosticaba de magnitud histórica para este año para el norte de México, en vastas regiones áridas y semiáridas. Para este reto, el C. Presidente de la República Lic. Andrés Manuel López Obrador comisionó a la SADER a través de la CONAZA y a la SEDENA, a través de la FAM, para que sumando esfuerzos enfrentaran el problema.
- La prioridad fue buscar mitigar estos efectos pronosticados, que de cumplirse afectarían a los productores agropecuarios de más del 50% de la superficie nacional, productores altamente susceptibles a estos fenómenos, ya que en gran medida dependen de los agostaderos naturales y de siembras de temporal para subsistir.
- Se lograron los objetivos del proyecto, de acuerdo a los siguientes indicadores:
 - o En todos los vuelos donde se aplicó reactivo bajo condiciones de nubosidad apropiada se generó precipitación (eficiencia del 100%)
 - o La precipitación se incrementó con los tratamientos de estimulación y en relación a las expectativas (pronósticos) en rangos que oscilaron entre un 26% y 45% (eficacia del 26 al 45%) mediciones realizadas a través de los pluviómetros establecidos en redes de Thiessen dentro de los polígonos de trabajo.
 - o De acuerdo a la información publicada sobre el monitor de sequía por el SMN y la CONAGUA, se logró desaparecer la sequía prácticamente en todas las áreas donde se aplicó el proyecto, coincidentemente durante el tiempo de operación del mismo.
 - o Para evaluar resultados, se incorporó una nueva herramienta que resultó de mucha utilidad, consistente en el seguimiento mediante sensores remotos de diversos elementos como humedad, humedad del suelo y respuesta de la cobertura vegetal. El resultado de esta evaluación permite conocer la evolución de esta cobertura a través del tiempo, encontrando que el incremento de esta cobertura fue mayor dentro de las áreas de vuelo.
 - o Esta herramienta también permitió observar que los efectos del reactivo llegaron a manifestarse a distancias mayores que las esperadas, siendo en algunos casos a distancias mayores de 50 km, sobre todo cuando se volaba cercano al parte aguas de la Sierra Madre y por el efecto de los vientos; lo que resultó evidente con el seguimiento que se dio a la evolución y desplazamiento de las nubes.
 - o Durante el desarrollo de este proyecto se lograron importantes incrementos en la captación de agua en las presas de las áreas de influencia, sin embargo, es claro que no toda el agua precipitada llega a las presas, ya que una parte importante se pierde por evaporación, otra parte por infiltración a los acuíferos y finalmente lo de mayor interés para este proyecto es que las plantas dispusieran de agua para que pudieran revertir el efecto de la sequía, lo que se logró ampliamente. Pronto tendremos resultados de las siembras de temporal, que definitivamente serán muy diferentes a los del año anterior.
 - o Los incendios que se encontraban activos al iniciar los proyectos en polígonos de Chihuahua y Sonora e incluso zonas aledañas se extinguieron inmediatamente.
 - o Podemos concluir que esta herramienta ha logrado un gran avance en el combate de la sequía y de incendios forestales y que sin duda con el apoyo de todos los participantes podemos mejorarla.
 - o Finalmente reconocemos la invaluable participación de la Secretaría de la Defensa Nacional, a través de la Fuerza Aérea Mexicana y su equipo humano y aéreo, que supieron torear de cerca y dentro de las nubes condiciones muy complicadas de vuelo, demostrando el alto nivel técnico y de seguridad de sus operaciones, en lo que orgullosamente participamos, tratando de llevarles lluvia a los que más lo necesitaban.



El presente proyecto, probablemente por su naturaleza y características aún cae en el grupo de los que genera algún tipo de fe y esperanza en ciertas personas, pero también de hilaridad y recelo en otras independientemente de sus niveles de preparación o escolaridad, razón por la cual resulta muy difícil, particularmente entre los tomadores de decisiones, el hecho de pronunciarse sobre la posibilidad de apoyarlos o no, aún cuando las circunstancias puedan prácticamente obligar a desarrollar acciones de este tipo.

Para que este proyecto cristalizara en el 2021 se tomaron decisiones valientes de funcionarios del más alto nivel que ante escenarios inéditos como la presencia de presas de almacenamiento con 0% de almacenamiento, mortandad de ganado, escasez de forrajes y la presencia de incendios entre otros caóticos siniestros. Entre estos funcionarios se encuentra el Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula, Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural y el Gral. Luis Crescencio Sandoval González, Secretario de la Defensa Nacional con el respaldo del Lic. Andrés Manuel López Obrador, Presidente Constitucional de México. A ellos mi más profundo agradecimiento.

Un agradecimiento especial es para la Comisión Nacional de las Zonas Áridas, encabezada por el Ing. Ramón Antonio Sandoval Noriega, quien apostó al proyecto en grande, incorporando 5 polígonos o áreas objetivo para la estimulación de lluvias, que en total cubrieron 9 millones de hectáreas durante el año 2021; algo inédito para México y probablemente a nivel mundial. Para grandes proyectos, grandes convicciones. No por ello cualquier Institución llega a cumplir 50 años de ofrecer bienestar y servicio en un medio tan difícil como lo es el desierto. Sirva el presente como un sentido homenaje a la CONAZA en su aniversario de oro.

Nuestro agradecimiento a SADER y CONAZA por permitirnos representarlos en el proyecto. Algo que hicimos con toda responsabilidad y orgullo.

Finalmente nuestro reconocimiento a la Fuerza Aérea Mexicana, institución básica del gobierno mexicano y su soberanía, siempre presente en las causas más nobles en apoyo a la población más desprotegida y que en esta ocasión se hizo presente con sus excelentes aviones King Air 350 y su magnífico cuerpo de pilotos, oficiales, investigadores, técnicos especialistas y meteorólogos, quienes lograron la hazaña de traer el agua al desierto.

El propósito básico del proyecto de estimulación de lluvias desde su concepción, ha sido el de llegar a constituirse en una tecnología, que como tal sea sistematizable, consistente, repetible y bajo las condiciones correctas de nubosidad y humedad atmosférica, sea altamente eficaz y 100% efectiva; siempre bajo los procedimientos operativos, reactivo y aplicación de éste con la metodología diseñada y probada de manera *ad hoc*. Todos los elementos que constituyen el proyecto: el reactivo, los equipos de aplicación, los métodos y procedimientos de operación y seguridad que van desde la identificación de las condiciones para operar, evaluar resultados e innovar tecnologías de última generación son orgullosamente diseñados, contruidos y operados por personal mexicano, quienes junto con los operadores de vuelo, que además son nativos del árido, de los mismos Estados donde se aplicó la estimulación de lluvias. Ellos, personal civil y militares de la Fuerza Aérea, todos altamente capacitados y comprometidos con los objetivos del proyecto en una amalgama de excelencia, lograron resultados inéditos que brevemente se presentan en el este documento.

A todos Ustedes, mi más sentido agradecimiento desde el fondo de mi corazón.

Alejandro Jesús Trueba Carranza



**Javier
Moreno**
ESCULTOR

**Mario Manuel
Velázquez Mandujano**
FOTOGRAFÍA DE PORTADA

**Eduardo Luis
Prieto Valles**
FOTOGRAFÍA DE CONTRAPORTADA



*El arte de transformar lo
imposible en realidad*