



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Sexto
Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas

COMEII- 2021 / Hermosillo, Sonora



Conferencia magistral

LOS RETOS DE LA ESTIMULACIÓN DE LLUVIAS BAJO EL ENFOQUE INTEGRAL DE CUENCA

M.C. Alejandro J. Trueba Carranza



9 de junio de 2021





Antecedentes



La Estimulación de Lluvias moderna es la continuidad de un ideal acariciado por casi todas las civilizaciones del mundo desde tiempos inmemorables.

La estimulación de lluvia moderna prácticamente arranca desde 1947 con los trabajos de B. Vonnegut que descubre la molécula de yoduro de plata como núcleo de condensación para detonar el proceso de precipitación en las nubes, y es debido a las condiciones de temperatura necesarias para que esto suceda, que el desarrollo tecnológico en este campo se vincula a aplicaciones en invierno y con bengalas de fuego como vehículo dispersor de las moléculas.

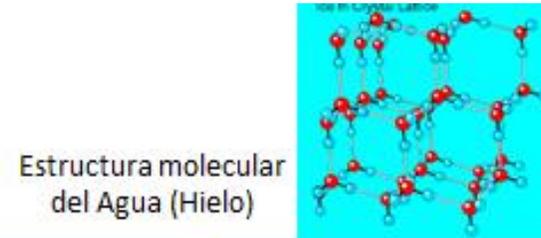
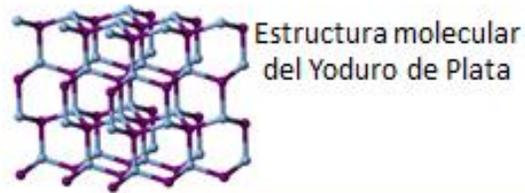
Para estimulaciones de verano se han continuado experimentaciones con diversos agentes coalescentes que detonen el proceso de precipitación, aunque los resultados obtenidos han sido muy inconsistentes y con eficacias (resultados de causa/efecto) muy bajas que han impedido reconocer a estas técnicas como solventes.

A partir de 1975 en México, Menéndez introduce el uso del yoduro de plata en una solución con acetona para estimulación de lluvias en verano, sin embargo el desarrollo se realizó de manera discreta y desapareció a su muerte en el año 2000 y es apenas retomado con una nueva formulación inspirada en aquel reactivo.

Teoría de la Estimulación de Lluvias



La teoría de la estimulación de lluvias se sustenta en replicar las condiciones de la naturaleza, aplicar las leyes de la física del agua y la inyección de núcleos de condensación detonantes de una reacción desencadenante en la nube.

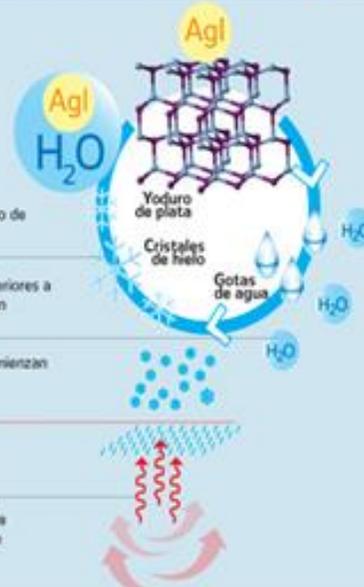


Teoría de la Estimulación de Lluvias

- 1 Se libera un químico, en este caso yoduro de plata en las nubes de tormenta
- 2 Las gotas de agua con temperaturas inferiores a 0° C se adhieren al químico y se congelan
- 3 Los cristales de hielo se aglomeran y comienzan a caer como nieve o lluvia

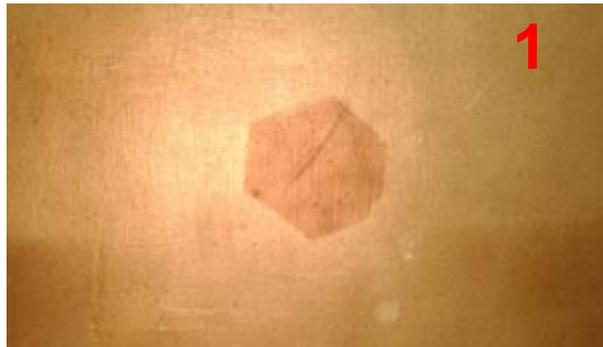
Nivel de congelación

- 4 El agua libera calor al congelarse. Esto genera aire caliente
- 5 Corrientes ascendentes humedecen el aire dentro de la nieve; esto genera más nieve

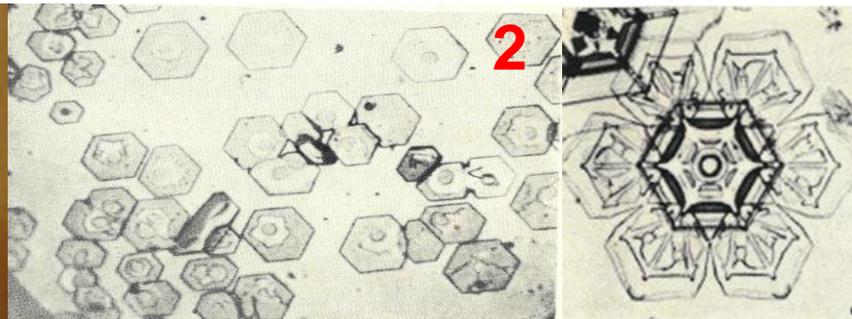


Teoría de la Estimulación de Lluvias

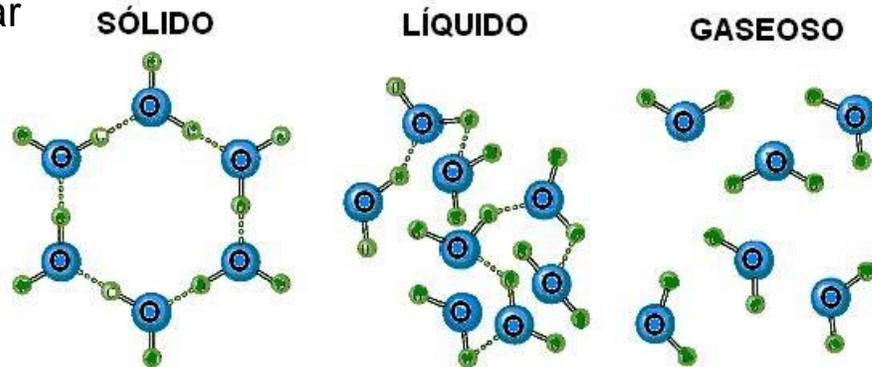
La estimulación de lluvias inicia al liberar las moléculas de Yoduro de plata en la nube, su estructura molecular (1) hace que se posen en ella los cristales de hielo (2) liberando energía que empuja la fusión de otros cristales en reacción desencadenante para formar una gota y miles más, iniciando una precipitación.



Yoduro de plata 9200 X al Ocular



ESTADOS DEL AGUA



E. Molecular del hielo





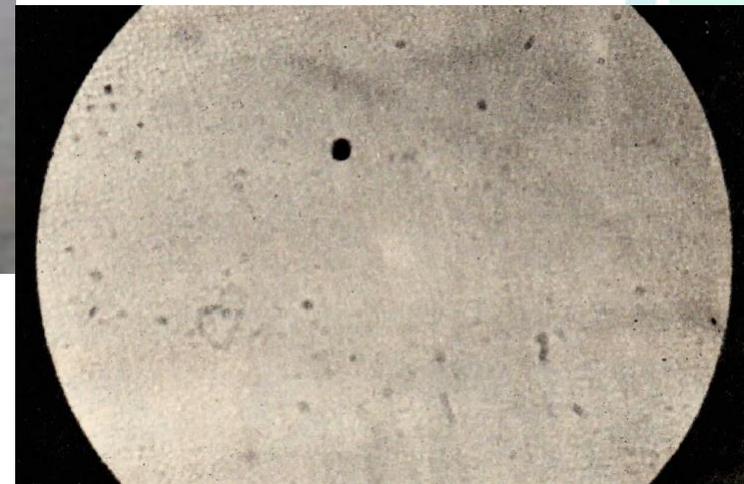
Sistema Inyección de Núcleos



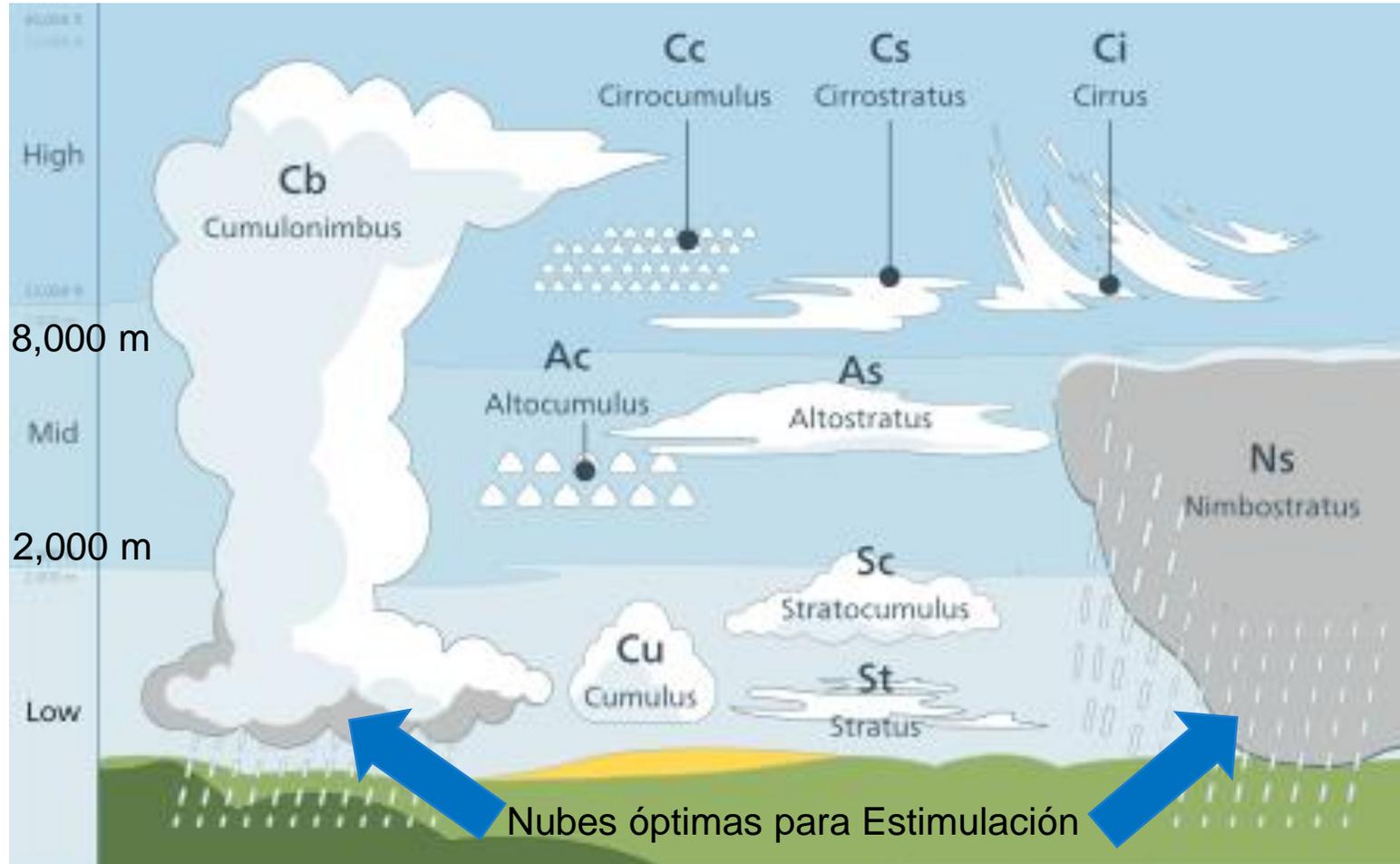
Inyección de núcleos de Yoduro de plata sobreenfriados (-20°C) en una solución volátil (acetona) en las corrientes ascendentes de la nube. (A través del reactivo Rainmate ©)



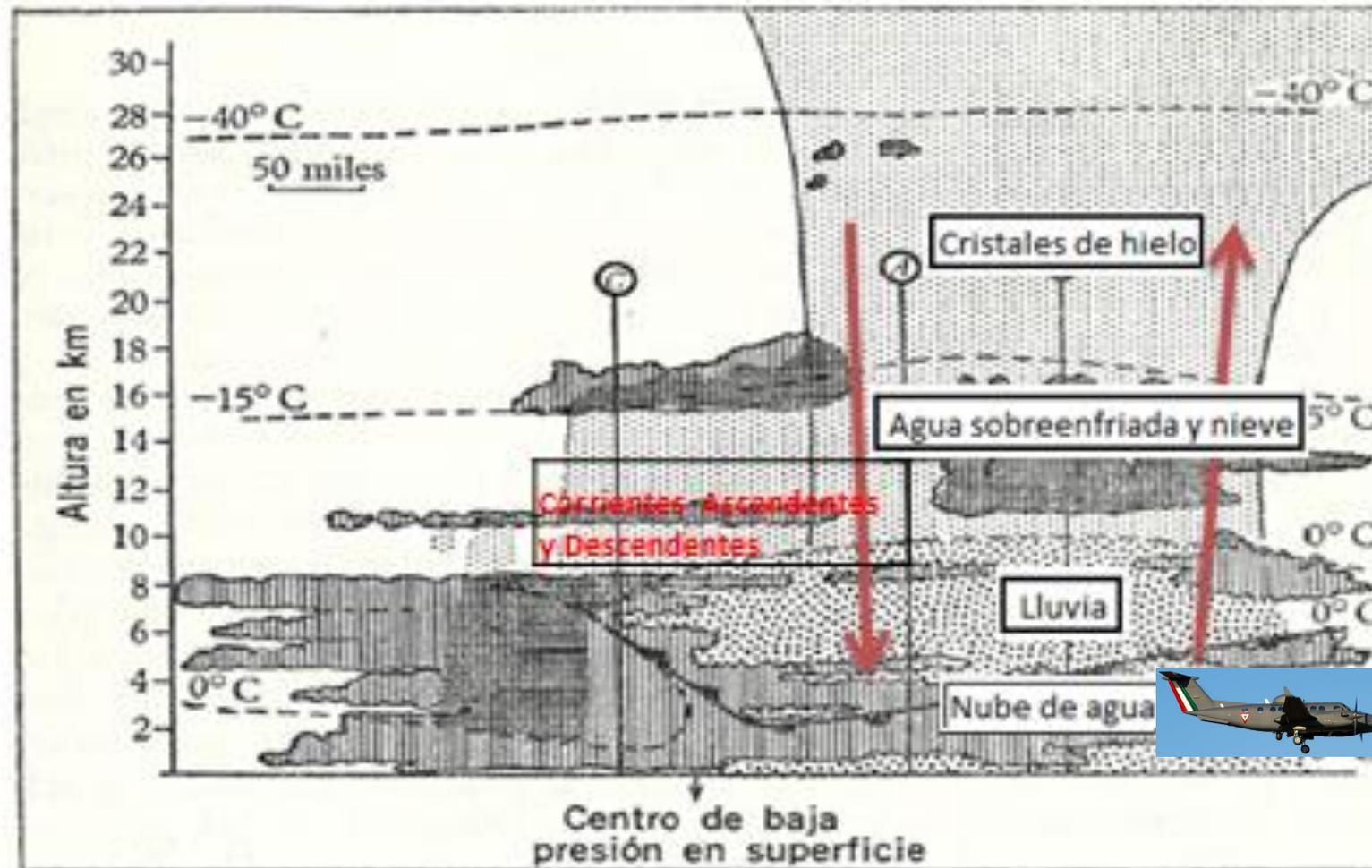
Nucleación nítida



Las Nubes en la Atmósfera



Física de las Nubes



Buscar corrientes ascendentes que incorporen el reactivo

Inyección de Núcleos



Siembra



Aspersión



Formación de gotas



Tierra mojada





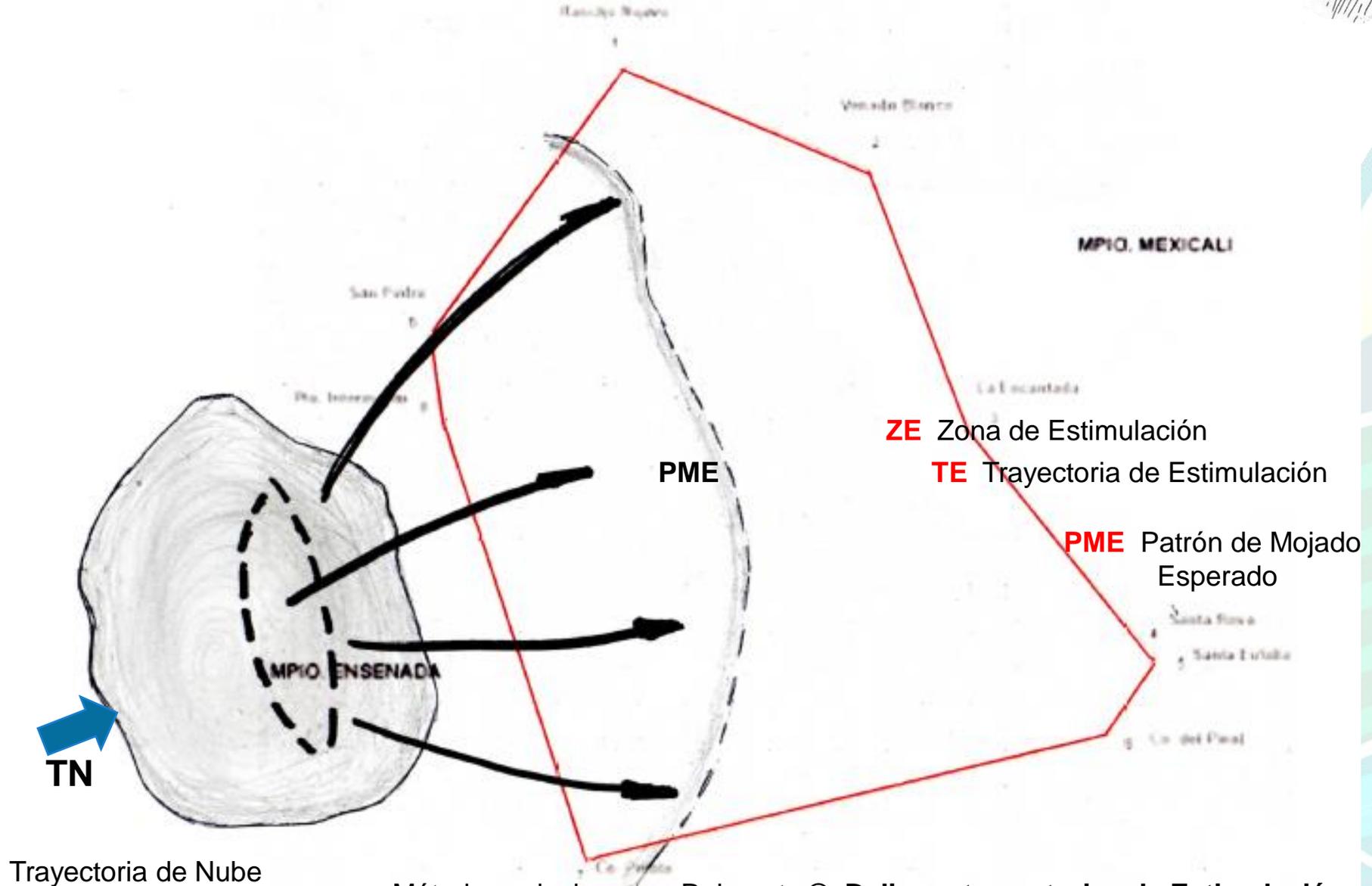
Infraestructura para la estimulación de lluvias



Aeronave de la Fuerza Aérea Mexicana King Air 350i



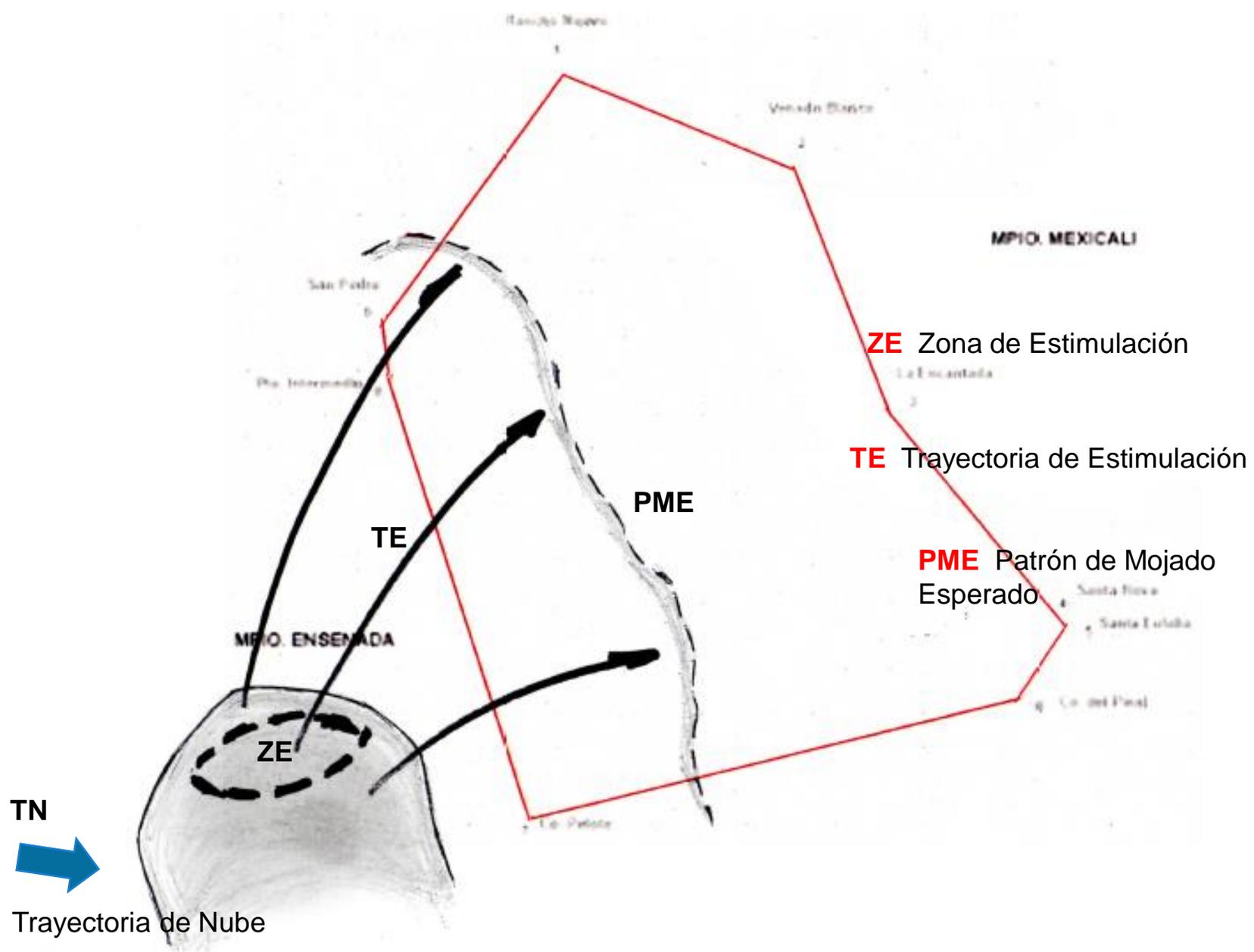
CASO 1: PROYECCIÓN FRANCA DE TRAYECTORIA



Trayectoria de Nube

Método exclusivo para Rainmate ©: **Delinear trayectorias de Estimulación**

CASO 2: PROYECCIÓN DE TRAYECTORIA PARCIAL O SESGADA

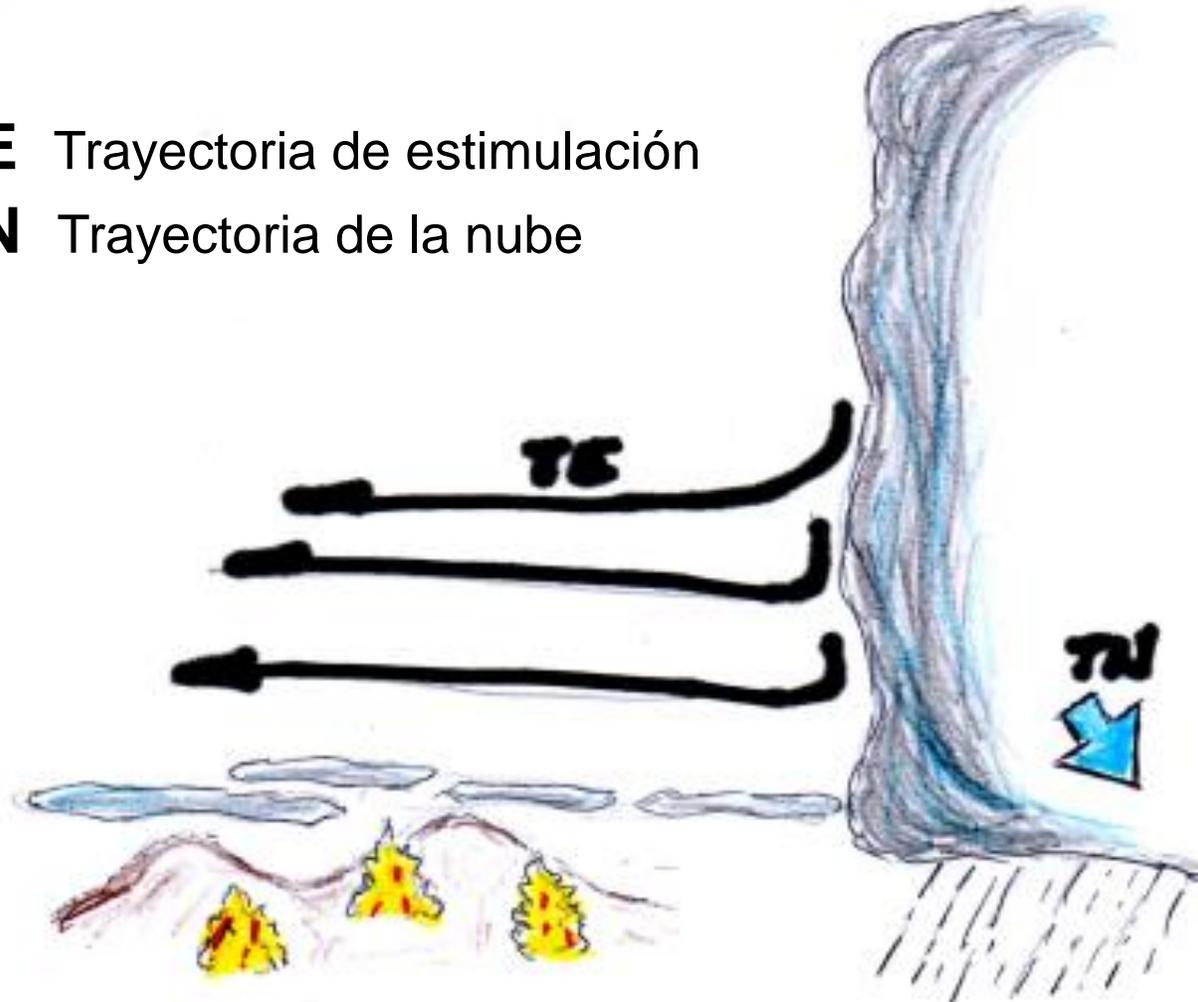


CASO 3: PROYECCIÓN VERTICAL (CASOS ESPECIALES)



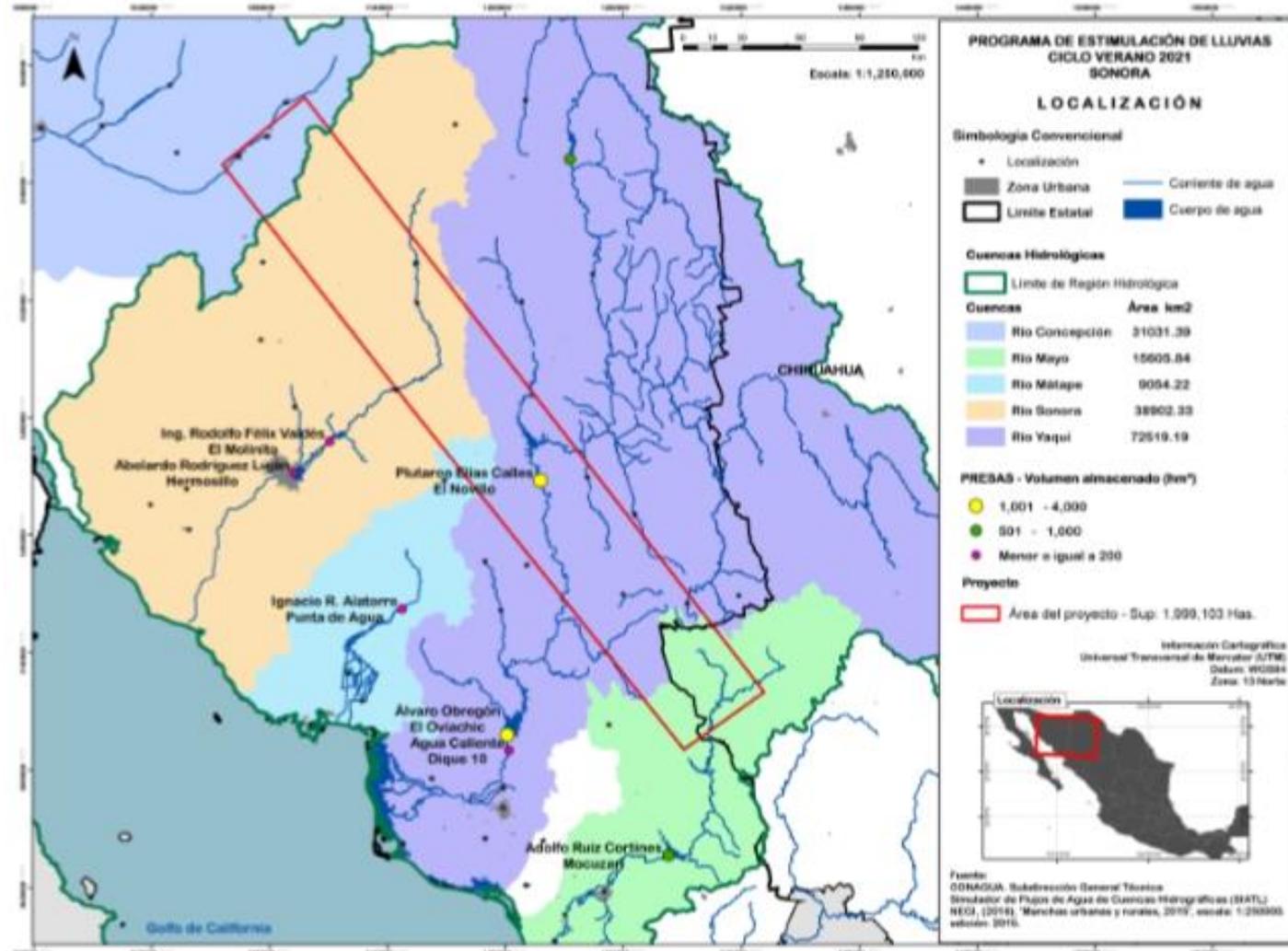
TE Trayectoria de estimulación

TN Trayectoria de la nube



Polígono de trabajo para Sonora

2 millones de hectáreas, 5 Cuencas, 7 Presas

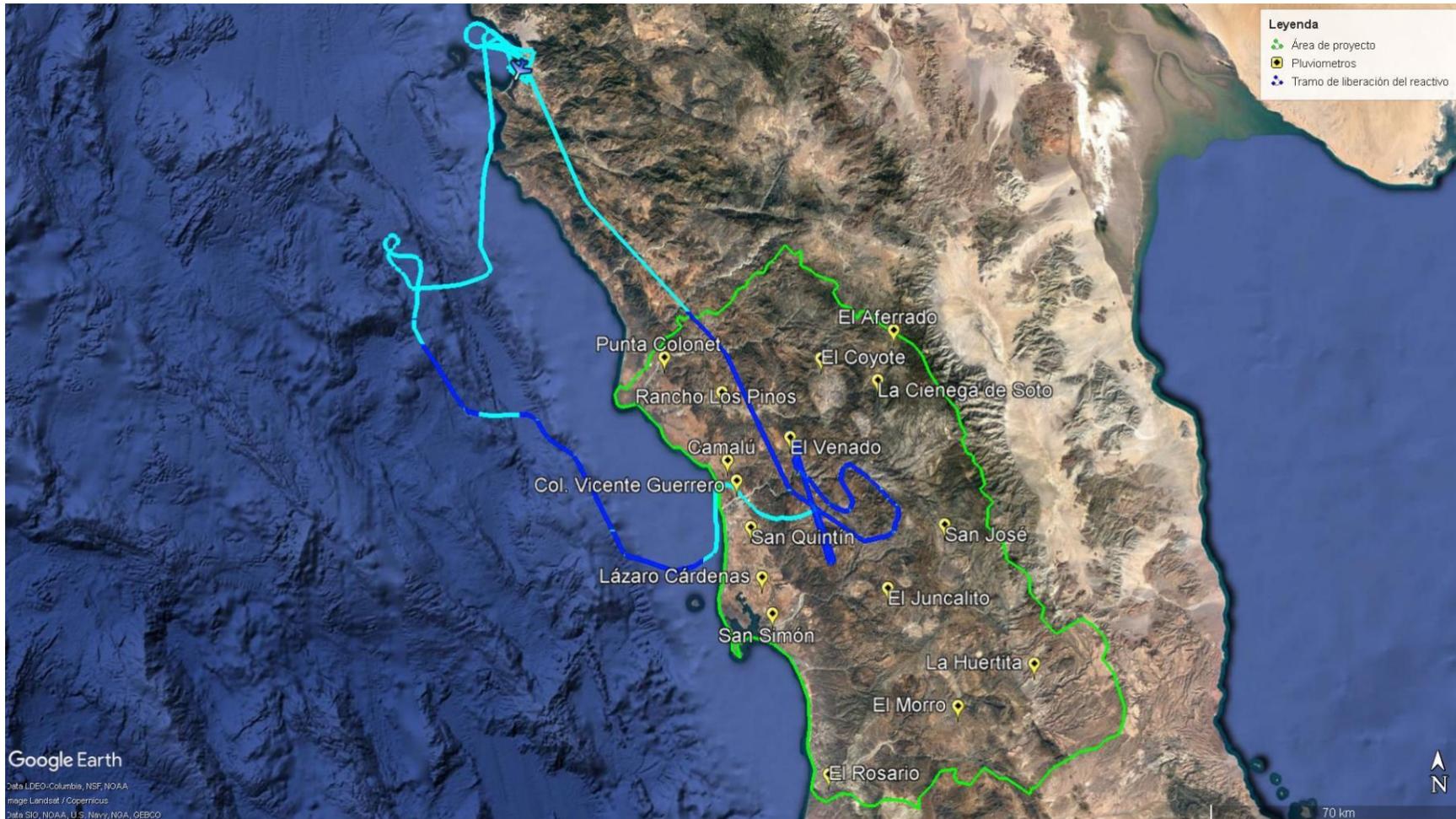




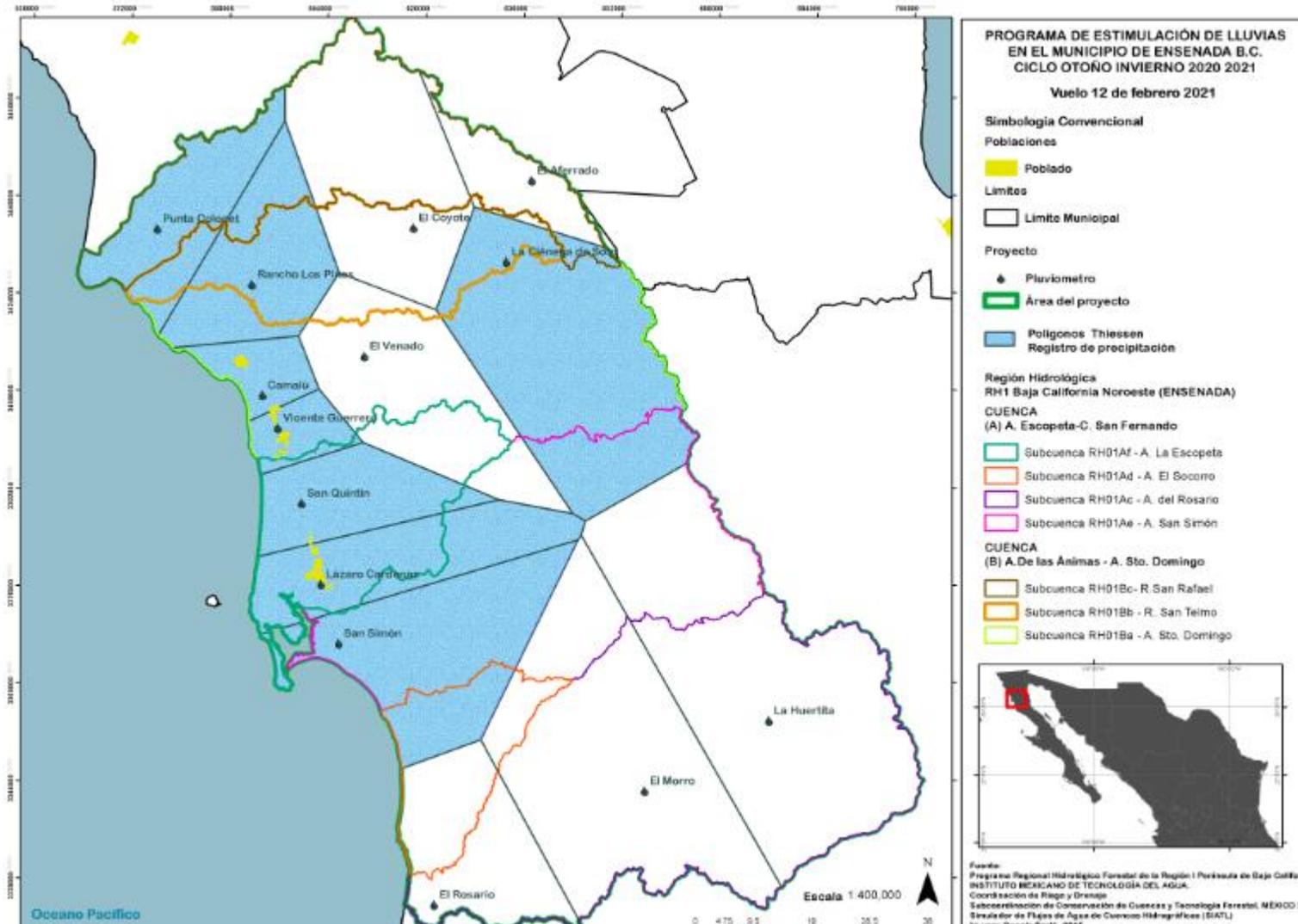
Trayectorias de Vuelo y Liberación de Reactivo



LIBERACIÓN DE REACTIVO



Área que registró precipitación después de la aplicación del yoduro de plata (Polígonos de Thiessen-12 Feb 2021)



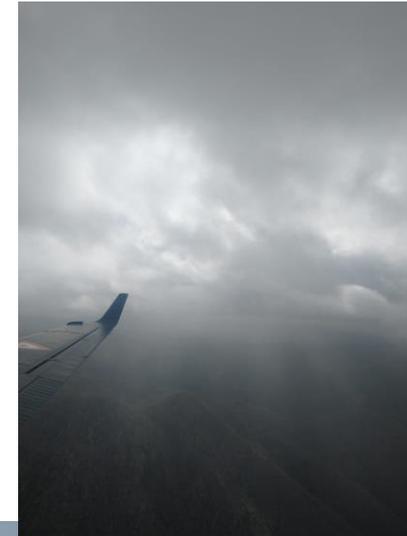


Reporte de pluviómetros que corresponden al área de vuelo



| | Ubicación Pluviómetro | Precip. Pronosticada mm ECMWF | Precip. Registrada mm Pluviómetros | Diferencia lámina mm | % incremento de precipitación | Sup. Polígono de influencia Ha | Volumen inducido m3 |
|-----|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| V01 | Punta Colonet | 0.02 | 0.50 | 0.48 | 263.16 | 47,652.61 | 228,732.51 |
| | Camalú | 0.02 | 0.20 | 0.18 | 105.26 | 16,434.46 | 29,582.03 |
| | Vicente Guerrero | 0.02 | 0.50 | 0.48 | 263.16 | 14,918.39 | 71,608.25 |
| | Rancho Magaña | 0.02 | 0.20 | 0.18 | 105.26 | 39,499.61 | 71,099.29 |
| | Lázaro Cárdenas | 0.02 | 0.50 | 0.48 | 263.16 | 55,733.63 | 267,521.44 |
| | San Simón | 0.01 | 0.20 | 0.19 | 105.26 | 80,936.53 | 153,779.40 |
| | La Ciénega de Soto | 0.05 | 0.20 | 0.15 | 105.26 | 126,161.00 | 189,241.50 |
| | Los Pinos | 0.03 | 0.20 | 0.17 | 105.26 | 55,468.44 | 94,296.34 |
| | Precipitación promedio | 0.02 | 0.31 | 0.29 | 164.47 | 436,804.66 | 1,105,860.76 |

En seis vuelos de estimulación en el polígono de Ensenada se generaron 27.96 MM³ de agua atribuible al tratamiento.

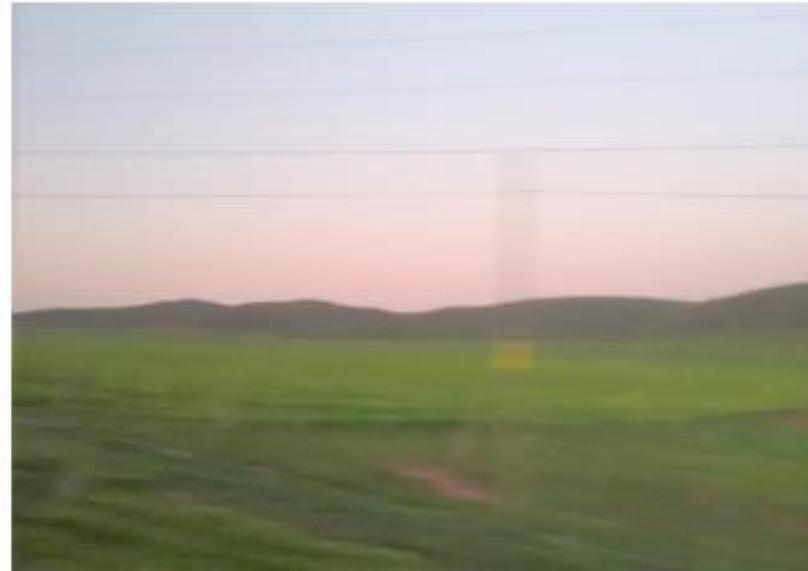




Evaluación de patrones de desarrollo de la vegetación



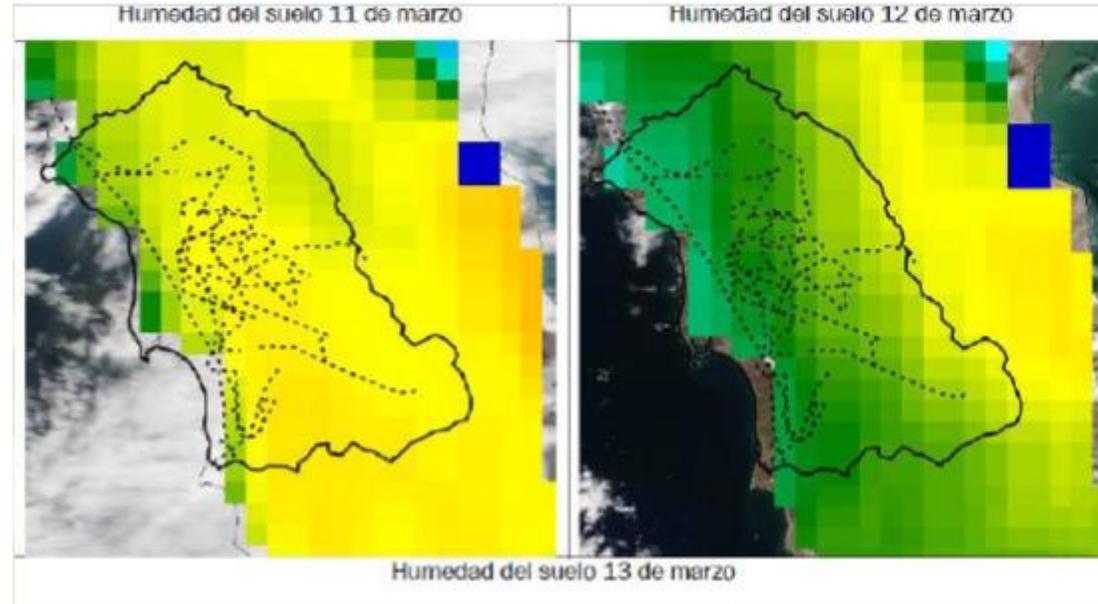
IMPACTO EN LA VEGETACIÓN



Ensenada, B.C. Febrero 2021

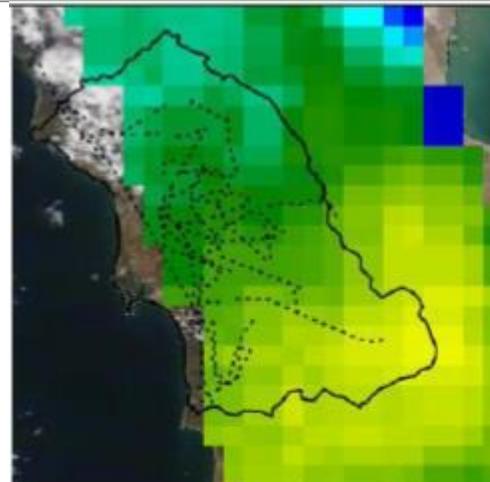


Evaluación de resultados con imágenes de satélite



Información generada a partir de los resultados del V05 del 11 de marzo.

Landsat 8, sensor MODIS.



EVOLUCIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO





Registro del evento con imágenes infrarrojas conus goes East del Satelite GOES (global geostationary weather satellite)





Impacto Ambiental



Con la técnica de voltametría (que detecta hasta 1ppb de Ag) no se detectó plata en las muestras de agua de lluvia inducida en el Proyecto de Ensenada, B. C. 2021

Con el método cuantitativo de cromato de potasio (sustituido por la plata presumiblemente acarreada por la muestra) se detectaron trazas de plata en el agua de lluvia, que en cualquier caso estarían muy lejos del nivel de 0.05 mg/Lt que es el límite permisible de contenido de plata para agua de consumo humano y aún de 0.01 mg/M³ de mineral aerotransportado en el aire.





Perspectivas de la Estimulación de Lluvias



La aceptación del uso de la estimulación de lluvias se sustenta en la percepción y evaluación que pueda hacerse de sus insumos, sus procedimientos de aplicación y de sus resultados.

La estimulación de lluvias para ser universalmente aceptable debe estar sustentada en principios metodológicos que definan una tecnología con resultados cada vez más consistentes, replicables y predecibles.

Ante el cambio climático la estimulación de lluvias debe ser pronto acreditada como una herramienta tecnológica que permita atenuar los efectos de la sequía.

“Los Estados del Oeste de la Unión Americana están adoptando cada vez más la modificación del clima para estimular lluvias y mitigar la sequía aún con las inconsistencias y cuestionamientos que se le adjudican”.

***The Guardian, UK
marzo 2021***



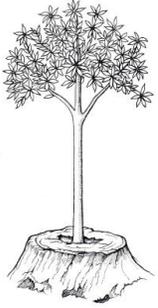


"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Sexto Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas

COMEII- 2021 / Hermosillo, Sonora



¡GRACIAS!

M.C. Alejandro J. Trueba Carranza
Consultor Independiente

Correo: alejandrottrueba1949@gmail.com

Cel. 052+55 - 30711119

