

INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN ISOTÓPICA EN LA EVALUACIÓN DE ACUÍFEROS SOBRE-EXPLOTADOS

Proyecto TH-2018.1

Informe final

**COORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA
SUBCOORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA**

**Luis González Hita
Juan Carlos Aparicio González
Blanca de Jesús Carteño Martínez
Dustin Silverio Mañón Flores**

México, 2020

CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
3. OBJETIVO	3
4. PARTICIPACIÓN EN EL XV CONGRESO INTERNACIONAL DE HIDROGEOLOGÍA DE LA ALHSUD.....	4
5. CAPACITACIÓN	10
5.1 CURSO NACIONAL INSTITUCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA URBANA.....	15
5.2 Capacitación gestión de recursos hídricos, universidad de Barcelona	17
5.3 Taller de aplicación de gases nobles en la datación de aguas subterráneas	25
6. BASES DE DATOS DE LA COMPOSICIÓN DE ISÓTOPOS ESTABLES Y CONTENIDO DE TRITIO AMBIENTAL DE LA RENIP.	27
6.1. Revisión, diagnóstico de automatización, ajuste y mantenimiento de dos analizadores láser de isótopos estables de H y O aplicados a la medición de muestras de agua natural.....	27
6.1.1. Descripción y resultados de las pruebas de operación, automatización, ajuste y mantenimiento de dos analizadores láser de isótopos estables de H y O en muestras de agua natural.....	27
6.1.1.1. Analizador láser de isótopos de agua líquida Picarro L2110- <i>i</i>	29
6.1.1.2. Analizador láser de isótopos de agua líquida Los Gatos Research LWIA-45EP	42
6.2. Determinar por espectroscopía láser el contenido de isótopos estables de H y O de ochenta muestras de lluvia acumulada de las estaciones de monitoreo que integran la RENIP, del periodo de recolección correspondiente a noviembre y diciembre de 2019 y enero de 2020	53
6.2.1. Resultados de las composiciones isotópicas estables de ochenta muestras de lluvia de las estaciones de la RENIP, proporcionadas por el IMTA...	53
6.3. Recalibración de estándares de laboratorio de isótopos estables de hidrógeno y oxígeno con valores Delta (δ) enriquecidos y empobrecidos respecto a la escala de aplicación para las aguas subterráneas de México, aproximadamente para la Delta de O-18 entre +3.0 ‰ y -12‰ y para la Delta de H-2 entre +17 ‰ y - 85‰, utilizando los patrones internacionales VSMOW/2-SLAP/2	63

6.4. Resultados de la recalibración de dos estándares de laboratorio de uso diario de isótopos estables de hidrógeno y oxígeno versus los patrones VSMOW/2-SLAP/2.
69

7. MAPAS DE LA ISOTOPIA ESTABLE DE LA PRECIPITACION PLUVIAL DE LA REPUBLICA MEXICANA (ISOSCAPES)	71
7.1. Actualización de mapas isotópicos de la RENIP	71
7.2. Determinación de trayectorias de masas de aire asociadas a datos isotópicos de la RENIP	84
8. MEJORA DE EMBUDOS DE COLECTORES DE LLUVIA ACUMULADA PALMEX RS2 DE LA RENIP	142
Propuesta 1.....	142
Propuesta 2.....	150
9. EJERCICIO DE INTERCOMPARACION DE MEDICIONES DE ISOTOPOS ESTABLES DE HIDROGENO Y OXIGENO WICO 2020	159
9.1. Resultados WICO-2020. Analizador láser LGR.....	173
9.2. Resultados WICO-2020. Analizador láser Picarro.....	178
10. CONCLUSIONES	183
11. BIBLIOGRAFIA	185

FIGURAS

Figura 1	Analizadores láser. Laboratorio de Hidrología Isotópica del IMTA	27
Figura 2	Funcionamiento de los analizadores láser de isótopos estables de H y O en muestras de agua natural	28
Figura 3	Diagrama de transferencia de vapor de agua en el analizador láser LGR28	
Figura 4	Analizador láser de isótopos de agua Picarro L2110- <i>i</i>	29
Figura 5	Inicio del programa del analizador láser	30
Figura 6	Pantalla principal del analizador láser	31
Figura 7	Sistema estabilizando las condiciones de temperatura y presión	31
Figura 8	Pantalla principal con las condiciones óptimas de operación	32
Figura 9	Ejecución del coordinador del analizador láser.....	33
Figura 10	Limpieza del evaporador de muestras de agua	33
Figura 11	Sistema listo para la medición de inyecciones de agua	34
Figura 12	Conexión con el muestreador automático.....	34
Figura 13	Inicio de corrida con nueve inyecciones por vial	35
Figura 14	Picos de inyecciones correctas.....	36
Figura 15	Líneas rectas en color rojo de las deltas de deuterio y oxígeno 18	36
Figura 16	Reporte del sistema las inyecciones de agua analizadas.....	37
Figura 17	El sistema presenta una estabilidad en el suministro de inyecciones de agua	37
Figura 18	Recepción de inyección de agua y preparación en muestra de vapor.....	38
Figura 19	Proceso de envío de la muestra evaporada a la cámara de medición	39
Figura 20	Finalización de una corrida para un vial con nueve inyecciones	39
Figura 21	Sistema sin realización de mediciones	40
Figura 22	Apagado del sistema en modo almacenamiento o transporte	41
Figura 23	Analizador láser de isótopos de agua Los Gatos Research LWIA-45EP.	42
Figura 24	Pantalla de inicio automático	43
Figura 25	Pantalla principal de interfase del usuario.....	44

Figura 26	Temperatura interna estable para el inicio de mediciones	45
Figura 27	Láser fuera del rango límite del analizador	46
Figura 28	Ajuste del láser	46
Figura 29	Espectro electromagnético	47
Figura 30	Lavado de la cámara óptica	48
Figura 31	Ventilación de la cámara óptica	48
Figura 32	Secado de la cámara óptica	49
Figura 33	Suministro de muestra de agua en el bloque inyector	49
Figura 34	Equilibrio del vapor de agua	50
Figura 35	Medición del espectro electromagnético	50
Figura 36	Finalización de la corrida	51
Figura 37	Mensaje del sistema confirmando el apagado del equipo	51
Figura 38	Ventilación de la cámara de medición durante tres minutos	52
Figura 39	Mensaje del sistema listo para apagarse	52
Figura 40	Localización de estaciones de la RENIP	53
Figura 41	Colectores de agua de lluvia de las estaciones de la RENIP	54
Figura 42	Composición isotópica estable de la RENIP	60
Figura 43	Exceso de Deuterio. RENIP.	60
Figura 44	Línea condicionada del exceso de Deuterio. RENIP	61
Figura 45	Configuración de asignación de referencias de laboratorio	66
Figura 46	Bandejas de análisis	67
Figura 47	Garantía y control de calidad (QA/QC) del laboratorio.	69
Figura 48	Composición isotópica estable de dos estándares de laboratorio.	70
Figura 49	Mapa isotópico distribución delta O18 RENIP primer semestre 2020 ..	73
Figura 50	Mapa isotópico distribución delta 2H RENIP primera semestre 2020 ..	74
Figura 51	Estación Ciudad Juárez, marzo del 2020	86
Figura 52	Estación Ciudad Juárez, junio del 2020	87
Figura 53	Estación Ciudad Victoria, febrero del 2020	88

Figura 54	Estación Ciudad Victoria, junio del 2020.....	89
Figura 55	Estación Chetumal, marzo 2020	90
Figura 56	Estación Chetumal, mayo 2020.....	91
Figura 57	Estación Chiconautla II, marzo del 2020	92
Figura 58	Estación Chiconautla II, junio del 2020	93
Figura 59	Estación Chihuahua, febrero del 2020	94
Figura 60	Estación Chihuahua, junio del 2020	95
Figura 61	Estación Chilpancingo, marzo del 2020.....	96
Figura 62	Estación Chilpancingo, junio del 2020	97
Figura 63	Estación Culiacán, febrero del 2020	98
Figura 64	Estación Culiacán, junio del 2020	99
Figura 65	Estación Durango, marzo del 2020.....	100
Figura 66	Estación Durango, junio del 2020	101
Figura 67	Estación Guadalajara, febrero del 2020.....	102
Figura 68	Estación Guadalajara, junio del 2020.....	103
Figura 69	Estación Hermosillo, marzo del 2020	104
Figura 70	Estación Hermosillo, junio del 2020.....	105
Figura 71	Estación IMTA, febrero del 2020.....	106
Figura 72	Estación IMTA, junio del 2020.....	107
Figura 73	Estación La Paz, febrero del 2020	108
Figura 74	Estación La Paz, junio del 2020	109
Figura 75	Estación La Venta, marzo del 2020	110
Figura 76	Estación La Venta, junio del 2020	111
Figura 77	Estación Loreto, marzo del 2020	112
Figura 78	Estación Loreto, junio del 2020	113
Figura 79	Estación Mérida, marzo del 2020	114
Figura 80	Estación Mérida, mayo del 2020	115
Figura 81	Estación Mexicali, marzo del 2020.....	116

Figura 82	Estación Mexicali, junio del 2020	117
Figura 83	Estación Monterrey, marzo del 2020	118
Figura 84	Estación Monterrey, junio del 2020.....	119
Figura 85	Estación Pachuca, febrero del 2020	120
Figura 86	Estación Pachuca, junio del 2020	121
Figura 87	Estación Piedras negras, marzo del 2020	122
Figura 88	Estación Piedras negras, mayo del 2020	123
Figura 89	Estación Querétaro, marzo del 2020	124
Figura 90	Estación Querétaro, junio del 2020.....	125
Figura 91	Estación Tacubaya, marzo del 2020	126
Figura 92	Estación Tacubaya, junio del 2020.....	127
Figura 93	Estación Tapachula, marzo del 2020.....	128
Figura 94	Estación Tapachula, junio del 2020	129
Figura 95	Estación Tetelco, marzo del 2020	130
Figura 96	Estación Tetelco, junio del 2020	131
Figura 97	Estación Torreón, marzo del 2020.....	132
Figura 98	Estación Torreón, junio del 2020	133
Figura 99	Estación Tulancingo, marzo del 2020.....	134
Figura 100	Estación Tulancingo, junio del 2020.....	135
Figura 101	Estación Tuxtla, marzo del 2020	136
Figura 102	Estación Tuxtla, junio del 2020.....	137
Figura 103	Estación Veracruz, febrero del 2020	138
Figura 104	Estación Veracruz, junio del 2020	139
Figura 105	Estación Villahermosa, febrero del 2020.....	140
Figura 106	Estación Villahermosa, junio del 2020.....	141
Figura 107	Vista superior del prototipo 1.....	144
Figura 108	vista lateral del prototipo 1	145
Figura 109	vista inferior del prototipo 1.....	145

Figura 110	En esta vista se observa el interior del embudo, así como el grosor de las paredes (2 cm), el elemento de fijación roscado y el Angulo interior del embudo.	
		146
Figura 111	vista con corte a la mitad del prototipo 1	146
Figura 112	vista del inserto roscado para introducir y darle más resistencia mecánica al elemento de fijación	147
Figura 113	Vista del interior del embudo con el inserto del elemento roscado ...	147
Figura 114	Vista transparente del prototipo 1, se puede observar el interior y el exterior del diseño con detalle	148
Figura 115	Vista lateral de la propuesta 2 del diseño de mejora de embudo	152
Figura 116	En la siguiente figura se observan los elementos utilizados en vista translúcida	152
Figura 117	Vista superior de la propuesta 2 del diseño de mejora de embudos ..	153
Figura 118	Vista inferior de la propuesta 2 del diseño de mejora de embudos, se puede observar el cople con el barreno de descarga al centro	153
Figura 119	Vista general de la propuesta 2 del diseño de mejora de embudo, se observan todos los elementos utilizados en el diseño	154
Figura 120	En la siguiente figura se muestran los elementos del mecanismo anti-aves, la abrazadera y la malla protectora son fundamentales	154
Figura 121	Diseño del cople, se puede observar el ángulo para la sujeción del embudo y la rosca para el inserto al colector	155
Figura 122	Vista general del cople.....	155
Figura 123	Vista de la apariencia real del embudo comercial FSV 6-S	156
Figura 124	Vista general de la malla de protección anti-aves	156
Figura 125	Vista general de abrazadera de fijación para malla de protección anti-aves	157
Figura 126	Vista de corte central, se observan todos los elementos utilizados para el diseño, además de los grosores de cada pieza y la ubicación final	157
Figura 127	Muestras de agua utilizadas en el ejercicio de intercomparación WICO 2020 ...	160

Figura 128	Diagramas de $\delta^{18}\text{O}$	174
Figura 129	Diagramas de $\delta^2\text{H}$	176
Figura 130	Valores de referencia vs. Sesgo	177
Figura 131	Diagramas de $\delta^{18}\text{O}$	179
Figura 132	Diagramas de $\delta^2\text{H}$	181
Figura 133	Valores de referencia vs. Sesgo	182



TABLAS

Tabla 1	Datos de estaciones de la RENIP.....	55
Tabla 2	Resultados del contenido de isótopos estables de H y O en muestras de lluvia de la RENIP.....	57
Tabla 3	Hoja informativa de los patrones internacionales de medición VSMOW2 Y SLAP2.	64
Tabla 4	Estándares de medición para uso diario del USGS.....	65
Tabla 5	Plantilla para la calibración de estándares de laboratorio.....	68
Tabla 6	Resultados de isótopos estables de hidrógeno y oxígeno de dos estándares de laboratorio de uso diario.....	69
Tabla 7	Datos utilizados para la generación de los mapas isotópicos de la RENIP hasta el mes de junio del 2020.....	75
Tabla 8	características de material prototipo 1.....	143
Tabla 9	Medidas del prototipo 1 se presentan a continuación.....	149
Tabla 10	características de materiales prototipo 2.....	150
Tabla 11	Medidas del prototipo 2 se presentan a continuación.....	158
Tabla 12	Resultados de $\delta^{18}\text{O}$	173
Tabla 13	Resultados de $\delta^2\text{H}$	175
Tabla 14	Exceso de deuterio.....	177
Tabla 15	Resultados de $\delta^{18}\text{O}$	178
Tabla 16	Resultados de $\delta^2\text{H}$	180
Tabla 17	Exceso de deuterio.....	182

RESUMEN

México enfrenta problemas críticos en materia de agua, entre los cuales destacan la escasez, la contaminación y la necesidad de mejorar su administración. La evaluación integral de los recursos hídricos es crítica para enfrentar la escasez de agua y requisito técnico clave para comprender la dinámica del agua en el ciclo hidrológico. Los isótopos ambientales son trazadores naturales gratuitos, que proporcionan datos esenciales para determinar el comportamiento de las aguas atmosféricas, superficiales y subterráneas. El IMTA cuenta con la infraestructura instrumental y los recursos humanos calificados para la medición de la composición de isótopos estables y del contenido de tritio ambiental de muestras de agua natural,

El presente proyecto tiene como objetivo Generar información sistematizada y de calidad de la composición isotópica contenida en la precipitación pluvial, para caracterizar las variables que gobiernan el comportamiento de las aguas atmosféricas, superficiales y subterráneas, bajo las condiciones climatológicas, orográficas y ambientales del territorio nacional.

La información isotópica se genera sobre la base de una red de cobertura nacional, que colecta muestras mensuales acumuladas de lluvia, representativas de las 13 provincias fisiográficas y 15 provincias de precipitación pluvial que integran el territorio nacional. Esta red nacional de monitoreo isotópico de la precipitación pluvial (RENIP), está compuesta de 28 estaciones de recolección de muestras de lluvia, representativas de las condiciones climatológicas y orográficas de las zonas donde están instaladas.

La composición de isótopos estables de hidrógeno y oxígeno, el contenido de tritio ambiental de las muestras, se miden en el laboratorio de hidrología isotópica del

Instituto, aplicando infraestructura instrumental de última generación que permite medir con incertidumbres analíticas aceptadas internacionalmente, aportando datos de alta calidad. El laboratorio participa en ejercicios internacionales de intercomparación de resultados, organizados por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA,) que permiten mejoras continuas de la infraestructura de análisis e innovaciones en las metodologías de análisis.

Los recursos humanos con que cuenta el laboratorio de hidrología isotópica reciben capacitación continua, a través de proyectos de cooperación técnica, del proyecto Regional RLA/7/024 “Integración de la Hidrología Isotópica en las Evaluaciones Nacionales de los Recursos Hídricos para su Gestión Integral” del OIEA, en el cual participa México como país piloto, a través del IMTA. Las capacitaciones programadas para el 2020 programadas en el proyecto fueron cancelados en algunos casos y en otros pospuestos, a causa de la inesperada pandemia del SARS Cov 2, Covid 19.

Los datos isotópicos generados por la RENIP son organizados en bases de datos para su utilización y aplicación en proyectos de estudio e investigación de las aguas atmosféricas, superficiales y subterráneas. Con estos datos se construyeron mapas isotópicos de la lluvia de la República Mexicana (isoscapes), y determinaron las trayectorias de viento que generan lluvias en el país asociadas a sus composiciones isotópicas.

Adicionalmente se diseñaron piezas de repuesto que permitan dar mantenimiento y sustituir las componentes y partes fungibles de los colectores de lluvia de las estaciones de la RENIP y de la Red Morelos (monitorea la composición isotópica de la lluvia en las zonas centrales del estado de Morelos). Estos componentes fueron diseñados para ser construidos con materiales existentes en el mercado de alta calidad y fácil adquisición. Permitiendo mantener en operación

continúa a la RENIP a un costo reducido de mantenimiento y sin pérdida de información.

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la composición isotópica de la precipitación pluvial, que es la fuente de recarga de los sistemas hidrológicos, permite precisar y fortalecer la evaluación nacional de los recursos hídricos, para su administración y aprovechamiento sustentables en cuencas y acuíferos.

Los resultados de las series de datos isotópicos generados en las 18 provincias fisiográficas que cubren el territorio nacional, e integran la Red Nacional de Monitoreo Isotópico y químico de la precipitación pluvial (RENIP), aportan información existente en forma gratuita en la naturaleza para el estudio y entendimiento de las aguas atmosféricas, superficiales y subterráneas.

El conocimiento obtenido de datos isotópicos propios de cada región hidrológica, contribuirá a la administración y gestión integral de los recursos hídricos subterráneos, simulación del funcionamiento hidrogeológico de acuíferos, cuencas y componentes del ciclo hidrológico mediante modelación numérica; sí como, la exploración, evaluación y aprovechamiento de nuevas fuentes de agua dulce, alojadas en formación geológicas complejas y profundas y en la caracterización de recursos hídricos profundos asociados a la posible explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.

2. ANTECEDENTES

México enfrenta problemas críticos en materia de agua, entre los cuales destacan la escasez, la contaminación y la necesidad de mejorar su administración. La evaluación integral de los recursos hídricos es crítica para enfrentar la escasez de agua y requisito técnico clave para comprender la dinámica del agua en el ciclo hidrológico. Los isótopos ambientales son trazadores naturales gratuitos, que proporcionan datos esenciales para determinar el comportamiento de las aguas atmosféricas, superficiales y subterráneas. El IMTA cuenta con la infraestructura instrumental y los recursos humanos calificados para la medición de la composición de isótopos estables y del contenido de tritio ambiental de muestras de agua natural, adicionalmente opera una red nacional de monitoreo de la composición isotópica y química de la precipitación pluvial (RENIP). El proyecto aportará conocimiento e información útil para entender el funcionamiento de los sistemas hidrológicos, con énfasis en las aguas subterráneas intensamente explotadas. Con la información generada, mediante metodologías de comunicación apropiadas, se espera que las autoridades que realizan la gestión o desarrollan estudios e investigaciones del agua, incorporen las aportaciones técnicas del proyecto en la gestión de los recursos hídricos subterráneos, con el propósito de fortalecer las capacidades y reducir los vacíos de información que aún persisten, para mejorar el conocimiento del funcionamiento y naturaleza de los acuíferos con base en las ciencias y tecnologías del agua, incluida la hidrología isotópica.

3. OBJETIVO

Generar información sistematizada y de calidad de la composición isotópica contenida en la precipitación pluvial, para caracterizar las variables que gobiernan el comportamiento de las aguas atmosféricas, superficiales y subterráneas, bajo las condiciones climatológicas, orográficas y ambientales del territorio nacional. Aplicar la información isotópica generada para identificar la dinámica de la precipitación, mecanismos de recarga del agua subterránea y efectos de cambio climático. Crear bases de datos de la información isotópica estable y contenido de tritio ambiental de la lluvia, para su aplicación en estudios de exploración, evaluación, aprovechamiento y gestión integral de los recursos hídricos, con énfasis en las aguas subterráneas. Formar recursos humanos especializados en la integración de la hidrología isotópica en la evaluación y gestión de los recursos hídricos.

4. PARTICIPACIÓN EN EL XV CONGRESO INTERNACIONAL DE HIDROGEOLOGÍA DE LA ALHSUD.

Con respecto a la participación en el XV Congreso Internacional de Hidrogeología de la Asociación Latinoamericana de Hidrogeología para el Desarrollo (ALHSUD) y 47 Congreso de la Asociación Internacional de Hidrogeología (AIH), se envió la propuesta de ponencia “Composición Isotópica de la Lluvia en México”.

El evento estaba programado para realizarse en el 2020 en la ciudad de Sao Paulo, Brasil. Debido al problema global de salud a causa del SARS Cov 2, Cobid 19, hubo varios reajustes a las fechas de presentación de resúmenes y respuestas de aceptación de trabajos. El comité organizador reprogramo el evento para desarrollarse del 22 al 26 de agosto del 2021.

La comisión organizadora, estableció como requisito indispensable para la inclusión del trabajo en las memorias del congreso, cubrir los costos de participación. Debido a restricciones presupuestarias aplicadas al proyecto y a la situación de la pandemia Covid 19, no fue posible contar con recursos económicos para cubrir el pago de participación en el evento.

El resumen del trabajo mencionado fue aprobado por el comité organizador para ser presentado en el evento. Debido a las limitaciones y ajustes expuestos en párrafos precedentes, únicamente se incluye en el presente informe el resumen y los documentos de aprobación del trabajo mencionado.

Stable isotope composition of rainfall in Mexico

Luis González-Hita¹; Miguel Mejía-González¹; Dustin Mañón-Flores¹; Juan Carlos Aparicio-González¹ y Blanca Carteño-Martínez¹

¹ Mexican Institute of Water Technology (IMTA)

lghita@tlaloc.imta.mx, mamejia@tlaloc.imta.mx

Mexico faces critical water problems, among which stand out scarcity, pollution and the need to improve its administration. The comprehensive assessment of water resources is critical to address their scarcity and key technical requirement to understand the dynamics of water in the hydrological cycle. Environmental isotopes are free tracers, which provide essential data for determining the behavior of atmospheric, surface, and groundwater.

The International Atomic Energy Agency (IAEA) develops in the Latin American region the Project RLA7024 "Integration of Isotope Hydrology in National Evaluations of Water Resources" with the purpose of assisting in the development of an action plan for the integral evaluation of its water resources, with an emphasis on groundwater, making use of methodologies based on scientific principles, including isotope hydrology, to improve its administration.

With the purpose of generating isotope tools, that allow characterizing variables that describe the operation of aquifers and the behavior of water in the hydrological cycle, under the weather and orographic conditions of the Mexican territory, a national monitoring network of the stable isotope composition of rainfall (RENIP) was installed. The network is made up of 28 rain collectors, distributed in the 15 physiographic and 13 rain provinces that make up the national territory. IMTA has the collaboration of IAEA, National Meteorological Service and Water System of Mexico City for the operation of the network. The stable isotope compositions of H and O of monthly accumulated rainfall samples are

measured at IMTA, with Cavity Ringdown Spectrometer L2110-i Isotopic H₂O Picarro and Los Gatos Research LWIA-45EP laser analyzers.

This article presents the results of almost three years of observations, using high resolution maps of the spatial distribution of the $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ of the rain, based on the spatial variability of the deltas and their relationship with the Mexican orography. The $\delta^{18}\text{O}$ varies from -3.9 ‰ to -9.1 ‰ (V-SMOW) and $\delta^2\text{H}$ varies from -24.4 ‰ to -60 ‰ (V-SMOW).

In the same way, the HYSPLIT (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory) model has been applied in the RENIP results to identify the influence of different sources of humidity, as well as the isotope footprint of the recharge from its origin, in order to define preferential recharge zones, the time when the majority recharge occurs, the origin of the rain and the incidence of extraordinary phenomena in the aquifer.

Although the operating time of RENIP is relatively short, it is expected to generate more robust bases to identify with certain effectiveness the origin of the air masses, as well as the isotope behavior of the humidity they transport.



viernes 20/03/2020 04:38 p. m.

no-reply@itarget.com.br

CONFIRMACIÓN DE INSCRIPCIÓN - IAH 2020

Para lghita@taloc.imta.mx



Estimado LUIS GONZÁLEZ HITTA

Confirmamos su registro y le agradecemos su interés en participar en IAH 2020.

Después de completar su registro para la actividad deseada y realizar el pago, recibirá un nuevo mensaje de confirmación y el estado de su registro cambiará a "Pagado".

Para cualquier aclaración, contáctenos.

Gracias de antemano por su participación.

Sinceramente

El comité organizador

This email was sent to lghita@taloc.imta.mx [unsubscribe from this list](#)



martes 30/06/2020 06:21 p. m.

IAH 2020 <iah2020@abas.org>

IAH 2021 - Official announcement

Para undisclosed-recipients:

Dear all,

Due to the global scenario and its developments caused by the COVID-19 pandemic, we inform that the 47th IAH Congress, scheduled to take place between September 20th and 25th, 2020 at Espaço Arca, in São Paulo, Brazil, is now officially rescheduled for August 22nd – 27th, 2021, at the same place and city.

The event's date adequacy aims to bring all those involved, authors, attendees, exhibitors, sponsors, suppliers and other partners, greater security and tranquility regarding their participation, since the future scenario is positive for the pandemic control and emergence of vaccines.

Finally, we inform that all protocols stipulated by responsible entities for this type and size of event will be attended by the organization of 47th IAH Congress.

Regarding the abstracts submission and registration, we inform the updated schedule below:

- **Abstract submission: February 28, 2021**
- **Communication of abstract acceptance: April 30, 2021**
- **Early bird registration: May 31, 2021**

For new submission and registration, please visit:

<https://icongresso.abas.itarget.com.br/estacao/index/index/evento/3>

We emphasize that all abstracts already submitted are under evaluation and the results will be reported shortly. The completed and paid registrations are maintained for the new date, with no need for action by the registrant. If you want to review something related to your abstract submission or your registration, we kindly ask you to inform us.

For all evaluators, we thank you for your efforts in evaluating the abstracts already submitted and we reinforce that the new period for this will be between 03/01/2021 and 04/30/2021, with a new distribution of abstracts soon.

We are available for any clarifications.

Kind regards,

IAH 2021 Organizing Committee

IAH 2021 Brazil Congress - RESULT OF SUBMISSION

ARCHIVO MENSAJE ADOBE PDF

Ignorar Correo no deseado Eliminar Responder Responder a todos Reenviar Más

Mover a: ? Al jefe Correo electrón... Responder y eli... Crear nuevo

Pasos rápidos

Mover Reglas OneNote Acciones

Marcar como Si no leído Etiqueta



lunes 15/03/2021 03:07 p. m.

no-reply@itarget.com.br

IAH 2021 Brazil Congress - RESULT OF SUBMISSION - SCIENTIFIC ABSTRACT APPROVED

Para lghita@tlaloc.imta.mx

Haga clic aquí para descargar imágenes. Para ayudarle a proteger su confidencialidad, Outlook ha impedido la descarga automática de algunas imágenes en este mensaje.

Dear LUIS GONZÁLEZ HITTA,

The Scientific Committee of the 47th IAH Brazil Congress announces that your abstract has been approved for presentation.

Code: 102

Title: Stable isotope composition of rainfall in Mexico

We remind you that the author or co-author of the abstract must have a paid registration for its presentation.

If you aren't registered yet, please access <https://icongreso.abas.itarget.com.br/estacao/index/index/evento/3>

Soon we will confirm the presentation format of the abstract.

Sincerely,

Scientific Committee of the 47th IAH Brazil Congress

This email was sent to lghita@tlaloc

no-reply@itarget.com.br IAH 2021 Brazil Congress - ABSTRACT SUBMISSION CONFIRMATION

5. CAPACITACIÓN

La inesperada aparición de la pandemia SARS-Cov 2 (Covid 19) afectó todas las actividades y planes del proyecto: Cancelación de becas de capacitación, cancelación de cursos nacionales, cursos regionales, visitas de expertos, etc.

De igual manera detuvo trámites administrativos para la autorización de importación de equipo, recepción de muestras, alteración de ejercicios de intercomparación de mediciones, suspensión de actividades de campo (toma de muestras de agua, medición de parámetros de acuíferos, geofísica y piezometría, etc.), suspensión de actividades presenciales de gabinete, laboratorio y campo, etc.

Los cursos de capacitación programados para fortalecer las capacidades y conocimientos de los participantes nacionales en el proyecto, se difundieron y prepararon para su realización. Fueron suspendidos debido a la contingencia sanitaria SARS-Cov2. Las capacitaciones suspendidas fueron:

- Capacitación en muestreo de gases nobles y su aplicación en la datación de aguas subterráneas, Cuernavaca y Ciudad de México, 06/2020 (suspendido).
- Curso nacional de capacitación sobre hidrogeología urbana, Ciudad de México, 05/2020 (suspendido).
- Capacitación en aplicación de la hidrología isotópica en pronósticos meteorológicos, Cuernavaca y Ciudad de México, 10/2020 (suspendida).
- Curso Regional de capacitación sobre el análisis de Isótopos estables presentes en el agua mediante espectrometría láser, Heredia, Costa Rica, 11/2020 (one participant) (suspended).
- Training course on the fundamentals of tritium analysis and data processing for hydrological applications, IAEA Headquarters, Vienna, Austria, 10/2020 (one participant) (application suspended by the NLO).
- Fellowship for training in the handling and maintenance of the Finnigan Delta mass spectrometer, EVT1806268, Barcelona, Spain, 04-05/2020 (suspended).
- Training course on advances in data processing and interpretation applied to isotope hydrology studies, IAEA Headquarters, Vienna, Austria, 10/2020 (one participant) (application suspended by the NLO).

- Curso Hispanoamericano de Hidrología Subterránea, Montevideo, Uruguay, 09-12/2020 (one participant) (application suspended by the NLO).

A continuación, se adjunta copia de los documentos y comunicados emitidos con relación con la suspensión de las capacitaciones programadas en el Proyecto Regional RLA/7/024 “Aplicación de la Hidrología Isotópica en la Evaluaciones Nacionales de los Recursos Hídricos para su Gestión Integral”



RV: Participación de especialistas mexicanos en eventos del Organismo Internacional de Energía A...

ARCHIVO MENSAJE ADOBE PDF

Eliminar Responder Responder a todos Reenviar


Mover a: ? Al jefe Correo electrón...

Mover

Marcar como no leído Categorizar Seguimiento

Etiquetas Edición Zoom


viernes 15/05/2020 07:02 p. m.

 Gustavo Angel Rojas Hernandez <garojas@energia.gob.mx>
RV: Participación de especialistas mexicanos en eventos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).
Para lghita@taloc.imta.mx

Estimado Dr. Luis González:

Reenvío el presente correo para su conocimiento y para reiterarle que desde SENER estamos trabajando de la mano con el OIEA para atender la cuestión de solicitudes de postulación de especialistas mexicanos en eventos de este Organismo.

Saludos,

 **SENER**
SECRETARÍA DE ENERGÍA

Gustavo Ángel Rojas Hernández
Subdirector
Insurgentes Sur 890, Del Valle
C.P. 03100. Benito Juárez, CDMX
Teléfono: (55) 5000.6000 Ext. 2249

Subdirección de Control de Gestión
Dirección General de Asuntos Internacionales

RV: Participación de especialistas mexicanos en eventos del Organismo Internacional de Energía A... ? [Icon] - [Icon] X

ARCHIVO MENSAJE ADOBE PDF

Eliminar Responder Responder a todos Reenviar Correo electrón... Mover a: ? Al jefe Pasos rápidos Mover Marcar como no leído Categorizar Seguimiento Traducir Zoom



viernes 15/05/2020 07:02 p. m.

Gustavo Angel Rojas Hernandez <garojas@energia.gob.mx>

RV: Participación de especialistas mexicanos en eventos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Para lghita@tialoc.imta.mx

De: Velvet Rosemberg Fuentes <vroseberg@energia.gob.mx>

Enviado el: martes, 12 de mayo de 2020 04:22 p. m.

Para: LONGORIA GANDARA, Luis Carlos <L.Longoria-Gandara@iaea.org>

CC: S.Perez-Pijuan@iaea.org; RAMIREZ GARCIA, Raul <R.Ramirez@iaea.org>; MURILLO FUENTES, Maria Del Pilar <M.D.P.Murillo-Fuentes@iaea.org>; Gustavo Angel Rojas Hernandez <garojas@energia.gob.mx>; Cecilia Lopez Navarro <clopez@energia.gob.mx>

Asunto: Participación de especialistas mexicanos en eventos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Luis Carlos Longoria Gándara

Director para la División de América Latina y el Caribe

Departamento de Cooperación Técnica

Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)

Presente

Estimado Dr. Longoria:

Hago referencia a mi comunicación del 10 de marzo de 2020, en la que se notificó a los titulares de diversas instituciones públicas mexicanas, a nuestra Misión Permanente de México en Viena y a la Dirección para la División de América Latina y el Caribe, del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), a su digno cargo; sobre la suspensión temporal de autorizaciones para que especialistas mexicanos realizaran comisiones en el extranjero. Ello, en seguimiento a las instrucciones de la Secretaría de Energía, Ing. Rocío Nahle García, como una medida precautoria para disminuir el riesgo de contagios por Covid-19.

Al respecto y con la finalidad de atender la demanda de postulaciones solicitadas a esta Oficina Nacional de Enlace, me permito exponer una serie de argumentos para su consideración y para solicitar su valioso apoyo, en la exploración de alternativas para que el OIEA nos apoye a garantizar la participación de especialistas mexicanos en los eventos auspiciados por sus distintos departamentos, aún cuando las postulaciones oficiales se envíen fuera de la fecha límite originalmente asignada por este Organismo.

RV: Participación de especialistas mexicanos en eventos del Organismo Internacional de Energía A...

ARCHIVO MENSAJE ADOBE PDF

Eliminar Responder Responder a todos Reenviar


Mover a: ? Al jefe Correo electrón...

Mover

Marcar como no leído Categorizar Seguimiento

Traducir Zoom

viernes 15/05/2020 07:02 p. m.

 **Gustavo Angel Rojas Hernandez** <garojas@energia.gob.mx>
RV: Participación de especialistas mexicanos en eventos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).


Para lghita@tialoc.imta.mx


- En primera instancia, me gustaría mencionar que debido a la situación excepcional ocasionada por la pandemia de Covid-19, esta Secretaría tiene instrucciones de mantener suspendidas las actividades de postulación que impliquen la presencia de especialistas mexicanos en comisiones en el extranjero, hasta nuevo aviso. Esta medida incluye la participación de funcionarios mexicanos en los eventos del OIEA, pertenecientes al sector energético y de otros sectores.
- México, se encuentra en la fase tres de contingencia por la pandemia de Covid-19, esto quiere decir que nos encontramos en la fase de mayor propagación del virus Sars-Cov-2, en la cual, las autoridades sanitarias han previsto se alcanzará el pico de contagios. Al respecto, la Presidencia de la República y las autoridades de la Secretaría de Salud (SEDESA) han anunciado en diversos medios la ampliación cuarentena en México hasta el 30 de mayo de 2020, con posibilidad de extensión.
- En razón a los puntos mencionados con anterioridad, debo comunicarle que existe la posibilidad de que las actividades de postulación de la Oficina Nacional de Enlace de la Secretaría de Energía (SENER), no se normalicen hasta que se anuncie la conclusión de la cuarentena. Por otra parte, es importante destacar que el flujo de solicitudes de postulación por parte de los especialistas mexicanos sigue siendo constante. Sin embargo, debido a las restricciones sobre las postulaciones para eventos en el extranjero, las fechas límites establecidas por el Organismo para sus simposios se han vencido y otras se encuentran muy próximas a vencer.
- En este contexto recurro a usted, con la finalidad de explorar alternativas para garantizar el apoyo del OIEA hacia los funcionarios mexicanos, para que se les sea considerado un lugar y el apoyo económico que generalmente este Organismo otorga para la participación en sus eventos. Todo ello, con la finalidad de que nuestro país continúe con el fortalecimiento de sus capacidades técnicas sobre las aplicaciones nucleares.

Sin más por el momento, agradezco antemano su apoyo y quedo atenta a su respuesta.


Atentamente,

Dra. Velvet Roseberg Fuentes
Directora General de Asuntos Internacionales
Secretaría de Energía
Tel. + 52 (55) 5000 6000 ext. 2663


SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Ver más acerca de Gustavo Angel Rojas Hernandez.



✉ 📁 ↶ ↷ ⬆ ⬇ ⚙

Solicitud de beca al OIEA, EV2002656. - Mensaje (HTML) ? 📄 - 🗑

ARCHIVO MENSAJE ADOBE PDF

✂ ✕

Eliminar

Responder
Responder a todos
Reenviar

Mover a: ?
Al jefe
Correo electrón...

Pasos rápidos

Mover

Marcar como no leído
Categorizar
Seguimiento

Etiquetas

Edición
Zoom



lunes 11/05/2020 12:38 p. m.

Velvet Rosemberg Fuentes <vrosemberg@energia.gob.mx>

Solicitud de beca al OIEA, EV2002656.

Para lghita@tlaloc.imta.mx

CC ZAPATA CAZIER, Magali; L.Toro-Espitia@iaea.org; L.Araguas@iaea.org; R.Asens-Molar@iaea.org; M.D.P.Murillo-Fuentes@iaea.org; Gustavo Angel Rojas Hernandez; Cecilia Lopez Navarro

Dr. Luis González Hita
Contraparte Nacional del Proyecto RLA/7/024
Coordinación de Hidrología
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)

Estimado Dr. González:

Con referencia a su comunicación anterior, tengo a bien comentarle que en efecto, por instrucciones de nuestra Secretaría de Energía, Ing. Rocío Nahle García, desde el pasado 10 de marzo se han suspendido las actividades de postulación por parte de esta Oficina Nacional de Enlace, hasta nuevo aviso. Al respecto, cabe destacar que desde la Secretaría de Energía (SENER) estamos explorando, junto con las autoridades correspondientes del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), posibles alternativas para que los especialistas mexicanos que tienen interés en participar en algún evento del OIEA sean considerados aún si la fecha límite de postulación ha vencido.

En este sentido, le solicito se mantenga atento a nuestras próximas comunicaciones, pues en cuanto tengamos mayores detalles sobre el asunto en comento con gusto los haremos de su conocimiento.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Dra. Velvet Rosemberg Fuentes
Directora General de Asuntos Internacionales
Secretaría de Energía
Tel + 52 (55) 5000 6000 ext. 2311
vrosemberg@energia.gob.mx

SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA



5.1 CURSO NACIONAL INSTITUCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA URBANA



JOB DESCRIPTION IAEA TECHNICAL CO-OPERATION EXPERT MISSION

PROJECT AND TASK NUMBER: RLA7024

PROJECT TITLE: INTEGRACIÓN DE LA HIDROLOGÍA ISOTÓPICA EN LAS EVALUACIONES NACIONALES DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

TASK TITLE: Curso nacional de capacitación sobre hidrogeología urbana

DUTY STATION(S): Ciudad de México, México

EXPERT'S COUNTERPART(S): 3

Name: Mr Luis González Hita, Mr Agustín Breña Naranjo, Mr Adrián Pedrozo Acuña
Institute: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)
Address: Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550 México
Phone: +52 7773293600 Ext. 805
Fax:
E-mail: lghita@tlaloc.imta.mx

DUTY PERIOD:

Preferred start and end dates: 2020-04-20 to 2020-04-24

Alternative start and end dates: 2020-05-11 to 2020-05-15

Total number of working days: 5

DUTIES:

Desarrollar como ponente un curso/taller para 30 técnicos del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) sobre hidrogeología urbana, con énfasis en el manejo de los recursos hídricos subterráneos subyacentes en grandes zonas metropolitanas, para mejorar los conocimientos de disponibilidad, sostenibilidad y vulnerabilidad de los acuíferos sometidos a explotación intensiva.

QUALIFICATIONS:

Experiencia y conocimientos de hidrogeología urbana, geología, geoquímica, hidrología isotópica, manejo de recursos hídricos subterráneos en zonas urbanas, calidad y contaminación de acuíferos en zonas urbanas, diseño de baterías de pozos de extracción de agua subterránea en grandes ciudades y temas afines al manejo y gestión de recursos hídricos subterráneos en zonas urbanas.

REQUIRED LANGUAGE(S):

English Spanish French
 Other:

BACKGROUND PROJECT INFORMATION:

(Project summary plus outline of the progress made, such as equipment delivered, experts missions fielded, etc.)

Se ha mejorado el conocimiento de las condiciones atmosféricas y formación de sistemas precipitantes mediante una red nacional de monitoreo isotópico en aguas meteóricas. Se ha avanzado en el entendimiento de las condiciones hidrogeológicas de la cuenca del río Sonora y cuenca de México, como sistemas prototipos de estudio de acuíferos, intensamente explotados en grandes zonas urbanas. Se cuenta con un equipo consolidado de trabajo conformado por instituciones claves en la gestión de los recursos hídricos. Se cuenta con infraestructura instrumental de toma de muestras de agua en pozos profundos y exploratorios y equipo de medición de parámetros de campo.

Se dispone de un laboratorio de medición de isótopos estables de H y O y contenido de tritio ambiental. Se han identificado vacíos de información en el funcionamiento de acuíferos sobreexplotados y tres áreas prioritarias de estudio: cuenca de México, río Sonora y río Amacuzac. Se han alcanzado avances sustanciales en la integración de la hidrología isotópica en las evaluaciones nacionales de los recursos hídricos para mejorar el conocimiento sobre su disponibilidad, sostenibilidad y vulnerabilidad.

RADIATION OCCUPATIONAL EXPOSURE: No Yes

PROJECT

COUNTERPART: Ms Lucía Ortega, Isotope Hydrology Section, Division of Physical and Chemical Sciences, Department of Nuclear Sciences and Applications, IAEA.

5.2 Capacitación gestión de recursos hídricos, universidad de Barcelona

Integración de la Hidrología Isotópica en las Evaluaciones Nacionales de los Recursos Hídricos

Proyecto: RLA/7/024

Becario: Dustin Silverio Mañón Flores

TC Fellowship: #18018117

Evento: EVT1806268

Institución capacitadora: Universidad de Barcelona, Departamento de Mineralogía.

País: España

Persona de contacto: Dr. Albert Soler (albertsolergil@ub.edu)

Tiempo propuesto de estancia: 8 semanas

Fechas propuestas: 20 de abril-20 de junio 2020

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN

Semana 1

1. Funcionamiento general del espectrómetro de masas Finnigan Delta S y componentes constitutivas mecánicas, eléctricas, electrónicas, plataformas de comunicación y programación de operación.
2. Operación de sistemas de vacío y ultra alto vacío: bombas rotatorias y bombas turbo moleculares.
3. Líneas de vacío: Pre-vacío, alto vacío y ultra alto vacío, transductores Pirani de vacío, monitores de vacío, etc.
4. Unidad de equilibración: instrumentos de control, condiciones óptimas de operación, equilibración de muestras, secado de muestras con LN₂, gases de ultra alta pureza, programación de inyección de muestras equilibradas.

Semana 2

1. Requerimientos eléctricos y ambientales
2. Líneas de gases de ultra alta pureza de CO₂ e H₂
3. Líneas de aire presurizado
4. Evacuación de gases de bombas rotatorias
5. Condiciones y precauciones de seguridad relevantes para la correcta operación del MS.

Semana 3

Familiarización con los componentes principales del MS:

- Sistema múltiple de admisión
- Volúmenes variables
- Sistema de control electrónico de vacío
- Unidad de control electrónico del sistema de vacío
- Módulos de control de bombas turbo moleculares
- Tarjetas de circuitos impresos
- Unidad de alimentación eléctrica
- Unidad de regulación del electroimán
- Indicadores de vacío
- Controles de la fuente de iones
- Manifold del equilibrador

Semana 4

Revisión y manejo del software ISODAT para espectrómetro de masas Finnigan delta "S": Instalación de software actualizado, Systab Editor, ISODAT Database, Servicio de Módulos (control de rendimiento), Utilidades ISODAT, Configuración de editores de cup y gases, Aplicación clásica, tablas de sistema.

Semana 5

Manejo, preparación y conservación de estándares de trabajo
Catalizadores

Calibración de estándares de laboratorio para ^{18}O y D

Ajustes factor H3 y estabilidad del MS

Ajustes de escalas de calibración para CO₂ y HD, intensidad de campo magnético,

Fórmulas utilizadas en la calibración de estándares de laboratorio.

Semana 6

Mantenimiento preventivo general y cambio de partes fungibles del MS:

- Bombas rotatorias
- Bombas turbo moleculares.
- Unidad criogénica con dedo frío
- Unidad de equilibración
- Módulos de control y electrónica
- Líneas de vacío
- Localización de pérdidas de vacío
- Cambio de filamentos
- Capilares
- Fuente de iones

Semana 7

Manejo integral del MS.

Definiciones de operación: estándares, métodos, secuencias, formatos, parámetros de equilibración,

Preparación de muestras de agua para medición del contenido de isótopos estables de H y O.

Medición de la composición de isótopos estables en muestras de agua

Interpretación de errores, corrección y ajustes.

Obtención, revisión y manejo de datos

Presentación de resultados de laboratorio.

Semana 8

Manejo integral del MS (continuación).

Preparación de muestras de agua para medición del contenido de isótopos estables de H y O.

Medición de la composición de isótopos estables en muestras de agua

Obtención, revisión y presentación de resultados de laboratorio

Interpretación de errores, corrección y ajustes.

Obtención, revisión y manejo de datos

Presentación de resultados de laboratorio.

Nota: Los temas propuestos de capacitación no presentan un orden en el cual se deben desarrollar, estarán sujetos a las rutinas de trabajo del laboratorio y a la consideración del capacitador.

RLA7024 - estancia en Barcelona - Mensaje (HTML) ? [icon] - [icon] [icon] X
ARCHIVO MENSAJE ADOBE PDF

Eliminar

Responder

Pasos rápidos

Mover

Etiquetas

Edición

Zoom

lunes 30/09/2019 04:52 a. m.

ORTEGA, Lucia <L.Ortega@iaea.org>

RLA7024 - estancia en Barcelona

Para Luis González Hita

i Respondió a este mensaje el 01/10/2019 12:09 p. m..

Estimado Luis,

He recibido respuesta de la universidad de Barcelona – del catedrático Albert Soler. Me dice:

Respondiendo a tu pregunta, si que podríamos recibir al técnico de México para entrenarse durante 2 meses en procedimientos rutinarios de uso de espectrómetros de masas. Lo único que no podemos asegurar es el grado de involucración que tendrá en el manejo directo de los espectrómetros de masas, ya que ello depende de cómo se valore su aprendizaje y supere las distintas fases para tener acceso con una cierta autonomía, y no obstante dos meses para estas técnicas no son mucho tiempo. No obstante sí que podemos ofrecer que como mínimo tendrá esa formación en compañía de nuestros técnicos con los cuales podría acceder a esa formación. La idea es que pase un cierto tiempo en la parte de preparación de muestras, y en la parte de introducción de las muestras en los IRMS. En principio podría formarse en el manejo de los distintos IRMS (delta C, delta V, delta XP, delta XP plus, delta 252 i delta 253) y en la medida de 34S, 18O en sulfatos, nitratos, aguas salinas y carbonatos, 13C y 18O en carbonatos, 18O y 2H en aguas por equilibrio y per TC-IRMS, 15N y 18O en nitratos por diferentes métodos, 15N y 13C en compuestos orgánico o otras matrices por EA-IRMS, etc.). Si bien en función de cuando se realice la estancia estará más operativo o menos algunos IRMS.

Podríamos proponer extender la estancia a 3 meses, si esto fuera posible para ellos. Dime que te parece su propuesta, por mi parte parece un entrenamiento muy completo y realista. ¿Cuándo estaría disponible Dustin? En TC necesitan 6 meses de adelanto para organizarse administrativamente. Asi que estaría siendo 2020.

Quedo atenta a tus comentarios

Un saludo,

Lucia

Ms Lucía Ortega | Isotope Hydrologist |
 Isotope Hydrology Section| Division of Physical and Chemical Sciences| Department of Nuclear Sciences and Applications |
 International Atomic Energy Agency | Vienna International Centre, Wagramer Strasse 5, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria |
 Email: L.Ortega@iaea.org | T: (+43-1) 2600-21741 |
 Follow us on www.iaea.org

Follow us on www.iaea.org

ATOMS FOR PEACE AND DEVELOPMENT

Please consider the environment before printing this E-mail

i Ver más acerca de ORTEGA, Lucia.



DGAI/0096/20

Dirección General de Asuntos Internacionales

Ciudad de México, a 27 de enero de 2020

Dr. Adrián Pedrozo Acuña
Director
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Presente

Hago referencia a la invitación que hace el Departamento de Cooperación Técnica del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) para que México participe en una beca científica enfocada al área de gestión de recursos hídricos en la Universidad de Barcelona dentro del Departamento de Mineralogía, Pirología y Geología Aplicada, a celebrarse en Barcelona, España, del 20 de abril al 12 de junio de 2020, bajo la supervisión del Sr. Alberto Solís (albertsolergil@ub.edu).

Al respecto, el Organismo extiende esta invitación al Sr. Dustin Silverio Mañón Flores, funcionario del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). En caso de existir interés por participar en la beca de referencia, mucho le agradeceré hacerlo del conocimiento de esta Dirección General antes del **03 de febrero de 2020**, a fin de realizar la acreditación correspondiente.

Aprovecho la ocasión para enviar a usted un cordial saludo.

ATENTAMENTE


Dra. Velvet Rosemberg Fuentes
Directora General de Asuntos Internacionales

C.c.p Mtro. Noel González Segura, Director General de Planeación y Políticas de Cooperación Internacional para el Desarrollo, SRE. Su conocimiento
Ccp: C. Luis Gonzáles Hita, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Su conocimiento.



Your trip	Booking ref: PVBU05 Check My Trip
	Document Issue Date: 24 February 2020

Traveler	Mr Dustin Silverio Manon Flores	Agency	AX Travel Management GmbH IAEA Implant Nonstaff Wagramerstraße 5 1400 Wien
		Telephone	+43 (1) 260 023 070 - also in case of emergency outside of our office hours
		Fax	+43 (1) 260 023 050
		Email	IAEANonStaff@ax-travel.at

Ticket details

E-ticket EK 176-9495073346 for Mr Dustin Silverio Manon Flores

Saturday 18 April 2020

	Emirates EK 256 (Operated by Emirates, EK)		
Departure	18 April 19:40	Mexico City, (Benito Juarez Intl) (+)	Terminal: 1
Arrival	19 April 13:45	Barcelona, (Airport) (+)	Terminal: 1
Duration		11:05 (Non stop)	
Booking status		Confirmed	
Class		Economy (T)	
Baggage allowance		1 Piece(s) for Mr Dustin Silverio Manon Flores	
Equipment		BOEING 777-200LR	
Flight meal		Meal	

Saturday 13 June 2020

	Emirates EK 255 (Operated by Emirates, EK)		
Departure	13 June 10:50	Barcelona, (Airport) (+)	Terminal: 1
Arrival	13 June 16:05	Mexico City, (Benito Juarez Intl) (+)	Terminal: 1
Duration		12:15 (Non stop)	
Booking status		Confirmed	
Class		Economy (T)	
Baggage allowance		1 Piece(s) for Mr Dustin Silverio Manon Flores	
Equipment		BOEING 777-200LR	
Flight meal		Meal	

General Information

Outside AMEX regular service hours (Monday-Friday 08.30-17.30) your call will be automatically transferred to the emergency travel service: +43 1 2600 23040 or +43 1 2600 23070 (additional fees may apply).

In case of cancelation immediately inform AMEX and your travel document Initiator.

Regarding baggage allowance and check-in times please check your trip online at: <https://www.checkmytrip.com>

Ecological information

Calculated average CO2 emission is 1,119.72 kg/person
 Source: ICAO Carbon Emissions Calculator



DGAI/0223/20

Dirección General de Asuntos Internacionales

Ciudad de México, a 5 de marzo de 2020

Dr. Adrián Pedrozo Acuña
Director
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Presente

Hago referencia a la invitación del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) para participar en el evento "Curso Regional de Capacitación sobre el Análisis de Isótopos Estables presentes en el Agua mediante Espectrometría Láser", que se celebrará en Heredia, Costa Rica en dos ocasiones, del 6 al 10 de julio de 2020 (EVT2000123) y del 16 al 20 de noviembre de 2020 (EVT200127), en el marco del proyecto RLA7024, titulado "Integración de la Hidrología Isotópica en las Evaluaciones Nacionales Integrales de los Recursos Hídricos".

La finalidad de estos dos cursos es impartir capacitación a los participantes sobre las operaciones ordinarias y los protocolos analíticos utilizados para analizar los isótopos estables presentes en muestras de agua mediante la espectrometría láser, entre otras cosas, en lo que respecta a la instalación y el mantenimiento, el procesamiento posterior de datos isotópicos y la comunicación de esos datos, las prácticas de GC/CC y el uso de sistemas pertinentes de gestión de laboratorios.

En caso de existir interés por participar en el evento de referencia, mucho agradeceré a usted presentar su candidatura en el formulario de participación que se encuentra en línea, a través de la plataforma intouch plus (<https://intouchplus.iaea.org>), antes del **24 de marzo de 2020**. En caso de presentar dificultades en la plataforma, favor de hacer llegar a esta Dirección General el formato para reuniones que se encuentra en la página del Organismo.

Aprovecho la ocasión para enviar a usted un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Dra. Verónica Reséndiz Fuentes
Directora General de Asuntos Internacionales

Ccp. Sr. Luis González-Hita. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Su conocimiento.

Solicitud de beca al OIEA, EV2002656 - Mensaje (HTML)

ARCHIVO MENSAJE ADOBE PDF

Eliminar Responder Responder a todos Reenviar

Mover a: ? Al jefe Correo electrón...

Mover

Marcar como no leído Categorizar Seguimiento

Edición Zoom




viernes 08/05/2020 01:11 p. m.

Luis González Hita <lghita@tlaloc.imta.mx>

Solicitud de beca al OIEA, EV2002656

Para 'Velvet Rosenberg Fuentes'

CC 'Monica Ruth Arellano Torres'; 'Gustavo Rojas Hernández'; 'ZAPATA CAZIER, Magali'; 'TORO ESPITIA, Luis'; Luis Jesus Araguas Araguas; R.Asens-Molar@iaea.org; Luis Gonzalez Hita

 Mensaje enviado con importancia Alta.

Estimada Dra. Velvet Rosenberg Fuentes

Me es grato saludarle e informarle que se ha subido a la plataforma Intouch Plus del OIEA, la candidatura de Ms Blanca de Jesús Carteño Martínez (#20036590) para participar en el Curso Hispanoamericano de Hidrología Subterránea, organizado por la Sección de Hidrología y del Clima del Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República del Uruguay, bajo el proyecto de Cooperación Técnica RLA7024 "Integrating Isotope Hydrology in National Comprehensive Water Resources Assessments". El Curso tendrá lugar en Montevideo, Uruguay, del 28 de septiembre al 5 de diciembre del 2020.

Debido a las circunstancias y limitaciones actuales, por la pandemia del Covid19, la comunicación y acceso a los conductos oficiales para el envío formal de la presente candidatura, son muy desfavorables para cumplir en tiempo y forma con los requisitos del evento. Por lo anterior, le agradeceré se informe al OIEA la situación prevaleciente, esperando se considere la candidatura, para posteriormente presentar los documentos oficiales a que haya lugar.

En el proyecto de referencia, México figura como país líder. La capacitación solicitada está programada en las actividades del citado proyecto.

Agradezco de antemano su atención y comprensión.

Mr. Luis González Hita
Contraparte Nacional de RLA/7/024
Coordinación de Hidrología
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Tel.: +52 7773293600 Ext. 805
Email: lghita@tlaloc.imta.mx
www.gob.mx/imta



5.3 Taller de aplicación de gases nobles en la datación de aguas subterráneas



JOB DESCRIPTION IAEA TECHNICAL CO-OPERATION EXPERT MISSION

PROJECT AND TASK NUMBER: RLA7024

PROJECT TITLE: INTEGRACIÓN DE LA HIDROLOGÍA ISOTÓPICA EN LAS EVALUACIONES NACIONALES DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

TASK TITLE: Capacitación sobre muestreo de gases nobles y su aplicación en la datación de aguas subterráneas

DUTY STATION(S): Ciudad de México y Ciudad de Cuernavaca, Morelos, México

EXPERT'S COUNTERPART(S): 5

Name: Luis González Hita, Oscar Escolero Fuentes, Eric Morales Casique, Juan Perez Quezadas
Institute: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Address: Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550 México
Phone: +52 7773293600 Ext. 805
Fax:
E-mail: lghita@tlaloc.imta.mx

DUTY PERIOD:

Preferred start and end dates: 2020-06-08 to 2020-06-12

Alternative start and end dates: 2020-05-25 to 2020-05-29

Total number of working days: 5

DUTIES:

Desarrollar como ponente un taller para 10 participantes, sobre aplicación de gases nobles en la datación de aguas subterráneas, dar ejemplos de casos de estudio utilizando multitracedores en combinación con gases nobles para en la datación de aguas subterráneas, realizar una visita de campo con demostraciones de toma de muestras de agua para análisis de gases nobles, revisar propuestas de redes de toma de muestras para análisis de gases nobles de acuíferos en estudio (Cuenca de México, Río Sonora y Río Amacuzac) y proponer mejoras para validar su representatividad.

QUALIFICATIONS:

Experiencia en el uso de gases nobles y técnicas de multitraceado para datación de aguas subterráneas, experiencia en la toma de muestras de agua para medición de gases nobles en pozos profundos y pozos exploratorios, conocimientos en la incorporación de los tiempos de residencia de flujos subterráneos en el modelo conceptual hidrogeológico de acuíferos, conocimientos de geoquímica e hidrogeología.

REQUIRED LANGUAGE(S):

English Spanish French
 Other:

BACKGROUND PROJECT INFORMATION:

(Project summary plus outline of the progress made, such as equipment delivered, experts missions fielded, etc.)

Se ha mejorado el conocimiento de las condiciones atmosféricas y formación de sistemas precipitantes mediante una red nacional de monitoreo isotópico en aguas meteóricas. Se ha avanzado en el entendimiento de las condiciones hidrogeológicas de la cuenca del río Sonora y cuenca de México, como sistemas prototipos de estudio de acuíferos, intensamente explotados en grandes zonas urbanas. Se cuenta con un equipo consolidado de trabajo conformado por instituciones claves en la gestión de los recursos hídricos. Se cuenta con infraestructura instrumental

de toma de muestras de agua en pozos profundos y exploratorios y equipo de medición de parámetros de campo. Se dispone de un laboratorio de medición de isótopos estables de H y O y contenido de tritio ambiental. Se han identificado vacíos de información en el funcionamiento de acuíferos sobreexplotados y tres áreas prioritarias de estudio: cuenca de México, río Sonora y río Amacuzac. Se han alcanzado avances sustanciales en la integración de la hidrología isotópica en las evaluaciones nacionales de los recursos hídricos para mejorar el conocimiento sobre su disponibilidad, sostenibilidad y vulnerabilidad.

RADIATION OCCUPATIONAL EXPOSURE: No Yes

PROJECT

COUNTERPART: Ms Lucía Ortega, Isotope Hydrology Section, Division of Physical and Chemical Sciences, Department of Nuclear Sciences and Applications, IAEA.

6. BASES DE DATOS DE LA COMPOSICIÓN DE ISÓTOPOS ESTABLES Y CONTENIDO DE TRITIO AMBIENTAL DE LA RENIP.

6.1. Revisión, diagnóstico de automatización, ajuste y mantenimiento de dos analizadores láser de isótopos estables de H y O aplicados a la medición de muestras de agua natural

Consiste en establecer las condiciones de operación rutinaria con alta estabilidad y reproducibilidad de las mediciones de los analizadores láser y realizar las determinaciones de $\delta^2\text{H}$ y $\delta^{18}\text{O}$ de muestras de agua natural mediante los protocolos de post-procesamiento de datos establecidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

6.1.1. Descripción y resultados de las pruebas de operación, automatización, ajuste y mantenimiento de dos analizadores láser de isótopos estables de H y O en muestras de agua natural.

El laboratorio de Hidrología Isotópica del IMTA, cuenta con dos analizadores láser para el análisis de isótopos estables de H y O en muestras de agua natural. **Figura 1.**



Figura 1 Analizadores láser. Laboratorio de Hidrología Isotópica del IMTA

La operación general de los analizadores láser (*Laser Absorption Spectroscopy*, LAS por sus siglas en inglés) de isótopos estables de agua natural, consiste en la toma de una muestra de agua líquida que se inyecta en un sistema de vacío/calefacción, donde la muestra es evaporada y transferida para su medición a una cámara óptica. **Figura 2** y **Figura 3**.

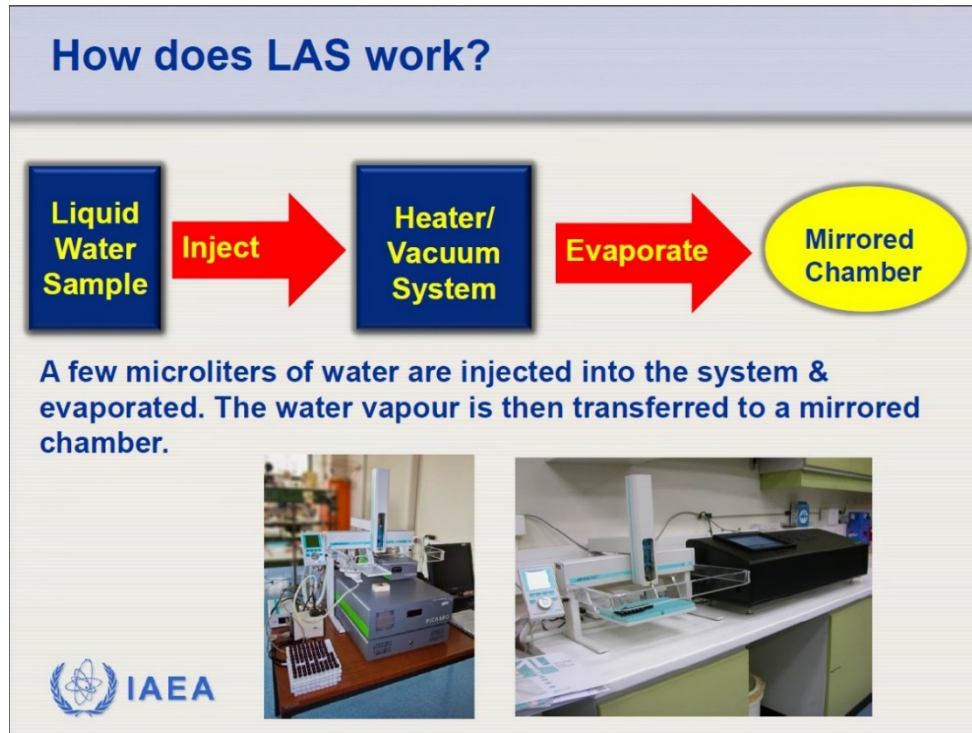


Figura 2 Funcionamiento de los analizadores láser de isótopos estables de H y O en muestras de agua natural

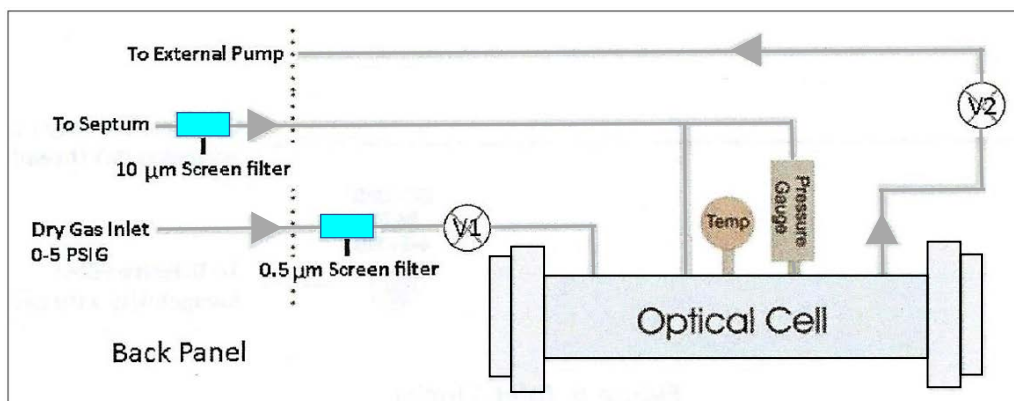


Figura 3 Diagrama de transferencia de vapor de agua en el analizador láser LGR

6.1.1.1. Analizador láser de isótopos de agua líquida Picarro L2110-i

El espectrómetro láser Picarro de absorción tipo CRDS (*Cavity Ring-Down Spectrometer*) es utilizado para los análisis de $\delta^2\text{H}$ y $\delta^{18}\text{O}$ en muestras de agua líquida para estudios hidrológicos y ambientales. (**Figura 4**).



Figura 4 Analizador láser de isótopos de agua Picarro L2110-i

De la **Figura 5** a la **Figura 8** siguientes, se presenta el inicio del analizador láser Picarro. Este proceso tarda aproximadamente una hora en establecer las condiciones óptimas de funcionamiento, tanto de presión como de la temperatura en la cámara de medición y del sistema electrónico.

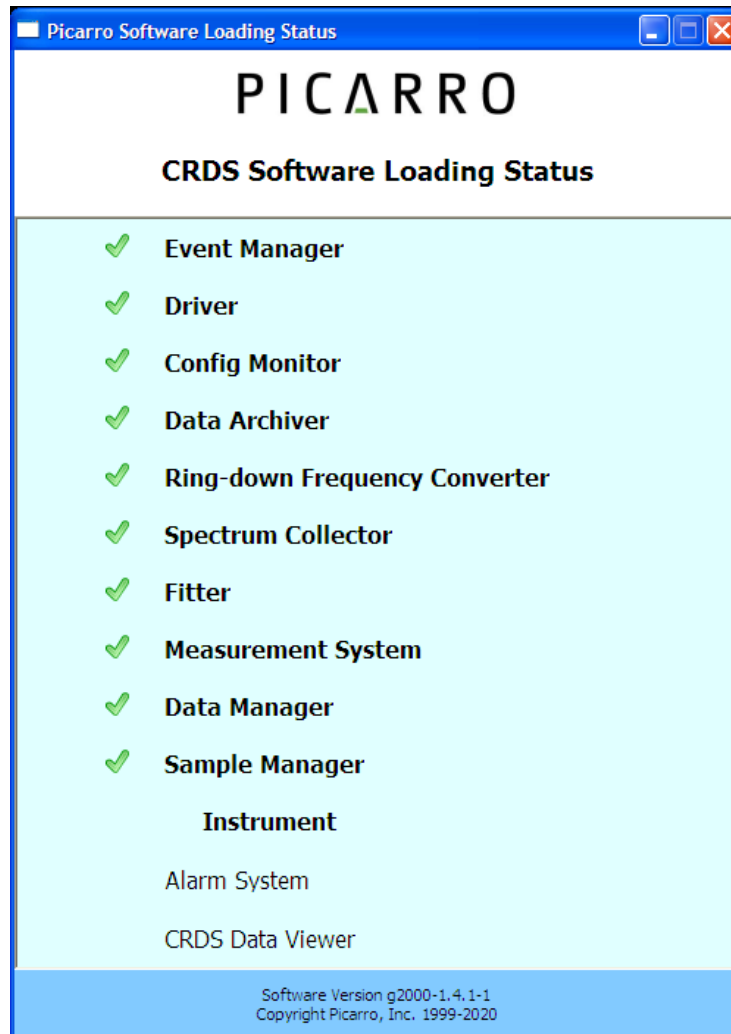


Figura 5 Inicio del programa del analizador láser

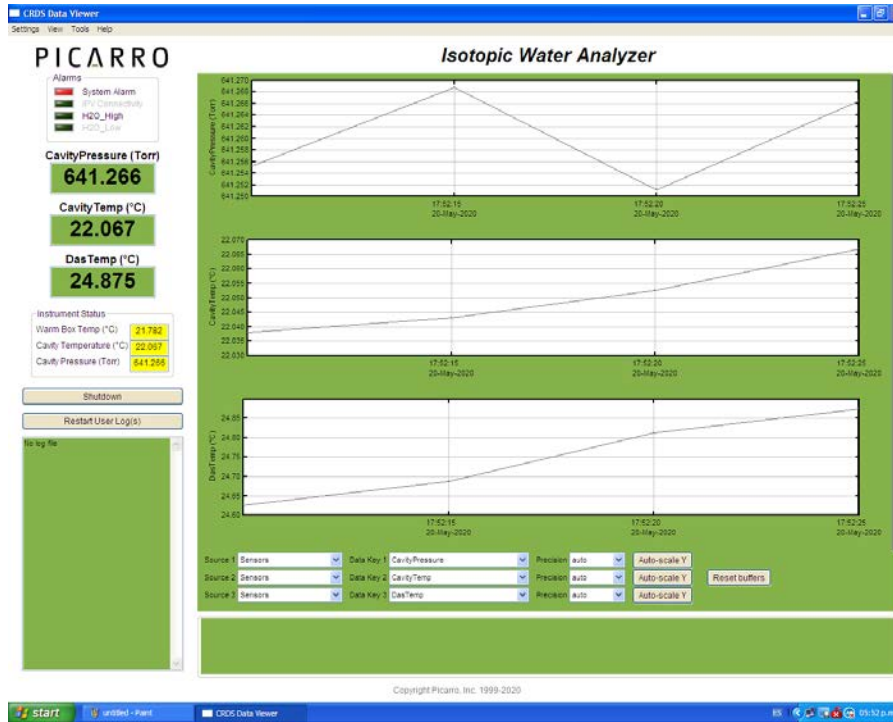


Figura 6 Pantalla principal del analizador láser

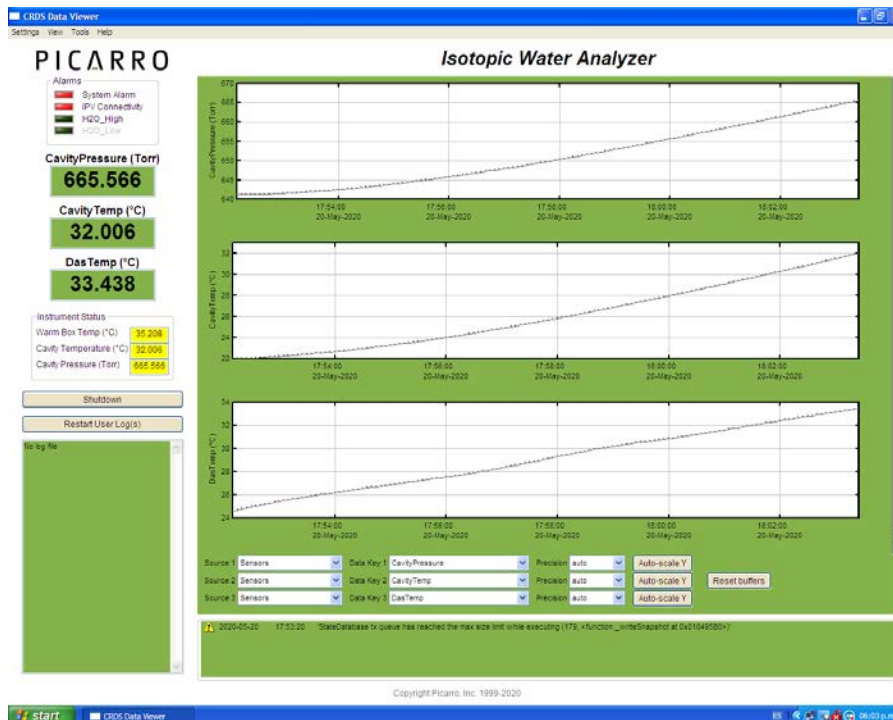


Figura 7 Sistema estabilizando las condiciones de temperatura y presión

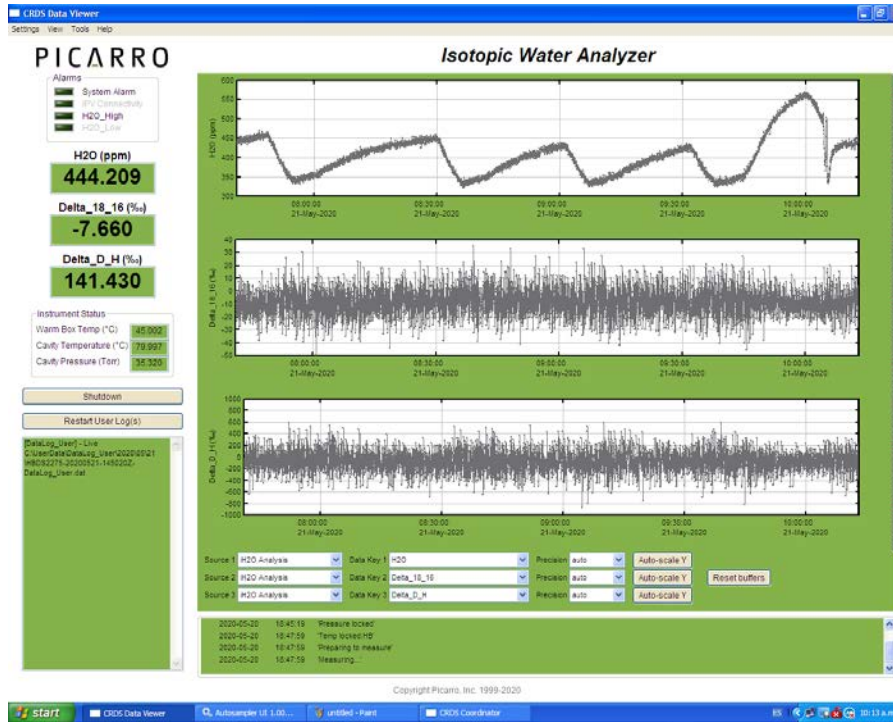


Figura 8 Pantalla principal con las condiciones óptimas de operación

Una vez que el equipo se ha estabilizado, se puede iniciar la medición de muestras de agua líquida, por lo que se procede al suministro de nitrógeno de ultra alta pureza a una presión de $2.5 \text{ psi} \pm 0.5$. En la **Figura 9** a la **Figura 12**, se muestra el arranque del coordinador del analizador láser y del muestreador automático.

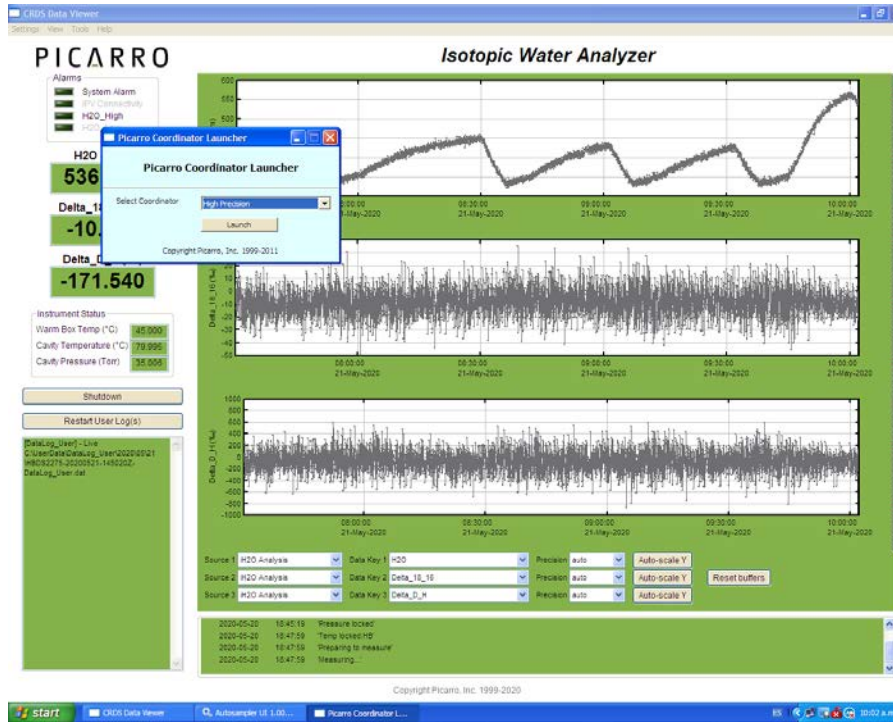


Figura 9 Ejecución del coordinador del analizador láser

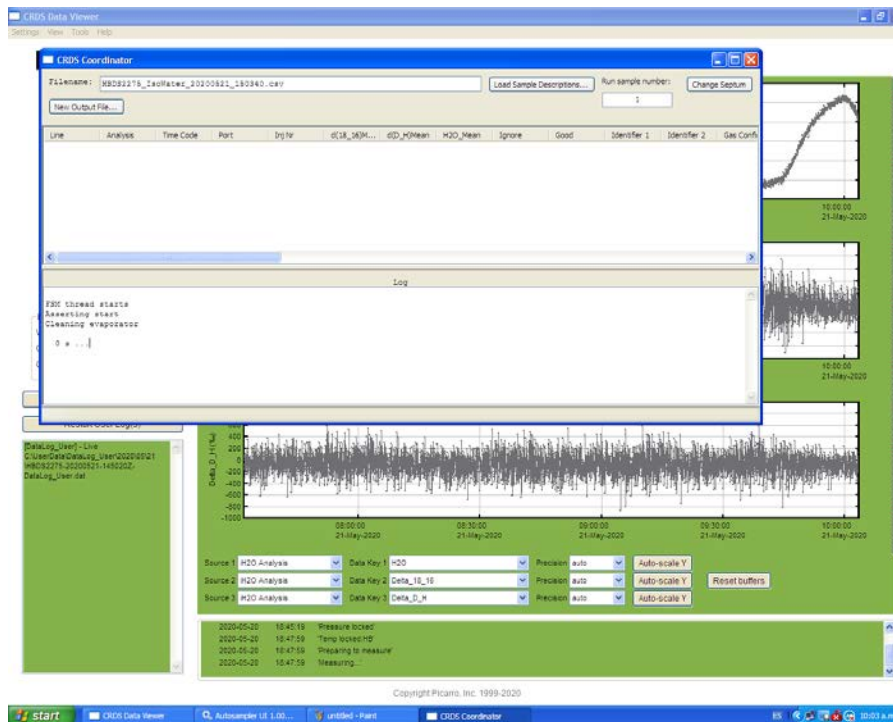


Figura 10 Limpieza del evaporador de muestras de agua

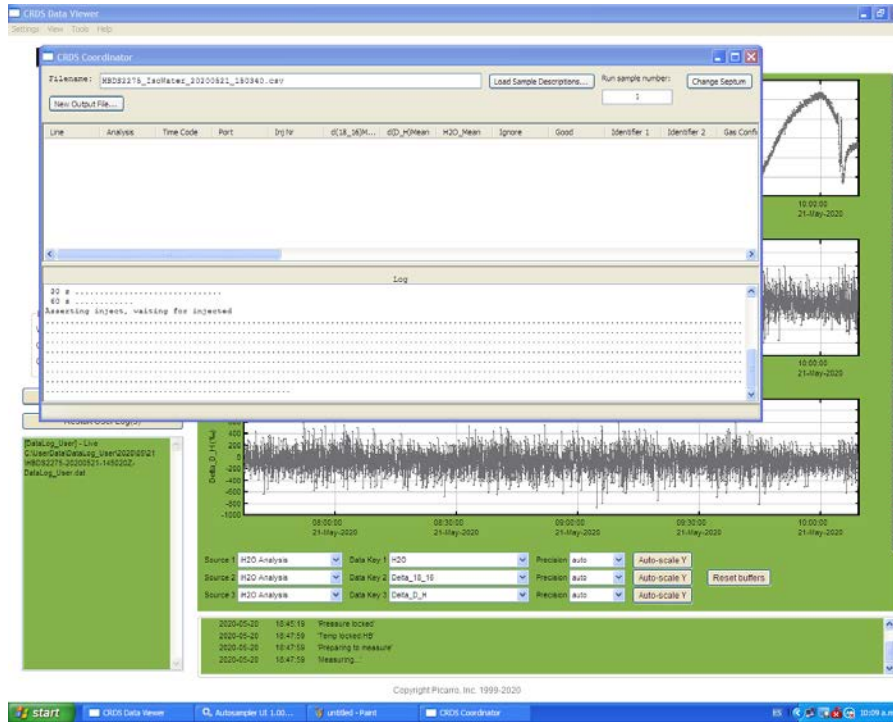


Figura 11 Sistema listo para la medición de inyecciones de agua

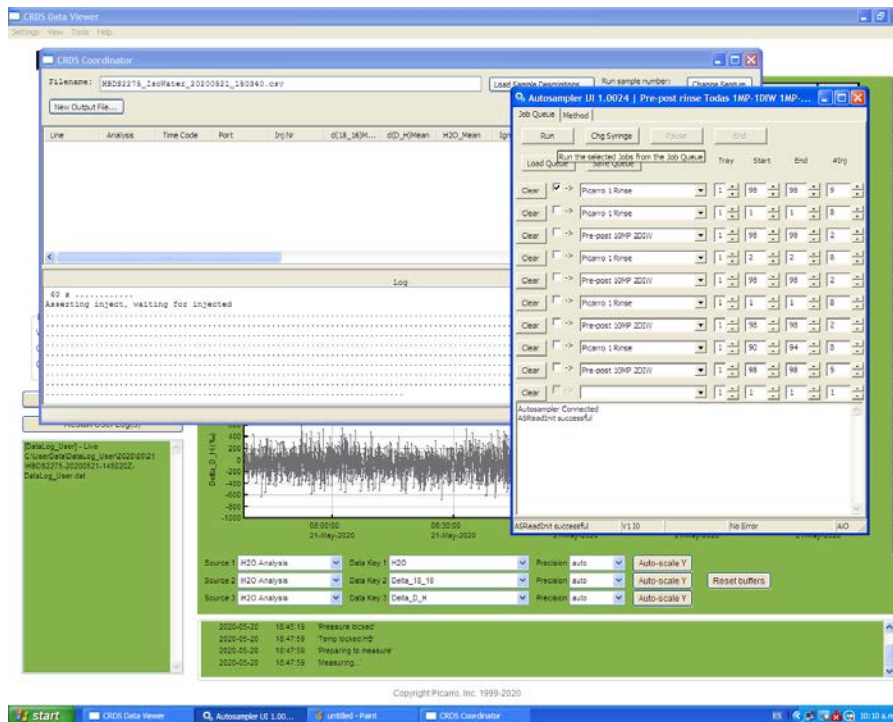


Figura 12 Conexión con el muestreador automático

En el muestreador automático se carga o genera una nueva corrida con su método de análisis correspondiente, en el cual se indican 9 inyecciones por vial (**Figura 12**) y se ignoran las primeras cuatro, posteriormente se inicia el análisis de muestras. **Figura 13**.

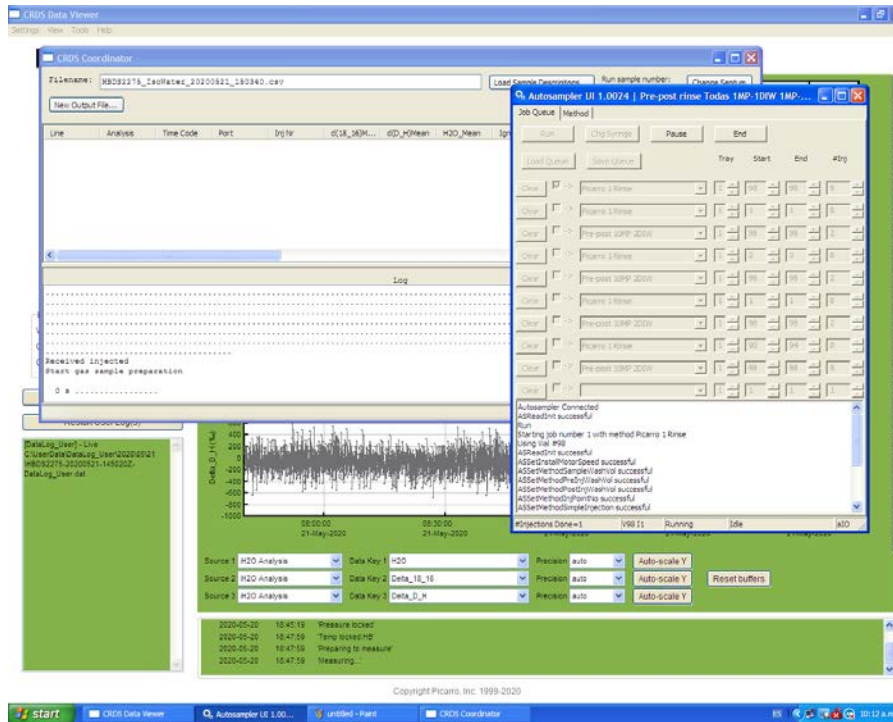


Figura 13 Inicio de corrida con nueve inyecciones por vial

De la **Figura 14** a la **Figura 17** siguientes, se pueden observar los picos en color rojo de cada una de las inyecciones analizadas. Las líneas rectas en color rojo (**Figura 15**) de las deltas de ^2H y ^{18}O , indican que las inyecciones son correctas.

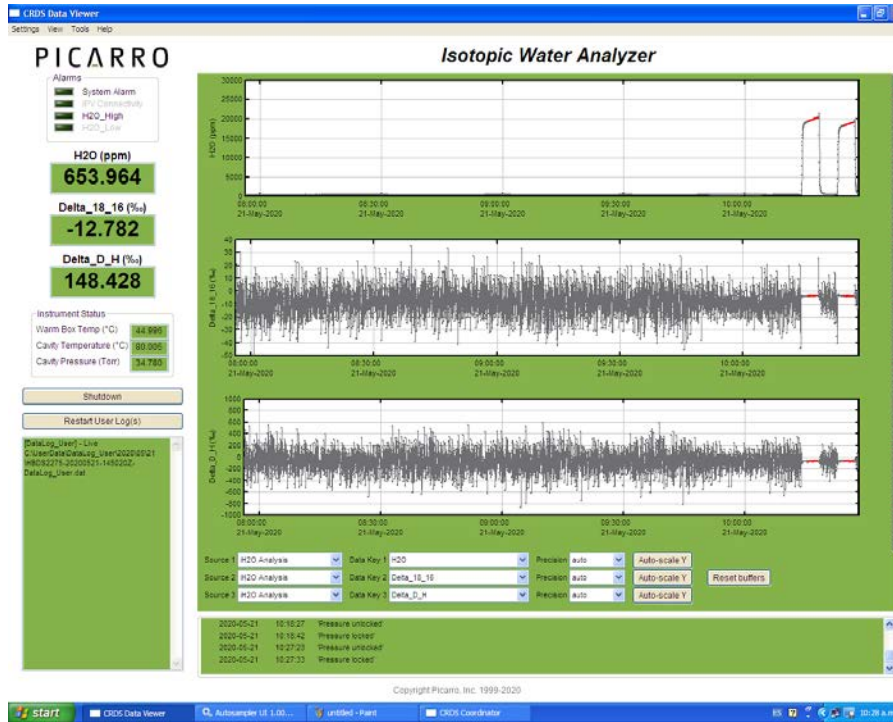


Figura 14 Picos de inyecciones correctas

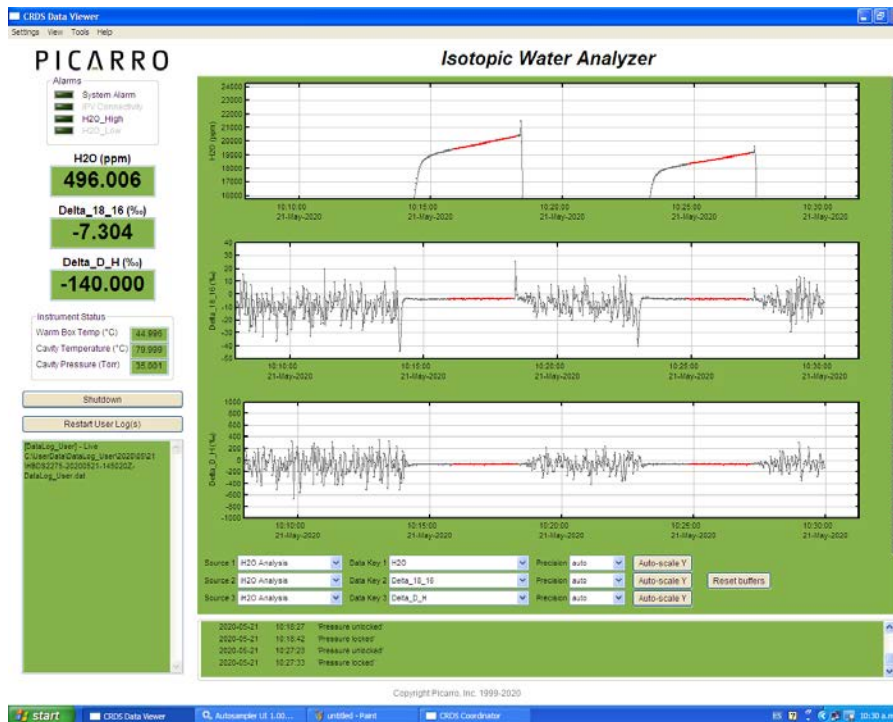


Figura 15 Líneas rectas en color rojo de las deltas de deuterio y oxígeno 18

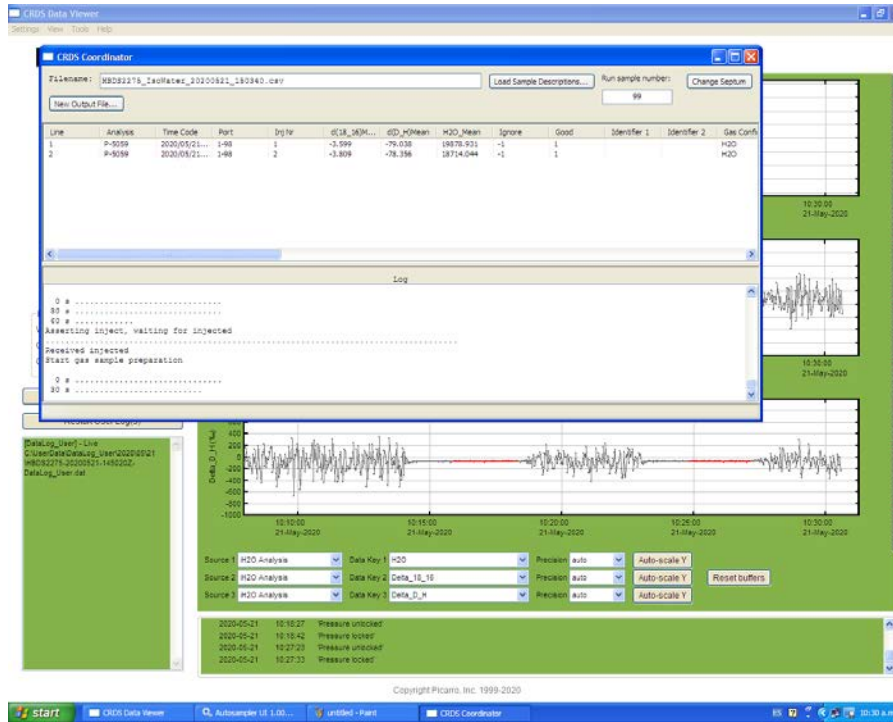


Figura 16 Reporte del sistema las inyecciones de agua analizadas

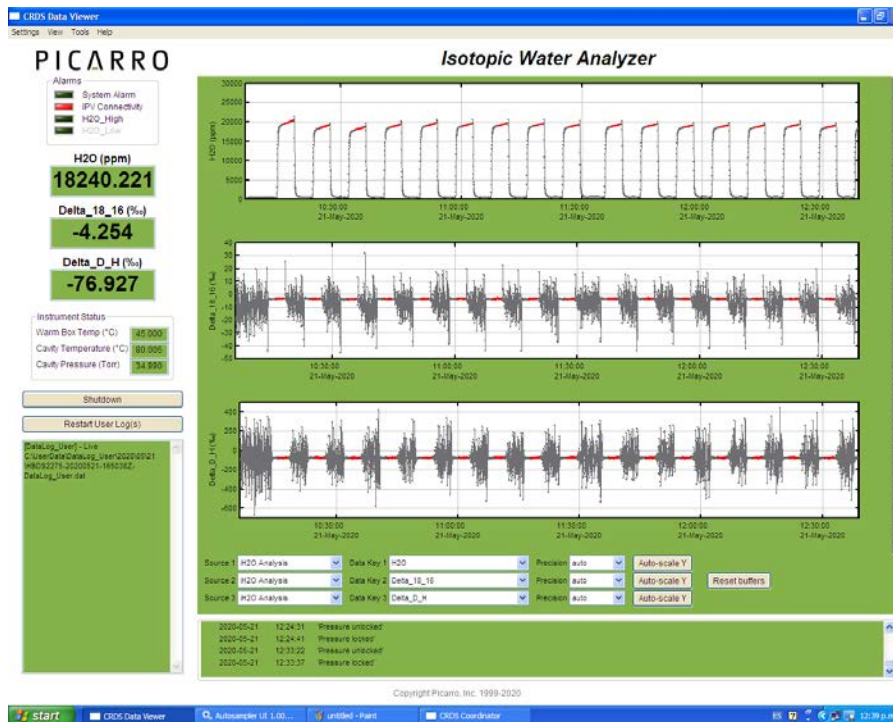


Figura 17 El sistema presenta una estabilidad en el suministro de inyecciones de agua

A continuación, en la **Figura 18** se muestra el suministro de una inyección de agua y su preparación en muestra de vapor.

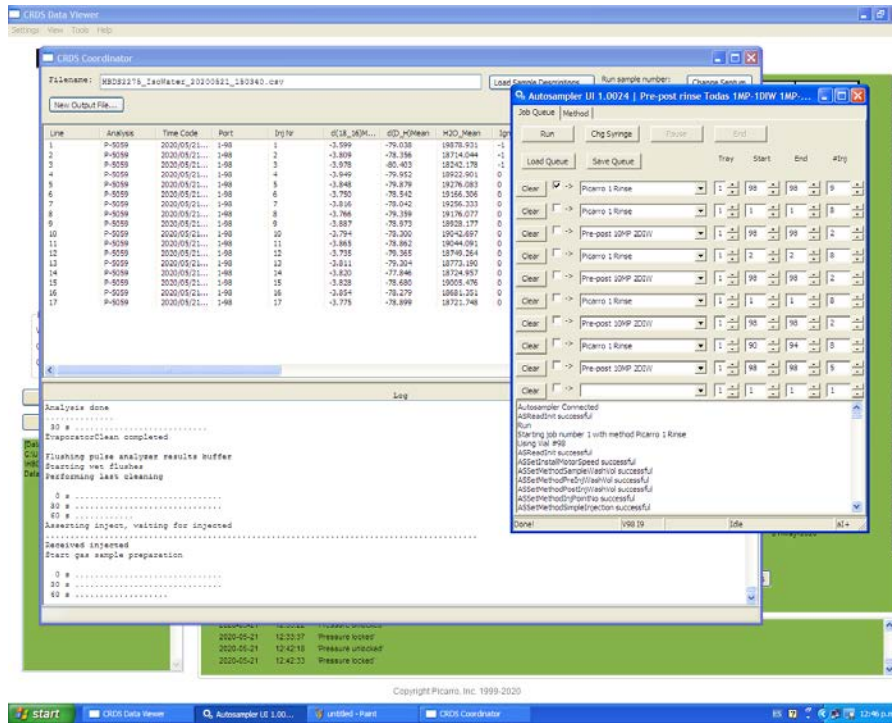


Figura 18 Recepción de inyección de agua y preparación en muestra de vapor

En la **Figura 19** se puede observar el procesamiento de envío de la muestra de vapor a la cámara de medición y en la **Figura 20** se presenta la conclusión de la corrida de un vial con muestra de agua desmineralizada con un análisis de nueve inyecciones.

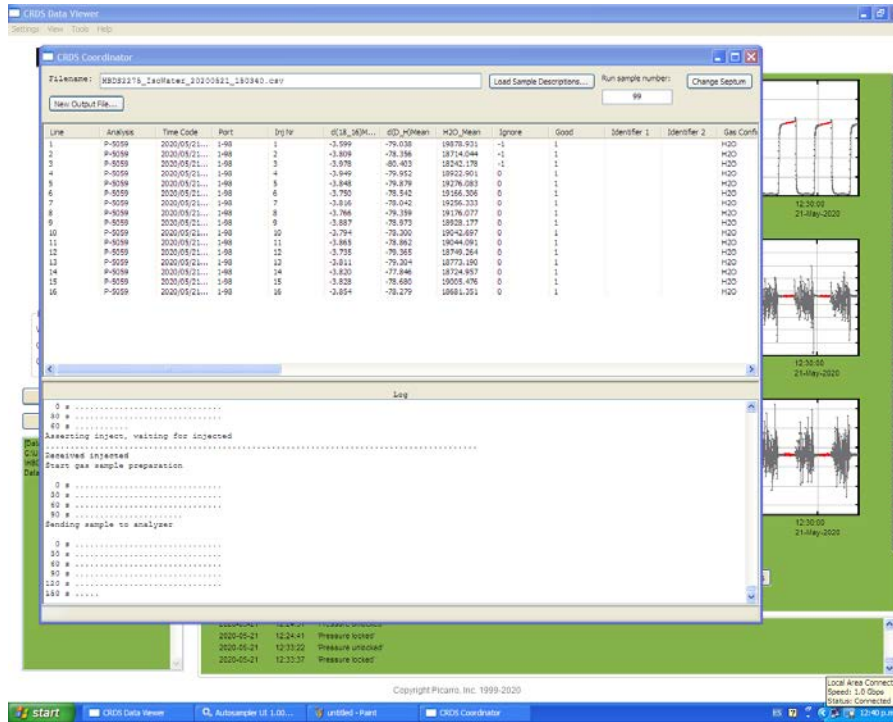


Figura 19 Proceso de envío de la muestra evaporada a la cámara de medición

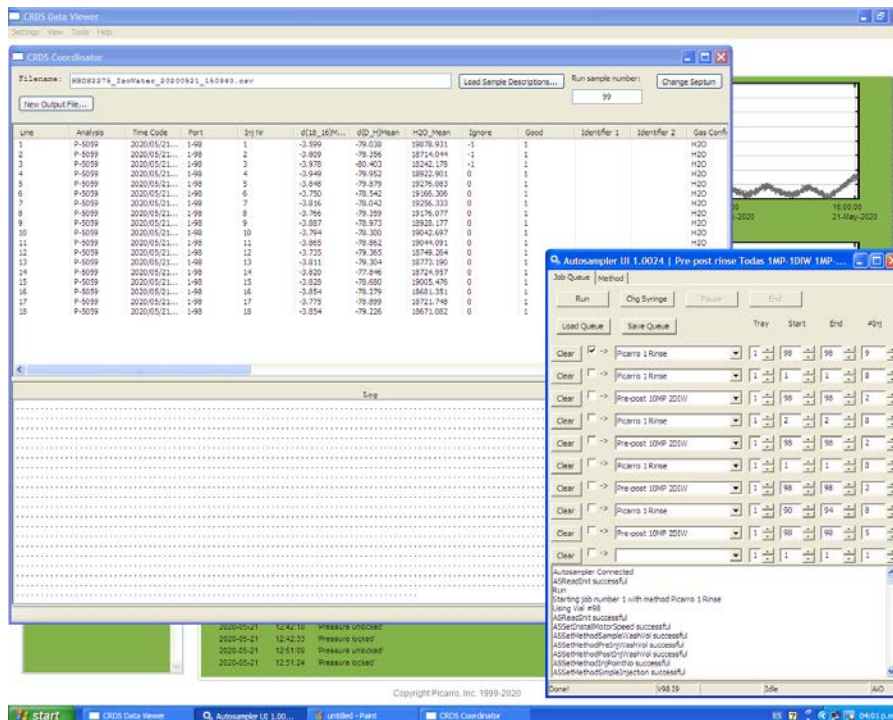


Figura 20 Finalización de una corrida para un vial con nuevas inyecciones

Cuando el sistema se encuentra sin realizar mediciones por un tiempo prolongado, se percibe por la ausencia de picos con líneas en color rojo. **Figura 21.**

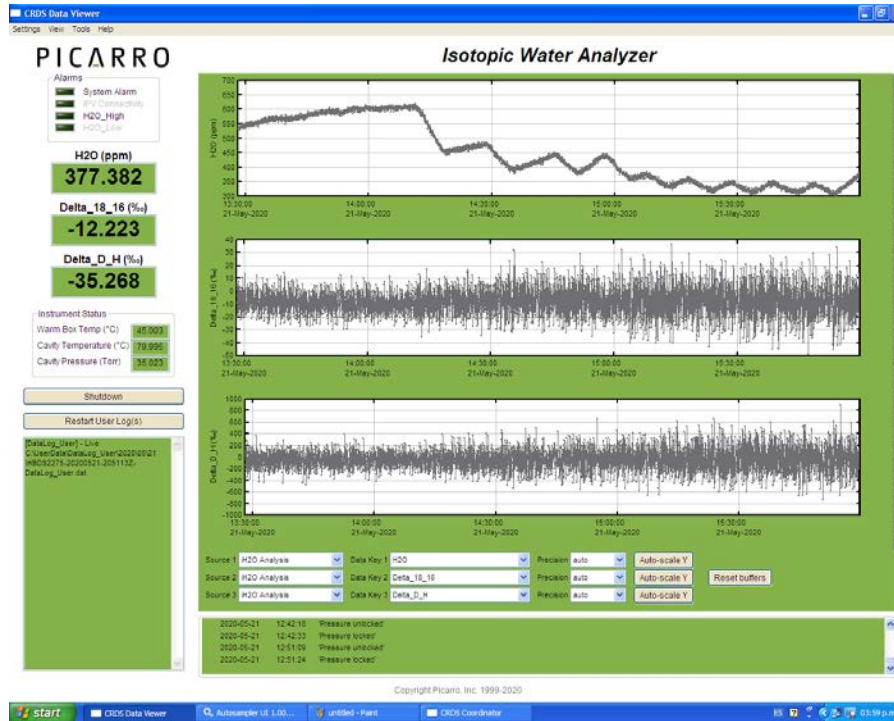


Figura 21 Sistema sin realización de mediciones

Si el analizador láser no se va a ocupar por más de un día, se debe apagar como si se fuera a almacenar o a transportar. El equipo se encargará de suministrar una presión de más de 600 Torr de nitrógeno a la cámara de mediciones para protegerla de cualquier contaminación o daño. **Figura 22.**

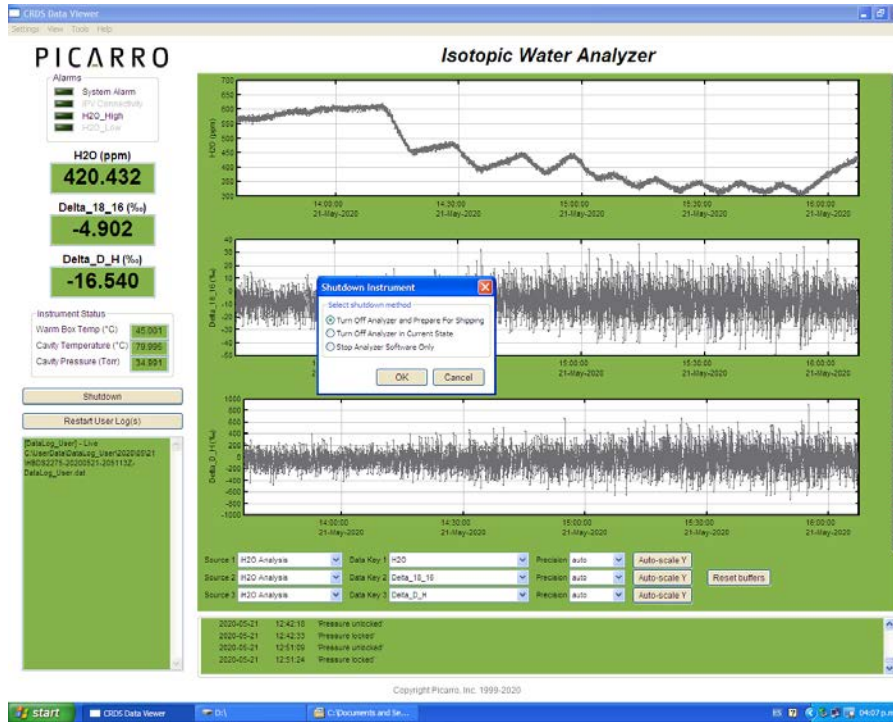


Figura 22 Apagado del sistema en modo almacenamiento o transporte

6.1.1.2. Analizador láser de isótopos de agua líquida Los Gatos Research LWIA-45EP

El espectrómetro láser Los Gatos Research de tipo “Fuga en cavidad integrada asimétrica”, OA-ICOS (*Off-Axis Integrated Cavity Output* por sus siglas en inglés), es utilizado para los análisis de $\delta^2\text{H}$ y $\delta^{18}\text{O}$ en muestras de agua líquida para estudios hidrológicos y ambientales. **Figura 23.**

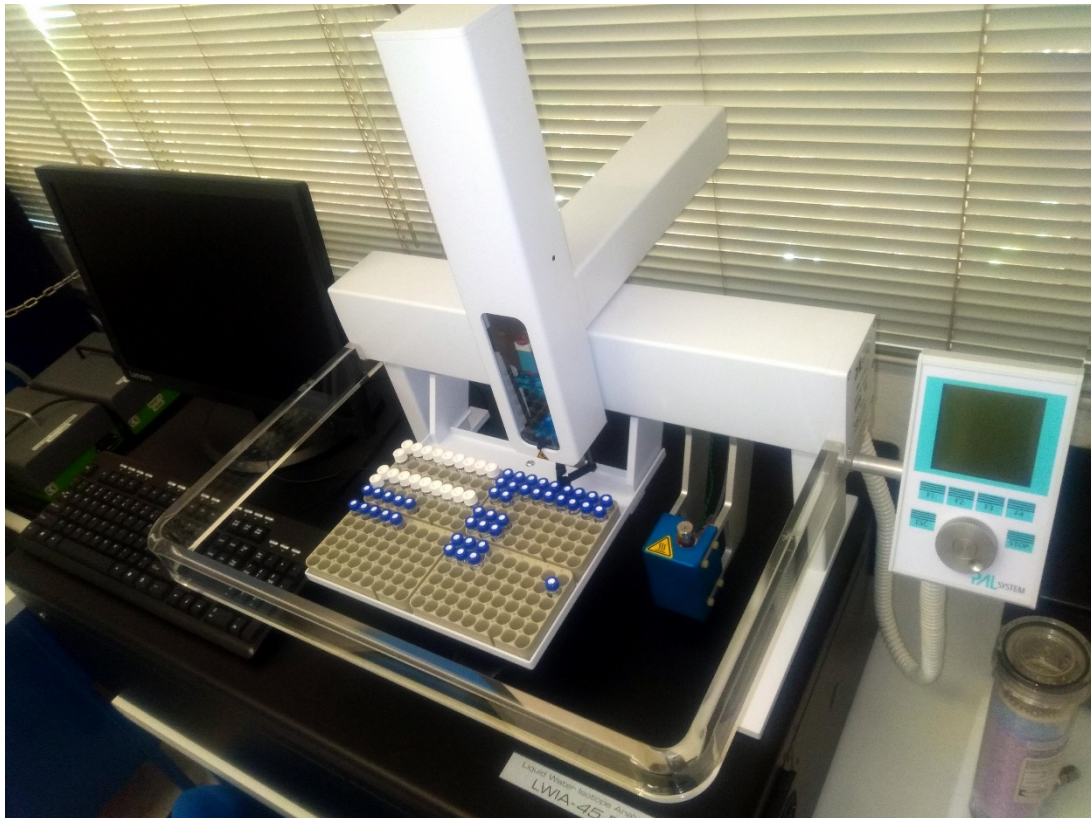


Figura 23 Analizador láser de isótopos de agua Los Gatos Research LWIA-45EP

Antes de presionar el switch de energía en la posición “ON” del analizador láser, se debe retirar la tuerca swagelock de la unidad de secado, iniciar la bomba externa, así como el muestreador automático. El sistema se iniciará y desplegará una pantalla mostrando la carga de programas y el inicio automático. **Figura 24.**

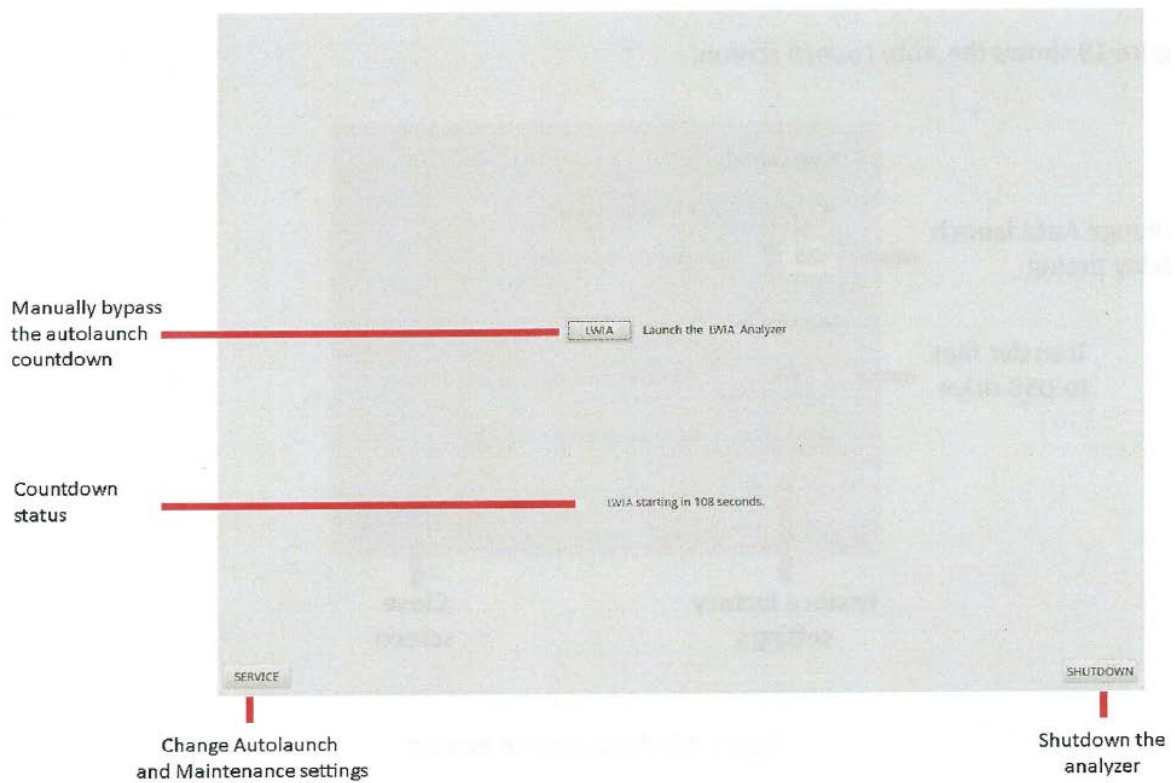


Figura 24 Pantalla de inicio automático

Después del inicio de todos los programas, aparece la pantalla principal. Esta pantalla contiene la barra de control de la interfase del usuario y la pantalla de configuración. **Figura 25.**

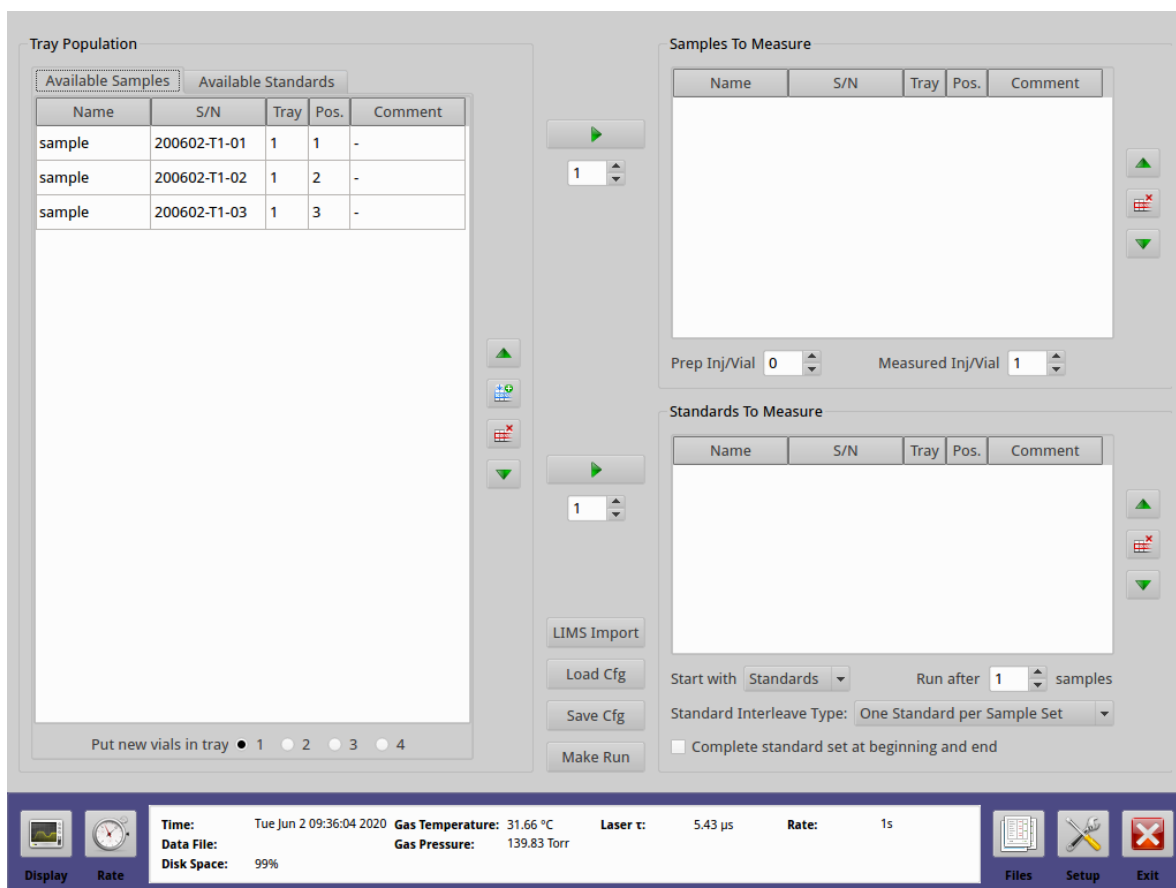


Figura 25 Pantalla principal de interfase del usuario

El equipo requiere un tiempo mínimo de 4 horas para iniciar cualquier medición, tiempo en el cual se estabiliza la temperatura interna del equipo en aproximadamente 45°C. **Figura 25** y **Figura 26**.

Tray Population

Available Samples		Available Standards		
Name	S/N	Tray	Pos.	Comment
sample	200602-T1-01	1	1	-
sample	200602-T1-02	1	2	-
sample	200602-T1-03	1	3	-

Samples To Measure

Name	S/N	Tray	Pos.	Comment
------	-----	------	------	---------

Prep Inj/Vial: 0 Measured Inj/Vial: 1

Standards To Measure

Name	S/N	Tray	Pos.	Comment
------	-----	------	------	---------

Start with: Standards Run after: 1 samples

Standard Interleave Type: One Standard per Sample Set

Complete standard set at beginning and end

Buttons: LIMS Import, Load Cfg, Save Cfg, Make Run

Put new vials in tray: 1 ● 2 ○ 3 ○ 4 ○

Status Bar:
 Time: Tue Jun 2 18:15:23 2020 Gas Temperature: 44.58 °C Laser τ : 6.59 μ s Rate: 1s
 Data File: Gas Pressure: 0.00 Torr
 Disk Space: 99%

Figura 26 Temperatura interna estable para el inicio de mediciones

De ser necesario, se debe ajustar la longitud de onda del láser, en caso de que se haya desplazado el rango límite del analizador o que el analizador se hubiera operado fuera del rango de temperatura recomendado. **Figura 27** y **Figura 28**.

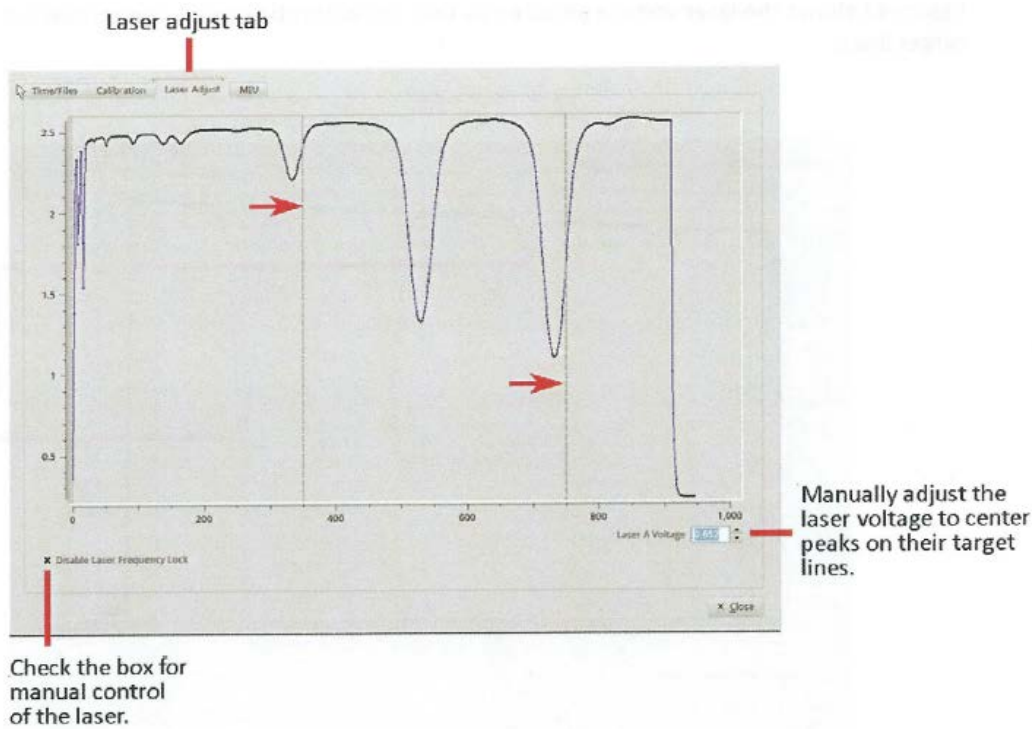


Figura 27 Láser fuera del rango límite del analizador

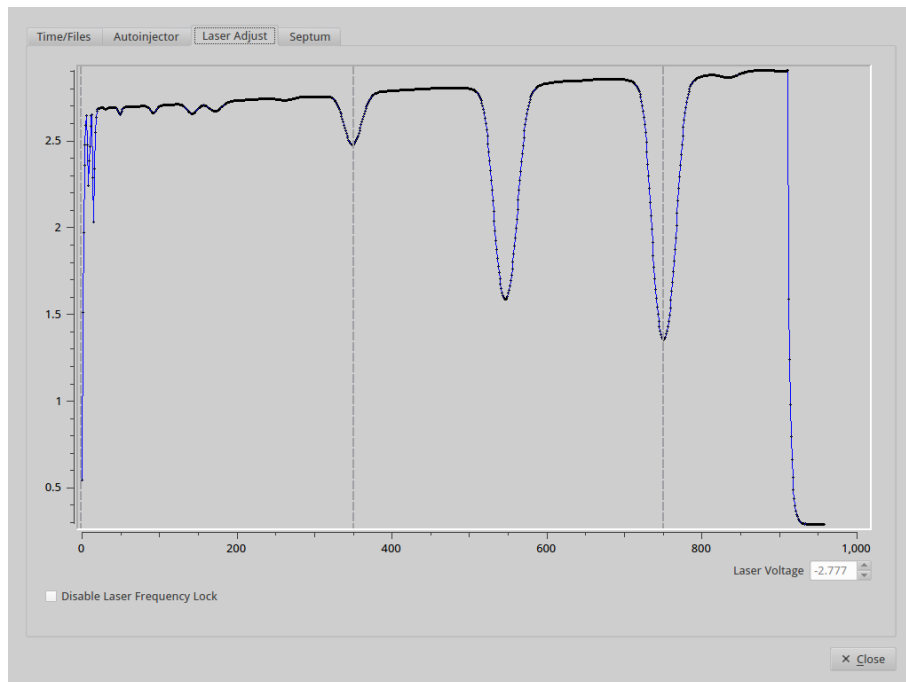


Figura 28 Ajuste del láser

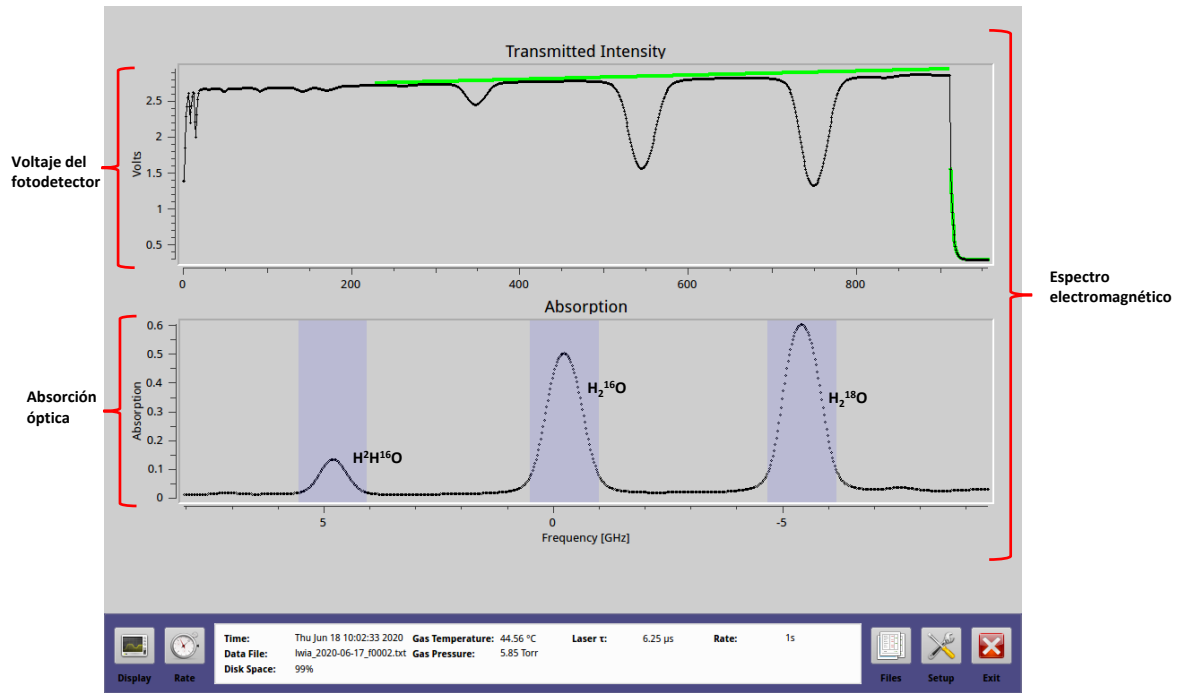


Figura 29 Espectro electromagnético

Una vez que el equipo se ha estabilizado, se inicia una corrida para verificar su óptimo desempeño. Se agregan viales con 1.5 ml de agua desmineralizada en la bandeja del muestreador automático, se importa un archivo con formato LIMS, en el cual se indican nueve inyecciones por vial y se ignoran las primeras cuatro.

A continuación, de la **Figura 30** a la **Figura 35** se presenta el proceso de medición de una inyección de muestra de agua.

Name	S/N	Tray	Pos	Comment	Flag	H2O_N/cm3	Raw delta D	Raw delta 18O	
27	W-45 // 208/8...	L-1088	3	1	-	norm	4.12119e+16	-67.3084	-14.852
28	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-	prep	-	-	-
29	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-	prep	-	-	-
30	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-	prep	-	-	-
31	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-	prep	-	-	-
32	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-	norm	4.1421e+16	-65.5794	-14.6493
33	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-	norm	4.10027e+16	-65.8795	-14.4877
34	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-				
35	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-				
36	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-				
37	W-1292 // 208...	L-1090	1	1	-				
38	W-1292 // 208...	L-1090	1	1	-				
39	W-1292 // 208...	L-1090	1	1	-				
40	W-1292 // 208...	L-1090	1	1	-				
41	W-1292 // 208...	L-1090	1	1	-				
42	W-1292 // 208...	L-1090	1	1	-				

One Injection Progress: Flushing Cavity

Total Run Progress: Processing Injection 34 of 171

Start Next Pause Stop

Time: Tue Jul 30 11:22:23 2019 Gas Temperature: 44.61 °C Laser t: 6.59 µs Rate: 1s
 Data File: lwa_2019-07-30_f0003.txt Gas Pressure: 12.43 Torr
 Disk Space: 99%

Display Rate Files Setup Exit

Figura 30 Lavado de la cámara óptica

Name	S/N	Tray	Pos	Comment	Flag	H2O_N/cm3	Raw delta D	Raw delta 18O	
27	W-45 // 208/8...	L-1088	3	1	-	norm	4.12119e+16	-67.3084	-14.852
28	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-	prep	-	-	-
29	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-	prep	-	-	-
30	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-	prep	-	-	-
31	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-	prep	-	-	-
32	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-	norm	4.1421e+16	-65.5794	-14.6493
33	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-	norm	4.10027e+16	-65.8795	-14.4877
34	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-	norm	4.104e+16	-67.2934	-14.8665
35	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-				
36	W-45 // 208/8...	L-1089	3	2	-				
37	W-1292 // 208...	L-1090	1	1	-				
38	W-1292 // 208...	L-1090	1	1	-				
39	W-1292 // 208...	L-1090	1	1	-				
40	W-1292 // 208...	L-1090	1	1	-				
41	W-1292 // 208...	L-1090	1	1	-				
42	W-1292 // 208...	L-1090	1	1	-				

One Injection Progress: Venting Cavity

Total Run Progress: Processing Injection 35 of 171

Start Next Pause Stop

Time: Tue Jul 30 11:24:15 2019 Gas Temperature: 44.61 °C Laser t: 6.59 µs Rate: 1s
 Data File: lwa_2019-07-30_f0003.txt Gas Pressure: 14.21 Torr
 Disk Space: 99%

Display Rate Files Setup Exit

Figura 31 Ventilación de la cámara óptica

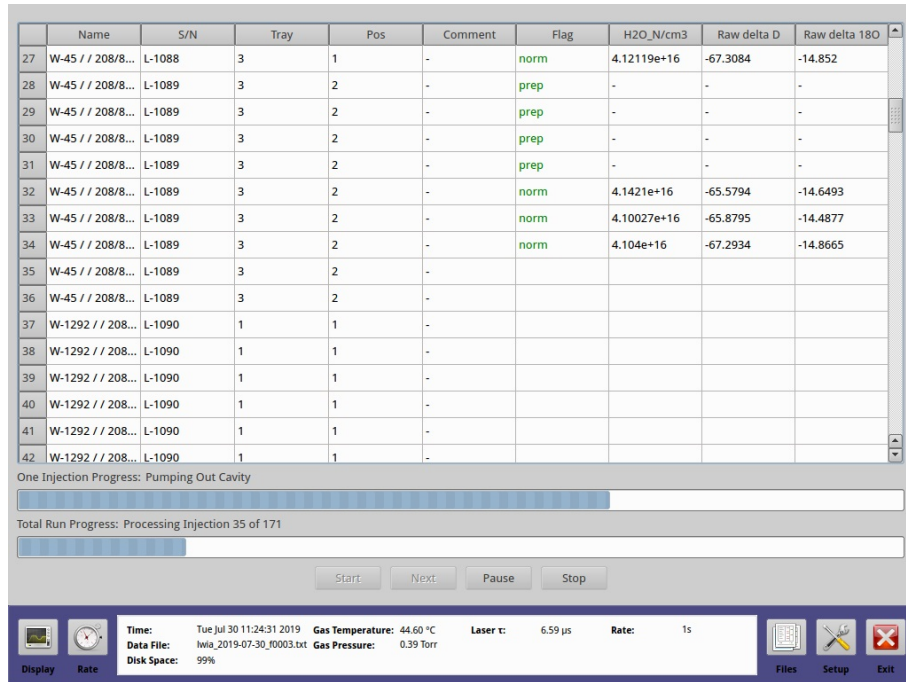


Figura 32 Secado de la cámara óptica

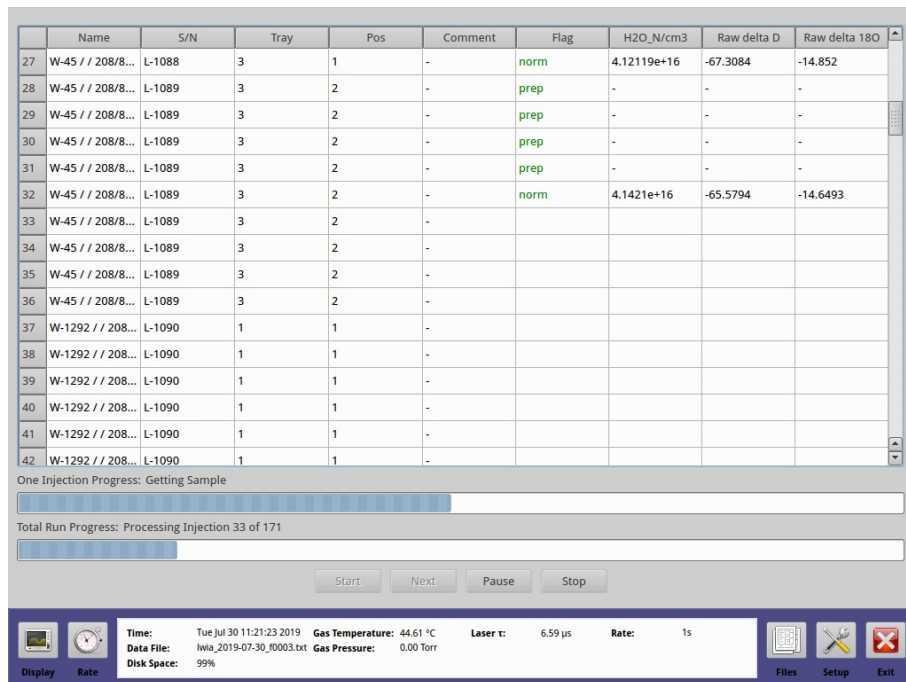


Figura 33 Suministro de muestra de agua en el bloque inyector

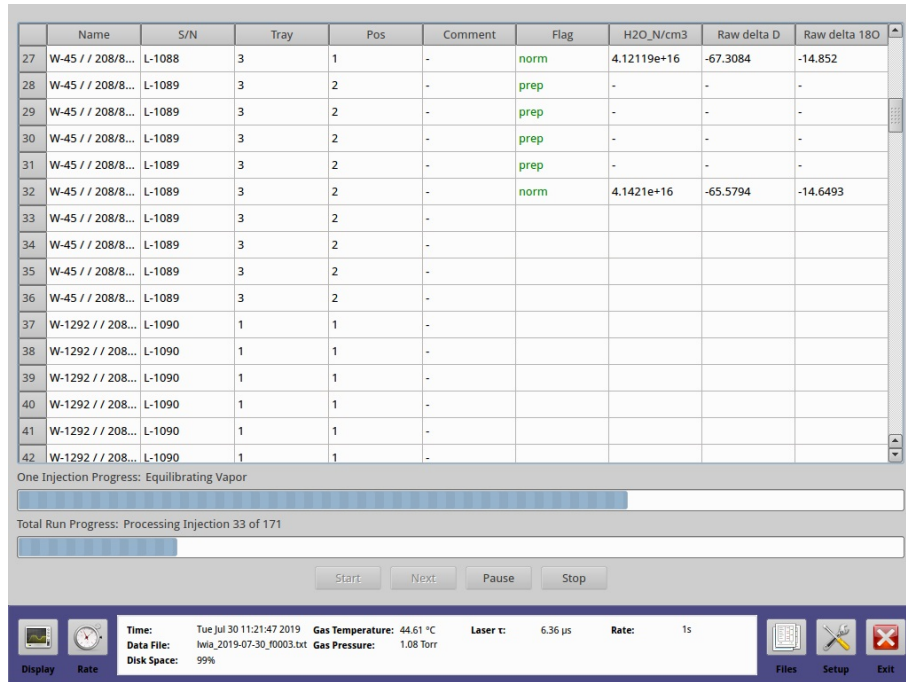


Figura 34 Equilibrio del vapor de agua

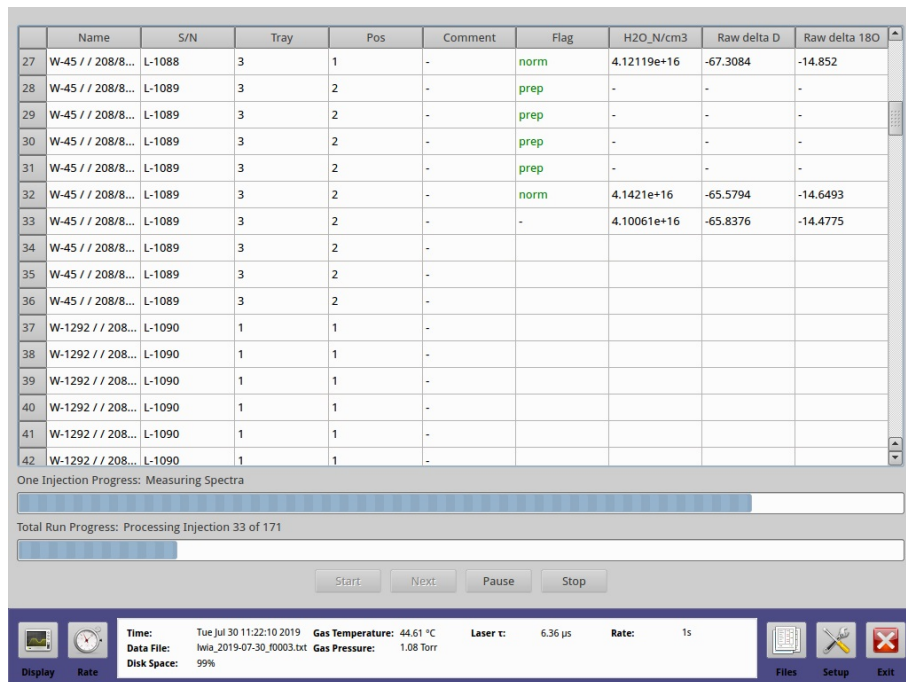


Figura 35 Medición del espectro electromagnético

En la **Figura 36** se puede observar que el volumen de las inyecciones es estable, de esta manera no se presentan: fugas en la membrana del bloque inyector, atascamiento por residuos de septo en la línea de transferencia de muestra o malas inyecciones por jeringas dañadas.

	Name	S/N	Tray	Pos	Comment	Flag	H2O_N/cm3	Raw delta D	Raw delta 18O
192	W-45 // 208/8...	L-2350	3	1	-	prep	-	-	-
193	W-45 // 208/8...	L-2350	3	1	-	prep	-	-	-
194	W-45 // 208/8...	L-2350	3	1	-	norm	4.11876e+16	-73.5359	-15.4193
195	W-45 // 208/8...	L-2350	3	1	-	norm	4.10671e+16	-74.0564	-15.3419
196	W-45 // 208/8...	L-2350	3	1	-	norm	4.11092e+16	-74.0213	-15.4336
197	W-45 // 208/8...	L-2350	3	1	-	norm	4.10047e+16	-74.187	-15.405
198	W-45 // 208/8...	L-2350	3	1	-	norm	4.12088e+16	-74.0129	-15.4293
199	W-3 // 208/808/	L-2351	3	18	-	prep	-	-	-
200	W-3 // 208/808/	L-2351	3	18	-	prep	-	-	-
201	W-3 // 208/808/	L-2351	3	18	-	prep	-	-	-
202	W-3 // 208/808/	L-2351	3	18	-	prep	-	-	-
203	W-3 // 208/808/	L-2351	3	18	-	norm	4.06062e+16	-65.2173	-13.7535
204	W-3 // 208/808/	L-2351	3	18	-	norm	4.06834e+16	-65.6008	-13.8102
205	W-3 // 208/808/	L-2351	3	18	-	norm	4.07839e+16	-65.4773	-13.9366
206	W-3 // 208/808/	L-2351	3	18	-	norm	4.0713e+16	-65.7301	-13.8949
207	W-3 // 208/808/	L-2351	3	18	-	norm	4.06698e+16	-65.5604	-13.8617

One Injection Progress:
 Total Run Progress: Run Completed

Start Next Pause Stop

Time: Thu Jun 18 18:14:42 2020 Gas Temperature: 44.58 °C Laser t: 6.38 µs Rate: 1s
 Data File: lwia_2020-06-18_10001.txt Gas Pressure: 0.60 Torr
 Disk Space: 99%

Display Rate Files Setup Exit

Figura 36 Finalización de la corrida

Durante el proceso de apagado del equipo, se presenta una ventana con un mensaje de confirmación para verificar la acción, como prevención en caso de que, por accidente se haya presionado el interruptor. **Figura 37.**

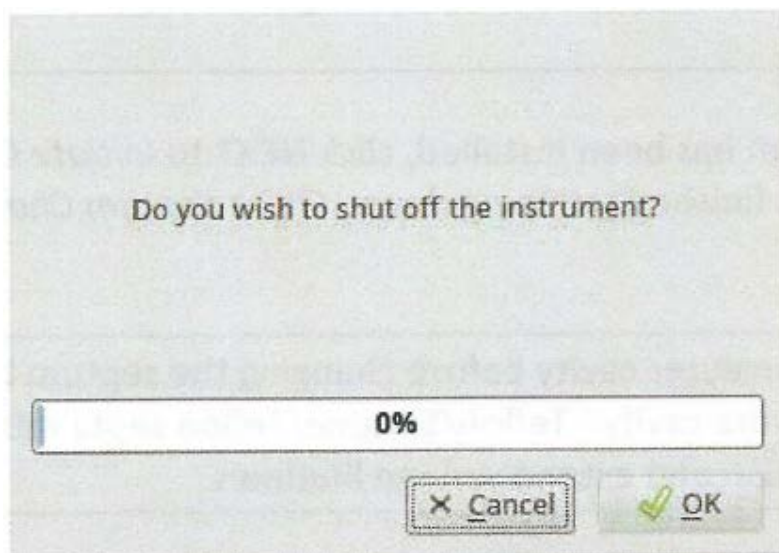


Figura 37 Mensaje del sistema confirmando el apagado del equipo

El analizador se purgará por tres minutos, mostrando una ventana con el progreso. **Figura 38.** Transcurrido este tiempo, aparecerá un mensaje indicando que el equipo puede apagarse. **Figura 39.** Si antes de apagar

el analizador láser, no se espera a que se muestre el comando de apagado, se puede producir inestabilidad en el sistema de archivos.

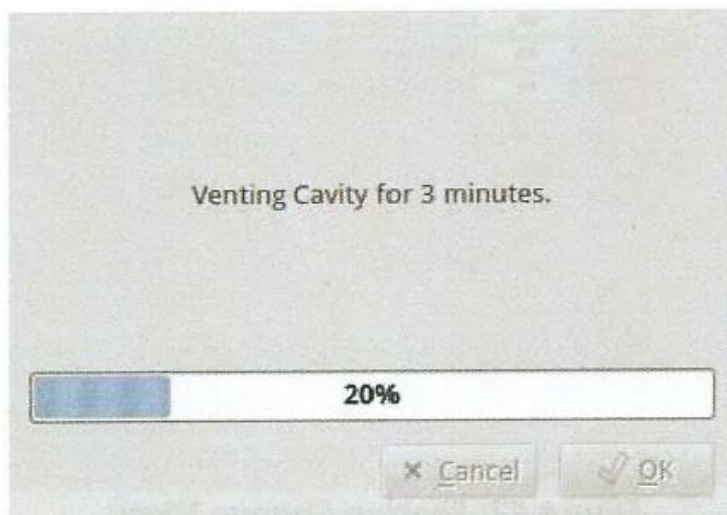


Figura 38 Ventilación de la cámara de medición durante tres minutos



Figura 39 Mensaje del sistema listo para apagarse

6.2. Determinar por espectroscopía láser el contenido de isótopos estables de H y O de ochenta muestras de lluvia acumulada de las estaciones de monitoreo que integran la RENIP, del periodo de recolección correspondiente a noviembre y diciembre de 2019 y enero de 2020

Consiste en realizar la medición de ochenta muestras de lluvia con una precisión analítica (1σ) igual o menor de 0.15 ‰ para la $\delta^{18}\text{O}$ y de 1 ‰ para la $\delta^2\text{H}$, utilizando el protocolo internacional LIMS (Laboratory Information Management System) para el post-procesamiento de datos analíticos obtenidos de los analizadores.

6.2.1. Resultados de las composiciones isotópicas estables de ochenta muestras de lluvia de las estaciones de la RENIP, proporcionadas por el IMTA.

En las **Figura 40** se presenta la localización de las estaciones que forman parte de la Red Nacional de Monitoreo de la Composición Isotópica de la Precipitación Pluvial (RENIP) y en la **Figura 41** se muestran las fotos de los colectores de agua de lluvia instalados en cada una de las estaciones de la RENIP.

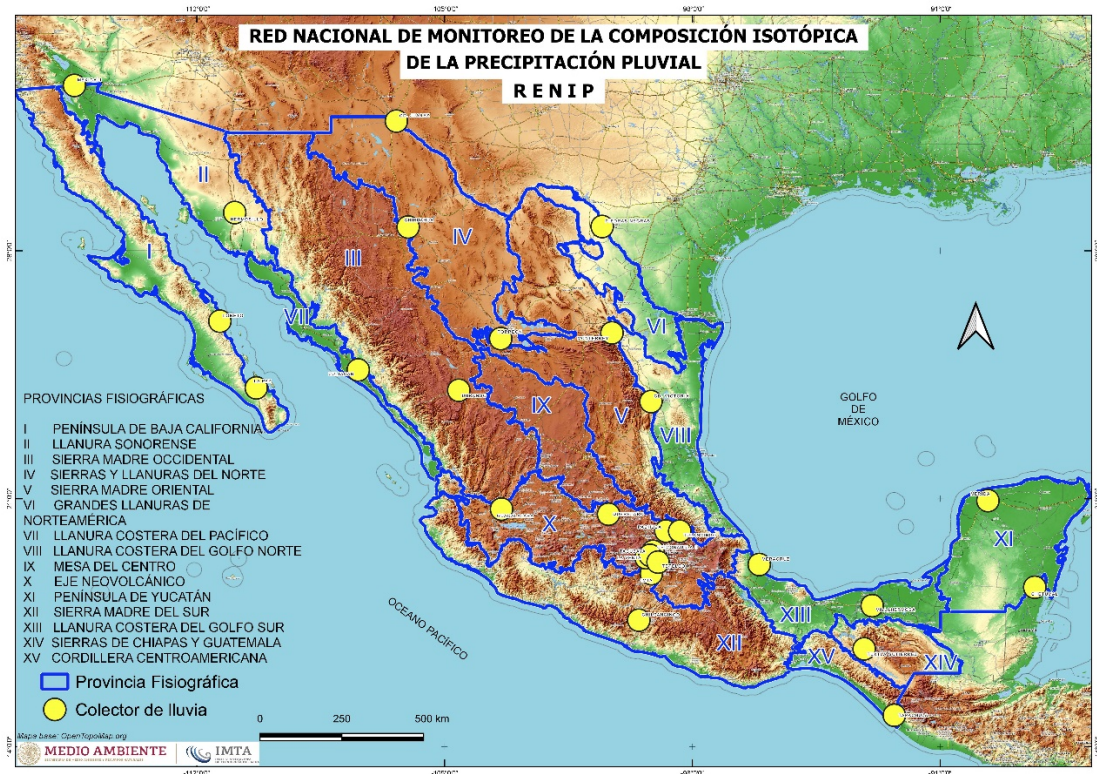


Figura 40 Localización de estaciones de la RENIP.



Figura 41 Colectores de agua de lluvia de las estaciones de la RENIP.

En la **Tabla 1** siguiente se indican los datos principales de las estaciones de la RENIP.

Tabla 1 Datos de estaciones de la RENIP.

No.	PROVINCIA FISIAGRÁFICA		SITIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (msnm)
1	IV	SIERRAS Y LLANURAS DEL NORTE	CD. JUÁREZ	31.659930°	-106.362647°	1,117
2	VIII	LLANURA COSTERA DEL GOLFO NORTE	CD. VICTORIA	23.742460°	-99.169890°	329
3	XI	PENÍNSULA DE YUCATÁN	CHETUMAL	18.500410°	-88.327520°	19
4	X	EJE NEOVOLCÁNICO	CHICONAUTLA II	19.515761°	-99.109005°	2,277
5	IV	SIERRAS Y LLANURAS DEL NORTE	CHIHUAHUA	28.670850°	-106.030970°	1,405
6	XII	SIERRA MADRE DEL SUR	CHILPANCINGO	17.571720°	-99.513990°	1,270
7	VII	LLANURA COSTERA DEL PACÍFICO	CULIACÁN	24.635100°	-107.441130°	30
8	III	SIERRA MADRE OCCIDENTAL	DURANGO	24.061390°	-104.600400°	1,882
9	X	EJE NEOVOLCÁNICO	GUADALAJARA	20.706590°	-103.392570°	1,568
10	II	LLANURA SONORENSE	HERMOSILLO	29.078500°	-110.930460°	209
11	X	EJE NEOVOLCÁNICO	IMTA	18.883800°	-99.158783°	1,344
12	I	PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA	LA PAZ	24.128670°	-110.320860°	26
13	X	EJE NEOVOLCÁNICO	LA VENTA	19.333336°	-99.310796°	2,884
14	I	PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA	LORETO	26.011583°	-111.349200°	6

Tabla 1 Continuación. Datos de estaciones de la RENIP.

No.	PROVINCIA FISIGRÁFICA		SITIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (msnm)
15	XI	PENÍNSULA DE YUCATÁN	MÉRIDA	20.946620°	-89.651770°	12
16	II	LLANURA SONORENSE	MEXICALI	32.666670°	-115.458500°	7
17	VIII	LLANURA COSTERA DEL GOLFO NORTE	MONTERREY	25.682440°	-100.271690°	494
18	X	EJE NEOVOLCÁNICO	PACHUCA	20.087580°	-98.749650°	2,365
19	VI	GRANDES LLANURAS DE NORTEAMÉRICA	PIEDRAS NEGRAS	28.683560°	-100.548930°	251
20	X	EJE NEOVOLCÁNICO	QUERÉTARO	20.563420°	-100.369440°	1,092
21	X	EJE NEOVOLCÁNICO	TACUBAYA	19.403690°	-99.196630°	2,322
22	XV	CORDILLERA CENTROAMERICANA	TAPACHULA	14.887186°	-92.296195°	128
23	X	EJE NEOVOLCÁNICO	TETELCO	19.211170°	-98.971370°	2,271
24	IV	SIERRAS Y LLANURAS DEL NORTE	TORREÓN	25.520140°	-103.416080°	1,124
25	X	EJE NEOVOLCÁNICO	TULANCINGO	20.084183°	-98.357719°	2,205
26	XIV	SIERRAS DE CHIAPAS Y GUATEMALA	TUXTLA GUTIÉRREZ	16.762920°	-93.147410°	577
27	XIII	LLANURA COSTERA DEL GOLFO SUR	VERACRUZ	19.142831°	-96.111294°	15
28	XIII	LLANURA COSTERA DEL GOLFO SUR	VILLAHERMOSA	17.980940°	-92.921340°	5

Tabla 2 Resultados del contenido de isótopos estables de H y O en muestras de lluvia de la RENIP.

NÚM.	ID	SITIO	FECHA DE MUESTREO	PERIODO DE MUESTREO	LLUVIA (mm)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	1 σ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	1 σ (‰)
1	W-1448	CD. JUAREZ	01/09/2019	Agosto	32.97	-10.8	±0.55	-2.24	±0.09
2	W-1449	CD. VICTORIA	01/10/2019	Septiembre	50.79	-20.9	±0.81	-4.01	±0.12
3	W-1450	CD. VICTORIA	01/11/2019	Octubre	97.67	-23.0	±0.32	-5.22	±0.08
4	W-1490	CD. VICTORIA	01/12/2019	Noviembre	3.23	-19.5	±0.79	-4.57	±0.04
5	W-1550	CD. VICTORIA	01/01/2020	Diciembre	5.30	-41.1	±0.47	-6.51	±0.06
6	W-1451	CHETUMAL	01/10/2019	Septiembre	57.99	-6.20	±0.84	-2.7	±0.12
7	W-1452	CHETUMAL	01/11/2019	Octubre	106.13	-20.30	±0.67	-3.9	±0.12
8	W-1491	CHETUMAL	01/12/2019	Noviembre	93.62	-7.20	±0.52	-3.3	±0.15
9	W-1538	CHETUMAL	01/01/2020	Diciembre	41.22	-7.90	±0.42	-2.9	±0.11
10	W-1453	CHICONAUTLA II	01/10/2019	Septiembre	166.98	-60.5	±0.69	-9.46	±0.08
11	W-1454	CHICONAUTLA II	01/11/2019	Octubre	98.51	-82.9	±0.51	-12.16	±0.09
12	W-1492	CHICONAUTLA II	01/12/2019	Noviembre	11.32	-34.0	±0.79	-5.56	±0.07
13	W-1455	CHIHUAHUA	01/10/2019	Septiembre	80.39	-81.70	±0.52	-11.9	±0.06
14	W-1456	CHIHUAHUA	01/11/2019	Octubre	67.15	-71.40	±0.56	-10.3	±0.05
15	W-1493	CHIHUAHUA	01/12/2019	Noviembre	30.09	-78.50	±0.52	-10.7	±0.06
16	W-1540	CHIHUAHUA	01/01/2020	Diciembre	7.94	-91.80	±0.89	-13.6	±0.10
17	W-1457	CHILPANCINGO	01/11/2019	Octubre	111.09	-79.3	±0.43	-11.31	±0.03
18	W-1511	CHILPANCINGO	01/12/2019	Noviembre	27.25	-36.3	±0.34	-5.91	±0.13
19	W-1458	CULIACÁN	01/11/2019	Octubre	96.27	-41.20	±0.38	-6.7	±0.05
20	W-1494	CULIACÁN	01/12/2019	Noviembre	33.70	-31.10	±0.16	-6.1	±0.08
21	W-1459	DURANGO	01/11/2019	Octubre	12.30	-52.5	±0.75	-7.39	±0.09
22	W-1512	DURANGO	01/12/2019	Noviembre	21.10	-36.2	±0.40	-5.99	±0.07
23	W-1460	GUADALAJARA	01/11/2019	Octubre	80.35	-65.40	±0.68	-9.5	±0.05
24	W-1495	GUADALAJARA	01/12/2019	Noviembre	39.13	-29.80	±0.42	-6.0	±0.11
25	W-1541	GUADALAJARA	01/01/2020	Diciembre	43.32	-63.00	±0.19	-9.2	±0.00
26	W-1513	HERMOSILLO	01/11/2019	Octubre	0.05	-83.3	±0.20	-12.90	±0.06
27	W-1514	HERMOSILLO	01/12/2019	Noviembre	36.10	-83.9	±0.17	-12.91	±0.09
28	W-1461	LAPAZ	01/09/2019	Agosto	16.85	-26.8	±0.74	-3.09	±0.05
29	W-1462	LAPAZ	01/10/2019	Septiembre	14.92	-19.6	±0.57	-3.04	±0.03
30	W-1463	LAPAZ	01/11/2019	Octubre	11.79	-56.1	±0.79	-8.34	±0.06

Tabla 2 Continuación. Resultados del contenido de isótopos estables de H y O en muestras de lluvia de la RENIP.

NÚM.	ID	SITIO	FECHA DE MUESTREO	PERIODO DE MUESTREO	LLUVIA (mm)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	1 σ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	1 σ (‰)
31	W-1542	LA PAZ	01/12/2019	Noviembre	14.92	-67.8	±0.49	-9.66	±0.02
32	W-1464	LA VENTA	01/10/2019	Septiembre	259.20	-62.0	±0.44	-10.23	±0.09
33	W-1465	LA VENTA	01/11/2019	Octubre	209.60	-95.1	±0.50	-14.00	±0.04
34	W-1496	LA VENTA	01/12/2019	Noviembre	35.63	-49.0	±0.54	-8.89	±0.04
35	W-1497	LORETO	01/09/2019	Agosto	260.66	-34.7	±0.36	-5.74	±0.08
36	W-1498	LORETO	01/10/2019	Septiembre	70.21	-60.8	±0.60	-9.43	±0.09
37	W-1499	LORETO	01/11/2019	Octubre	106.19	-80.9	±0.41	-10.63	±0.09
38	W-1500	LORETO	01/12/2019	Noviembre	366.57	-55.0	±0.29	-7.74	±0.13
39	W-1611	LORETO	01/01/2020	Diciembre	6.29	-0.7	±0.60	-1.98	±0.10
40	W-1466	MÉRIDA	01/10/2019	Septiembre	192.82	-2.40	±0.46	-2.0	±0.13
41	W-1467	MÉRIDA	01/11/2019	Octubre	128.55	-6.10	±0.69	-3.1	±0.10
42	W-1501	MÉRIDA	01/12/2019	Noviembre	37.03	-4.70	±0.45	-1.5	±0.06
43	W-1544	MÉRIDA	01/01/2020	Diciembre	51.70	5.50	±0.68	-0.4	±0.08
44	W-1468	MEXICALI	01/10/2019	Septiembre	22.71	-70.8	±0.73	-9.59	±0.07
45	W-1469	MEXICALI	01/12/2019	Noviembre	49.88	-51.6	±0.70	-7.39	±0.11
46	W-1545	MEXICALI	01/01/2020	Diciembre	40.52	-40.5	±0.61	-6.51	±0.06
47	W-1470	MONTERREY	01/11/2019	Sep-Oct	225.67	-54.50	±0.50	-8.5	±0.10
48	W-1502	MONTERREY	01/12/2019	Noviembre	8.52	-19.50	±0.14	-4.2	±0.14
49	W-1546	MONTERREY	01/01/2020	Diciembre	15.79	-54.40	±0.39	-9.1	±0.05
50	W-1471	PACHUCA	01/10/2019	Septiembre	42.62	-56.8	±0.43	-7.85	±0.10
51	W-1472	PACHUCA	01/11/2019	Octubre	31.79	-97.1	±0.52	-12.87	±0.08
52	W-1503	PACHUCA	01/12/2019	Noviembre	5.31	-45.8	±0.66	-7.86	±0.04
53	W-1473	PIEDRAS NEGRAS	01/10/2019	Septiembre	18.53	4.1	0.91	0.28	0.09
54	W-1474	PIEDRAS NEGRAS	01/11/2019	Octubre	20.46	-22.8	0.73	-4.56	0.13
55	W-1547	PIEDRAS NEGRAS	01/12/2019	Noviembre	22.50	-52.2	0.55	-8.43	0.08
56	W-1475	QUERÉTARO	01/11/2019	Octubre	122.27	-96.20	±0.62	-13.2	±0.01
57	W-1504	QUERÉTARO	01/12/2019	Noviembre	0.63	-65.30	±0.44	-8.9	±0.08
58	W-1476	TACUBAYA	01/11/2019	Octubre	111.79	-80.30	±0.55	-11.6	±0.06
59	W-1505	TACUBAYA	01/12/2019	Noviembre	10.48	-29.10	±0.48	-4.9	±0.13
60	W-1477	TAPACHULA	01/10/2019	Septiembre	500.66	-35.90	±0.41	-6.3	±0.08

Tabla 2 Continuación. Resultados del contenido de isótopos estables de H y O en muestras de lluvia de la RENIP.

NÚM.	ID	SITIO	FECHA DE MUESTREO	PERIODO DE MUESTREO	LLUVIA (mm)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	1 σ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	1 σ (‰)
61	W-1478	TAPACHULA	01/11/2019	Octubre	209.60	-13.20	±0.57	-3.4	±0.05
62	W-1506	TAPACHULA	01/12/2019	Noviembre	18.03	-5.40	±0.50	-3.7	±0.10
63	W-1479	TETELCO	01/10/2019	Septiembre	87.33	-42.4	±0.55	-6.57	±0.07
64	W-1480	TETELCO	01/11/2019	Octubre	109.69	-70.3	±0.44	-10.67	±0.07
65	W-1507	TETELCO	01/12/2019	Noviembre	33.54	-44.5	±0.17	-7.83	±0.15
66	W-1481	TORREÓN	01/10/2019	Septiembre	49.32	-54.60	±0.49	-8.2	±0.04
67	W-1482	TORREÓN	01/11/2019	Octubre	1.62	-77.10	±0.44	-10.7	±0.06
68	W-1508	TORREÓN	01/12/2019	Noviembre	19.74	-31.80	±0.69	-5.0	±0.09
69	W-1548	TORREÓN	01/01/2020	Diciembre	23.83	-90.20	±0.48	-12.4	±0.09
70	W-1483	TULANCINGO	01/11/2019	Octubre	89.78	-85.00	±0.70	-12.3	±0.09
71	W-1484	TUXTLA GUTIÉRREZ	01/10/2019	Septiembre	86.01	-24.40	±0.18	-3.6	±0.08
72	W-1485	TUXTLA GUTIÉRREZ	01/11/2019	Octubre	134.84	-53.70	±0.48	-8.1	±0.12
73	W-1509	TUXTLA GUTIÉRREZ	01/12/2019	Noviembre	5.31	7.20	±0.37	0.2	±0.12
74	W-1486	VERACRUZ	01/10/2019	Septiembre	237.27	-22.00	±0.51	-4.2	±0.13
75	W-1487	VERACRUZ	01/11/2019	Octubre	103.33	-21.90	±0.57	-4.3	±0.12
76	W-1516	VERACRUZ	23/12/2019	Nov-Dic	114.58	-0.10	±0.57	-1.8	±0.08
77	W-1488	VILLAHERMOSA	01/10/2019	Septiembre	25.15	3.6	±0.56	1.84	±0.07
78	W-1489	VILLAHERMOSA	01/11/2019	Octubre	69.87	-41.7	±0.67	-6.92	±0.08
79	W-1510	VILLAHERMOSA	01/12/2019	Noviembre	253.13	-16.0	±0.46	-3.47	±0.08
80	W-1549	VILLAHERMOSA	01/01/2020	Diciembre	55.89	6.3	±0.60	-2.35	±0.11

A continuación, en la **Figura 42**, **Figura 43** y **Figura 44**, se muestra la composición isotópica estable, el exceso de Deuterio y la línea condicionada del exceso de Deuterio, respectivamente, de la RENIP.

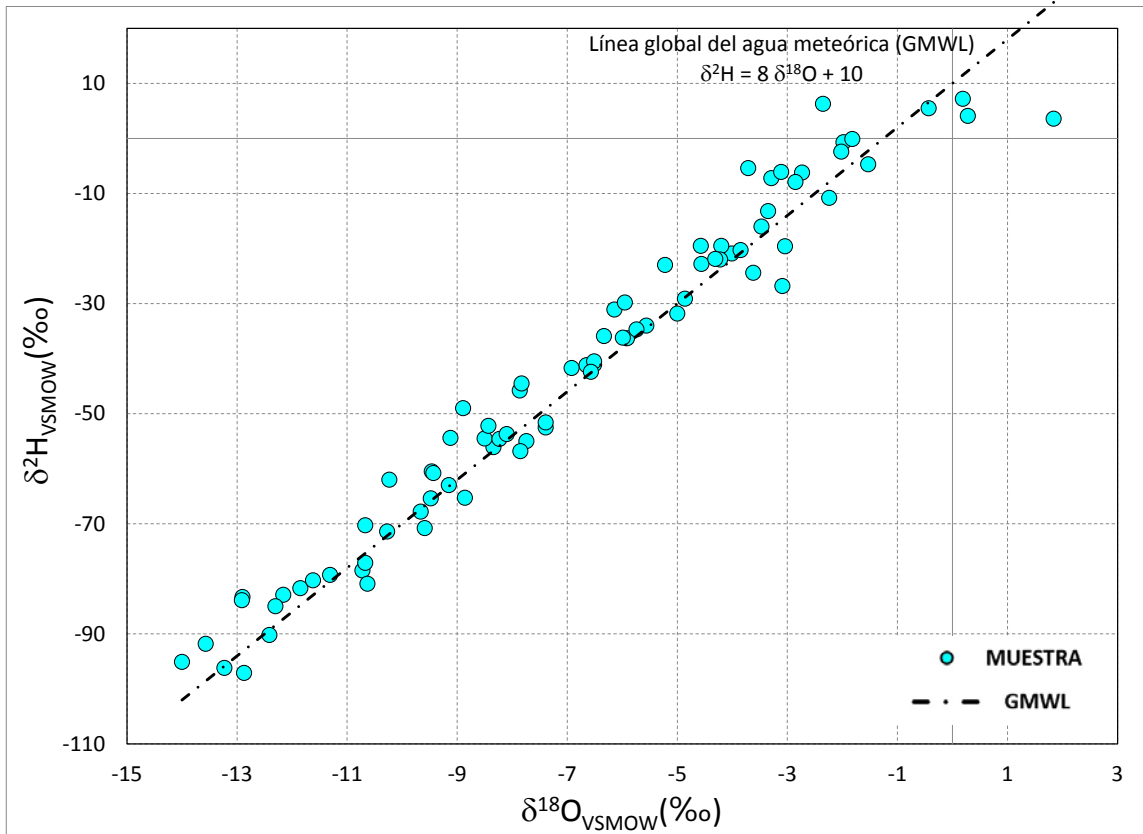


Figura 42 Composición isotópica estable de la RENIP.

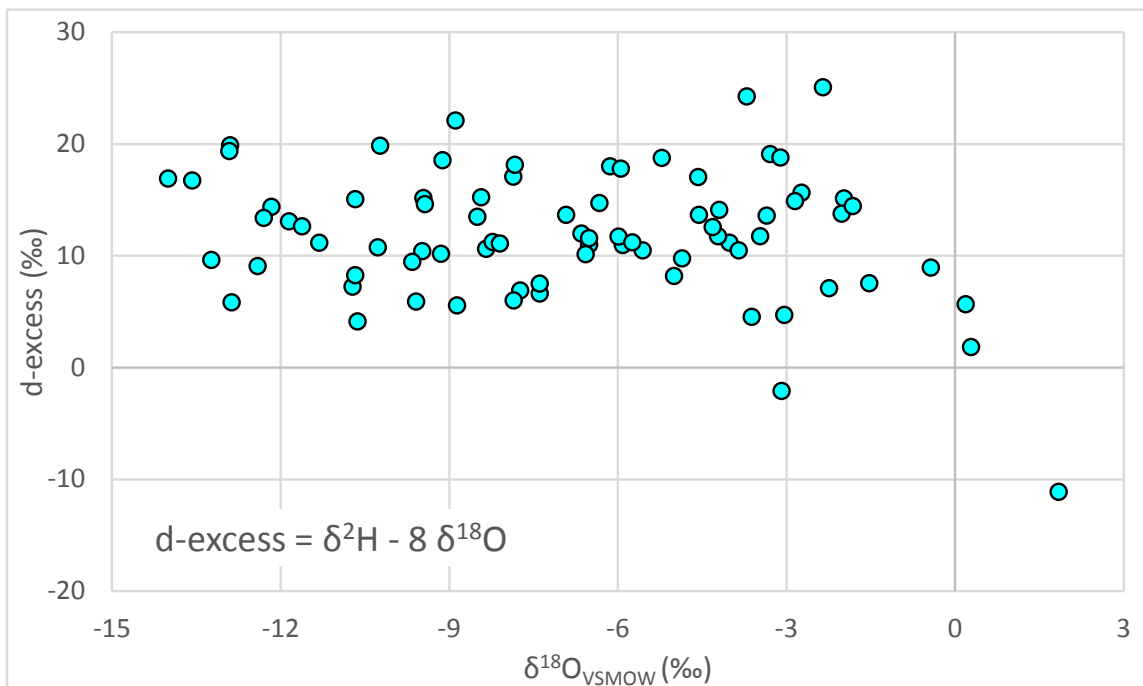


Figura 43 Exceso de Deuterio. RENIP.

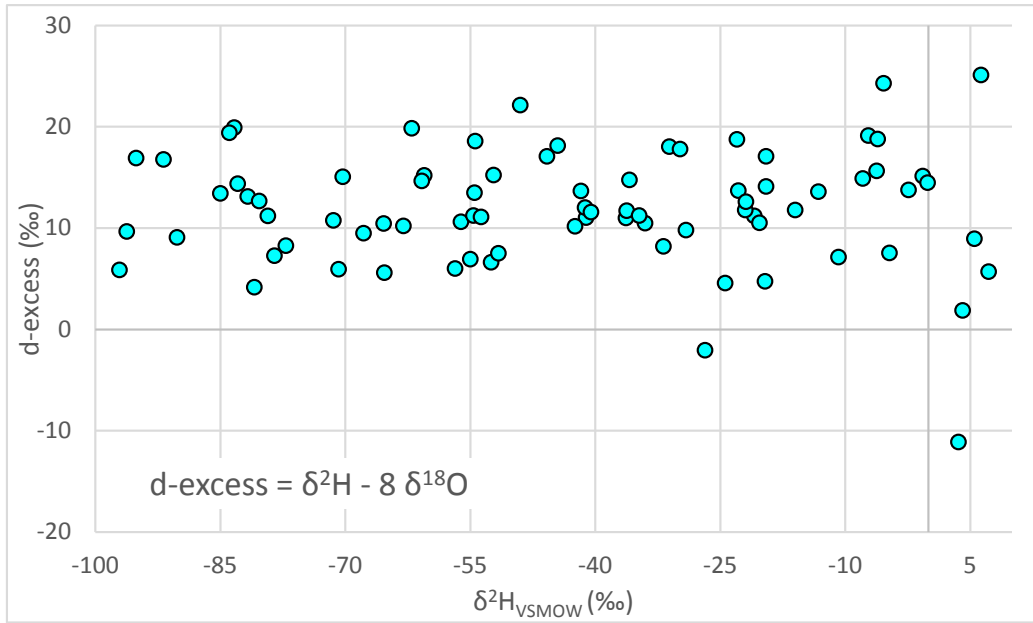


Figura 43 Continuación. Exceso de Deuterio. RENIP.

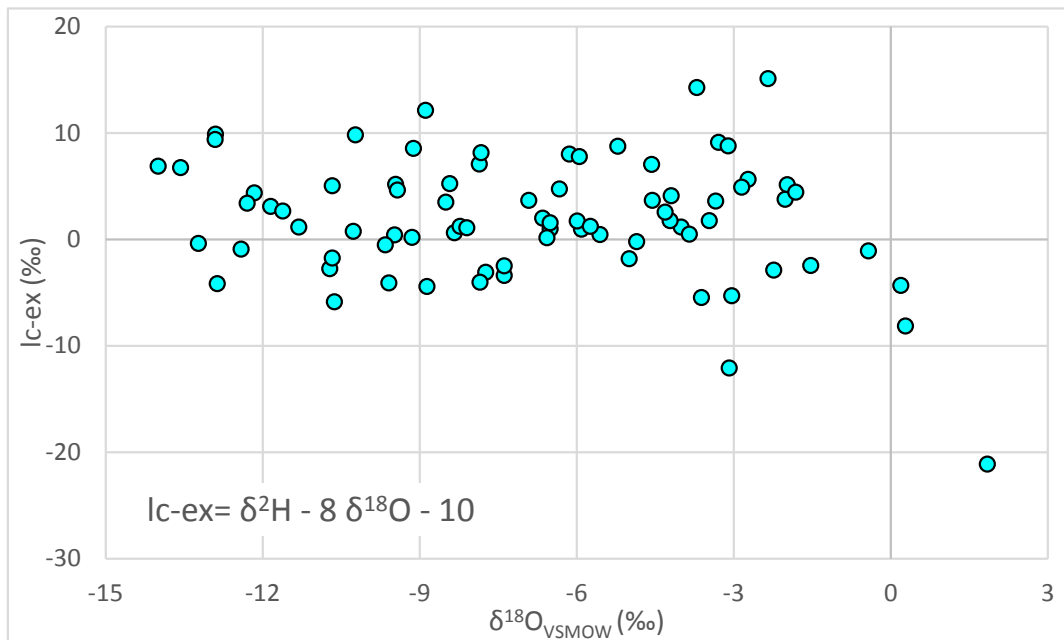


Figura 44 Línea condicionada del exceso de Deuterio. RENIP.

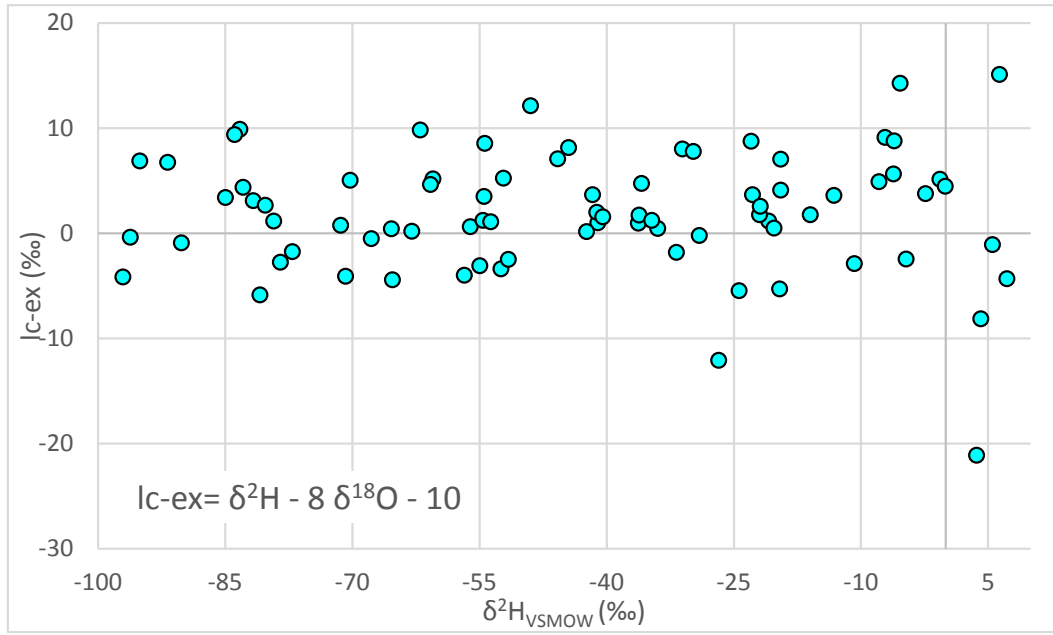


Figura 44 Continuación. Línea condicionada del exceso de Deuterio. RENIP.


6.3. Recalibración de estándares de laboratorio de isótopos estables de hidrógeno y oxígeno con valores Delta (δ) enriquecidos y empobrecidos respecto a la escala de aplicación para las aguas subterráneas de México, aproximadamente para la Delta de O-18 entre +3.0 ‰ y -12‰ y para la Delta de H-2 entre +17 ‰ y - 85‰, utilizando los patrones internacionales VSMOW/2-SLAP/2

Consiste en calibrar estándares de laboratorio Versus los estándares internacionales VSMOW/2-SLAP/2, analizar cada muestra estándar diez veces, realizar nueve inyecciones de cada una e ignorar las primeras cuatro. Utilizar el protocolo *LIMS* del Organismo Internacional de Energía Atómica, para normalizar y evaluar los datos obtenidos en la escala VSMOW y SLAP.

Patrones internacionales de referencia isotópica de agua

En la actualidad, los estándares primarios de referencia de medición para los isótopos de agua son VSMOW/2 y SLAP/2 (**Tabla 3**). Estos estándares o patrones se encuentran disponibles en el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en el siguiente enlace: http://Nucleus.IAEA.org/RPST/ReferenceProducts/ReferenceMaterials/Stable_Isotopes/2H18O-Water-samples/index.htm. El OIEA ofrece estándares de uso diario para los laboratorios de los Estados Miembros a través de sus programas de Cooperación Técnica (CT).

Tabla 3 Hoja informativa de los patrones internacionales de medición VSMOW2 Y SLAP2.



IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms for Peace

International Atomic Energy Agency
Department of Nuclear Sciences and Applications
IAEA Environment Laboratories

Vienna International Centre, P.O. Box 100, 1400 Vienna, Austria
**(in cooperation with the US National Institute for Standards and
Technology (NIST))**

**REFERENCE SHEET FOR INTERNATIONAL
MEASUREMENT STANDARDS**

VSMOW2 Vienna Standard Mean Ocean Water 2, water
($\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW-SLAP}}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW-SLAP}}$)

SLAP2 Standard Light Antarctic Precipitation 2, water
 $\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW-SLAP}}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW-SLAP}}$)

Reference values for the relative difference in hydrogen and oxygen stable isotope-amount ratio for the international measurement standards [1]

Table 1: $\delta^2\text{H}$ and $\delta^{18}\text{O}$ reference values for the two international measurement standards VSMOW2 and SLAP2 and their associated combined standard uncertainties (1 σ level) on the VSMOW-SLAP scale.

IAEA name	NIST code	Material	Reference value $10^3 \times$ $\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW-SLAP}}$	Combined standard uncertainty $10^3 \times$ $\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW-SLAP}}$	Reference value $10^3 \times$ $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW-SLAP}}$	Combined standard uncertainty $10^3 \times$ $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW-SLAP}}$
VSMOW2	RM 8535a	Water	0	0.3	0	0.02
SLAP2	RM 8537a	Water	-427.5	0.3	-55.50	0.02

Estándares de medición para uso diario del Servicio Geológico de Estados Unidos

El Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés) tiene a la venta cajas de 144 ampollitas de vidrio esterilizado de 5 ml (**Tabla 4**), con estándares de medición de uso diario. La recomendación es que las ampollitas con dos valores δ sustancialmente diferentes se deben abrir diariamente para la normalización de datos y una tercera ampollita con un valor δ intermedio para ser utilizado como estándar de control. El agua sobrante de las ampollitas debe ser desechada. El uso de estas aguas de referencia ayuda al laboratorio a tener altos niveles de

Garantía y Control de Calidad (QA/QC). Todos los estándares del USGS están disponibles en el siguiente enlace web: <http://isotopes.usgs.gov/lab/referencematerials.html>

Tabla 4 Estándares de medición para uso diario del USGS.

USGS45	Case of 144 ampoules having 4 mL of Biscayne Aquifer Drinking Water per ampoule	576 mL	\$835	$\delta^2\text{H} = -10.3 \text{ ‰}$ $\delta^{18}\text{O} = -2.238 \text{ ‰}$	USGS45
USGS45	Case of 144 ampoules having 5 mL of Biscayne Aquifer Drinking Water per ampoule	720 mL	\$874	$\delta^2\text{H} = -10.3 \text{ ‰}$ $\delta^{18}\text{O} = -2.238 \text{ ‰}$	USGS45
USGS46	Case of 144 ampoules having 4 mL of Ice Core Water per ampoule	576 mL	\$835	$\delta^2\text{H} = -235.8 \text{ ‰}$ $\delta^{18}\text{O} = -29.80 \text{ ‰}$	USGS46
USGS46	Case of 144 ampoules having 5 mL of Ice Core Water per ampoule	720 mL	\$874	$\delta^2\text{H} = -235.8 \text{ ‰}$ $\delta^{18}\text{O} = -29.80 \text{ ‰}$	USGS46
USGS47	Case of 144 ampoules having 5 mL of Lake Louise Drinking Water per ampoule	720 mL	\$874	$\delta^2\text{H} = -150.2 \text{ ‰}$ $\delta^{18}\text{O} = -19.80 \text{ ‰}$	USGS47
USGS48	Case of 144 ampoules having 5 mL of Puerto Rico Precipitation per ampoule	720 mL	\$874	$\delta^2\text{H} = -2.0 \text{ ‰}$ $\delta^{18}\text{O} = -2.224 \text{ ‰}$	USGS48

Plantillas de análisis para la calibración de estándares de medición local

El Sistema de Manejo de Información de Laboratorio (LIMS por sus siglas en inglés) para Láseres 2015, tiene plantillas (templates) de análisis de 20 muestras para la calibración de los estándares internos de laboratorio de uso diario para $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$. Estas plantillas de análisis utilizan los estándares de VSMOW/2 y SLAP/2, así como suficientes réplicas junto con los estándares de laboratorio interno. En LIMS también se pueden crear plantillas usando estándares de referencia primarios mediante el asistente de creación de plantillas de análisis.

Cada estándar de laboratorio para uso diario propuesto para $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ debe medirse 10 veces, o más, frente los estándares de referencia isotópica primarios con el fin de proporcionar los suficientes datos para determinar la incertidumbre de dicha medición. El OIEA recomienda enviar los estándares de uso diario a un laboratorio externo para verificar los valores δ antes de asignarlos en la lista de referencias de laboratorio de *LIMS para Láseres 2015*. **Figura 45.**

Figura 45 Configuración de asignación de referencias de laboratorio

En la **Tabla 5** se muestra la plantilla de análisis para 20 muestras. Cada una de estas muestras corresponden a los estándares de laboratorio internos, delta enriquecido (Lab Std High δ) y delta empobrecido (Lab Std Low δ), los cuales, se colocan secuencialmente en la bandeja 1 (**Figura 46**). Los patrones internacionales VSMOW/2-SLAP/2 y la muestra de lavado (agua desmineralizada) se colocan en la bandeja 3 (**Figura 46**). El procedimiento de análisis recomendado es de 9 inyecciones, ignorando las primeras 4. La columna número uno, indica el orden de análisis de las muestras.

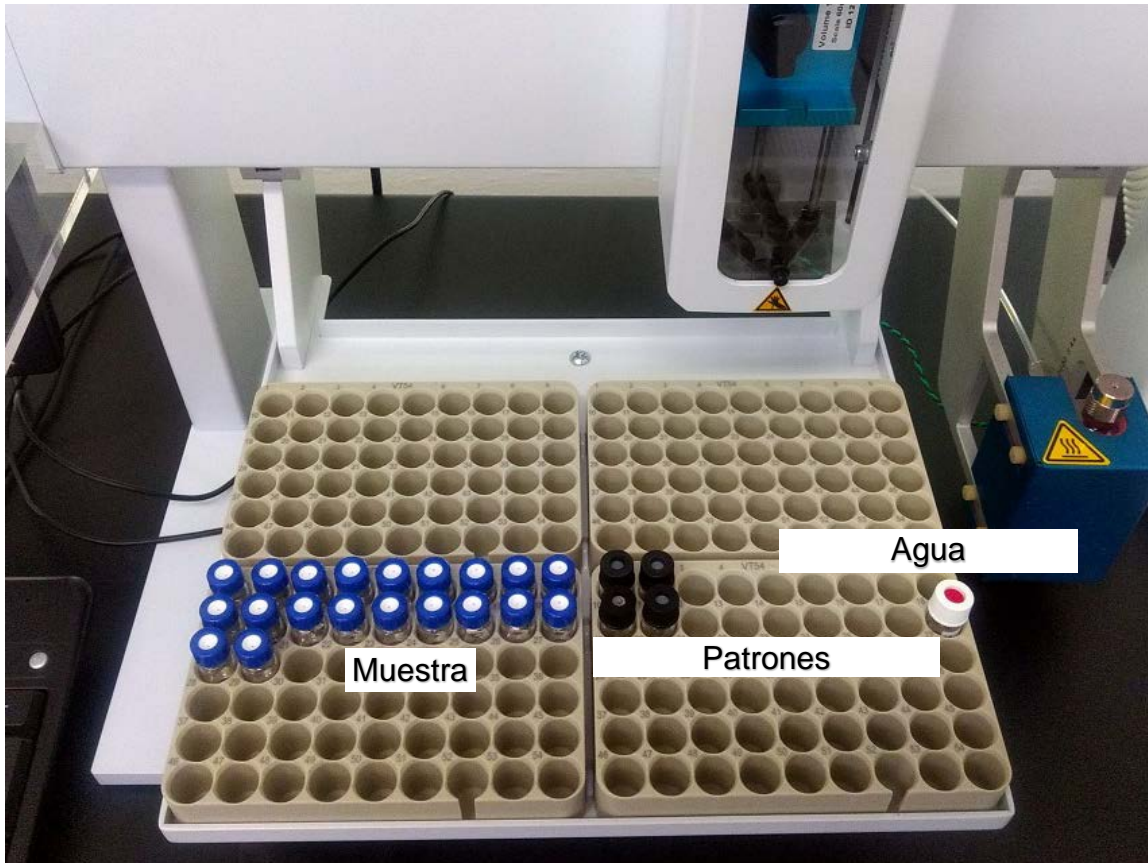


Figura 46 Bandejas de análisis

Tabla 5 Plantilla para la calibración de estándares de laboratorio.

No.	Identificación	Bandeja-Posición	Función
1	Deionized Water	3-18	Acondicionamiento del analizador
2	Deionized Water	3-18	Acondicionamiento del analizador
3	VSMOW/2	3-10	Efecto memoria
4	SLAP/2	3-1	Efecto memoria
5	SLAP/2	3-2	Normalización VSMOW/2-SLAP/2
6	Lab Std High δ	1-1	Muestra
7	Lab Std High δ	1-2	Muestra
8	Lab Std High δ	1-3	Muestra
9	Lab Std High δ	1-4	Muestra
10	Lab Std High δ	1-5	Muestra
11	SLAP/2	3-1	Efecto memoria
12	VSMOW/2	3-11	Efecto memoria
13	VSMOW/2	3-10	Normalización VSMOW/2-SLAP/2
14	Lab Std High δ	1-6	Muestra
15	Lab Std High δ	1-7	Muestra
16	Lab Std High δ	1-8	Muestra
17	Lab Std High δ	1-9	Muestra
18	Lab Std High δ	1-10	Muestra
19	VSMOW/2	3-11	Efecto memoria
20	SLAP/2	3-2	Efecto memoria
21	SLAP/2	3-1	Normalización VSMOW/2-SLAP/2
22	Lab Std Low δ	1-11	Muestra
23	Lab Std Low δ	1-12	Muestra
24	Lab Std Low δ	1-13	Muestra
25	Lab Std Low δ	1-14	Muestra
26	Lab Std Low δ	1-15	Muestra
27	SLAP/2	3-2	Efecto memoria
28	VSMOW/2	3-10	Efecto memoria
29	VSMOW/2	3-11	Normalización VSMOW/2-SLAP/2
30	Lab Std Low δ	1-16	Muestra
31	Lab Std Low δ	1-17	Muestra
32	Lab Std Low δ	1-18	Muestra
33	Lab Std Low δ	1-19	Muestra
34	Lab Std Low δ	1-20	Muestra
35	VSMOW/2	3-10	Efecto memoria
36	SLAP/2	3-1	Efecto memoria
37	SLAP/2	3-2	Normalización VSMOW/2-SLAP/2
38	Deionized Water	3-18	Lavado final

6.4. Resultados de la recalibración de dos estándares de laboratorio de uso diario de isótopos estables de hidrógeno y oxígeno versus los patrones VSMOW/2-SLAP/2.

A continuación, en la **Tabla 6**, **Figura 47** y **Figura 48** se presentan los resultados de los estándares de uso diario en la medición de isótopos estables de agua líquida por espectroscopía láser. Los valores delta (δ) enriquecidos para O-18 es de 3.19 ‰ con una desviación máxima de 0.15 ‰ y para H-2 es de 17.5 ‰ con una desviación máxima de 0.34 ‰. Por otra parte, los valores delta (δ) empobrecidos para O-18 es de -12.1 ‰ con una desviación máxima de 0.09 ‰ y para H-2 es de -81.1 ‰ con una desviación máxima de 0.38 ‰. Estos valores delta se encuentran dentro de la escala de aplicación para las aguas subterráneas de México, aproximadamente para la delta de O-18 entre +3.0 ‰ y -12‰ y para la delta de H-2 entre +17 ‰ y - 85‰.

Tabla 6 Resultados de isótopos estables de hidrógeno y oxígeno de dos estándares de laboratorio de uso diario.

OurLabID	Sample ID	$\delta^2\text{H}$, in ‰	StdDevOf DeltasOf Analyses	$\delta^{18}\text{O}$, in ‰	StdDevOf DeltasOf Analyses	Conductivity $\mu\text{S}/\text{cm}$
W-1695	LAGUNA VERDE	17.5	0.34	3.19	0.15	812
W-1696	POPOCATÉPETL	-81.1	0.38	-12.1	0.09	155

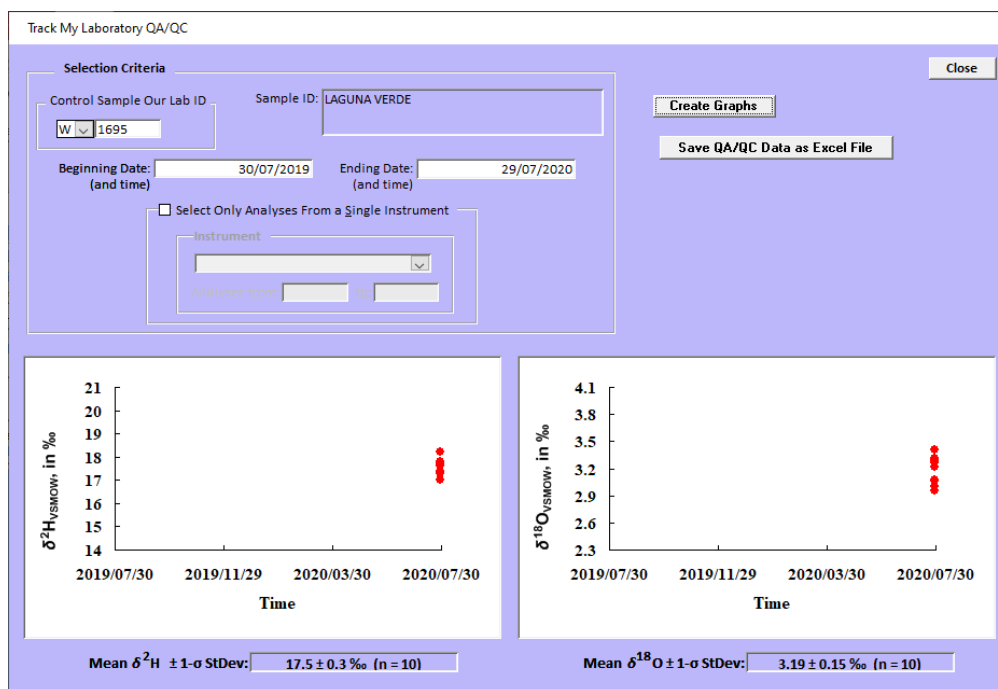


Figura 47 Garantía y control de calidad (QA/QC) del laboratorio.

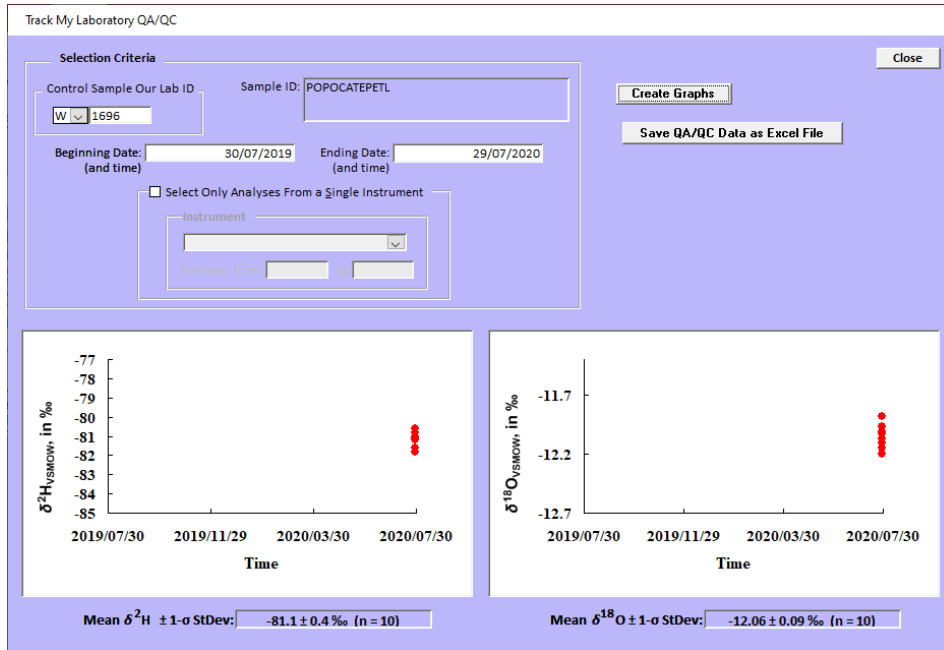


Figura 46 Continuación. Garantía y control de calidad (QA/QC) del laboratorio.

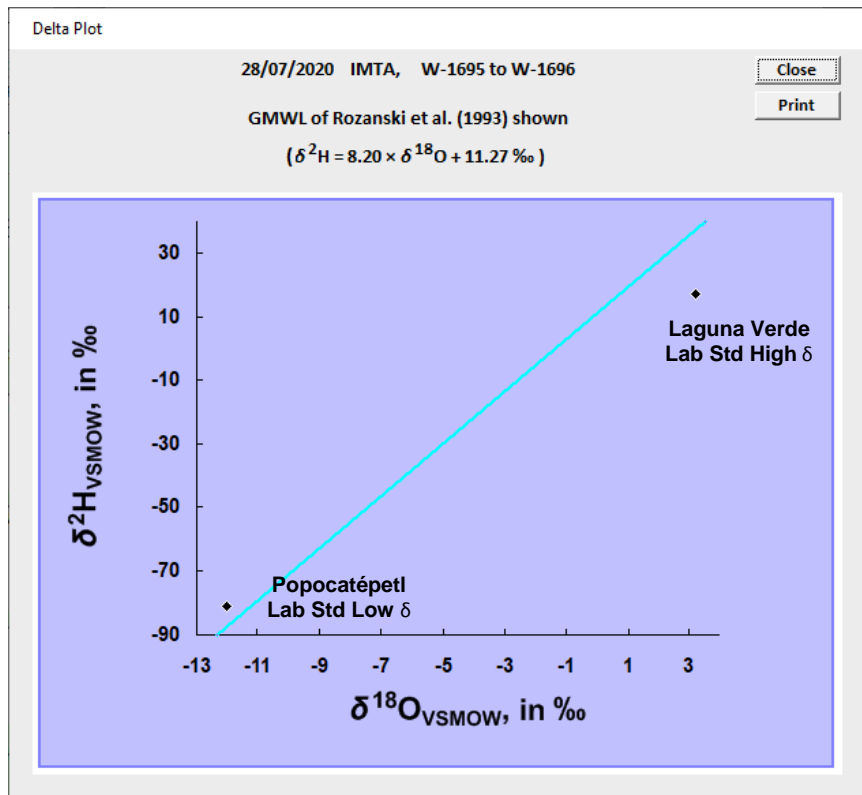


Figura 48 Composición isotópica estable de dos estándares de laboratorio.

7. MAPAS DE LA ISOTOPIA ESTABLE DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL DE LA REPÚBLICA MEXICANA (ISOSCAPES)

7.1. Actualización de mapas isotópicos de la RENIP

En la actualidad México cuenta con una red nacional de monitoreo de la composición isotópica de la precipitación pluvial (RENIP) misma conformada por 28 estaciones distribuidas por provincias fisiográficas en el país.

La RENIP opera durante todo el año, por lo tanto, se obtienen muestras de lluvia acumulada mensualmente, por esta razón es importante mantener actualizados los mapas de la distribución de las mediciones de los valores de las deltas de los isotopos estables $\delta^2\text{H}$ y $\delta^{18}\text{O}$ realizadas en el laboratorio de hidrología isotópica del IMTA.

Cabe señalar que la actualización de mapas isotópicos (isoscapes) requiere de varias etapas:

La principal es la organización, análisis y depuración de los datos medidos, esta etapa es crucial en la modelación de los isoscapes, se deben depurar los datos anómalos debido a que los modelos de regresión calculados pueden verse afectados e indicar valores no reales o fuera de rango para diversas zonas del país.

Para el análisis de datos isotópicos de la RENIP, se realizó una verificación de datos de lluvia de equipos pluviométricos de la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) y del SACMEX (Sistema de Aguas de la Ciudad de México) comparando estos datos de lluvia con los datos determinados por los volúmenes almacenados en los colectores Palmex de la RENIP, esto se realizó con el fin de establecer criterios de corrección y depuración de valores isotópicos anómalos de muestras de precipitación inapreciable, evaporadas, toma de muestras inadecuada y/o error en el almacenamiento de la muestra.

La siguiente etapa fue la determinación del modelo de regresión, para esta etapa los datos de lluvia, el volumen colectado, las deltas medidas en laboratorio, las coordenadas y la altitud, son cruciales. El modelo de regresión se calcula de tal forma que en los isoscapes generados se observan los datos isotópicos por región, los datos medidos en la estación y los residuales que son la diferencia entre el valor medido en la estación y el valor generado por el modelo de regresión.

Cabe señalar que se realizaron diversos ajustes en la forma en que se representaban los mapas isotópicos en base a la literatura existente, una de las modificaciones más importantes fue el cambio en el método de interpolación que utiliza el modelo para definir las predicciones isotópicas de los sitios más cercanos a las estaciones instaladas, es decir, el país es tan grande y tan diverso territorialmente hablando que se debe

realizar un complejo cálculo de los valores isotópicos que se esperarían medir en cualquier parte del territorio nacional tomando como base los resultados de las mediciones de la RENIP.

El método de interpolación utilizado es el método Kriging, el cual es una técnica de predicción espacial que combina el modelo de regresión, con los residuales obtenidos al aplicar dicho modelo.

El método kriging se utiliza en varios campos aplicados, desde meteorología, climatología, mapeo de suelos, mapeo geológico, modelado de distribución de especies etc. Una de las principales características del método kriging es la propagación de error: los mapas simulados generados se pueden usar para probar escenarios y estimar la incertidumbre propagada (S. Terzer, 2013).

Los datos depurados, analizados y organizados se pueden observar en la siguiente tabla (**Tabla 1**), estos datos fueron utilizados para calcular las ecuaciones de regresión y posteriormente manejados en el software de información geográfica de licencia libre llamado QGIS en su versión 3.14, dando como resultado los mapas isotópicos de la $\delta^{2}\text{H}$, la $\delta^{18}\text{O}$ (**Figura 1** y **Figura 2**), que se presentan a continuación.

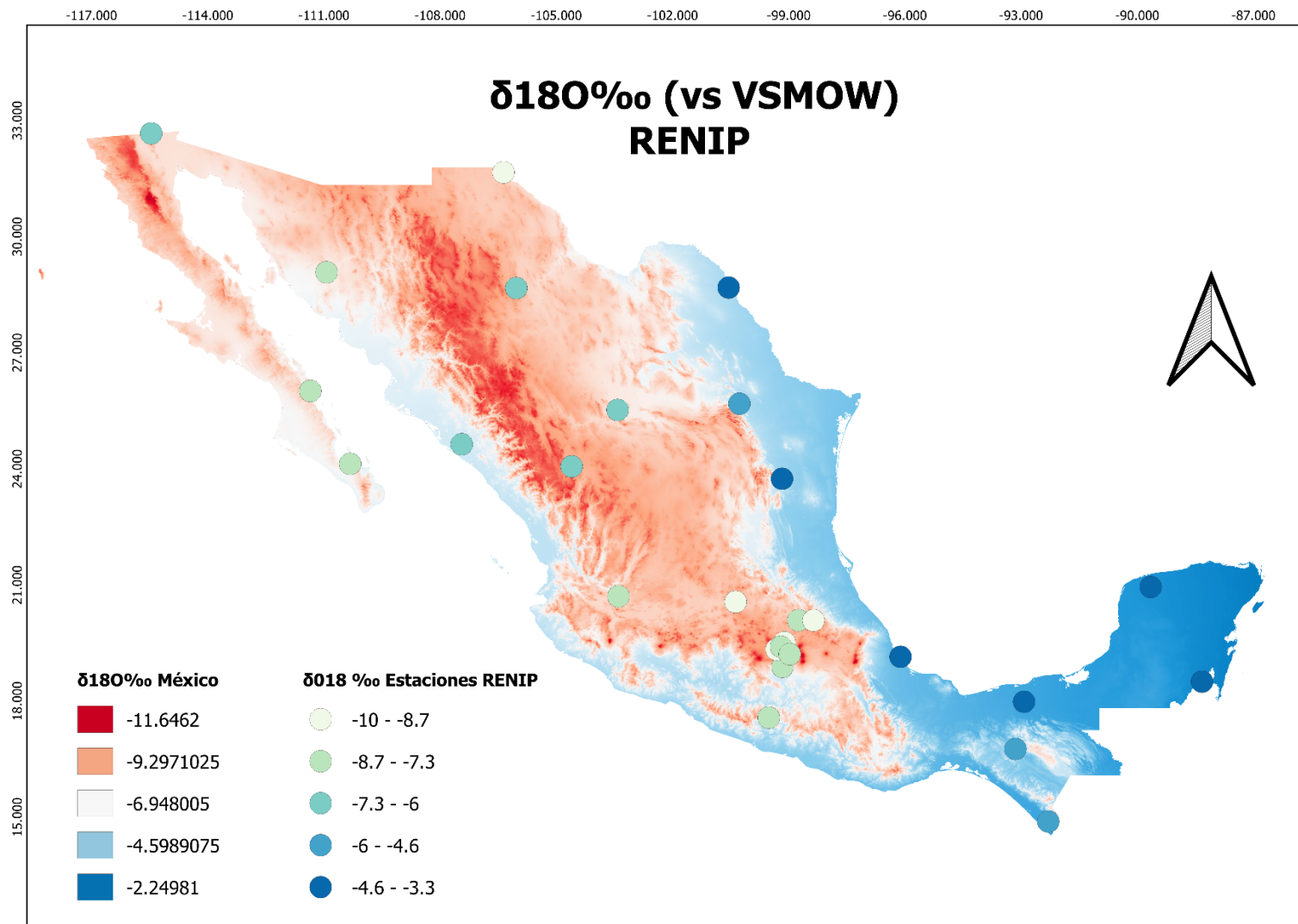


Figura 49 Mapa isotópico distribución delta O18 RENIP primer semestre 2020

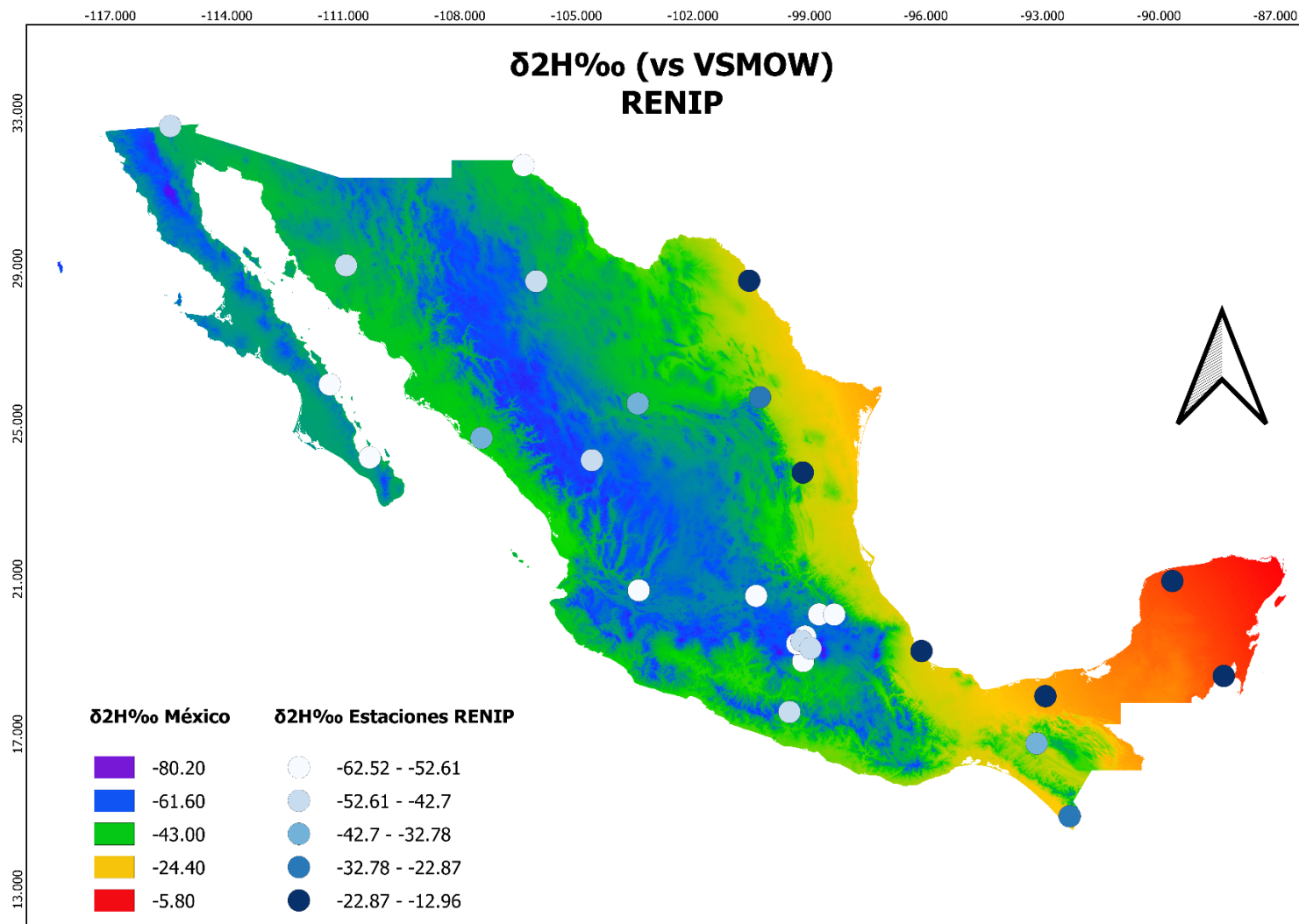


Figura 50 Mapa isotópico distribución delta 2H RENIP primera semestre 2020

NÚM.	# LAB. IMTA	IDENTIFICACIÓN	LAT N	LONG W	ALTITUD (msnm)	FECHA DE MUESTREO	PERIODO DE MUESTREO	VOLUMEN COLECTADO (ml)	EMBUDO	PRECIPITACIÓN (mm)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	1σ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	1σ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰) PromP	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) PromP
5	W-1498	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	03/01/2018	Diciembre	198.0	CHICO (r=6.75cm)	13.83	-106.7	±0.02	-15.00	±0.04	-45.85	-6.75
5	W-1540	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	02/03/2018	Febrero	2.5	CHICO (r=6.75cm)	0.17	-36.1	±0.45	1.68	±0.02		
5	W-1620	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/07/2018	Junio	218.0	CHICO (r=6.75cm)	15.23	-62.0	±0.41	-7.58	±0.09		
5	W-1649	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/08/2018	Julio	390.0	CHICO (r=6.75cm)	27.25	-26.6	±0.09	-4.28	±0.07		
5	W-1661	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/09/2018	Agosto	1550.0	CHICO (r=6.75cm)	108.29	-23.5	±0.28	-3.79	±0.05		
5	W-1735	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/10/2018	Septiembre	1450.0	CHICO (r=6.75cm)	101.30	-45.0	±0.40	-6.70	±0.06		
5	W-1748	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/11/2018	Octubre	280.0	CHICO (r=6.75cm)	19.56	-56.7	±0.39	-8.42	±0.03		
5	W-1760	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/12/2018	Noviembre	40.0	CHICO (r=6.75cm)	2.79	-80.7	±0.40	-9.41	±0.08		
5	W-1782	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	02/01/2019	Diciembre	252.0	CHICO (r=6.75cm)	17.61	-113.3	±0.57	-15.23	±0.08		
5	W-1083	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/02/2019	Enero	90.0	CHICO (r=6.75cm)	6.29	-75.0	±0.29	-9.51	±0.10		
5	W-1110	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/04/2019	Marzo	60.0	CHICO (r=6.75cm)	4.19	-6.6	±0.22	-0.38	±0.07		
5	W-1263	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/05/2019	Abril	10.0	CHICO (r=6.75cm)	0.70	-49.3	±0.41	-4.38	±0.11		
5	W-1264	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/07/2019	Junio	400.0	CHICO (r=6.75cm)	27.95	-14.1	±0.65	-3.08	±0.16		
5	W-1327	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/08/2019	Julio	1600.0	GRANDE (r=11.5cm)	38.51	-10.9	±0.65	-2.15	±0.02		
5	W-1376	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/09/2019	Agosto	3000.0	GRANDE (r=11.5cm)	72.21	-8.40	±0.36	-1.7	±0.05		
5	W-1455	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/10/2019	Septiembre	3340.0	GRANDE (r=11.5cm)	80.39	-81.70	±0.52	-11.9	±0.06		
5	W-1456	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/11/2019	Octubre	2790.0	GRANDE (r=11.5cm)	67.15	-71.40	±0.56	-10.3	±0.05		
5	W-1493	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/12/2019	Noviembre	1250.0	GRANDE (r=11.5cm)	30.09	-78.50	±0.52	-10.7	±0.06		
5	W-1540	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/01/2020	Diciembre	330.0	GRANDE (r=11.5cm)	7.94	-91.80	±0.89	-13.6	±0.10		
5	W-1553	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/02/2020	Enero	130.0	GRANDE (r=11.5cm)	3.13	-75.26	±0.45	-11.1	±0.07		
5	W-1592	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1405.00	01/03/2020	Febrero	60.0	GRANDE (r=11.5cm)	1.44	-59.80	±0.76	-5.9	±0.09		
5	W-1671	CHIHUAHUA	28.67085	-106.03097	1,405	01/07/2020	Junio	950.0	GRANDE (r=11.5cm)	22.87	-15.50	±0.12	-2.6	±0.03		
6	W-1516	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	01/02/2018	Enero	53.00	CHICO (r=6.75cm)	3.70	-19.5	±0.35	-3.66	±0.07	-46.93	-7.31
6	W-1529	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	01/03/2018	Febrero	25.00	CHICO (r=6.75cm)	1.75	-2.4	±0.27	-0.86	±0.12		
6	W-1574	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	01/05/2018	Abril	118.00	CHICO (r=6.75cm)	8.24	-0.2	±0.35	-1.46	±0.06		
6	W-1588	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	01/06/2018	Mayo	890.00	CHICO (r=6.75cm)	62.18	-21.0	±0.36	-4.42	±0.05		
6	W-1621	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	04/07/2018	Junio	1774.80	CHICO (r=6.75cm)	123.99	-60.5	±0.28	-8.73	±0.08		
6	W-1650	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	01/08/2018	Julio	1420.00	CHICO (r=6.75cm)	99.20	-28.4	±0.33	-4.70	±0.10		
6	W-1662	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	03/09/2018	Agosto	3790.00	CHICO (r=6.75cm)	264.78	-41.0	±0.27	-6.30	±0.04		
6	W-1736	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	01/10/2018	Septiembre	1860.00	CHICO (r=6.75cm)	129.94	-35.0	±0.62	-5.76	±0.05		
6	W-1749	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	01/11/2018	Octubre	960.00	CHICO (r=6.75cm)	67.07	-76.0	±0.26	-10.86	±0.07		
6	W-1761	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	01/12/2018	Noviembre	733.00	CHICO (r=6.75cm)	51.21	-31.3	±0.55	-5.48	±0.08		
6	W-1838	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	01/02/2019	Enero	10.00	CHICO (r=6.75cm)	0.70	12.7	±0.48	4.47	±0.06		
6	W-1328	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	01/08/2019	Julio	3625.00	CHICO (r=6.75cm)	253.27	-33.6	±0.48	-5.73	±0.06		
6	W-1362	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	01/10/2019	Septiembre	3860.00	CHICO (r=6.75cm)	269.68	-73.1	±0.30	-10.85	±0.13		
6	W-1363	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	01/09/2019	Agosto	2960.00	CHICO (r=6.75cm)	206.81	-49.7	±0.53	-7.65	±0.09		
6	W-1457	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	01/11/2019	Octubre	1590.00	CHICO (r=6.75cm)	111.09	-79.3	±0.43	-11.31	±0.03		
6	W-1511	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	01/12/2019	Noviembre	390.00	CHICO (r=6.75cm)	27.25	-36.3	±0.34	-5.91	±0.13		
6	W-1615	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1270.00	01/05/2020	Abril	400.00	CHICO (r=6.75cm)	27.95	0.6	±0.30	-2.20	±0.11		
6	W-1642	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1,270	01/06/2020	Mayo	57.0	CHICO (r=6.75cm)	3.98	-25.0	±0.39	-4.39	±0.07		
6	W-1672	CHILPANCINGO	17.57172	-99.51399	1,270	02/07/2020	Junio	1620.00	CHICO (r=6.75cm)	113.18	-31.0	±0.31	-5.41	±0.05		
7	W-1539	CULIACÁN	24.6351	-107.44113	30.00	02/03/2018	Febrero	32.00	CHICO (r=6.75cm)	2.24	-33.5	±0.04	-2.97	±0.01		
7	W-1622	CULIACÁN	24.6351	-107.44113	30.00	02/07/2018	Junio	655.50	CHICO (r=6.75cm)	45.79	-79.0	±0.10	-11.06	±0.04		
7	W-1651	CULIACÁN	24.6351	-107.44113	30.00	01/08/2018	Julio	400.00	CHICO (r=6.75cm)	27.94	-19.8	±0.12	-3.36	±0.04		
7	W-1663	CULIACÁN	24.6351	-107.44113	30.00	03/09/2018	Agosto	2100.00	CHICO (r=6.75cm)	146.71	-23.2	±0.05	-4.36	±0.13		
7	W-1737	CULIACÁN	24.6351	-107.44113	30.00	01/10/2018	Septiembre	4000.00	CHICO (r=6.75cm)	279.45	-40.7	±0.30	-6.64	±0.02		
7	W-1783	CULIACÁN	24.6351	-107.44113	30.00	02/01/2019	Diciembre	1000.00	GRANDE (r=11.5cm)	24.07	-19.3	±0.42	-4.31	±0.07		
7	W-1329	CULIACÁN	24.6351	-107.44113	30.00	01/08/2019	Julio	1500.00	GRANDE (r=11.5cm)	36.10	-19.9	±0.42	-3.13	±0.08		
7	W-1377	CULIACÁN	24.6351	-107.44113	30.00	03/09/2019	Agosto	6500.00	GRANDE (r=11.5cm)	156.45	-41.20	±0.33	-6.7	±0.03		
7	W-1458	CULIACÁN	24.6351	-107.44113	30.00	01/11/2019	Octubre	4000.00	GRANDE (r=11.5cm)	96.27	-41.20	±0.38	-6.7	±0.05		
7	W-1494	CULIACÁN	24.6351	-107.44113	30.00	01/12/2019	Noviembre	1400.00	GRANDE (r=11.5cm)	33.70	-31.10	±0.16	-6.1	±0.08		
7	W-1554	CULIACÁN	24.6351	-107.44113	30.00	01/02/2020	Enero	1400.00	GRANDE (r=11.5cm)	33.70	-62.23	±0.30	-9.2	±0.08		

Para obtener mejores resultados, se realizó un cálculo de los promedios pesados de los valores isotópicos medidos de cada estación, esto para conseguir un valor significativo, confiable y manejable para usar en el software GIS (Sistema de Información Geográfica).

Toda vez que se tuvieron los datos analizados, depurados y organizados se procedió a una verificación con el personal del IMTA acordando el uso de las ecuaciones propuestas para la generación de los isoscapes.

Los modelos de regresión utilizados para el procesamiento de los mapas isotópicos fueron los siguientes,

$$\delta^{18}O = -0.0013 *(\text{elevación}) - 5.5647$$

$$\delta^2H = -0.0102 *(\text{elevación}) - 33.952$$

Se realizó una optimización en el método de generación de los mapas isotópicos (isoscapes) de la República Mexicana, para ello se utilizó el modelo continuo de elevaciones mexicano CEM 3.0 disponible para uso libre en el sitio web del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), a una resolución de 90 metros, este modelo de elevación se utilizó como capa en el software QGIS, se realizaron los cálculos de las capas con las ecuaciones de los modelos de regresión, una vez generadas dichas capas se agregaron los residuos utilizando el método de interpolación Kriging, el cual realiza la adición de los residuos a la capa generada por los modelos de regresión (S. Terzer, 2013), dando como resultado una capa que incluye todos los valores generados para cada estación de la RENIP y para la predicción de los valores isotópicos del resto del país.

Cabe señalar que los isoscapes presentados en este informe muestran únicamente los datos isotópicos medidos en el laboratorio de Hidrología Isotópica del IMTA. Por lo tanto, es una forma de representar visualmente los resultados de las mediciones de los últimos tres años a partir de que se instaló la primera etapa de la RENIP. Para obtener un mapa de predicción confiable es necesario contar con una base de datos de medición de por lo menos cinco años consecutivos.

Los mapas isotópicos fueron generados con información de las mediciones obtenidas hasta el mes de julio del 2020, los mapas tendrán que ajustarse agregando los valores de los meses faltantes del año 2020.

Los mapas isotópicos (isoscapes) generados con la información de las mediciones del primer semestre del 2020 en formato PDF se anexan al presente informe.

7.2. Determinación de trayectorias de masas de aire asociadas a datos isotópicos de la RENIP

La determinación de trayectorias de masas de aire es relevante para el estudio de las aguas atmosféricas, superficiales y subterráneas, esta herramienta permite asociar, determinar y depurar los orígenes de las fuentes de humedad que inciden sobre las muestras de agua captadas en las 28 estaciones instaladas en el territorio nacional que forman parte de la RENIP.

Esta herramienta ayuda a identificar la incidencia de eventos extraordinarios (huracanes, tormentas tropicales, sequías, etc.) y eventualmente asociar valores isotópicos de las deltas de los isótopos estables del O18 y 2H a los orígenes de las fuentes de humedad, es decir, se podrían identificar los orígenes de esas fuentes de humedad por temporadas del comportamiento de lluvia (lluvia, estiaje) para las diferentes zonas del país, esto ayudaría a comprender el comportamiento de las aguas atmosféricas y la incidencia que tienen los orígenes de las fuentes de humedad en el ciclo hidrológico para las diversas zonas del territorio nacional.

La herramienta utilizada es el modelo HYSPLIT (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory) el cual es un sistema completo para realizar el cálculo de trayectorias simples de paquetes de aire, al igual que realiza simulaciones complejas de transporte, dispersión, transformación química y deposición de sustancias químicas peligrosas y contaminación. El modelo HYSPLIT es muy utilizado en la comunidad de ciencias atmosféricas siendo uno de los modelos de transporte y dispersión atmosférica más reconocidos a nivel mundial.

Una aplicación común es un análisis de trayectoria en modo backward para determinar el origen de las masas de aire y establecer relaciones fuente-receptor.

El método de cálculo del modelo es un híbrido entre el enfoque lagrangiano, que utiliza un marco de referencia móvil para los cálculos de advección y difusión a medida que las trayectorias o parcelas aéreas se mueven desde su ubicación inicial, y la metodología Euleriana, que utiliza una cuadrícula tridimensional fija como un marco de referencia para calcular las concentraciones de contaminantes en el aire (el nombre del modelo, que ya no significaba acrónimo, originalmente reflejaba este enfoque computacional híbrido).. (NOAA, 2019)

Isotópicamente los dos diferentes regímenes de lluvia en México (lluvia y sequía) son muy marcados, la delta del oxígeno 18 en temporadas de sequías tiene valores más enriquecidos, mientras que para la temporada de lluvias la delta del oxígeno 18 es más empobrecida, lo mismo ocurre con las estaciones de monitoreo instaladas cerca de la costa por lo regular esas muestras son más enriquecidas por el efecto continental.

Las trayectorias de aire generadas para dos periodos importantes del comportamiento de lluvia en México se muestran a continuación, se pueden observar los orígenes de esas masas de aire que pueden indicarnos de donde provienen esas masas y así relacionar el origen con los resultados de las mediciones de isotopos para cada región del país.

El primer periodo importante del comportamiento de lluvia en México se presenta en los meses de febrero y marzo, cabe señalar que por la extensión del país el comportamiento y distribución de las lluvias presentadas no es el mismo, por un lado, la zona sur y centro del país presentan un comportamiento de lluvias escasas o nulas (estiaje) para estos meses, mientras que para la zona norte del país para los mismos meses se presenta un comportamiento de lluvias constantes y abundantes.

El segundo periodo importante del comportamiento de lluvia en México se presenta en los meses de mayo y junio, de la misma forma debido a la extensión del país, el comportamiento y distribución de las lluvias presentadas no es el mismo en todo el territorio nacional, por un lado, la zona sur y centro del país presentan lluvias abundantes y constantes para estos meses, mientras que para el norte del país el comportamiento de las lluvias es escaso o nulo.

Las trayectorias calculadas se pueden observar en las siguientes figuras, en la cual se indica el periodo de muestreo y la fecha de muestreo para cada estación que integra la RENIP.

La composición isotópica de hidrógeno($\delta^2\text{H}$) y oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) de precipitación proporciona información importante sobre la huella digital de las moléculas de agua y permite la identificación de fuentes de humedad d, condiciones de humedad atmosférica evaporada y patrones de trayectoria de masa de aire.

La fuente de humedad es el predictor más importante del contenido de isótopos de precipitación. Existen numerosos modelos numéricos para estudiar las fuentes de humedad, pero el modelo HYSPLIT se ha utilizado en diversos estudios de isótopos estables para el seguimiento de las fuentes de precipitación de humedad. Algunos de estos estudios, consideran el exceso de deuterio como huellas digitales confiables para estudiar las fuentes de humedad responsables de la precipitación. La humedad liberada a partir de las masas de agua con una temperatura de superficie de alta mar (TSM) y una humedad relativa baja normalmente muestran un alto exceso de deuterio ($d\text{-excess} = \delta^2\text{H} - 8 \times \delta^{18}\text{O}$), mientras que la precipitación procedente de cuerpos de agua con una TSM baja y una humedad relativa alta normalmente tendrán bajo o moderado exceso de deuterio. (Mojtaba Heydarizad, 2019)

Estación Ciudad Juárez, periodo de muestreo: Marzo del 2020

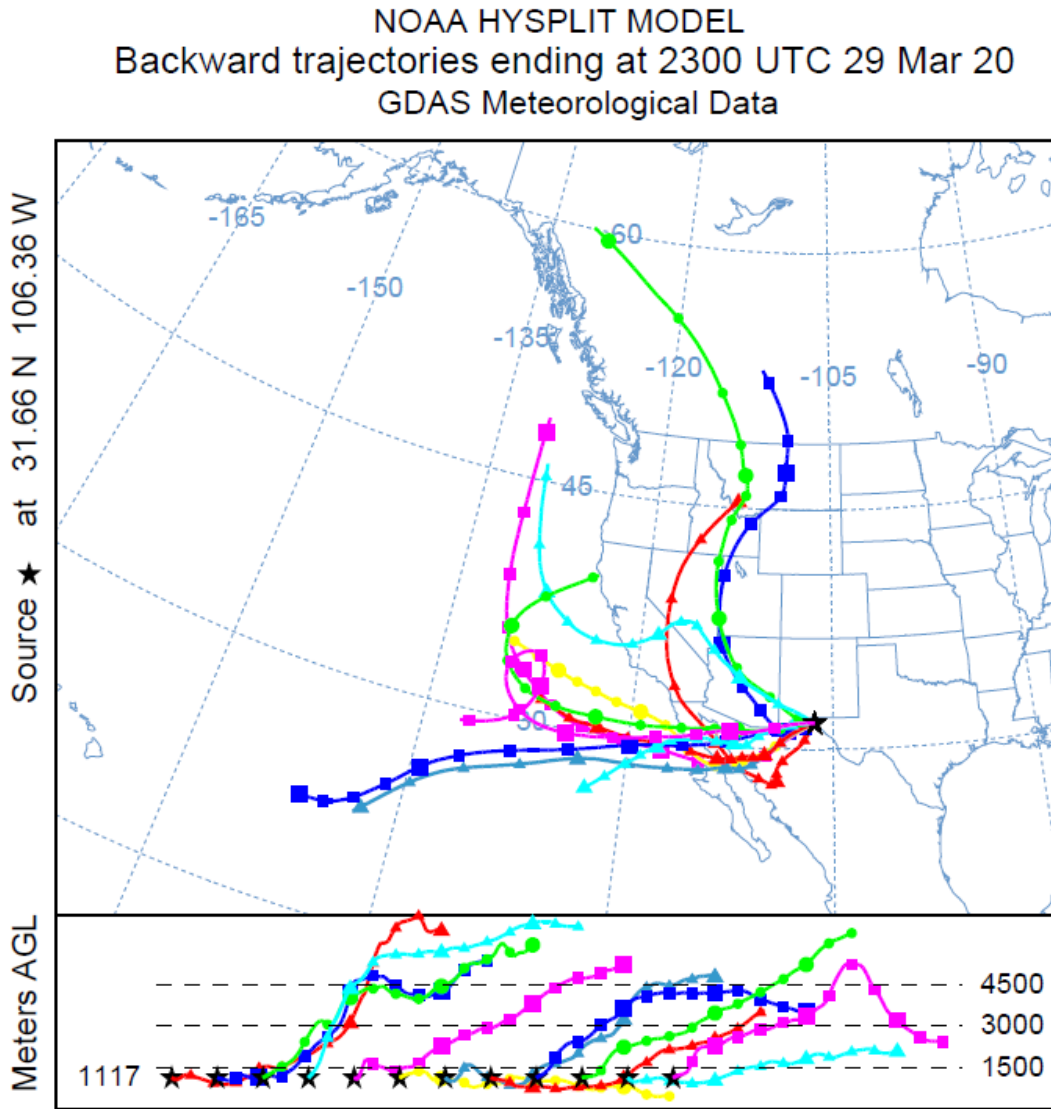


Figura 51 Estación Ciudad Juárez, marzo del 2020

Estación Ciudad Juárez, periodo de muestreo: Junio del 2020

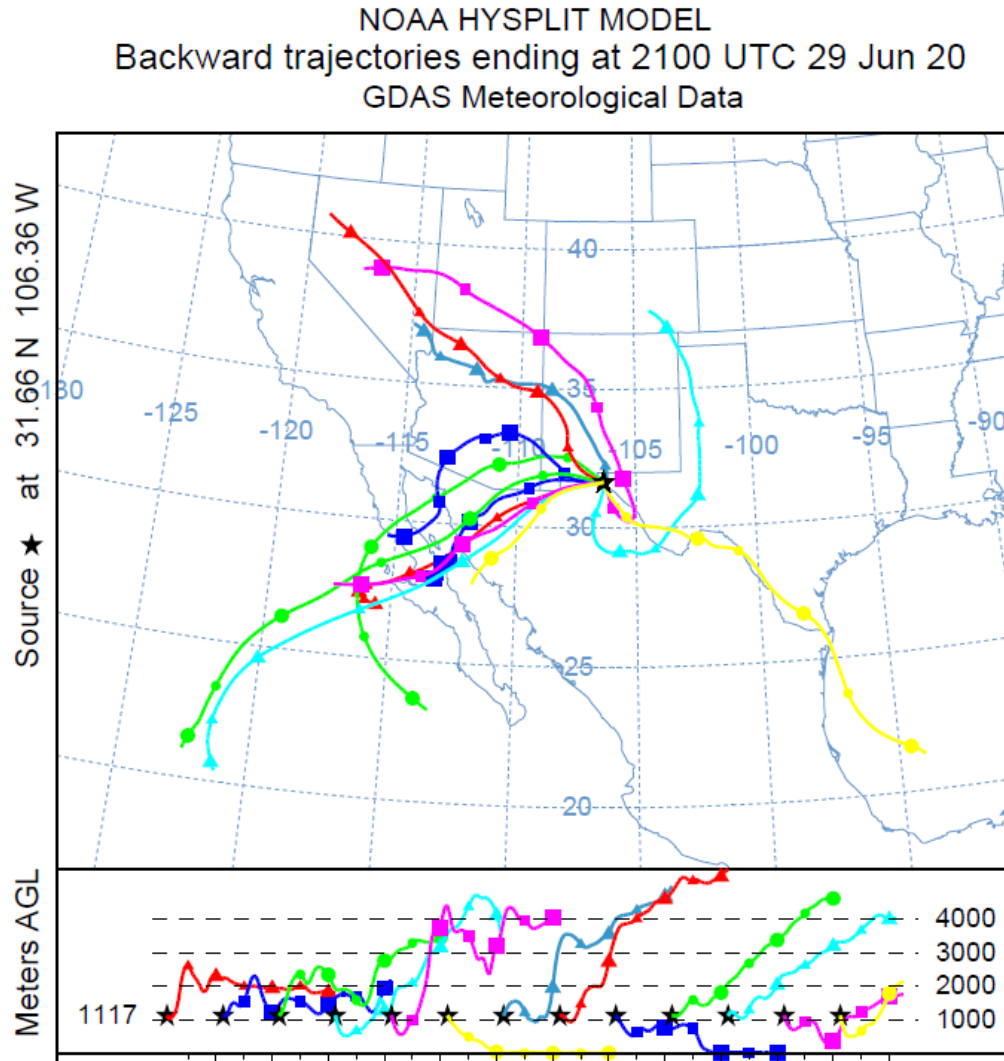


Figura 52 Estación Ciudad Juárez, junio del 2020

Estación Ciudad Victoria, periodo de muestreo: Febrero del 2020

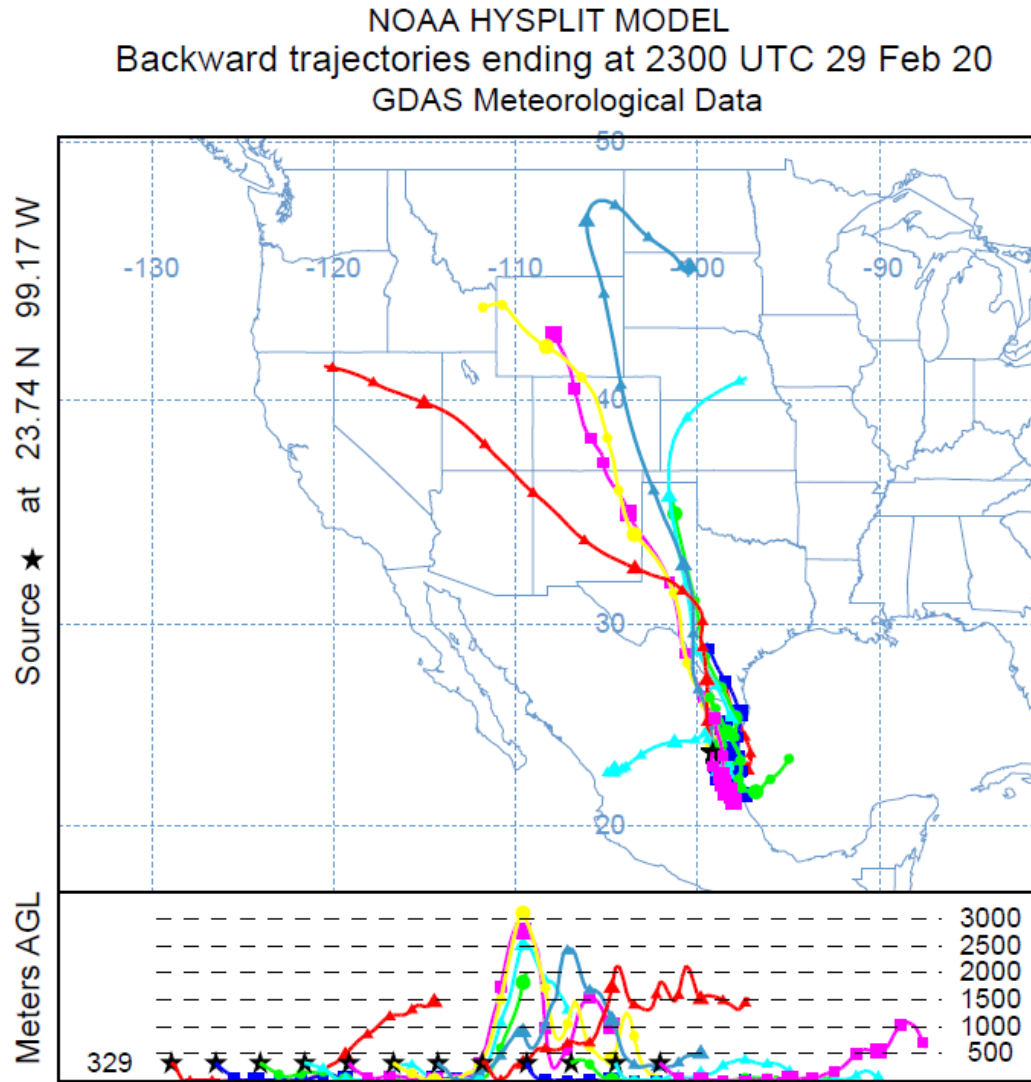


Figura 53 Estación Ciudad Victoria, febrero del 2020

Estación Ciudad Victoria, periodo de muestreo: Junio del 2020

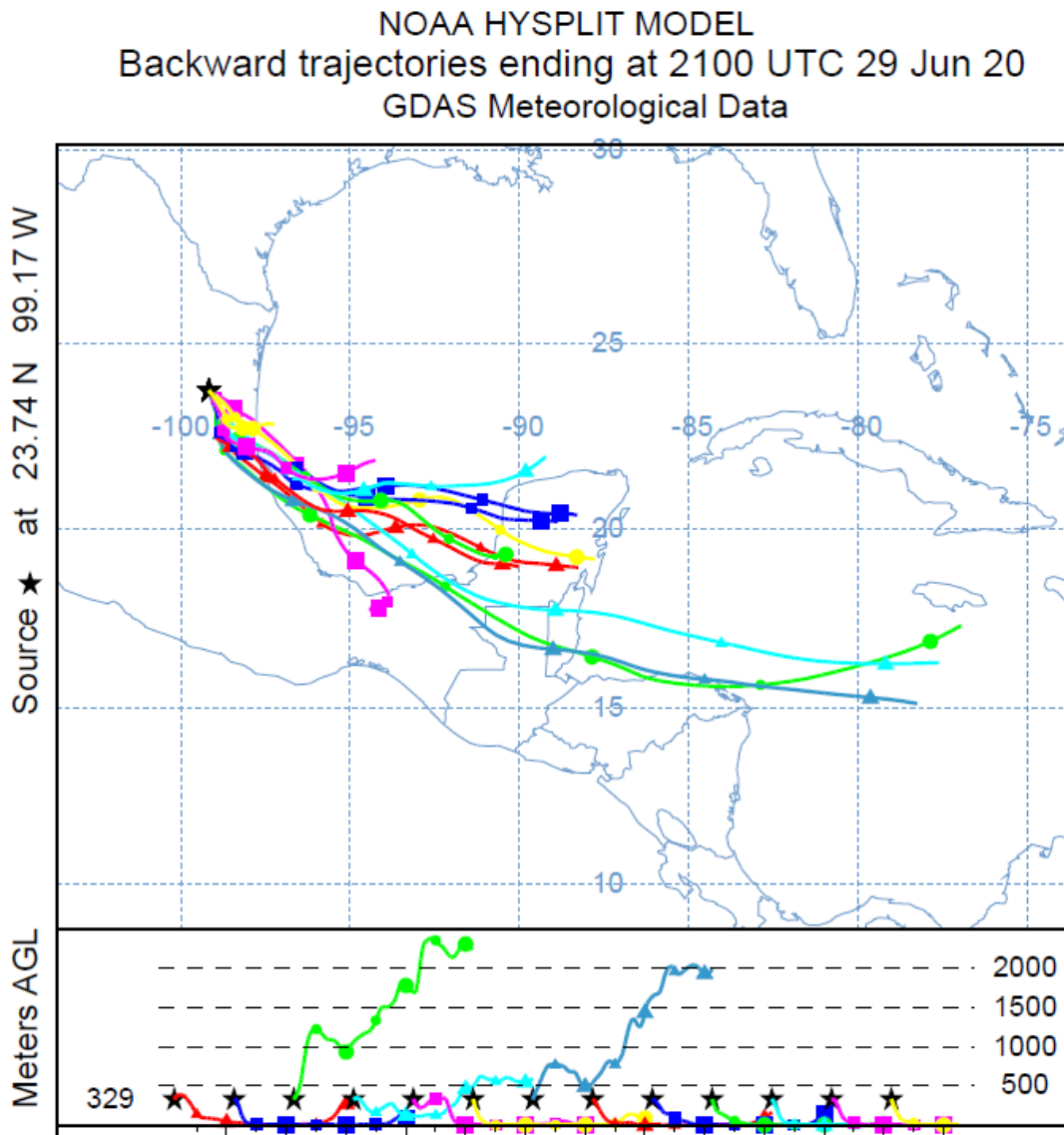


Figura 54 Estación Ciudad Victoria, junio del 2020

Estación Chetumal, periodo de muestreo: Marzo del 2020

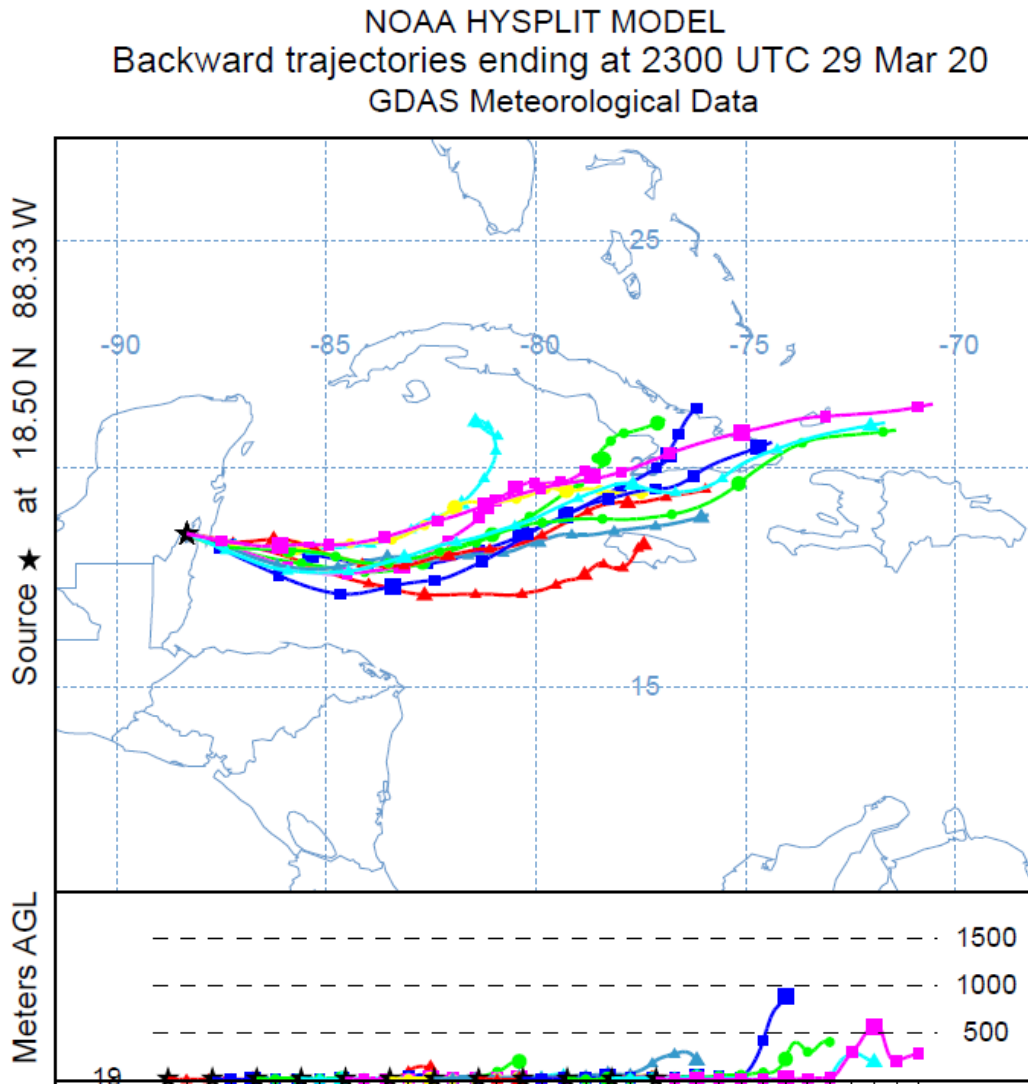


Figura 55 Estación Chetumal, marzo 2020

Estación Chetumal, periodo de muestreo: Mayo del 2020

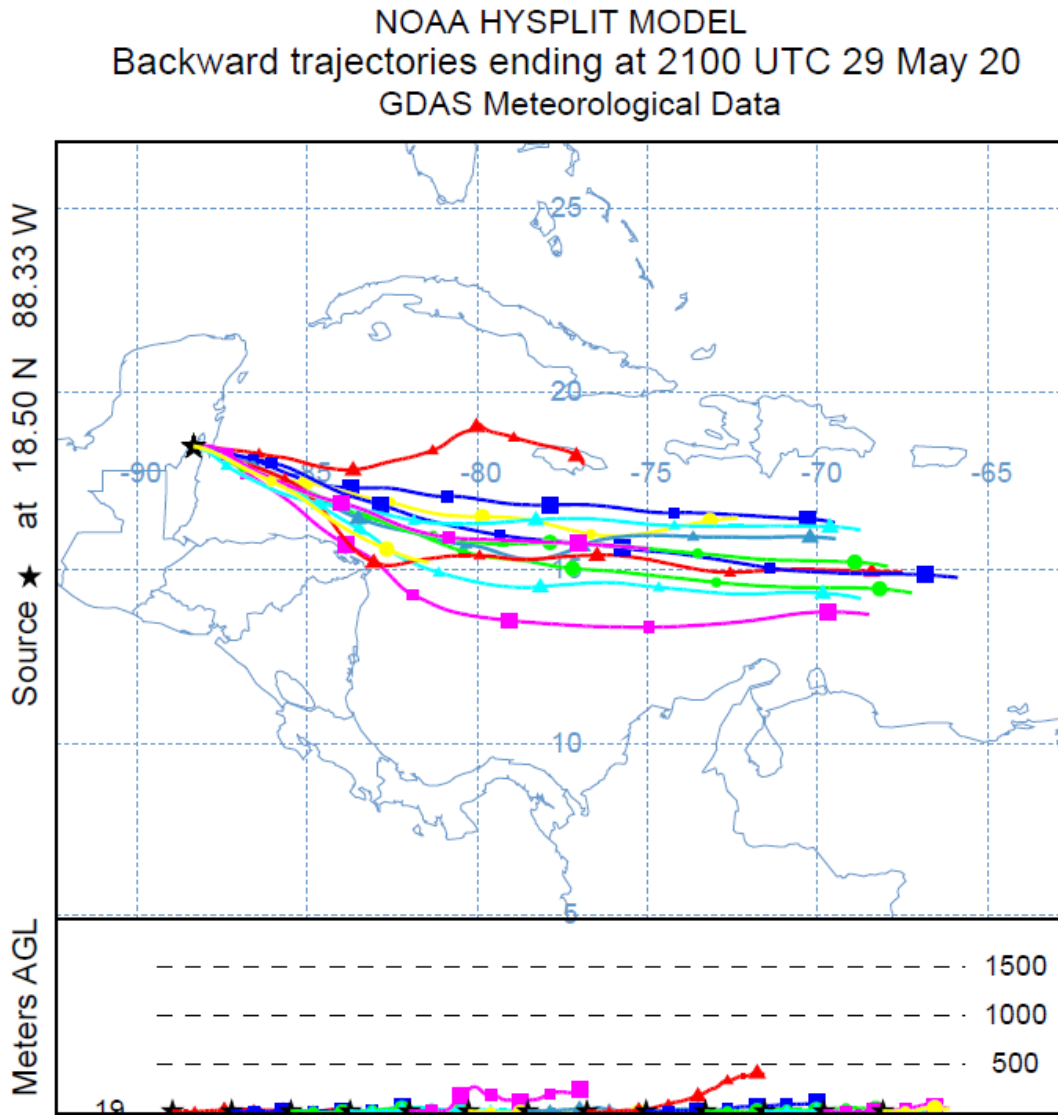


Figura 56 Estación Chetumal, mayo 2020

Estación Chiconautla II, periodo de muestreo: Marzo del 2020

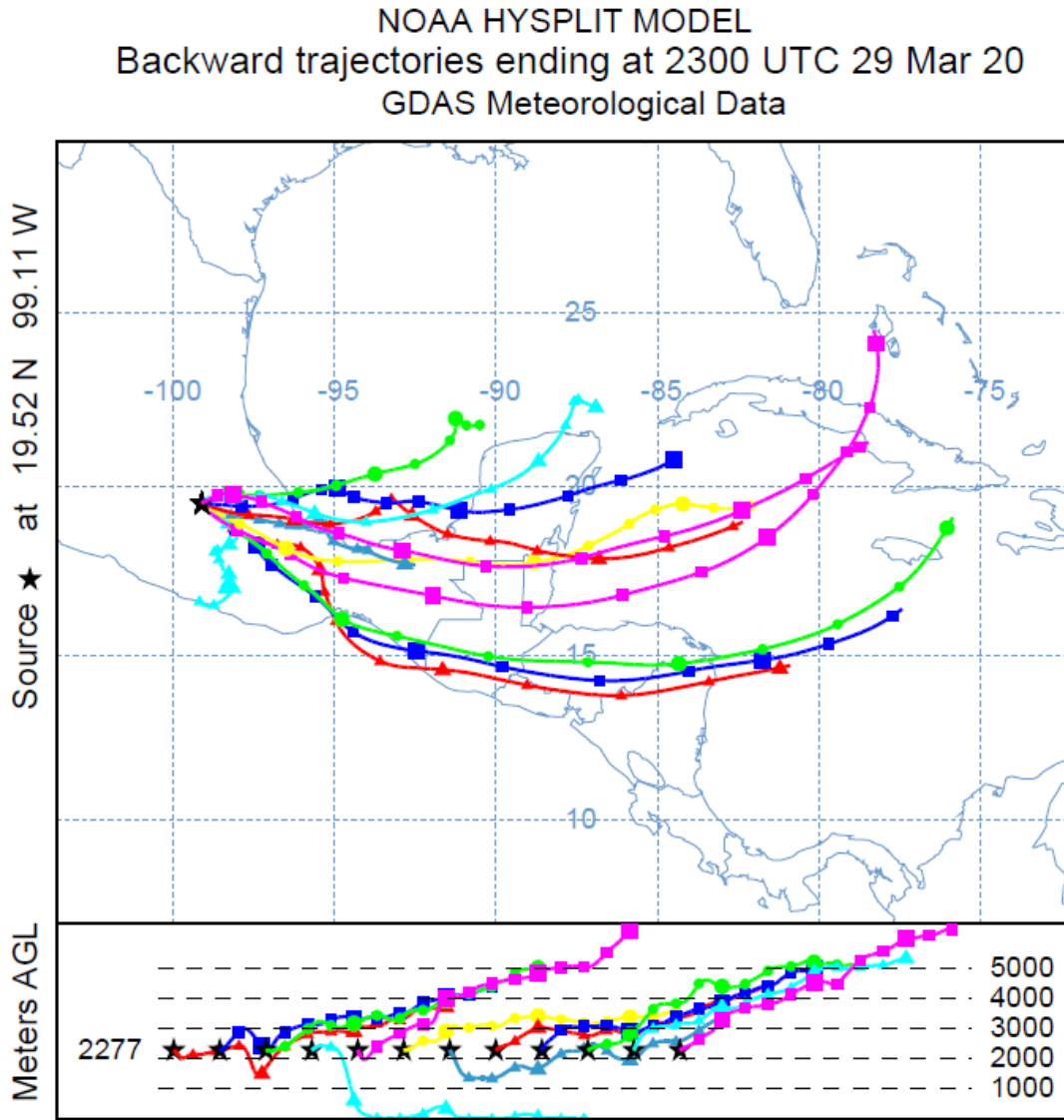


Figura 57 Estación Chiconautla II, marzo del 2020

Estación Chiconautla II, periodo de muestreo: Junio del 2020

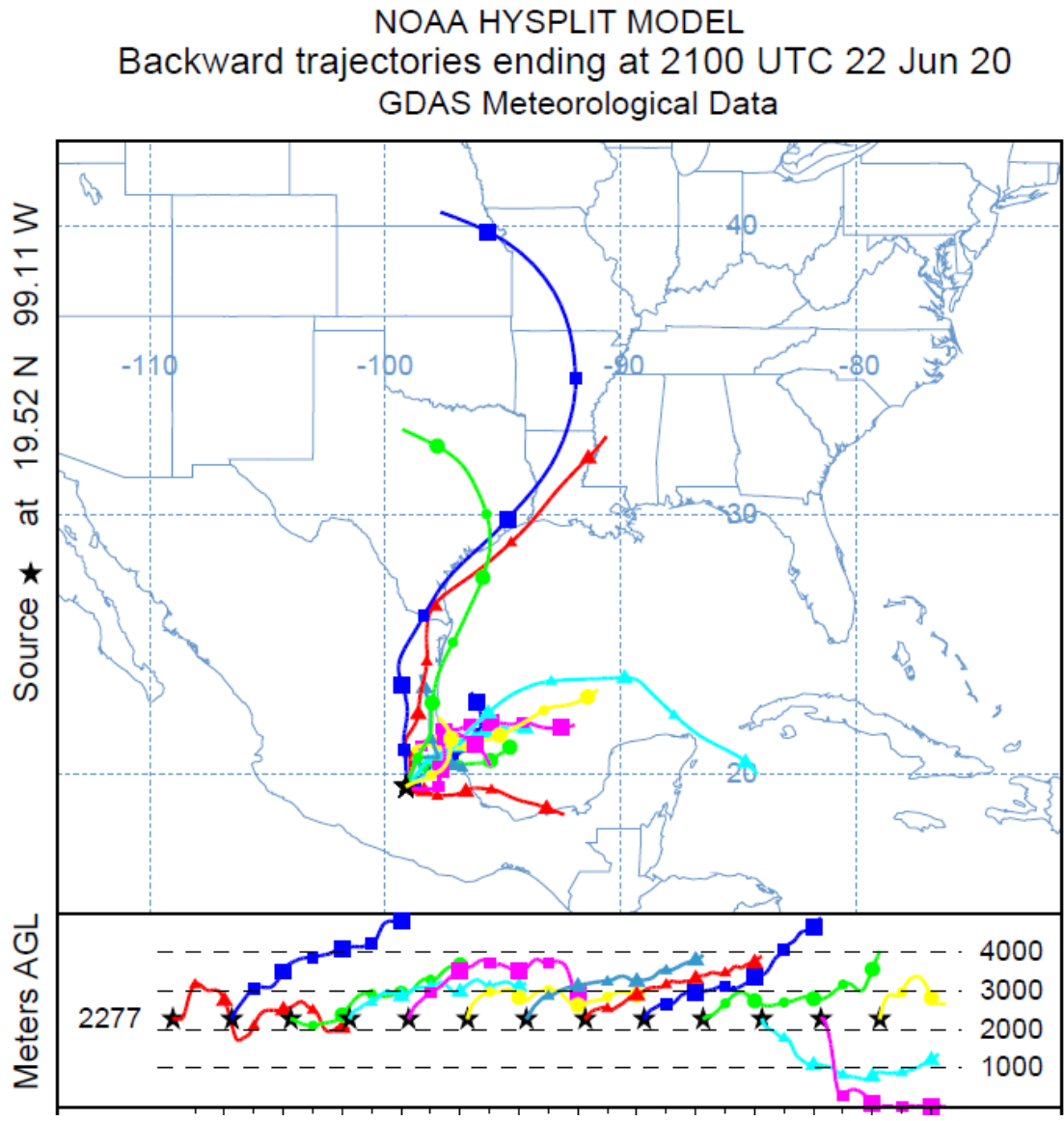


Figura 58 Estación Chiconautla II, junio del 2020

Estación Chihuahua, periodo de muestreo: Febrero del 2020

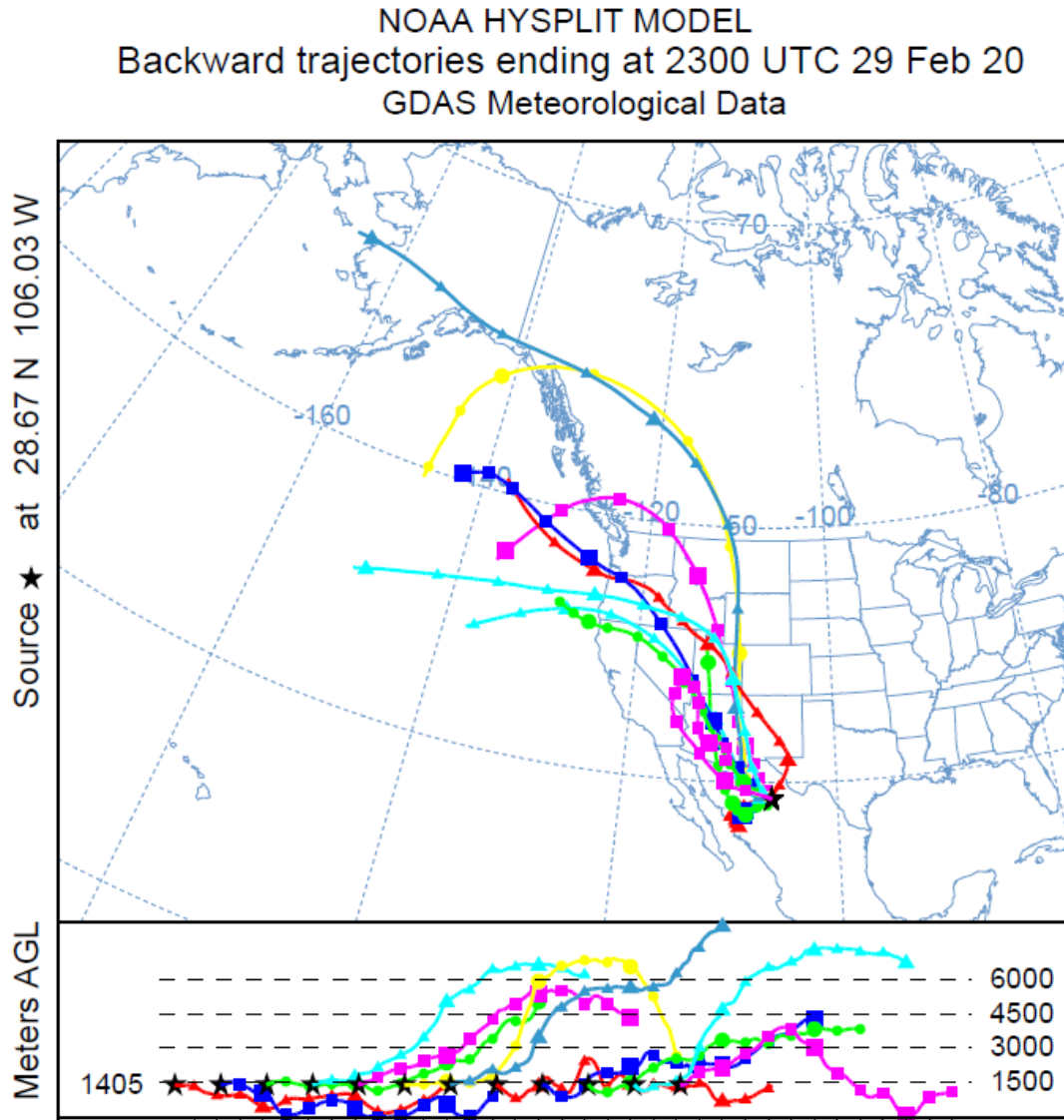


Figura 59 Estación Chihuahua, febrero del 2020

Estación Chihuahua, periodo de muestreo: Junio del 2020

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 2100 UTC 29 Jun 20
GDAS Meteorological Data

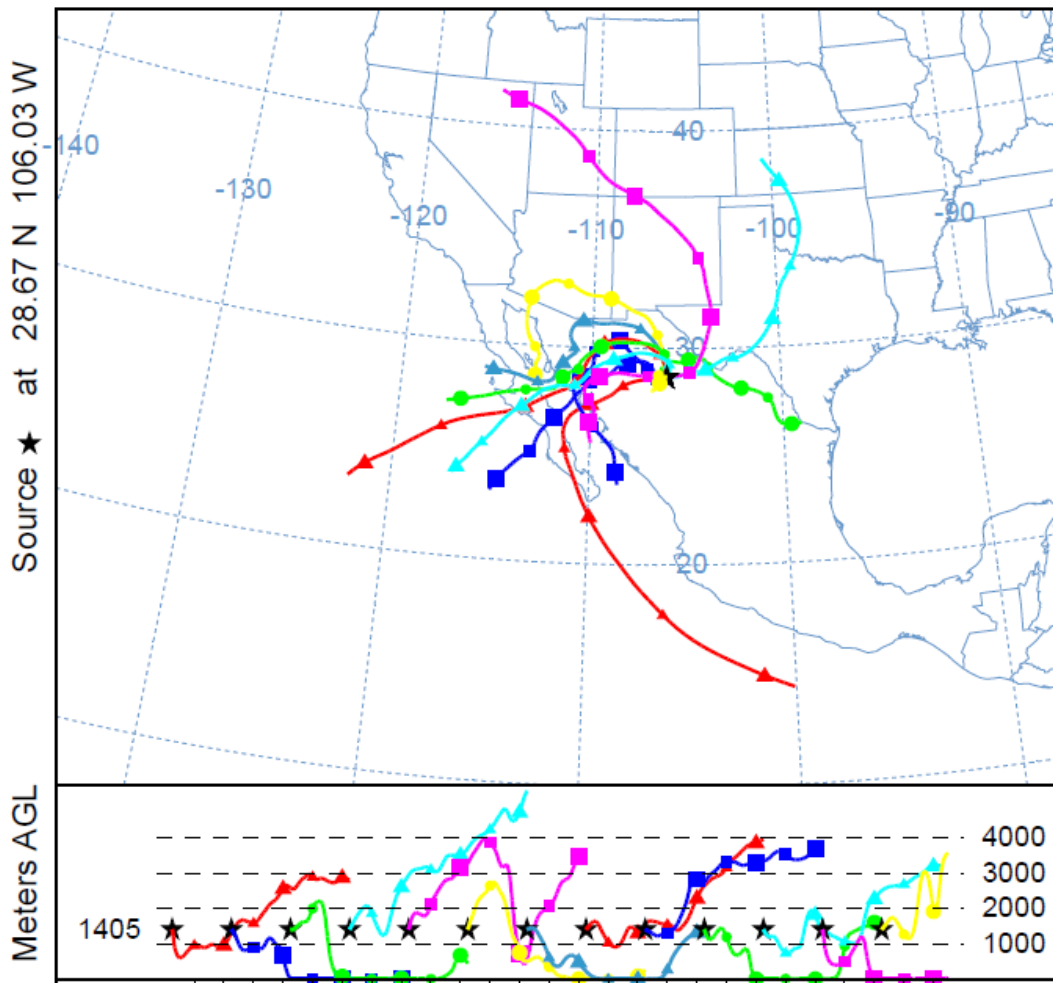


Figura 60 Estación Chihuahua, junio del 2020

Estación Chilpancingo, periodo de muestreo: Marzo del 2020

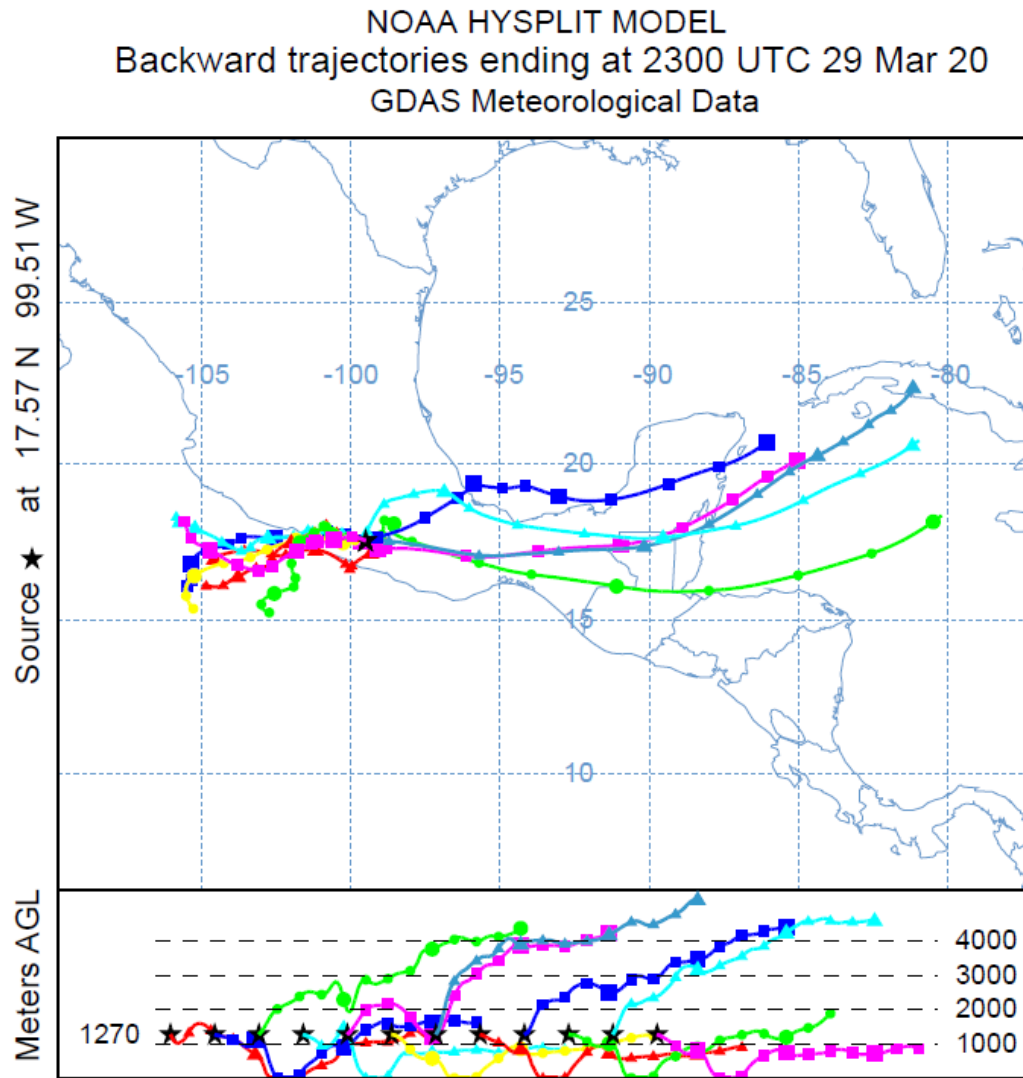


Figura 61 Estación Chilpancingo, marzo del 2020

Estación Chilpancingo, periodo de muestreo: Junio del 2020

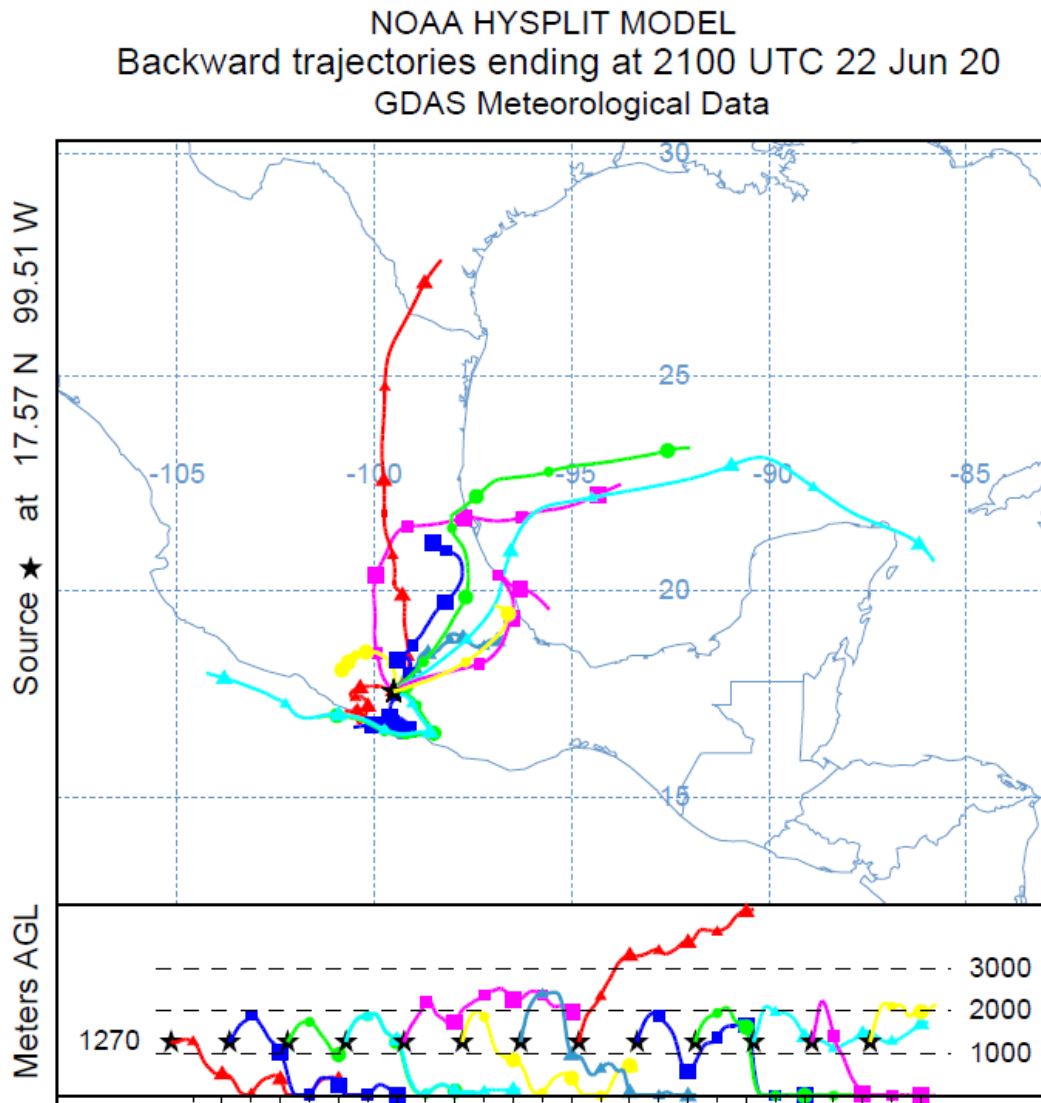


Figura 62 Estación Chilpancingo, junio del 2020

Estación Culiacán, periodo de muestreo: Febrero del 2020

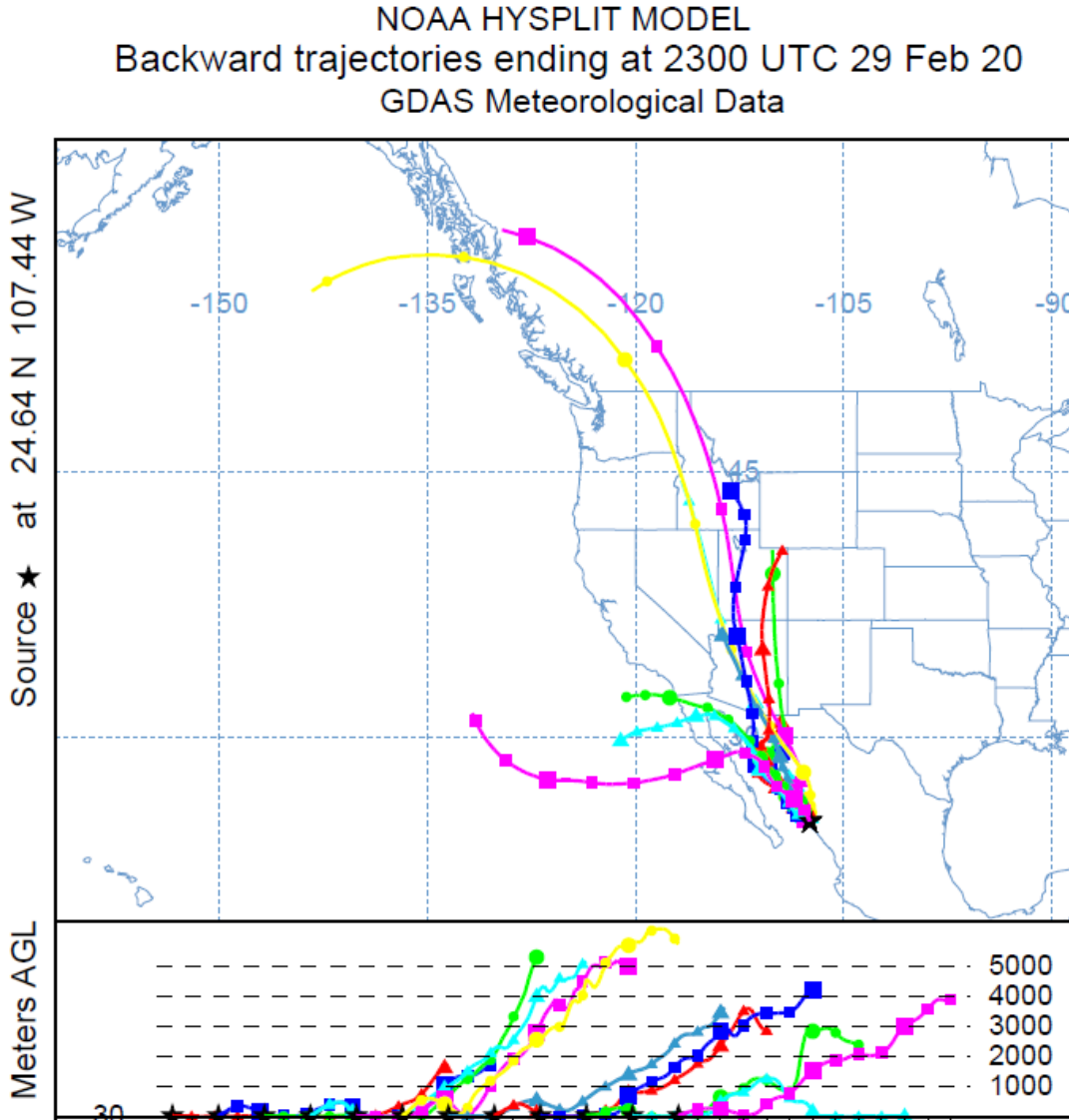


Figura 63 Estación Culiacán, febrero del 2020

Estación Culiacán, periodo de muestreo: Junio del 2020

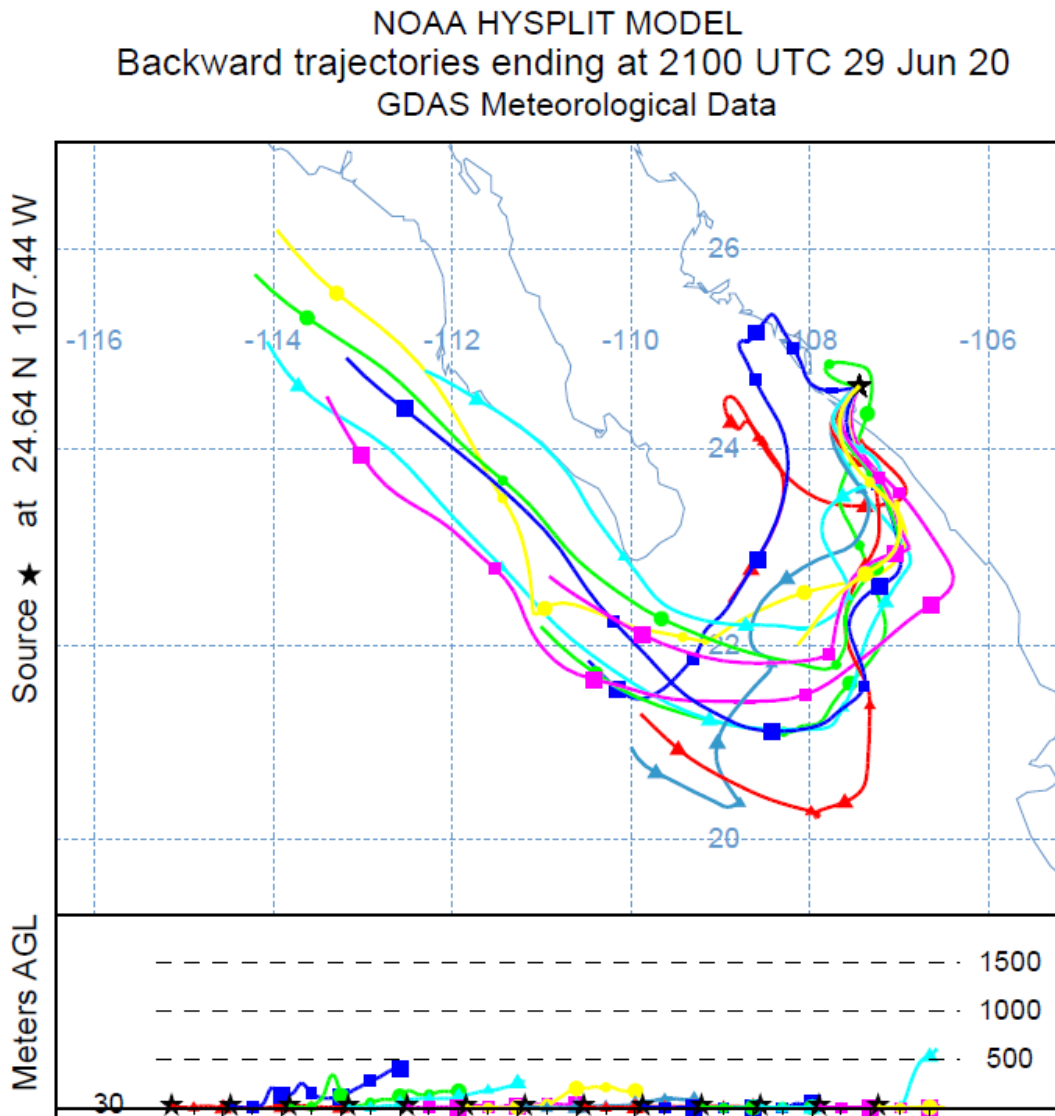


Figura 64 Estación Culiacán, junio del 2020

Estación Durango, periodo de muestreo: Marzo del 2020

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 2300 UTC 29 Mar 20
GDAS Meteorological Data

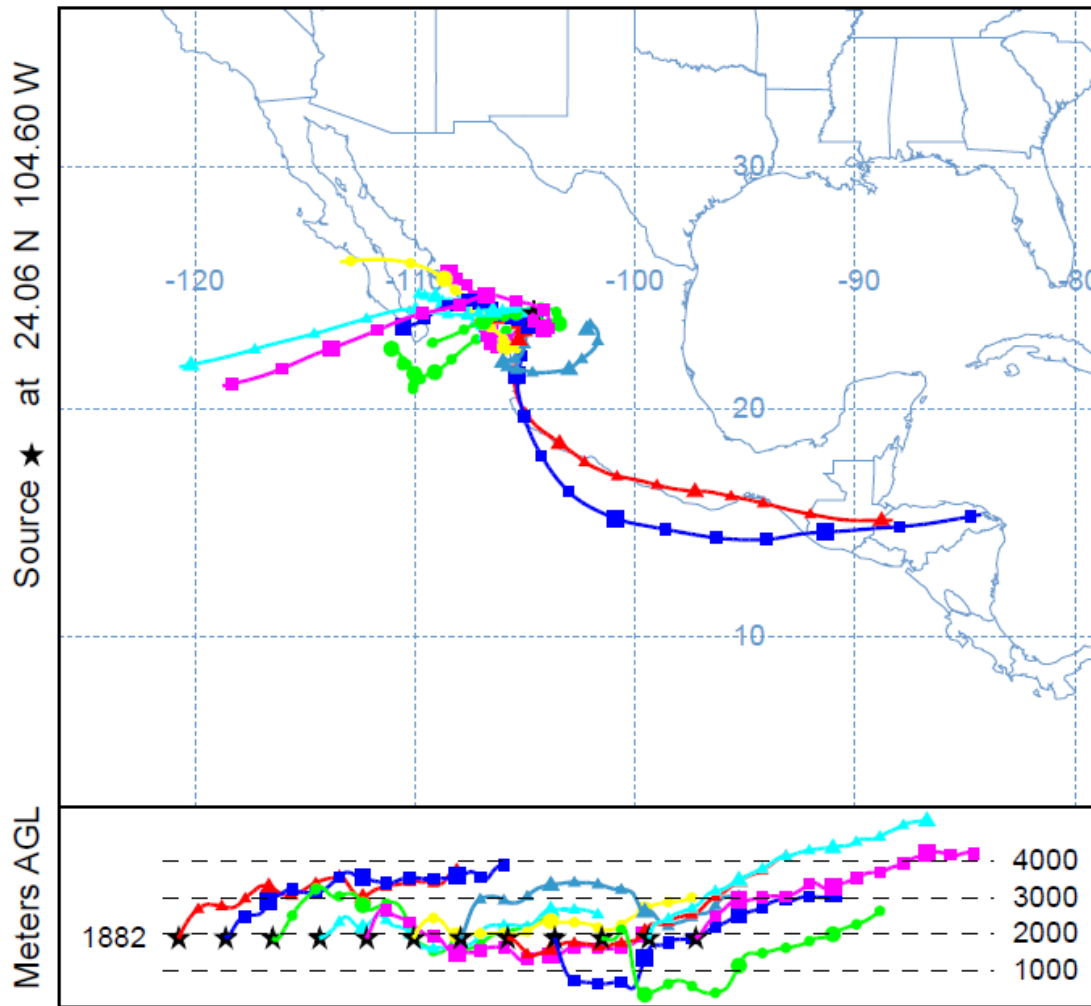


Figura 65 Estación Durango, marzo del 2020

Estación Durango, periodo de muestreo: Junio del 2020

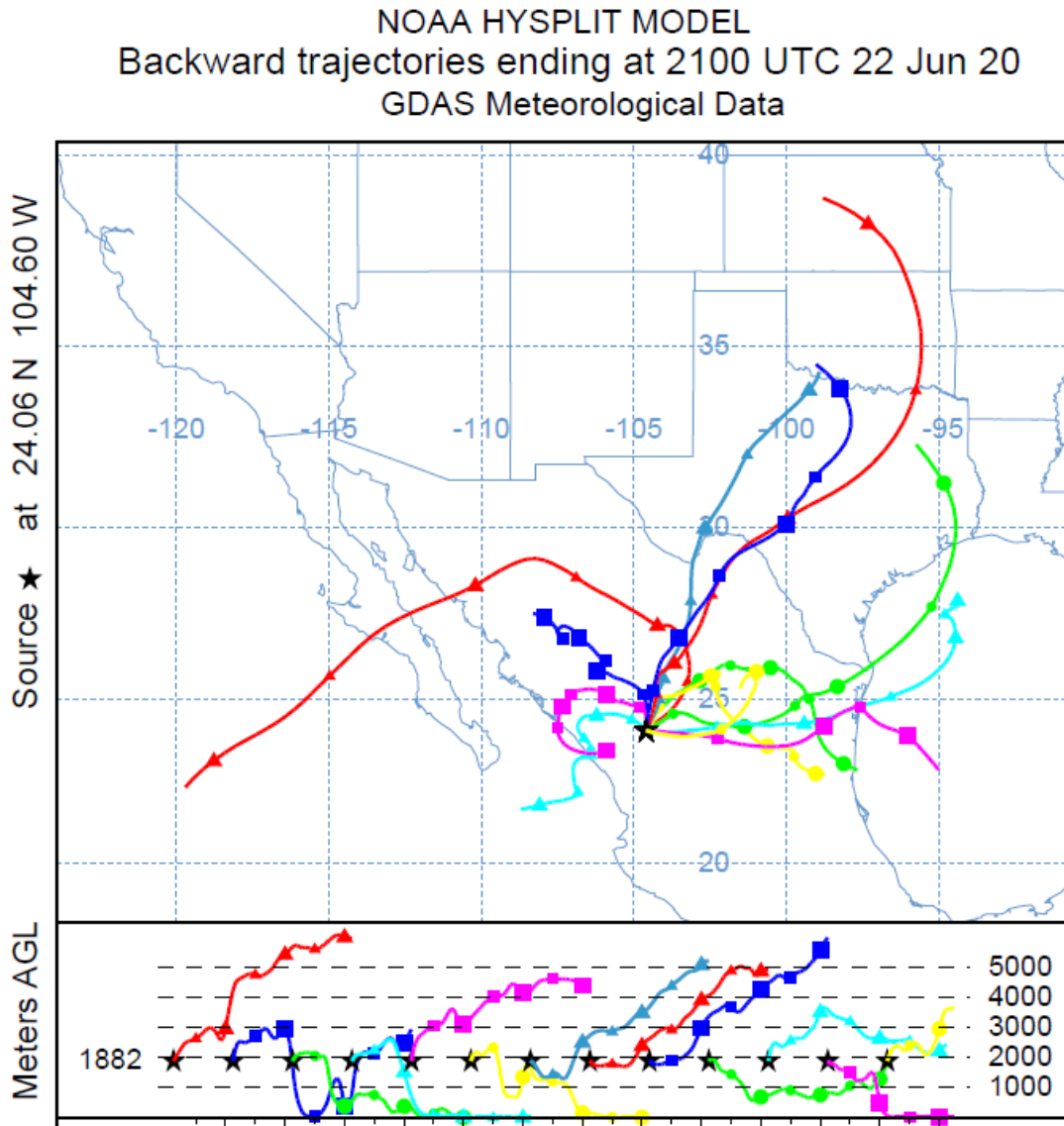


Figura 66 Estación Durango, junio del 2020

Estación Guadalajara, periodo de muestreo: Febrero del 2020

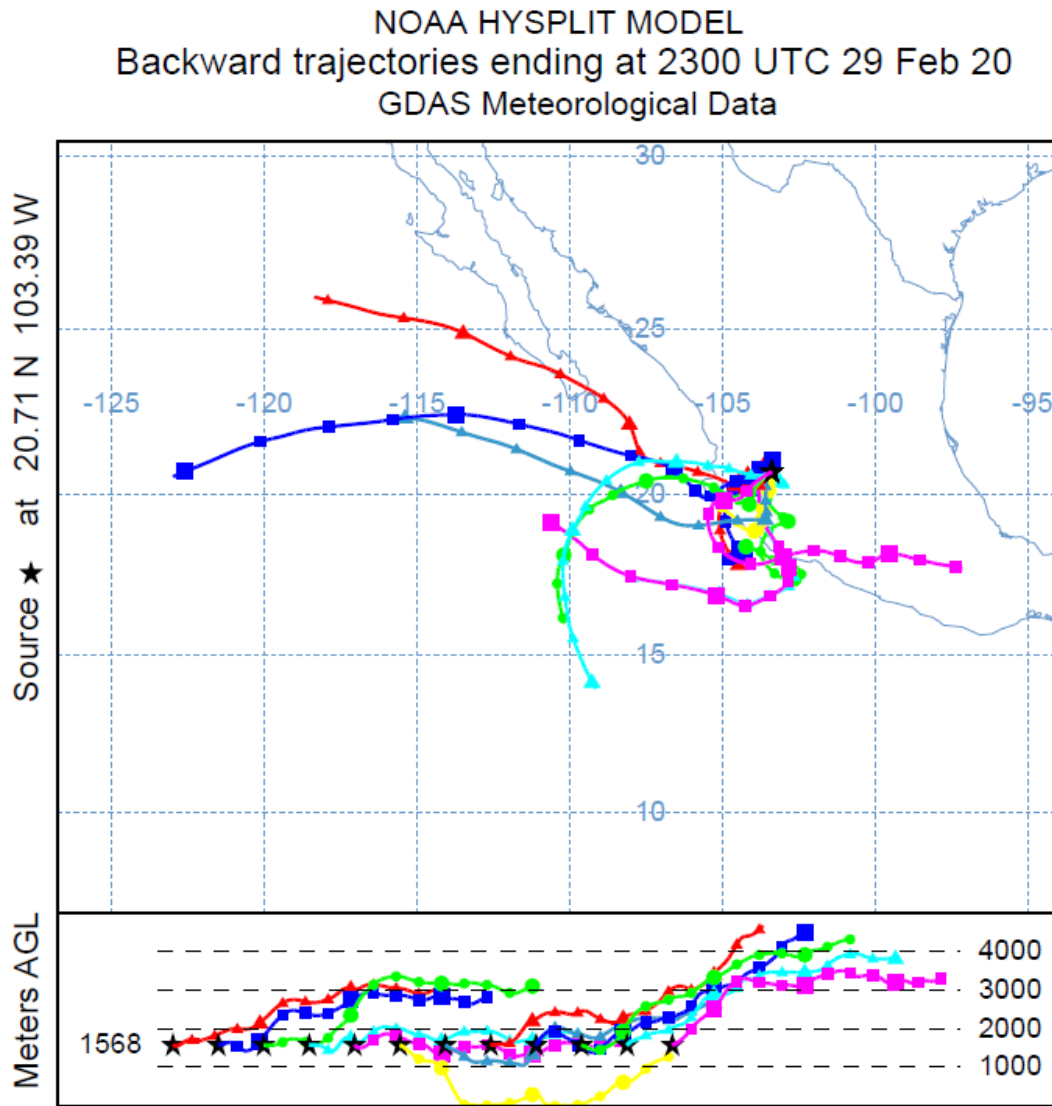


Figura 67 Estación Guadalajara, febrero del 2020

Estación Guadalajara, periodo de muestreo: Junio del 2020

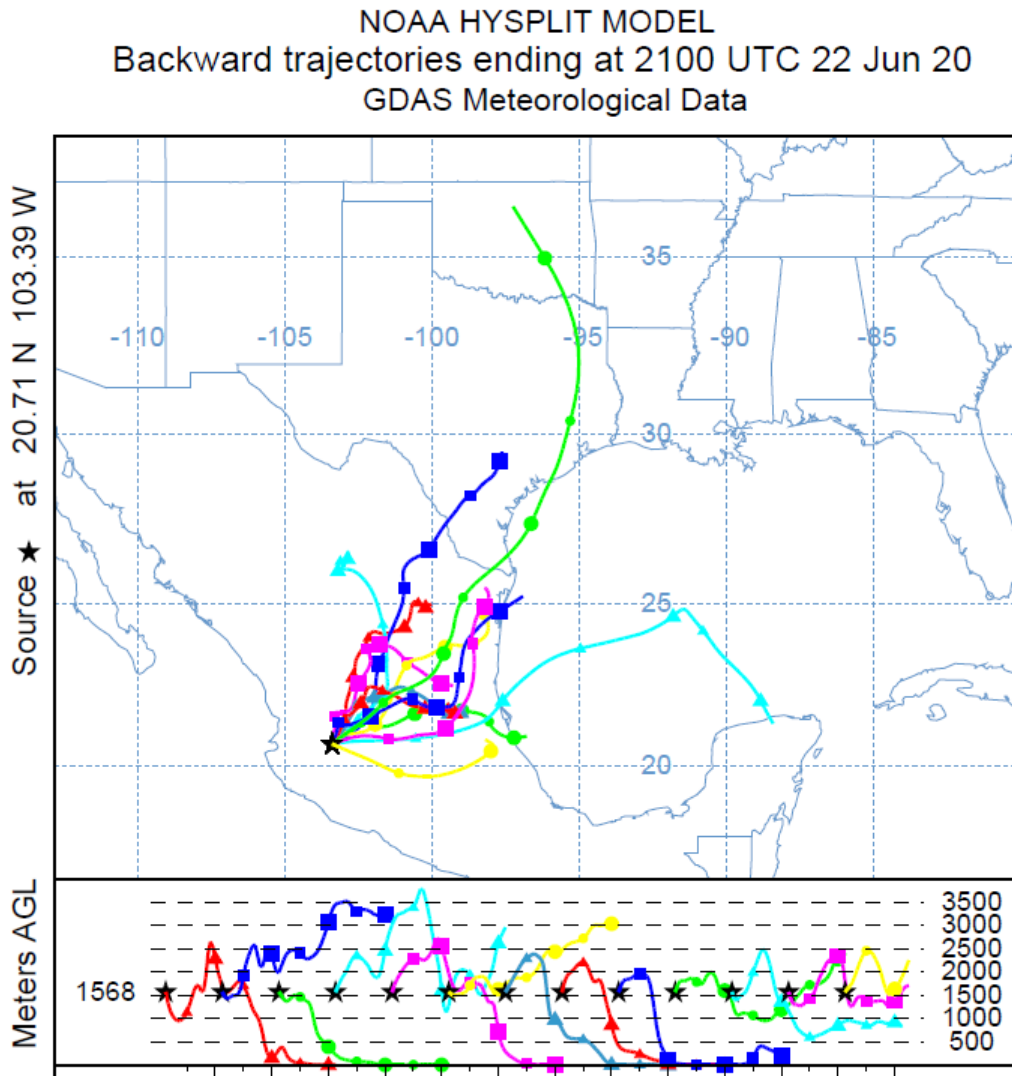


Figura 68 Estación Guadalajara, junio del 2020

Estación Hermosillo, periodo de muestreo: Marzo del 2020

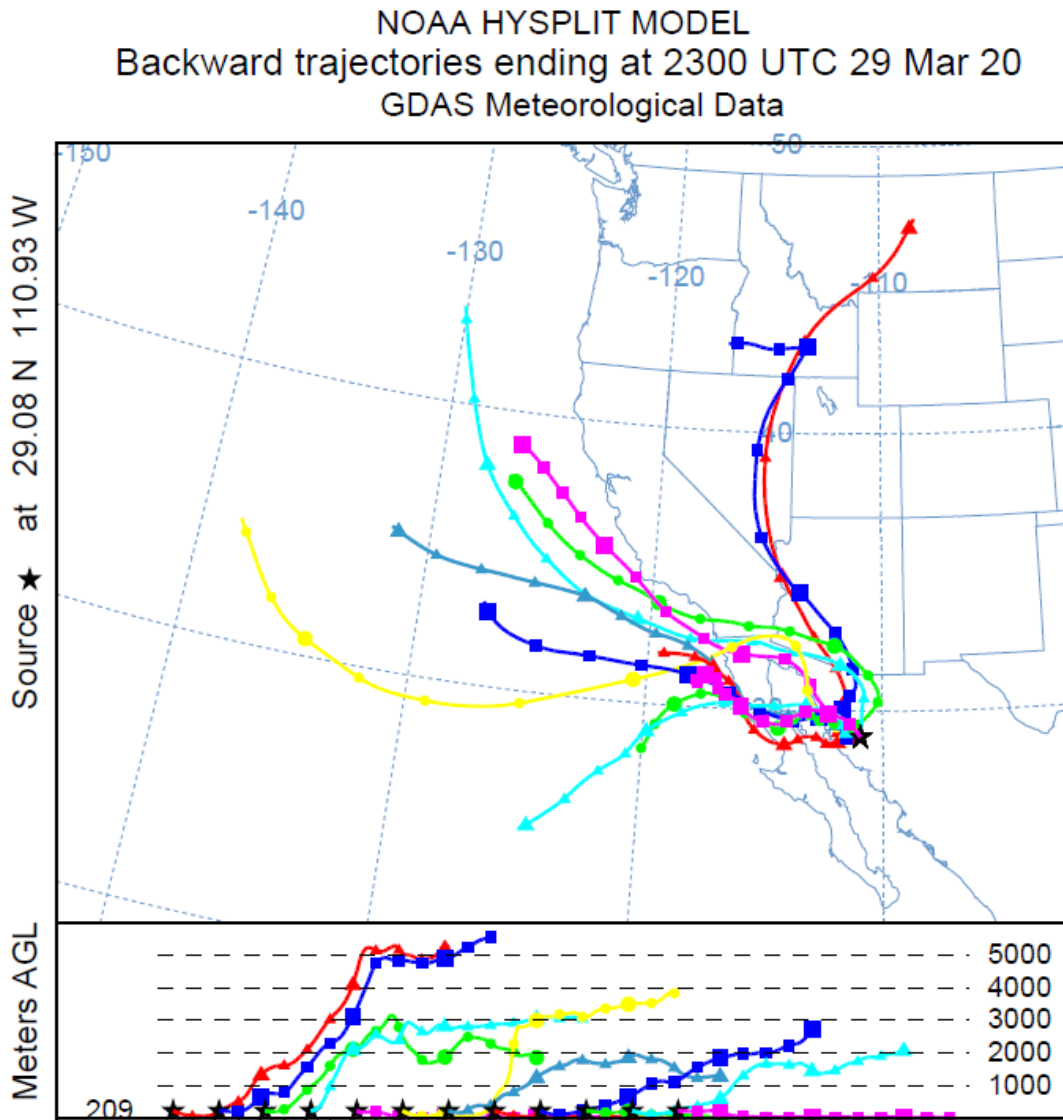


Figura 69 Estación Hermosillo, marzo del 2020

Estación Hermosillo, periodo de muestreo: Junio del 2020

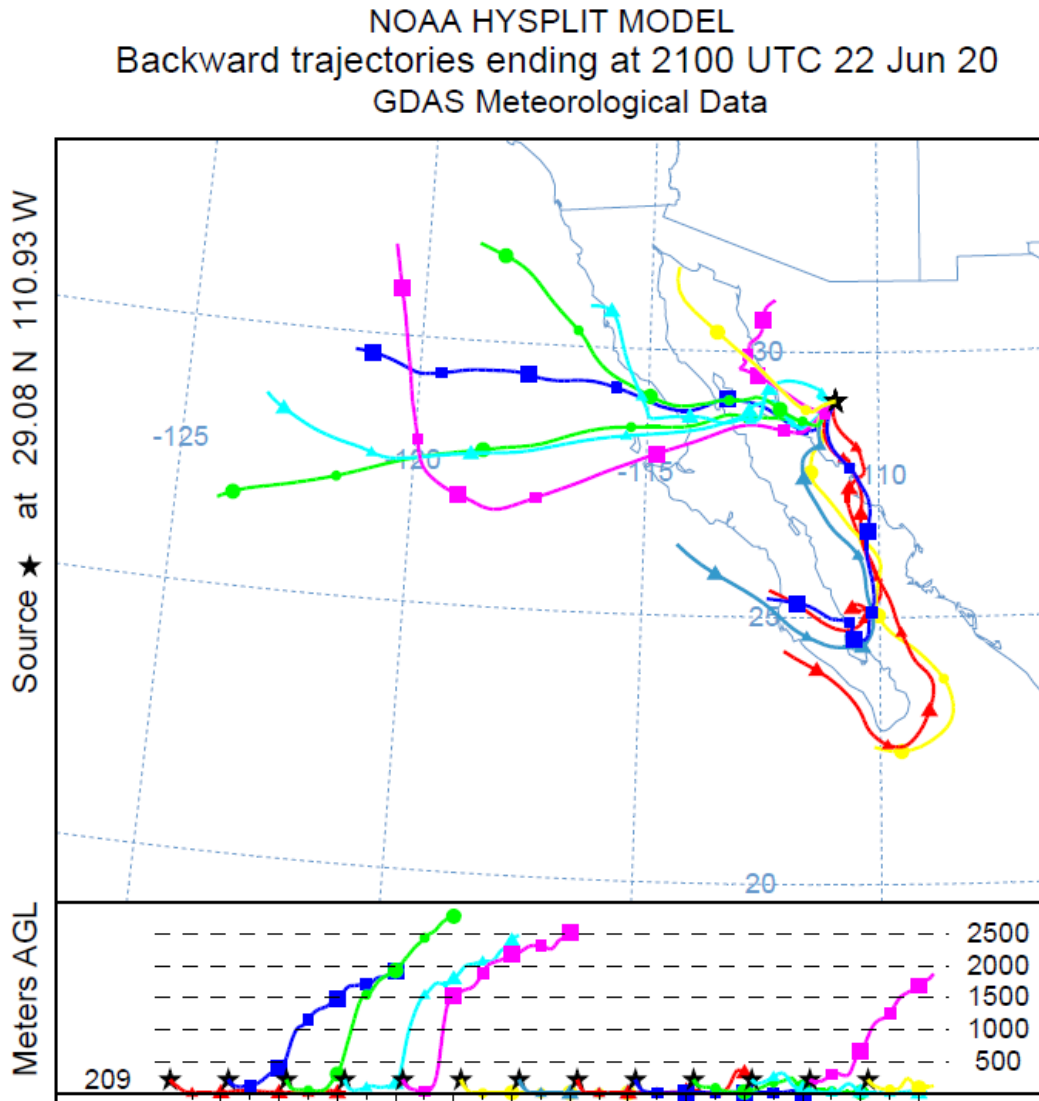


Figura 70 Estación Hermosillo, junio del 2020

Estación IMTA, periodo de muestreo: Febrero del 2020

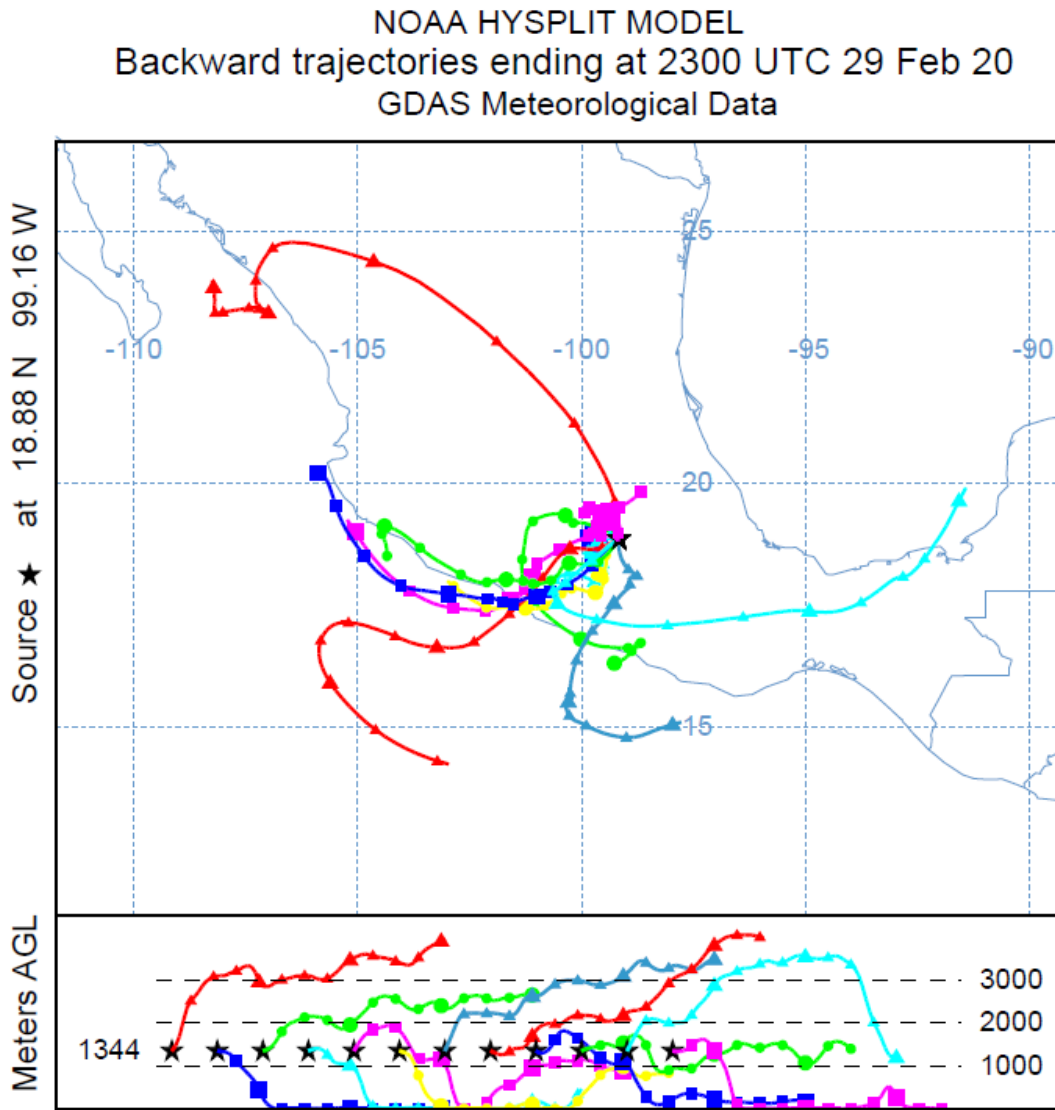


Figura 71 Estación IMTA, febrero del 2020

Estación IMTA, periodo de muestreo: Junio del 2020

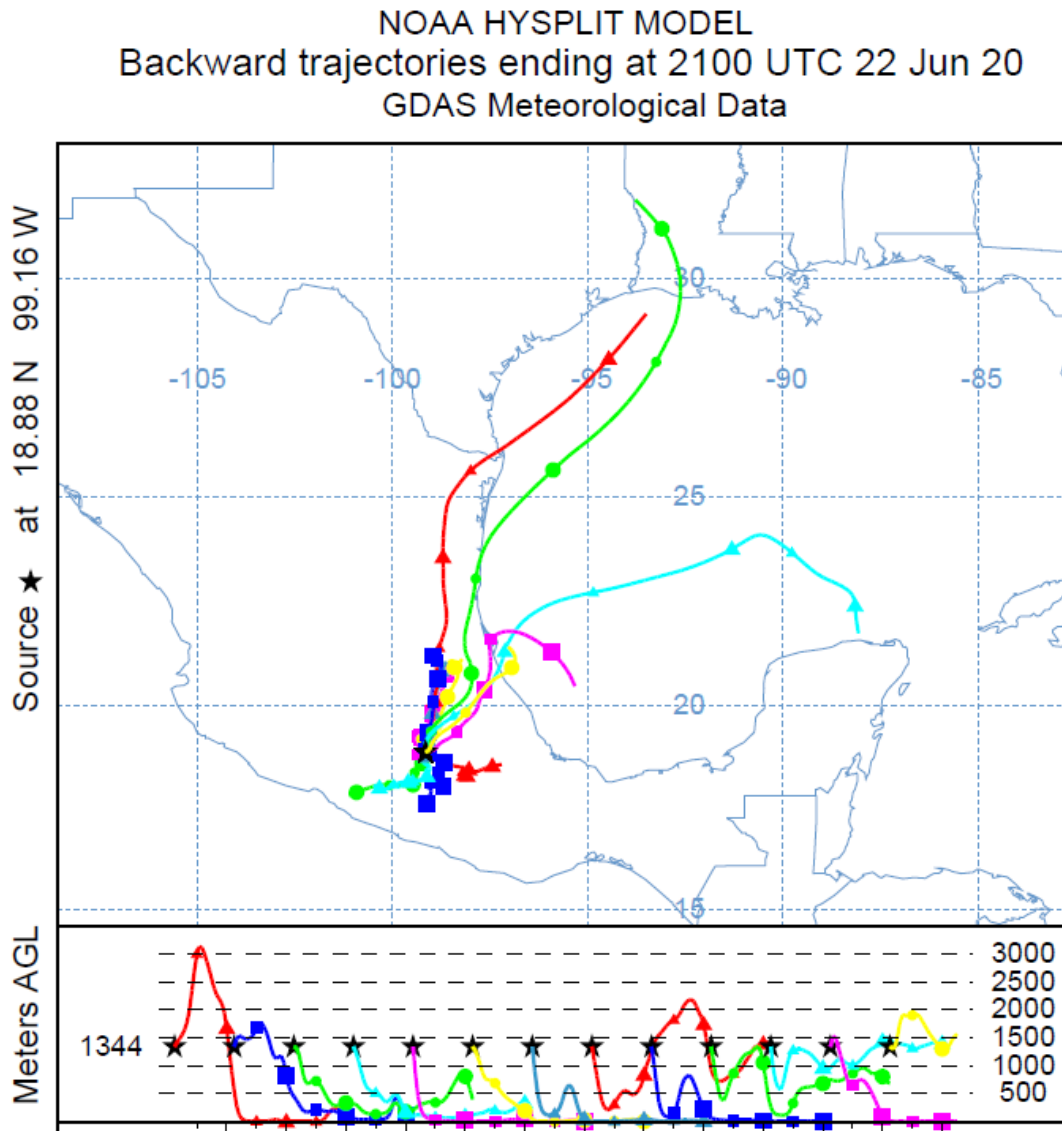


Figura 72 Estación IMTA, junio del 2020

Estación La Paz, periodo de muestreo: Febrero del 2020

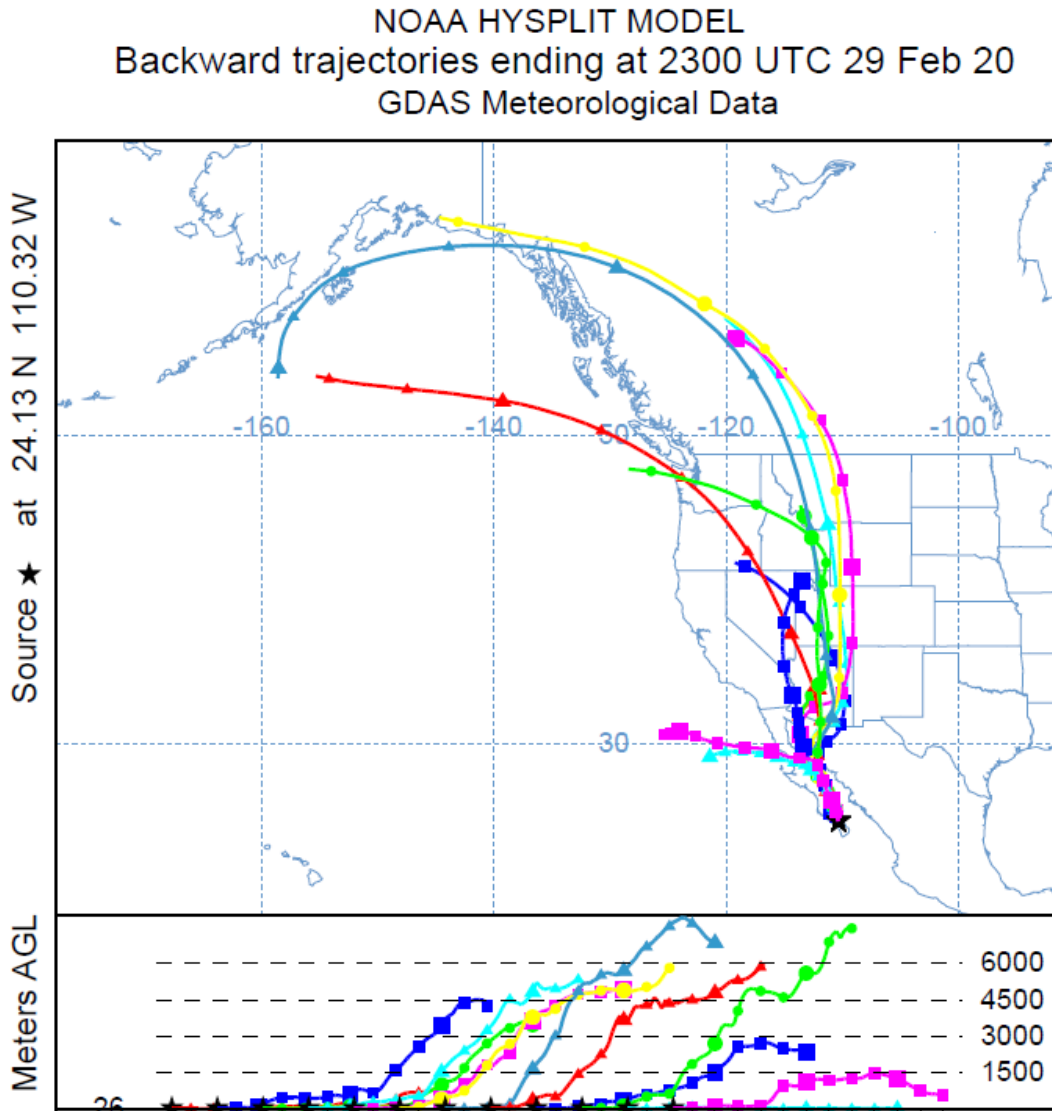


Figura 73 Estación La Paz, febrero del 2020

Estación La Paz, periodo de muestreo: Junio del 2020

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 2100 UTC 29 Jun 20
GDAS Meteorological Data

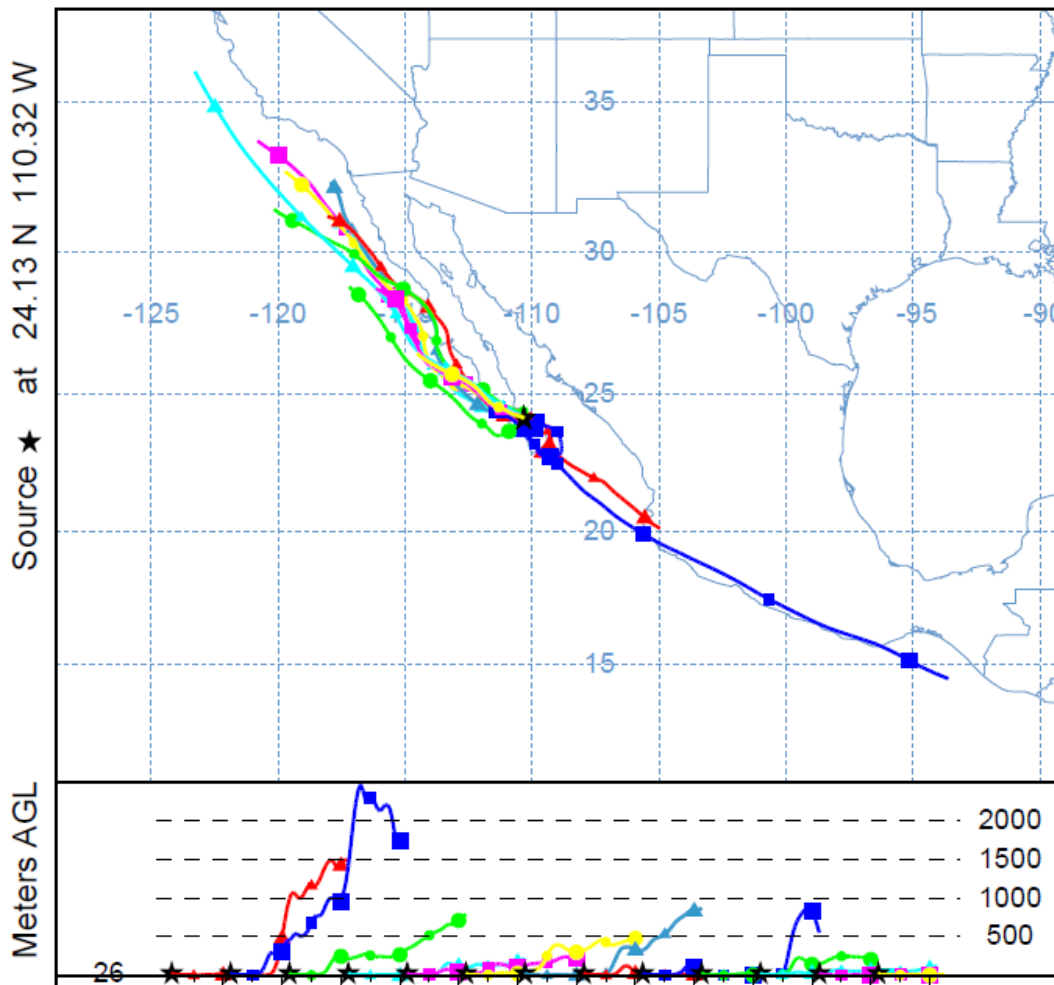


Figura 74 Estación La Paz, junio del 2020

Estación La Venta, periodo de muestreo: Marzo del 2020

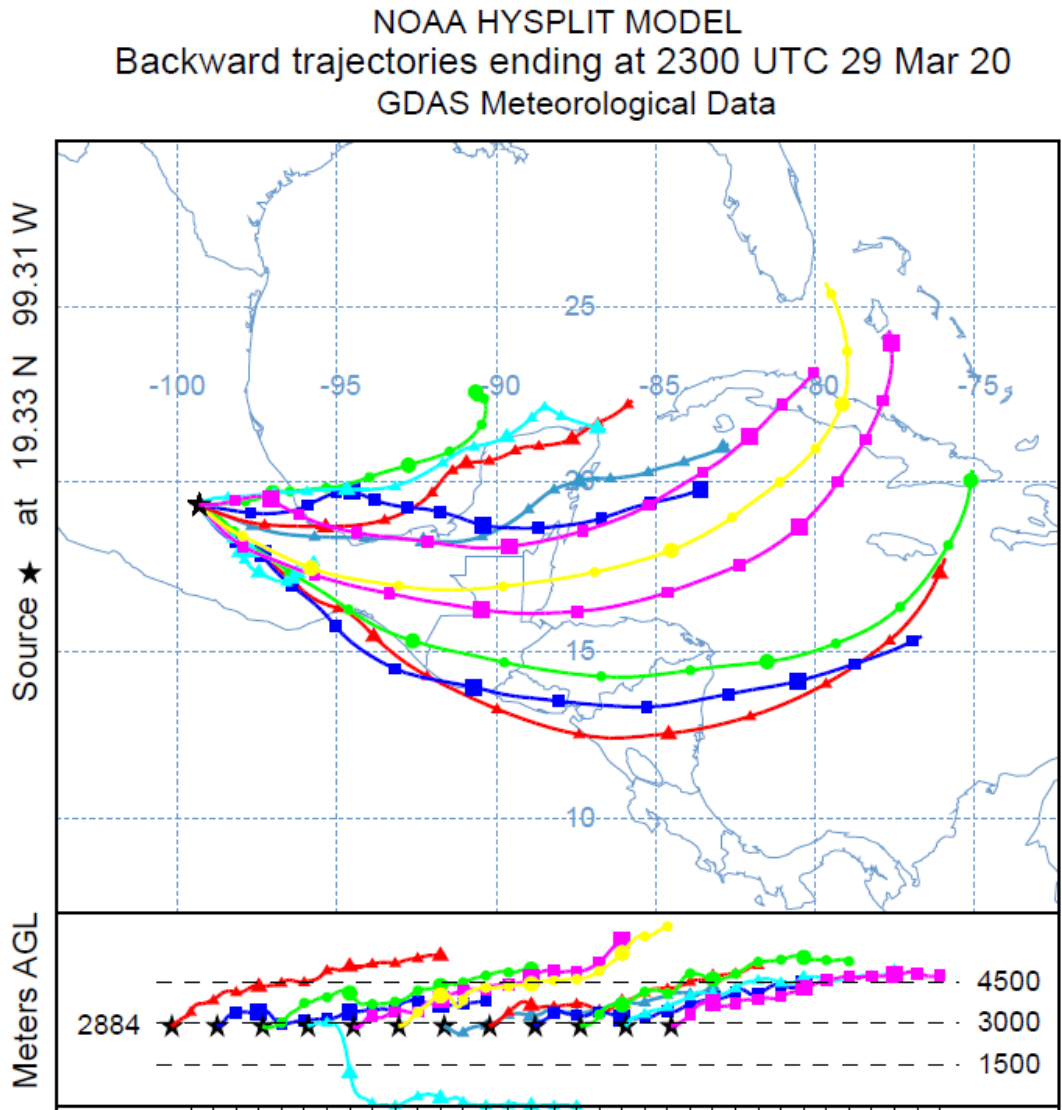


Figura 75 Estación La Venta, marzo del 2020

Estación La Venta, periodo de muestreo: Junio del 2020

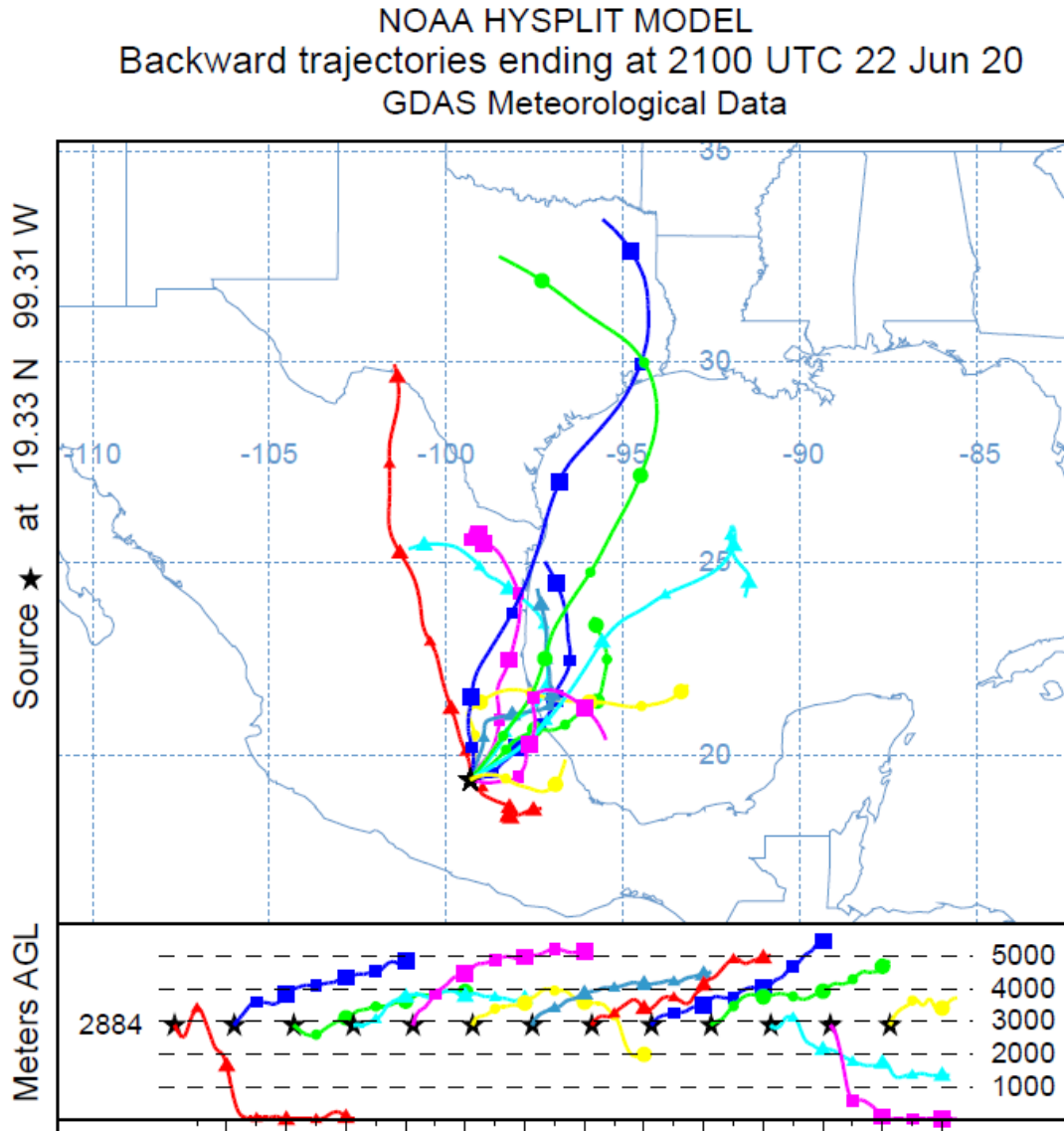


Figura 76 Estación La Venta, junio del 2020

Estación Loreto, periodo de muestreo: Marzo del 2020

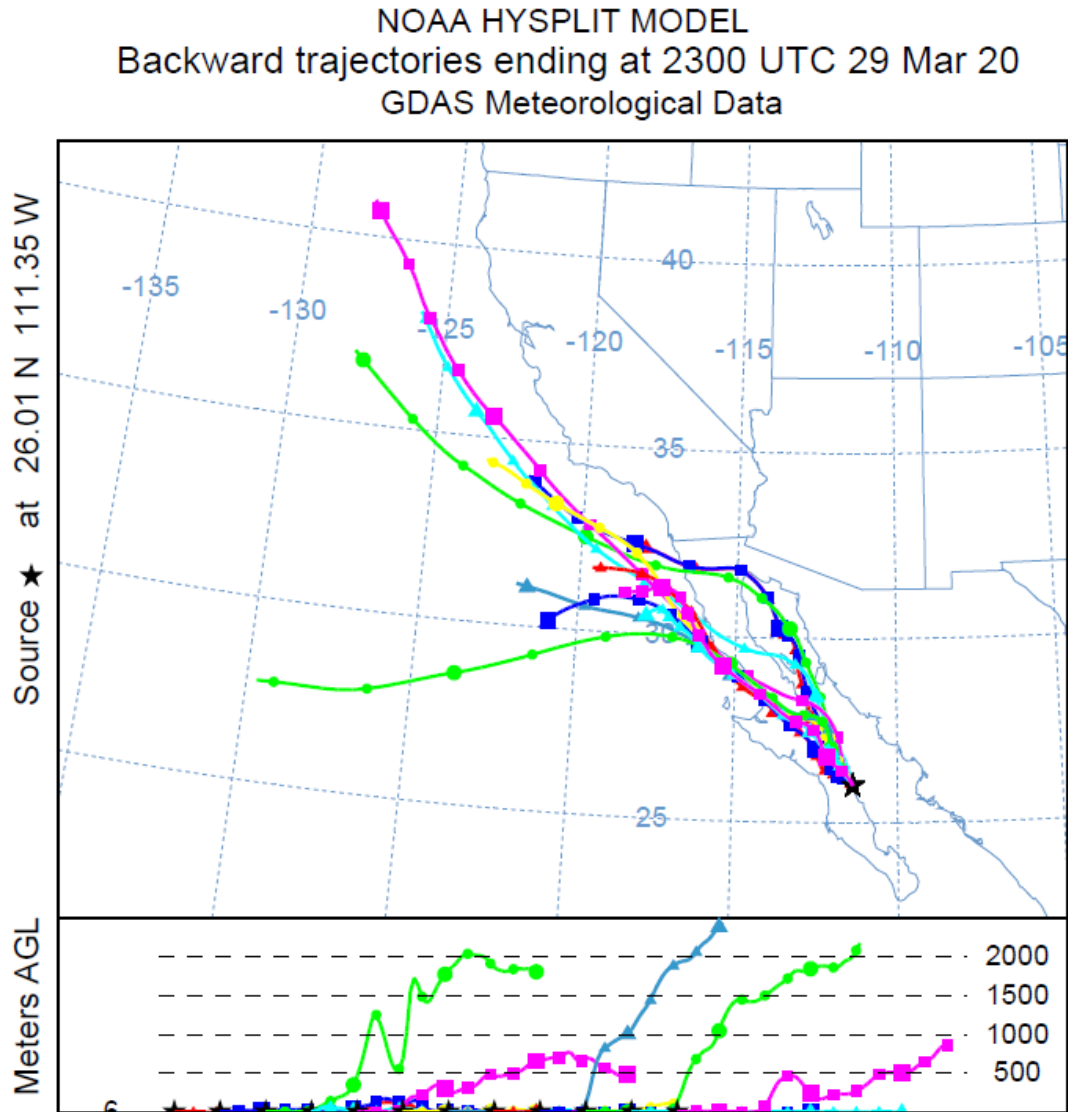


Figura 77 Estación Loreto, marzo del 2020

Estación Loreto, periodo de muestreo: Junio del 2020

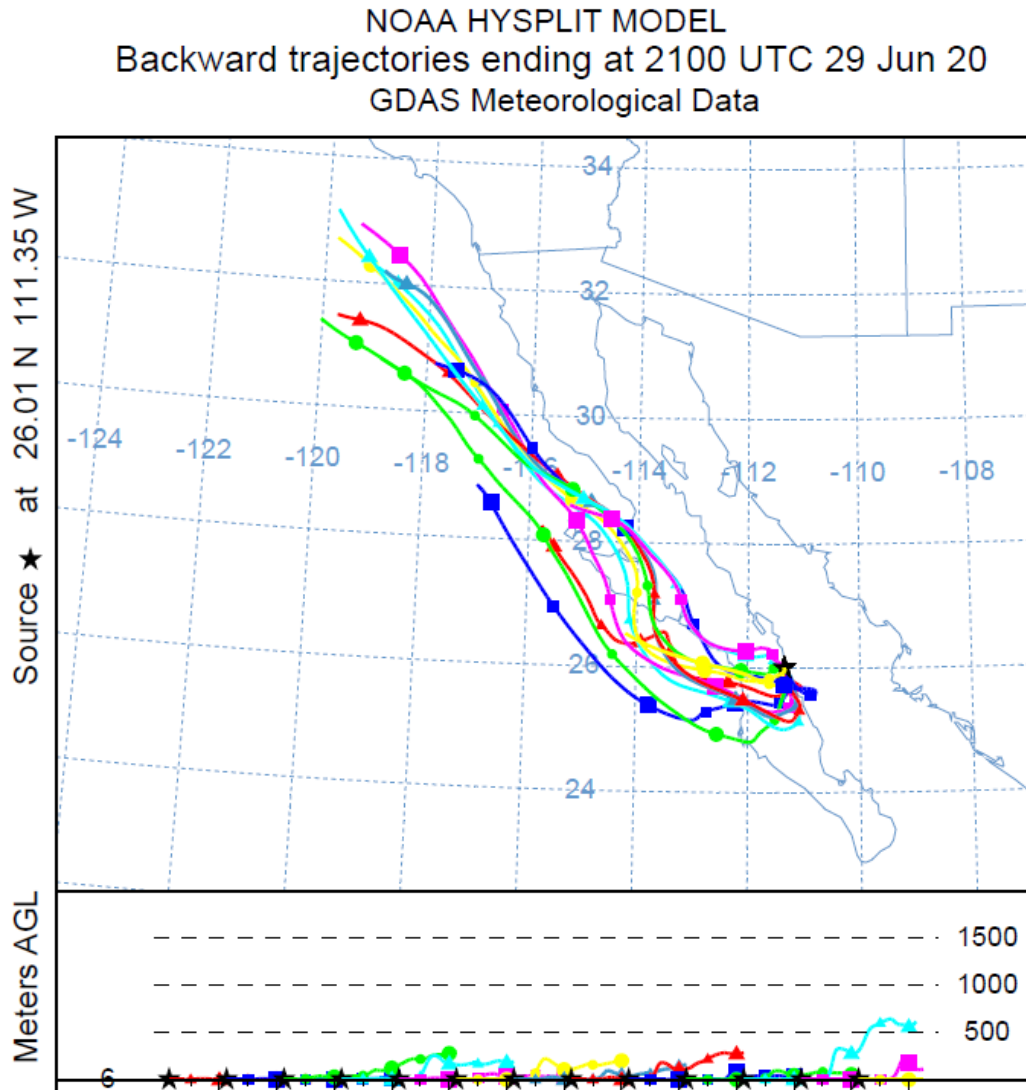


Figura 78 Estación Loreto, junio del 2020

Estación Mérida, periodo de muestreo: Marzo del 2020

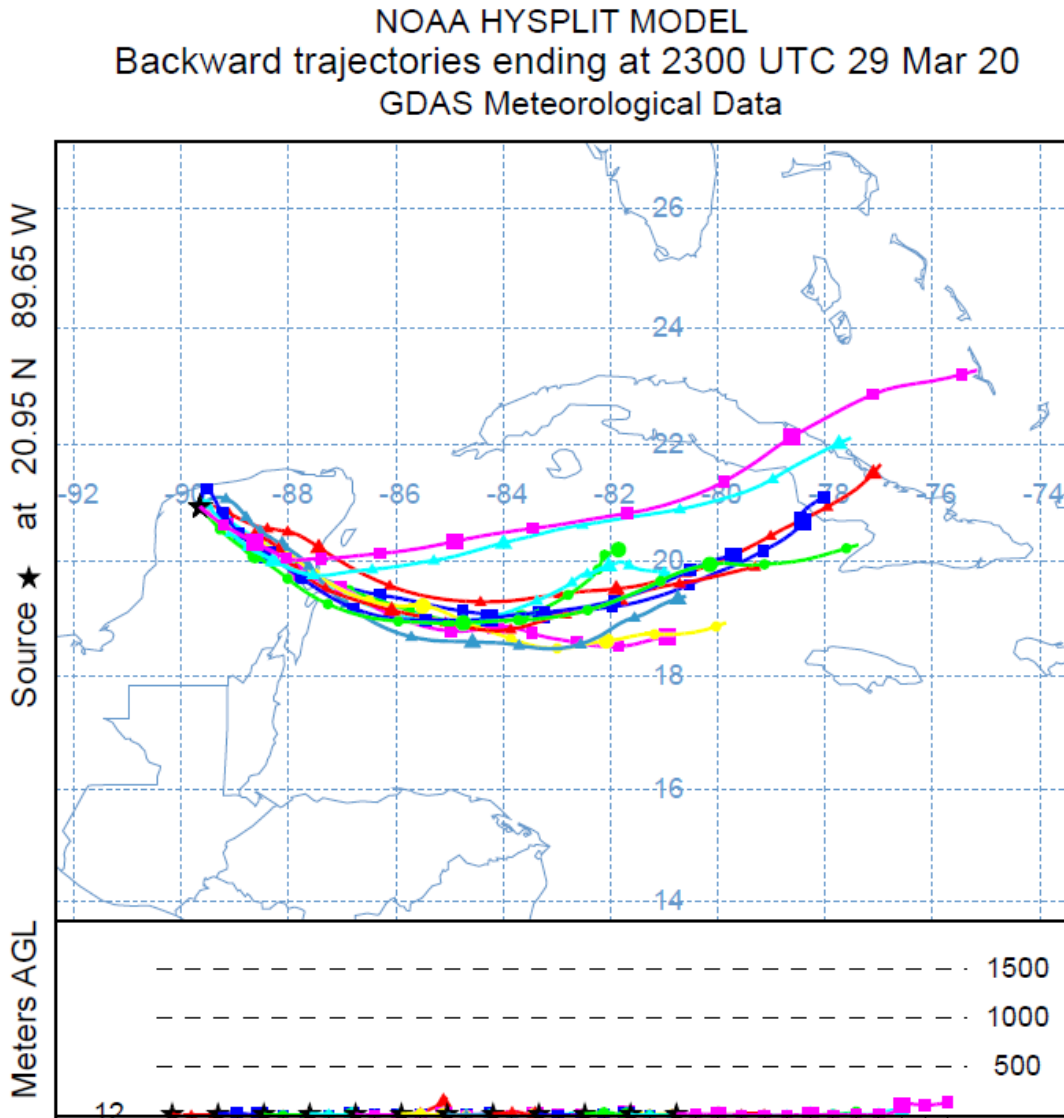


Figura 79 Estación Mérida, marzo del 2020

Estación Mérida, periodo de muestreo: Mayo del 2020

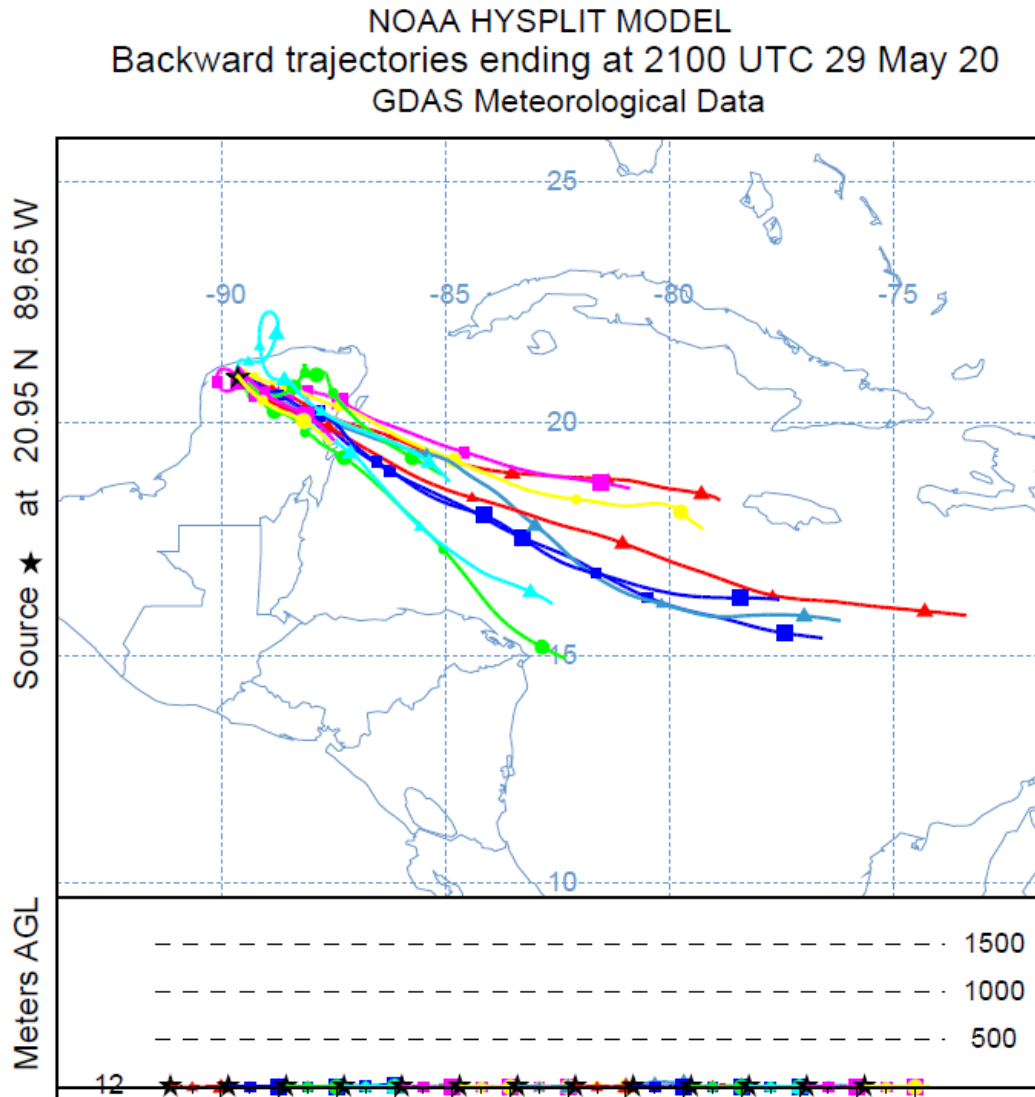


Figura 80 Estación Mérida, mayo del 2020

Estación Mexicali, periodo de muestreo: Marzo del 2020

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 2300 UTC 29 Mar 20
GDAS Meteorological Data

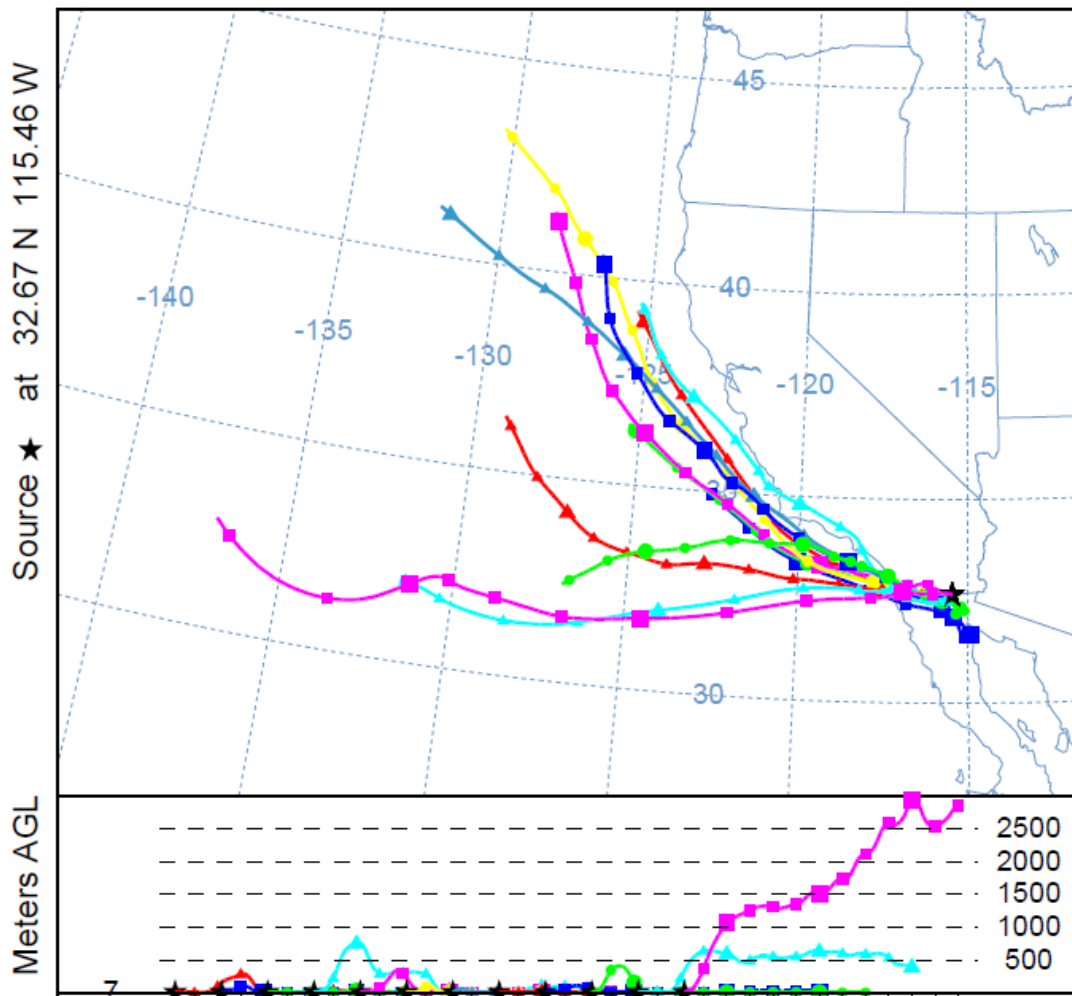


Figura 81 Estación Mexicali, marzo del 2020

Estación Mexicali, periodo de muestreo: Junio del 2020

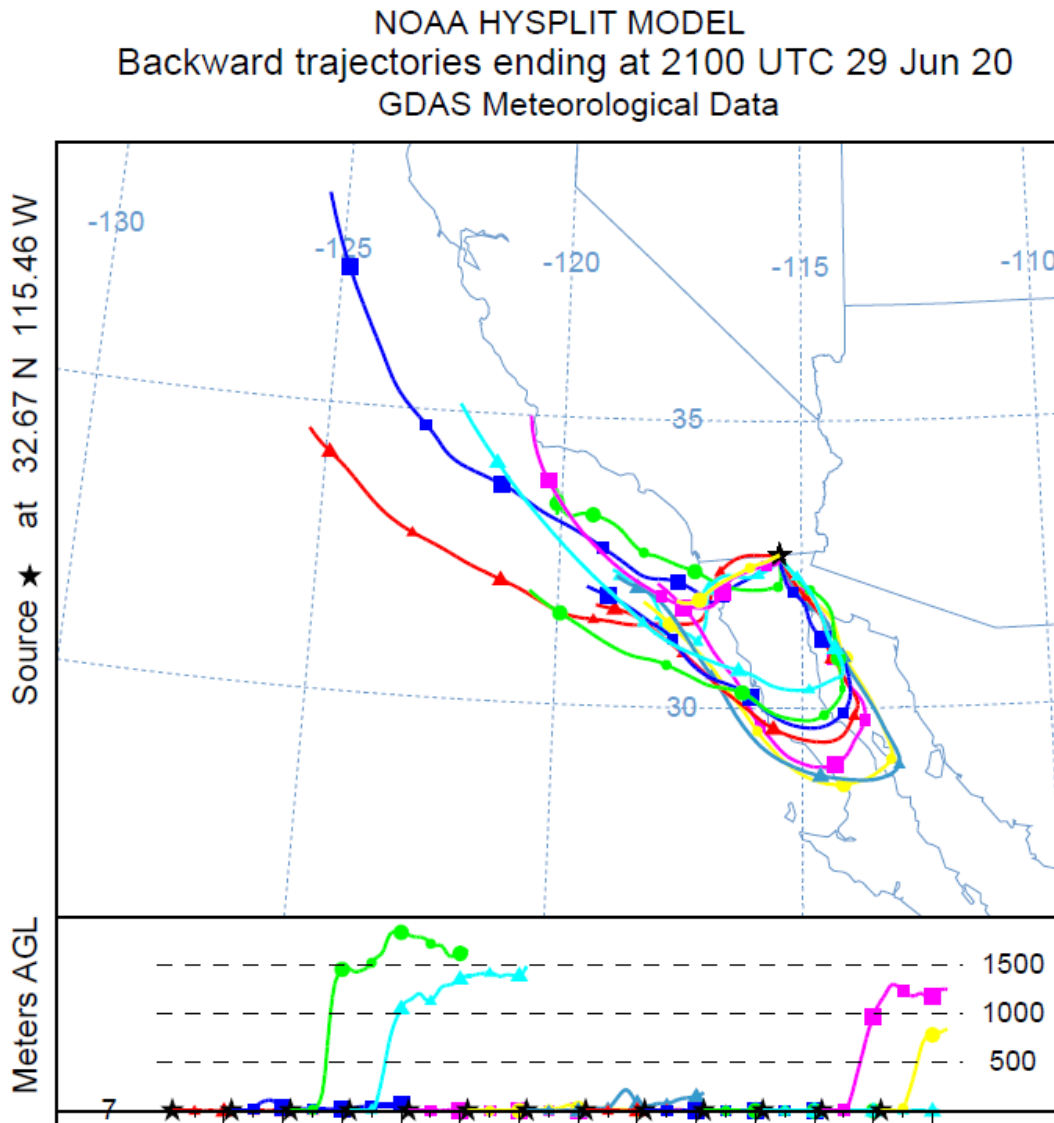


Figura 82 Estación Mexicali, junio del 2020

Estación Monterrey, periodo de muestreo: Marzo del 2020

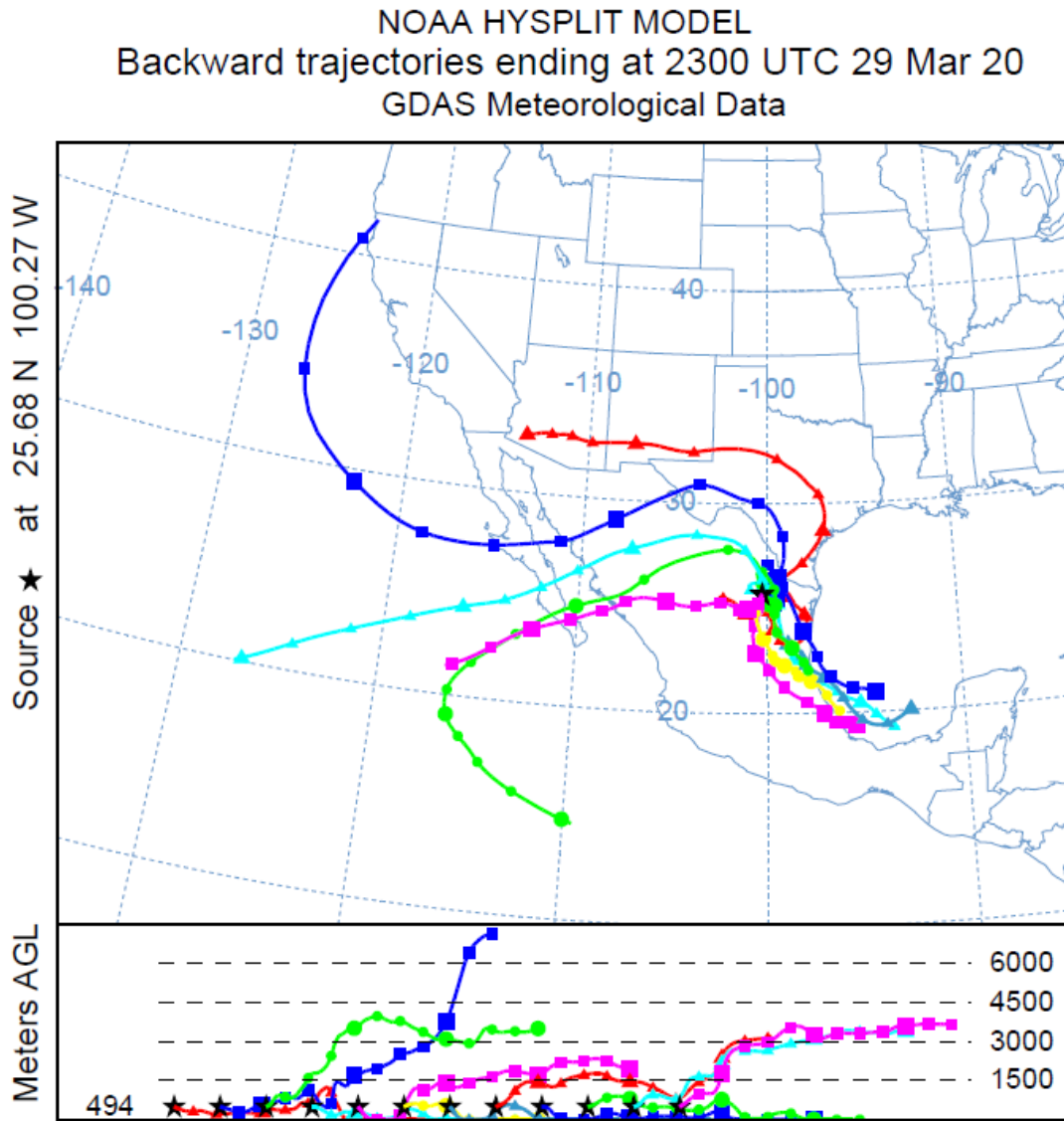


Figura 83 Estación Monterrey, marzo del 2020

Estación Monterrey, periodo de muestreo: Junio del 2020

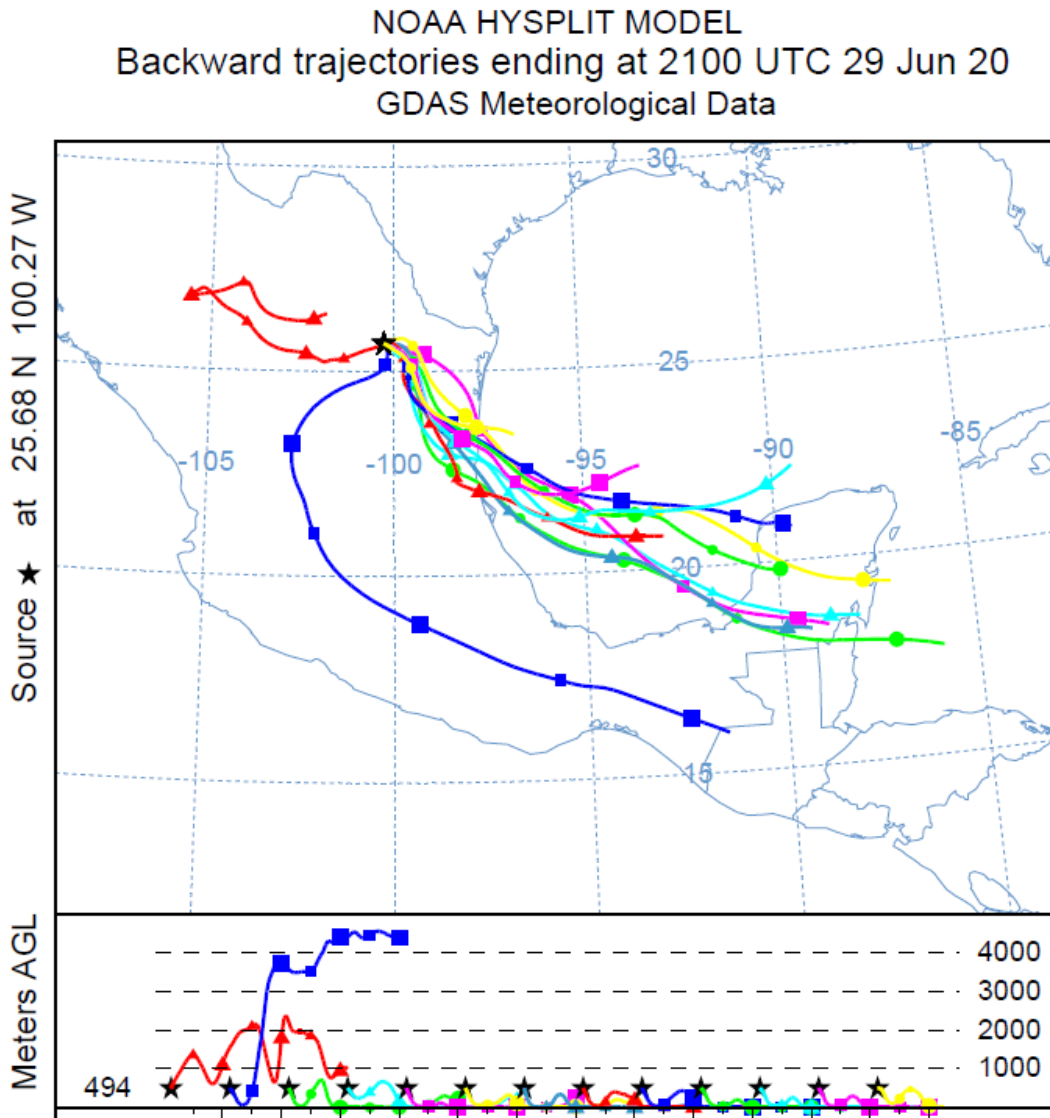


Figura 84 Estación Monterrey, junio del 2020

Estación Pachuca, periodo de muestreo: Febrero del 2020

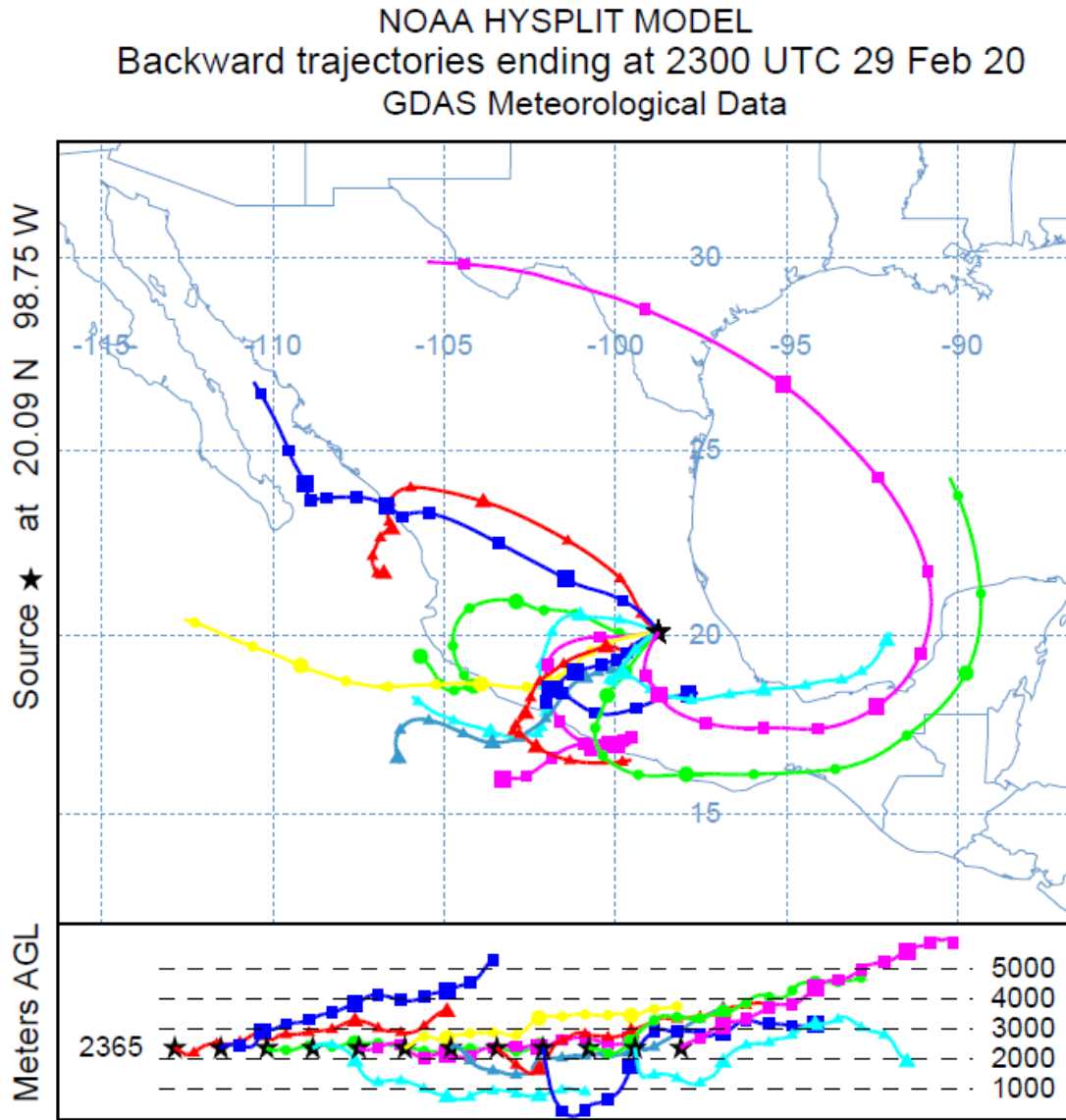


Figura 85 Estación Pachuca, febrero del 2020

Estación Pachuca, periodo de muestreo: Junio del 2020

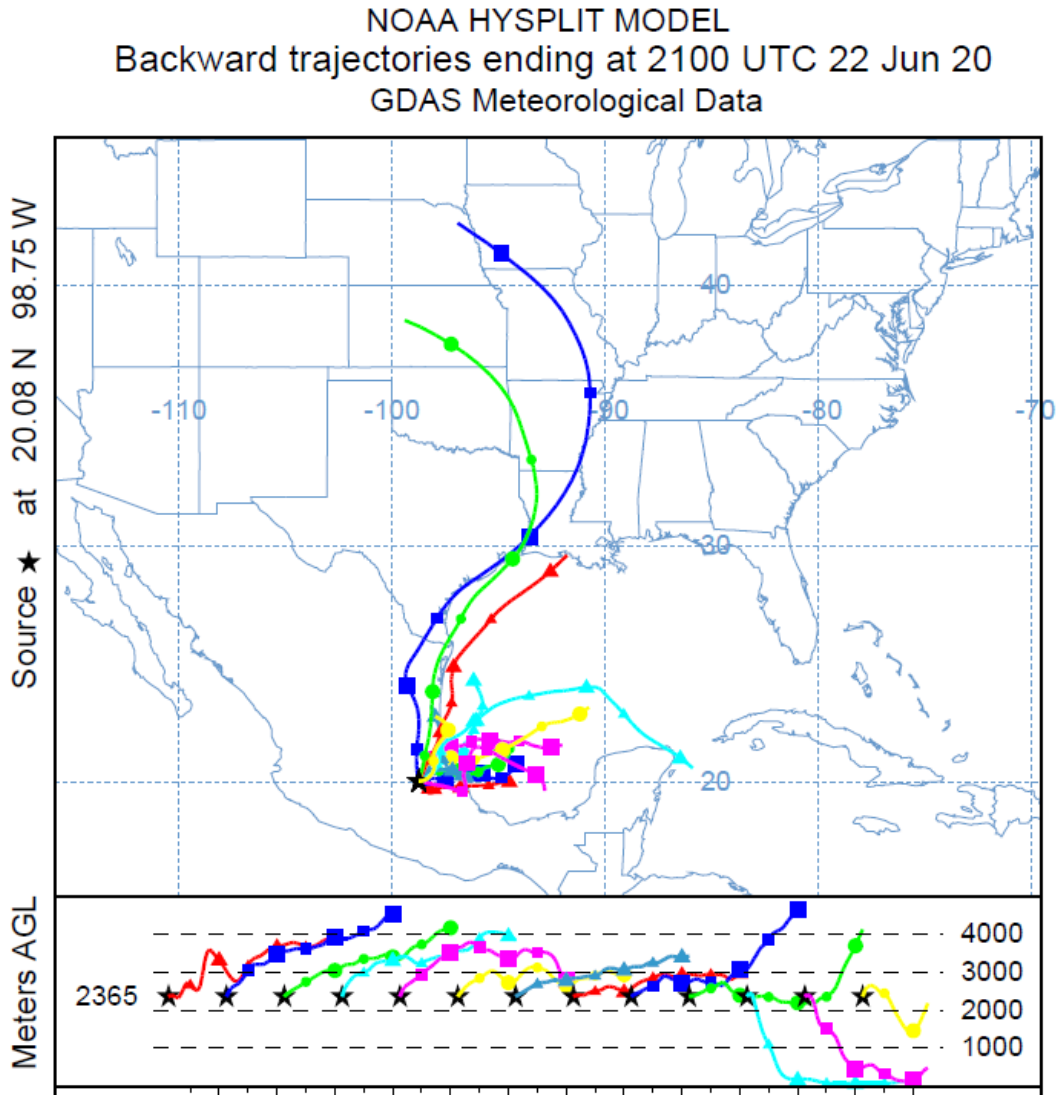


Figura 86 Estación Pachuca, junio del 2020

Estación Piedras negras, periodo de muestreo: Marzo del 2020

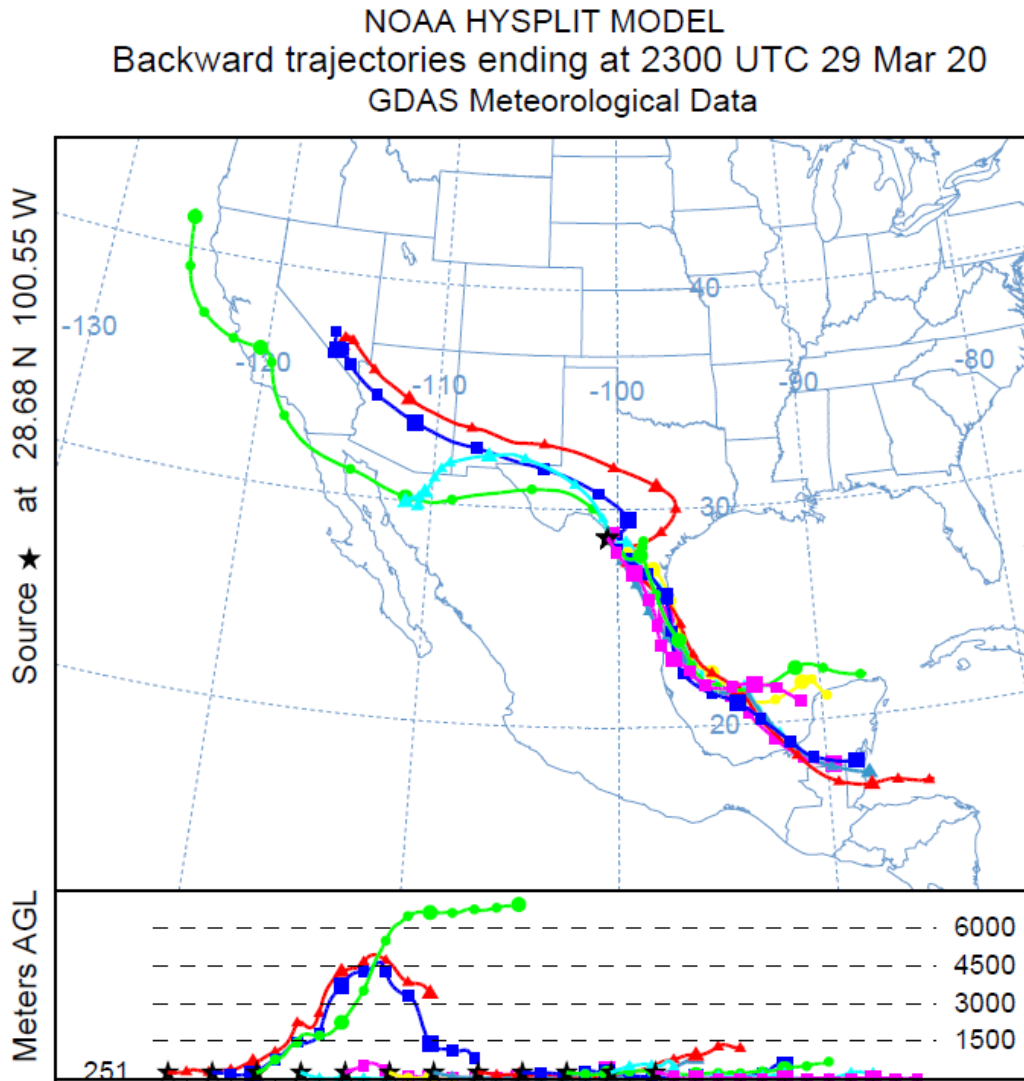


Figura 87 Estación Piedras negras, marzo del 2020

Estación Piedras negras, periodo de muestreo: Mayo del 2020

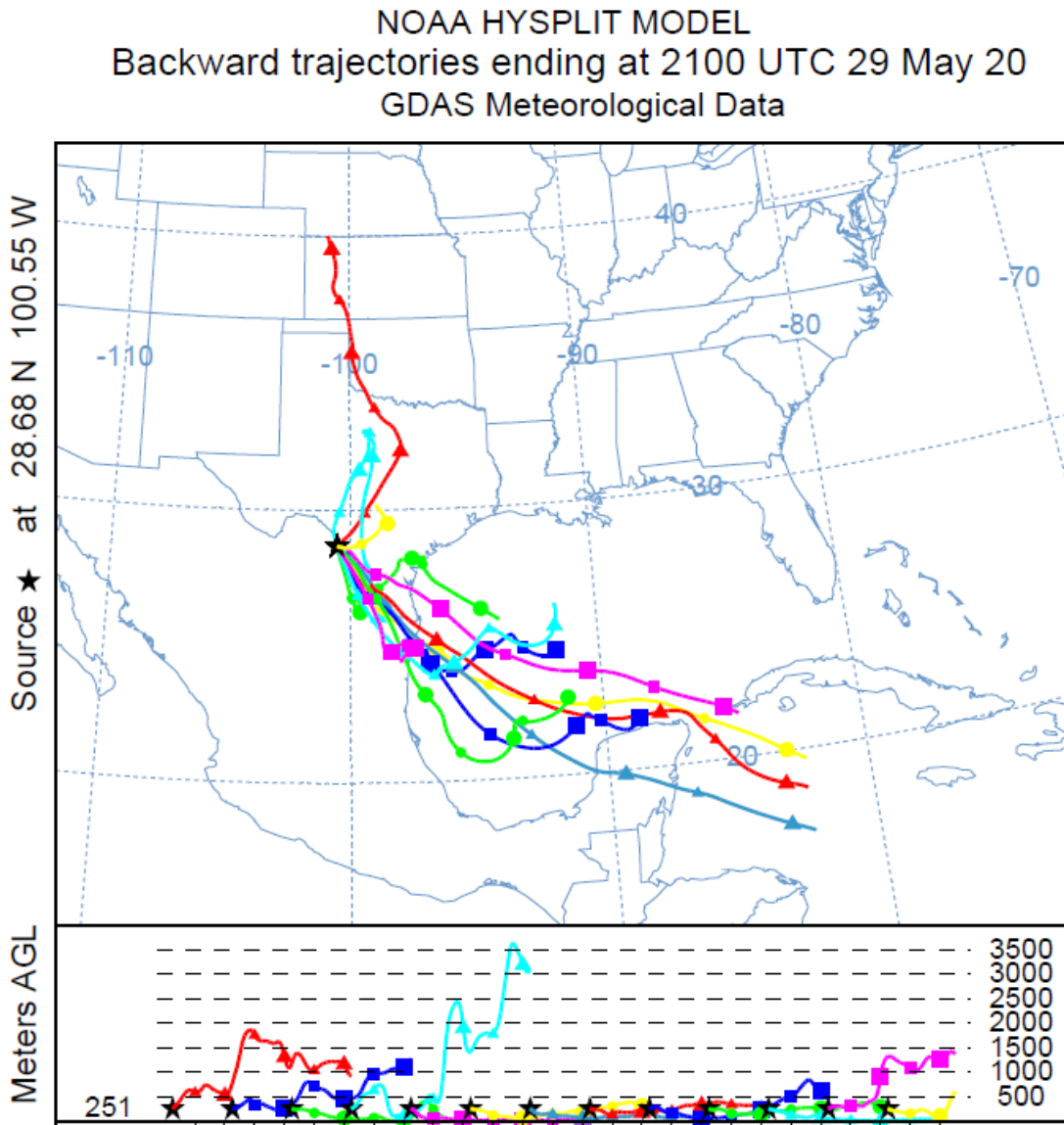


Figura 88 Estación Piedras negras, mayo del 2020

Estación Querétaro, periodo de muestreo: Marzo del 2020

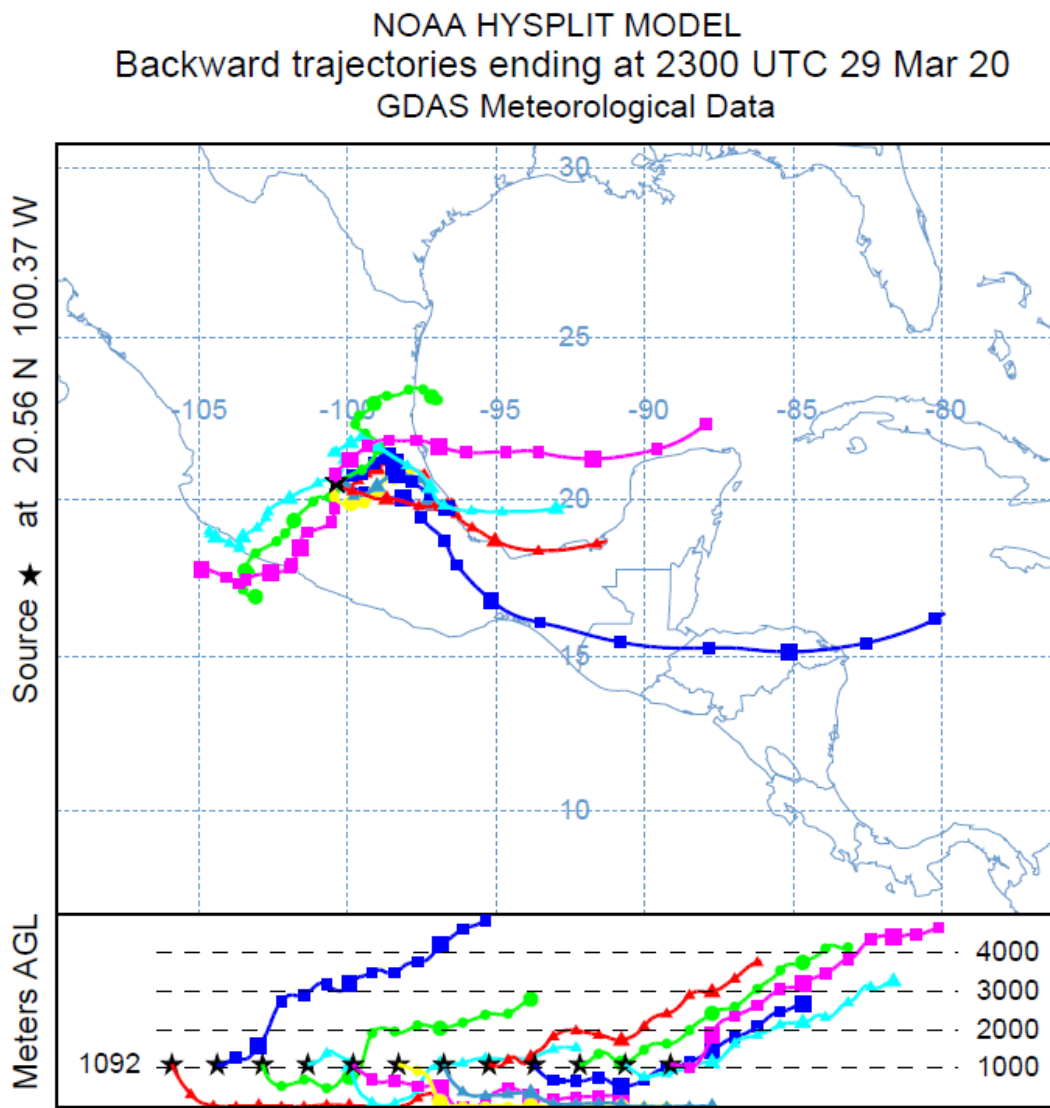


Figura 89 Estación Querétaro, marzo del 2020

Estación Querétaro, periodo de muestreo: Junio del 2020

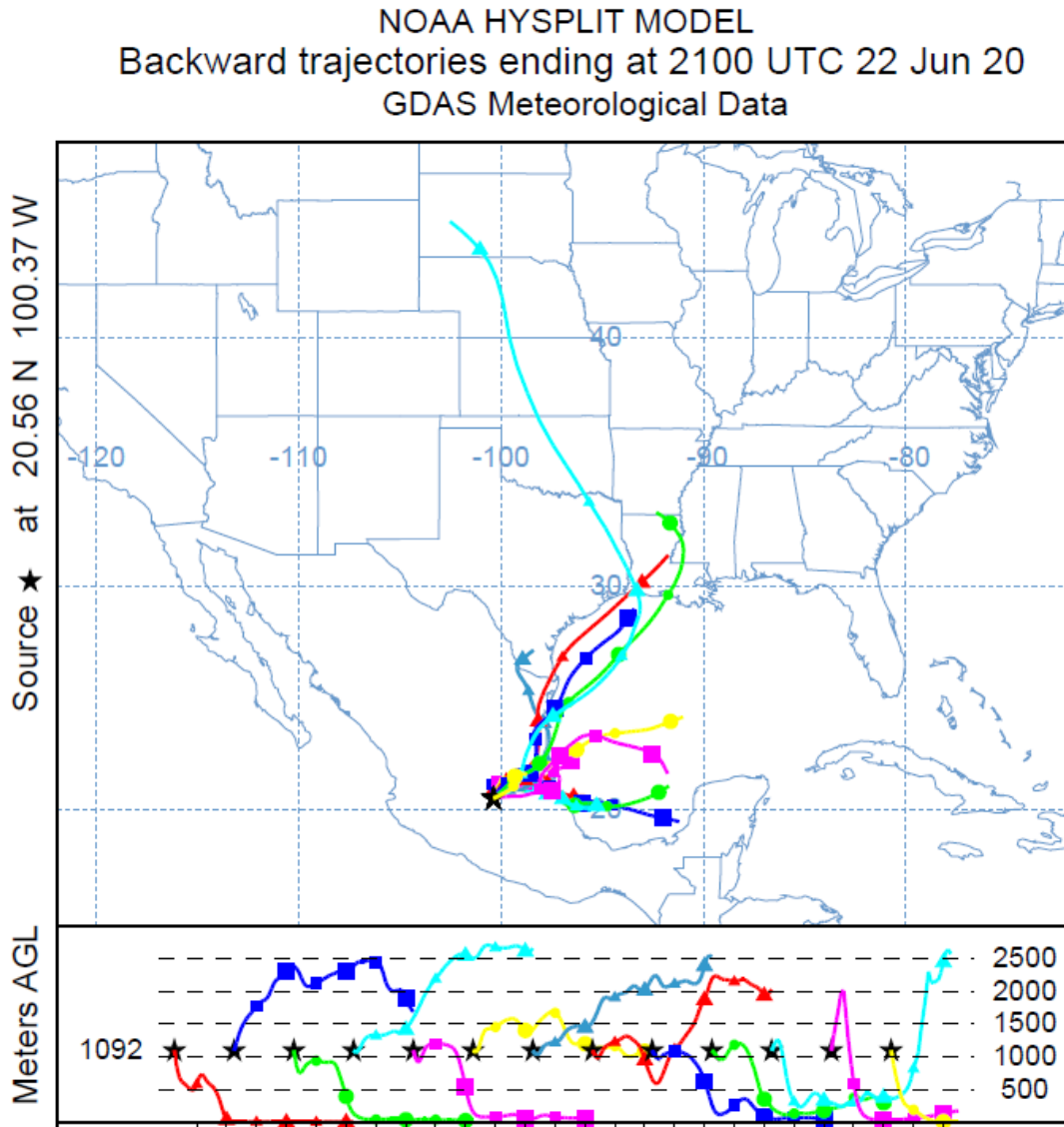


Figura 90 Estación Querétaro, junio del 2020

Estación Tacubaya, periodo de muestreo: Marzo del 2020

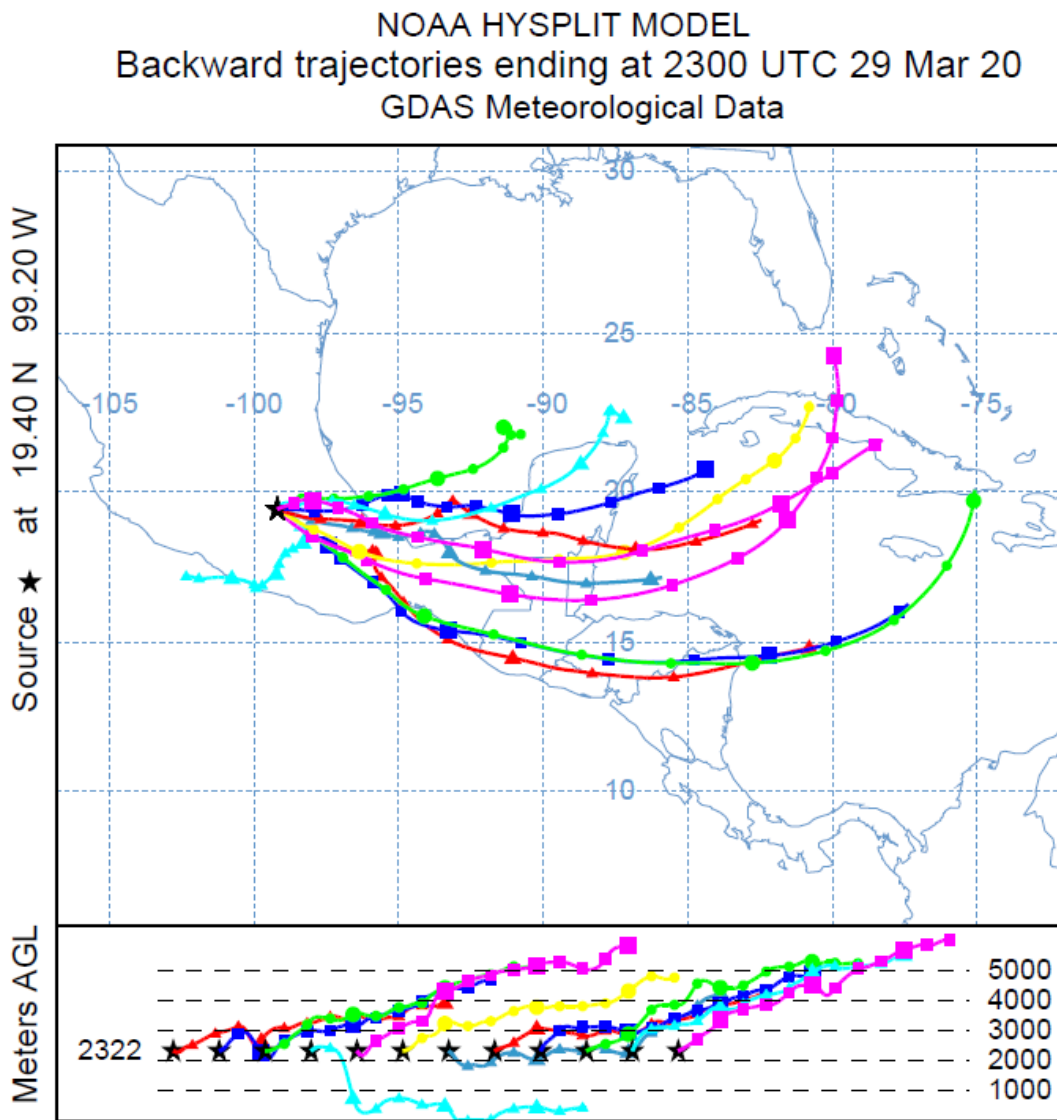


Figura 91 Estación Tacubaya, marzo del 2020

Estación Tacubaya, periodo de muestreo: Junio del 2020

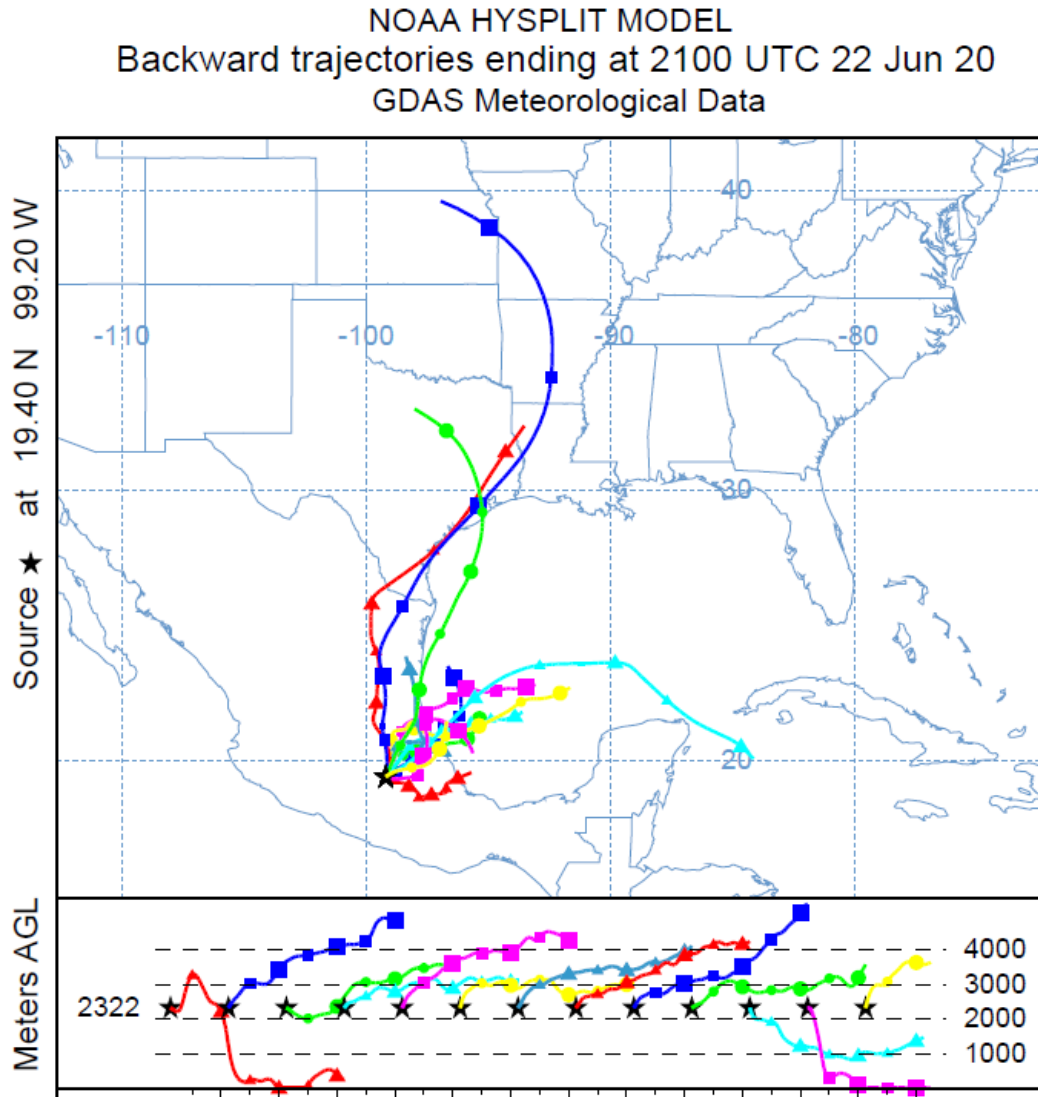


Figura 92 Estación Tacubaya, junio del 2020

Estación Tapachula, periodo de muestreo: Marzo del 2020

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 2300 UTC 29 Mar 20
GDAS Meteorological Data

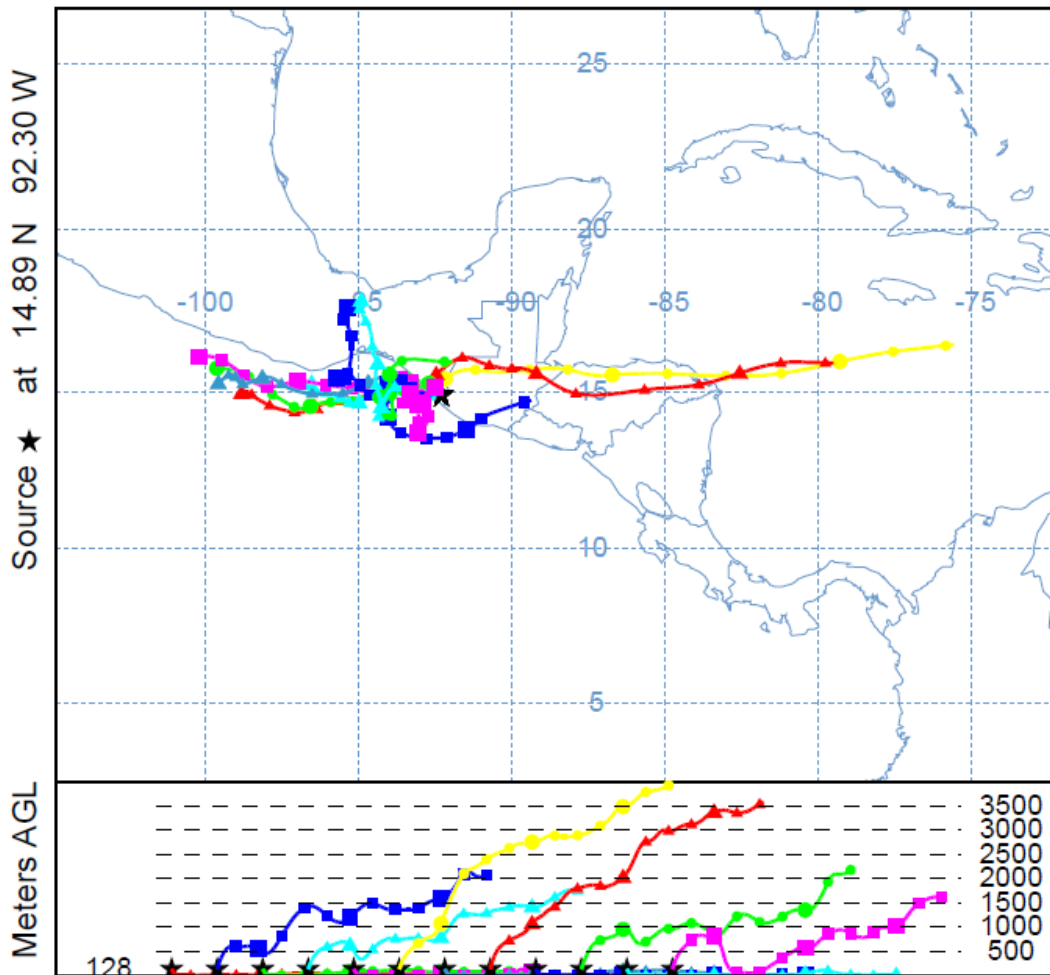


Figura 93 Estación Tapachula, marzo del 2020

Estación Tapachula, periodo de muestreo: Junio del 2020

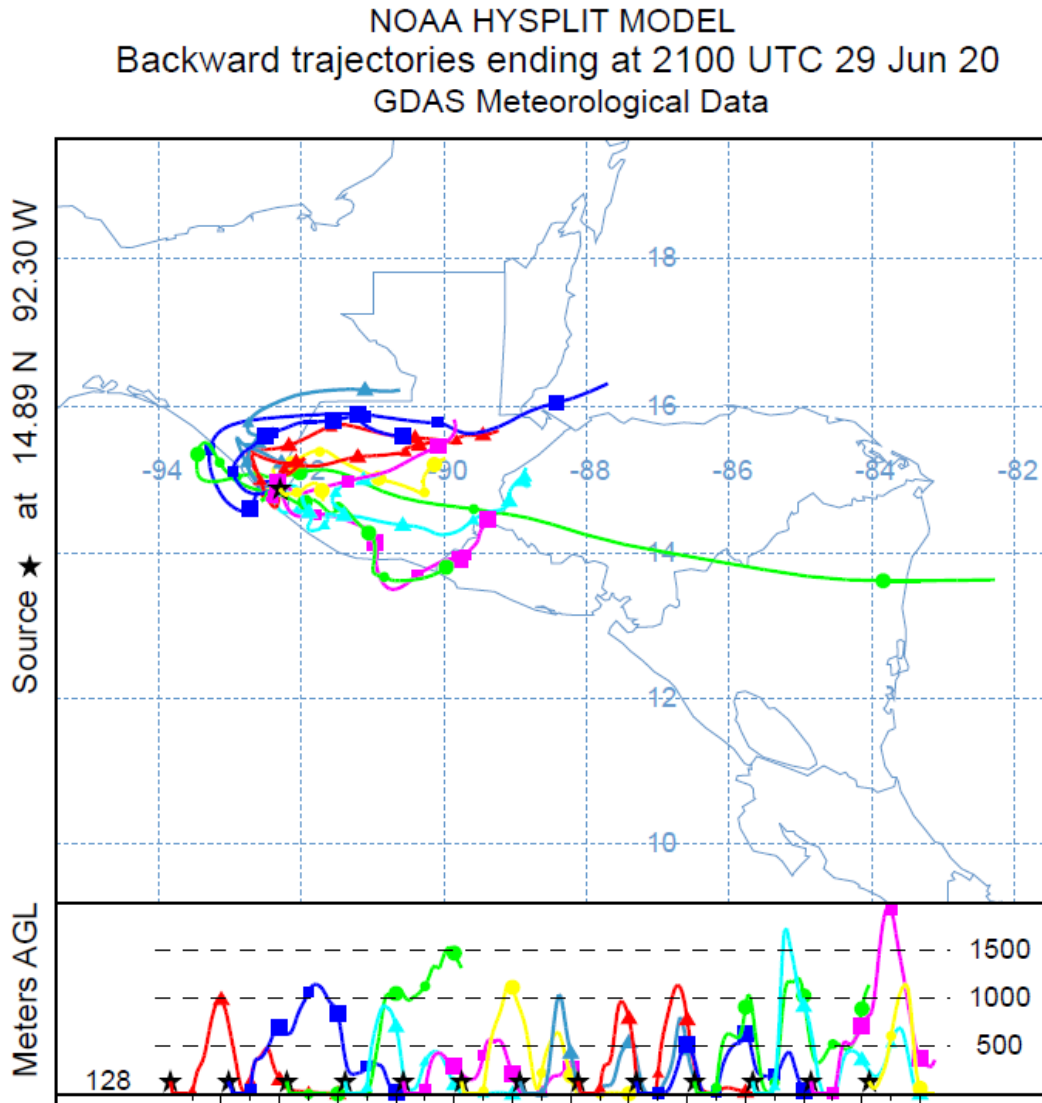


Figura 94 Estación Tapachula, junio del 2020

Estación Tetelco, periodo de muestreo: Marzo del 2020

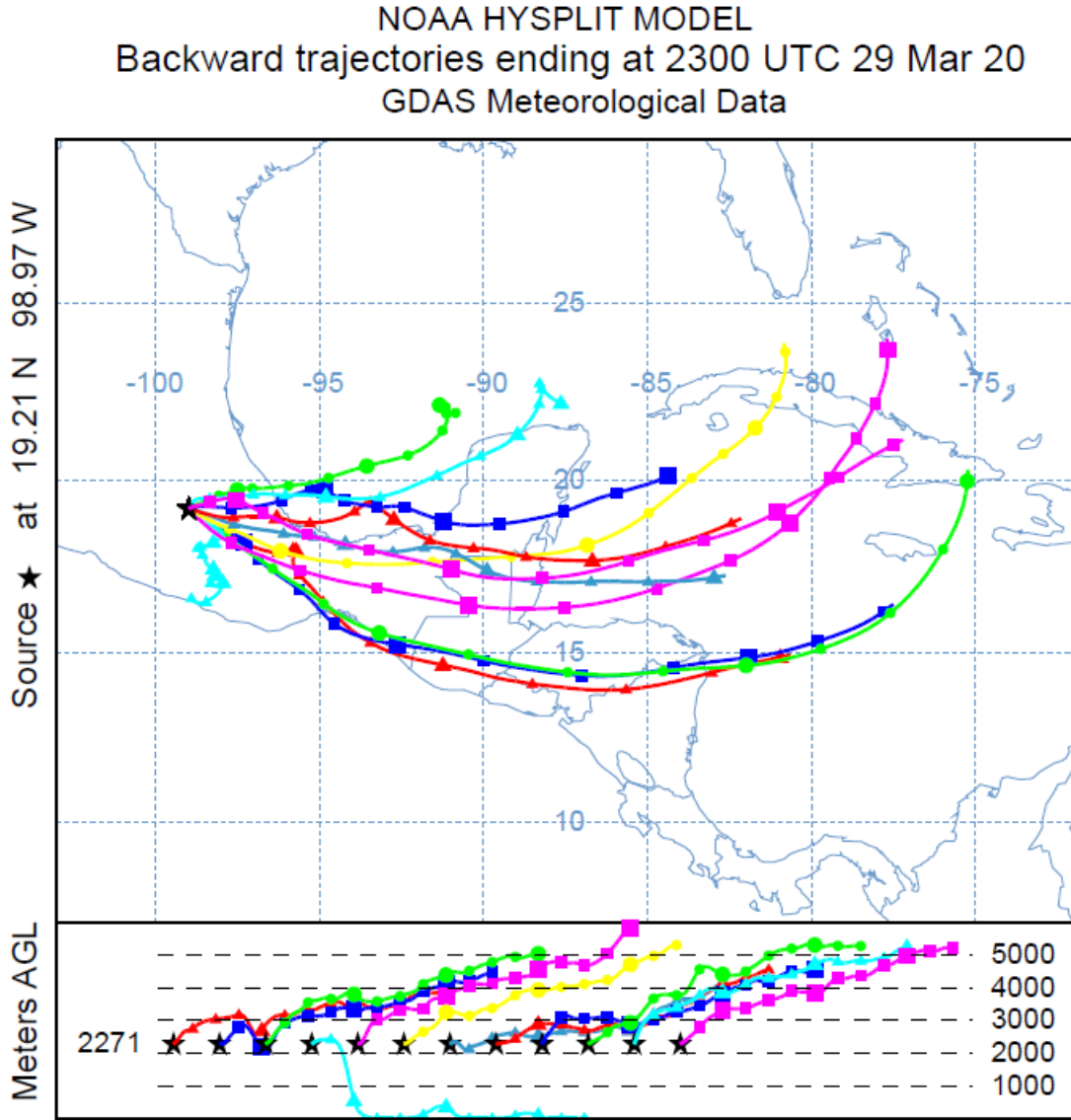


Figura 95 Estación Tetelco, marzo del 2020

Estación Tetelco, periodo de muestreo: Junio del 2020

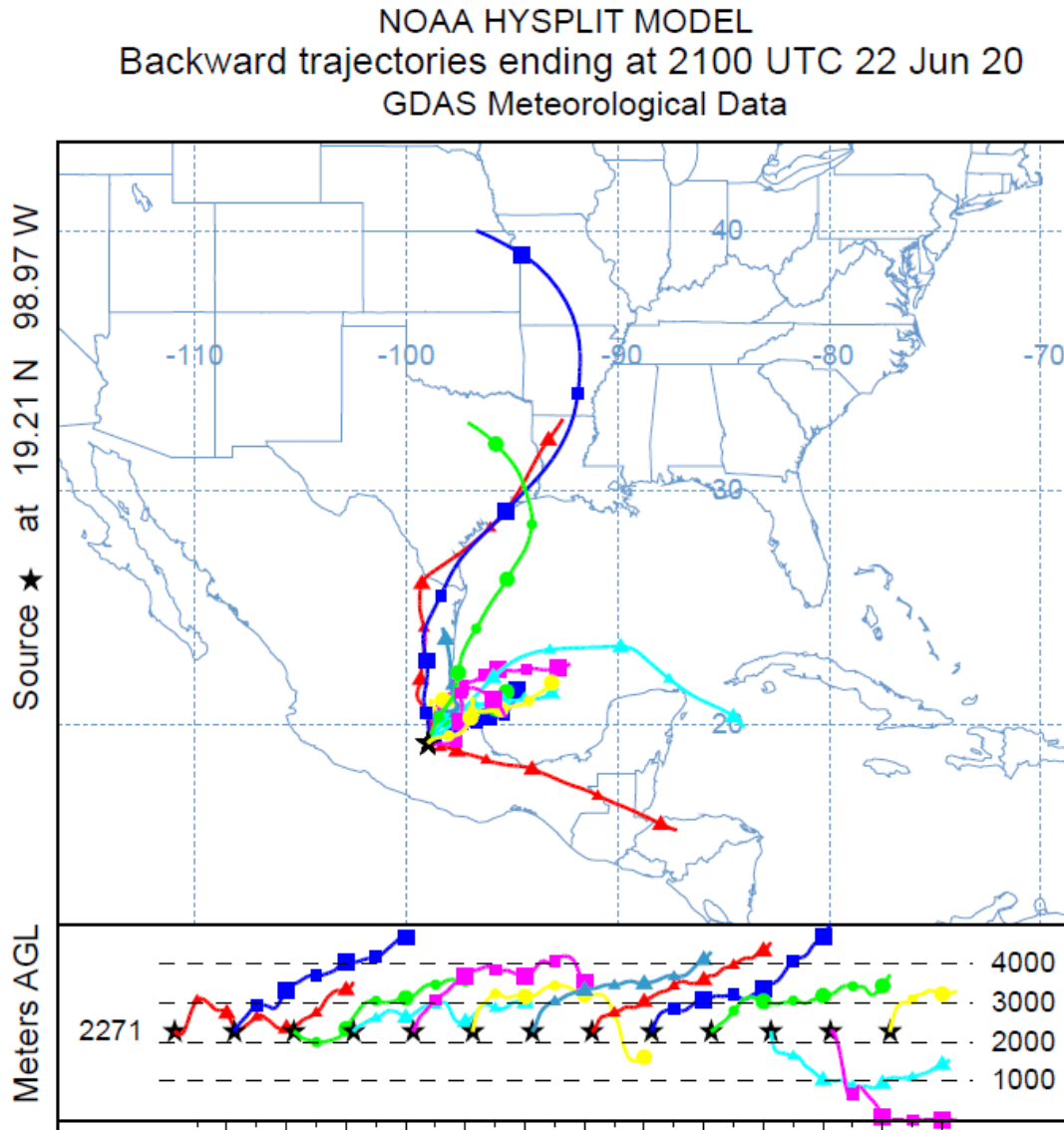


Figura 96 Estación Tetelco, junio del 2020

Estación Torreón, periodo de muestreo: Marzo del 2020

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 2300 UTC 29 Mar 20
GDAS Meteorological Data

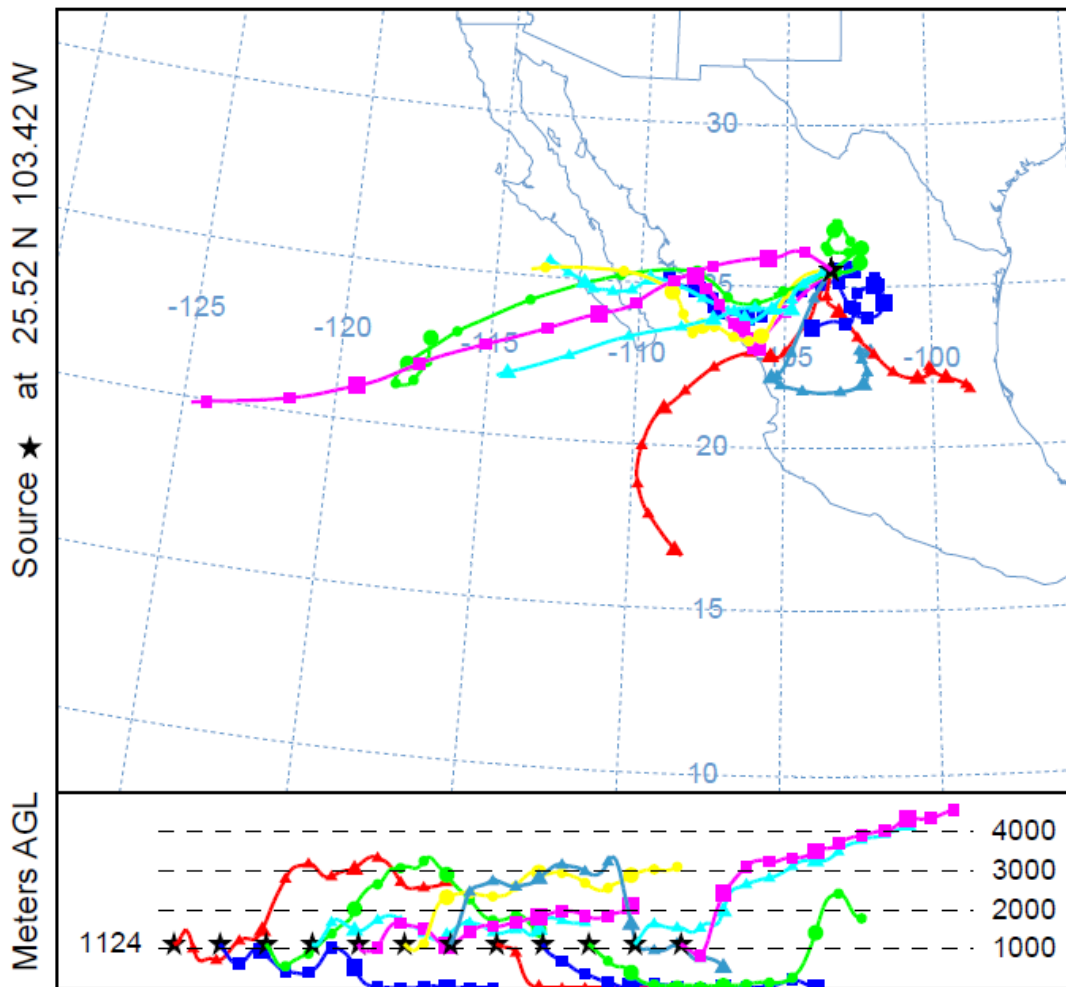


Figura 97 Estación Torreón, marzo del 2020

Estación Torreón, periodo de muestreo: Junio del 2020

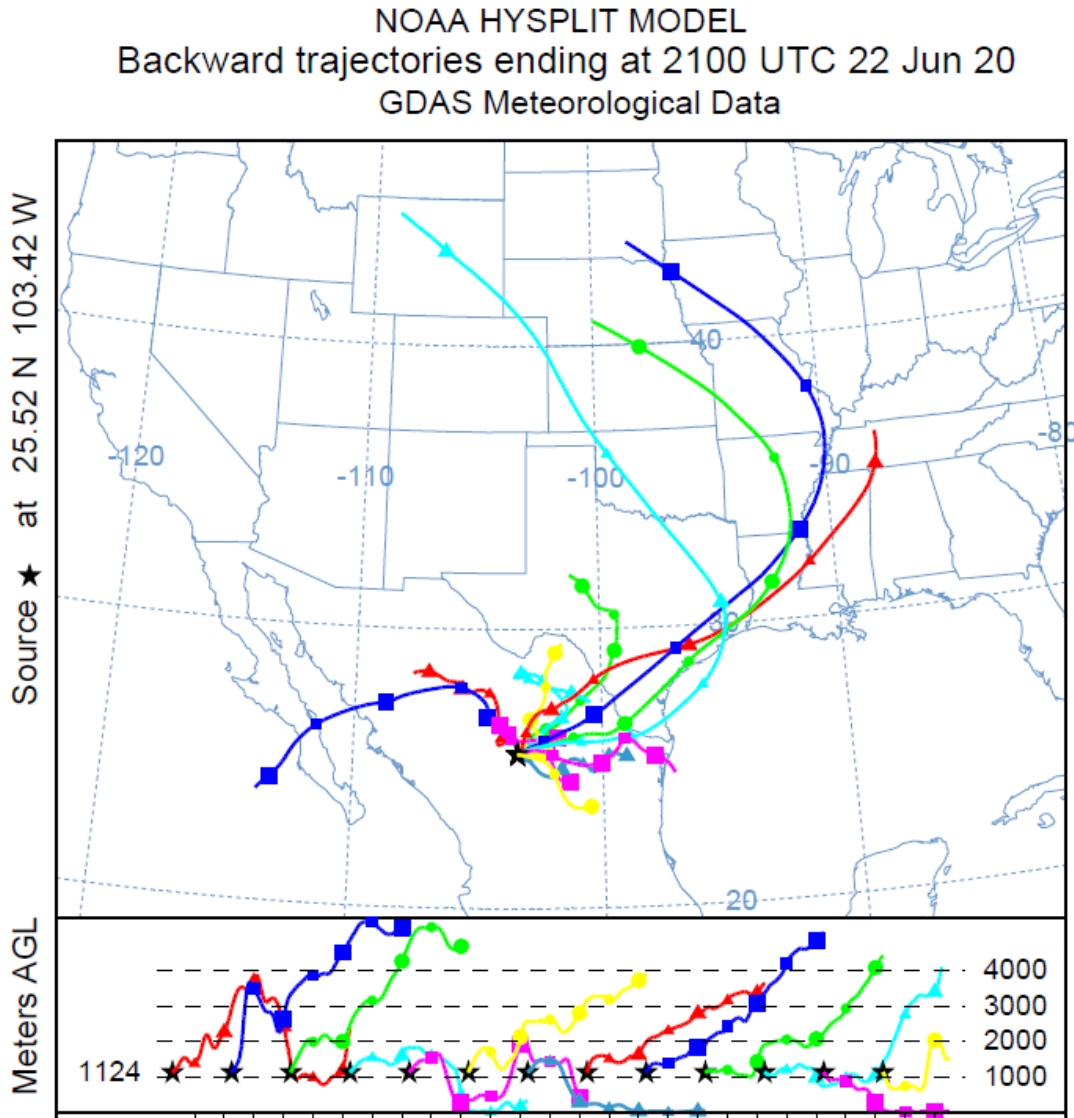


Figura 98 Estación Torreón, junio del 2020

Estación Tulancingo, periodo de muestreo: Marzo del 2020

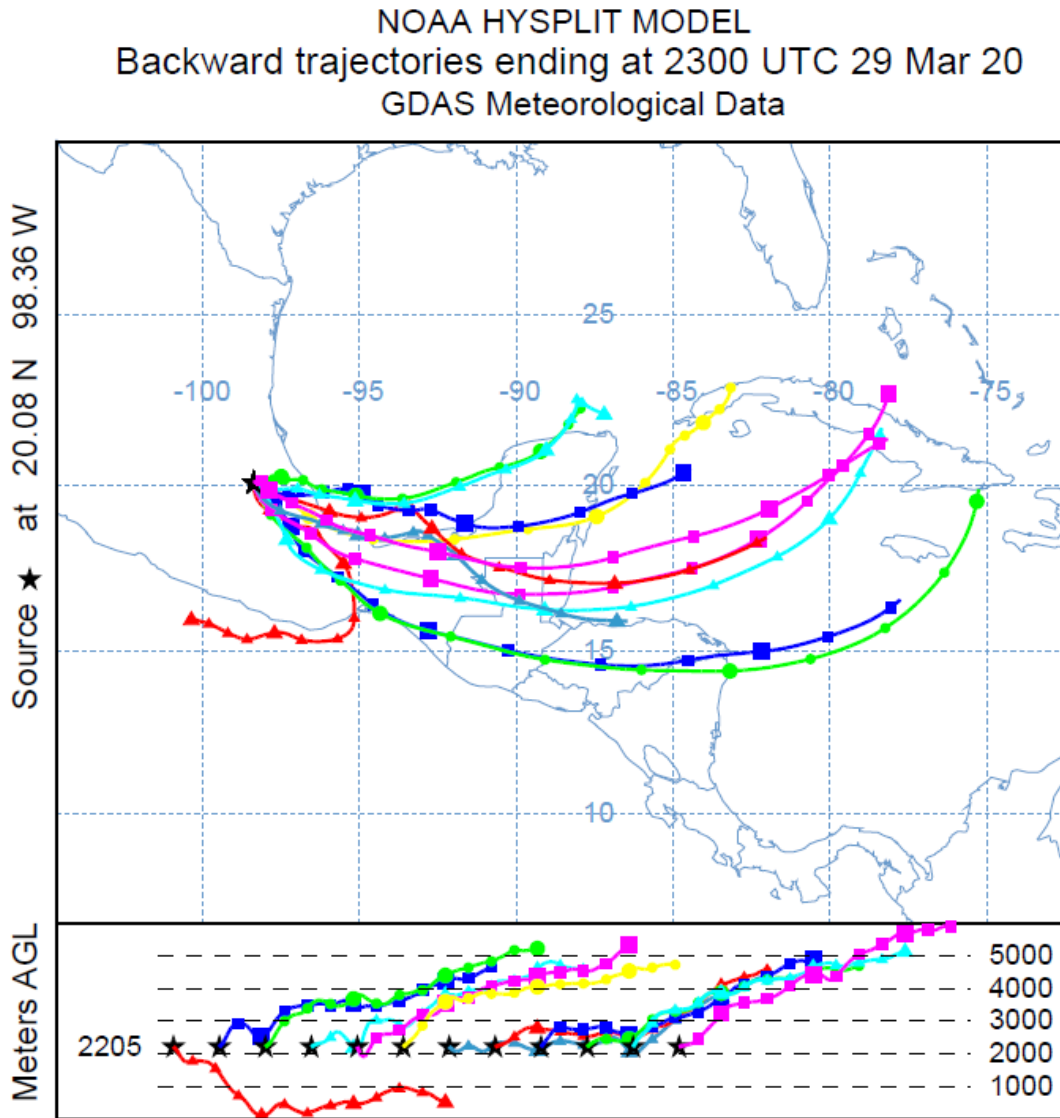


Figura 99 Estación Tulancingo, marzo del 2020

Estación Tulancingo, periodo de muestreo: Junio del 2020

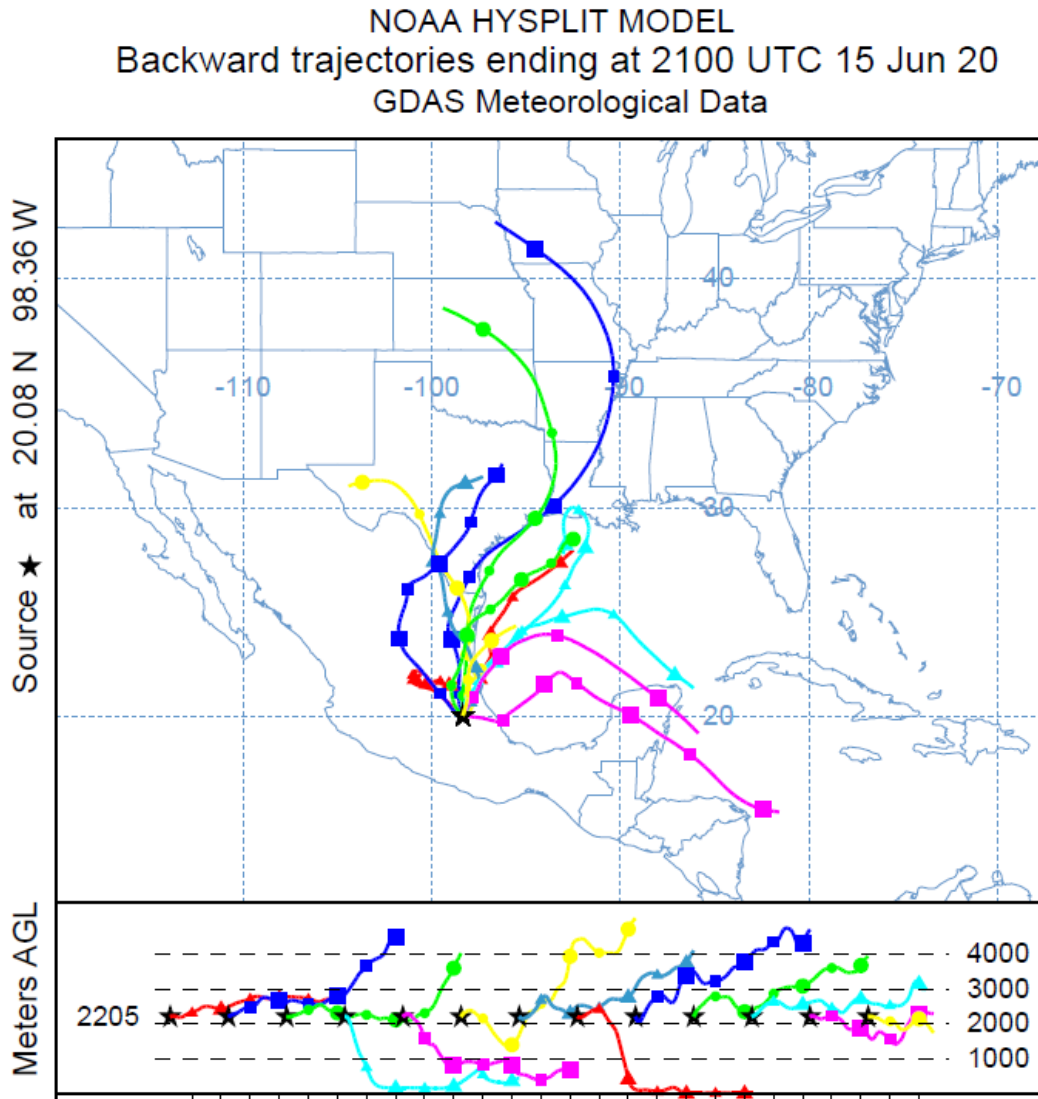


Figura 100 Estación Tulancingo, junio del 2020

Estación Tuxtla, periodo de muestreo: Marzo del 2020

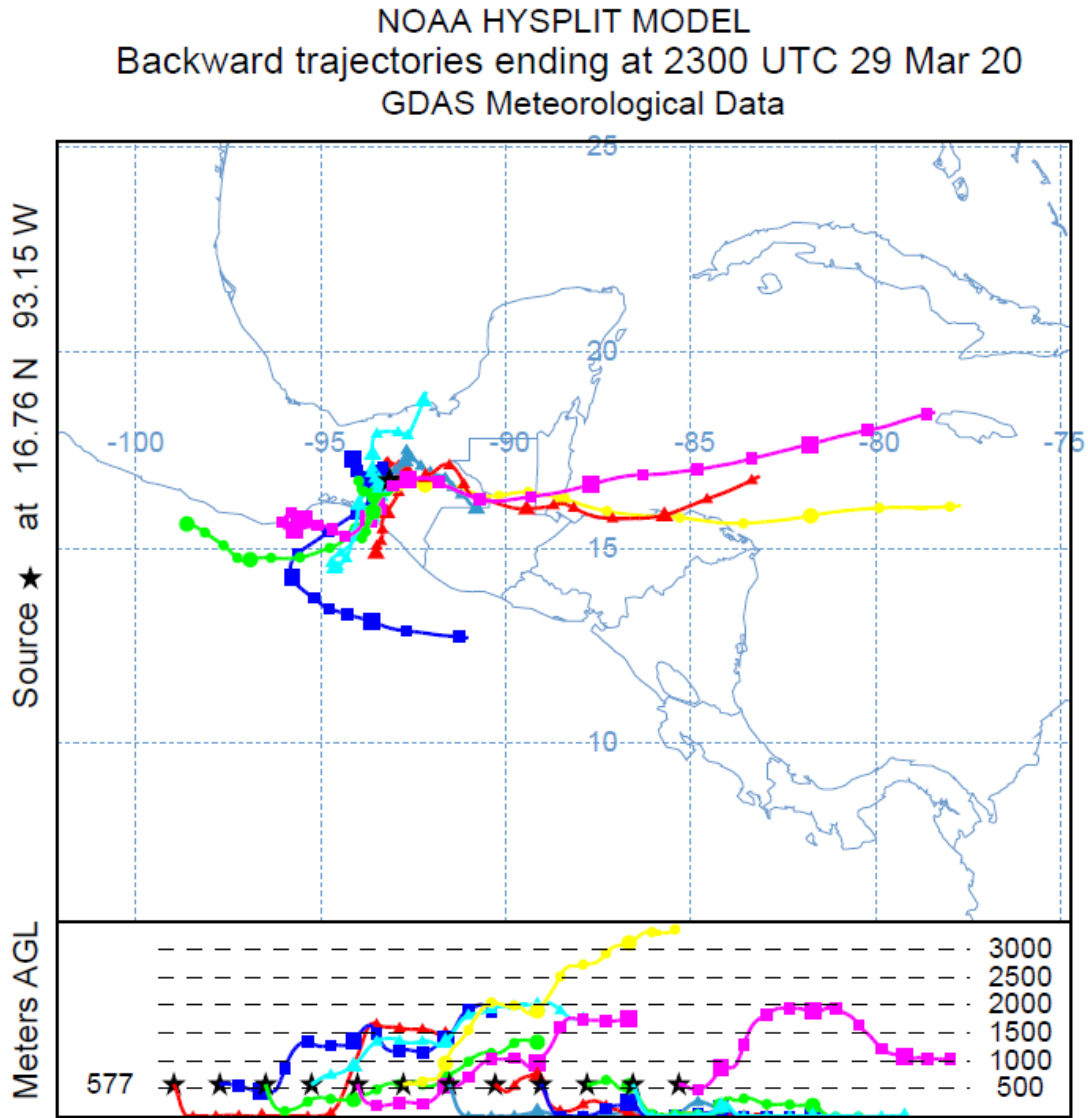


Figura 101 Estación Tuxtla, marzo del 2020

Estación Tuxtla, periodo de muestreo: Junio del 2020

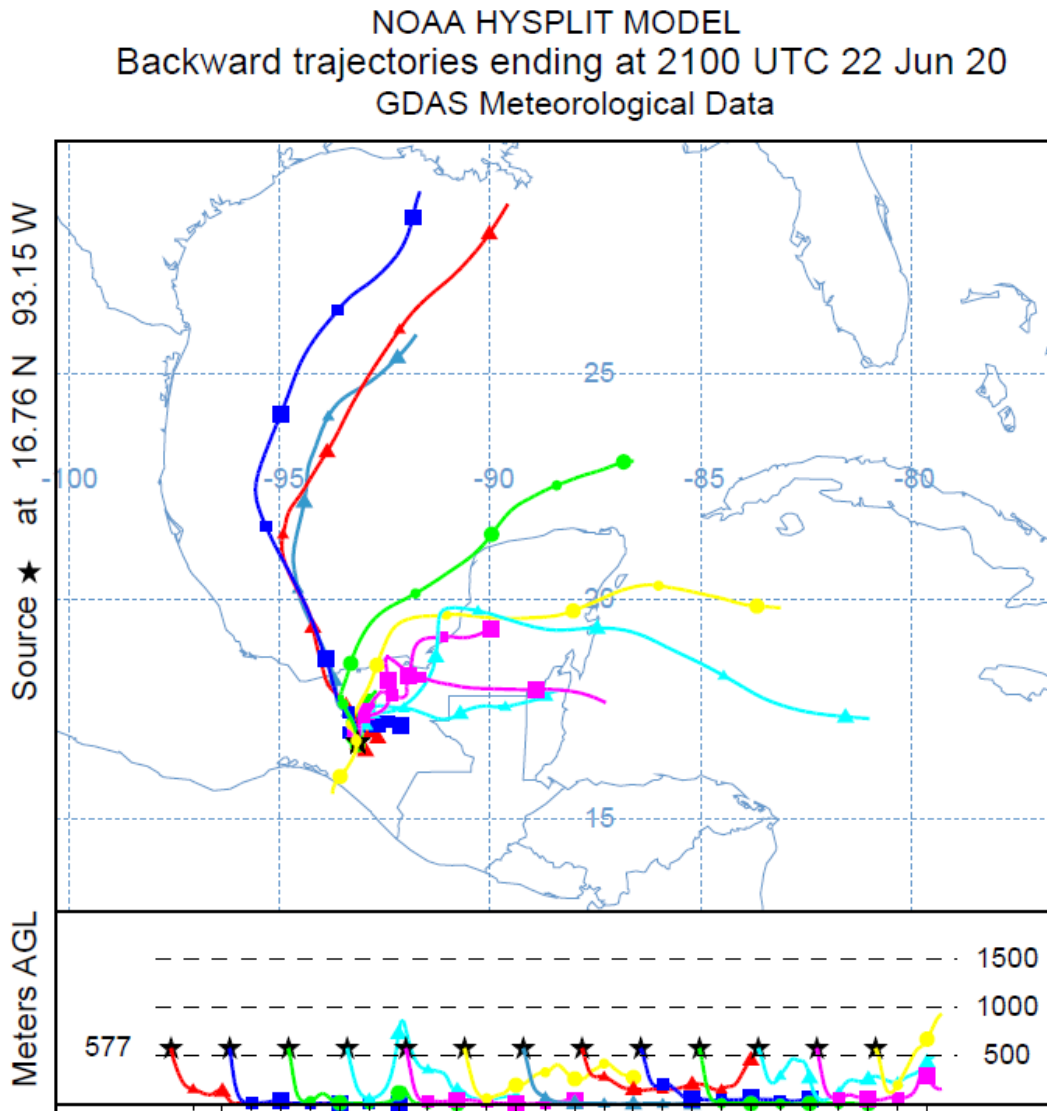


Figura 102 Estación Tuxtla, junio del 2020

Estación Veracruz, periodo de muestreo: Febrero del 2020

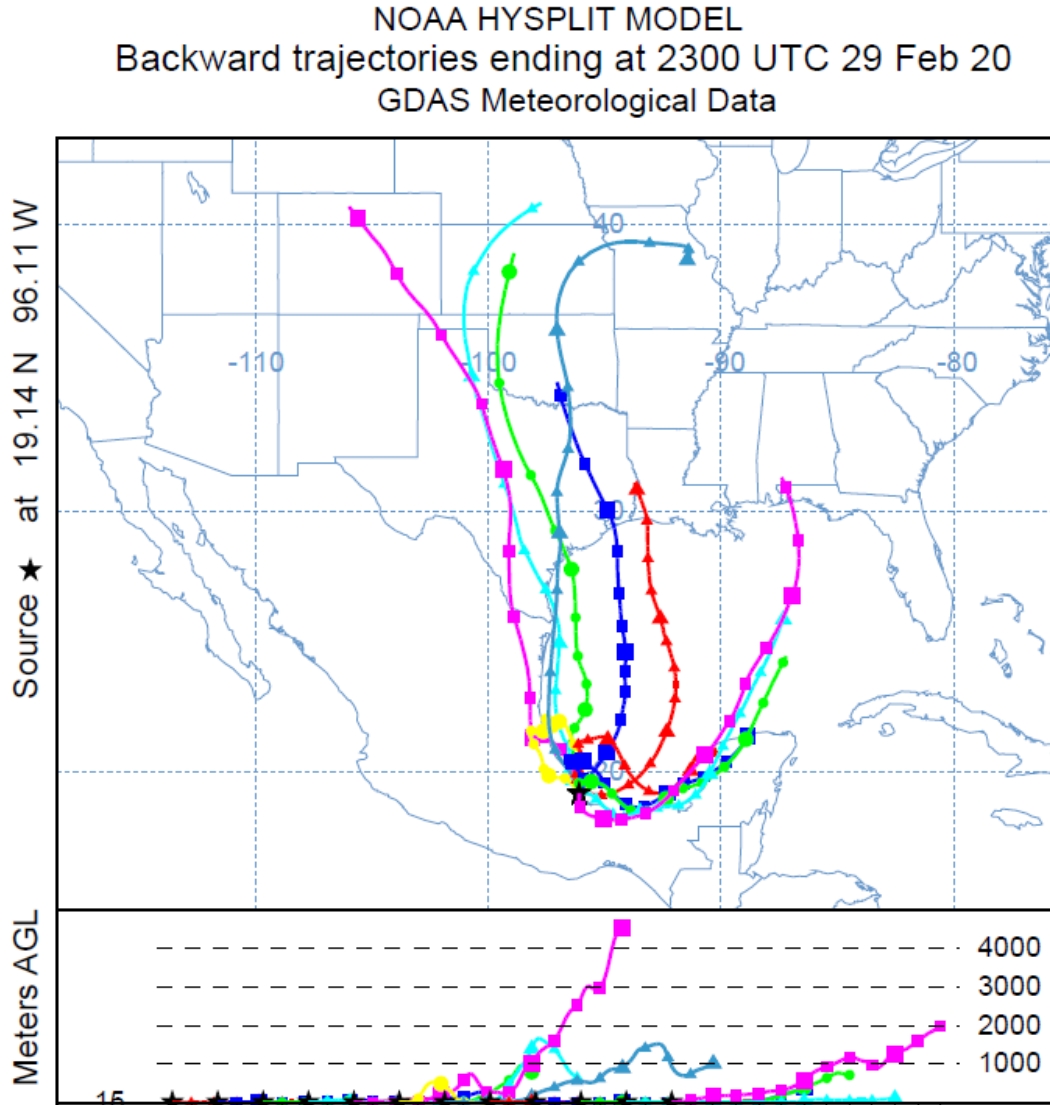


Figura 103 Estación Veracruz, febrero del 2020

Estación Veracruz, periodo de muestreo: Junio del 2020

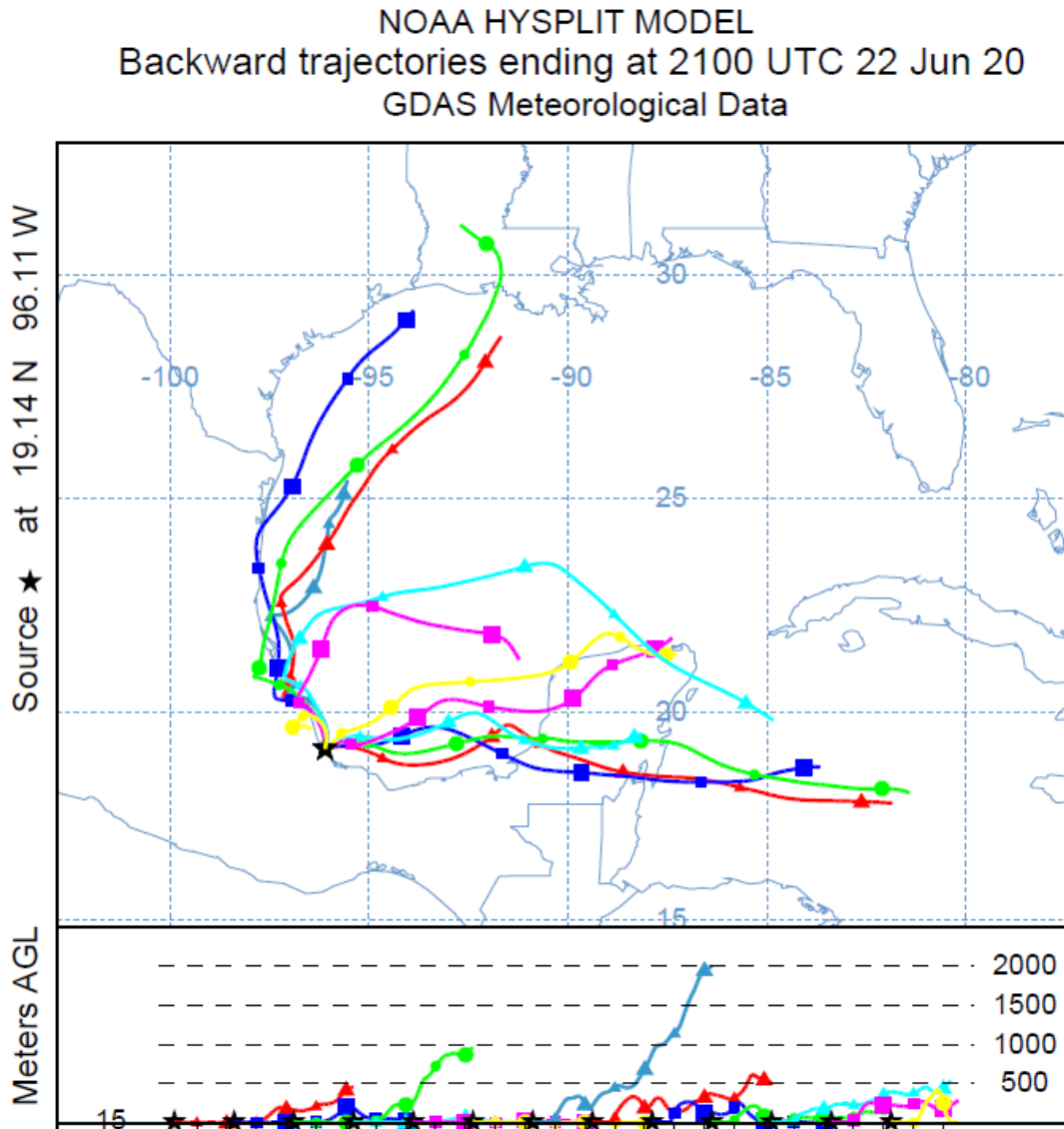


Figura 104 Estación Veracruz, junio del 2020

Estación Villahermosa, periodo de muestreo: Febrero del 2020

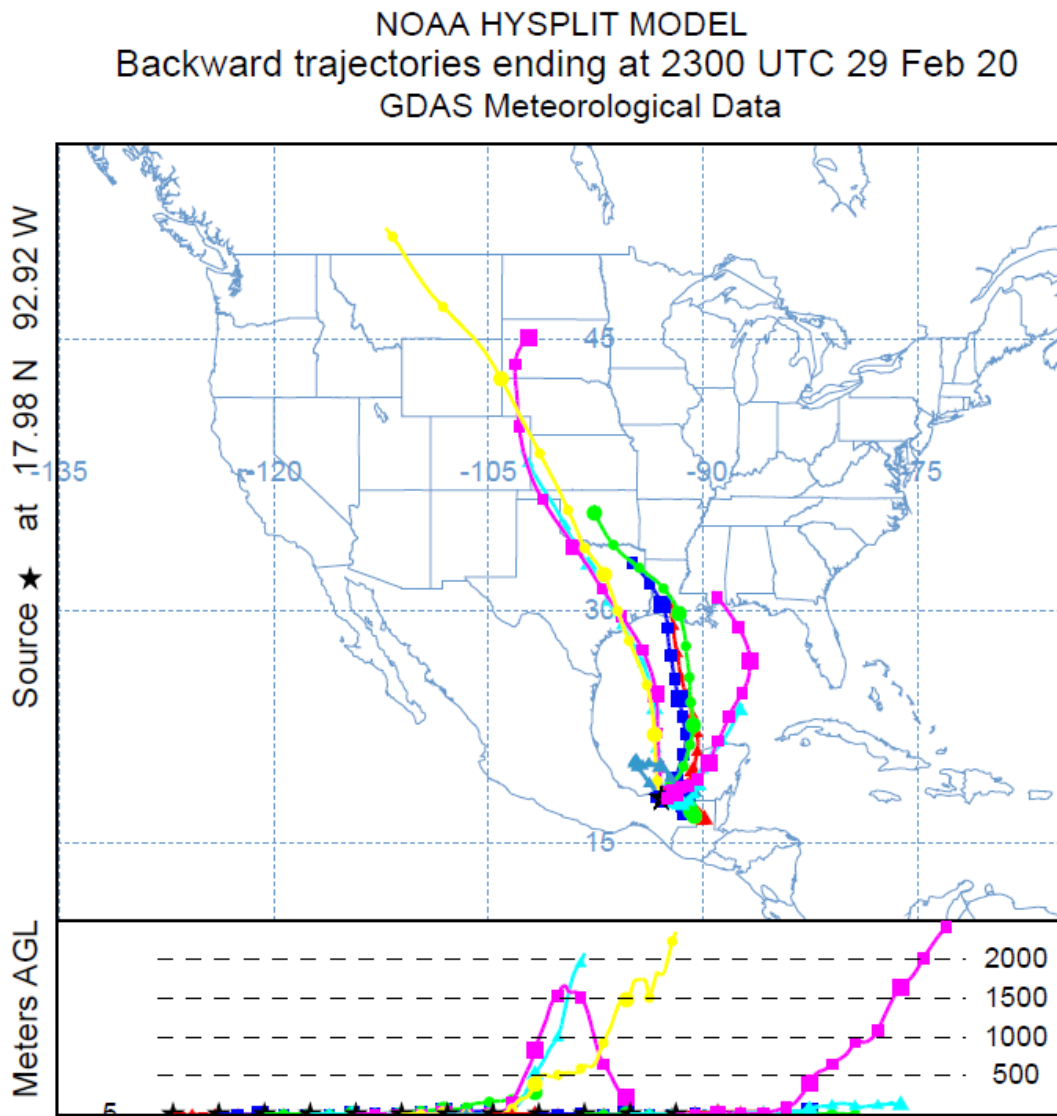


Figura 105 Estación Villahermosa, febrero del 2020

Estación Villahermosa, periodo de muestreo: Junio del 2020

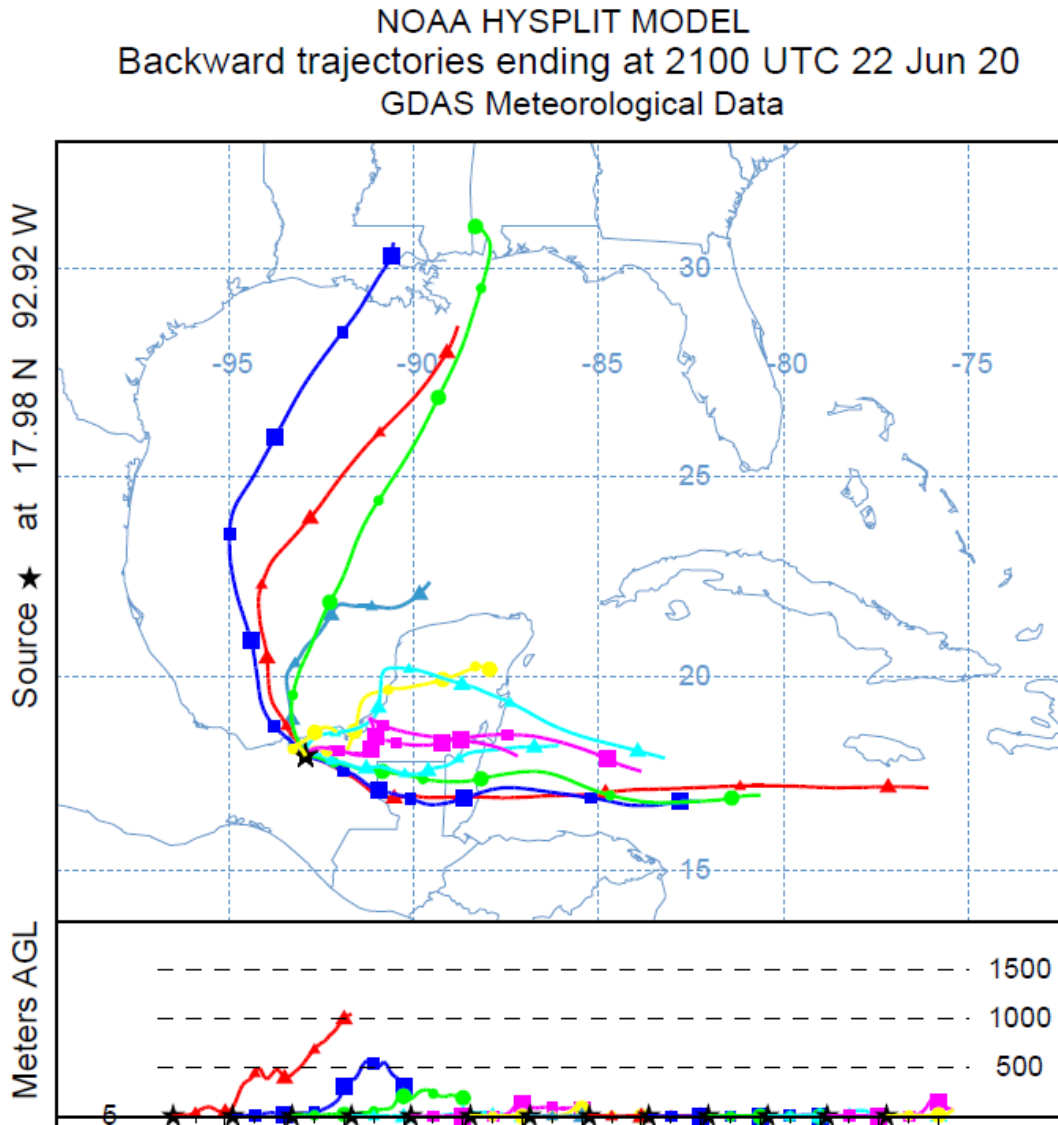


Figura 106 Estación Villahermosa, junio del 2020

8. MEJORA DE EMBUDOS DE COLECTORES DE LLUVIA ACUMULADA PALMEX RS2 DE LA RENIP

Se realizaron dos propuestas de prototipos de mejora de embudos para colectores de lluvia acumulada Palmex RS2 instalados en la RENIP, los prototipos fueron realizados de forma detallada en el software CAD SolidWorks versión 2018 considerando las especificaciones de los embudos originales descritas por el fabricante de los colectores, y considerando las necesidades del personal del IMTA.

El objetivo de realizar dos propuestas de prototipos, es tener alternativas al momento de reemplazar los embudos, debido a que el tiempo de vida de los embudos originales es muy variable y muchas veces es muy corto, dependerá mucho de las condiciones ambientales de la estación donde se encuentra instalado el colector de agua de lluvia, el desgaste en lugares muy secos y cálidos es muy pronto, el embudo plástico original se vuelve acartonado, quebradizo y pierde pigmentación, misma que se introduce al depósito de almacenamiento de muestras al caer lluvia, además que el costo de importación de los embudos es muy elevado, Se espera solucionar esta problemática con las propuestas descritas en la presente sección de este informe.

Para el diseño de los prototipos se buscaron materiales existentes en el mercado nacional, fáciles de conseguir, maquinables y sobre todo duraderos. Los materiales debían cumplir con ciertas características, una de ellas era evitar que se agregaran o adicionaran componentes químicos que pudieran alterar las mediciones de las muestras. Otra de las características que se buscaban era la reducción de costos, esto por el motivo de que por lo regular se cambian aproximadamente dos embudos por estación cada año, los costos de operación de la RENIP aumentan considerablemente si comparamos el costo del embudo original incluyendo la importación del mismo, con la pérdida de muestras de lluvia originada por un embudo dañado.

A continuación, se muestran y describen las ventajas de los prototipos en comparación con los embudos originales, las especificaciones y descripción de los materiales, y el costo aproximado del mismo.

Propuesta 1

Este prototipo comprende de tres elementos, todos del mismo material, los cuales proporcionan una notable mejora y durabilidad en sus componentes en comparación con los embudos originales, el diseño tiene como base los embudos originales.

Se tomaron las medidas del diámetro interior y cuerda de fijación/drenado idénticas a los embudos originales debido a que se tiene estandarizado el volumen

de captación en todos los equipos instalados que forman parte de la RENIP dependiendo de la región.

Los materiales utilizados son de alta calidad, durables, maquinables y de grado alimenticio por lo cual no se presentarán alteraciones ni se agregarán componentes químicos que puedan alterar las muestras de agua captadas.

Las propiedades de los materiales utilizados se describen en la siguiente tabla (Tabla 2)

El material utilizado en este prototipo es el Nylamid M, es el polímero más usado en la industria, cuenta con las características generales del Nylamid, pero además es el producto que ofrece la mayor disponibilidad de medidas para la fabricación de piezas desde muy pequeñas hasta muy grandes, está aprobado para trabajar en contacto directo con alimentos según la norma (NMX-E-202-1993-SCFI). Su resistencia térmica es de 93° C. (Aceros Levinson, 2020)

Tabla 8 características de material prototipo 1

Nylamid M	
Características generales	<ul style="list-style-type: none"> - Gran resistencia térmica y al desgaste hasta - Maquinabilidad - Buenas propiedades mecánicas y eléctricas - Balance ideal de resistencia y tenacidad - Amplio rango de presentaciones y medidas
Características específicas	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a la temperatura (hasta 110 °C aprox.) - Excelente aislante térmico y eléctrico - Alta resistencia mecánica que soporta carga, es un material duro - Grado alimenticio, es apto para estar en contacto directo con alimentos - Facilidad de maquinado
Aplicaciones generales	<ul style="list-style-type: none"> - Engranajes - Ruedas - Cojinetes - Poleas - Slippers - Guías de desgaste

La principal característica del diseño del embudo es la durabilidad de los componentes, la existencia del material en el mercado nacional, el grosor del

material y sus características específicas, además que por la naturaleza de los materiales se evitaría la contaminación de la muestra de lluvia acumulada por plásticos o componentes químicos propios del material en comparación con los embudos originales, la ventaja es que para este diseño se utilizan materiales grado alimenticio y únicamente la capa externa por cuestiones estéticas se utilizaría pintura de triple capa grado automotriz para proteger la parte externa de la intemperie.

Otra característica importante de este diseño es que la durabilidad del embudo por la naturaleza del material y el grosor propuesto, en base a esto se concluyó que el embudo deberá durar aproximadamente 10 años en campo, únicamente realizando el mantenimiento periódico y rutinario de cada mes. Esto consiste en la limpieza con agua limpia del colector y de las partes fungibles, además de realizar la limpieza con escobillón para evitar taponamiento de mangueras, elementos de fijación y entrada de lluvia.

A continuación, se presenta el diseño del prototipo 1, se pueden observar los detalles del diseño, las partes que lo constituyen, el material a utilizar y de forma ilustrativa el color que tendría externamente.

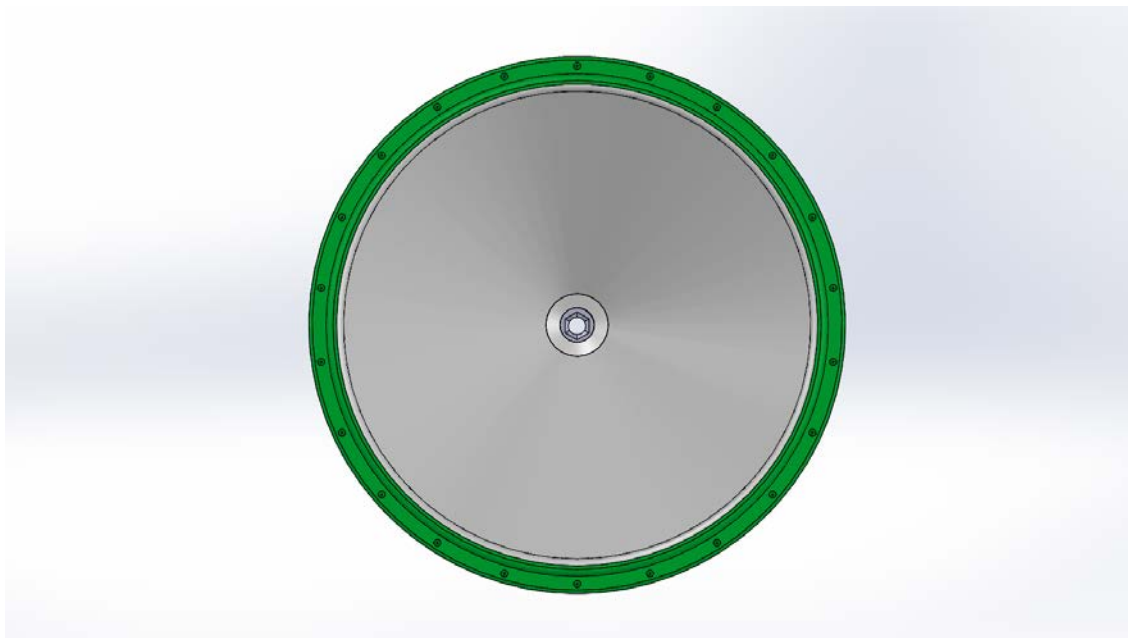


Figura 107 Vista superior del prototipo 1

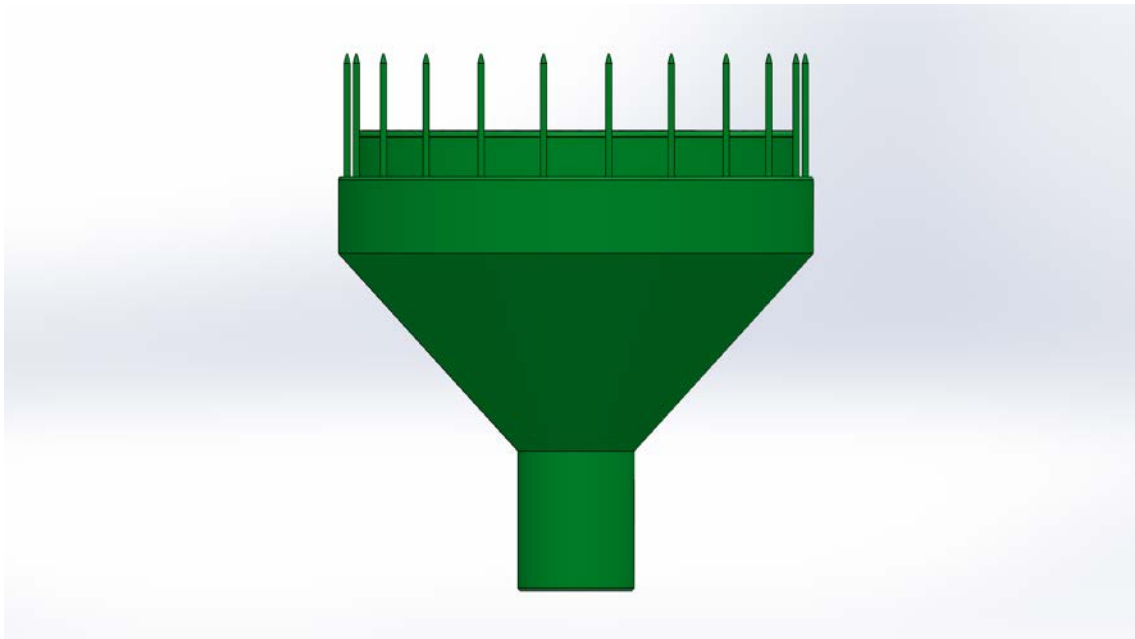


Figura 108 vista lateral del prototipo 1

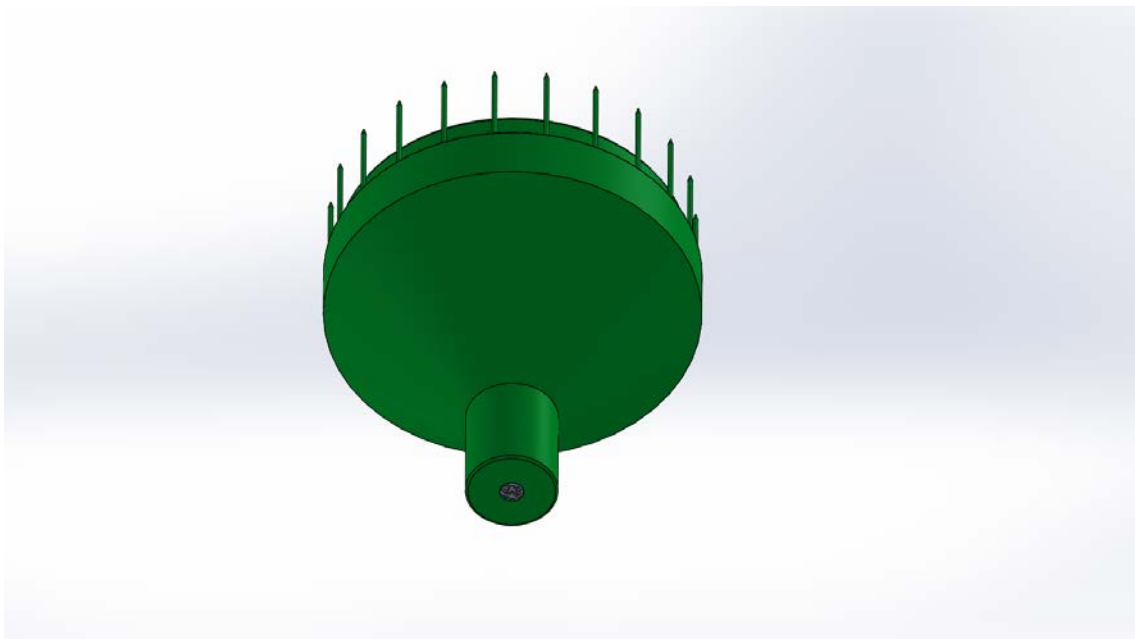


Figura 109 vista inferior del prototipo 1

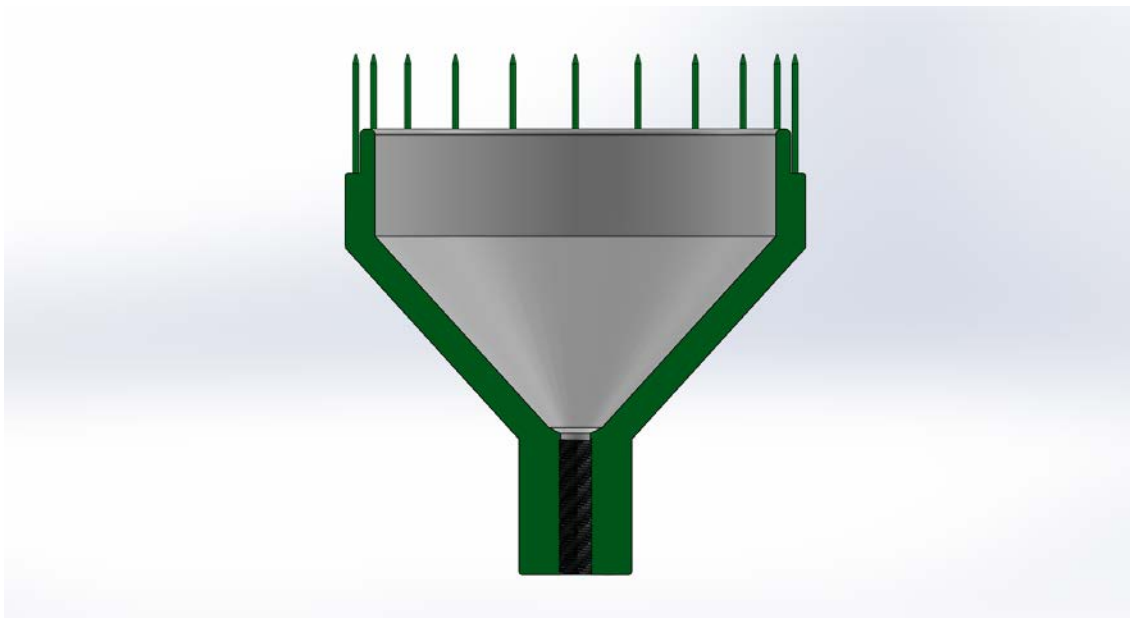


Figura 110 En esta vista se observa el interior del embudo, así como el grosor de las paredes (2 cm), el elemento de fijación roscado y el Angulo interior del embudo.

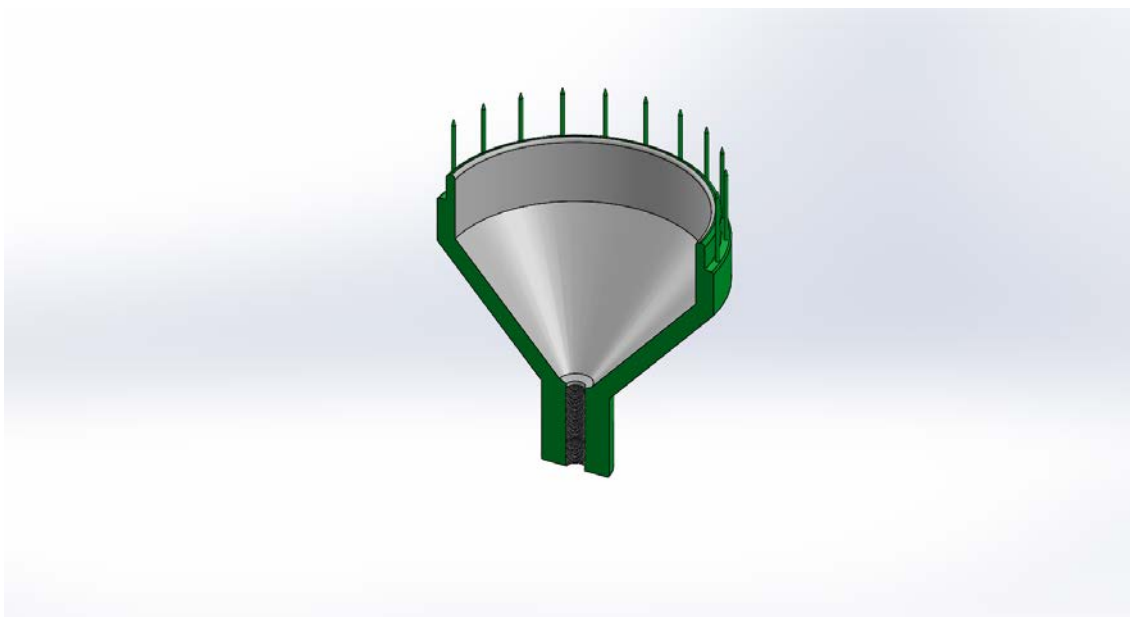


Figura 111 vista con corte a la mitad del prototipo 1

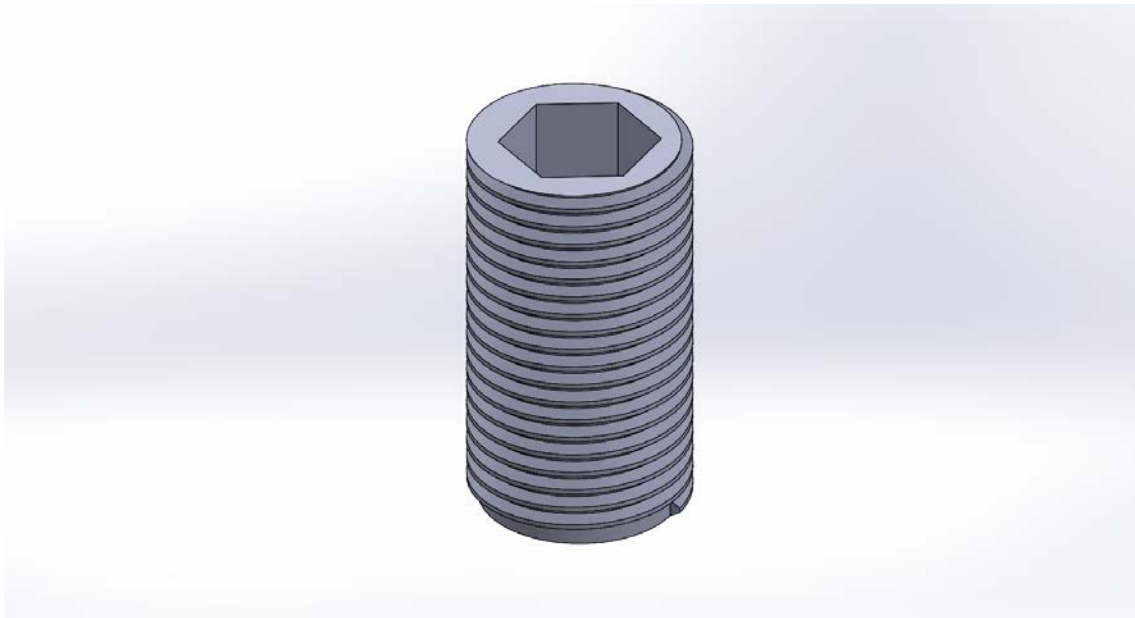


Figura 112 vista del inserto roscado para introducir y darle más resistencia mecánica al elemento de fijación

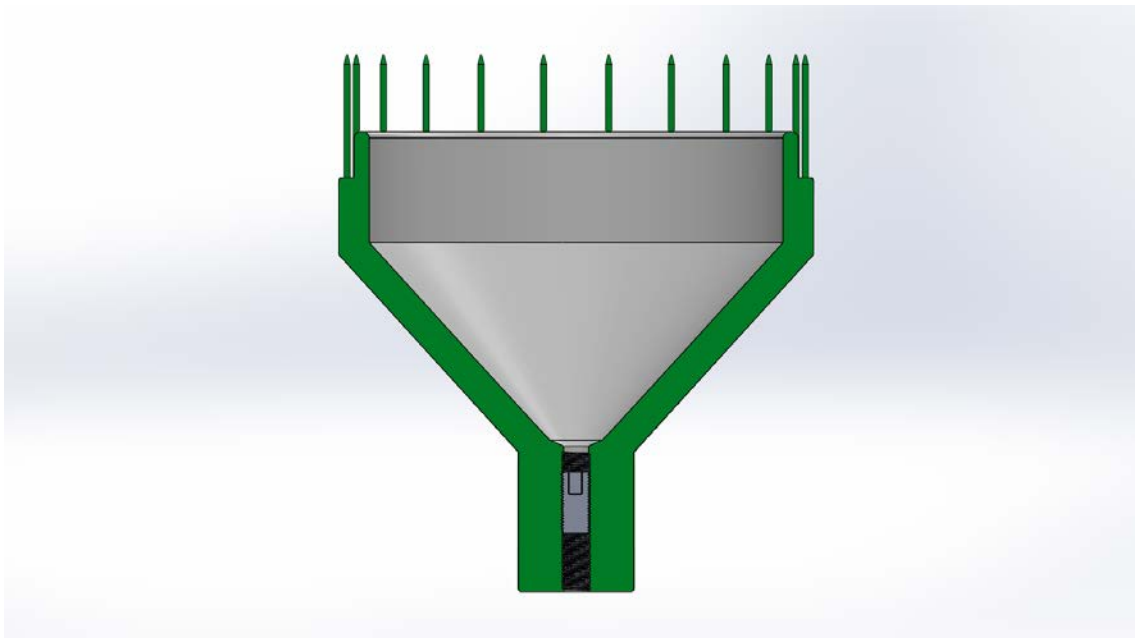


Figura 113 Vista del interior del embudo con el inserto del elemento roscado

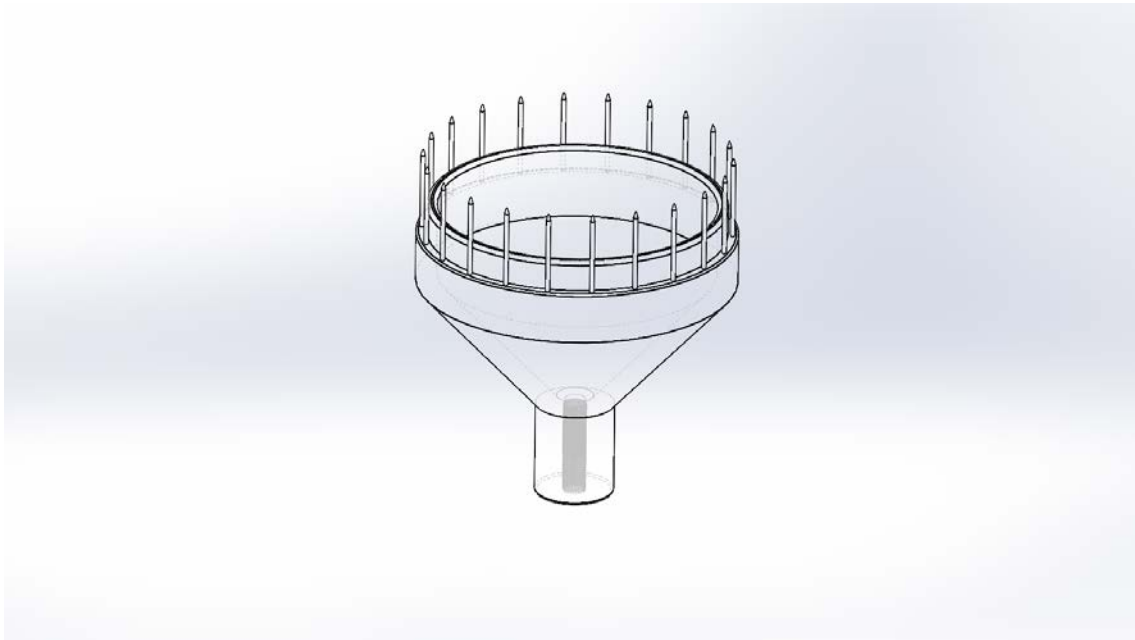


Figura 114 Vista transparente del prototipo 1, se puede observar el interior y el exterior del diseño con detalle

Tabla 9 Medidas del prototipo 1 se presentan a continuación

Diámetro interior:	13.5 cm
Diámetro exterior	15.5 cm
Alto	15.0 cm
Ancho	15.5 cm
Angulo interior	41°
Angulo exterior	41°
Altura de alambres (protección anti aves)	4 cm
Diámetro de alambres (protección anti aves)	0.1 cm
Diámetro salida de embudo	1.8 cm
Diámetro de perno interno	0.5 cm
Alto de perno interno	2 cm
Ancho de perno interno	1.1 cm

Como podemos observar en las anteriores figuras, el diseño del embudo cumple y sobrepasa las características mínimas requeridas de los embudos originales PALMEX, se realizó una mejora del diseño original, agregando ciertas propiedades que por la naturaleza de los materiales utilizados darán al prototipo mayor resistencia en intemperie, desgaste interior nulo, y evitando adiciones plásticas o químicas a las muestras de agua.

Esta propuesta CAD del prototipo 1 se encuentra lista para pasar al maquinado físico y así realizar las pruebas de descarga y funcionalidad correspondientes.

Propuesta 2

Este prototipo comprende de cuatro elementos, la principal ventaja de este prototipo es la reducción de costos y la durabilidad de sus componentes en comparación con los embudos originales, cabe señalar que el presente diseño tiene como base los embudos originales.

Se tomaron las medidas del diámetro interior y cuerda de fijación/drenado idénticas a los embudos originales debido a que se tiene estandarizado el volumen de captación en todos los equipos instalados que forman parte de la RENIP dependiendo de la región.

Los materiales pensados a utilizar para este prototipo son de muy alta calidad, durables, maquinables, y de grado alimenticio por lo cual no se presentarán alteraciones ni se agregarán componentes que puedan alterar la medición de las muestras de agua captadas.

Las propiedades de los materiales utilizados se describen en la siguiente tabla (Tabla 4)

El material utilizado en este prototipo es el acero inoxidable 18/10 o 304 el cual es un acero inoxidable austenítico, Los aceros inoxidables austeníticos constituyen la familia con el mayor número de aleaciones disponibles, integra las series 200 y 300 AISI (American Iron & Steel Institute). Su popularidad se debe a su excelente formabilidad y superior resistencia a la corrosión, lo cual hace idóneo a este material para estar en contacto con los alimentos. (BONNET, 2020)

Tabla 10 características de materiales prototipo 2

Acero inoxidable 18/10 o 304	
Características generales	<ul style="list-style-type: none"> - Excelente resistencia a la corrosión - Endurecidos por trabajo en frío y no por tratamiento térmico - Excelente soldabilidad - Excelente factor de higiene y limpieza - Formado sencillo y de fácil transformación - Tienen la habilidad de ser funcionales en temperaturas extremas
Características específicas	<ul style="list-style-type: none"> -Propiedades adecuadas para gran cantidad de aplicaciones. -Se recomienda para construcciones ligeras soldadas que requieran buena resistencia a la corrosión. -Tiene buen desempeño en temperaturas elevadas (800 a900° C)

	<ul style="list-style-type: none"> -Buenas propiedades mecánicas. -Es recomendable cuando se requiera soldar altos espesores de material.
Aplicaciones generales	<ul style="list-style-type: none"> -Equipo químico -Equipo en constante contacto con alimentos -Accesorios para aviones -Remaches -Equipo para hospitales

La principal característica del diseño de la propuesta 2 es la durabilidad de los componentes, los materiales comerciales y fácil de conseguir existentes en el mercado nacional, el intercambio simple del embudo en caso de robo o daño, las propiedades físicas del material y sus características específicas, además que por la naturaleza de los materiales se evitaría la contaminación de la muestra de lluvia acumulada por plásticos o componentes químicos agregados.

Cabe señalar que los embudos que utiliza este prototipo son comerciales, es decir, el producto ya existe en el mercado internacional, es el modelo FSV-6S son utensilios de acero inoxidable grado alimenticio, estos embudos comerciales tienen gran similitud con los embudos originales PALMEX dimensionalmente hablando. Por tal motivo se optó por utilizar el diseño del embudo FSV-6S y realizar las modificaciones para poder adaptarlos a los colectores de lluvia acumulada instalados en la RENIP.

Para lograr una correcta, durable, funcional y fácil adaptación se requirió del diseño de los elementos adaptativos, se optó por el diseño de un mecanismo de cople el cual tiene características específicas para utilizar este tipo de embudos comerciales, el ángulo, el tamaño y el diámetro del inserto se calcularon exprofeso para la adaptación de los embudos antes descritos.

Para el diseño del cople se realizaron mediciones de los componentes originales disponibles en el colector Palmex RS2. En la propuesta física de este prototipo únicamente se utilizará el tipo de cuerda, el número de hilos y el diámetro del inserto de fijación. El cople está calculado en tamaño, espesor y diámetro para soportar los componentes adicionales al embudo (abrazadera, malla protectora anti-aves), además que tiene un diseño para realizar el mantenimiento de los embudos de manera práctica, evitando así un posible deterioro o ruptura.

Es importante señalar que tanto el embudo como el cople son de material Acero inoxidable grado alimenticio 18/10 o 304.

A continuación, se presenta el diseño del prototipo 2 realizado en CAD, se pueden observar los detalles del diseño, las partes que lo constituyen, el material a utilizar y de forma ilustrativa la apariencia que tendrá una vez construido.

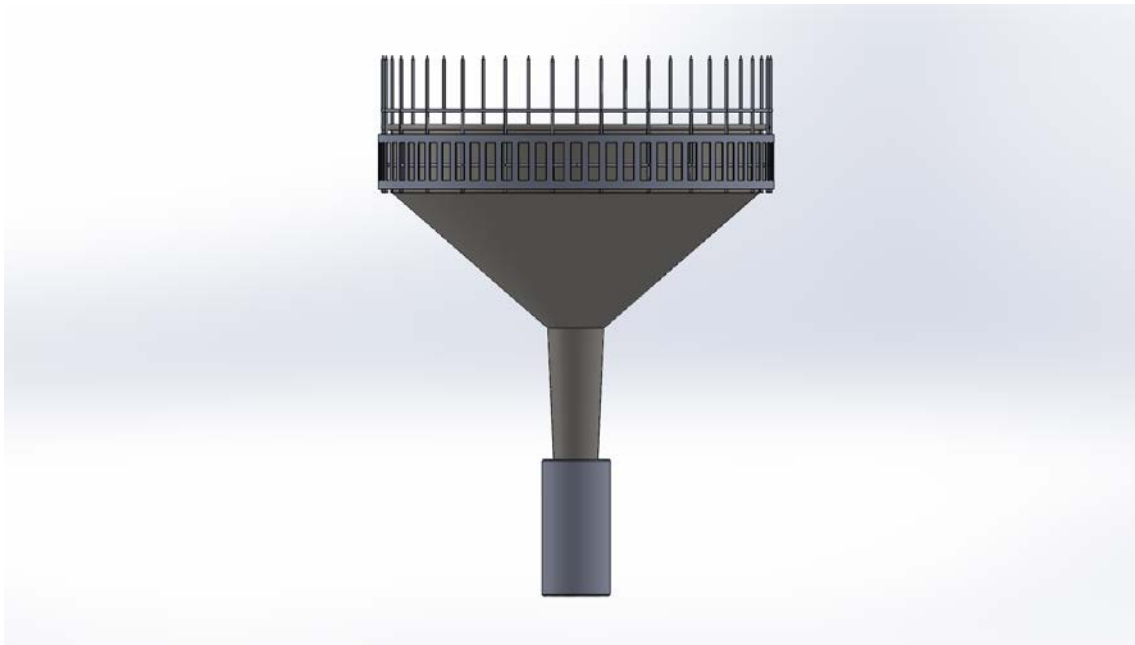


Figura 115 Vista lateral de la propuesta 2 del diseño de mejora de embudo

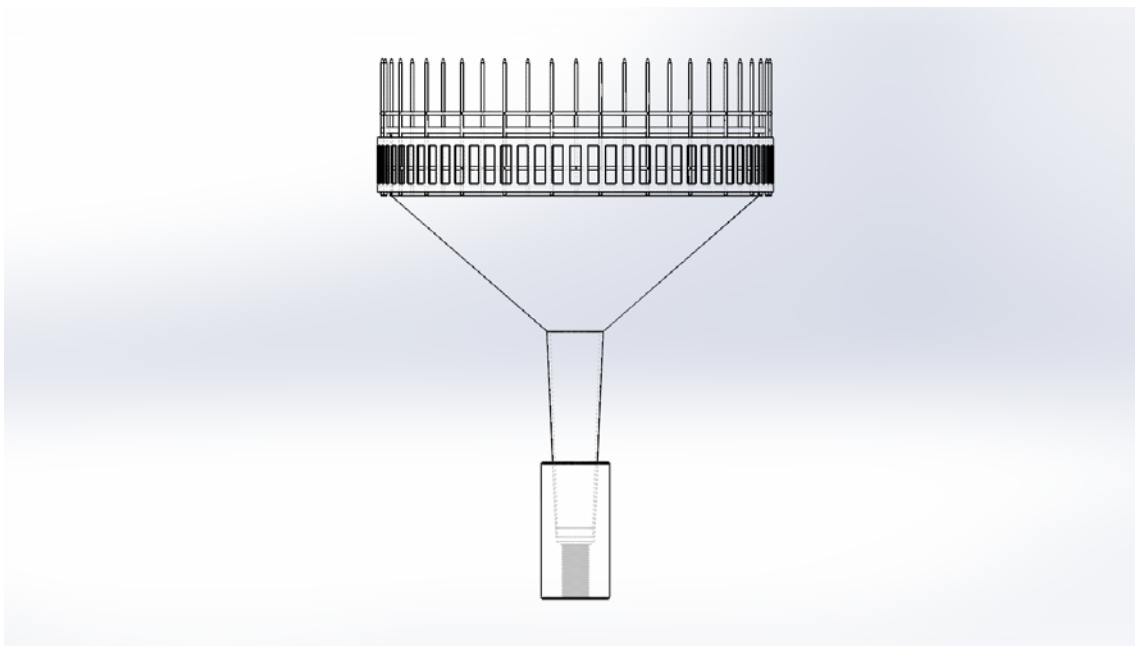


Figura 116 En la siguiente figura se observan los elementos utilizados en vista
translúcida

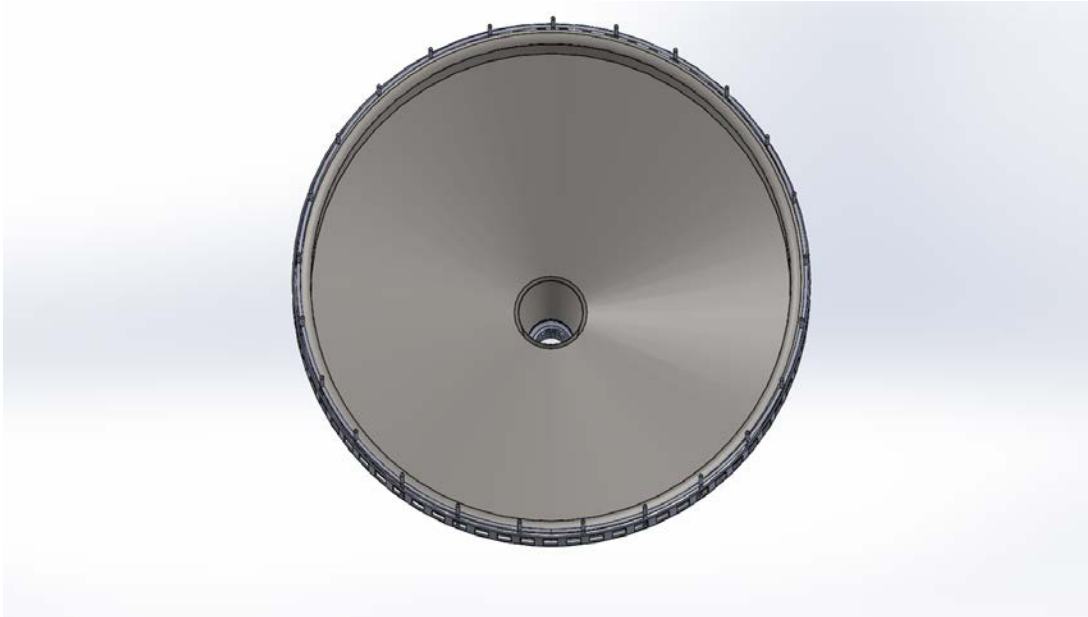


Figura 117 Vista superior de la propuesta 2 del diseño de mejora de embudos



Figura 118 Vista inferior de la propuesta 2 del diseño de mejora de embudos, se puede observar el cople con el barreno de descarga al centro

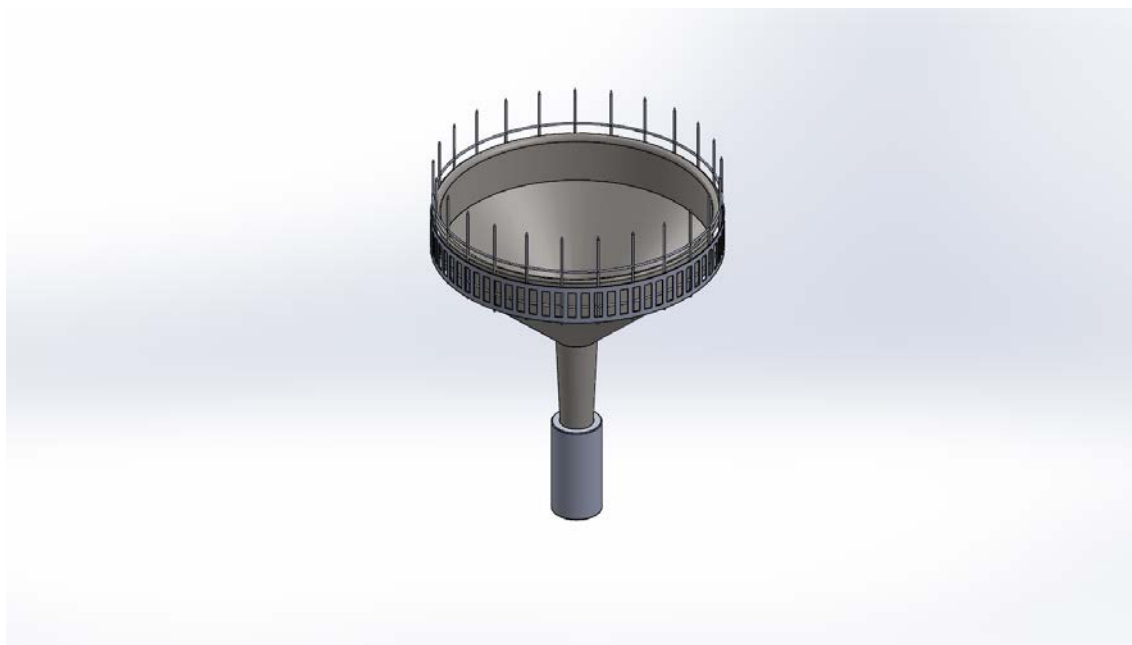


Figura 119 Vista general de la propuesta 2 del diseño de mejora de embudo, se observan todos los elementos utilizados en el diseño

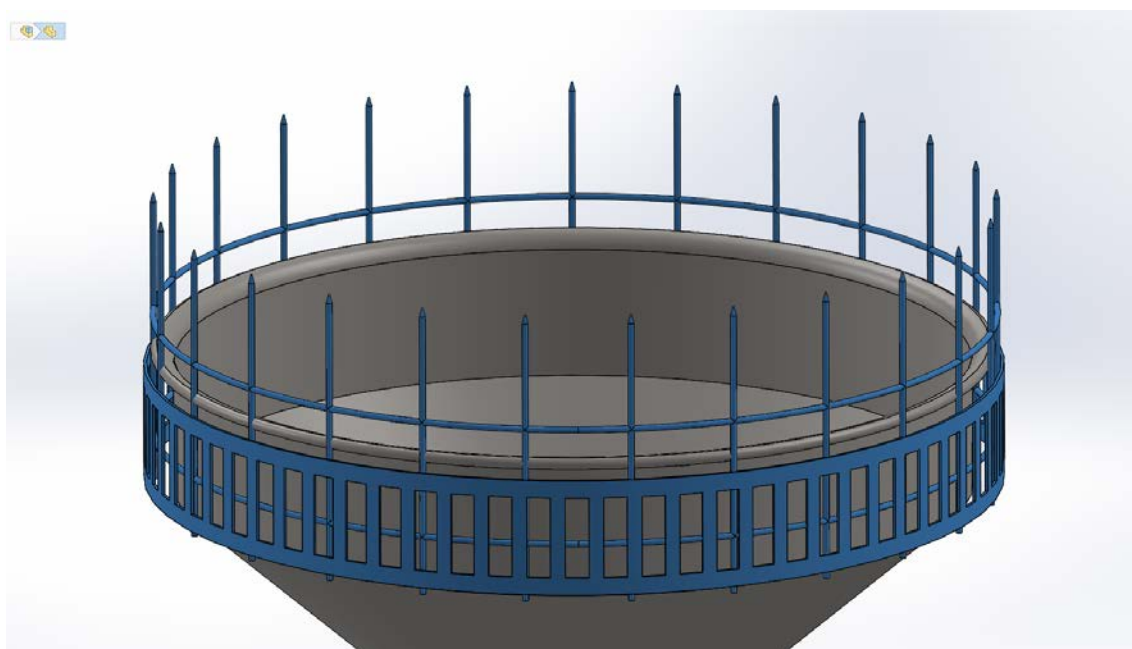


Figura 120 En la siguiente figura se muestran los elementos del mecanismo anti-aves, la abrazadera y la malla protectora son fundamentales



Figura 121 Diseño del cople, se puede observar el ángulo para la sujeción del embudo y la rosca para el inserto al colector

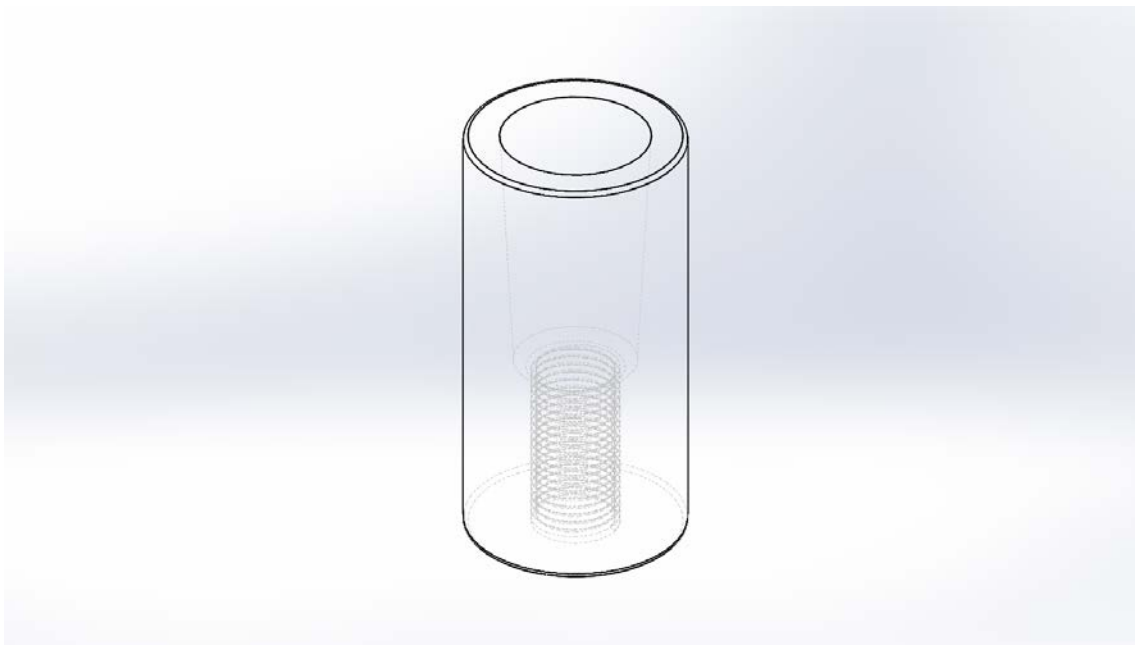


Figura 122 Vista general del cople



Figura 123 Vista de la apariencia real del embudo comercial FSV 6-S

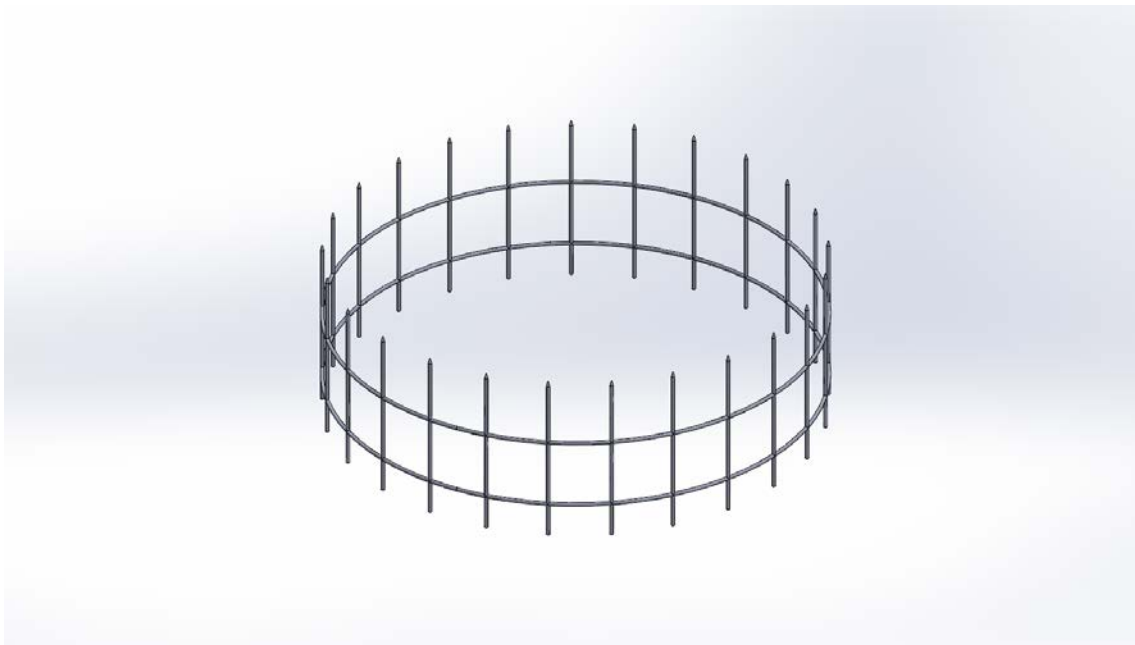


Figura 124 Vista general de la malla de protección anti-aves



Figura 125 Vista general de abrazadera de fijación para malla de protección anti-aves

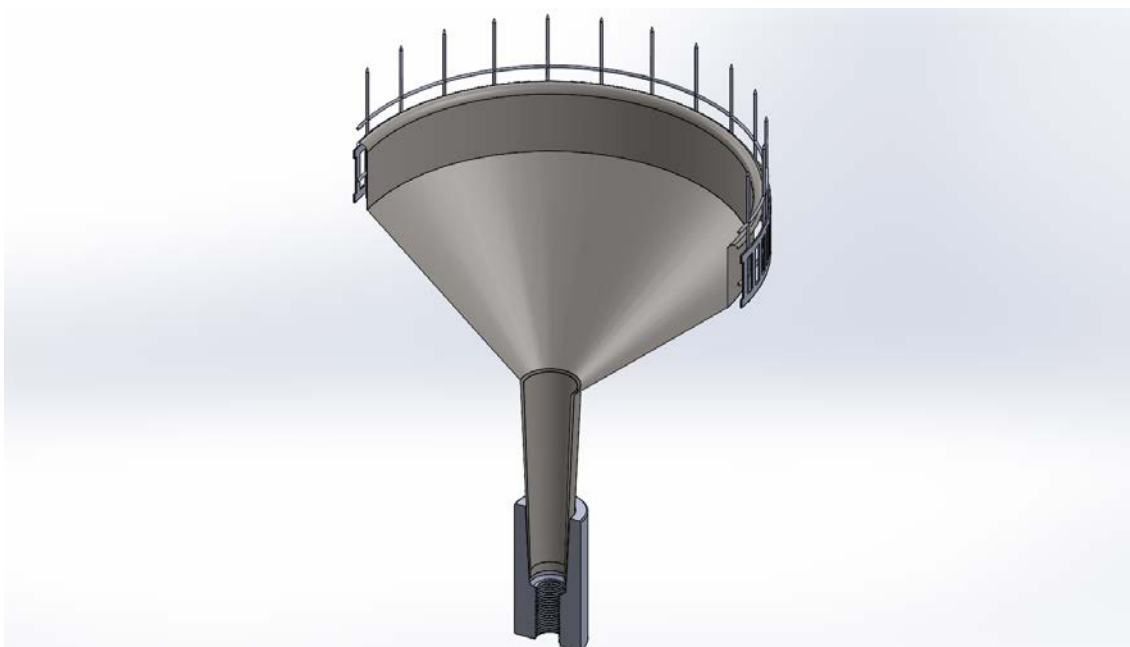


Figura 126 Vista de corte central, se observan todos los elementos utilizados para el diseño, además de los grosores de cada pieza y la ubicación final

Tabla 11 Medidas del prototipo 2 se presentan a continuación

Diámetro interior:	13.5 cm
Diámetro exterior	14.0 cm
Alto	19.2 cm
Ancho	14.3 cm
Angulo interior	35°
Angulo exterior	35°
Altura de alambres (protección anti aves)	3 cm
Diámetro de alambres (protección anti aves)	0.1 cm
Diámetro salida de cople	1.0 cm
Diámetro de cople	2.4 cm
Alto de cople	5 cm

Como podemos observar en las anteriores figuras, el diseño del embudo comercial existente en el mercado nacional cumple y sobrepasa las características mínimas requeridas de los embudos originales PALMEX además que es compatible con la similitud dimensional del mismo, se realizó el diseño de una adaptación de elementos que pudieran cumplir y mejorar la funcionalidad de los embudos originales, agregando ciertas propiedades que por la naturaleza de los materiales utilizados darán al prototipo mayor resistencia en intemperie, mayor durabilidad, desgaste interior nulo, y evitando adiciones plásticas o químicas a las muestras de agua.

Esta propuesta CAD del prototipo 2 al igual que la propuesta del prototipo 1, se encuentra lista para pasar al maquinado físico y así realizar las pruebas de descarga y funcionalidad correspondientes.

9. EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN DE MEDICIONES DE ISÓTOPOS ESTABLES DE HIDRÓGENO Y OXÍGENO WICO 2020

Los ejercicios de comparación internacional de isótopos estables de H y O entre laboratorios especializados, son realizados periódicamente por el Organismo Internacional de Energía Atómica (*IAEA* por sus siglas en inglés), con el propósito de evaluar la calidad de las mediciones analíticas, sistematizar procedimientos de mejora continua y autoevaluar las prácticas que aplican para generar y presentar resultados a nivel internacional.

Muestras utilizadas

Los contenidos isotópicos $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ se expresan como desviaciones isotópicas delta (δ), expresados en ‰ con respecto al estándar internacional VSMOW, donde la abundancia isotópica se calcula como la desviación de la relación isotópica (por ejemplo, $^{18}\text{R} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) de una referencia establecida. La delta de la especie isotópica se expresa como:

$$\delta = \frac{R_A}{R_r} - 1 \quad (\times 10^3, \text{‰}) \quad (1)$$

Los resultados isotópicos deben estar normalizados con respecto a la escala primaria VSMOW-SLAP (Gonfiantini 1979).

Dada la limitada disponibilidad de materiales de referencia primarios, no es posible utilizar directamente VSMOW y SLAP para las operaciones de rutina diaria en el laboratorio, por lo que se utilizan estándares internos que abarcan un rango adecuado de valores δ , siempre que se calibren regularmente con materiales de referencia primarios.

En la **Figura 1** se presentan las muestras utilizadas para el ejercicio de intercomparación, conteniendo agua de varias composiciones isotópicas. Éstas incluyen muestras candidatas a ser estándares internos del IAEA, o bien muestras de las pruebas de aptitud anteriores para análisis de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$.

Las muestras de agua son filtradas, almacenadas y presurizadas con Argón en recipientes metálicos de 20 L a temperatura ambiente. La distribución final se realizó en viales de vidrio de 30 ml con tapones sellados. Las dispensaciones de viales se realizaron en una sola sesión para cada muestra WICO con el fin de evitar efectos de almacenamiento y manipulación.



Figura 127 Muestras de agua utilizadas en el ejercicio de intercomparación WICO 2020

WICO 2020 Submission

<https://eu.jotform.com/IHLAB/wico-2020-results-reporting?session=JF...>



WICO 2020 Results Reporting

Reporting Instructions

- Please report all d value results on the VSMOW/SLAP scale.
- Report results in decimal point format (not a comma for decimal).

The **Laboratory ID** you received from the IAEA is required to submit your results. The Lab ID is printed on your WICO test sample bottles and in the accompanying cover letter (Lab Reporting ID).

Important: If you measured the WICO samples on multiple instruments (e.g. Laser & CF-IRMS), please submit each instrument's results as a separate submission and kindly add a lettered suffix to your LabID for each. You will receive a performance report for each submission.

Example: LabID 321 submitted 2H/18O results from a laser and 18O results from a CF-IRMS - these are two separate submissions with LabID 321**A** and 321**B**).

Please enter your data carefully. You can SAVE a partially completed form prior to submission (Save Button - bottom of this form) - you will be emailed a web link allowing you to return and complete the submission. A copy of your submitted data will be emailed to you on the final submission (please review it for errors).

If you have any questions about your WICO 2020 submission or have lost your LAB ID, or have problems with the online form, please email us:

WICO.Contact-Point@iaea.org

REPORTING DEADLINE: December 31, 2020

Submitter *

WICO 2020 Submission

<https://eu.jotform.com/IHLAB/wico-2020-results-reporting?session=JF...>

Mr	Luis	González	Hita
Mr/Ms/Dr	First Name	Middle Name	Last Name

Laboratory ID *

(LabID - one per laboratory)

Suffix for multiple submissions

(leave A as default- then B, C.. for other instruments)

Submitter Email *

(enter twice)

Part 1. Technical and Background Questions

This year we are asking some detailed questions to obtain metadata for statistical analyses of pooled results to help better identify other factors important in influencing laboratory performance outcomes. We appreciate the extra few minutes this will take for you to complete. Be aware your WICO reporting information is kept strictly confidential by the IAEA and will only be used anonymously in any synthesis reports.

Approximately how many years has your laboratory been analyzing isotopes of water? *

(e.g. 5 years, 25 years etc.)

What is the experience level of the isotope analyst? *

- Highly skilled and experienced (e.g. >10 years)
- Mid-level skill and experience (e.g. 5-10 years)
- Junior analyst (e.g. < 5 years)
- New user (e.g. < ~1 year)
- Graduate students or post-docs (e.g. University lab)
- Other

Approximately how many water samples do you analyze each year? *

(e.g. 200, 5000, etc.)

Types of water samples measured in your laboratory (check any that apply): *

- Precipitation
- Groundwater
- Surface water (rivers, lakes)

WICO 2020 Submission

<https://eu.jotform.com/IHLAB/wico-2020-results-reporting?session=JF...>

- Seawater or high TDS waters
- Mineral water (e.g. fluid inclusions)
- Plant water (e.g. leaf water)
- Body waters (e.g. urine, DLW)
- Ice cores
- Other

What are the delta values of your high and low daily-use lab standards used to normalize the WICO samples (as applicable)? - use decimal point format. *

	d2H (VSMOW)	d18O (VSMOW)	d17O (VSMOW)
Low delta value lab standard	-81.4	-11.79	
High delta value lab standard	17.1	3.38	

Source of your daily-use laboratory calibration standards? *

- Prepared in own lab
- IAEA (VSMOW(2)/SLAP(2)/GISP/GRESP)
- U.S. Geological Survey Reference Waters
- Lab Standards from Instrument Manufacturer
- From a colleague or other lab
- NIST
- Other

How do you store your daily-use laboratory calibration standards? *

- Small glass bottles (< 1L)
- Flame sealed glass ampoules
- Large steel or aluminum tank (e.g. >5-10 L)
- Large glass bottles (>5-10 L)
- Small plastic bottles (< 1L)
- Other

What is the frequency for calibrating your daily use laboratory standards using primary Reference Materials such as VSMOW(2) and VSLAP(2)? *

- Annually
- Every ~2 years
- Every ~3-4 years or more
- Never (we use pre-calibrated lab stds)
- Don't know
- Other

Which data normalization method do you use for waters? *

- 3-point (or more) lab standard normalization
- 2-point lab standard normalization

WICO 2020 Submission

<https://eu.jotform.com/IHLAB/wico-2020-results-reporting?session=JF...>

- Single-point lab standard normalization
- Non-linear fitting methods
- Other

Which uncertainty reporting method do you normally use? *

- 1-sigma standard deviation (SD) of a control standard over a period of time
- 1-sigma SD of replicated unknown samples
- Assign a blanket uncertainty value to all samples
- Full error propagation
- 2-sigma SD of control standard over a period of time
- Uncertainty is not reported to users
- Root mean squared error (RMSE) of control standard over time
- Standard error of mean (SEM) of control standard over time
- Worst 1-sigma SD of replicated samples
- Other

Which sources of uncertainty do you take into account in your reported uncertainty?

- VSMOW(2)/SLAP(2) uncertainty
- Lab calibration standard uncertainty
- Control(s) or external precision
- Internal instrument precision
- None
- Other

How do you typically perform your data processing and evaluation for reporting? *

USGS LIMS

Part 2. WICO 2020 Results Reporting

Please SELECT the instrument for the results you are reporting here: *

Laser Analyzer

(e.g. Laser, CF-IRMS, DI-IRMS)

Which make and model of laser instrument was used? *

Los Gatos Research, LWIA-45-EP

(e.g. Picarro 2130/1110/2140, Los Gatos DLT, Delta-Ray, etc.)

For how many years has this laser instrument been in routine use? *

2 years

(e.g. 1 year, 5 years, etc.)

How would you describe the performance of this laser instrument?

- Excellent and in top operating condition.
- Acceptable operating condition, we have occasional minor issues.

WICO 2020 Submission

<https://eu.jotform.com/IHLAB/wico-2020-results-reporting?session=JF...>
 Problematic instrument, with frequent performance issues.

What volume of water was used for H2O injections? *

(e.g. 900 nL, 2.0 uL)

How were injections done? *

Liquid Autosampler

(select one)

How many injections per sample vial? *

(e.g. 6, 8, 12 etc.)

How many initial injections per vial are ignored? *

(e.g. 3, 4 etc.)

Syringe brand and volume? *

(e.g. Hamilton 1.2 uL, SGE 10 uL etc.)

Which carrier or flush gas was used? *

Dry Air (Drierite)

(select carrier gas)

Please check any tools that were applied to the WICO laser sample data processing:

- I used "prep injections" to reduce carryover memory
- I applied a residual memory correction algorithm.
- I applied a linear or spline instrumental drift correction.
- I applied an "H2O amount" correction.
- I used Supplier software to check samples for spectral contamination.
- I used injection outlier screening

Other relevant details or non-standard laser setups (optional):

(e.g. used a combustion module, home-made vaporizer, etc.)

WICO 2020 Results

d2H Results (if applicable) - please use decimal point format.

	d2H (VSMOW)	d2H Uncertainty	# of Replicates
OH-25	<input type="text" value="-129.3"/>	<input type="text" value="0.76"/>	<input type="text" value="1"/>

WICO 2020 Submission

<https://eu.jotform.com/IHLAB/wico-2020-results-reporting?session=JF...>

OH-26	-78	0.27	1
OH-27	-190.6	0.62	1
OH-28	-49.4	0.80	1
OH-29	1.5	0.31	1
OH-30	-78.3	0.51	1

d18O Results (if applicable) - please use decimal point format.

	d18O (VSMOW)	d18O Uncertainty	# of Replicates
OH-25	-17.05	0.05	1
OH-26	-11.30	0.04	1
OH-27	-25.15	0.10	1
OH-28	-7.91	0.08	1
OH-29	-0.99	0.05	1
OH-30	-11.21	0.06	1

d17O and 17O-Excess Results (if applicable) - please use decimal point format.

	d17O (VSMOW)	d17O Uncertainty	# of Replicates	17O-excess (per meg)	17O-excess Uncertainty
OH-25					
OH-26					
OH-27					
OH-28					
OH-29					
OH-30					

Which lambda (slope) value was used for your 17O-excess determination?

 (e.g. 0.5, 0.516, 0.528 etc.)

Which d17O value did you assign to VSMOW2, if used?

 (e.g. 0.000)

Which d17O value did you assign to VSLAP2, if used?

WICO 2020 Submission

<https://eu.jotform.com/IHLAB/wico-2020-res>

(e.g. -28.86, -29.7, -29.6986 etc.)

Have d17O or 17O-excess data produced in your laboratory been used or reported in a scientific publication?

Finally, do you have any additional comments about your reported results or about the WICO 2020 test in general:

Our lab standards not covering scale of tests samples.

(shipping issues, instrumental problems, lab standards not covering scale of test samples, etc.)

I agree to allow the IAEA to use my reported WICO 2020 data anonymously in synthesis reports. *

Agree

De: [IAEA WICO 2020](#)
A: lghita@tlaloc.imta.mx
Asunto: We have received your WICO 2020 results - thank you.
Fecha: martes, 8 de diciembre de 2020 05:09:20 p. m.



WICO 2020 Results Reporting

Submitter	Mr Luis González Hita		
Laboratory ID	20272		
Suffix for multiple submissions	B		
Submitter Email	lghita@tlaloc.imta.mx		
Approximately how many years has your laboratory been analyzing isotopes of water?	7 years		
What is the experience level of the isotope analyst?	Mid-level skill and experience (c.g. 5-10 years)		
Approximately how many water samples do you analyze each year?	600		
Types of water samples measured in your laboratory (check any that apply):	Precipitation Groundwater Surface water (rivers, lakes) Plant water (e.g leaf water)		
What are the delta values of your high and low daily-use lab standards used to normalize the WICO samples (as applicable)? - use decimal point format.			
	d2H (VSMOW)	d18O (VSMOW)	d17O (VSMOW)
Low delta value lab standard	-81.4	-11.79	
High delta value lab standard	17.1	3.38	
Source of your daily-			

use laboratory calibration standards?	IAEA (VSMOW(2)/SLAP(2)/GISP/GRESP) NIST
How do you store your daily-use laboratory calibration standards?	Large steel or aluminum tank (e.g. >5-10 L)
What is the frequency for calibrating your daily use laboratory standards using primary Reference Materials such as VSMOW(2) and VSLAP(2)?	Every ~3-4 years or more
Which data normalization method do you use for waters?	2-point lab standard normalization
Which uncertainty reporting method do you normally use?	1-sigma SD of replicated unknown samples
Which sources of uncertainty do you take into account in your reported uncertainty?	VSMOW(2)/SLAP(2) uncertainty Lab calibration standard uncertainty
How do you typically perform your data processing and evaluation for reporting?	USGS LIMS
Please SELECT the instrument for the results you are reporting here:	Laser Analyzer
Which make and model of laser instrument was used?	Picarro L2110-i
For how many years has this laser instrument been in routine use?	7 years

How would you describe the performance of this laser instrument?	Excellent and in top operating condition.
What volume of water was used for H ₂ O injections?	1.8 uL
How were injections done?	Liquid Autosampler
How many injections per sample vial?	9
How many initial injections per vial are ignored?	4
Syringe brand and volume?	SGE 10 uL
Which carrier or flush gas was used?	Dry N ₂ Gas (Cylinder)
Please check any tools that were applied to the WICO laser sample data processing:	<p>I used "prep injections" to reduce carryover memory</p> <p>I applied a residual memory correction algorithm.</p> <p>I applied a linear or spline instrumental drift correction.</p> <p>I used Supplier software to check samples for spectral contamination.</p>

d²H Results (if applicable) - please use decimal point format.

	d ² H (VSMOW)	d ² H Uncertainty	# of Replicates
OH-25	-130.5	0.99	1
OH-26	-78.90	0.83	1
OH-27	-192.1	0.77	1
OH-28	-50.3	0.62	1
OII-29	1.2	0.63	1
OH-30	-78.2	0.41	1

d¹⁸O Results (if applicable) - please use decimal point format.

	d ¹⁸ O (VSMOW)	d ¹⁸ O Uncertainty	# of Replicates
OH-25	-17.07	0.08	1
OH-26	-11.27	0.12	1
OII-27	-25.31	0.11	1
OH-28	-8.00	0.09	1
OII-29	-0.92	0.08	1

OII-30	-11.22	0.07	1
--------	--------	------	---

Finally, do you have any additional comments about your reported results or about the WICO 2020 test in general:

Our lab standards not covering scale of tests samples.

I agree to allow the IAEA to use my reported WICO 2020 data anonymously in synthesis reports.

Agree

Now create your own JotForm - It's free!

Create a JotForm

De: [SCHWINGENSCHLOEGL, Dagmar](#) en nombre de [WICO - Contact Point](#)
A: [WICO - Contact Point](#)
Asunto: WICO 2020 Deadline Extended to March 31, 2021
Fecha: jueves, 10 de diciembre de 2020 07:41:32 a. m.

Dear WICO Participants,

The COVID-19 pandemic has caused many complications for us to complete the IAEA WICO test on time in 2020. Moreover, ongoing COVID-related issues with participants (lab lockdowns, shipping delays, instrumental issues after lockdowns etc.) have resulted in a majority of participants unable to report their WICO results and/or requesting extension beyond Dec 31.

For these reasons, we extended the December **reporting deadline to March 31, 2021** in order to facilitate full international participation. We plan to send out the individual lab performance reports in April 2021. WICO participants can still submit results after March 31 but these will not be included in the synthesis report because the sample values will have been exposed. We are also committed to providing “unofficial” performance reports for late submissions because of these difficult circumstances.

In the meantime, we encourage all laboratories to report their results online ASAP (ca. 50 out of 270 reporting so far):

<https://eu.jotform.com/IHLAB/wico-2020-results-reporting>

For those who have already uploaded their results and are eager to get the assessment of their lab, we sincerely apologize for this unplanned performance report delay.

We appreciate your kind understanding during this global COVID-19 situation.

Len (on behalf of WICO Team)

FAQs:

Where can I find my confidential laboratory ID? -

It is on the letter inside the shipping box, or if you lost that, use your set ID number from the bottles with prefix '20'. For example, bottle set number 005 has a reporting ID 20005. Please contact us if you need help.

The expiry date on the WICO sample bottles passed, can I still run them? -

The samples were securely bottled before the COVID-19 pandemic with our initial completion schedule in mind. The expiry date was intended to discourage long-term use following the proficiency test. The storage integrity of the WICO sample bottles is excellent (and is being assessed periodically).

9.1. Resultados WICO-2020. Analizador láser LGR

En la **Tabla 12** se presentan los resultados de $\delta^{18}\text{O}$ de las muestras analizadas en el laboratorio.

Tabla 12 Resultados de $\delta^{18}\text{O}$

Sample	Reference Value			Submitted Result		Evaluation			Comment
	$\delta^{18}\text{O}$	Unc.	σ_p	$\delta^{18}\text{O}$	Unc.	D	z-test	ζ -test	
OH25	-16.98	0.01	0.10	-17.05	0.05	-0.07	-0.70	-1.37	
OH26	-11.20	0.01	0.10	-11.30	0.04	-0.10	-1.00	-2.43	
OH27	-24.89	0.02	0.10	-25.15	0.10	-0.26	-2.60	-2.55	
OH28	-7.95	0.02	0.10	-7.91	0.08	0.04	0.40	0.49	
OH29	-1.05	0.01	0.10	-0.99	0.05	0.06	0.60	1.18	
OH30	-11.21	0.01	0.10	-11.21	0.06	0.00	0.00	0.00	

Colour codes:

Satisfactory
Questionable
Unsatisfactory

Overall performance		
Avg $ z $ $\delta^{18}\text{O}$	0.88	
Avg $ \zeta $ $\delta^{18}\text{O}$	1.33	
SD of D $\delta^{18}\text{O}$	0.12	

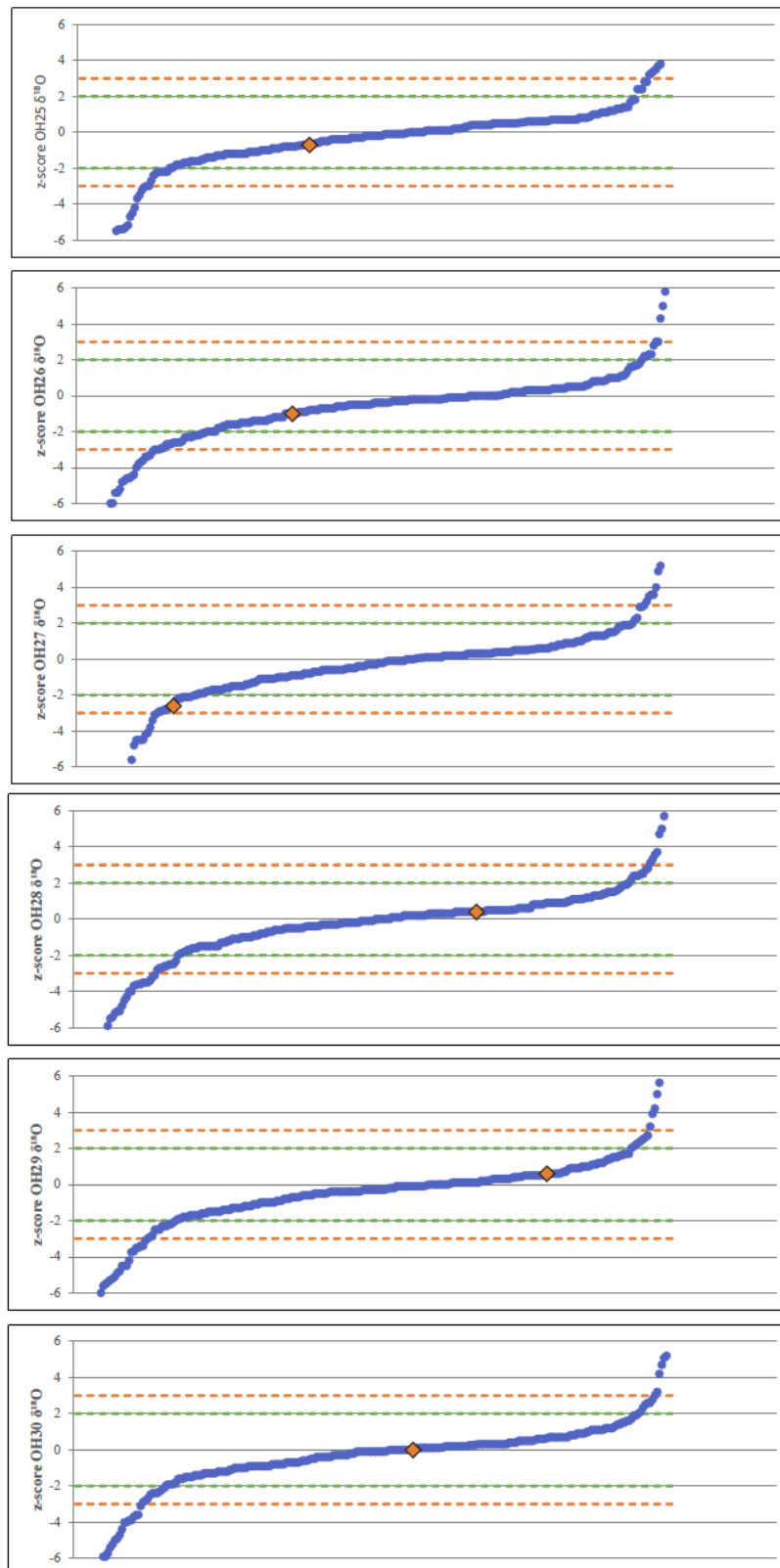


Figura 128 Diagramas de $\delta^{18}\text{O}$

En la siguiente tabla se presentan los resultados de $\delta^2\text{H}$ de las muestras analizadas en el laboratorio

Tabla 13 Resultados de $\delta^2\text{H}$

Sample	Reference Value			Submitted Result		Evaluation			Comment
	$\delta^2\text{H}$	Unc.	σ_p	$\delta^2\text{H}$	Unc.	D	z-test	ζ -test	
OH25	-129.5	0.2	0.8	-129.3	0.8	0.2	0.21	0.22	
OH26	-78.1	0.2	0.8	-78.0	0.3	0.0	0.06	0.15	
OH27	-190.8	0.2	0.8	-190.6	0.6	0.2	0.27	0.33	
OH28	-49.0	0.3	0.8	-49.4	0.8	-0.4	-0.50	-0.46	
OH29	1.8	0.2	0.8	1.5	0.3	-0.3	-0.41	-0.92	
OH30	-77.9	0.3	0.8	-78.3	0.5	-0.4	-0.53	-0.72	

Colour codes:

Satisfactory
Questionable
Unsatisfactory

Overall performance		
Avg z $\delta^2\text{H}$	0.33	
Avg $ \zeta \delta^2\text{H}$	0.47	
SD of D $\delta^2\text{H}$	0.30	

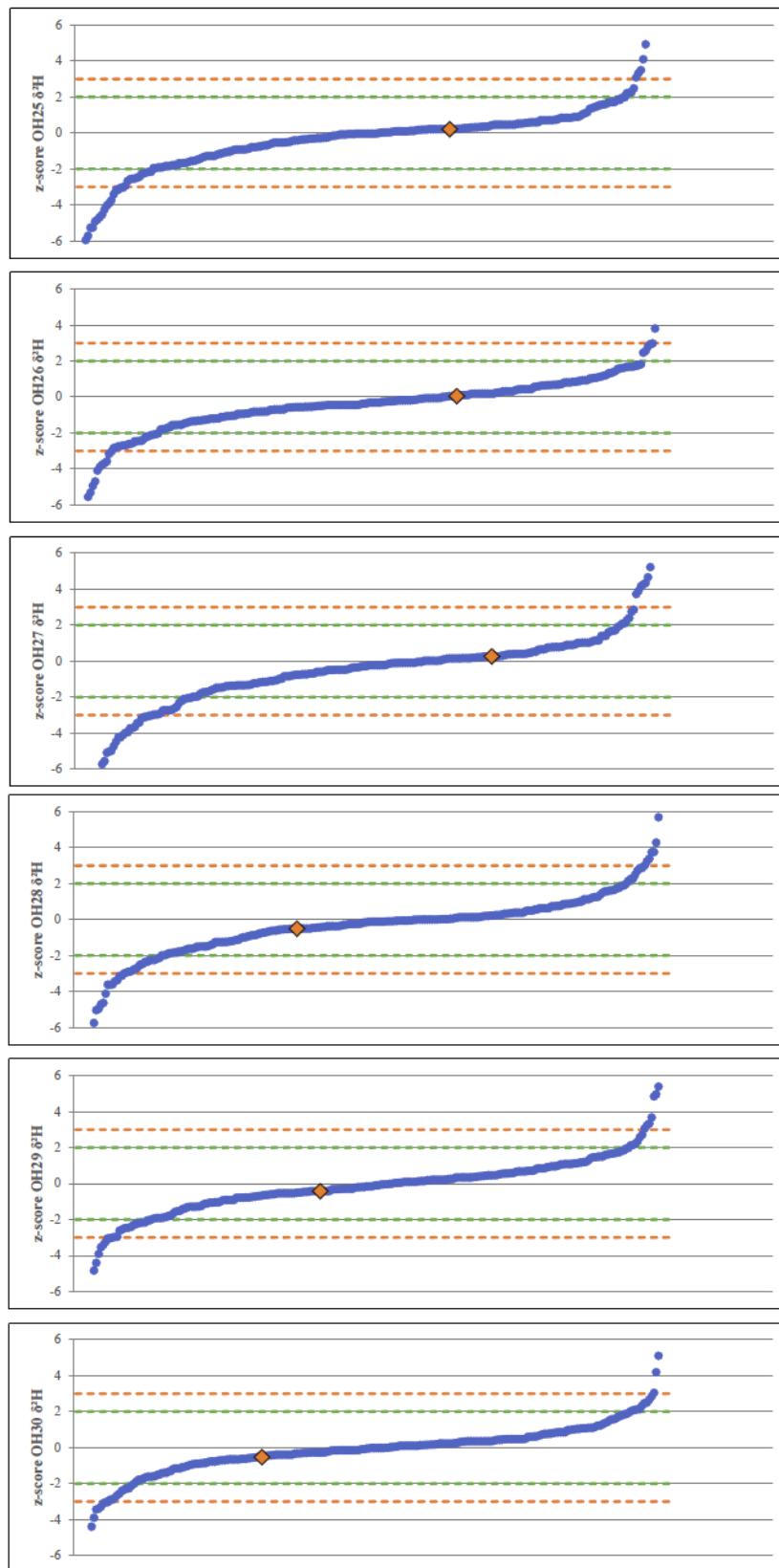


Figura 129 Diagramas de $\delta^2\text{H}$

En la **Tabla 14** se presentan los resultados del exceso de deuterio obtenidos

Tabla 14 Exceso de deuterio

Sample	Reference Value			Submitted Result		Evaluation			Comment
	$\delta^2\text{H}$	Unc.	σ_p	$\delta^2\text{H}$	Unc.	D	z-test	ζ -test	
OH25	6.4	0.2	1.1	7.1	0.9	0.7	0.65	0.82	---
OH26	11.6	0.2	1.1	12.4	0.4	0.9	0.75	1.79	---
OH27	8.3	0.3	1.1	10.6	1.0	2.3	2.03	2.19	---
OH28	14.6	0.4	1.1	13.9	1.0	-0.7	-0.64	-0.66	---
OH29	10.2	0.2	1.1	9.4	0.5	-0.8	-0.72	-1.49	---
OH30	11.8	0.3	1.1	11.4	0.7	-0.4	-0.37	-0.55	---

Colour codes:

Satisfactory
Questionable
Unsatisfactory

Overall performance

Avg $ z \delta^2\text{H}$	0.86	---
Avg $ \zeta \delta^2\text{H}$	1.25	---
SD of D $\delta^2\text{H}$	1.21	---

La siguiente figura presenta las mediciones realizadas con los estándares internos dentro del rango isotópico correcto y normalizado

	Slope	Intercept	R ²	Plot
$\delta^{18}\text{O}$	0.013	0.108	0.836	●
$\delta^2\text{H}$	-0.004	-0.427	0.627	●

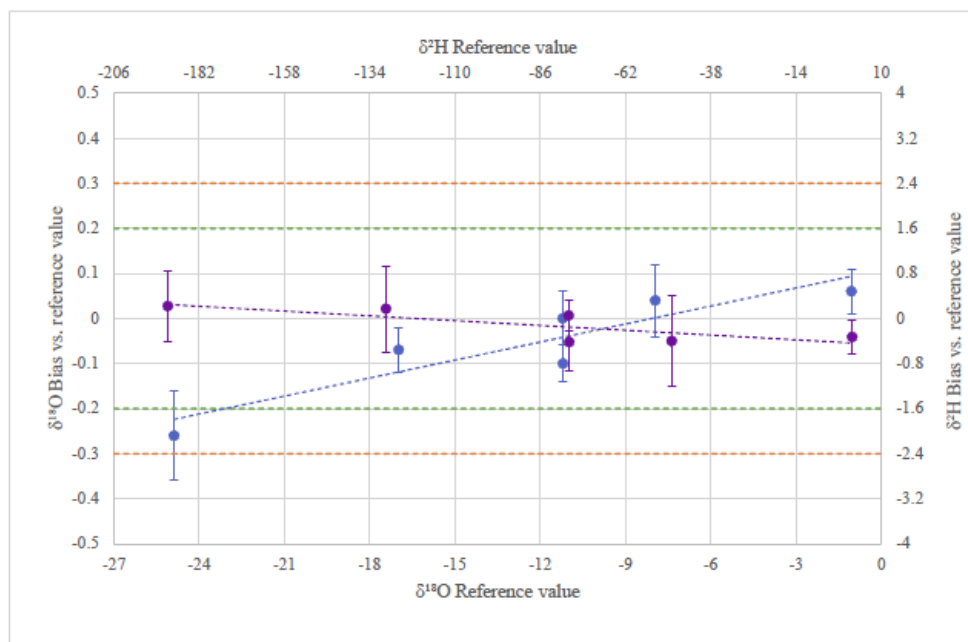


Figura 130 Valores de referencia vs. Sesgo

9.2. Resultados WICO-2020. Analizador láser Picarro

En la **Tabla 15** se presentan los resultados de $\delta^{18}\text{O}$ de las muestras analizadas en el laboratorio.

Tabla 15 Resultados de $\delta^{18}\text{O}$

Sample	Reference Value			Submitted Result		Evaluation			Comment
	$\delta^{18}\text{O}$	Unc.	σ_p	$\delta^{18}\text{O}$	Unc.	D	z-test	ζ -test	
OH25	-16.98	0.01	0.10	-17.07	0.08	-0.09	-0.90	-1.12	
OH26	-11.20	0.01	0.10	-11.27	0.12	-0.07	-0.70	-0.58	
OH27	-24.89	0.02	0.10	-25.31	0.11	-0.42	-4.20	-3.76	1
OH28	-7.95	0.02	0.10	-8.00	0.09	-0.05	-0.50	-0.54	
OH29	-1.05	0.01	0.10	-0.92	0.08	0.13	1.30	1.61	
OH30	-11.21	0.01	0.10	-11.22	0.07	-0.01	-0.10	-0.14	

Colour codes:

Satisfactory
Questionable
Unsatisfactory

Overall performance

Avg $ z $ $\delta^{18}\text{O}$	1.28	
Avg $ \zeta $ $\delta^{18}\text{O}$	1.29	
SD of D $\delta^{18}\text{O}$	0.18	

Comments:

1	Poor accuracy and poor precision: this result has $ z $ and $ \zeta $ scores ≥ 3 ; we suggest you review your procedures as well as uncertainty calculations on a step-by-step basis.
---	--

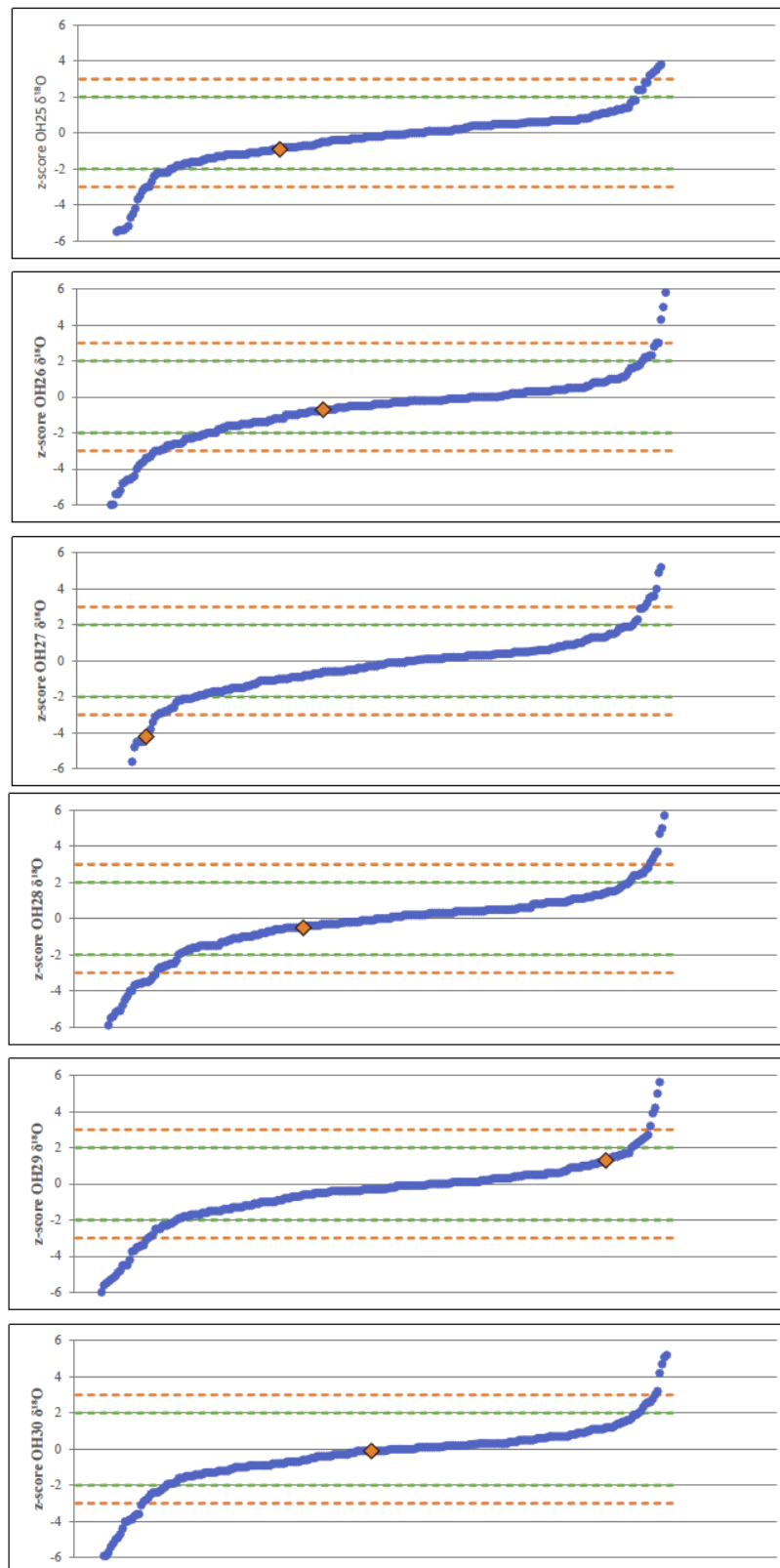


Figura 131 Diagramas de $\delta^{18}\text{O}$

En la **Tabla 16** se presentan los resultados de $\delta^2\text{H}$ de las muestras analizadas en el laboratorio

Tabla 16 Resultados de $\delta^2\text{H}$

Sample	Reference Value			Submitted Result		Evaluation			Comment
	$\delta^2\text{H}$	Unc.	σ_p	$\delta^2\text{H}$	Unc.	D	z-test	ζ -test	
OH25	-129.5	0.2	0.8	-130.5	1.0	-1.0	-1.29	-1.02	
OH26	-78.1	0.2	0.8	-78.9	0.8	-0.9	-1.06	-0.99	
OH27	-190.8	0.2	0.8	-192.1	0.8	-1.3	-1.60	-1.59	
OH28	-49.0	0.3	0.8	-50.3	0.6	-1.3	-1.63	-1.84	
OH29	1.8	0.2	0.8	1.2	0.6	-0.6	-0.79	-0.96	
OH30	-77.9	0.3	0.8	-78.2	0.4	-0.3	-0.40	-0.64	

Colour codes:

Satisfactory
Questionable
Unsatisfactory

Overall performance

Avg $ z \delta^2\text{H}$	1.13	
Avg $ \zeta \delta^2\text{H}$	1.17	
SD of D $\delta^2\text{H}$	0.38	

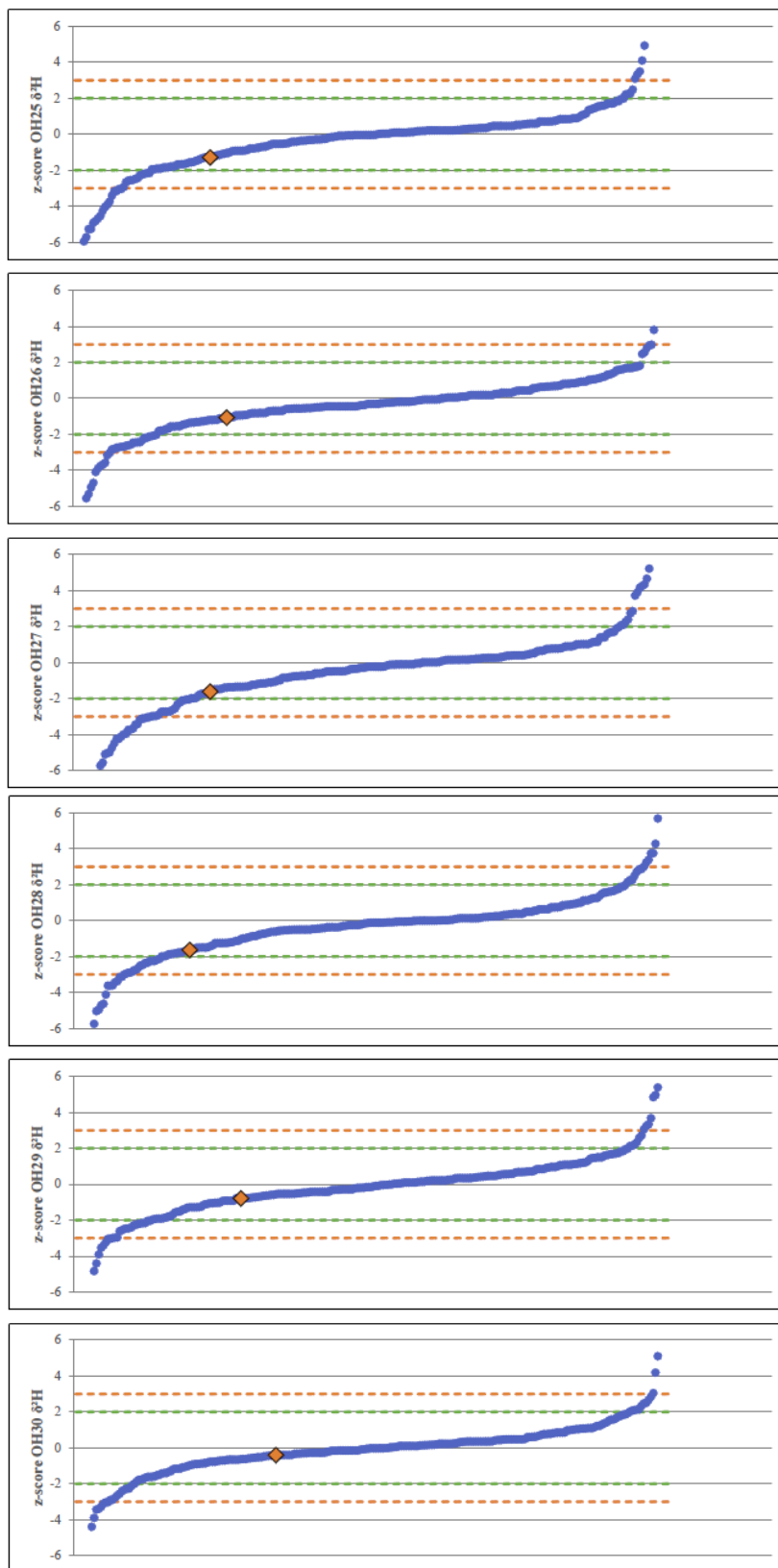


Figura 132 Diagramas de $\delta^2\text{H}$

En la **Tabla 17** se presentan los resultados del exceso de deuterio obtenidos

Tabla 17 Exceso de deuterio

Sample	Reference Value			Submitted Result		Evaluation			Comment
	$\delta^2\text{H}$	Unc.	σ_p	$\delta^2\text{H}$	Unc.	D	z-test	ζ -test	
OH25	6.4	0.2	1.1	6.1	1.2	-0.3	-0.27	-0.26	---
OH26	11.6	0.2	1.1	11.3	1.3	-0.3	-0.26	-0.23	---
OH27	8.3	0.3	1.1	10.4	1.2	2.1	1.84	1.73	---
OH28	14.6	0.4	1.1	13.7	1.0	-0.9	-0.80	-0.88	---
OH29	10.2	0.2	1.1	8.6	0.9	-1.7	-1.48	-1.82	---
OH30	11.8	0.3	1.1	11.6	0.7	-0.2	-0.21	-0.32	---

Colour codes:

Satisfactory
Questionable
Unsatisfactory

Overall performance

Avg $ z \delta^2\text{H}$	0.81	---
Avg $ \zeta \delta^2\text{H}$	0.87	---
SD of D $\delta^2\text{H}$	1.25	---

La **Figura 133** presenta las mediciones realizadas con los estándares internos dentro del rango isotópico correcto y normalizado

	Slope	Intercept	R ²	Plot
$\delta^{18}\text{O}$	0.021	0.172	0.879	●
$\delta^2\text{H}$	0.003	-0.667	0.219	●

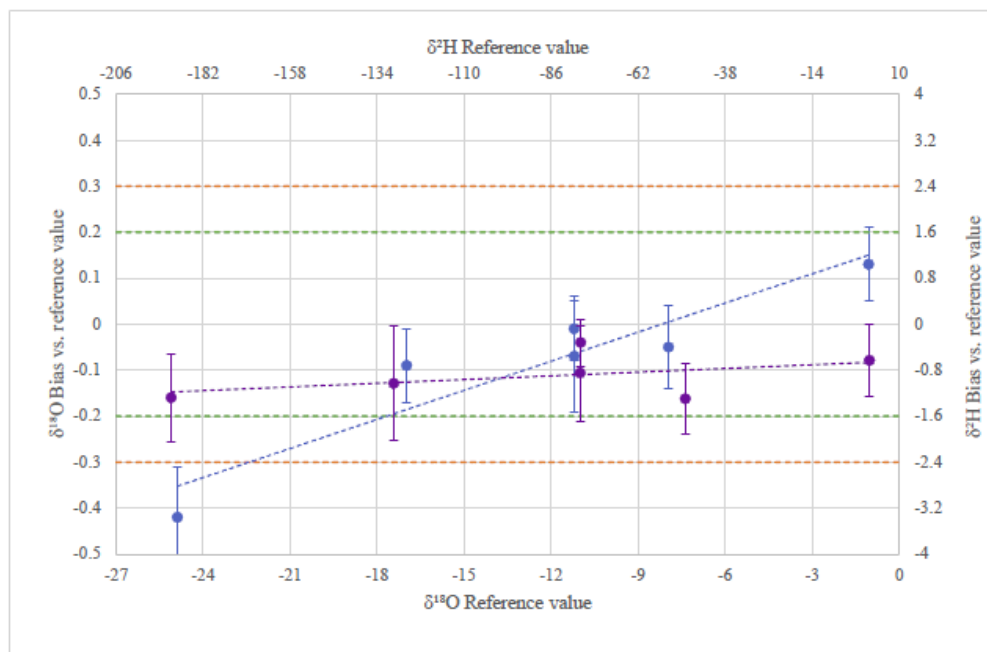


Figura 133 Valores de referencia vs. Sesgo

10. CONCLUSIONES

El presente proyecto permitió cubrir las partes de operación, de análisis de muestras, de innovación instrumental, de capacidad técnica de recursos humanos calificados, de convenios de colaboración nacional e internacional y de integración de bases de datos para conformar de manera integral una red nacional de monitoreo de la composición química e isotópica de la precipitación pluvia (RENIP), La red comprende las provincias fisiográficas y de precipitación pluvial del territorio nacional de manera representativa que genera información de la composición isotópica y química de la lluvia para el mejor entendimiento de la naturaleza de las aguas atmosféricas, superficiales y subterráneas.

La RENIP aporta los siguientes beneficios:

- Operación continua y sistematizada de las 36 estaciones de monitoreo isotópico de lluvia, 28 de la RENIP y 8 de las estaciones de la red que cubre el acuífero Cuernavaca.
- Bases de datos de las composiciones isotópica y química de las 15 provincias fisiográficas de la República Mexicana.
- Mapas isotópicos preliminares de la República Mexicana.
- Medición y análisis de la composición isotópica estable y del contenido de tritio ambiental de muestras de agua natural y lluvia, mediante espectroscopía láser y enriquecimiento electrolítico, con calidad reconocida por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).
- Capacitación de especialistas con cursos nacionales y regionales sobre uso de técnicas isotópicas en la datación de aguas subterráneas y de caracterización isotópica de aguas atmosféricas, superficiales y subterráneas, para su gestión y aprovechamiento sustentables.

- Evaluación periódica de la calidad de resultados analíticos del laboratorio de hidrología isotópica del IMTA, mediante ejercicios de intercomparación organizados por el OIEA.

Los resultados que se derivan de la RENIP incidirán favorablemente en la mejora de la planeación, aprovechamiento y gestión integral de los recursos hídricos, con énfasis en las aguas subterráneas del país, mediante la integración de la hidrología isotópica en las evaluaciones nacionales de los recursos hídricos.

Adicionalmente permitirá la simulación numérica del funcionamiento hidrogeológico de acuíferos, cuencas y componentes del ciclo hidrológico con datos complementarios más confiables, para su mejor protección y aprovechamiento sustentables. Asimismo la RENIP contribuirá a la caracterización de la calidad química de las aguas meteóricas y sus efectos en los componentes del ciclo hidrológico y en el medio ambiente.

11. BIBLIOGRAFÍA

Clark, I.D., y Fritz, P., 1997. *Environmental isotopes in hydrogeology*. Lewis Publishers, N.Y., U.S.A., 63-108 y 287-290.

CONAGUA, 2018. Comisión Nacional del Agua, “Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia”, <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>.

Craig, H., 1961. Standard for Reporting Concentrations of Deuterium and Oxygen-18 in Natural Waters, *Science* 133, 1833.

Horita, J., 2005. Saline Waters, in Aggarwal, P.K., Gat, J.R., and Froehlich, K.F.O. eds., *Isotopes in the Water Cycle*, Berlin/Heidelberg, Springer-Verlag.

IAEA, 2005. *Isotopes in the water cycle, past, present and future of a developing science*.

INEGI, 2018. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, “Clasificación fisiográfica del Territorio Nacional”.

Mazor, E., 1991. - *Applied chemical and isotopic groundwater hydrology* - Open Univ. Press.

Méndez, J., Nívar J. y González V., 2007. “Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México”, *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, No. 65, pp. 38-55.

OIEA, Organismo Internacional de Energía Atómica, 2016. “Guía de muestreo de la precipitación pluvial”, GNIP.

Page, J., 1929. "Climate of Mexico", Monthly Weather Review, United States Department of Agriculture.

Dansgaard, W., 1964. Stable isotopes in precipitation. Tellus 16 (4), 436-468.

Gonfiantini, R., 1978. Standards for stable isotope measurements in natural compounds. Nature 271, 534-536.

Gonfiantini, R., 1979. Techniques of measuring stable isotope variations in natural waters. IAEA, Final Report.

Wassenaar, L. et al., 2018. Seeking excellence: An evaluation of 235 international laboratories conducting water isotope analyses by isotope-ratio and laser-absorption spectrometry. Rapid Communications in Mass Spectrometry 32 (5), 393-406.

Wassenaar, L., Coplen, T. et al., 2015. Laboratory Information Management System (LIMS) para Láseres. Manual del usuario.

<https://www.aceroslevinson.com/plasticos/nylamid/>

BONNET. (10 de Junio de 2020). www.bonnet.com/clasificacionaceroinox.pdf.

Obtenido de www.bonnet.com/clasificacionaceroinox.pdf

L.I. Wassenaar, S. V. (2009). A groundwater isoscape (δD , $\delta^{18}O$) for Mexico. Journal of Geochemical Exploration, 1.

Mojtaba Heydarizad, E. R. (2019). Developing Meteoric Water Lines for Iran Based on Air Masses and Moisture Sources. MDPI Water Journal, 19.

NOAA. (18 de 11 de 2019). Air Resources Laboratory. Obtenido de <https://www.arl.noaa.gov/hysplit/hysplit/>

S. Terzer, L. I.-A. (2013). Global isoscapes for $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ in precipitation: improved prediction using regionalized climatic regression models. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16.