

INFORME DEL ESTADO DE LOS RECURSOS NATURALES: ESTRATEGIA DE MONITOREO REGIONAL DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN LA ZONA MINERA DEL CENTRO DEL CESAR - ZMCC

*Aplicación de la Fase IV: análisis de
información (2024)*

**Autoridad Nacional de Licencias
Ambientales - ANLA**

**MAYO
2025**

Irene Vélez Torres
Directora General

Tomás Restrepo Rodríguez
**Subdirector Instrumentos
Permisos y Trámites
Ambientales**

Jorge Alberto Sanabria Morales
Coordinador
**Grupo de Regionalización
y Centro de Monitoreo**

Luisa Fernanda Valencia Casas
Líder
Implementación Regional

Sonia Marcela Pacheco Higuera
Angela Patricia Poveda Corredor
Profesionales
**Implementación Regional -
Componente Hidrogeológico**



Contenido

INTRODUCCIÓN	3
1 DESCRIPCION DE LA ESTRATEGIA DE MONITOREO REGIONAL.....	5
1.1 Condición de Lugar	5
1.2 Condición de Tiempo	9
1.3 Condición de Modo.....	10
2 ANALISIS REGIONAL DE LA CALIDAD Y DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HIDRICO SUBTERRANEO	11
2.1 Información analizada.....	11
2.2 Resultados	12
2.2.1 Nivel Estático.....	13
2.2.2 Conductividad Eléctrica (CE) y Sólidos Disueltos Totales (SDT)	18
2.2.3 pH.....	25
2.2.4 Oxígeno Disuelto	29
2.2.5 Nitratos y Nitritos.....	30
2.2.6 Diagramas de Piper.....	32
2.2.7 Diagramas de Stiff	39
2.2.8 Diagramas de Gibbs.....	43
2.2.9 Diagramas de Mifflin	48
2.2.10 Metales y Metaloides	49
2.2.11 Parámetros microbiológicos.....	57
2.3 Modelo Hidrogeológico Numérico - MHN.....	59
3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
4 BIBLIOGRAFIA	65
5 ANEXOS	66
5.1 Anexo I	66
5.2 Anexo II	71
5.3 Anexo III	75



INTRODUCCIÓN

La estrategia de monitoreo regional del recurso hídrico subterráneo en la Zona Minera del Centro del Cesar - ZMCC establece la estandarización de parámetros y frecuencias para el monitoreo regional de la calidad y cantidad del agua subterránea. Dicha estandarización a escala regional permitirá reconocer, mediante el análisis espaciotemporal sistemático de los resultados de monitoreo, los factores de alteración que se puedan presentar en el componente hidrogeológico. Esto ofrece a la Autoridad Ambiental un sustento técnico esencial para determinar si existe o no la acumulación de impactos sobre el recurso hídrico subterráneo en la región y la eventual necesidad de imponer nuevas restricciones ambientales que se consideren pertinentes a los proyectos de competencia de la ANLA.

Las estrategias de monitoreo son una línea de acción de la Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales (SIPTA) de la ANLA, desarrollada por el Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, que busca optimizar el seguimiento de los proyectos objeto de licenciamiento ambiental y el proceso de Evaluación de Impactos Acumulativos (EIAc), a través del fortalecimiento del monitoreo regional, brindando de esta manera información de las condiciones ambientales de una región estratégicamente seleccionada, en este caso particular, la Zona Minera del Centro del Cesar - ZMCC.

Las estrategias de monitoreo son desarrolladas a partir de cuatro (4) fases:

- Fase I: Selección de proyectos y formulación de las condiciones de tiempo, modo y lugar en la región seleccionada.
- Fase II: Participación en los procesos de evaluación o seguimiento de los proyectos seleccionados y que serán implementados en la estrategia.
- Fase III: Adopción de los requerimientos de la estrategia mediante acto administrativo.
- Fase IV: Remisión periódica de monitoreos estandarizados en la estrategia regional.

Como antecedentes para la formulación de la estrategia regional, es importante mencionar dos (2) aspectos:

En primer lugar, los proyectos que hacen parte de la estrategia están dentro del área regionalizada del reporte de alertas de la Zona Minera del Cesar, formulado inicialmente por la SIPTA en el año 2015 y actualizado en el año 2021. En el documento *“Actualización Reporte de Análisis Regional de la Zona Minera del Cesar”* (ANLA, 2021) se hacen una serie de recomendaciones para el componente hidrogeológico, tales como el análisis de posibles interconexiones de la formación objeto de interés minero y los acuíferos someros, evaluación de capacidad de formaciones sellantes y estudios para unificación de criterios hidrogeológicos.



En segundo lugar, en pro de ejercer una adecuada gestión del recurso hídrico subterráneo, la ANLA en el año 2016 diseño una primera versión de la estrategia de monitoreo de la Zona Minera del Centro del Cesar - ZMCC, en la cual se involucraron siete (7) proyectos mineros presentes en la región y se establecieron varias fases u obligaciones conjuntas para el desarrollo de la misma; una de las fases consistió en la generación del Modelo Hidrogeológico Conceptual Regional por parte de los proyectos mineros, el cual fue entregado a esta Autoridad mediante el radicado 2017075891-1-000 del 15 de septiembre del 2017.

La siguiente fase requería de la presentación por parte de los licenciatarios de una propuesta para el establecimiento de la red de monitoreo regional. En atención a esta, las sociedades plantearon una red conformada por 61 puntos de agua, tanto subterránea como superficial; no obstante, al momento de iniciar con la ejecución de los monitoreos algunas de las captaciones seleccionadas no se encontraban activas o no presentaban las condiciones idóneas para ser muestreadas, situación que no permitió avanzar con la ejecución de la estrategia. Por lo tanto, en el año 2021 la ANLA optó por solicitar a las empresas que presentaran una nueva propuesta individual de puntos de agua subterránea que fueran aptos para el monitoreo, posteriormente, cada uno de los puntos propuestos fue verificado en campo por parte de esta Autoridad Ambiental, confirmando así su viabilidad para ser incluidos en la red regional. Finalmente, en el segundo semestre del año 2021 se actualizó la estrategia de monitoreo y se establecieron para cada uno de los proyectos involucrados las nuevas condiciones de modo, tiempo y lugar, las cuales son las que están vigentes actualmente.

En los años 2023 y 2024, el Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo de la SIPTA realizó el análisis e interpretación de los datos reportados por las empresas mineras para los años hidrológicos 2022 y 2023 respectivamente, el último de estos documentos, que recopila la información de los dos años hidrológicos se denomina *“Estrategia de monitoreo regional del recurso hídrico subterráneo en la zona minera del centro del Cesar - ZMCC, Análisis regional del segundo año de monitoreo, Julio del 2024”* y se encuentra publicado en la página web de la entidad.

Finalmente, en el presente documento se incluye la interpretación y análisis multitemporal de los datos in-situ, fisicoquímicos y microbiológicos reportados en las campañas de monitoreo llevadas a cabo en el año 2024, dando continuidad a los análisis regionales realizados en los años 2023 y 2024.



1 DESCRIPCION DE LA ESTRATEGIA DE MONITOREO REGIONAL

1.1 Condición de Lugar

La estrategia de monitoreo regional actualmente está conformada por siete (7) proyectos, todos pertenecientes al sector de minería, tal como se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Proyectos mineros que integran la estrategia de monitoreo regional del recurso hídrico subterráneo en la ZMCC

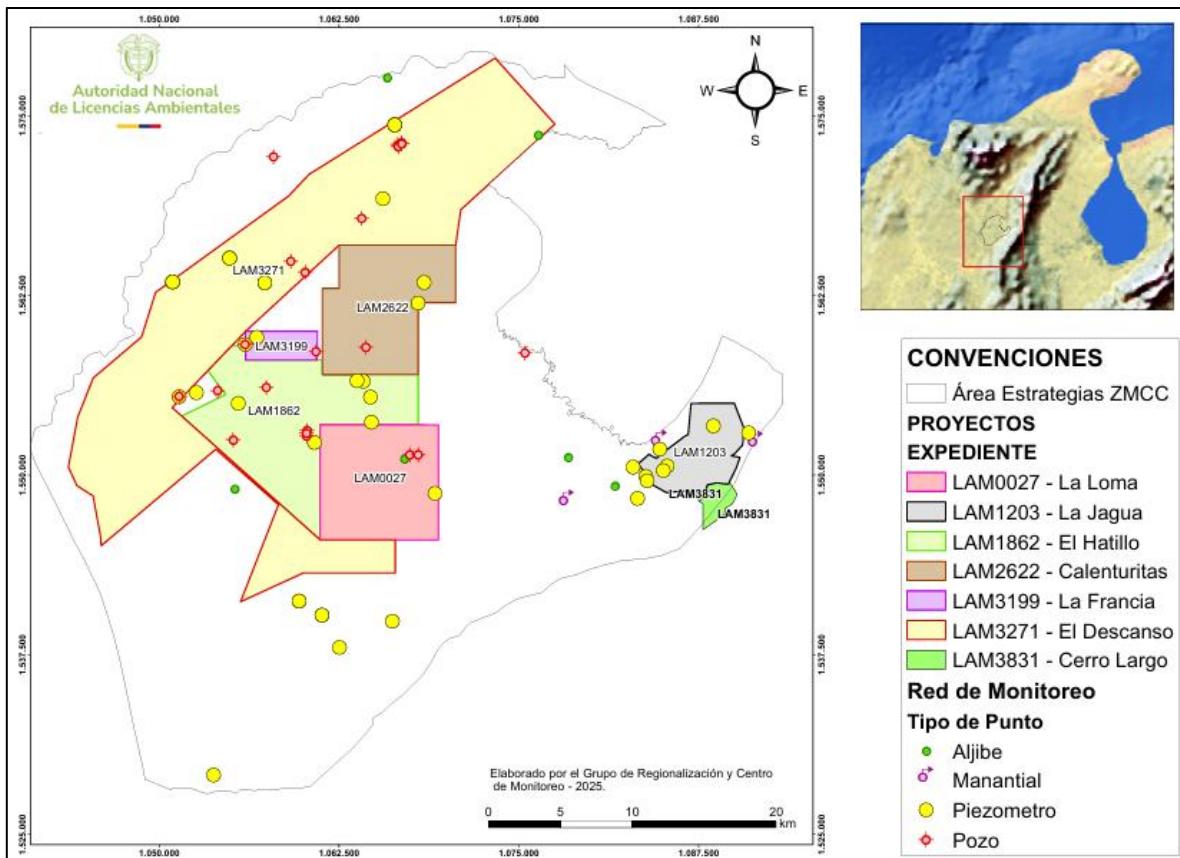
Proyecto	Expediente	Empresa	Resolución que impone la estrategia
Explotación integral de carbón del flanco occidental del Sinclinal de La Jagua de Ibirico.	LAM1203	PRODECOS A	01910 del 29 de octubre de 2021. 1314 del 20 de junio de 2023.
Exploración, construcción y montaje de carbonífera a cielo abierto denominado Proyecto Carbonífero Calenturitas.	LAM2622		01909 del 29 de octubre de 2021. 1552 del 18 de julio de 2023.
Explotación Minera de Carbón, Mina El Hatillo.	LAM1862	COLOMBIAN NATURAL RESOURCES - CNR	01911 del 29 de octubre de 2021. 1329 del 21 de junio de 2023.
Extracción de carbón a cielo abierto - Mina La Francia.	LAM3199		01972 del 8 de noviembre de 2021. 1292 del 15 de junio de 2023.
Explotación carbonífera La Loma - Mina La Loma- PRIBBENOW.	LAM0027	DRUMMOND LTD	01970 del 8 de noviembre de 2021. 00505 del 02 de marzo de 2022. 00581 del 23 de marzo de 2023.
Explotación carbonífera Mina El Descanso, Similoa y Rincón Hondo.	LAM3271		02028 del 16 de noviembre de 2021. 1028-4 del 17 de mayo de 2023.
PMA para mediana minería de explotación subterránea de carbón. 096-94. Mina la Divisa o Cerrolargo.	LAM3831	NORCARBON	01300 del 16 de junio de 2023.

Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

Actualmente la estrategia de monitoreo regional está conformada oficialmente por setenta (70) puntos de agua subterránea, cuya localización dentro del área delimitada por la estrategia se puede observar en la Figura 1.



Figura 1. Localización de los proyectos y puntos de agua subterránea monitoreados en el marco de la estrategia regional del recurso hídrico subterráneo en la ZMCC

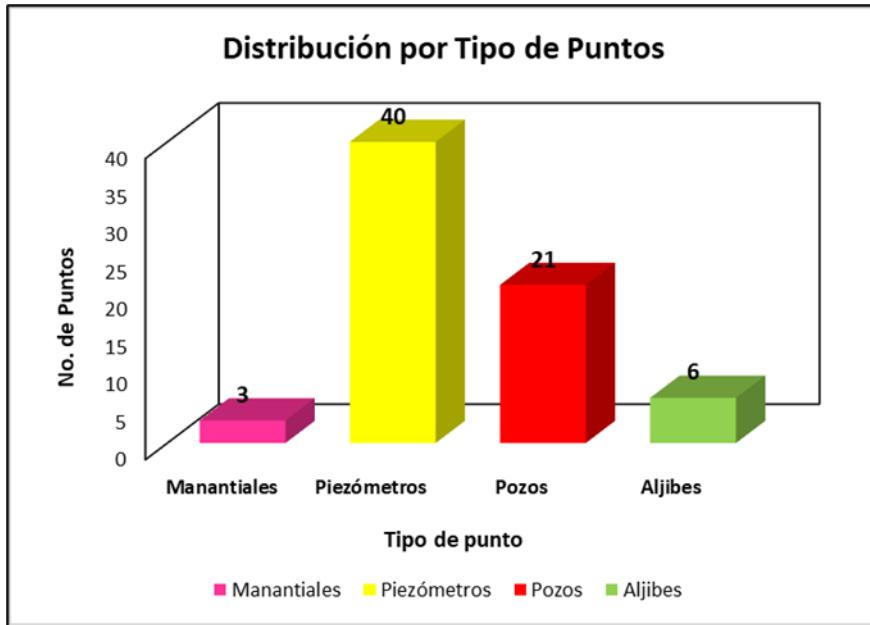


Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

En las siguientes figuras se puede observar la distribución de los puntos que conforman la red de monitoreo regional, de acuerdo con el tipo de punto de agua subterránea (Figura 2), el expediente al que pertenecen (Figura 3) y la unidad geológica captada (Figura 5).

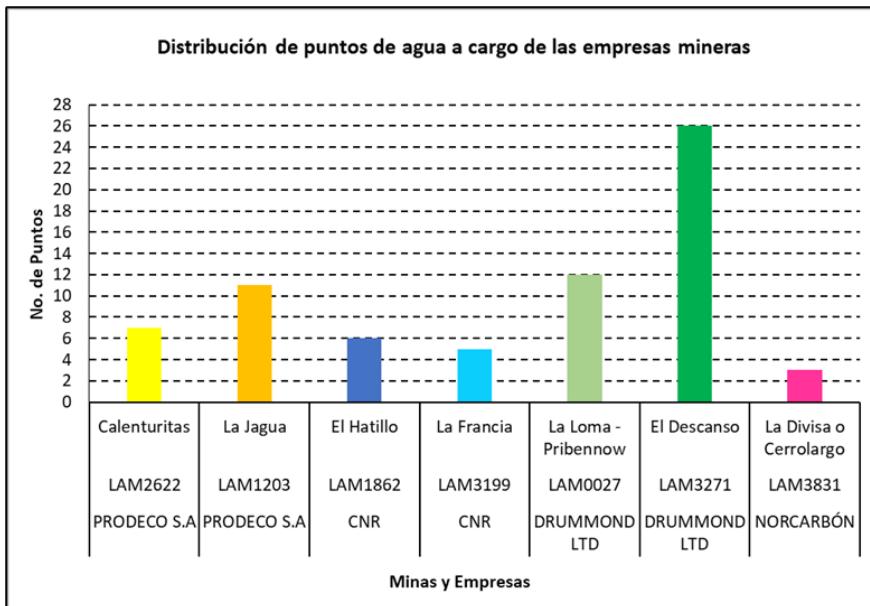


Figura 2. Distribución por tipo de punto de agua subterránea



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

Figura 3. Distribución por expediente



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

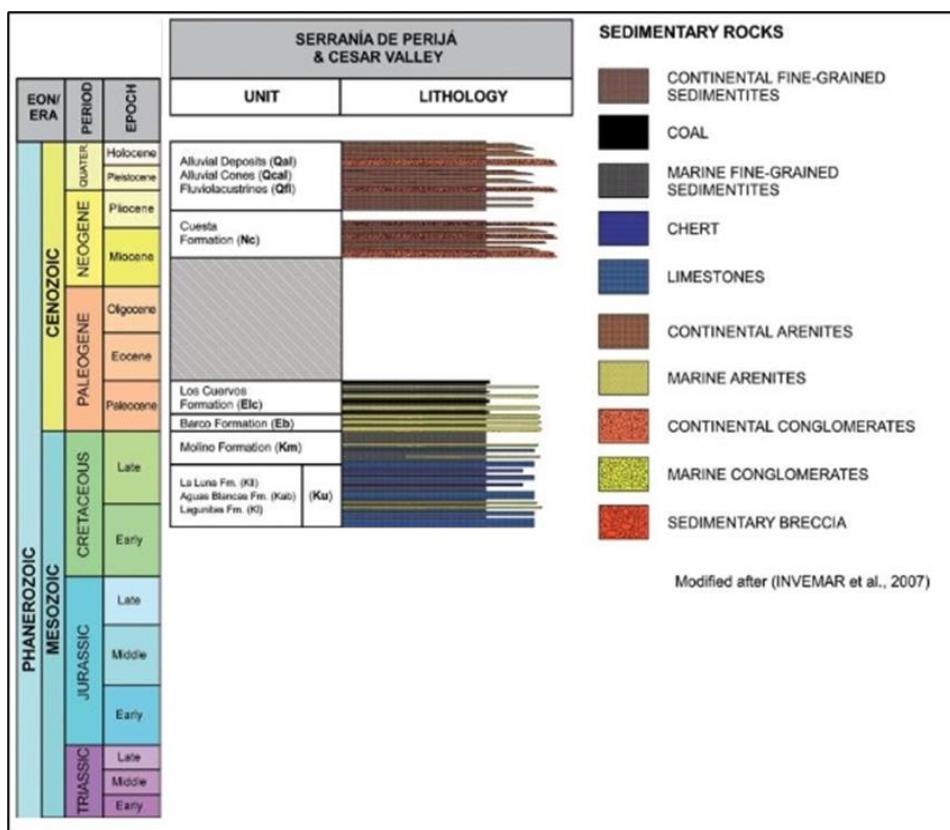
En el área delimitada para la estrategia de monitoreo regional del recurso hídrico subterráneo en la Zona Minera del Centro del Cesar - ZMCC afloran unidades geológicas con edades que van desde el Cretáceo hasta el Cuaternario, conformadas por rocas sedimentarias depositadas en variados ambientes de formación.



En la Figura 4 se presenta una parte de la columna estratigráfica generalizada de la cuenca del Cesar, donde se puede observar la posición cronoestratigráfica de las unidades geológicas presentes. La unidad más antigua corresponde con la Formación Luna, sobre la cual yacen las rocas de edad Terciaria, correspondientes con las formaciones Barco, Cuervos y Cuesta, las cuales son objeto de análisis en el marco de la estrategia de monitoreo regional, al igual que los diferentes depósitos cuaternarios (Depósitos Aluviales, Planicies Aluviales y Depósitos de Abanico).

En el documento “Estrategia de monitoreo regional del recurso hídrico subterráneo en la zona minera del centro del Cesar - ZMCC, Análisis regional del segundo año de monitoreo, Julio del 2024”, que se encuentra publicado en la página web de la entidad (<https://www.anla.gov.co/images/entidad/sipta/2025-02-27-anla-Estrategia-Fase-IV-ZMCC-2024.pdf>), se puede consultar un mayor detalle de la descripción de las unidades geológicas mencionadas anteriormente, al igual que su caracterización hidrogeológica.

Figura 4. . Columna estratigráfica parcial de la cuenca del Cesar



Fuente: Modificado del Anexo E – Compilación de la Cuenca de Cesar – Ranchería, Mapa de Profundidad de la Isotermia de Curie para Colombia Versión 0 (SGC, 2014).



Figura 5. Distribución por unidad geológica captada



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

La información detallada de los puntos de monitoreo que conforman la estrategia de monitoreo regional en la ZMCC, tal como coordenadas, estado del punto, uso y unidad geológica captada, se puede encontrar en el [Anexo 1](#) del presente documento.

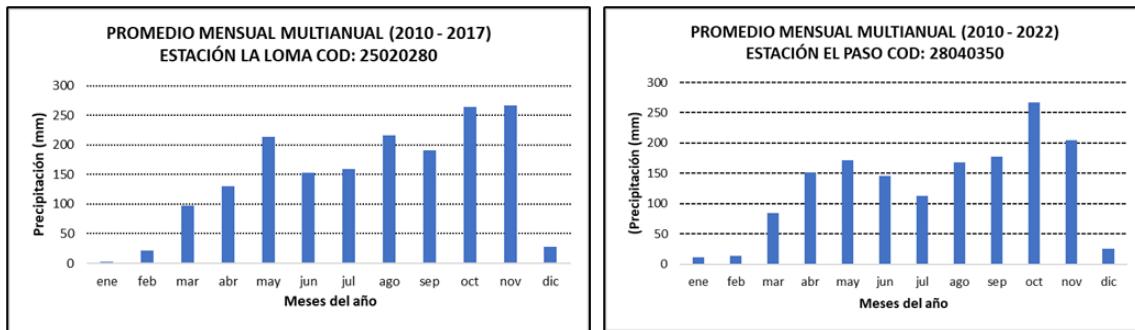
1.2 Condición de Tiempo

La frecuencia de monitoreo fue definida a partir de los meses de máximas y mínimas precipitaciones en el año hidrológico, de tal manera que sea posible conocer las tendencias de la calidad y disponibilidad del agua subterránea bajo estos dos escenarios.

Para conocer la distribución de la precipitación media mensual multianual de la cuenca de interés, se realizó el análisis del promedio de la precipitación en las estaciones climatológicas más cercanas, que corresponden a las estaciones de la Loma y El Paso, tal como se puede observar en la [Figura 6](#).



Figura 6. Promedio mensual multianual de precipitación – Estaciones La Loma y El Paso



Fuente: Grupo de regionalización y centro de monitoreo ANLA 2025 con información climatológica de IDEAM 2010 a 2022

Considerando lo anterior, se establecieron las siguientes frecuencias de monitoreo detalladas en la Tabla 2.

Tabla 2. Periodicidad de los monitoreos de la estrategia de monitoreo – condición de tiempo

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■	Monitoreo en época seca
■	Monitoreo en época húmeda
■	Monitoreo en época de transición

Fuente: ANLA, 2025

1.3 Condición de Modo

Los parámetros incluidos en una red de monitoreo de calidad de aguas subterráneas deben contemplar aspectos físicos, químicos y microbiológicos, enfocándose además en determinar los posibles contaminantes que pueden generarse por el tipo de actividad desarrollada. Teniendo en cuenta lo anterior, y que la actividad objeto de monitoreo es la minería y sus actividades conexas, se definieron los siguientes parámetros para la estrategia de monitoreo:

- **Parámetros in situ:** nivel estático (previa interrupción del bombeo durante un periodo de 24 horas mínimo), pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (SDT), oxígeno disuelto, salinidad y potencial Redox.
- **Parámetros fisicoquímicos cuantificados en laboratorio:** conductividad eléctrica, pH, turbiedad, coliformes totales, coliformes termotolerantes, E. Coli, alcalinidad total, dureza total, potasio, sodio, calcio, magnesio, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, nitratos, nitritos, fosfatos, fluoruros, manganeso, aluminio, selenio, plomo, bario, molibdeno, cobre, cadmio, níquel, hierro total, amonio y zinc.



Ahora bien, con el objeto de asegurar la calidad de los resultados analíticos obtenidos en el laboratorio, se debe evaluar el porcentaje de error del balance iónico para cada muestra de agua subterránea, determinando de esta forma el nivel de confiabilidad de los valores de concentración reportados. De acuerdo con el principio de electroneutralidad del agua, la suma de los aniones ha de ser igual a la suma de cationes (expresados en meq/L); sin embargo, siempre existe cierto porcentaje de error, el cual deberá ser calculado mediante la siguiente expresión:

$$(\%) \text{ diferencia} = \frac{\Sigma \text{cationes} - \Sigma \text{aniones}}{\Sigma \text{cationes} + \Sigma \text{aniones}} \times 100$$

Para la presente estrategia de monitoreo regional, solo se valorarán como aceptables las muestras de agua subterránea que cumplan con los criterios presentados en la Tabla 3.

Tabla 3. Criterio para la aceptación del balance iónico de acuerdo con la sumatoria de aniones

Suma de Aniones (meq/l)	Diferencia aceptable
0 - 3.0	± 0.2 meq/L
3.0 - 10.0	± 2%
10.0 - 800	5%

Fuente: Standard Methods – Cap 1030E Checking Analyses, 2017¹

2 ANALISIS REGIONAL DE LA CALIDAD Y DISPOSIBILIDAD DEL RECURSO HIDRICO SUBTERRANEO

2.1 Información analizada

Una vez revisada la información entregada a esta Autoridad en cumplimiento de las obligaciones impuestas en el marco de la estrategia de monitoreo regional, se identificó que los proyectos mineros denominados mina La Francia -LAM3199, mina El Hatillo – LAM1862, mina Calenturitas -LAM2622, mina La Jagua – LAM1203, mina La Loma -LAM0027 y mina El Descanso – LAM3271, han entregado los resultados de las campañas de monitoreo correspondientes con los años 2022, 2023 y 2024.

Es importante mencionar que a la fecha de corte del presente análisis (15 de marzo del año 2025), para los proyectos La Francia -LAM3199 y El Hatillo – LAM1862, cuyo licenciatario es

¹ Standard Methods for the examination of water and wastewater. 23rd edition, 2017.



Colombian Natural Resources - CNR, no se presentó la información de los primeros monitoreos del año 2024, es decir los correspondientes con la temporada seca; por su parte, los proyectos Calenturitas -LAM2622 y La Jagua – LAM1203, cuyo licenciatario es PRODECOS. A, no se radicaron los monitoreos de la segunda temporada húmeda (septiembre - noviembre del 2024), por lo tanto, en el marco del seguimiento de estos proyectos será necesario requerir la información faltante, de tal manera que se pueda integrar en el siguiente análisis regional.

El detalle de los radicados por expediente, fechas de entrega y campañas a las que corresponden, se puede encontrar en el **Anexo 2** de este documento. A fecha de corte para la revisión y compilación de los datos empleados en los análisis fue el 15 de marzo del año 2025. Es importante aclarar que, como se mencionó previamente, el análisis presentado en este documento se centra en los datos reportados en el año 2024, realizando su comparación con los datos de los años 2022 y 2023.

En cuanto al proyecto Mina La Divisa o Cerrolargo - LAM3831, la estrategia fue impuesta en este expediente mediante la Resolución 01300 del 16 de junio de 2023, por lo tanto, la Sociedad debía empezar a reportar los monitoreos entre los meses de febrero a junio del año 2024, no obstante, la información no fue entregada en este plazo, por lo tanto, la ANLA solicitó los monitoreos mediante el Requerimiento 3 del Acta No. 1044 del 12 de diciembre de 2024, al cual a la fecha de corte del presente documento no se ha dado respuesta. Por tal motivo, en el seguimiento ambiental del año 2025 se hará la respectiva verificación de la entrega de esta información por parte del licenciatario.

2.2 Resultados

A continuación, se presenta un análisis de los datos que han sido reportados en el marco de la estrategia de monitoreo regional del recurso hídrico subterráneo en la Zona Minera del Centro del Cesar - ZMCC, con el fin de verificar las condiciones de calidad y disponibilidad de dicho recurso a escala regional. El tratamiento de los datos se hace respecto a la temporada climática a la que corresponden y a la formación geológica captada.

Si bien actualmente se tiene información de tres (3) años (2022, 2023 y 2024), es necesario seguir contando con información que permita realizar análisis multitemporales, con resultados cada vez más ajustados a las condiciones reales del medio, a partir de los cuales se identifique la presencia o no de impactos acumulativos sobre el recurso hídrico subterráneo.

Adicionalmente, es importante aclarar que aunque en la actualidad, y en el marco nacional colombiano, no hay una norma de calidad del agua subterránea, para algunos parámetros se realiza la comparación con la normatividad vigente para los usos señalados en los artículos 2.2.3.3.9.3 (Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano



y doméstico) y 2.2.3.3.9.4 (Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico) del Decreto 1076 de 2015 y el Capítulo II de la Resolución 2115 de 2007 (Características físicas y químicas del agua para consumo humano), debido a que estos usos están autorizados en varios de los puntos de agua monitoreados; así mismo, teniendo presente el Artículo 2.2.3.3.3.4 del Decreto 1076 de 2015, el cual cita lo siguiente: “ARTÍCULO 2.2.3.3.3.4. Criterios de Calidad para usos múltiples. En aquellos tramos del cuerpo de agua o acuífero en donde se asignen usos múltiples, los criterios de calidad para la destinación del recurso corresponderán a los valores más restrictivos de cada referencia.”.

Por otro lado, es importante mencionar que, para la realización de los diagramas hidroquímicos de Piper, Stiff, Gibbs y Mifflin se emplearon solamente las muestras de agua subterránea que cumplieron con el criterio del error analítico, el cual fue establecido para cada uno de los proyectos en la resolución que impuso las condiciones de la estrategia regional. Como se señaló anteriormente, en el caso de la presente estrategia, el error aceptable para cada muestra de agua depende de la suma de aniones en unidades de meq/L.

Para los años 2022 y 2023 se contó con un total de 437 muestreos que fueron reportados por los proyectos que hacen parte de la estrategia, de este total, se descartaron 47 muestreos (equivalentes al 10,76 % del total de análisis), utilizando finalmente 390 muestras para la elaboración de los diagramas hidrogeoquímicos.

Para el año 2024 se llevaron a cabo 232 muestreos, de los cuales se descartaron 24 (el 10,34 % de los datos), empleándose un total de 208 muestras de agua subterránea para la construcción de los diagramas.

Al igual que en los años 2022 y 2023, para el año 2024 los expedientes de los cuales fueron eliminadas un mayor número de muestras corresponden con el LAM1862 - Mina El Hatillo y LAM3199 - Mina La Francia, dado que entre ambos se descartaron un total de 18 análisis de agua subterránea.

En consecuencia, el análisis y justificación del incumplimiento en el valor máximo de error analítico permitido será objeto de requerimiento en los respectivos seguimientos ambientales de los proyectos involucrados, de tal manera que en las siguientes campañas se pueda contar con un registro continuo de los puntos de agua subterránea que hacen parte de la estrategia, además de tener datos de calidad que sean representativos de las condiciones fisicoquímicas del recurso.

2.2.1 Nivel Estático

Con el fin de identificar posibles alteraciones sobre la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo en el área de la estrategia de monitoreo regional en la Zona Minera del Centro Del Cesar - ZMCC, así como ofrecer un mayor entendimiento frente a la variación de los



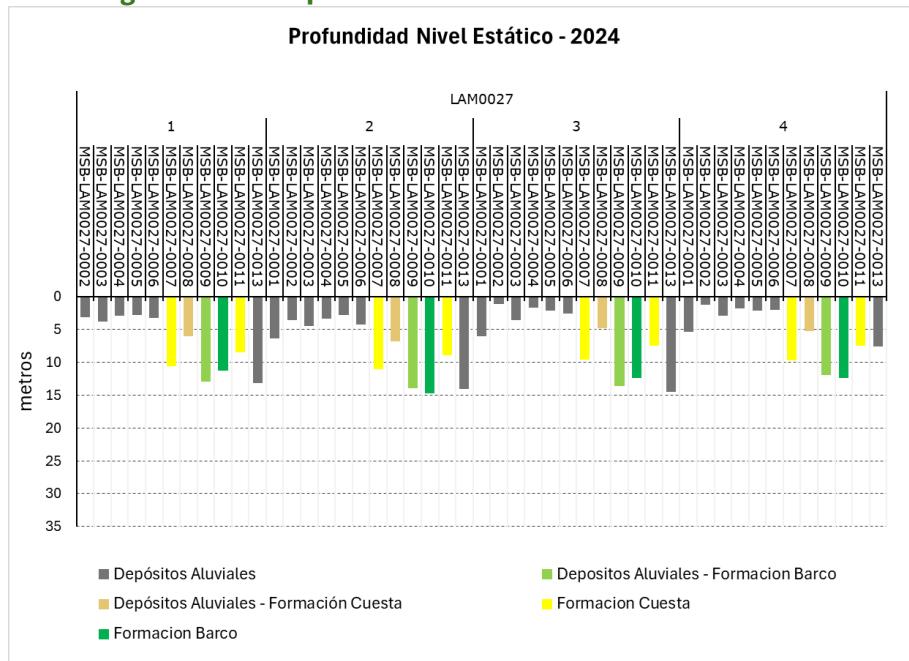
niveles del agua subterránea a lo largo del año hidrológico, se compilán los datos de los niveles estáticos medidos en los puntos de agua subterránea que integran la red de monitoreo regional. En este análisis se presentan los monitoreos de nivel estático correspondientes al año 2024, teniendo como referencia los datos de los años 2022 y 2023 para cada una de las épocas climáticas: estiaje, transición y lluvia.

Es preciso aclarar que no se cuenta con información de todos los puntos de agua en todas las campañas de monitoreo dado que en algunas captaciones no fue posible la toma del nivel por encontrarse secas al momento de la medición o simplemente no fueron reportados sus datos por parte del licenciatario, situación que será validada en los respectivos seguimientos de los proyectos.

A continuación, en las siguientes gráficas, se presenta el comportamiento de la profundidad del nivel estático durante el año 2024, en cada una de ellas se observan los números 1, 2, 3 y 4 que corresponden a las campañas seca (1. diciembre – marzo), primera húmeda (2. abril – junio - 2), transición (3. julio – agosto) y segunda húmeda (4. septiembre – noviembre) respectivamente.

En la **Figura 7.**, en la mina La Loma – LAM0027, en general la profundidad del nivel estático se presenta sin mayores oscilaciones en la mayoría de los puntos de agua monitoreados, notándose una mayor profundidad para varias captaciones asociadas a depósitos cuaternarios, mezclas de aguas y las formaciones Cuesta y Barco en la campaña 2, correspondiente a la primera fase húmeda del año, debido posiblemente al abatimiento del acuífero causado de manera natural por la precedente época seca.

Figura 7. Comportamiento nivel estático LAM0027



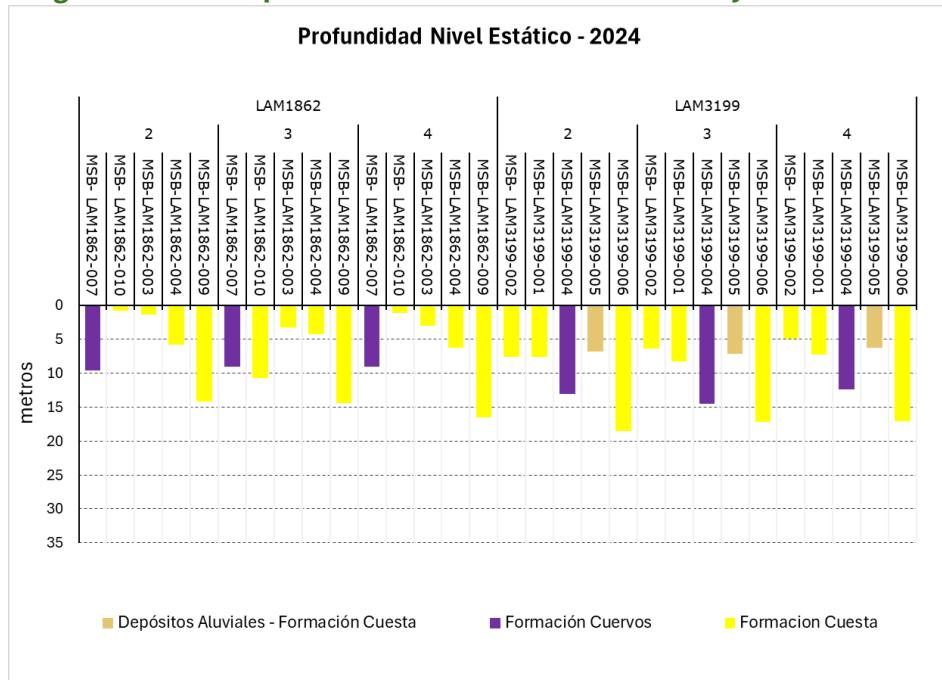
Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025



En la Mina El Hatillo – LAM1862, respecto a los pozos profundos MSB-LAM1862-0003, MSB-LAM1862-0004, MSB-LAM1862-0009 y MSB-LAM1862-0010, que captan la Formación Cuesta, se observan oscilaciones en el nivel estático entre las temporadas climáticas, presentándose las mayores profundidades en la campaña 4 – segunda temporada húmeda (Figura 8).

Por su parte, en los puntos de monitoreo a cargo de la Mina La Francia – LAM3199, se observa un rango de oscilación bajo en las profundidades del nivel estático entre las diferentes épocas climáticas, lo cual puede obedecer posiblemente a la captación de flujos locales recargados por la infiltración directa de la precipitación ya que en su mayoría la red de monitoreo en este sector corresponde con piezómetros (ver Figura 8).

Figura 8. Comportamiento nivel estático LAM1862 y LAM3199



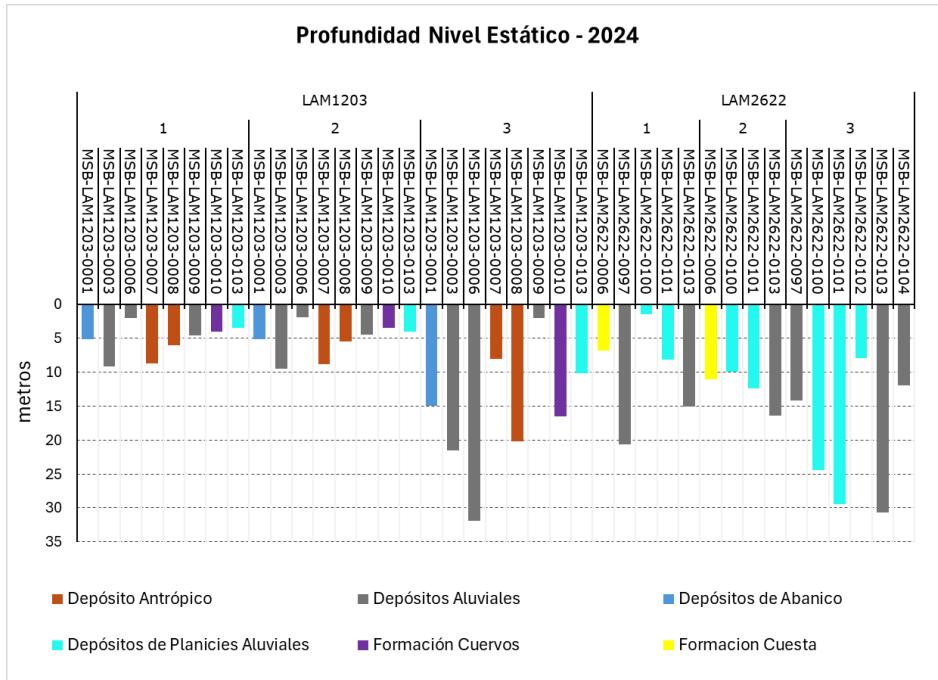
Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

Como se puede observar en la Figura 9, en algunos puntos de agua a cargo de los expedientes LAM1203 - Mina La Jagua y LAM2622 – Mina Calenturitas, se evidenciaron en los datos reportados del monitoreo de la época de transición (3) en el año 2024, niveles estáticos varios metros más profundos que el promedio reportado en todos los monitoreos anteriores; es de señalar, que todos los puntos donde se observa esta anomalía corresponden a piezómetros que captan principalmente de Depósitos Cuaternarios, adicionalmente es de anotar que en estos dos proyectos actualmente no se realiza ningún tipo de captación de agua subterránea; por lo cual, no hay posibilidad a la ocurrencia de un abatimiento en el acuífero causado por extracción del recurso hídrico en esta área; con lo anterior, se deduce que posiblemente el comportamiento evidenciado se encuentra asociado al cambio de



laboratorio encargado de realizar las mediciones, lo cual será objeto de verificación en los seguimientos ambientales que se realicen en esta vigencia.

Figura 9. Comportamiento nivel estático LAM1203 y LAM2622

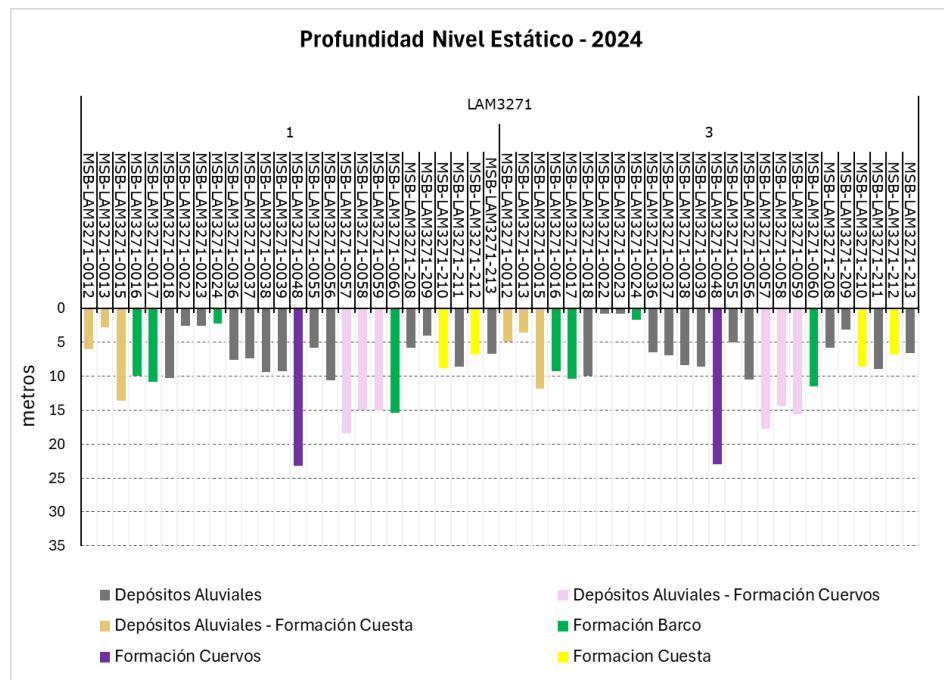


Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

Con relación a las mediciones de nivel estático reportadas por la Mina El Descanso- LAM3271, (ver Figuras 10 y 11) se encuentra que el comportamiento de las profundidades es constante en el tiempo para todos los puntos monitoreados indiferente del acuífero captado y la época climática, lo cual da cuenta de un buen manejo en el aprovechamiento del recurso hídrico, que para el caso de este proyecto se realiza a través de ocho (8) puntos de captación con permisos otorgados por la ANLA correspondientes con siete (7) pozos profundos y un pit minero.

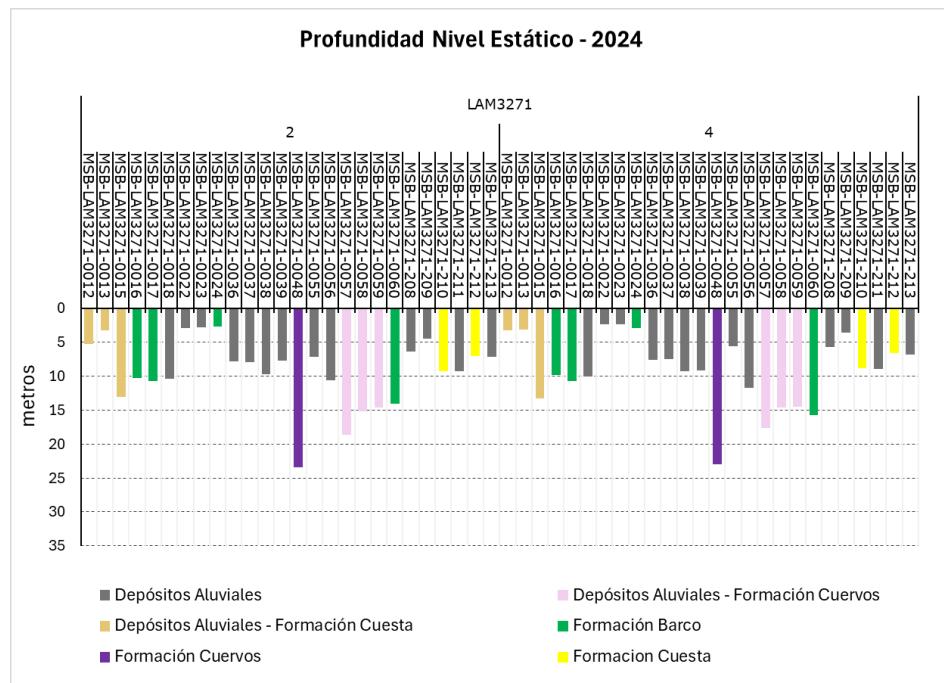


Figura 10. Comportamiento nivel estático LAM3271 campañas 1 y 3 (seca y transición)



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

Figura 11. Comportamiento nivel estático LAM3271 campañas 2 y 4 (húmeda)



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025



2.2.2 Conductividad Eléctrica (CE) y Sólidos Disueltos Totales (SDT)

La Conductividad Eléctrica (CE) es la capacidad de una sustancia para conducir la corriente eléctrica y su valor es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto, cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad. Los Sólidos Disueltos Totales (SDT) representan la concentración de sustancias o minerales disueltos en las aguas naturales, tales como bicarbonatos, carbonatos, cloruros, calcio, sulfatos y otros iones como silicatos y demás.

Bibliográficamente, para el agua dulce se ha establecido un límite máximo de Conductividad Eléctrica (CE) de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ según Custodio & Llamas (1983), y para el parámetro de Sólidos Disueltos Totales (SDT) el límite máximo es de 1000 mg/l según la clasificación de Freeze y Cherry (1979). De acuerdo con Custodio & Llamas (1983) se ha establecido un factor de conversión de aproximadamente 0,5 entre estos dos parámetros, es decir que $2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm o mg/l}$, lo cual significa que los valores de Sólidos Disueltos Totales (SDT) son cercanos a la mitad de los valores de Conductividad Eléctrica (CE).

El análisis de estos parámetros se realizó de dos maneras, en primer lugar, se hicieron diagramas de cajas y bigotes para ver la tendencia de los datos de acuerdo con la unidad geológica captada y la temporada climática; y, en segundo lugar, se realizaron mapas de distribución espacial para las dos épocas extremas (seca y húmeda), agrupando los datos de acuerdo con la edad de las formaciones geológicas captadas.

En la **Figura 12** se observa el diagrama de cajas y bigotes, donde se evidencia que los valores de Conductividad Eléctrica (CE) cuantificados en el año 2024 reflejan en su mayoría aguas dulces, dado que los valores por lo general no superan los 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los puntos que presentan menos mineralización son los que captan a la Formación Cuesta y la mezcla de aguas de los Depósitos Aluviales - Formación Barco, con valores por debajo de los 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En cuanto a los comportamientos que se salen de la tendencia regional se tiene que los dos (2) puntos que captan los Depósitos Antrópicos (MSB-LAM1203-0007 y MSB-LAM1203-0008) presentan Conductividades Eléctricas (CE) que oscilan entre 1698 y 2360 $\mu\text{S}/\text{cm}$; por su parte los puntos MSB-LAM3271-0036 y MSB-LAM3271-0055 que captan los Depósitos Aluviales, registran valores elevados que pueden alcanzar incluso los 3975 $\mu\text{S}/\text{cm}$; dichos valores se consideran altos al asociarse a acuíferos libres de origen aluvial, donde generalmente circulan aguas de recarga reciente y baja mineralización.

Por último, en los puntos que captan el agua subterránea de la Formación Barco, se evidencia una ligera tendencia a que los valores de Conductividad Eléctrica (CE) superen los 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo anterior debido a los valores registrados en el punto MSB-LAM3271-0016, los cuales oscilan entre 2272 y 2694 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no obstante, este comportamiento puede deberse a la edad y disposición de la unidad captada; teniendo en cuenta que, en el área, la Formación Barco es la más antigua de edad Terciario, por lo cual, es posible que alberge aguas con



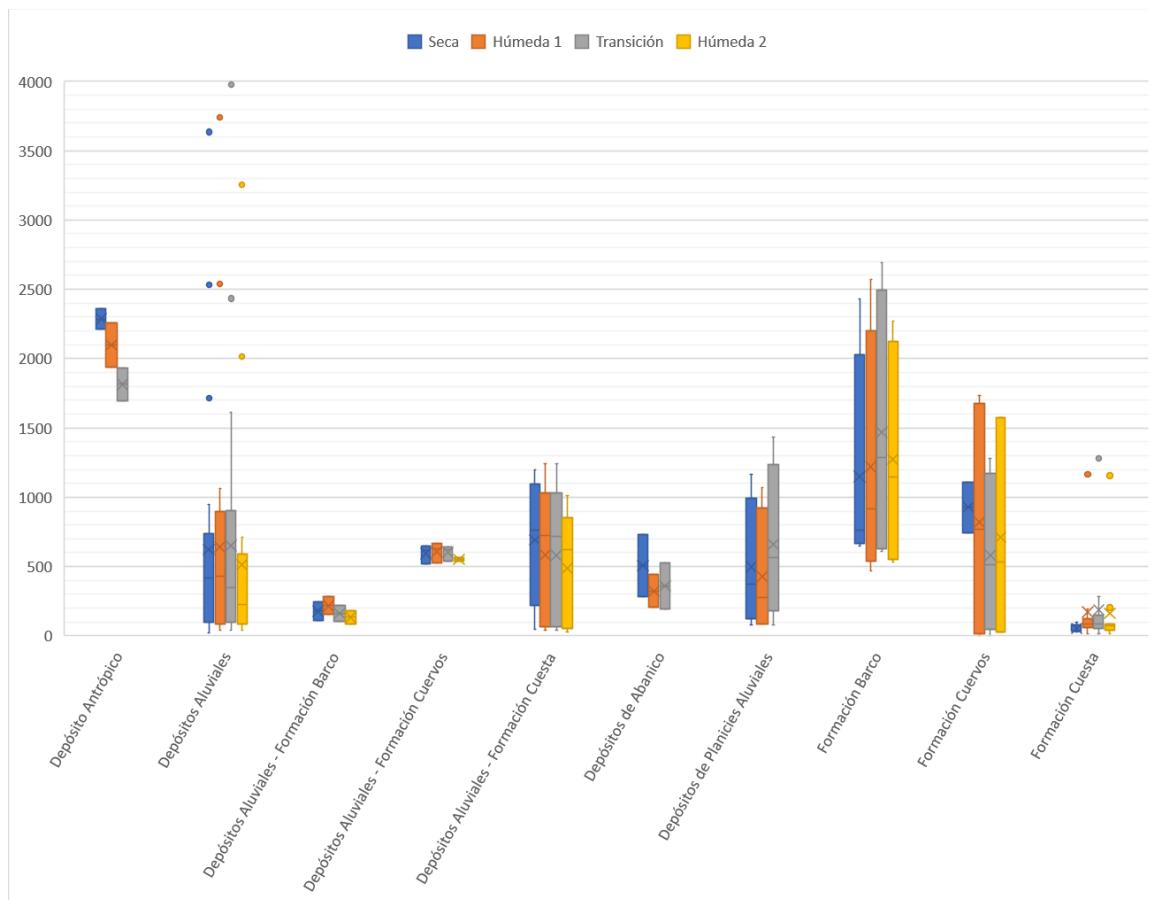
mayor trayectoria y tiempo de residencia en el acuífero que por ende concentran mayor cantidad de sales.

En conclusión, los monitoreos realizados en el año 2024 muestran que, en el proyecto con expediente LAM3271, se registran los valores más altos de Conductividad Eléctrica (CE) a nivel regional. Sin embargo, dentro de este mismo proyecto se observa, en varios piezómetros que captan Depósitos Cuaternarios ó la Formación Cuesta, valores considerablemente más bajos de este parámetro (por debajo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Por lo tanto, será necesario solicitar al licenciatario de este expediente un análisis que explique este comportamiento. De igual manera, en el caso del expediente LAM1203, se deberá solicitar un análisis sobre los valores elevados de Conductividad Eléctrica (CE) en los Depósitos Antrópicos.

El comportamiento descrito anteriormente para el expediente LAM3271, también fue observado durante el año 2023. El análisis de este comportamiento ya ha sido solicitado en el marco de los seguimientos ambientales de los años 2023 y 2024, y se complementará en el seguimiento correspondiente al año 2025, de tal manera que se pueda identificar las posibles causas de las variaciones en los valores de Conductividad Eléctrica (CE) en el área del proyecto, y determinar si se trata de anomalías de carácter local o si están influenciadas por las características hidrogeológicas de la zona a nivel regional.



Figura 12. Conductividad Eléctrica (CE) por unidad geológica captada y temporada climática, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

Como se mencionó anteriormente, a partir de los reportes presentados para el año 2024 por parte de los proyectos que integran la estrategia de monitoreo regional en la ZMCC, se elaboraron mapas de isolíneas de la Conductividad Eléctrica (CE), tanto para los acuíferos cuaternarios de origen aluvial, como para los acuíferos asociados a las unidades geológicas terciarias que se identifican en el área de análisis, en referencia particular a las formaciones Cuesta, Cuervos y Barco. Para esto, se implementó el método de Distancia Inversa Ponderada (IDW), la cual se limita al rango de valores utilizados para la interpolación y no tiene la capacidad de generar crestas o valles si estos extremos aún no se han muestreado.

El análisis del comportamiento de este parámetro se realizó disgregando los valores de Conductividad Eléctrica (CE) registrados por época climática, y si bien la presente estrategia tiene establecidos cuatro (4) monitoreos al año, para el ejercicio se seleccionaron la temporada seca y segunda temporada húmeda del año (septiembre - noviembre), de tal manera que se pudieran contrastar los resultados y diferenciar más claramente los comportamientos durante el año hidrológico.



Partiendo de lo anterior, y tal y como se presenta en la **Figura 13**, los puntos que captan de los acuíferos cuaternarios registran los mayores valores de Conductividad Eléctrica (CE) en las zonas norte, noroeste y este ($>1500\mu\text{s}/\text{cm}$) del área de análisis, donde los registros más altos corresponden al piezómetro MSB-LAM3271-0036, el cual capta el agua subterránea de los Depósitos Aluviales, es decir un acuífero libre de origen aluvial, donde generalmente circulan aguas de recarga reciente y baja mineralización, por lo tanto, dicho comportamiento no se considera acorde con la dinámica hidrogeológica establecida en el área de la estrategia.

Por otro lado, para las dos temporadas climáticas analizadas se puede observar que los valores más bajos de Conductividad Eléctrica (CE) se encuentran hacia la parte central y sur del área de la estrategia, lo que sugiere que el flujo preferencial de agua subterránea a nivel regional está dirigido hacia el norte y noreste, posiblemente influenciado por los cuerpos de agua superficial principales, tales como el río Tucuy y el río Cesar, además, se observa que este comportamiento no varía entre las diferentes épocas climáticas, es decir que la dinámica de flujo del agua subterránea es aproximadamente constante a lo largo del año hidrológico.

Es importante mencionar que el comportamiento de la Conductividad Eléctrica (CE) observado en los acuíferos cuaternarios de origen aluvial durante el año 2024 guarda relación y es similar con el comportamiento registrado en el año 2023, tal como se muestra en la **Figura 13**, en donde en la parte superior izquierda de cada imagen se integró la figura con el comportamiento correspondiente al año anterior.

Respecto a los acuíferos asociados a las formaciones terciarias, tal como se puede observar en la **Figura 14**, se identificó que los mayores valores de Conductividad Eléctrica (CE) registrados en el año 2024 se encuentran en la zona norte y este del área de la estrategia, donde los valores más elevados se registraron en tres (3) puntos del Expediente LAM3271 (MSB-LAM3271-0016, MSB-LAM3271-0024 y MSB-LAM3271-0048), con lo cual, se infiere que el agua que transita a través de estas unidades fluye en sentido similar a los depósitos cuaternarios, es decir de sur a norte-noreste.

Se resalta que, de manera generalizada, para el año 2024 los valores de Conductividad Eléctrica (CE) en las formaciones terciarias son menores a los identificados en los acuíferos cuaternarios, situación que también se presenta según los datos arrojados por los monitoreos realizados en los años 2022 y 2023, lo que representa un menor grado de mineralización de estas aguas, aspecto que puede estar influenciado por una posible interacción hidráulica del agua subterránea de los acuíferos terciarios con los cuerpos hídricos superficiales y el agua almacenada en los pits de explotación minera, que se localizan en las zonas donde estas unidades afloran, generando una posible disminución de la concentración de minerales y en consecuencia de los valores de conductividad.

De igual manera que se evidenció para los acuíferos cuaternarios, el comportamiento de la Conductividad Eléctrica (CE) observado en los acuíferos de las formaciones terciarias durante el año 2024 guarda relación y es similar con el comportamiento registrado en el año



2023, tal como se muestra en la **Figura 14**, en donde en la parte superior izquierda de cada imagen se integró la figura con el comportamiento correspondiente al año anterior.

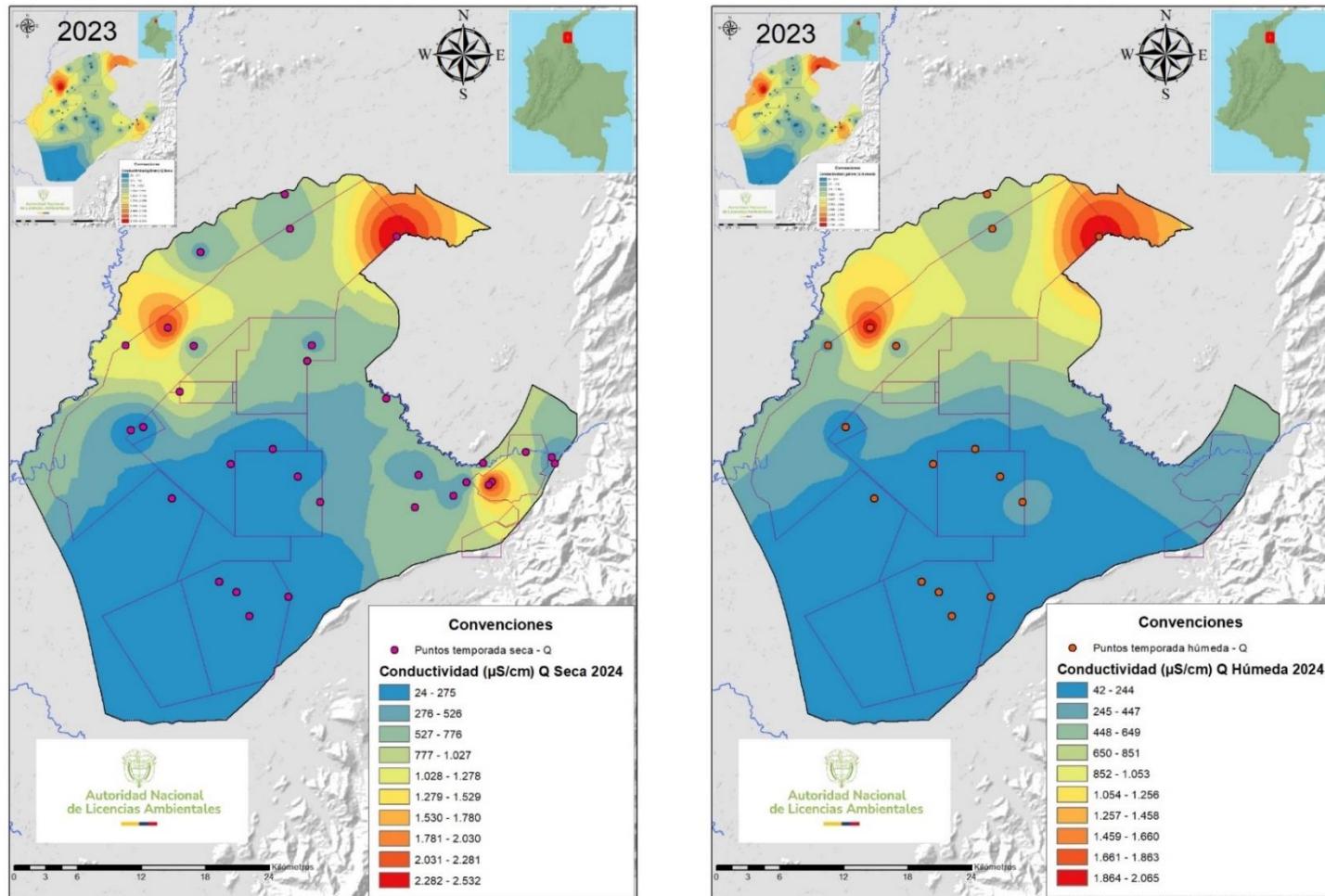
Por último, es importante mencionar que, tanto para los acuíferos cuaternarios como para los de las formaciones terciarias, los valores elevados de Conductividad Eléctrica (CE) localizados hacia el sector este del área de estudio no pudieron ser confirmados para la temporada húmeda del año 2024, dado que para este periodo el licenciatario del proyecto localizado en este sector (LAM1203) no ha entregado a esta Autoridad los monitoreos correspondientes, aspecto que será objeto de requerimiento en el respectivo seguimiento ambiental.

Finalmente, se identificó que, de manera general, la variación de la Conductividad Eléctrica (CE) en relación con los Sólidos Disueltos Totales (SDT) registrados en los mismos monitoreos se muestra congruente en la gran mayoría de puntos de agua subterránea, pues las variaciones identificadas en cada punto para estos dos parámetros se comportan de manera similar y proporcional, lo anterior, considerando que la cantidad de sólidos disueltos en el agua influye directamente en su capacidad para conducir la electricidad.

De manera puntual, en el monitoreo de la segunda temporada húmeda del año 2024, en el punto MSB-LAM3271-0016, que capta el agua subterránea de la Formación Barco, no se cumple la relación establecida para los parámetros de Sólidos Disueltos Totales (SDT) y Conductividad Eléctrica (CE), dado que se registran valores de 3080 mg/L y 2272 μ S/cm respectivamente, no obstante, como ya se mencionó anteriormente, el análisis de este punto será objeto de requerimiento en el marco del seguimiento ambiental del expediente LAM3271.



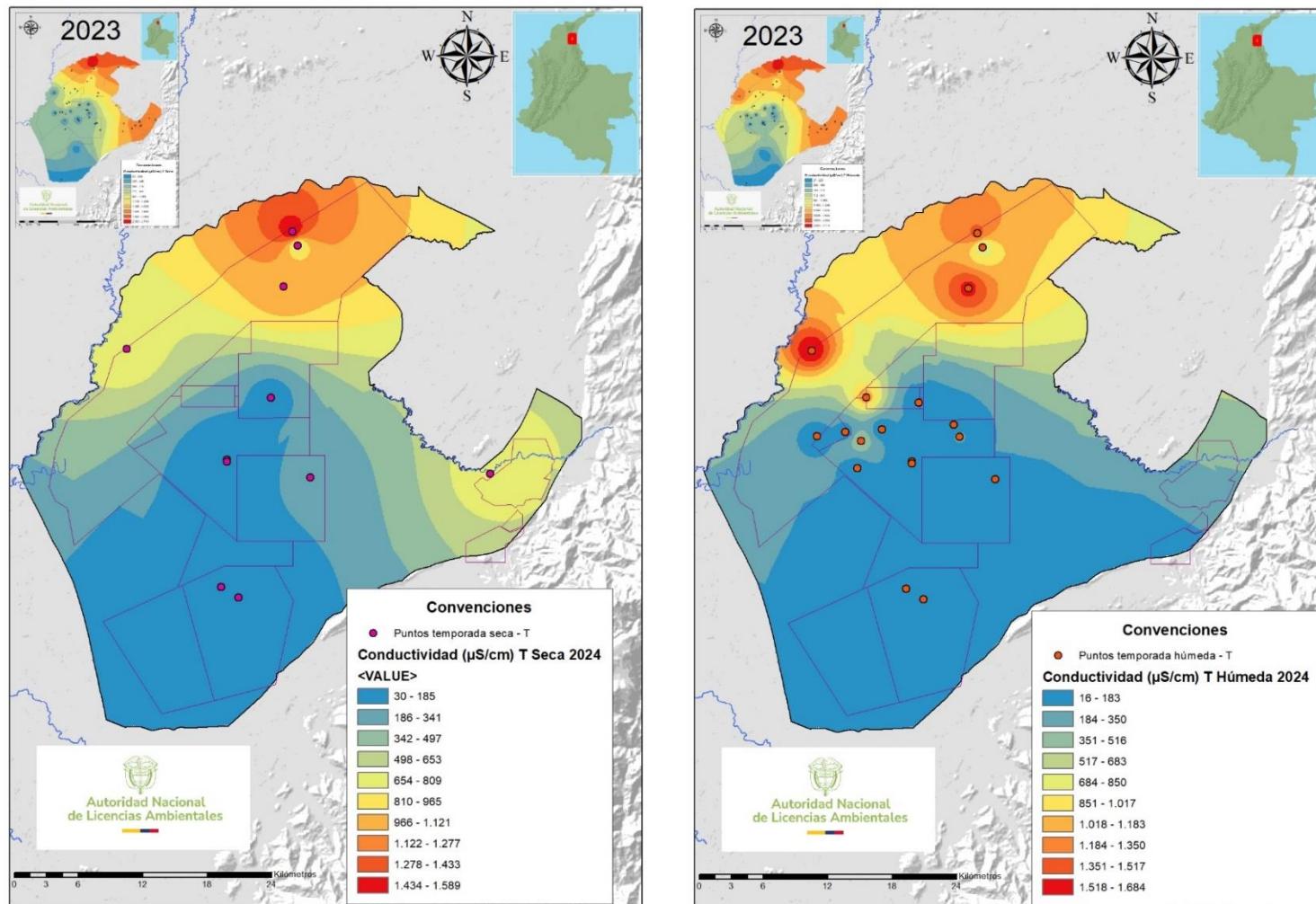
Figura 13. Conductividad Eléctrica (CE) en los acuíferos conformados por los Depósitos Cuaternarios, temporadas seca y húmeda, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025



Figura 14. Conductividad Eléctrica (CE) en los acuíferos conformados por las formaciones terciarias, temporadas seca y húmeda, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025



2.2.3 pH

El pH en el agua subterránea es una medida de la acidez o alcalinidad del agua y se determina por la concentración de iones hidrógeno (H^+). Este parámetro puede verse afectado por varios factores, como la composición geológica del área, la presencia de minerales disueltos, la actividad biológica, y las condiciones atmosféricas o humanas.

En general, los valores de pH cuantificados en el año 2024 oscilan entre 3,13 y 8,55 unidades, estando el promedio en un valor de 6,73. Para un análisis más específico de este parámetro se hicieron diagramas de bigotes, de tal manera que se pudiera ver la tendencia de los datos de acuerdo con la unidad geológica captada y la temporada climática, además de analizar los rangos establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 (Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico) y 2.2.3.3.9.4 (Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico) del Decreto 1076 de 2015.

A partir de los diagramas de cajas y bigotes presentados en la **Figura 15** se evidencia que no existen variaciones importantes en los valores de pH en función de la temporada climática considerada, no obstante, si se analizan los datos de acuerdo con las unidades geológicas captadas es posible diferenciar algunos comportamientos.

En primer lugar, se destaca que los valores de pH para los Depósitos Antrópicos, la Formación Barco y las mezclas de agua Depósitos Aluviales - Formación Barco y Depósitos Aluviales - Formación Cuervos, presentan valores cercanos a la neutralidad (pH de 7), sin variaciones importantes y estando en los rangos establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015.

En segundo lugar, en los puntos de agua subterránea que captan los Depósitos Aluviales, los Depósitos de Abanico y la Formación Cuervos, los valores de pH tienden a la neutralidad, con algunos puntos que reflejan condiciones más ácidas, estando algunas mediciones por debajo de 6,5 unidades, que es el límite establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015.

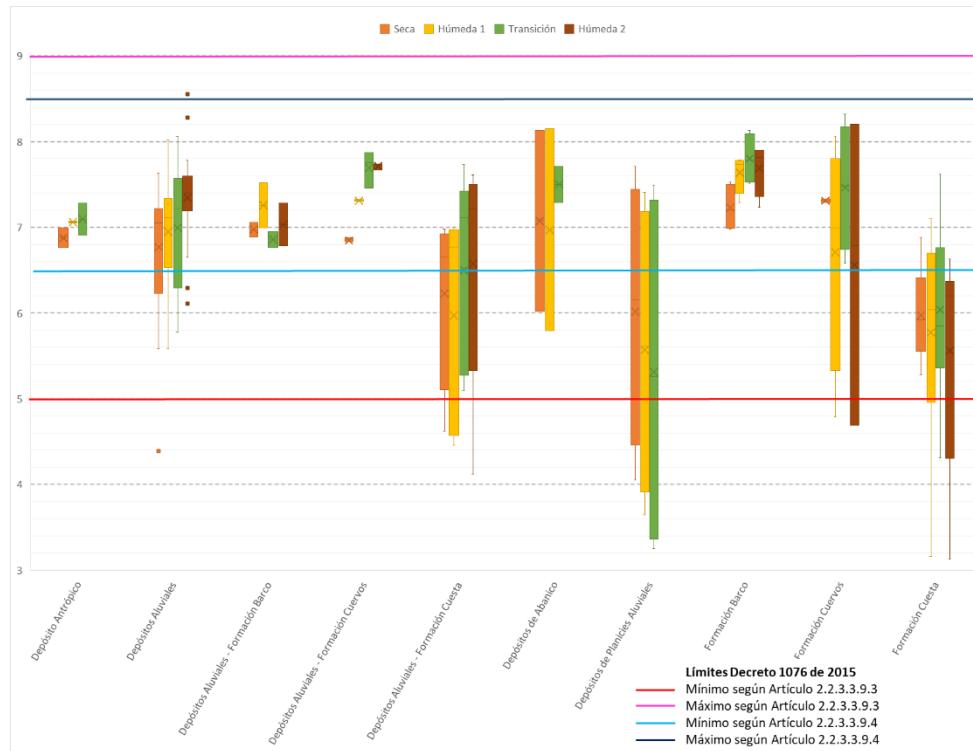
En tercer lugar, en los puntos de agua subterránea que captan los Depósitos de Planicies Aluviales, la Formación Cuesta y la mezcla de agua Depósitos Aluviales - Formación Cuesta se evidencia claramente que los valores de pH tienen una tendencia hacia la acidez, con valores que por lo general están por debajo de 6,5 unidades, de hecho, algunos datos son inferiores a 5 unidades, que es el límite establecido por el artículo 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 de 2015. Los valores que reflejan las condiciones más ácidas, que pueden estar incluso por debajo de 4 unidades de pH, corresponden con el agua subterránea de los Depósitos de Planicies Aluviales (puntos MSB-LAM2622-0100 y MSB-LAM2622-0101) y la Formación Cuesta (punto MSB- LAM3199-002).



La tendencia de algunos puntos de agua subterránea hacia condiciones ácidas puede deberse a posibles mezclas de aguas provenientes de los yacimientos mineros explotados, cuya concentración de minerales pueda resultar favorable para la generación de aguas ácidas, por lo cual, se hace imperativo verificar las condiciones locales en estos puntos para definir las posibles causas de la acidez registrada en estas zonas, especialmente en inmediaciones de los expedientes LAM2622 y LAM3199, principalmente en época húmeda, tal como se observa en la **Figura 16**. No obstante, es posible que este comportamiento se replique en época seca, pero como se mencionó al inicio de este documento, no se cuenta con información de todos los puntos de la red para esta temporada. En consecuencia, en el marco de los seguimientos ambientales de estos proyectos será necesario analizar el comportamiento de estos valores.



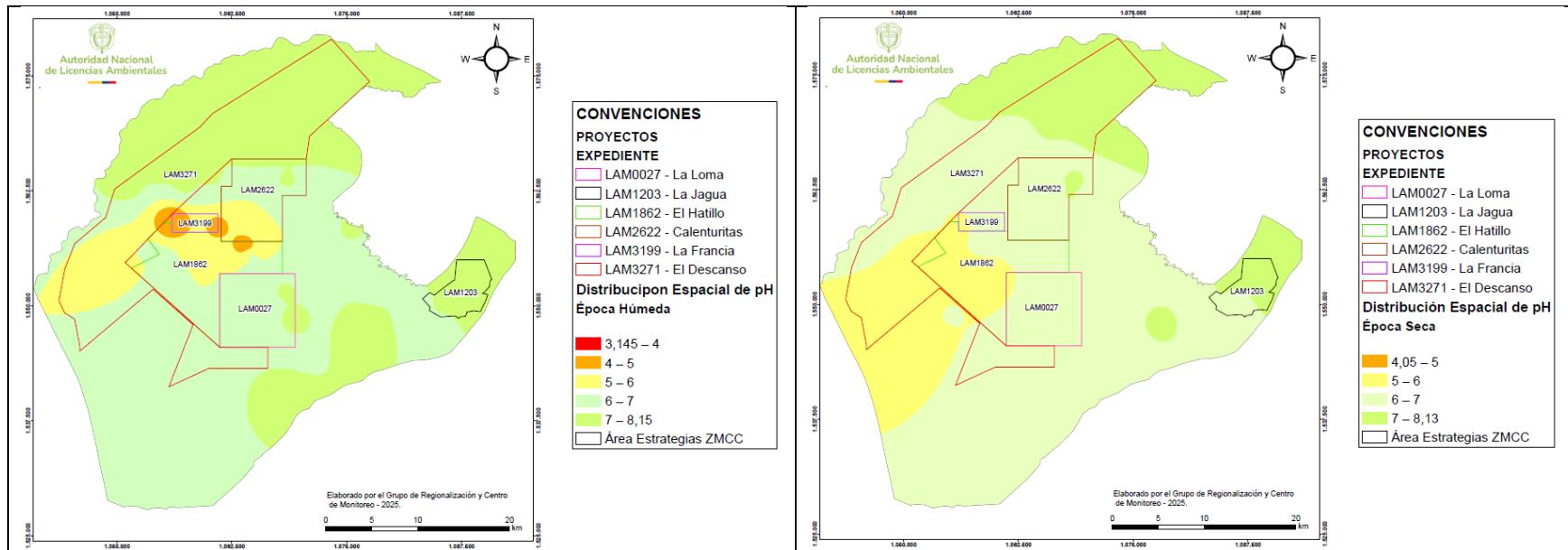
Figura 15. Valores de pH por unidad geológica captada y temporada climática, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025



Figura 16. Distribución espacial del pH por extremos climáticos, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

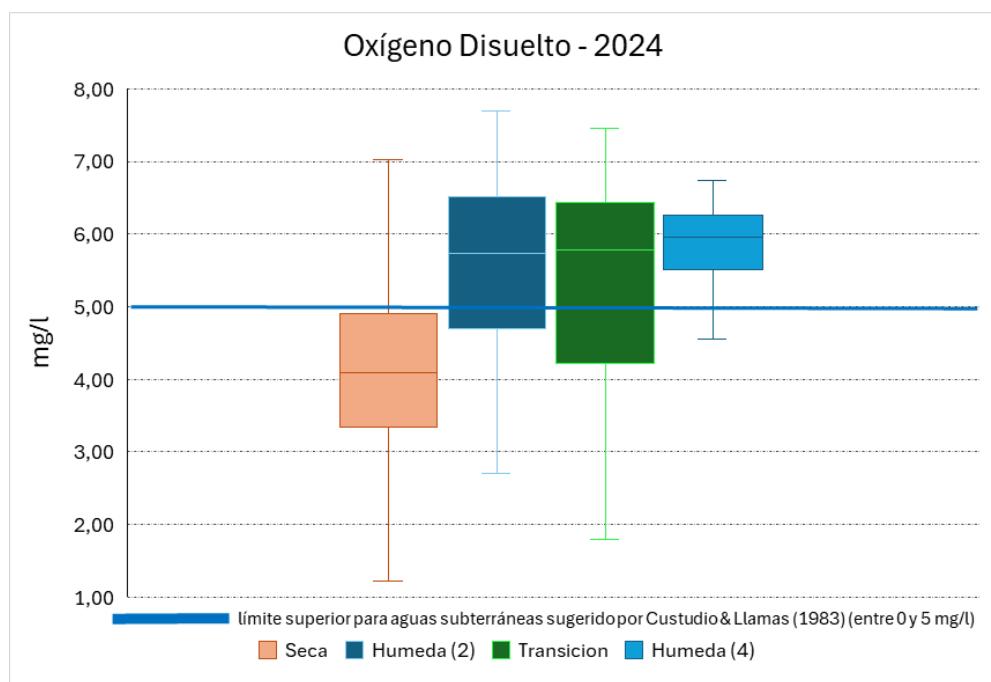


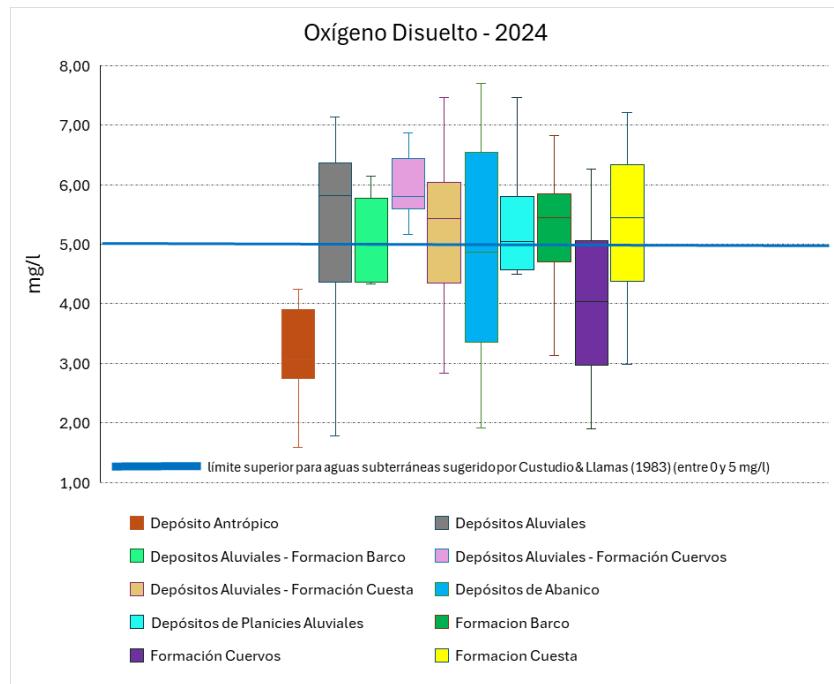
2.2.4 Oxígeno Disuelto

Como se puede observar en la **Figura 17a**, las concentraciones de oxígeno disuelto en las muestras analizadas durante el año 2024, en las cuatro (4) épocas climáticas, oscila entre 1mg/l y 8mg/l. Como es de esperarse, se observa la menor concentración de oxígeno en la temporada seca en la cual el volumen de recarga disminuye y corresponde exclusivamente al agua subterránea almacenada en el acuífero con algún tiempo de residencia, encontrándose estos valores, en promedio, por debajo de 5mg/l, dentro del rango normal para agua subterránea según Custodio & Llamas (1983): *“La mayoría de las aguas subterráneas tienen entre 0 y 5 mg/l, frecuentemente por debajo de 2 mg/l”*. En las demás temporadas climáticas el promedio de las concentraciones de oxígeno disuelto aumenta respondiendo a la circulación y renovación del agua subterránea producto de un mayor aporte desde la recarga.

Por su parte, en la distribución de las concentraciones de oxígeno disuelto por unidad geológica se observa para el Depósito Antrópico y la Formación Cuervos valores en promedio por debajo de 5mg/l; el resto de las unidades presentan un rango más amplio respecto a la presencia de este parámetro debido probablemente a un mayor contenido de mezclas con agua superficial producto de la recarga directa (**Figura 17b**).

Figura 17. Oxígeno disuelto por temporada climática (a) y unidad geológica (b), año 2024





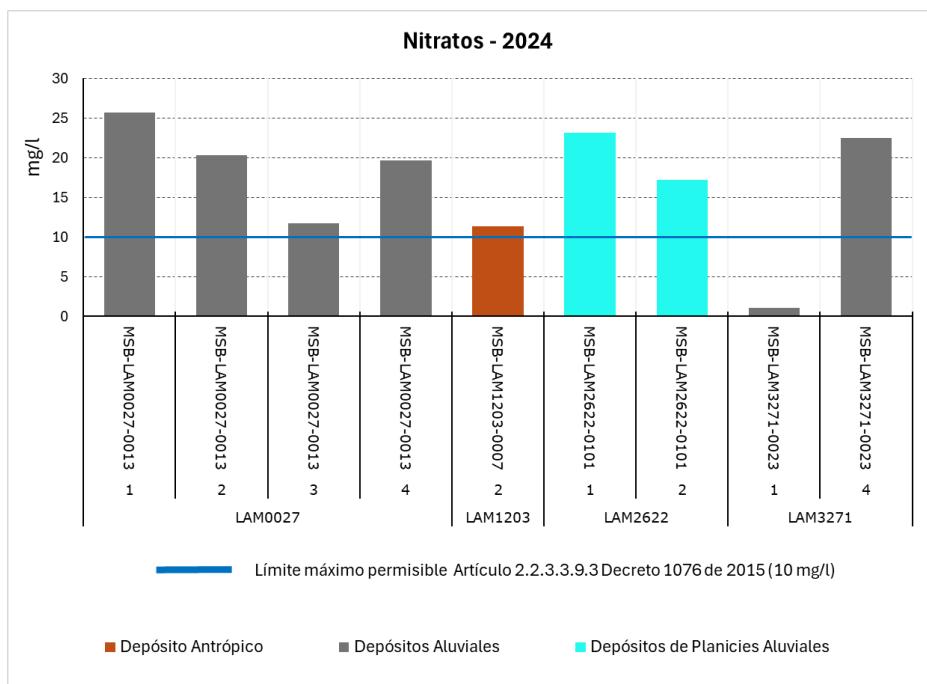
Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025.

2.2.5 Nitratos y Nitritos

Respecto a la medición de nitratos se evidencia en el análisis, que la mayoría de las muestras de agua tomadas durante el año 2024, independientemente del tipo de punto o acuífero captado, no reportan concentraciones que sobrepasen los límites admisibles establecidos por el artículo 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 de 2015; no obstante, se identifican cuatro (4) puntos de agua en los acuíferos cuaternarios, con valores elevados en una o más campañas de monitoreo, los cuales serán objeto de verificación en los respectivos seguimientos, dado que en algunos de ellos el comportamiento es reiterado y en otros posiblemente se deba a una condición local y temporal (**Figura 18**).



Figura 18. Nitratos cuantificables, año 2024

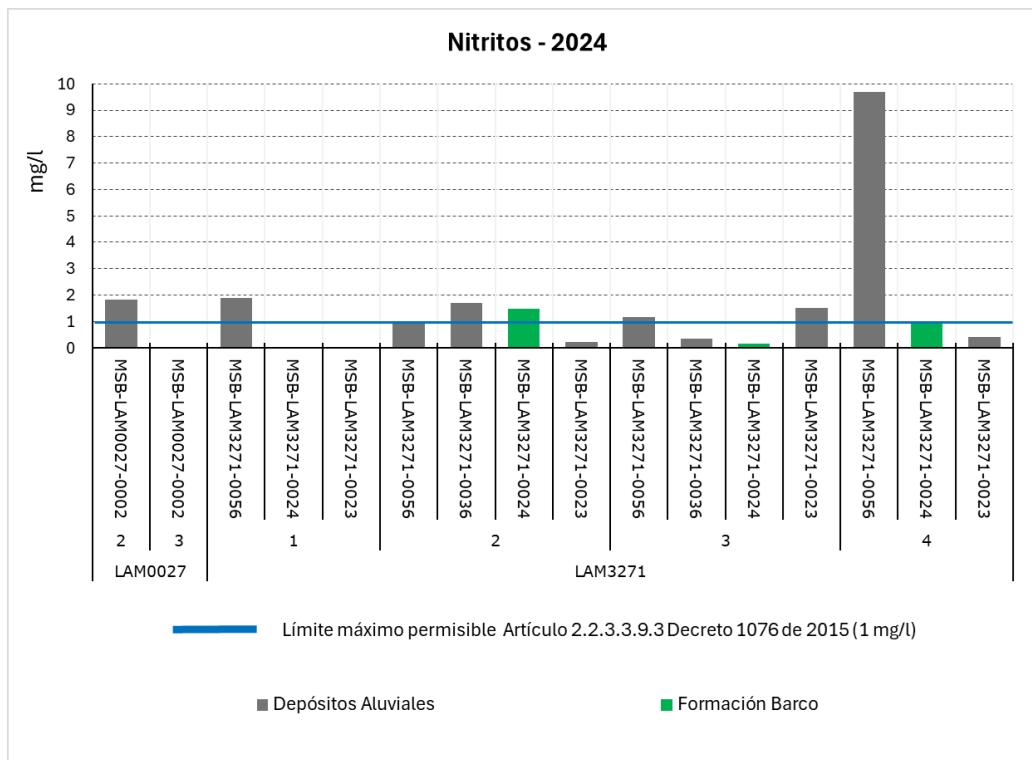


Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

En relación con los nitritos, para el año 2024 (Figura 19) se presentaron concentraciones cuantificables y algunas elevadas con respecto artículo 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 de 2015, en cuatro puntos de agua de la mina el Descanso – LAM3271 y un punto de la mina La Loma – LAM0027; correspondientes con los Depósitos aluviales y la Formación Barco; información que será objeto de revisión en los respectivos seguimientos, dado que, al igual que con los nitratos, en algunas captaciones las concentraciones elevadas son reiteradas, puesto que se han presentado en los años 2022 y/o 2023 y en otros posiblemente se deba a una condición local y temporal cuya explicación deberá ser requerida al licenciatario.



Figura 19. Nitritos cuantificables, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

2.2.6 Diagramas de Piper

Mediante los diagramas de Piper se muestran las proporciones relativas de aniones y cationes en el agua subterránea, permitiendo identificar las facies hidroquímicas, es decir el tipo de agua de acuerdo con los iones presentes, y su evolución en el caso de contar con datos de diferentes temporadas climáticas, tal como es el caso de la presente estrategia.

A continuación, se presenta un diagrama de Piper por cada una de las campañas de monitoreo, realizadas en las diferentes temporadas climáticas establecidas en el marco de la estrategia y llevadas a cabo por las empresas mineras en el año 2024. Las muestras de agua fueron agrupadas de acuerdo con la unidad geológica captada. Cabe aclarar que para algunos casos se tienen puntos con mezclas de agua, es decir que se abastecen de niveles acuíferos de distintas formaciones geológicas, lo que implica que la caracterización química o el tipo de agua identificado no representa un único acuífero. Las agrupaciones realizadas fueron las siguientes:

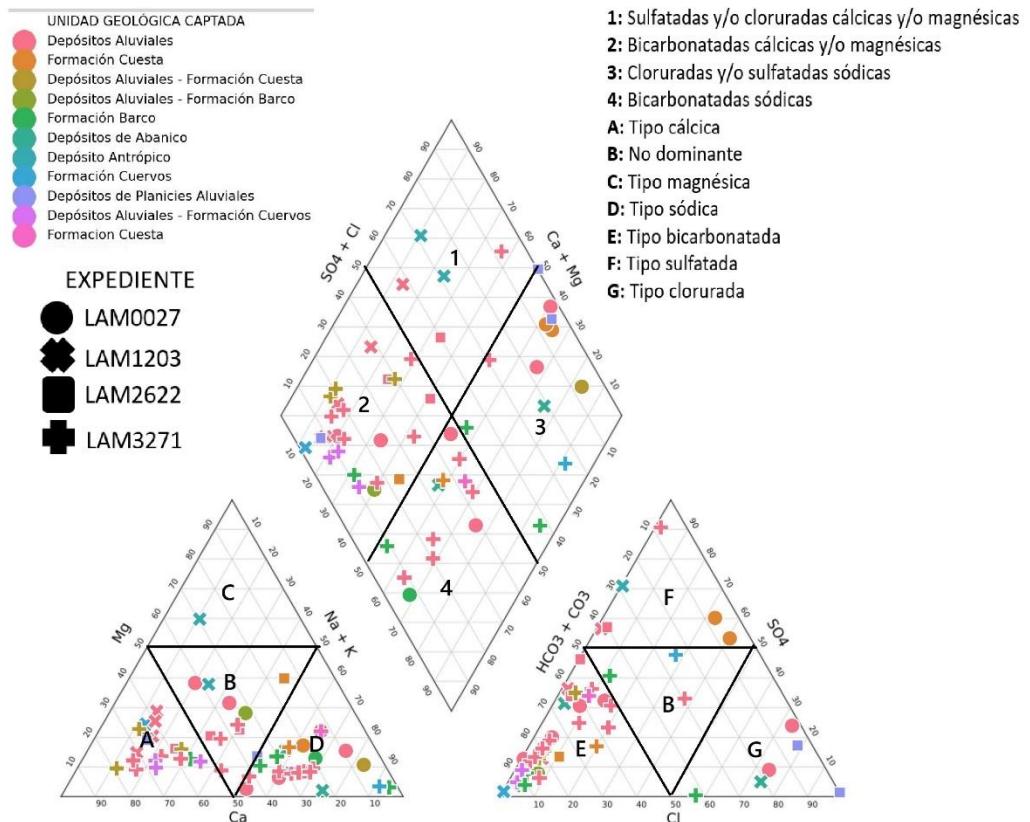
- Depósitos Cuaternarios: se agrupan los diferentes depósitos de este tipo, tales como depósitos aluviales, de abanico, de planicies aluviales y antrópicos.
 - Depósitos Aluviales - Formación Barco.



- Depósitos Aluviales – Formación Cuervos.
- Depósitos Aluviales – Formación Cuesta.
- Formación Barco.
- Formación Cuervos.
- Formación Cuesta.

Con el fin de sintetizar el análisis, primero se muestran los diagramas de Piper por cada temporada climática (Figuras 20 a 23), y posteriormente, en la **Tabla 4** se describen las composiciones hidrogeoquímicas predominantes del agua subterránea a partir de los monitoreos realizados en el año 2024, haciendo una discusión por cada una de las unidades geológicas analizadas y comparando los resultados con los obtenidos en los años 2022 y 2023.

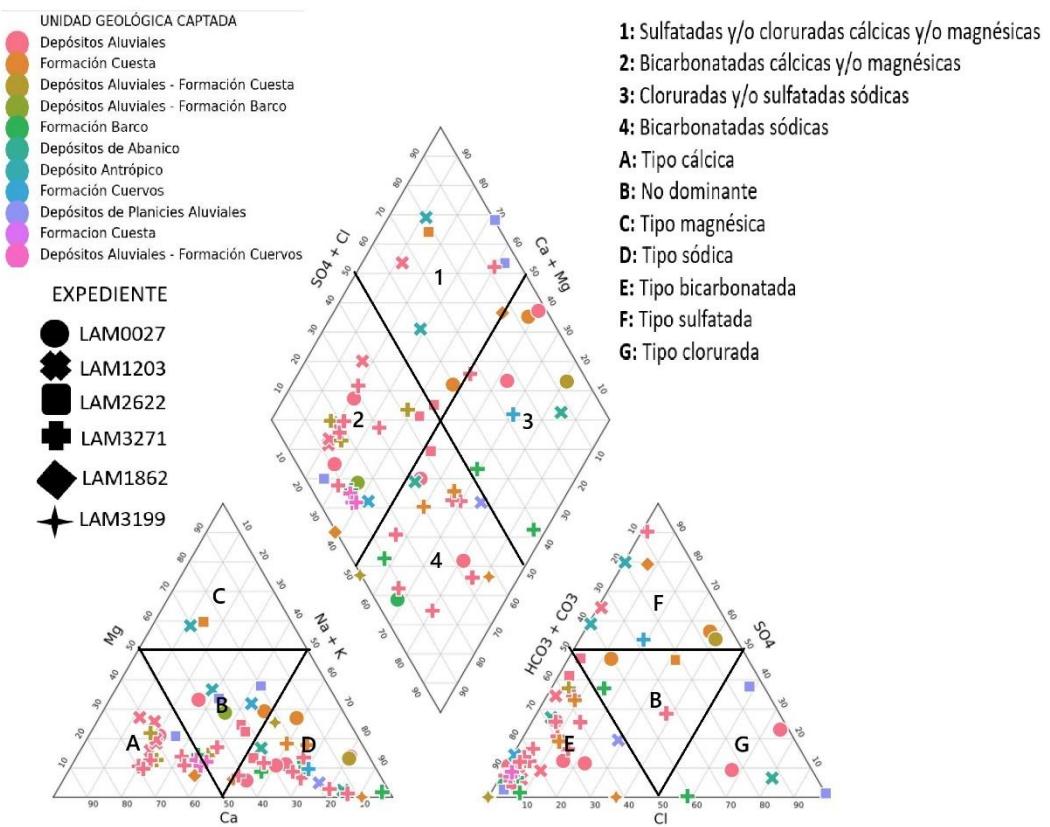
Figura 20. Diagrama de Piper para la temporada seca - Monitoreo año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025



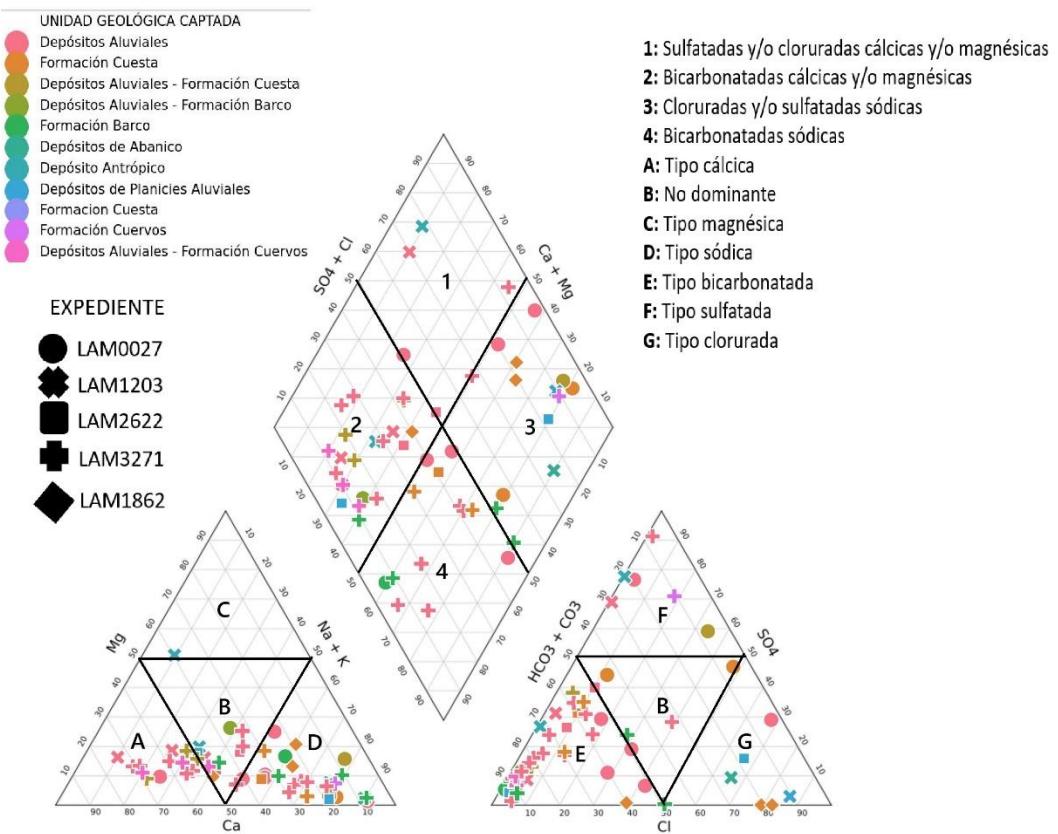
Figura 21. Diagrama de Piper para la primer temporada húmeda - Monitoreo año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025



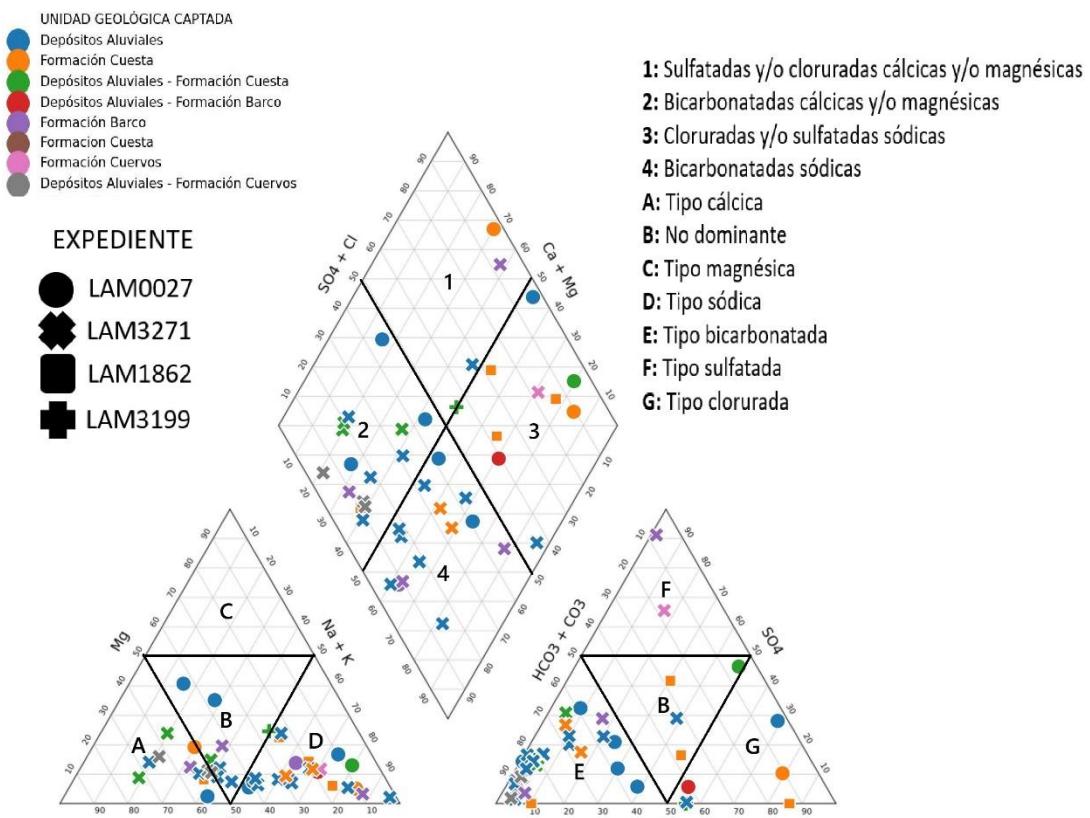
Figura 22. Diagrama de Piper para la temporada de transición - Monitoreo año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025



Figura 23. Diagrama de Piper para la segunda temporada húmeda - Monitoreo año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

Tabla 4. Resumen de la composición hidrogeoquímica del agua subterránea en el área de la estrategia, descrita de acuerdo con la unidad geológica captada, año 2024

Temporada	Meses	Unidad geológica captada						
		Depósitos Cuaternarios	Depósitos Aluviales - Formación Barco	Depósitos Aluviales - Formación Cuervos	Depósitos Aluviales - Formación Cuesta	Formación Barco	Formación Cuervos	Formación Cuesta
		2024	2024	2024	2024	2024	2024	2024
Seca	Diciembre - Marzo	Bicarbonatada cárneo-sódica y sulfatada-clorurada cárnea	Bicarbonatada sódica-cárnea	Bicarbonatada cárnea	Bicarbonatada cárnea	Bicarbonatada sódica y clorurada sódica	Bicarbonatada cárnea y sulfatada sódica	Bicarbonatada cárneo-sódica



Temporada	Meses	Unidad geológica captada					
		Depósitos Cuaternarios	Depósitos Aluviales - Formación Barco	Depósitos Aluviales - Formación Cuervos	Depósitos Aluviales - Formación Cuesta	Formación Barco	Formación Cuervos
		2024	2024	2024	2024	2024	2024
Húmeda	Abril - Junio	Bicarbonatada cálcico-sódica y clorurada-sulfatada cálcico-sódica	Bicarbonatada sódica-cálcica	Bicarbonatada cálcica	Bicarbonatada cálcica	Bicarbonatada sódica y clorurada sódica	Bicarbonatada sódico-magnésica y sulfatada sódica
Transición	Julio - Agosto	Bicarbonatada cálcico-sódica y clorurada-sulfatada cálcico-sódica	Bicarbonatada sódica-cálcica	Bicarbonatada cálcica	Bicarbonatada cálcica	Bicarbonatada sódica y clorurada sódica	Bicarbonatada sódico-magnésica y sulfatada sódica
Húmeda	Septiembre - Noviembre	Bicarbonatada cálcico-sódica y clorurada cálcico-sódica	Clorurada sódica	Bicarbonatada cálcica	Bicarbonatada cálcica	Bicarbonatada cálcico-sódica y sulfatada sódica	Sulfatada sódica

Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

Una vez se analizan los diagramas de Piper para las campañas de monitoreo realizadas en el año 2024, y se comparan los resultados con las campañas de los años 2022 y 2023, se pueden establecer algunas generalidades y conclusiones respecto a la composición hidroquímica del agua subterránea en la ZMCC, las cuales se resumen a continuación:

- El agua subterránea de los Depósitos Cuaternarios a lo largo de los años hidrológicos 2022, 2023 y 2024 no presentó una clasificación hidroquímica marcada, pues para todas las campañas de monitoreo se registraron composiciones variadas, si bien se observa un predominio de aguas de tipo bicarbonatadas cálcicas y sódicas, como es de esperarse en estos niveles más someros, donde los recorridos y tiempos de almacenamiento del agua subterránea son menores, también se registraron composiciones de tipo cloruradas y sulfatadas cálcicas y sódicas.
- La mezcla de agua de los Depósitos Aluviales - Formación Barco para la mayoría de las temporadas analizadas de los años 2022, 2023 y 2024 mostró una composición hidroquímica predominante de tipo bicarbonatada cálcica y sódica, con alguna composición local de tipo clorurada sódica. Por su parte, la mezcla de agua de los Depósitos Aluviales - Formación Cuervos, para el periodo de tiempo mencionado



registró una composición predominante de tipo bicarbonatada cálcica y sódica. Ahora bien, la mezcla Depósitos Aluviales - Formación Cuesta, a diferencia de las dos anteriores, si bien también presenta una composición predominante de tipo bicarbonatada cálcica, en la mayoría de las campañas de los años 2022 y 2023, varios puntos resultaron ser de aguas cloruradas y sulfatadas cálcicas y sódicas, es decir que en esta última mezcla no hay un comportamiento marcado en la composición del agua subterránea.

- El agua subterránea de la Formación Barco y la Formación Cuervos a lo largo del año 2022 presentó una clasificación predominante de tipo bicarbonatada sódica y cálcica, y si bien para los años 2023 y 2024 varios puntos registraron esta misma composición, también se registraron aguas de tipo cloruradas y sulfatadas sódicas.
- El agua subterránea de la Formación Cuesta a lo largo de los años hidrológicos 2022 y 2023 no presentó una clasificación hidroquímica predominante, observándose aguas de tipo clorurada y sulfatada cálcica y sódica, como también composiciones de tipo bicarbonatada cálcica y sódica, no obstante, para el año 2024 si se evidenció un predominio de esta última composición.

En conclusión, a nivel general se pueden establecer cuatro (4) aspectos principales en relación con la composición hidroquímica del agua subterránea en el área de la estrategia:

- En la mayoría de los casos, la composición hidroquímica del agua subterránea de los Depósitos Cuaternarios permite establecer que se trata de flujos de agua con recorridos y tiempos de almacenamiento cortos, como es de esperarse en estos niveles más someros, los cuales están directamente influenciados por la infiltración directa del agua del agua lluvia. No obstante, también se registraron composiciones en donde predominan los iones cloruros y sulfatos, los cuales pueden indicar ya sea tiempos de recorrido mayores y por ende un mayor tiempo de residencia del agua dentro de los niveles acuíferos, o alguna afectación por actividades antrópicas en superficie, condición que se puede verificar a través de los análisis de tendencia de otros parámetros, como conductividad, pH, metales y metaloides, que indiquen valores superiores a los identificados en la línea base o que estén por encima del promedio regional, lo cual se analiza dentro del presente documento en las descripciones de cada parámetro, además de ser verificado de manera específica en los seguimientos ambientales correspondientes.
- En cuanto a las mezclas de agua, en el caso de los Depósitos Aluviales - Formación Barco y Depósitos Aluviales - Formación Cuervos es posible evidenciar que la composición del agua subterránea está mayormente influenciada por los aportes de los niveles más someros, pues hidroquímicamente son aguas de recorridos y tiempo de almacenamiento cortos. Ahora bien, la mezcla Depósitos Aluviales - Formación Cuesta, a diferencia de las dos anteriores, si bien también presenta influencia de los niveles



someros, en donde predominan las aguas bicarbonatadas, hay varios puntos donde prevalece la composición de la unidad más profunda, dado que hidrogeoquímicamente se trata de aguas algo más evolucionadas dentro del ciclo hidrológico, donde las concentraciones de los iones cloruros y sulfatos son mayores y más frecuentes.

- La composición hidroquímica del agua subterránea de la Formación Barco y la Formación Cuervos permite establecer que en estas unidades prevalecen los flujos locales o de recorridos más cortos, condición que puede deberse al afloramiento de estas formaciones en superficie o su disposición muy cerca de esta, dado que por ser unidades más antiguas se esperarían aguas que en su composición reflejaran tiempos de residencia mayores dentro del acuífero, no obstante, en algunas campañas si existen puntos con mayores mineralizaciones.
- Respecto al agua subterránea de la Formación Cuesta, en los monitoreos de los años 2022 y 2023 no se observó una clasificación clara que determinara su composición hidroquímica, registrándose aguas cloruradas y sulfatadas, como también bicarbonatadas; sin embargo, respecto al año 2024 si se evidenció una composición principalmente de tipo bicarbonatada cálcico-sódica.

Es importante aclarar que en el diagrama de Piper se muestran concentraciones relativas, y si bien se registran composiciones variadas para la totalidad de unidades geológicas analizadas, es fundamental considerar el grado de mineralización de las muestras, dado que, si bien se presentan composiciones cloruradas y sulfatadas, estas pueden ser de baja concentración y no necesariamente estar indicando tiempos de recorrido más largos y/o un tiempo de almacenamiento mayor dentro de los acuíferos. De igual manera, es necesario analizar los otros parámetros monitoreados en el marco de la estrategia, como conductividad, pH, compuestos nitrogenados, metales y metaloides, de modo que sea posible establecer si la composición hidroquímica de ciertos puntos está o no influenciada por actividades antrópicas desarrolladas en superficie.

2.2.7 Diagramas de Stiff

Los diagramas de Stiff son una representación gráfica de la composición de los iones mayoritarios en una muestra de agua subterránea, por lo tanto, permiten visualizar diferentes tipos de agua (cada una con una configuración particular) y, además, simultáneamente permiten dar idea del grado de mineralización (ancho de la gráfica).

A continuación, para cada una de las unidades geológicas consideradas, se presenta el análisis de los diagramas de Stiff, los cuales fueron realizados directamente por parte del Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo de la ANLA.

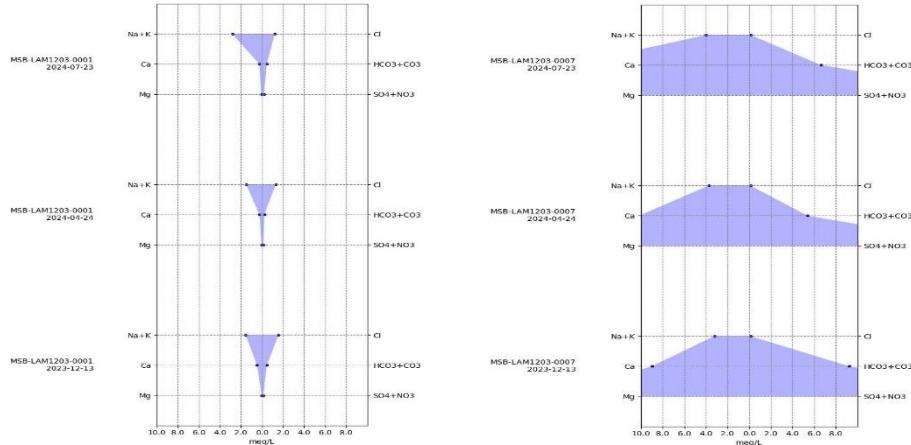
Si bien el análisis se realiza en el presente numeral, los diagramas agrupados por unidad geológica captada se encuentran en el **Anexo 3**. Es importante resaltar que la totalidad de los diagramas tienen la misma escala, definida de acuerdo con las concentraciones iónicas de



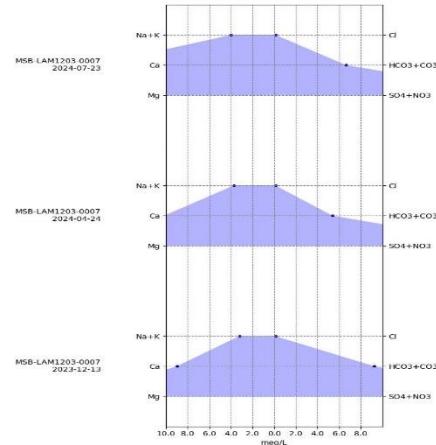
las muestras consideradas y procurando la mejor visualización de los datos analizados, de esta manera el valor máximo en las gráficas es de 10 meq/L.

A continuación, a manera de ejemplo se incluyen diagramas de Stiff representativos de cada unidad geológica:

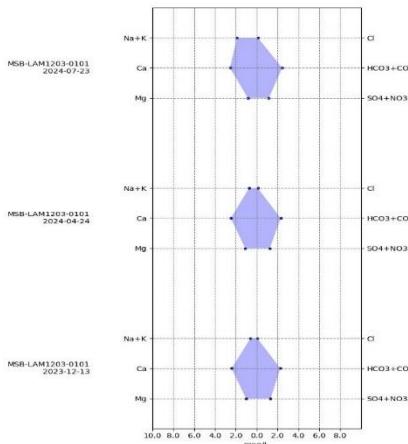
Figura 24. Diagrama de Stiff 2024, ejemplo para cada unidad geológica



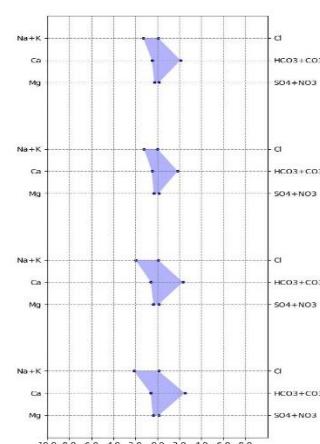
MSB-LAM1203-0001 – Aljibe AJ-2
Capta el Depósito de Abanico



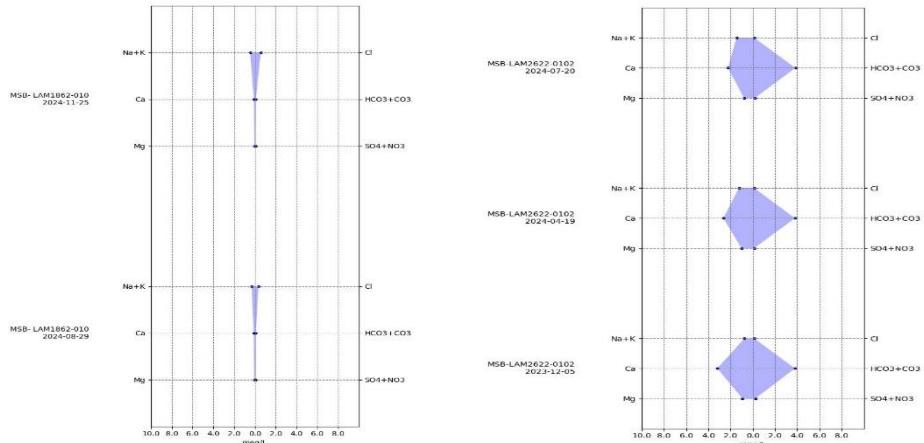
MSB-LAM1203-0007 – Piezómetro PZ-41
Capta El Depósito Antrópico



MSB-LAM1203-0101 – Manantial MA-49
Capta el Depósito Aluvial



MSB-LAM0027-0010 – Pozo No. 12
Capta la Formación Barco



MSB-LAM1862-010 – Pozo 47-II-B-173
Capta La Formación Cuesta

MSB-LAM2622-0102 – Pozo P03
Capta Depósitos de Planicie Aluvial

Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

2.2.7.1 Depósitos Cuaternarios

Al igual que se observó con los diagramas de Piper, para estos depósitos se determinaron composiciones variadas, no obstante, existe un predominio de aguas bicarbonatadas cálcicas y sódicas, y si bien también existen muestras con composiciones cloruradas y sulfatadas, en la mayoría de los casos los grados de mineralización son bajos, como es de esperarse en estos niveles más someros, los cuales están influenciados por la infiltración directa de la precipitación y en donde los recorridos del flujo y tiempos de residencia dentro de las unidades acuíferas son cortos.

No obstante, al igual que se evidenció en los monitoreos de los años 2022 y 2023, para el año 2024 también se identificaron algunos puntos que presentan altos grados de mineralización, con composiciones de tipo cloruradas y sulfatadas cálcicas y sódicas, localizados en el área de los proyectos mineros, así:

- ✓ Mina La Jagua - LAM1203: puntos MSB-LAM1203-0007 (PZ-41), MSB-LAM1203-0008 (PZ-42), MSB-LAM1203-0009 (PZ-46) y MSB-LAM1203-0103 (AJ-52).
- ✓ Mina Calenturitas - LAM2622: puntos MSB-LAM2622-0101 (PZ-8) y MSB-LAM2622-0104 (P-24).
- ✓ Mina El Descanso - LAM3271: puntos MSB-LAM3271-0036 (PZ28) y MSB-LAM3271-0055 (41-III-B-Santa Eulalia 2).

Estos niveles de mineralización elevados no son característicos de este tipo de depósitos, por lo tanto, sus causas deberán ser analizadas en el marco de los seguimientos ambientales de los proyectos involucrados.

2.2.7.2 Depósitos Aluviales - Formación Barco

En la totalidad de los monitoreos de los años 2022, 2023 y 2024, para esta mezcla de agua la composición hidroquímica es de tipo bicarbonatada sódica y en menor proporción cálcica,



con grados de mineralización bajos, lo cual permite deducir que en estos puntos existe una mayor influencia de los niveles acuíferos más someros.

2.2.7.3 Depósitos Aluviales - Formación Cuervos

Para esta mezcla de agua la composición hidroquímica a lo largo de los años 2022, 2023 y 2024 no ha presentado variaciones, siendo de tipo bicarbonatada cálcico -sódica, con grados de mineralización intermedios, es decir que presenta influencia tanto de los depósitos someros como de la formación terciaria.

2.2.7.4 Depósitos Aluviales - Formación Cuesta

Para esta mezcla de agua la composición hidroquímica a lo largo de los años 2022, 2023 y 2024 no ha presentado variaciones, siendo de tipo bicarbonatada cálcica y en menor proporción sódica, con grados de mineralización bajos y intermedios, con influencia tanto de los depósitos someros como de la formación terciaria.

El predominio de una composición bicarbonatada en las tres (3) mezclas antes descritas posiblemente se deba a la influencia tanto de las precipitaciones como de los flujos someros presentes en los acuíferos cuaternarios, los cuales, al ser aguas recientes con periodos de circulación cortos, mantienen como anión predominante al bicarbonato.

2.2.7.5 Formación Barco

En esta formación, a lo largo de los años 2022, 2023 y 2024, se ha evidenciado que el agua subterránea es principalmente de tipo bicarbonatada sódica, y en menor proporción cálcica, con grados de mineralización de intermedios a altos. Se resalta que algunos puntos de agua subterránea a cargo del proyecto Mina El Descanso-LAM3271 registran grados de mineralización elevados, con aguas de tipo clorurada sódica y bicarbonatada sódica, tales como: MSB-LAM3271-0016 (PZ08), MSB-LAM3271-0024 (PZ16) y MSB-LAM3271-0060 (PWEDN-8), por lo tanto, su causa deberá ser analizada en el marco del seguimiento ambiental de este expediente.

2.2.7.6 Formación Cuervos

En esta formación, a lo largo de los años 2022, 2023 y 2024, se ha evidenciado que el agua subterránea es principalmente de tipo bicarbonatada sódica, con grados de mineralización que van desde muy bajos a altos. Se resalta que el punto MSB-LAM3271-0048 (PZ48) del proyecto Mina El Descanso (LAM3271) registra una composición de tipo sulfatada sódica, por lo tanto, su causa deberá ser analizada en el marco del seguimiento ambiental de este expediente.

2.2.7.7 Formación Cuesta

En el agua subterránea de esta formación, a lo largo de los años 2022, 2023 y 2024, no se ha observado una composición hidroquímica predominante, destacándose que en la mayoría de los puntos el grado de mineralización es muy bajo. En el punto MSB- LAM3199-002 (47-II-



B-08 POZO) del proyecto Mina La Francia (LAM3199) el agua es de tipo clorurada cálcica y el grado de mineralización es intermedio.

2.2.8 Diagramas de Gibbs

Con las concentraciones medidas de los iones mayoritarios se establecieron relaciones interparamétricas que indican la proporción de los iones Na^+ y Cl^- como indicadores de la concentración de sales en los puntos de agua monitoreados, esto, con el fin de establecer procesos geoquímicos predominantes que influyen en la calidad del agua subterránea. Para ello, se generó el diagrama de Gibbs expuesto en las **Figuras 25, 26 y 27**, el cual incluye los monitoreos realizados en el año 2024, agrupando los datos de acuerdo con la unidad geológica captada y las temporadas climáticas consideradas (seca, húmeda y transición).

De acuerdo con los resultados obtenidos, se evidencia que tanto los índices de sodio como los de cloruro no presentan grandes variaciones respecto a las diferentes temporadas climáticas consideradas, de igual manera, tampoco se observan cambios significativos al comparar los años analizados (2022, 2023 y 2024). Así pues, de manera general, no se identifica en estos diagramas que los procesos geoquímicos se ajusten dependiendo del régimen de precipitación del área.

Sin embargo, si los datos son analizados de acuerdo con la unidad captada, es posible observar algunas agrupaciones que permiten deducir ciertos procesos en el comportamiento del agua subterránea dentro de cada formación geológica:

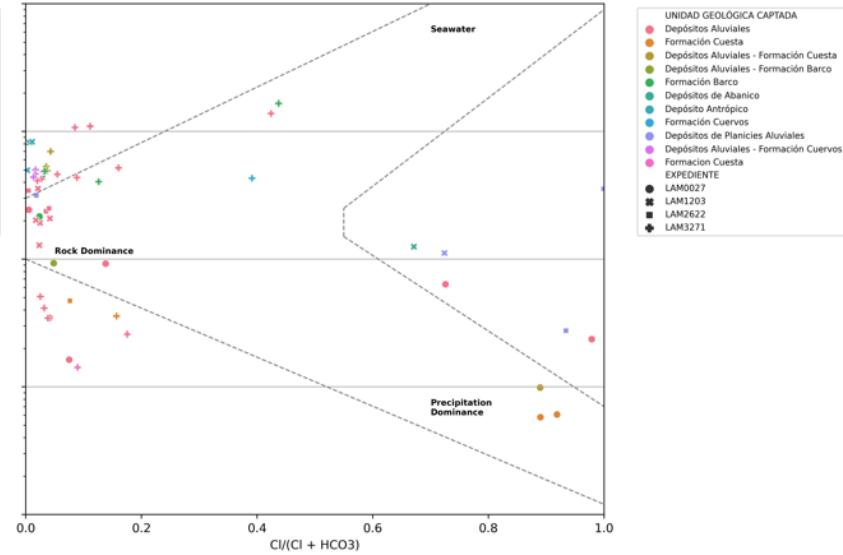
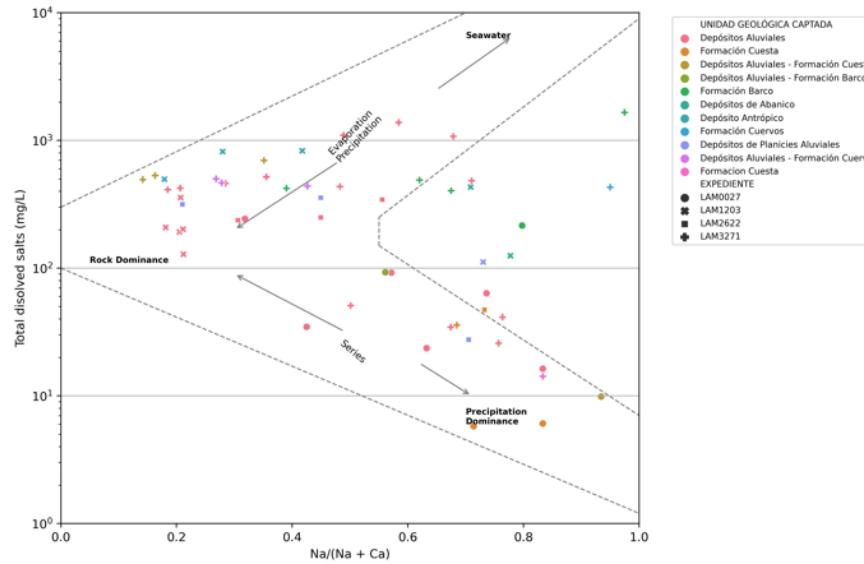
- **Depósitos Cuaternarios:** para el año 2024, al igual que para los años 2022 y 2023, es posible identificar dos (2) procesos occurrentes en la dinámica del agua subterránea. En primer lugar, está el proceso de reacción agua-roca, que es el dominante, y en segundo lugar está el proceso de infiltración directa de la precipitación.
- **Mezclas de agua Depósitos Aluviales - Formación Barco, Depósitos Aluviales - Formación Cuervos y Depósitos Aluviales - Formación Cuesta:** para los años analizados, en estas mezclas de agua el proceso dominante en la dinámica del agua subterránea es la interacción agua-roca. No obstante, a partir del diagrama se puede observar que la mezcla con las formaciones Cuervos y Cuesta tienen un grado de mineralización mayor, reflejado en mayores valores de Sólidos Disueltos Totales (SDT), en contraste con la mezcla de la Formación Barco, donde la mineralización es menor y existe una mayor influencia de los procesos de precipitación. Este aspecto diferencial en el grado de mineralización de las mezclas de agua subterránea también fue posible identificarlo en los diagramas de Stiff.
- **Formación Barco:** para los años analizados, en esta formación el proceso dominante en la dinámica del agua subterránea es la reacción agua-roca, adicionalmente, se puede observar influencia de procesos de evaporación, aspecto que se refleja en los grados de mineralización elevados que se pudieron observar en los diagramas de Stiff.



- **Formación Cuervos:** para los años analizados, en esta formación el proceso dominante en la dinámica del agua subterránea es el de evaporación, aunque también se observa influencia de procesos de interacción agua-roca.
- **Formación Cuesta:** para los años analizados, en esta formación el proceso dominante en la dinámica del agua subterránea es el aporte hídrico atmosférico con influencia de procesos de interacción agua-roca, aspecto que es coherente con lo evidenciado en los diagramas de Stiff, en los cuales el bajo grado de mineralización de las muestras permite deducir la influencia que tiene la precipitación sobre estos niveles acuíferos.



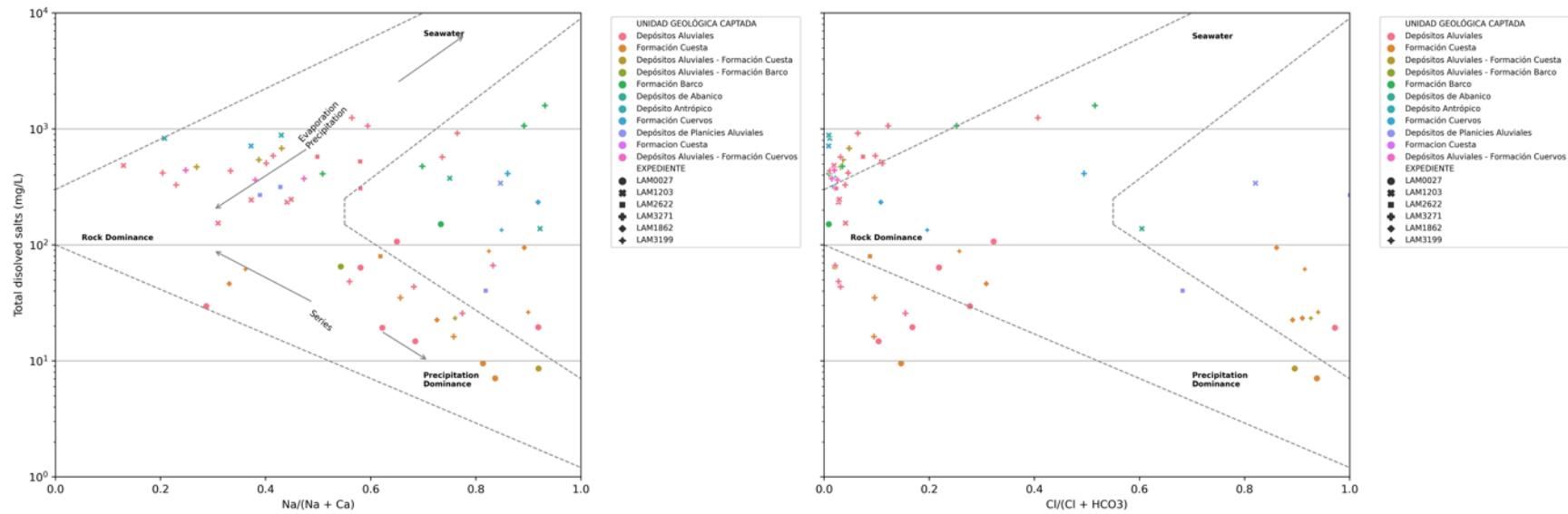
Figura 25. Diagrama de Gibbs campaña seca, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025



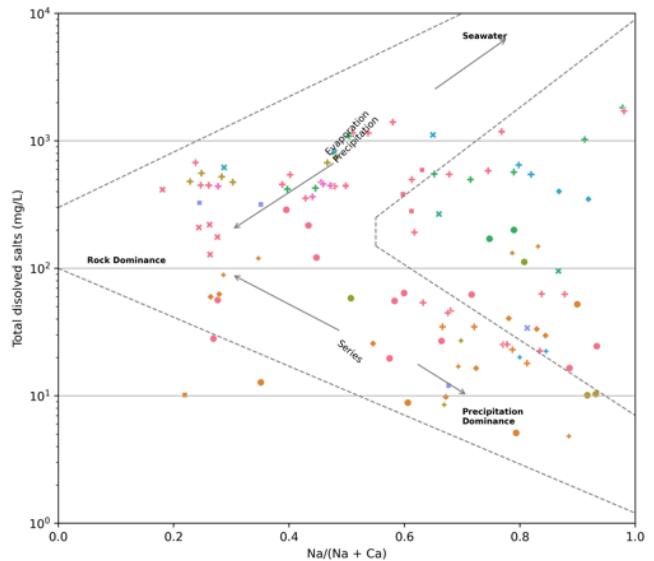
Figura 26. Diagrama de Gibbs campaña transición, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025



Figura 27. Diagrama de Gibbs campaña húmeda, año 2024

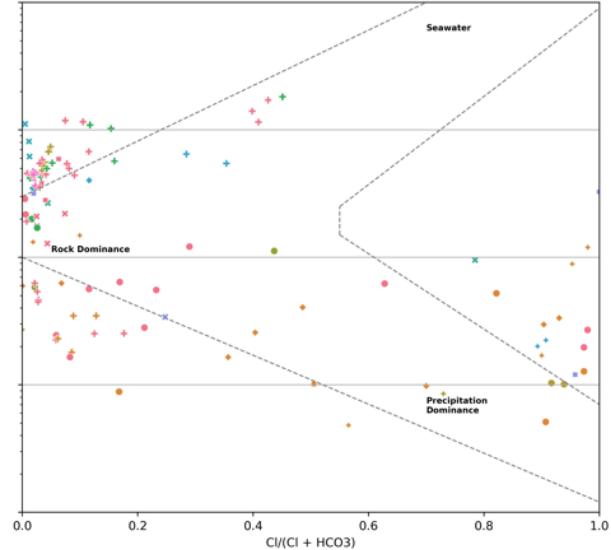


UNIDAD GEOLÓGICA CAPTADA

- Depósitos Aluviales
- Formación Cuesta
- Depósitos Aluviales - Formación Cuesta
- Depósitos Aluviales - Formación Barco
- Formación Barco
- Depósitos de Abanico
- Depósito Antrópico
- Formación Cuervos
- Depósitos de Planicies Aluviales
- Formación Cuesta
- Depósitos Aluviales - Formación Cuervos

EXPEDIENTE

- LAM0027
- LAM1203
- LAM2622
- LAM3271
- LAM1862
- LAM3199



UNIDAD GEOLÓGICA CAPTADA

- Depósitos Aluviales
- Formación Cuesta
- Depósitos Aluviales - Formación Cuesta
- Depósitos Aluviales - Formación Barco
- Formación Barco
- Depósitos de Abanico
- Depósito Antrópico
- Formación Cuervos
- Depósitos de Planicies Aluviales
- Formación Cuesta
- Depósitos Aluviales - Formación Cuervos

EXPEDIENTE

- LAM0027
- LAM1203
- LAM2622
- LAM3271
- LAM1862
- LAM3199

Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025



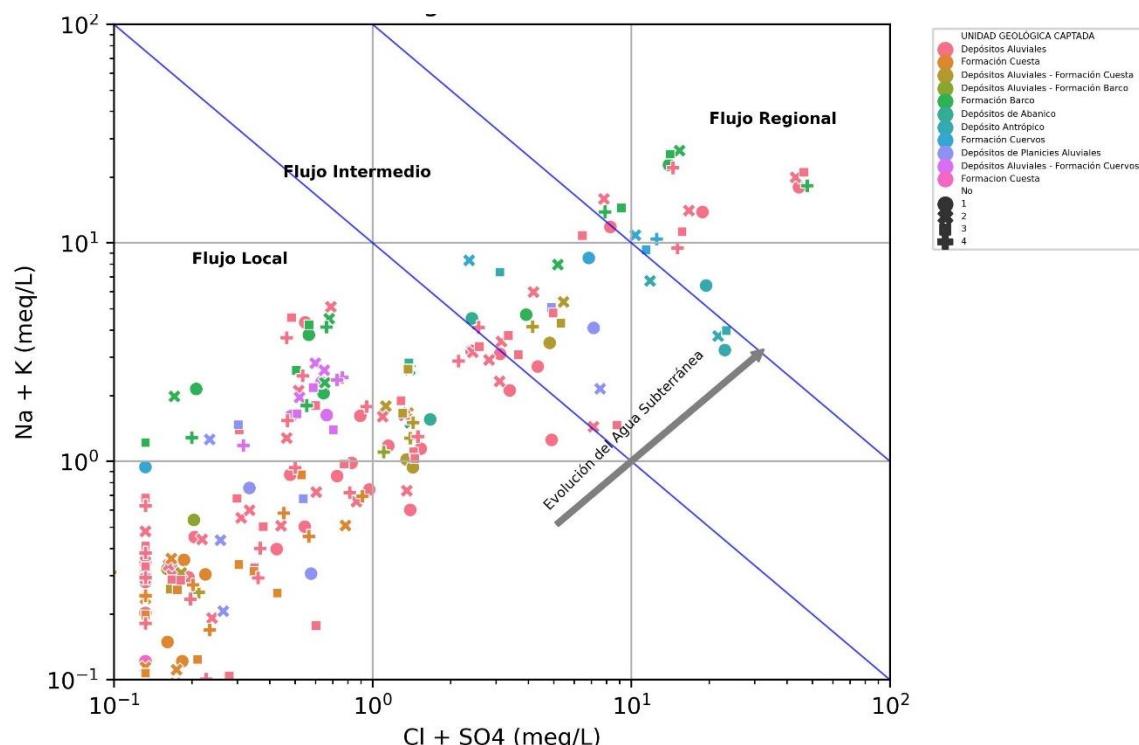
2.2.9 Diagramas de Mifflin

Este diagrama proporciona información sobre la evolución del agua subterránea con base a la creciente concentración de los iones Na^+ , K^+ , Cl^- y SO_4^{2-} a lo largo del flujo. El gráfico se subdivide en 3 secciones, determinando puntos de flujo local, intermedio y regional, siendo este último el más evolucionado y ligado a zonas de descarga.

En el presente informe se presenta el diagrama de Mifflin correspondiente a los monitoreos realizados en el año 2024, en el cual los datos son agrupados de acuerdo con la unidad geológica captada y las temporadas climáticas consideradas (seca (1), húmeda (2 y 4) y transición (3)), tal como se observa en la **Figura 28**.

Posteriormente, se realiza un análisis para cada una de las unidades geológicas consideradas, haciendo además la comparación con los comportamientos evidenciados para los años 2022 y 2023.

Figura 28. Diagrama de Mifflin, monitoreos del año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

- **Depósitos Cuaternarios:** para el año 2024, al igual que para los años 2022 y 2023, los puntos de agua subterránea localizados sobre los Depósitos Cuaternarios en su mayoría captan flujos locales producto de la recarga directa por infiltración de la precipitación; no obstante, varios puntos captan flujos intermedios e incluso regionales, estos últimos en su mayoría correspondientes con los años 2023 y 2024, en donde se identificó puntualmente el aumento de concentración en algunos iones como cloruros, nitratos y



metales, que en el año 2022 presentaban valores inferiores. Este aspecto también pudo ser identificado mediante los diagramas de Piper y Stiff.

- **Mezclas de agua Depósitos Aluviales - Formación Barco y Depósitos Aluviales - Formación Cuervos:** en estas mezclas de agua, para los años analizados, los flujos captados son de tipo local, en concordancia con lo evidenciado en los diagramas de Piper y Stiff, a partir de los cuales se determinó que la composición del agua subterránea es predominantemente bicarbonatada, además de evidenciar bajos grados de mineralización.
- **Mezcla de agua Depósitos Aluviales - Formación Cuesta:** en esta mezcla de agua, para los años analizados, la mayoría de los puntos realizan captación de flujos locales, no obstante, también hay captaciones de flujos intermedios.
- **Formación Barco:** en el año 2022 se observó principalmente captación de flujos locales, no obstante, en los años 2023 y 2024, si bien la mayoría de los puntos continúa captando flujos locales e intermedios, se evidencia que aumenta el número de puntos que captan flujos regionales. Este último aspecto guarda relación con lo identificado en los diagramas de Piper y Stiff realizados para los monitoreos del año 2024, a partir de los cuales en algunos puntos se determinó una mineralización elevada, con aguas de tipo clorurada sódica y bicarbonatada sódica.
- **Formación Cuervos:** para los años analizados, los puntos de agua subterránea de esta formación captan en su mayoría flujos intermedios, para el año 2022 se observó un mayor número de puntos captando flujos locales.
- **Formación Cuesta:** para los años analizados, la totalidad de los puntos de agua subterránea de esta formación captan flujos locales, aspecto que guarda relación con lo observado en los diagramas de Stiff, en los cuales para esta unidad se determinaron grados de mineralización muy bajos.

2.2.10 Metales y Metaloides

En ninguno de los muestreos reportados durante el año 2024 se evidenció la presencia cuantificable de cadmio, cobre, molibdeno y selenio. A continuación, se presenta el análisis para los parámetros que registraron valores por encima de los límites de cuantificación utilizados.

2.2.10.1 Plomo y Zinc

Con relación al plomo, su presencia se identifica en una sola muestra tomada en la campaña 3 – transición, correspondiente al punto MSB-LAM1203-0007 que capta del Depósito Antrópico, cuya concentración medida fue de 0.11 mg/l sobre pasando los 0.05mg/l que establece los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del decreto 1076 de 2015. Lo anterior, deberá ser tratado en el seguimiento ambiental que se realice a la mina La Jagua – LAM1203, con el fin de solicitar a la Sociedad se realice el estudio respectivo para identificar la posible fuente



que dio origen a la presencia de este metal en el agua captada por el piezómetro y si corresponde a un evento puntual o se extiende en el tiempo.

En cuanto al zinc, durante el año 2024, se reportan concentraciones cuantificables en varios puntos de agua monitoreados, pero en ninguna se excede el valor máximo de 15mg/l establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del decreto 1076 de 2015.

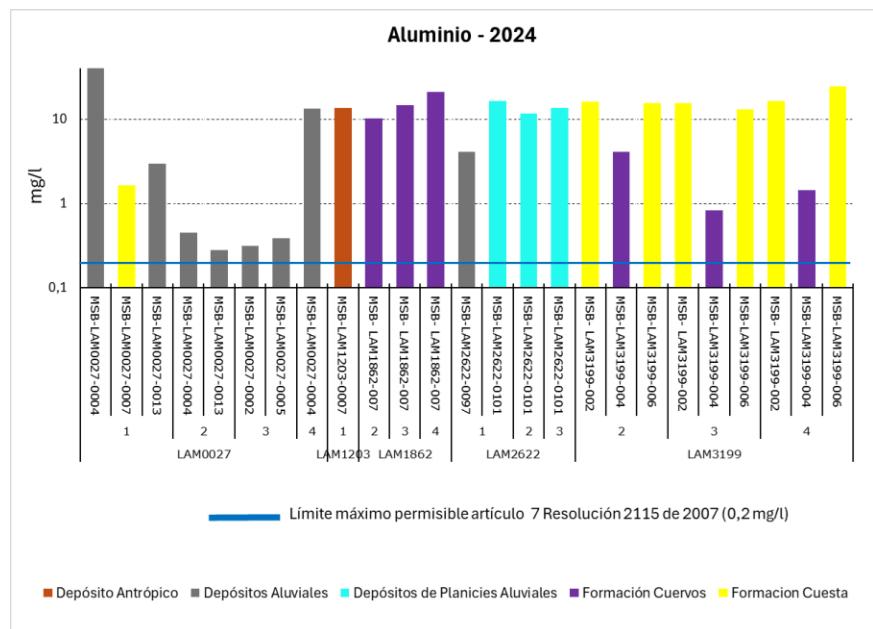
2.2.10.2 Aluminio

Este metal fue identificado con concentraciones superiores a las establecidas en el artículo 7 de la resolución 2115 de 2007 – *características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana*, en puntos de seis proyectos integrados en la estrategia (**Figuras 29 y 30**), en varios de estos la presencia de aluminio ha sido constante en todas las campañas de monitoreo del 2024 y se viene presentando desde el año 2022; por lo cual, esta Autoridad a través de los seguimientos ambientales ya ha hecho requerimientos de información acerca de las posibles fuentes; en respuesta, algunas empresas señalan que las concentraciones elevadas de aluminio se deben a condiciones naturales del medio, dado que a través de estudios realizados a los suelos de la zona, se ha determinado que estos son ricos en minerales ferruginosos y aluminosilicatos, por lo cual, pueden liberar contenido de metales al entrar en contacto con la escorrentía o agua infiltrada proveniente de la precipitación; adicionalmente, mencionan que su origen también puede deberse a las conexiones hidráulicas de los acuíferos cuaternarios con fuentes superficiales cercanas que también presentan contenido del metal.

No obstante, en los seguimientos específicos a cada proyecto se realizará la verificación correspondiente enfocada a identificar si en el año 2024 se han presentado nuevos puntos de agua que sobrepasen las concentraciones máximas establecidas de aluminio, con el fin de requerir los estudios necesarios para determinar si la causa es la misma o se debe a eventos de tipo antrópico.

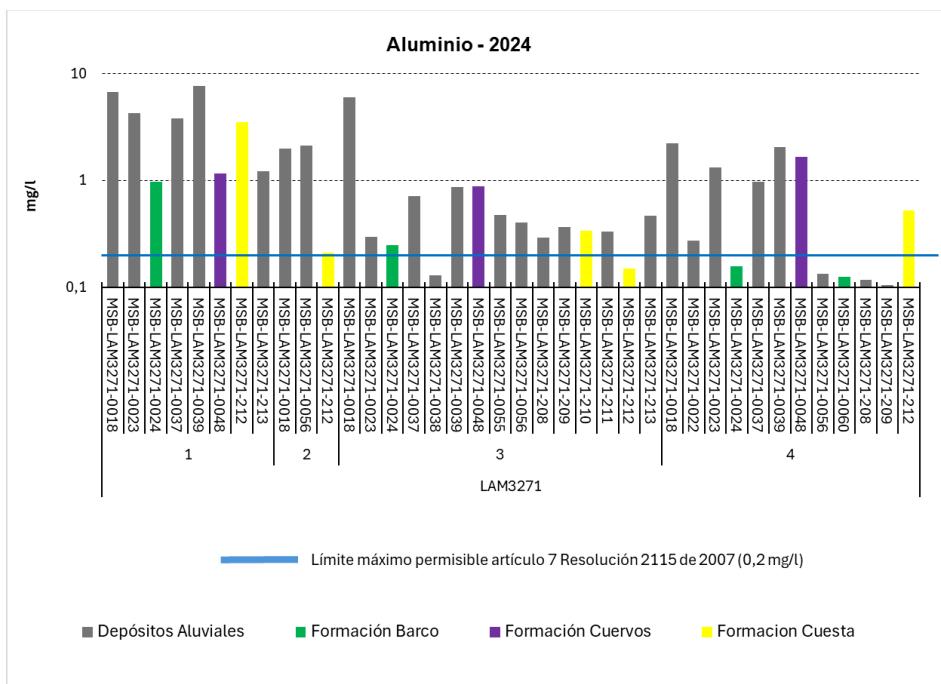


Figura 29. Aluminio en los expedientes LAM0027, LAS1203, LAM1862, LAM2622 Y LAM3199, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

Figura 30. Aluminio en el Expediente LAM3271, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

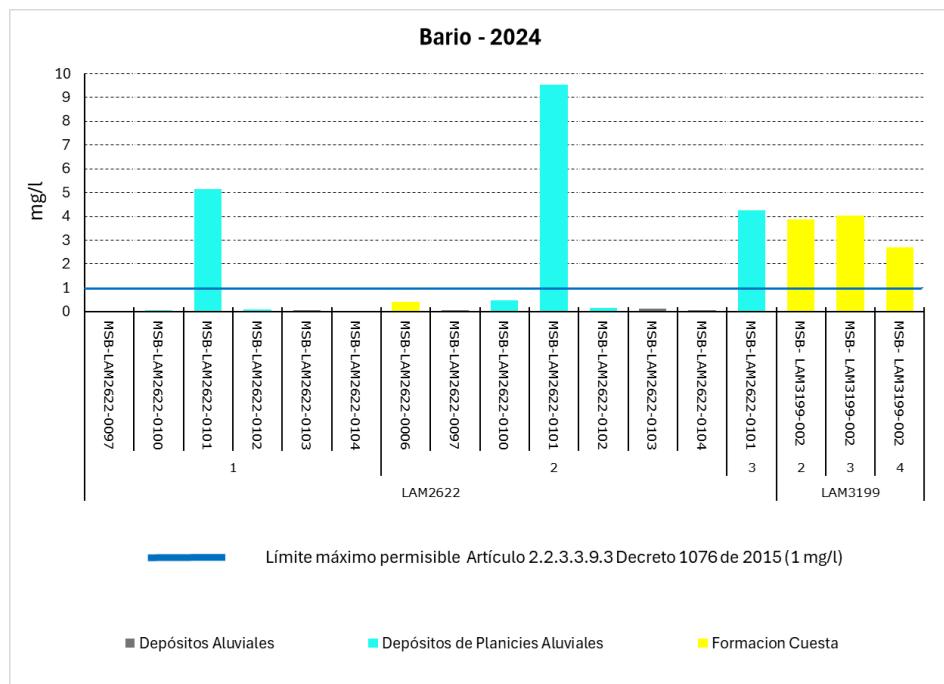


2.2.10.3 Bario

De este parámetro, en 2024 se hallaron valores cuantificables en puntos de agua a cargo de las minas La Francia – LAM3199 y Calenturitas – LAM2622; específicamente en las captaciones codificadas como MSB-LAM3199-002 y MSB-LAM2622-0101 (Figura 31) se reportaron concentraciones superiores a las establecidas en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del decreto 1076 de 2015 en 1mg/l, comportamiento que es reiterado en estos puntos en una o más campañas de monitoreo de los años 2022 y 2023, lo que posiblemente se relaciona con la presencia de aguas ácidas que inciden en las concentraciones de este metal en el recurso hídrico; situación por la cual se considera necesario solicitar a las Sociedades, en los seguimientos específicos, que se realicen estudios detallados que permitan determinar con certeza la fuente de bario que incide en la calidad del agua captada por los puntos de agua mencionados.

En el punto MSB-LAM3271-0016 en el cual se presentaron concentraciones superiores a la norma en la época húmeda de 2023, en el presente análisis no se detectó contenido de Bario, por lo cual posiblemente la anomalía del año anterior se debió a un evento local, es decir a alguna condición que en el momento del muestreo se estaba presentando, que ocasiono la presencia de bario con una concentración cuantificable, pero que no trascendió en el tiempo ni en el espacio.

Figura 31. Bario, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

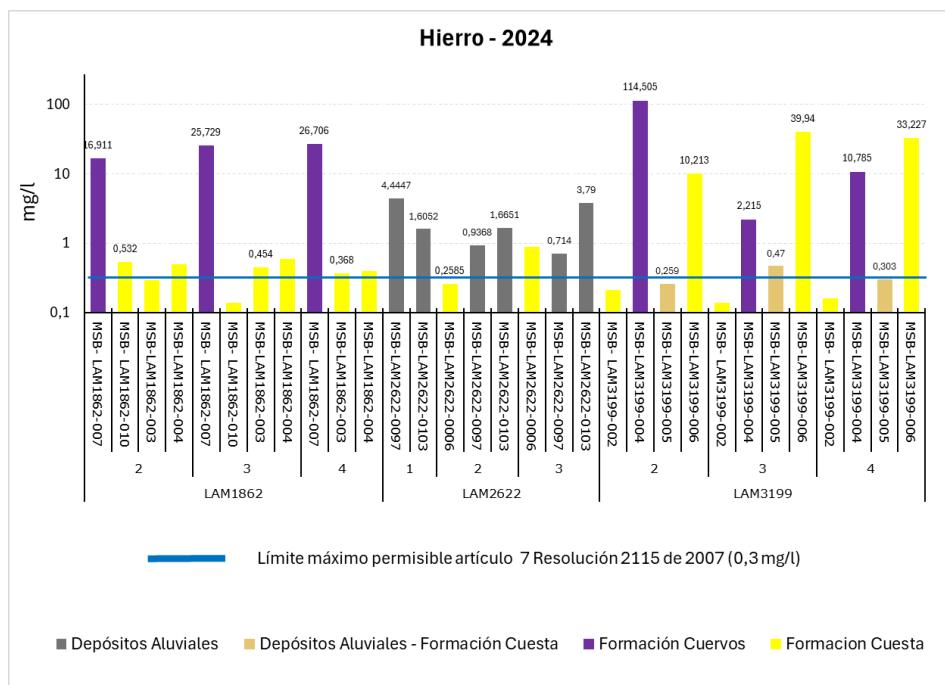


2.2.10.4 Hierro

Como se puede observar en las siguientes figuras (32, 33 y 34) se presentan concentraciones de hierro cuantificables en varios puntos de agua de los seis proyectos objeto de análisis en el presente documento; los valores más elevados se identifican en las formaciones Cuervos, Barco, Cuesta, los depósitos aluviales y antrópicos y algunas mezclas de aguas; en la mayoría de las captaciones identificadas la presencia de este metal se evidencia en dos o más campañas de monitoreo durante los tres (3) años de seguimiento que lleva la estrategia.

En los seguimientos específicos de los proyectos, la ANLA ha realizado los requerimientos de información referente a las fuentes que originan dichas concentraciones, ante lo cual la explicación por parte de las empresas ha sido que la presencia de hierro es de origen geogénico, dado que las unidades geológicas yacentes y por ende los suelos en el área de estudio se caracterizan por presentar contenido ferruginoso que se transfiere al agua subterránea a su paso por el suelo y el acuífero.

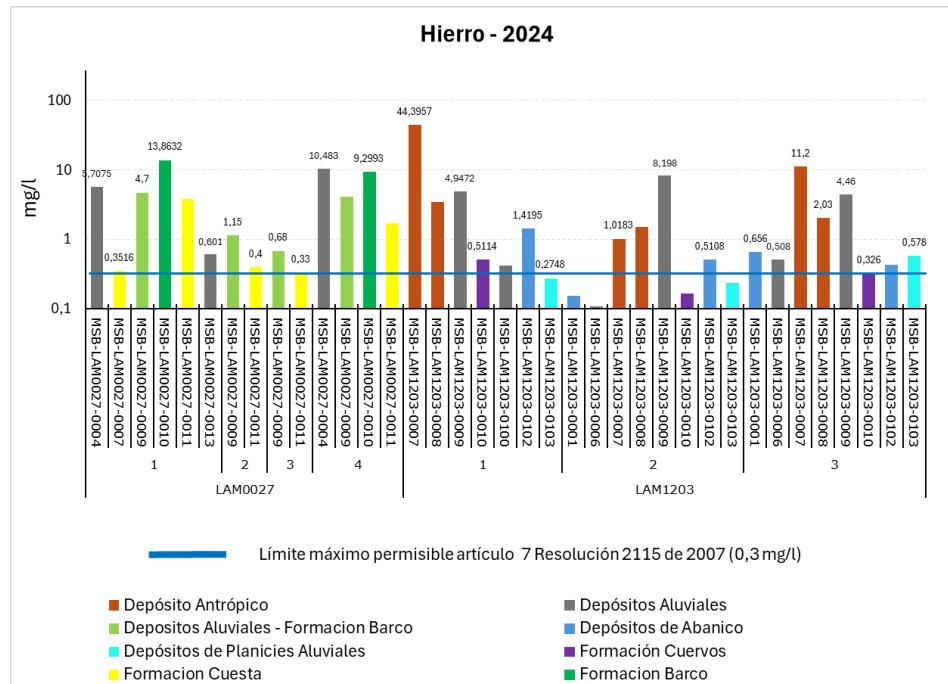
Figura 32. Hierro en Expedientes LAM1862, LAM2622 y LAM3199, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

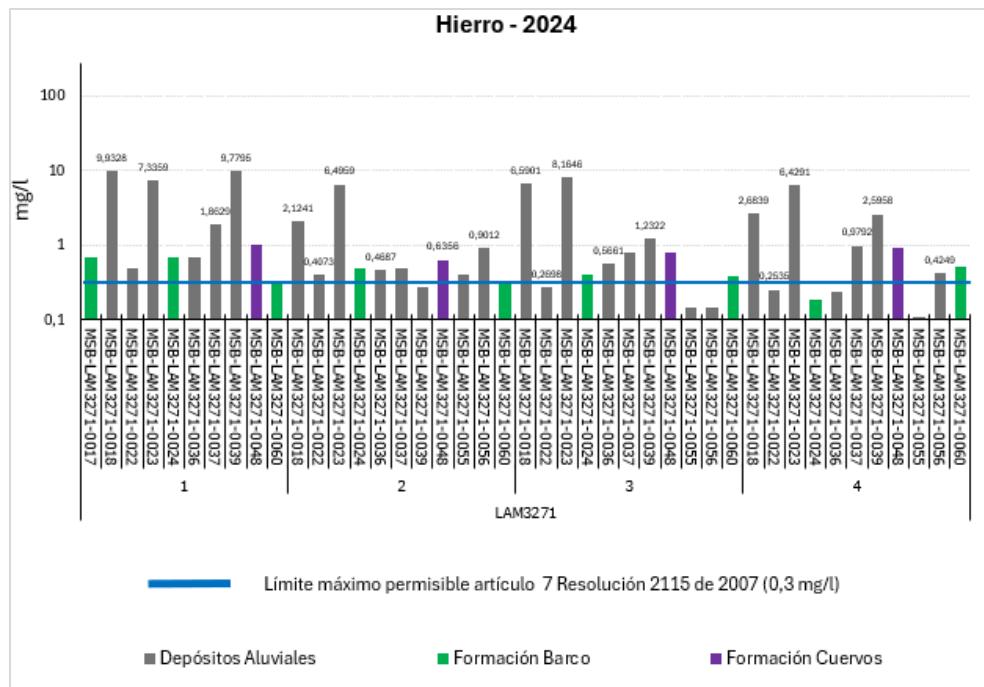


Figura 33. Hierro en Expedientes LAM0027, LAM1203, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

Figura 34. Hierro en Expediente LAM3271, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

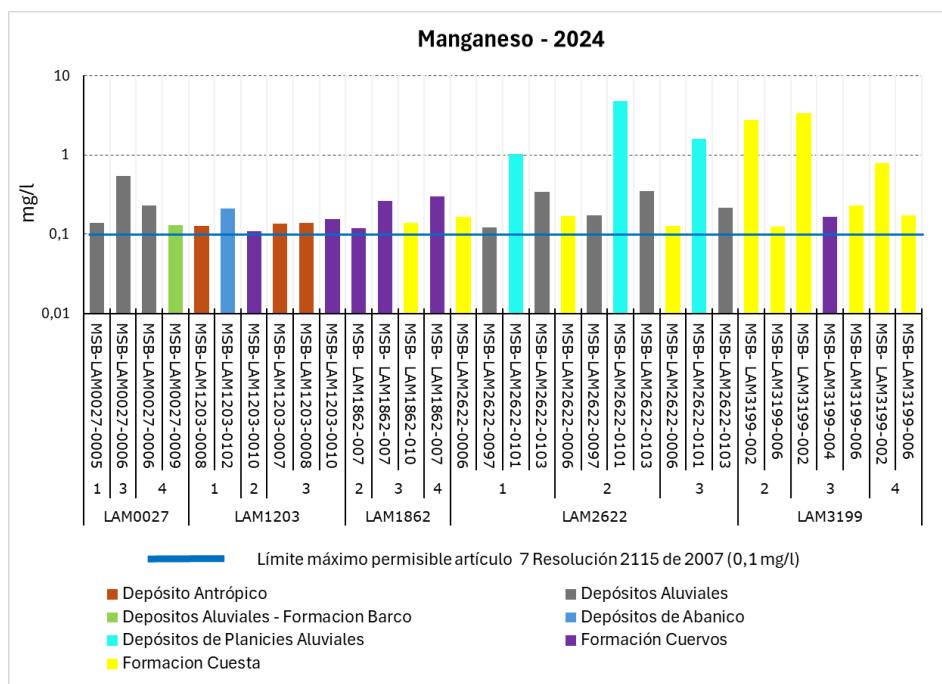


2.2.10.5 *Manganeso*

Este metal hace presencia cuantificable en veinticuatro (24) puntos de agua distribuidos en todas las unidades geológicas objeto de análisis y los seis (6) proyectos que reportan información (**Figuras 35 y 36**); en su mayoría el contenido de manganeso excede el valor máximo admisible en el artículo 7 de la Resolución 2115 de 2007 en más de una campaña de monitoreo desde años anteriores, ante lo cual, algunos licenciatarios, en respuesta a los requerimientos de información solicitados por la ANLA respecto a la fuente, aducen que la concentración de manganeso corresponde con las condiciones naturales del medio asociadas a la litología de las rocas almacenadoras de agua, identificadas en estudios históricos del comportamiento del recurso hídrico.

No obstante, en los seguimientos específicos se realizará el análisis detallado en los puntos de agua a cargo de cada proyecto, con el fin de identificar captaciones que no respondan usualmente al patrón de comportamiento del manganeso en el agua subterránea y se hayan sumado en 2024 a la lista de captaciones con concentraciones elevadas debido a otras causas.

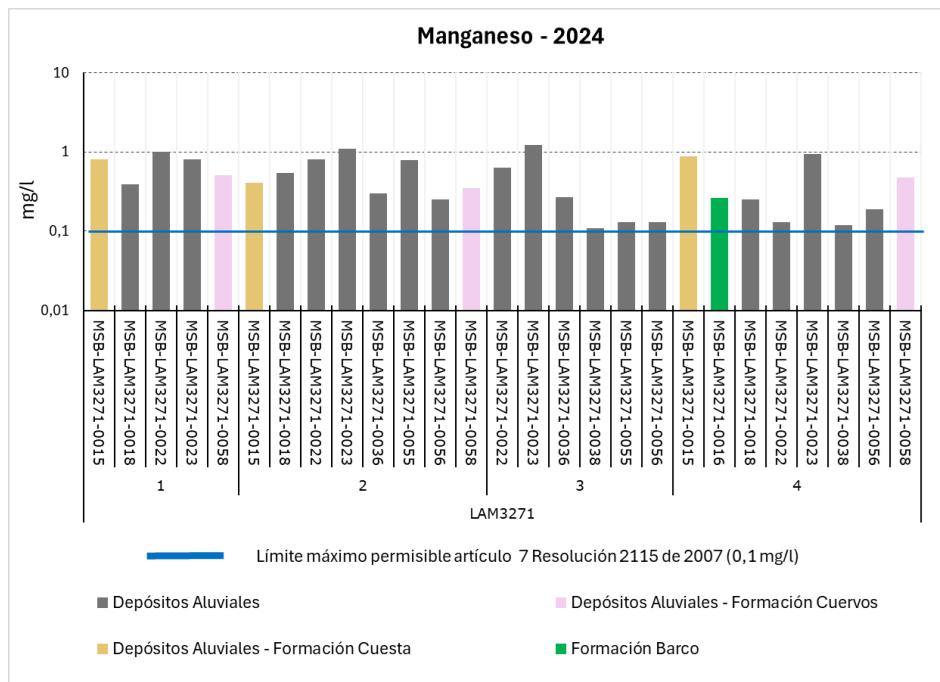
Figura 35. Manganeso en Expedientes LAM0027, LAM1203, LAM1862, LAM2622 y LAM3199, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025



Figura 36. Manganeso en Expediente LAM3271, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

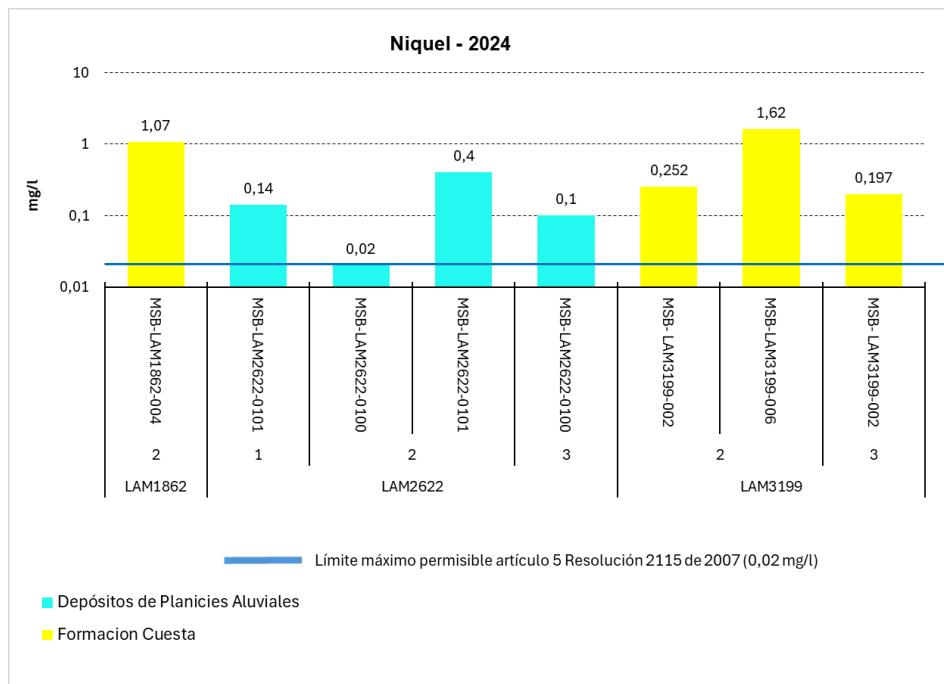
2.2.10.6 Níquel

El níquel durante el año 2024 se cuantificó con valores que exceden el límite máximo establecido en el artículo 5 de la resolución 2115 de 2007, en cinco (5) puntos de agua correspondientes a las minas El Hatillo, Calenturitas y la Francia (Figura 37).

Es importante mencionar que las captaciones codificadas como MSB-LAM3199-002 y MSB-LAM2622-0101 vienen presentando este comportamiento elevado desde el año 2022 principalmente en la época húmeda (campaña 2); por su parte los puntos MSB-LAM1862-004, MSB-LAM2622-0100 y MSB-LAM3199-006 han presentado esta anomalía solo en 2024 por lo cual se requiere, en los seguimientos específicos solicitar a los licenciatarios los estudios necesarios para determinar las fuentes de dichas concentraciones.



Figura 37. Níquel - año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

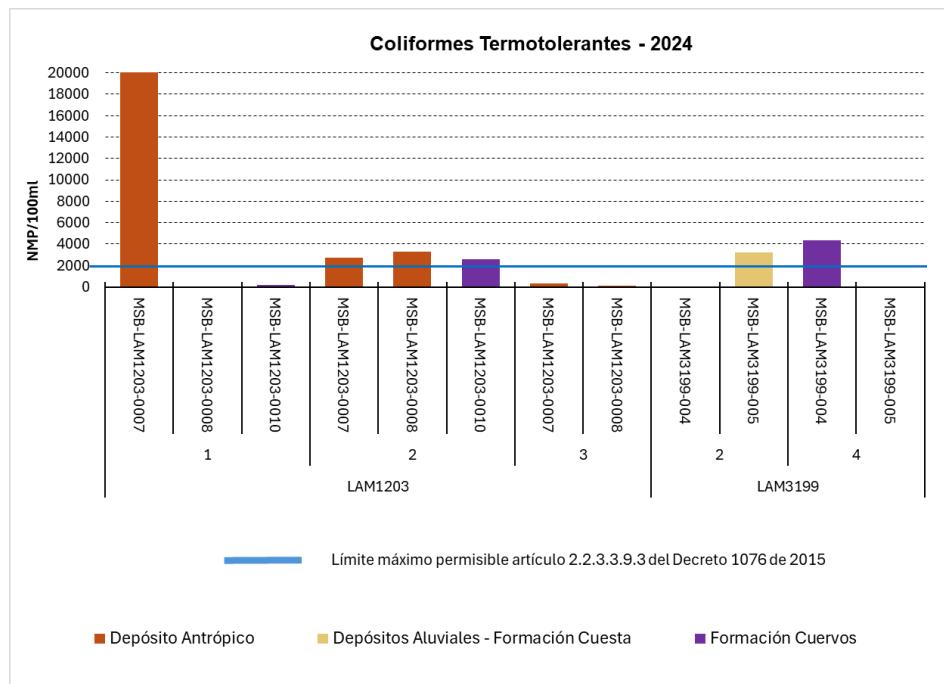
2.2.11 Parámetros microbiológicos

En la Figura 38, se representan los contenidos de coliformes termo tolerantes obtenidos en las campañas de monitoreo en el año 2024 que representan un exceso respecto a los valores establecidos en el artículo 2.2.3.3.9.3 del decreto 1076 de 2015; asociados a puntos que captan el Depósito Antrópico (2) y la Formación Cuervos (1) en la mina La Jagua – LAM1203 y en la Francia – LAM3199, la mezcla de aguas entre el depósito aluvial y la Formación Cuesta (1) y la Formación Cuervos (1).

Es importante destacar que para el caso de los piezómetros MSB-LAM1203-0007 y MSB-LAM1203-0008 las concentraciones son cuantificables en las tres (3) campañas reportadas en el último año, teniéndose la mayor presencia en la época seca con un valor superior a los 20000 NMP/100ml, situación que deberá ser tenida en cuenta en los seguimientos de la mina La Jagua (LAM1203). Las demás concentraciones evidenciadas nada más exceden el límite en una campaña de monitoreo por lo cual es posible que se deban a características locales y temporales al momento del muestreo, sin incidencia significativa en la calidad del agua.



Figura 38. Cuantificación de coliformes termo tolerantes (fecaless), año 2024



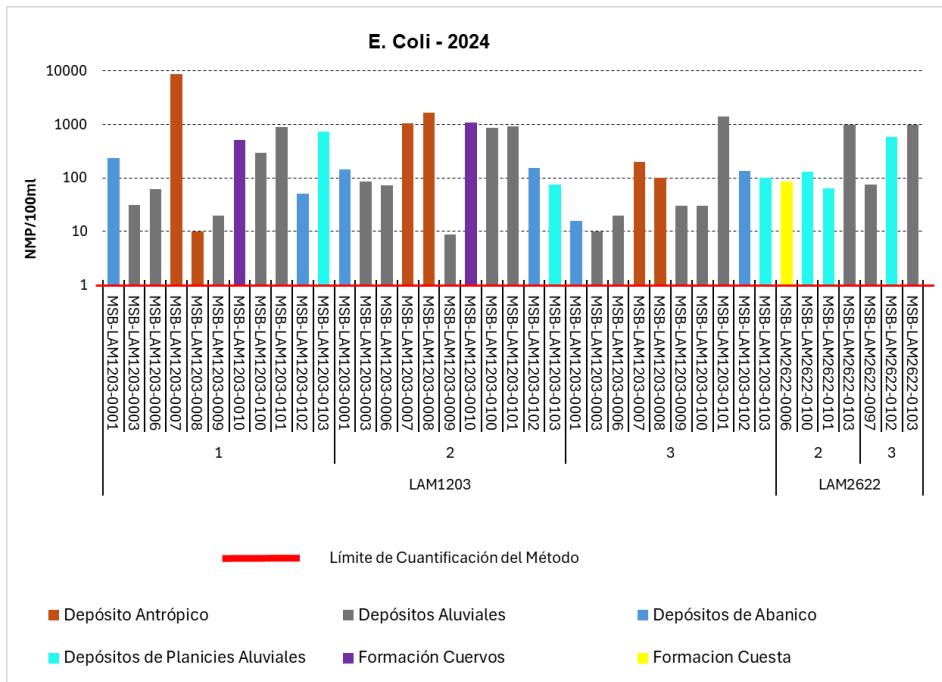
Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

Así mismo, en la Figura 39 se representan los contenidos de E. Coli identificados durante el año 2024, aunque para esta bacteria la normatividad vigente no establece un límite específico, su presencia indica contaminación fecal y representa un riesgo para la salud humana, lo que limita el uso del agua para su consumo.

Es de señalar, que las concentraciones de E. Coli, en puntos de agua a cargo de las minas La Jagua - LAM1203 y Calenturitas – LAM2622 se han presentado desde el año 2022, tal como se encuentra consignado en los documentos “Estrategia de Monitoreo Regional del Recurso Hídrico Subterráneo en la Zona Minera del Centro del Cesar, Análisis Regional primer año de monitoreo” (ANLA, 2023) y “Estrategia de Monitoreo Regional del Recurso Hídrico Subterráneo en la Zona Minera del Centro del Cesar, Análisis Regional - segundo año de monitoreo” (ANLA, 2024). Por lo tanto, si bien, es de conocimiento de la ANLA, que estos puntos de agua actualmente son objeto solo de monitoreo más no de captación, es importante realizar el análisis de las causas que están generando la presencia de esta bacteria en el recurso hídrico subterráneo de manera reiterada, toda vez que este corresponde principalmente al acuífero de los Depósitos Cuaternarios, el cual es de tipo libre, susceptible a la contaminación y cuenta con la mayor densidad de aprovechamiento por parte de las comunidades vecinas.



Figura 39. Cuantificación de bacteria E. Coli, año 2024



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

2.3 Modelo Hidrogeológico Numérico - MHN

En el análisis realizado en el año 2024 se desarrolló un modelo hidrogeológico numérico para la ZMCC, el cual indica que la dirección predominante del flujo subterráneo (Este-Oeste) se ve condicionada por la actividad minera, la cual induce alteraciones en la dinámica natural de los acuíferos presentes en la zona. En las captaciones autorizadas, de momento no se evidencian cambios piezométricos relevantes; sin embargo, respecto al manejo de aguas en los tajos mineros, con los resultados del modelo numérico, si se evidencian abatimientos significativos en los niveles freáticos, como consecuencia de un posible impacto operacional directo.

No obstante, las simulaciones de escenarios de cambio climático hasta el 2100, muestran estabilidad de los niveles freáticos, sugiriendo una recarga sostenida por flujos regionales y cuerpos de agua superficiales, lo que mitiga efectos adversos a largo plazo. Sin embargo, se identifican limitaciones críticas para el desarrollo de las modelaciones, que se presentan a continuación:

La falta de caracterización detallada de la geología estructural limita la comprensión del comportamiento hidráulico del sistema, requiriéndose estudios específicos para mejorar futuras modelaciones. Por otro lado, no se cuenta con la topografía actual del área de la



estrategia, lo cual reduce la precisión del modelo, por lo tanto, se requiere una actualización de datos para optimizar su calibración.

En conjunto, estos hallazgos destacan la necesidad de integrar datos geológicos, estructurales y topográficos actualizados, junto con un monitoreo riguroso de las aguas subterráneas, con el fin de reducir la incertidumbre en los resultados.

En conclusión, en el presente periodo de análisis no se realizará actualización del MHN, hasta tanto se obtenga información topográfica que dé cuenta del avance minero y la intervención de los niveles permeables en la actualidad, además de contar con un registro más extenso de datos que permitan identificar una tendencia en el comportamiento de los niveles estáticos; este último aspecto es cubierto con los resultados de los monitoreos de la estrategia regional.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan las conclusiones del análisis llevado a cabo por esta Autoridad a partir de los monitoreos realizados en el año 2024 y su comparación con los años 2022 y 2023:

- Aspectos para considerar en los seguimientos ambientales de los proyectos que hacen parte de la estrategia regional:
 - ✓ Solicitar al licenciatario Colombian Natural Resources - CNR que para los proyectos La Francia -LAM3199 y El Hatillo – LAM1862 presente la información de los monitoreos correspondientes con la temporada seca del año 2024.
 - ✓ Verificar en el seguimiento ambiental del proyecto Mina La Divisa o Cerrolargo - LAM3831 el cumplimiento del Requerimiento 3 del Acta No. 1044 del 12 de diciembre de 2024, en el cual se solicitó la entrega de los monitoreos de la estrategia regional correspondientes con los años 2023 y 2024.
 - ✓ Solicitar al licenciatario Colombian Natural Resources - CNR que para los proyectos La Francia -LAM3199 y El Hatillo – LAM1862, analice y justifique las causas del incumplimiento en el valor máximo de error analítico permitido en las muestras de agua subterránea, de tal manera que en las siguientes campañas se pueda contar con un registro continuo de los puntos que hacen parte de la estrategia, además de tener datos de calidad que sean representativos de las condiciones fisicoquímicas del recurso.
 - ✓ Verificar en los seguimientos específicos de cada proyecto si en los monitoreos realizados en el año 2024 se han presentado nuevos puntos de agua subterránea que sobrepasen las concentraciones máximas establecidas de aluminio, hierro y manganeso, con el fin de requerir los estudios necesarios para determinar si la causa se debe a condiciones naturales o a eventos de tipo antrópico.
 - ✓ Requerir al licenciatario PRODECOS A que para los proyectos Calenturitas -LAM2622 y La Jagua – LAM1203 analice técnicamente las fuentes que están acarreando la presencia, de manera reiterada, de la bacteria E. Coli en el recurso hídrico subterráneo captado por los puntos de agua a su cargo, toda vez que estas captaciones se localizan principalmente en el acuífero Cuaternario, de tipo libre, susceptible a la contaminación y con la mayor densidad de aprovechamiento por parte de las comunidades vecinas.
 - ✓ Verificar en el seguimiento ambiental del proyecto La Jagua – LAM1203 la calidad del agua subterránea en los piezómetros MSB-LAM1203-0007 y MSB-LAM1203-0008, dado que, en los monitoreos realizados en los años 2022, 2023 y 2024 se han presentado valores elevados de Conductividad Eléctrica (CE), metales, coliformes, bacteria E. Coli, entre otros parámetros.



- ✓ Verificar en el seguimiento ambiental del proyecto La Jagua – LAM1203 la calidad del agua subterránea en los siguientes puntos: MSB-LAM1203-0007 (PZ-41), MSB-LAM1203-0008 (PZ-42), MSB-LAM1203-0009 (PZ-46) y MSB-LAM1203-0103 (AJ-52), en los cuales se registran altos grados de mineralización, con composiciones de tipo cloruradas y sulfatadas cárnicas y sódicas.
 - ✓ Verificar en el seguimiento ambiental del proyecto Calenturitas -LAM2622 la calidad del agua subterránea en los siguientes puntos: MSB-LAM2622-0101 (PZ-8) y MSB-LAM2622-0104 (P-24), en los cuales se registran altos grados de mineralización, con composiciones de tipo cloruradas y sulfatadas cárnicas y sódicas.
 - ✓ Verificar en el seguimiento ambiental del proyecto mina El Descanso – LAM3271 la calidad del agua subterránea en los siguientes puntos: MSB-LAM3271-0036 (PZ28), MSB-LAM3271-0055 (41-III-B-Santa Eulalia 2), MSB-LAM3271-0016 (PZ08), MSB-LAM3271-0024 (PZ16), MSB-LAM3271-0060 (PWEDN-8) y MSB-LAM3271-0048 (PZ48), en los cuales se registran altos grados de mineralización, con composiciones de tipo cloruradas y sulfatadas cárnicas y sódicas.
 - ✓ Verificar en el seguimiento ambiental del proyecto mina El Descanso – LAM3271 las causas de los valores elevados de Conductividad Eléctrica (CE) a nivel regional, dado que este parámetro en el área del proyecto presenta variaciones considerables, de ser necesario, realizar el respectivo requerimiento para el análisis de este comportamiento, de tal manera que sea posible determinar si se trata de anomalías de carácter local o son características hidrogeológicas de la zona a nivel regional.
 - ✓ Verificar en el seguimiento ambiental del proyecto mina El Descanso – LAM3271 la calidad de los monitoreos en el punto de agua subterránea MSB-LAM3271-0016, dado que para algunas temporadas no se cumple la relación 1:2 establecida para los parámetros de Sólidos Disueltos Totales (SDT) y Conductividad Eléctrica (CE).
 - ✓ Verificar en el seguimiento ambiental de los proyectos mina Calenturitas -LAM2622 y mina La Francia -LAM3199 los valores de pH, dado que en algunos puntos de agua subterránea se evidenciaron condiciones ácidas.
 - ✓ Solicitar en el marco del seguimiento ambiental de cada proyecto integrado en la estrategia de monitoreo los últimos levantamientos topográficos realizados en las áreas intervenidas por el avance minero (tajos y botaderos), esto con el fin de actualizar el modelo hidrogeológico numérico del área de la estrategia.
-
- A nivel general, se observa un mejor manejo en los pozos respecto al procedimiento para la medición del nivel estático, notándose esto en comportamientos más estables de la dinámica del agua subterránea durante el último año.
 - A manera de recomendación general, es importante que en todos los monitoreos se deje reposar el pozo o aljibe a monitorear, mediante el apagado de la bomba, mínimo durante



24 horas previas a la medición del nivel estático, con el fin de garantizar que durante este lapso la lámina de agua se estabilice y se obtengan datos confiables que permitan identificar o desvirtuar posibles abatimientos o impactos sobre la dinámica del recurso hídrico subterráneo.

- Aproximadamente el 92,85% de los puntos de agua monitoreados, no presentan concentraciones cuantificables de nitratos o nitratos, con lo cual, es posible afirmar que los niveles de carga orgánica, en general, para los acuíferos analizados son bajos y no inciden en las condiciones regionales de calidad del agua subterránea.
- En los tres (3) análisis regionales realizados a la estrategia de monitoreo de la zona minera del centro del Cesar se han identificado reiteradamente, en los seis (6) proyectos que reportan información, puntos de agua con concentraciones de aluminio, hierro y manganeso cuantificables, que sobrepasan los valores establecidos en la normatividad vigente para uso doméstico y consumo humano; ante lo cual, algunos licenciatarios han manifestado, en respuesta a los requerimientos de información realizados por esta Autoridad, que dichas concentraciones corresponden con las condiciones naturales del medio, relacionadas con la composición litológica de los sedimentos y rocas almacenadoras de agua subterránea.

No obstante, como se mencionó anteriormente, en los seguimientos específicos a cada proyecto se realizará la verificación correspondiente enfocada a identificar si en el año 2024 se han presentado nuevos puntos de agua que sobrepasan las concentraciones máximas establecidas de aluminio, hierro y manganeso con el fin de requerir los estudios necesarios para determinar si la causa es la misma o se debe a eventos de tipo antrópico.

- Como conclusión general del análisis realizado en el presente documento, es posible afirmar, con la información disponible hasta el momento (años 2022, 2023 y 2024), que en la actualidad no se identifica la manifestación propia de algún impacto acumulativo en cuanto a calidad y cantidad del recurso hídrico subterráneo en los puntos de agua de la red regional que han sido monitoreados, toda vez que las concentraciones anómalas identificadas o bien corresponden con características geogénicas del subsuelo o se han presentado de manera localizada en tiempo y lugar, confirmando esto con la verificación que se realiza de manera individual en los seguimientos respectivos a los proyectos.

No obstante, con el fin de puntualizar aún más el análisis con las condiciones actuales del recurso hídrico subterráneo en la región, se debe contar con toda la información de los monitoreos realizados por cada uno de los proyectos integrados en los tres años de vigencia de la estrategia de monitoreo (2022, 2023, 2024); así como identificar las fuentes naturales y/o antrópicas que dan origen a la presencia de algunas concentraciones



anómalas correspondientes a metales y microbiológicos, información que será requerida en los seguimientos ambientales de los expedientes a que haya lugar.





4 BIBLIOGRAFIA

- [1.] Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, 2024. Estrategia de Monitoreo Regional del Recurso Hídrico Subterráneo en la Zona Minera del Centro del Cesar, Análisis Regional - segundo año de monitoreo. Bogotá.
- [2.] Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, 2023. Estrategia de Monitoreo Regional del Recurso Hídrico Subterráneo en la Zona Minera del Centro del Cesar, Análisis Regional - primer año de monitoreo". Bogotá.
- [3.] Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR. 2018. Plan de Manejo Ambiental del Sistema Acuífero Cesar. Valledupar – Cesar.
- [4.] Custodio & Llamas. 1983. Hidrología Subterránea. Tomo I. Barcelona – España.
- [5.] DRUMMOND LTD., CNR Y PRODECO S.A. 2017. Modelo Hidrogeológico Conceptual Regional para la Zona de Influencia de los Proyectos Mineros del Cesar, presentado mediante radicado 2017075891-1-000 del 15 de septiembre de 2017. La Jagua de Ibirico – Cesar.
- [6.] Instituto Colombiano de Geología y Minería - INGEOMINAS – Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR. 1995. Evaluación del Agua Subterránea en el Departamento del Cesar. Valledupar – Cesar.
- [7.] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Protección Social. Resolución Número 2115 del 22 de junio del 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
- [8.] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Decreto Número 1076 del 26 de mayo del 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.



5 ANEXOS

5.1 Anexo I

Listado de puntos de agua subterránea que hacen parte de la estrategia de monitoreo regional del recurso hídrico subterráneo en la Zona Minera del Centro del Cesar - ZMCC



ID	Tipo de punto	Mina	Nomenclatura ANLA	Nombre	Coordenada Origen Único Nacional		Condición	Uso	Unidad geológica captada
					Este	Norte			
1	Manancial	La Jagua	MSB-LAM1203-0100	MA-4	4.972.971	2.617.658	Activo	Abastecimiento doméstico	Depósitos Aluviales
2	Piezómetro	La Jagua	MSB-LAM1203-0003	PZ-29	4.972.715	2.618.269	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
3	Manancial	La Jagua	MSB-LAM1203-0101	MA-49	4.966.249	2.617.743	Reserva	NA	Depósitos Aluviales
4	Piezómetro	La Jagua	MSB-LAM1203-0006	PZ-38	4.964.687	2.615.918	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
5	Manancial	La Jagua	MSB-LAM1203-0102	MA-62	4.959.854	2.613.617	Activo	Abastecimiento doméstico	Depósitos de Abanico
6	Aljibe	La Jagua	MSB-LAM1203-0001	AJ-2	4.963.454	2.614.638	Activo	Abastecimiento doméstico	Depósitos de Abanico
7	Aljibe	La Jagua	MSB-LAM1203-0103	AJ-52	4.960.192	2.616.634	Activo	Abastecimiento doméstico	Depósitos de Planicies Aluviales
8	Piezómetro	La Jagua	MSB-LAM1203-0010	PZ-47	4.966.542	2.617.153	Activo	Red de monitoreo	Formación Cuervos
9	Piezómetro	La Jagua	MSB-LAM1203-0007	PZ-41	4.967.050	2.615.975	Activo	Red de monitoreo	Depósito Antrópico
10	Piezómetro	La Jagua	MSB-LAM1203-0008	PZ-42	4.966.774	2.615.668	Activo	Red de monitoreo	Depósito Antrópico
11	Piezómetro	La Jagua	MSB-LAM1203-0009	PZ-46	4.970.272	2.618.760	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
12	Piezómetro	Calenturitas	MSB-LAM2622-0100	PZ-7 La Loma	4.933.168	2.620.901	Activo	Red de monitoreo	Depósitos de Planicies Aluviales
13	Piezómetro	Calenturitas	MSB-LAM2622-0101	PZ-8 El Hatillo	4.937.775	2.624.517	Activo	Red de monitoreo	Depósitos de Planicies Aluviales
14	Pozo	Calenturitas	MSB-LAM2622-0006	Pozo Nuevo	4.946.140	2.624.286	Productivo	Abastecimiento mina	Formación Cuesta
15	Piezómetro	Calenturitas	MSB-LAM2622-0097	PZ-39	4.950.213	2.628.795	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
16	Pozo	Calenturitas	MSB-LAM2622-0102	P-03	4.939.769	2.637.597	Productivo	Abastecimiento doméstico	Depósitos de Planicies Aluviales
17	Piezómetro	Calenturitas	MSB-LAM2622-0103	PZ- 3 El Delirio 1	4.949.786	2.627.355	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
18	Pozo	Calenturitas	MSB-LAM2622-0104	P-24	4.957.193	2.623.831	Productivo	Abastecimiento doméstico	Depósitos Aluviales
19	Pozo	El Hatillo	MSB-LAM1862-0003	47-II-B-00	4.936.919	2.617.897	Reserva	NA	Formación Cuesta



ID	Tipo de punto	Mina	Nomenclatura ANLA	Nombre	Coordenada Origen Único Nacional		Condición	Uso	Unidad geológica captada
					Este	Norte			
20	Pozo	El Hatillo	MSB-LAM1862-0004	47-II-B-147	4.939.223	2.621.537	Activo	Abastecimiento Mina	Formación Cuesta
21	Pozo	El Hatillo	MSB-LAM1862-0009	47-II-B-165	4.935.838	2.621.301	Activo	Abastecimiento campamento	Formación Cuesta
22	Pozo	El Hatillo	MSB-LAM1862-0010	47-II-B-173	4.933.176	2.620.912	Activo	Abastecimiento público	Formación Cuesta
23	Piezómetro	El Hatillo	MSB-LAM1862-0007	PZ-H-18-01	4.937.283	2.620.435	Activo	Red de monitoreo	Formación Cuervos
24	Piezómetro	El Hatillo	MSB-LAM1862-0005	47-II-B-169	4.938.584	2.625.020	Activo	Red de monitoreo	Formación Cuesta
25	Pozo	La Francia	MSB-LAM3199-0001	48-I-A-100	4.942.698	2.624.011	Activo	Abastecimiento mina	Formación Cuesta
26	Pozo	La Francia	MSB-LAM3199-0002	47-II-B-08	4.937.778	2.624.498	Activo	Abastecimiento público	Formación Cuesta
27	Piezómetro	La Francia	MSB-LAM3199-0004	48-I-A-28 No.1	4.945.963	2.621.939	Activo	Red de monitoreo	Formación Cuervos
28	Piezómetro	La Francia	MSB-LAM3199-0005	PZ-H-02	4.945.530	2.621.978	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales - Formación Cuesta
29	Piezómetro	La Francia	MSB-LAM3199-0006	48-I-A-30 No.3	4.946.464	2.620.840	Activo	Red de monitoreo	Formación Cuesta
30	Piezómetro	La Loma	MSB-LAM0027-0001	PZ2	4.935.486	2.594.599	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
31	Piezómetro	La Loma	MSB-LAM0027-0002	PZ3	4.950.924	2.614.131	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
32	Piezómetro	La Loma	MSB-LAM0027-0003	PZ7	4.942.563	2.617.694	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
33	Piezómetro	La Loma	MSB-LAM0027-0004	PZ6	4.946.528	2.619.089	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
34	Aljibe	La Loma	MSB-LAM0027-0005	Pozo No 1 (aljibe)	4.948.841	2.616.534	Activo	Doméstico	Depósitos Aluviales
35	Aljibe	La Loma	MSB-LAM0027-0006	Pozo No 6 (aljibe)	4.937.043	2.614.482	Activo	Doméstico	Depósitos Aluviales
36	Pozo	La Loma	MSB-LAM0027-0007	Pozo No. 8	4.942.045	2.618.539	Activo	Doméstico	Formación Cuesta
37	Pozo	La Loma	MSB-LAM0027-0008	Pozo No. 9	4.942.024	2.618.150	Activo	Industrial	Depósitos Aluviales - Formación Cuesta
38	Pozo	La Loma	MSB-LAM0027-0009	Pozo 10	4.949.196	2.616.807	Activo	Consumo humano y uso doméstico	Depósitos Aluviales - Formación Barco



ID	Tipo de punto	Mina	Nomenclatura ANLA	Nombre	Coordenada Origen Único Nacional		Condición	Uso	Unidad geológica captada
					Este	Norte			
39	Pozo	La Loma	MSB-LAM0027-0010	Pozo 12	4.949.766	2.616.841	Activo	Consumo humano, uso doméstico e industrial	Formación Barco
40	Pozo	La Loma	MSB-LAM0027-0011	Pozo 14	4.941.999	2.618.358	Activo	Consumo humano y uso doméstico	Formación Cuesta
41	Piezómetro	La Loma	MSB-LAM0027-0013	RPZ 4 LA LOMA TOWN	4.934.371	2.621.180	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
42	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-0038	PZ33	4.939.147	2.628.802	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
43	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-0016	PZ8	4.948.203	2.639.755	Activo	Red de monitoreo	Formación Barco
44	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-0025	PZ16	4.932.745	2.628.879	Activo	Red de monitoreo	Formación Barco
45	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-0036	PZ28	4.936.709	2.630.529	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
46	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-0048	PZ48	4.947.365	2.634.625	Activo	Red de monitoreo	Formación Cuervos
47	Aljibe	El Descanso	MSB-LAM3271-0055	41-III-B-Santa Eulalia 2	4.958.202	2.639.010	Reserva	Inactivo	Depósitos Aluviales
48	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-0039	PZ34	4.939.148	2.628.805	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
49	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-0017	PZ09	4.948.201	2.639.754	Activo	Red de monitoreo	Formación Barco
50	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-0018	PZ10	4.948.200	2.639.753	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
51	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-0022	PZ14	4.932.744	2.628.883	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
52	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-0024	PZ15	4.932.744	2.628.881	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
53	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-0037	PZ29	4.936.711	2.630.524	Activo	Red de monitoreo	Depósitos Aluviales
54	Aljibe	El Descanso	MSB-LAM3271-0056	Los Almendros	4.947.697	2.642.975	Reserva	Inactivo	Depósitos Aluviales
55	Pozo	El Descanso	MSB-LAM3271-0012	PWEDN-1	4.940.959	2.630.327	Activo	Doméstico	Depósitos Aluviales - Formación Cuesta
56	Pozo	El Descanso	MSB-LAM3271-0013	PWEDN-2	4.941.954	2.629.537	Activo	Doméstico e industrial	Depósitos Aluviales - Formación Cuesta
57	Pozo	El Descanso	MSB-LAM3271-0015	PWEDN-4	4.948.415	2.638.381	Activo	Doméstico e industrial	Depósitos Aluviales - Formación Cuesta



ID	Tipo de punto	Mina	Nomenclatura ANLA	Nombre	Coordinada Origen Único Nacional		Condición	Uso	Unidad geológica captada
					Este	Norte			
58	Pozo	El Descanso	MSB-LAM3271-0057	PWEDN-5	4.945.883	2.633.282	Activo	Consumo humano y uso doméstico	Depósitos Aluviales - Formación Cuervos
59	Pozo	El Descanso	MSB-LAM3271-0058	PWEDN-6	4.948.669	2.638.488	Activo	Consumo humano y uso doméstico	Depósitos Aluviales - Formación Cuervos
60	Pozo	El Descanso	MSB-LAM3271-0059	PWEDN-7	4.948.446	2.638.248	Activo	Doméstico e industrial	Depósitos Aluviales - Formación Cuervos
61	Pozo	El Descanso	MSB-LAM3271-0060	PWEDN-8	4.948.687	2.638.466	Activo	Consumo humano y uso doméstico	Formación Barco
62	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-208	PZEC4R	4.944.254	2.603.446	Activo	Red de monitoreo	Depósito Aluvial
63	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-209	PZEC2R	4.947.937	2.605.254	Activo	Red de monitoreo	Depósito Aluvial
64	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-210	PZEC3AR	4.943.045	2.605.694	Activo	Red de monitoreo	Formación Cuesta
65	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-211	PZEC3BR	4.943.043	2.605.692	Activo	Red de monitoreo	Depósito Aluvial
66	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-212	PZEC1AR	4.941.461	2.606.677	Activo	Red de monitoreo	Formación Cuesta
67	Piezómetro	El Descanso	MSB-LAM3271-213	PZEC1BR	4.941.464	2.606.678	Activo	Red de monitoreo	Depósito Aluvial
68	Piezómetro	Mina La Divisa o Cerrolargo	MSB-LAM3831-0001	Terraza río Sororia	4.964.988	2.613.733	Activo	Red de monitoreo	Depósito Aluvial
69	Piezómetro	Mina La Divisa o Cerrolargo	MSB-LAM3831-0002	Caño los Naranjos	4.965.568	2.615.267	Activo	Red de monitoreo	Depósito Aluvial
70	Piezómetro	Mina La Divisa o Cerrolargo	MSB-LAM3831-0003	Caño Helenita	4.965.659	2.614.960	Activo	Red de monitoreo	Depósito Aluvial

Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025



5.2 Anexo II

**Información reportada por los licenciatarios en el marco de la
estrategia de monitoreo regional del recurso hídrico
subterráneo en la Zona Minera del Centro del Cesar – ZMC**





Expediente	Nombre del proyecto	Licenciatario	Acto administrativo que impone la estrategia	No. y fecha de radicado de información	Año de monitoreo	No. campaña	Temporada climática
LAM1203	Explotación integral de carbón del flanco occidental del Sinclinal de La Jagua de Ibirico	Resolución 01910 del 29/10/2021	PRODECO S.A.	2022182667-1-000 del 24 de agosto de 2022	2022	1	Seca
				2022219341-1-000 del 3 de octubre de 2022		2	Húmeda
				2022257750-1-000 del 17 de noviembre de 2022		3	Transición
				2023041818-1-000 del 2 de marzo de 2023		4	Húmeda
				20236200473572 del 14 de agosto de 2023	2023	1	Seca
				20236200711932 del 9 de octubre de 2023		2	Húmeda
				20236201044142 del 26 de diciembre de 2023		3	Transición
				20246200253502 del 7 de marzo de 2024	2024	4	Húmeda
				20246200847512 del 26 de julio de 2024		1	Seca
				20246201187262 del 15 de octubre de 2024		2	Húmeda
				20246201432182 del 9 de diciembre de 2024		3	Transición
				No ha sido radicado a fecha de corte del 15/03/2025		4	Húmeda
LAM2622	Exploración, construcción y montaje de carbonífera a cielo abierto - Proyecto Carbonífero Calenturitas	Resolución 01909 del 29/10/2021	PRODECO S.A.	2022185634-1-000 del 26 de agosto de 2022	2022	1	Seca
				2022219332-1-000 del 30 de septiembre de 2022		2	Húmeda
				2022257764-1-000 del 18 de noviembre de 2022		3	Transición
				2023042220-1-000 del 2 de marzo de 2023		4	Húmeda
				20236200467462 del 11 de agosto de 2023	2023	1	Seca
				20236200754752 del 19 de octubre de 2023		2	Húmeda
				20236201031542 del 21 de diciembre de 2023		3	Transición
				20246200306192 del 19 de marzo de 2024		4	Húmeda
				20246200847552 del 26 de julio de 2024	2024	1	Seca
				20246201156622 del 7 de octubre de 2024		2	Húmeda
				20256200013062 del 7 de enero de 2025		3	Transición
				No ha sido radicado a fecha de corte del 15/03/2025		4	Húmeda
LAM1862				2022146933-1-000 del 15 de julio de 2022	2022	1	Seca



Expediente	Nombre del proyecto	Licenciatario	Acto administrativo que impone la estrategia	No. y fecha de radicado de información	Año de monitoreo	No. campaña	Temporada climática
	Explotación minera de carbón - Mina El Hatillo	COLOMBIAN NATURAL RESOURCES - CNR	Resolución 01911 del 29/10/2021	2022185345-1-000 del 26 de agosto de 2022		2	Húmeda
				2022225578-1-000 del 10 de octubre de 2022		3	Transición
				2022272358-1-000 del 2 de diciembre de 2022		4	Húmeda
				20236200270072 del 26 de junio de 2023		1	Seca
				20236200516212 del 24 de agosto de 2023	2023	2	Húmeda
				20236200703292 del 5 de octubre de 2023		3	Transición
				20236200957992 del 6 de diciembre de 2023		4	Húmeda
				En el año 2024 reportan a partir de la segunda campaña		1	Seca
				20246201118282 del 27 de septiembre de 2024		2	Húmeda
				20246201391282 del 29 de noviembre de 2024		3	Transición
				20256200087052 del 24 de enero de 2025		4	Húmeda
LAM3199	Extracción de carbón a cielo abierto - Mina La Francia		Resolución 01972 del 08/11/2021	2022146973-1-000 del 15 de julio de 2022	2022	1	Seca
				2022185338-1-000 del 26 de agosto de 2022		2	Húmeda
				2022225552-1-000 del 10 de octubre de 2022		3	Transición
				2022272498-1-000 del 2 de diciembre de 2022		4	Húmeda
				20236200269892 del 26 de junio de 2023	2023	1	Seca
				20236200516112 del 24 de agosto de 2023		2	Húmeda
				20236200703152 del 5 de octubre de 2023		3	Transición
				20236200957962 del 6 de diciembre de 2023		4	Húmeda
				En el año 2024 reportan a partir de la segunda campaña		1	Seca
				20246201120442 del 27 de septiembre de 2024		2	Húmeda
				20246201392202 del 29 de noviembre del 2024		3	Transición
				20256200087072 del 24 de enero de 2025		4	Húmeda
LAM0027	Explotación carbonífera- Mina	DRUMMOND LTD	Resolución 01970 del 08/11/2021	2022222033-1-000 del 5 de octubre de 2022	2022	2	Húmeda
				2023020814-1-000 del 2 de febrero de 2023		3	Transición
						4	Húmeda



Expediente	Nombre del proyecto	Licenciatario	Acto administrativo que impone la estrategia	No. y fecha de radicado de información	Año de monitoreo	No. campaña	Temporada climática		
	La Loma-Pribbenow			20236200038922 del 26 de abril de 2023	2023	1	Seca		
				20236200438332 del 3 de agosto de 2023		2	Húmeda		
				20236200837682 del 7 de noviembre de 2023		3	Transición		
				20246200138172 del 7 de febrero de 2024		4	Húmeda		
				20246200504832 del 3 de mayo de 2024	2024	1	Seca		
				20246200942932 del 21 de agosto de 2024		2	Húmeda		
				20246201211442 del 21 de octubre de 2024		3	Transición		
				20256200100892 del 29 de enero de 2025		4	Húmeda		
LAM3271	Explotación carbonífera mina El Descanso, Similoa y Rincón Hondo		Resolución 02028 del 16/11/2021	2023033282-1-000 del 21 de febrero de 2023	2022	1	Seca		
				20236200038882 del 26 de abril de 2023		2	Húmeda		
				20236200663932 del 27 de septiembre de 2023		3	Transición		
				20236200837762 del 7 de noviembre de 2023		4	Húmeda		
				20246200138302 del 7 de febrero de 2024	2023	1	Seca		
				20246200501982 del 3 de mayo del 2024		2	Húmeda		
				20246200819152 del 19 de julio del 2024		3	Transición		
				20246201210792 del 21 de octubre del 2024		4	Húmeda		
LAM3831	PMA para mediana minería de explotación subterránea de carbón. 096-94. Mina la Divisa o Cerrolargo	NORCARBÓN S.A.	Resolución 01300 del 16/06/2023	La estrategia fue impuesta mediante la Resolución 01300 del 16 de junio de 2023, por lo tanto, el reporte de los monitoreos debía iniciar entre los meses de febrero a junio del año 2024, no obstante, la información no fue entregada en este plazo, en consecuencia, la ANLA solicitó los monitoreos mediante el Requerimiento 3 del Acta No. 1044 del 12 de diciembre de 2024, al cual a la fecha de corte del presente documento no se ha dado respuesta.					

Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo ANLA, 2025

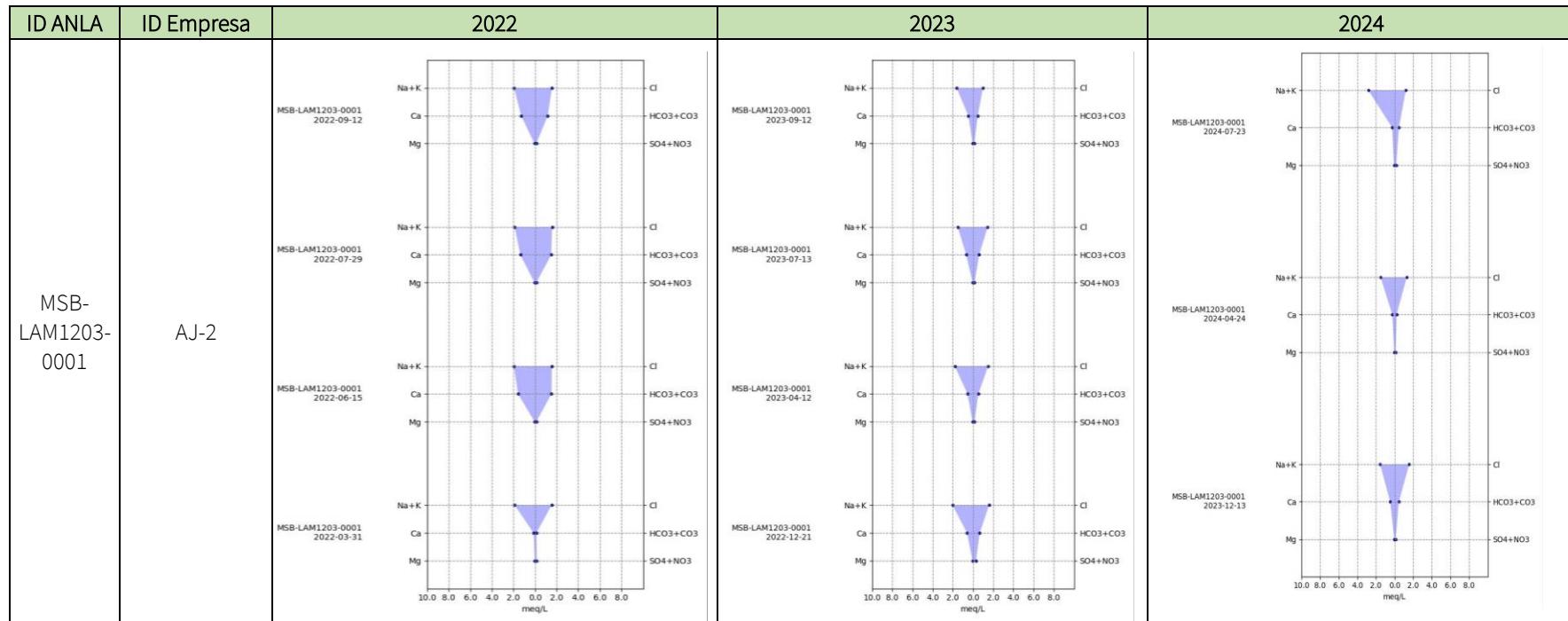


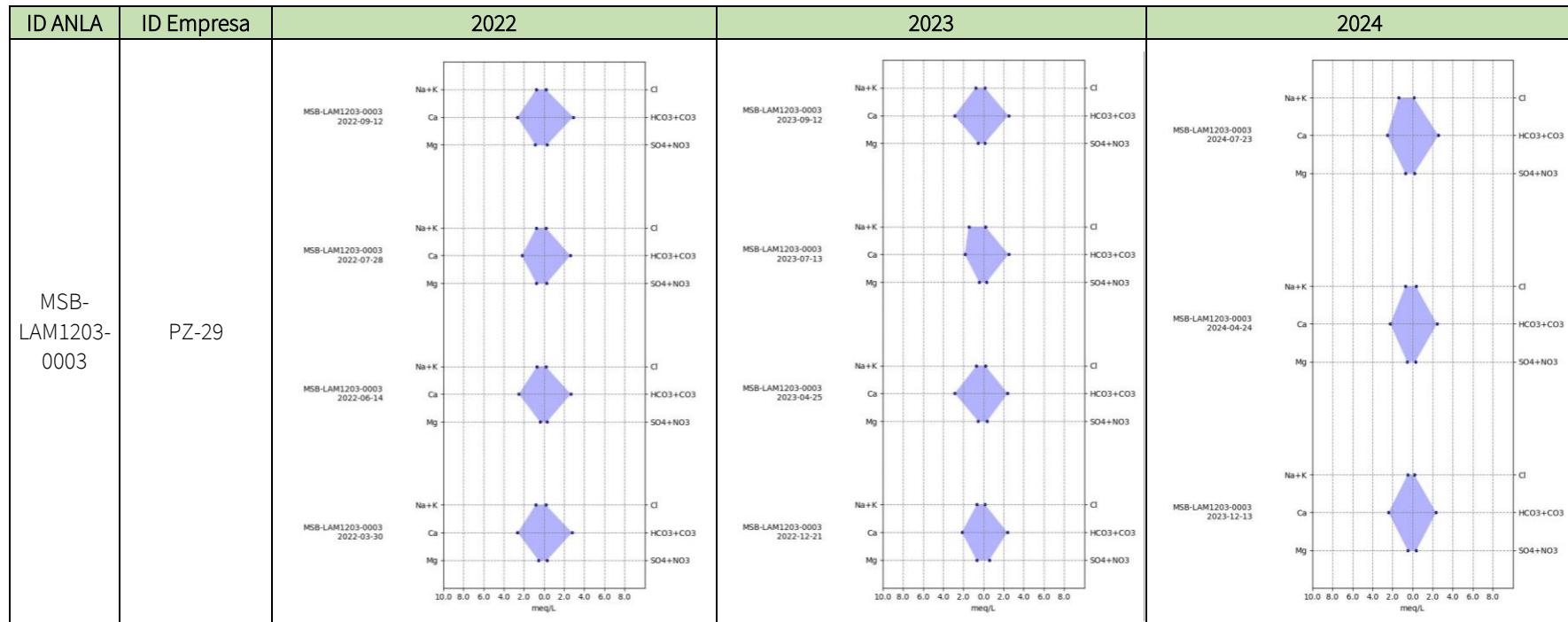
5.3 Anexo III

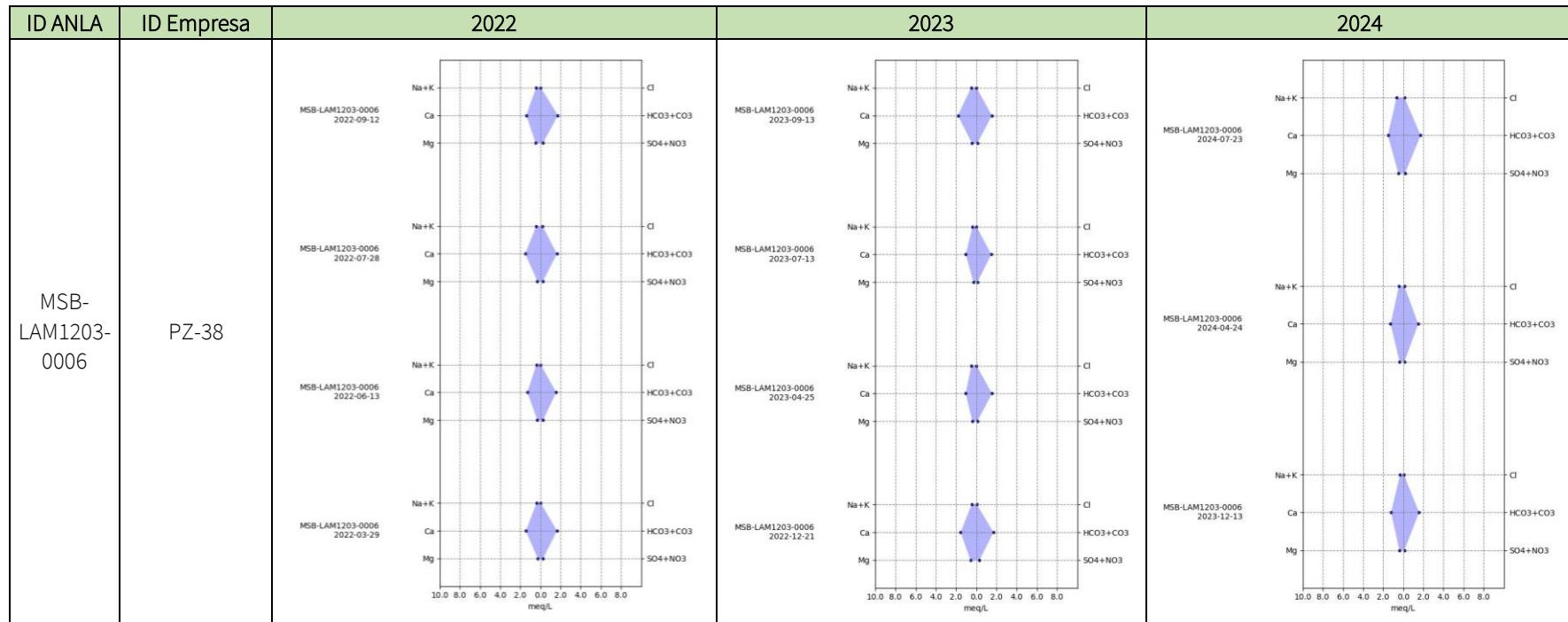
**Diagramas de Stiff, análisis de la estrategia de monitoreo
regional del recurso hídrico subterráneo en la Zona Minera del
Centro del Cesar - ZMCC, años 2022, 2023 y 2024**

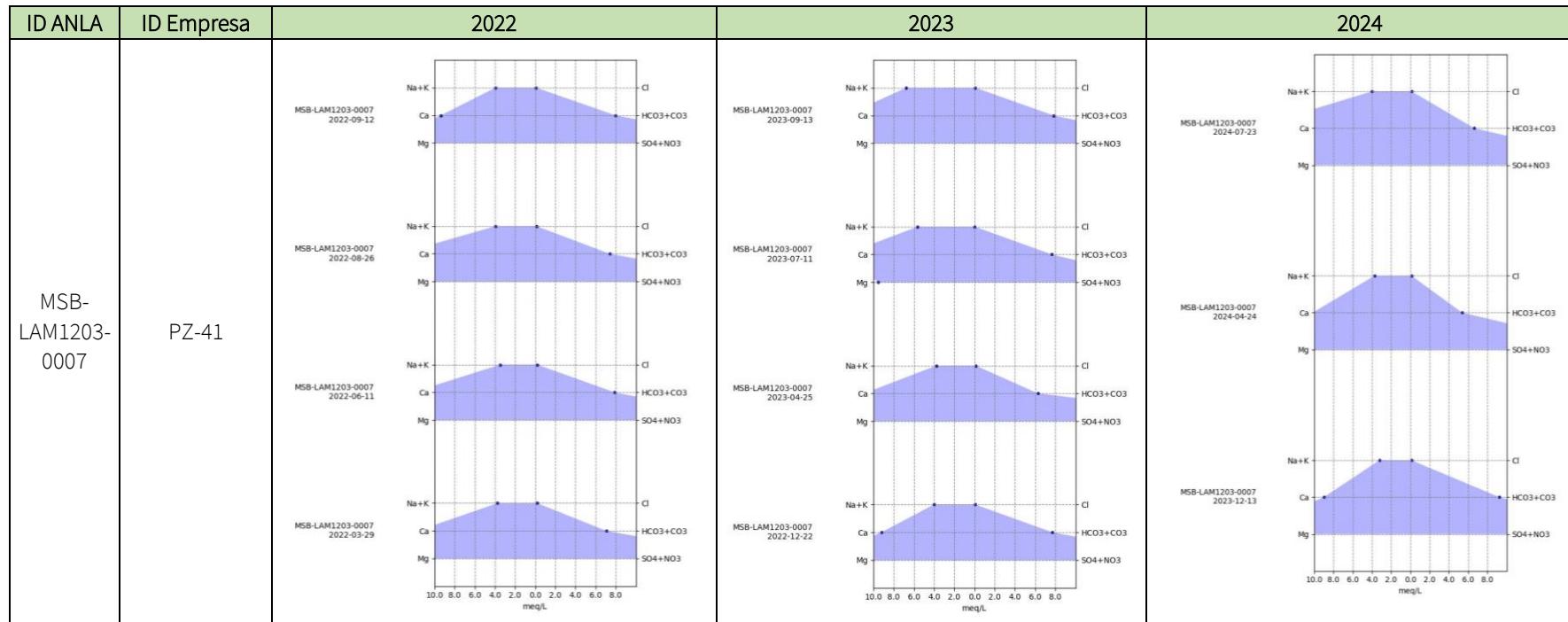


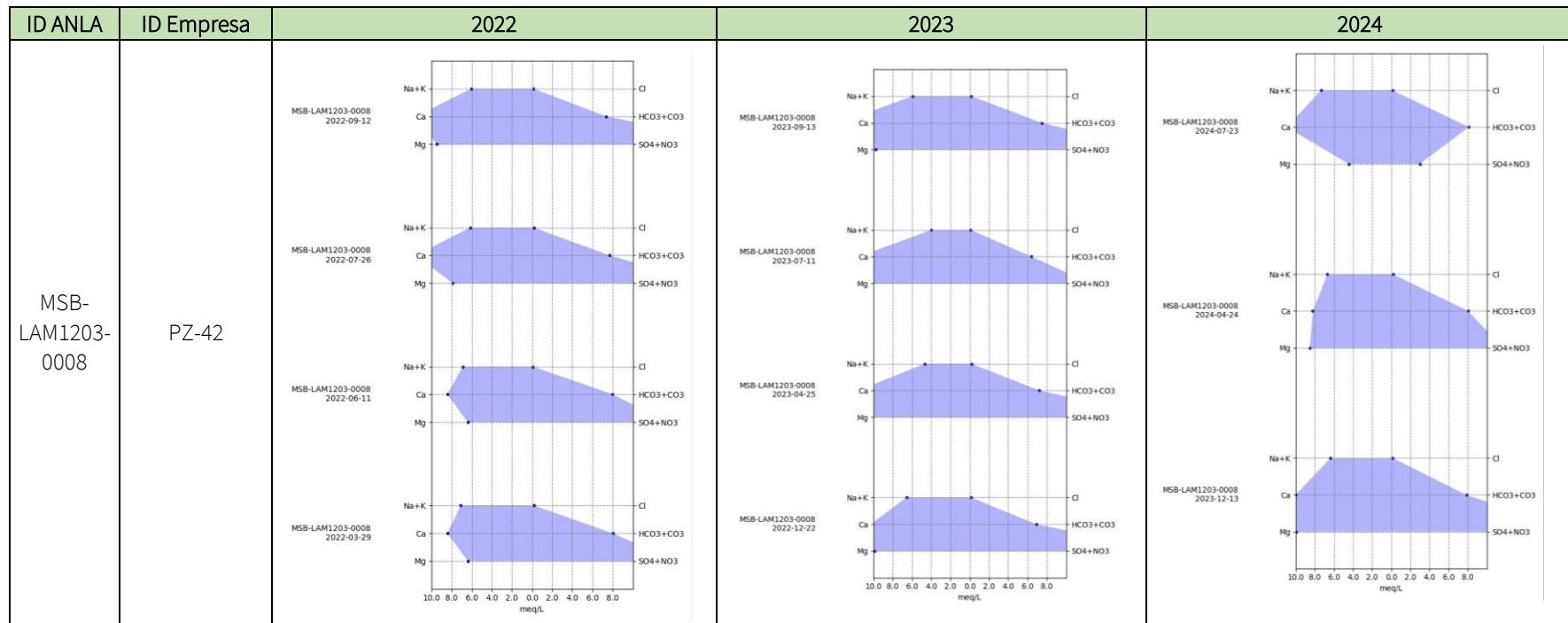
Depósitos Cuaternarios (depósitos aluviales, de abanico, de planicies aluviales y antrópicos)

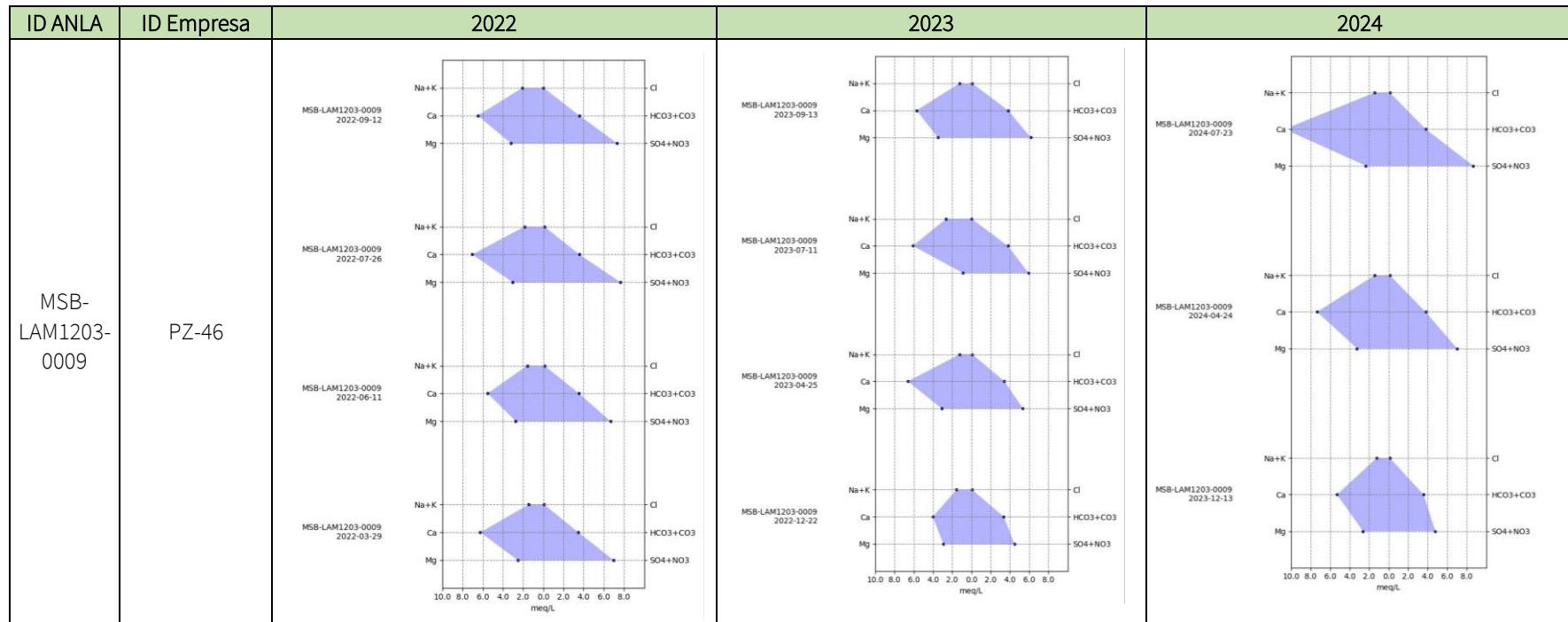


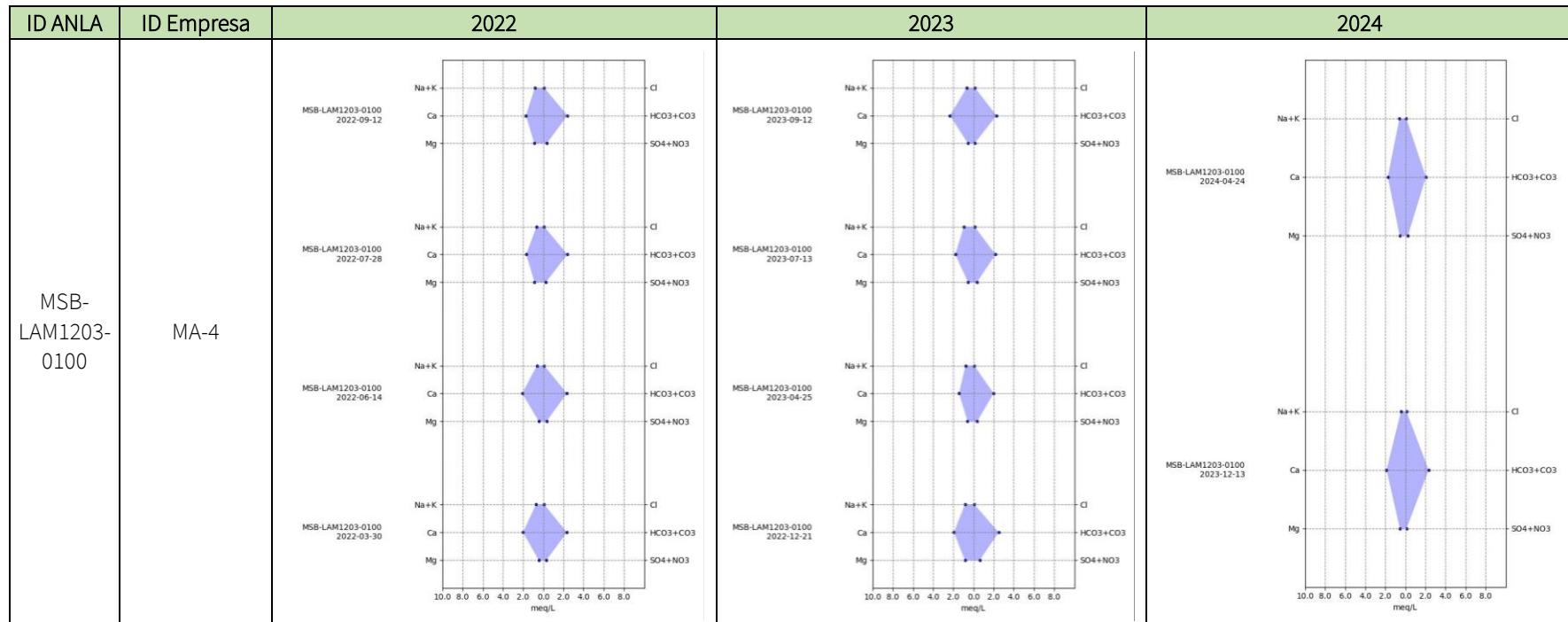


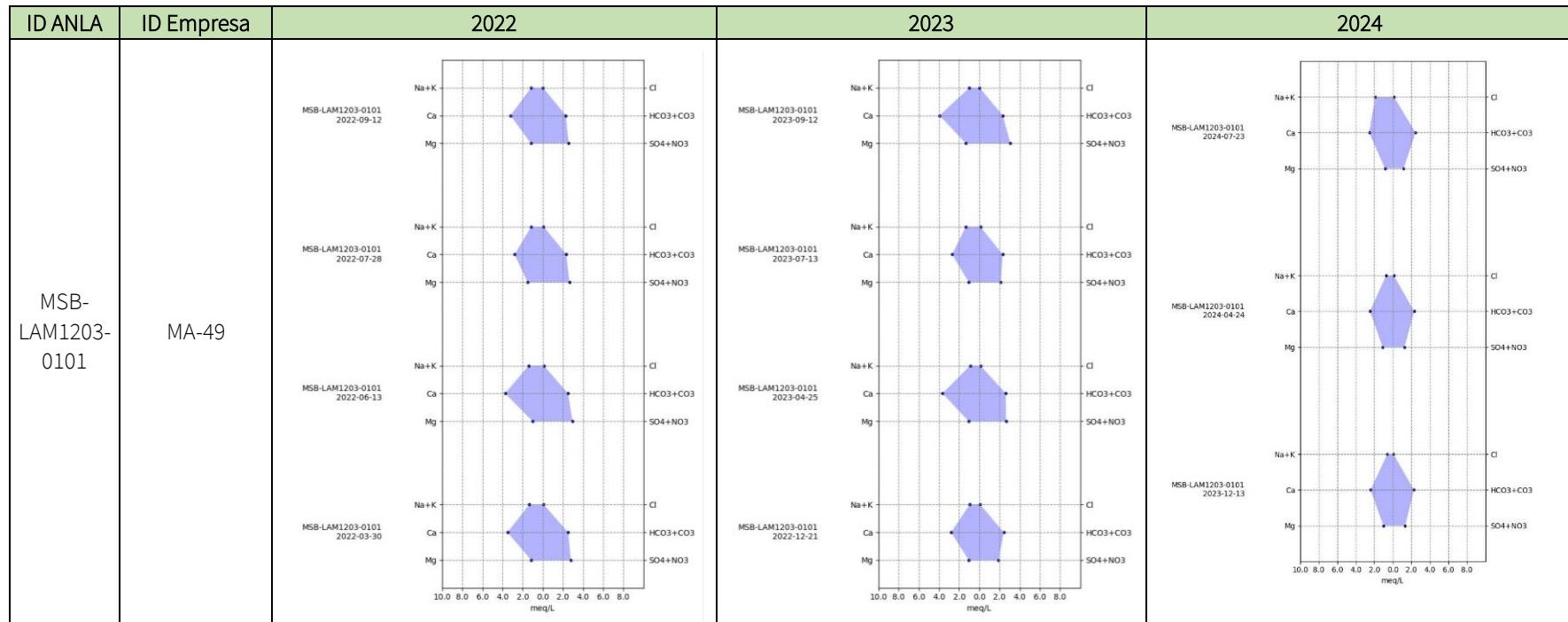


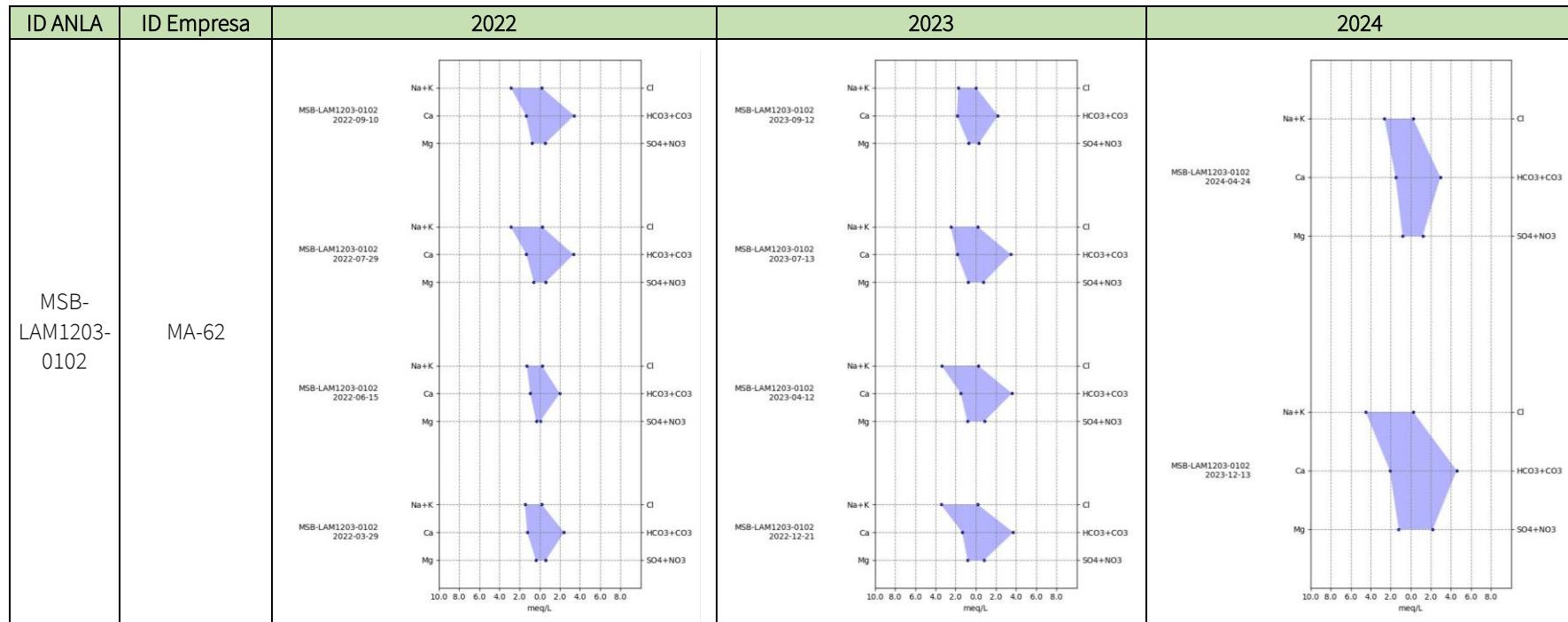


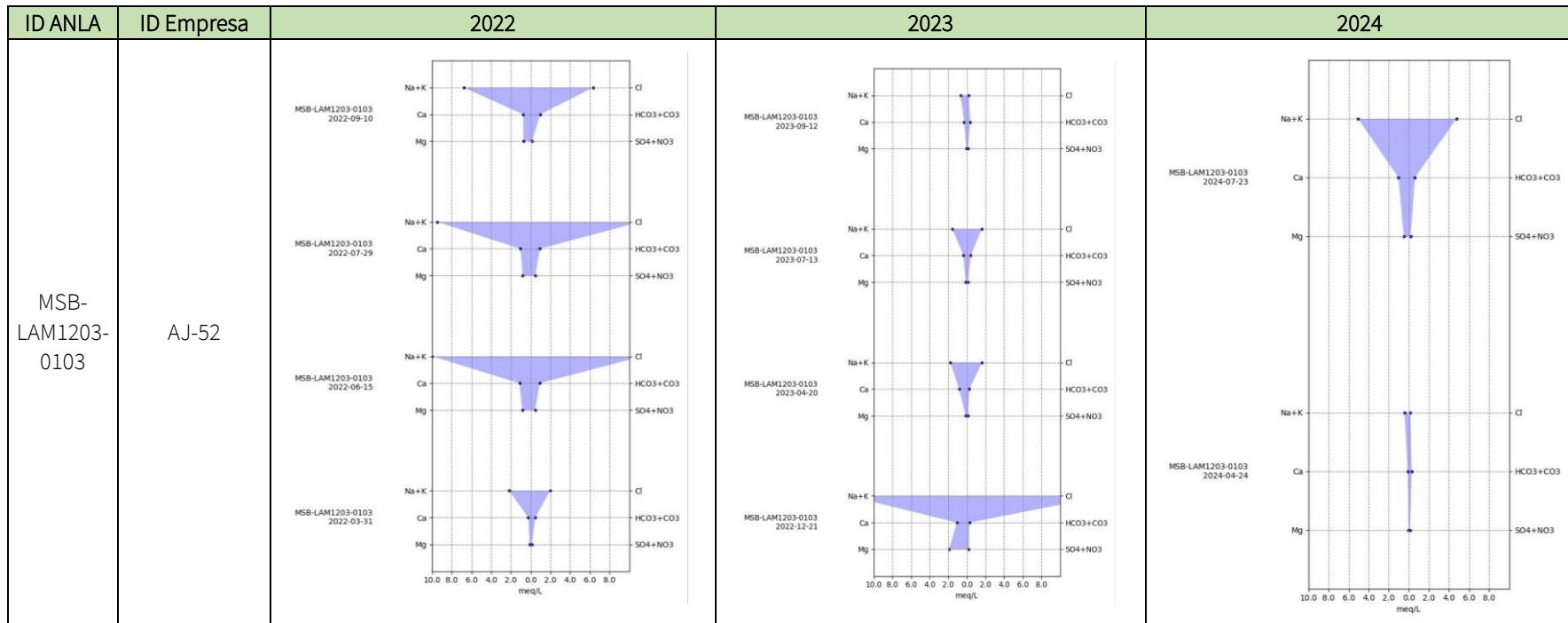


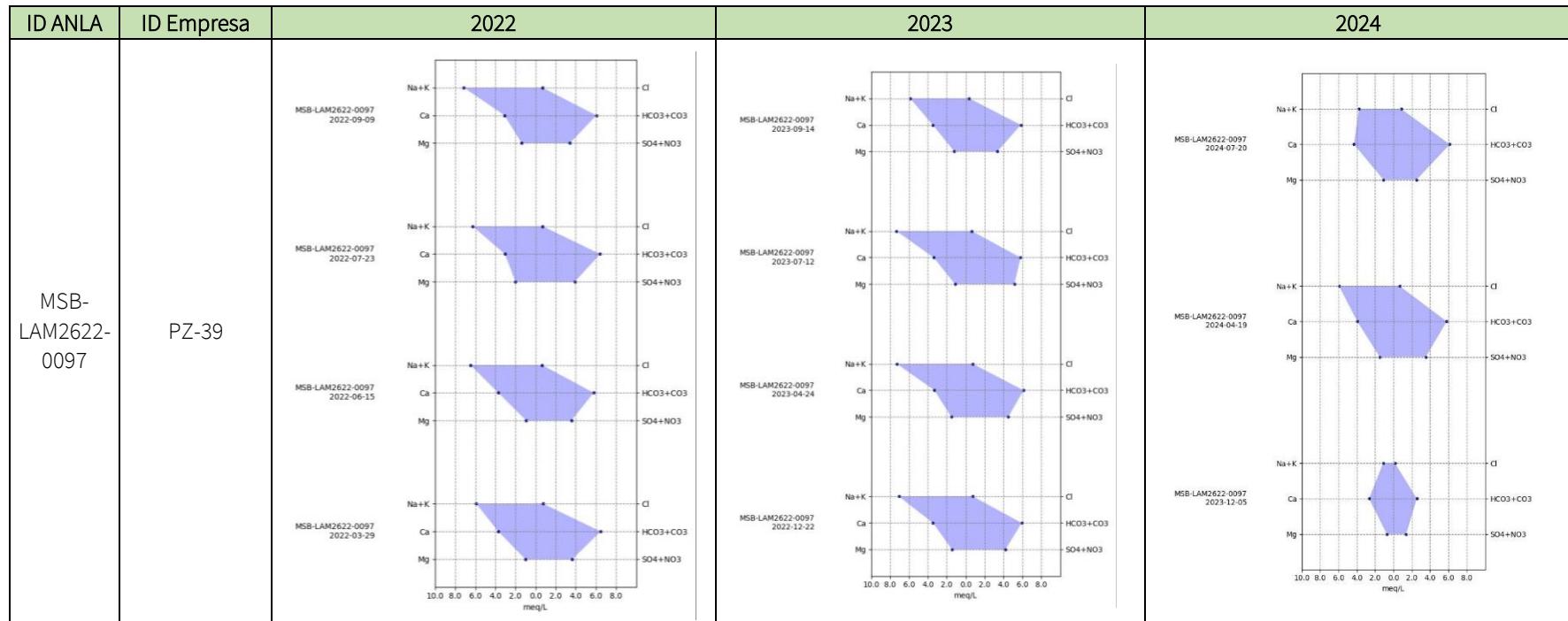








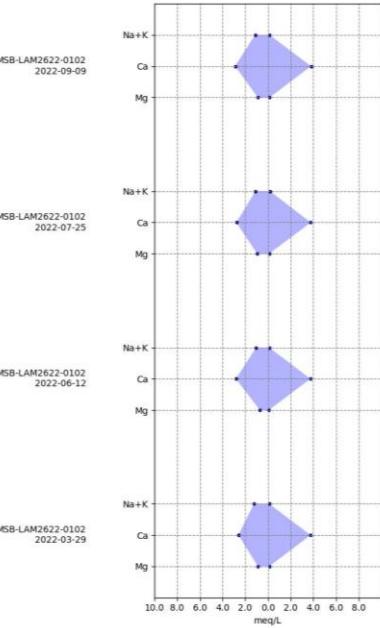
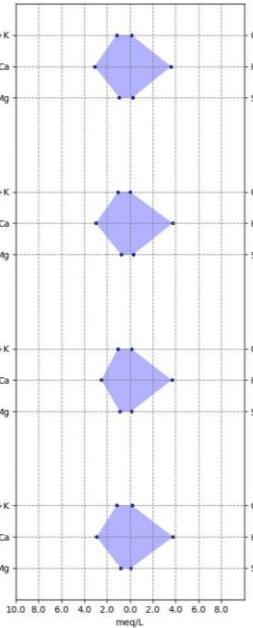
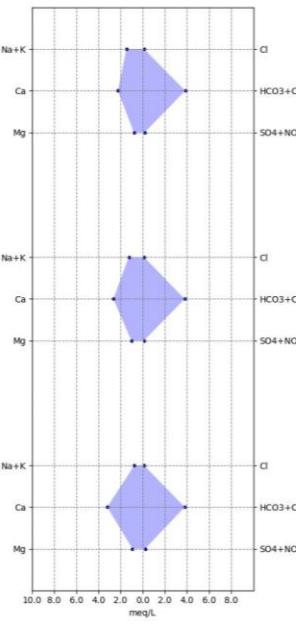


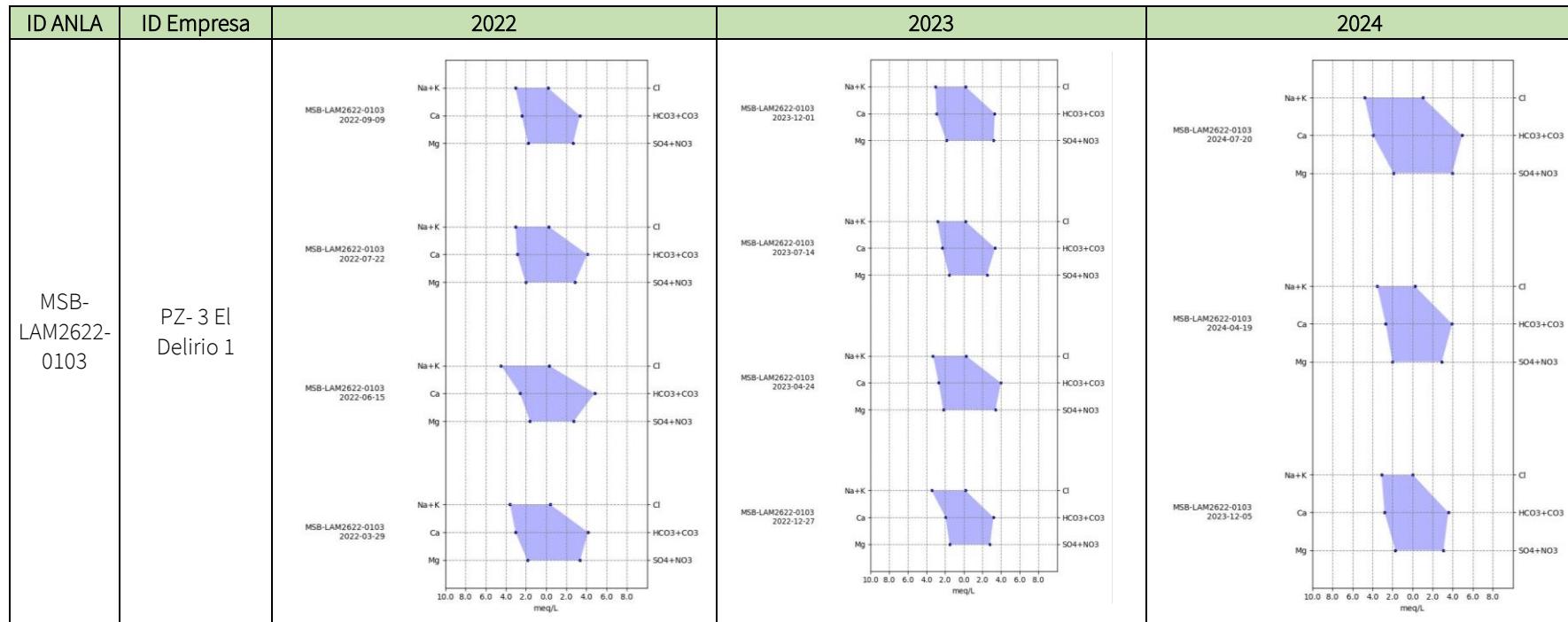




ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM2622-0101	PZ-8 El Hatillo	 MSB-LAM2622-0101 2022-06-12	 MSB-LAM2622-0101 2023-09-13	 MSB-LAM2622-0101 2024-04-19



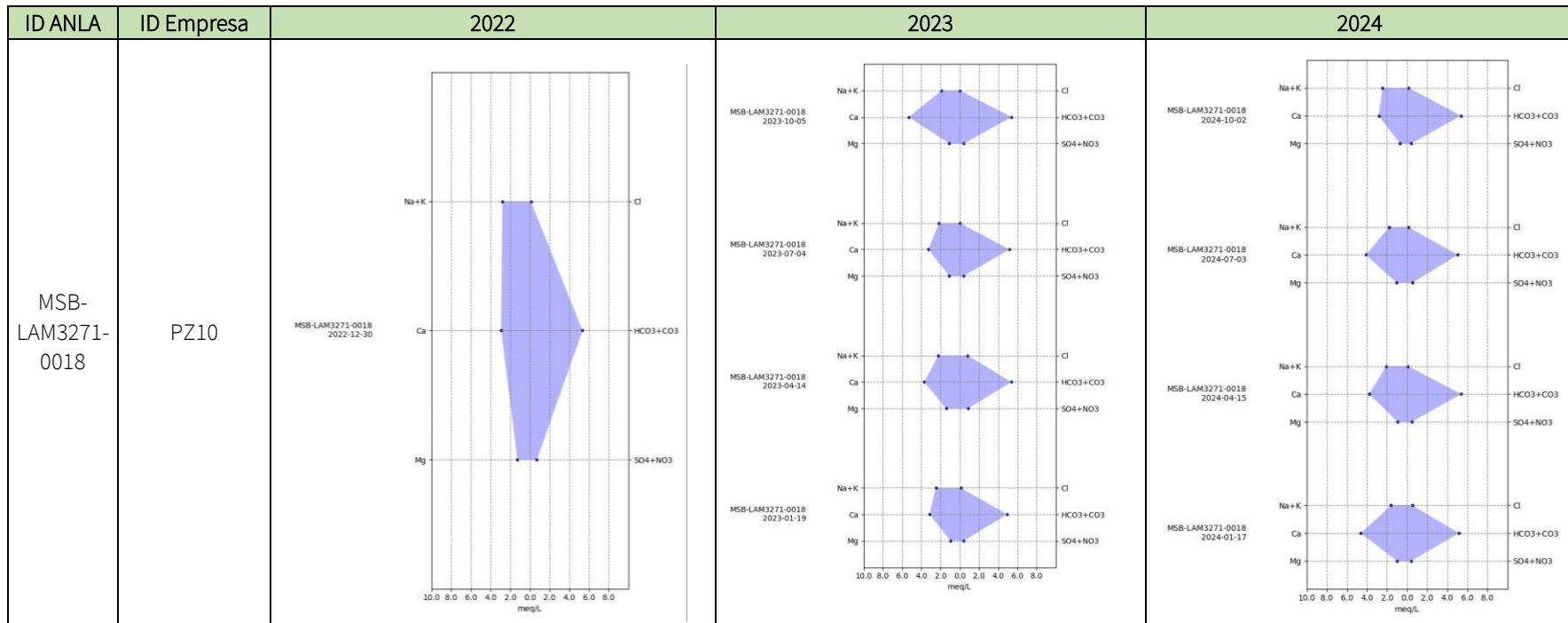
ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM2622-0102	P-03	 MSB-LAM2622-0102 2022-09-09	 MSB-LAM2622-0102 2023-11-29	 MSB-LAM2622-0102 2024-07-20

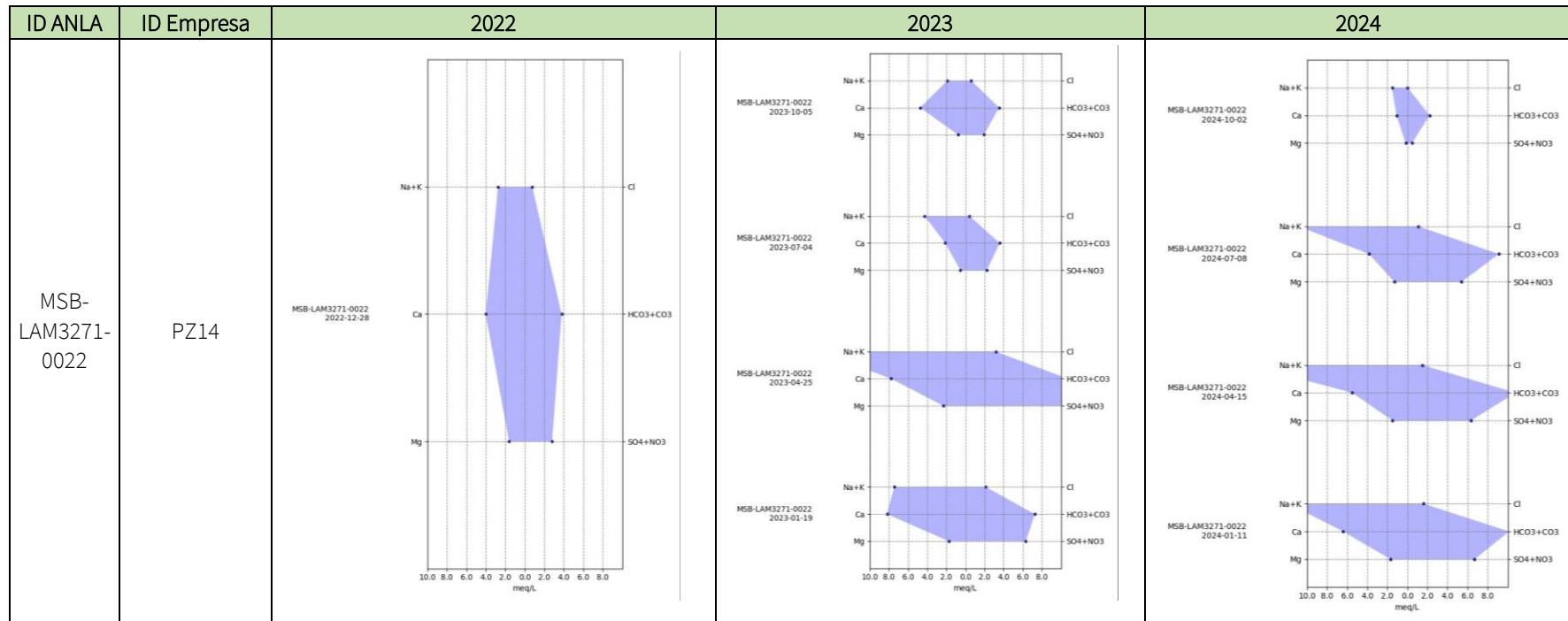




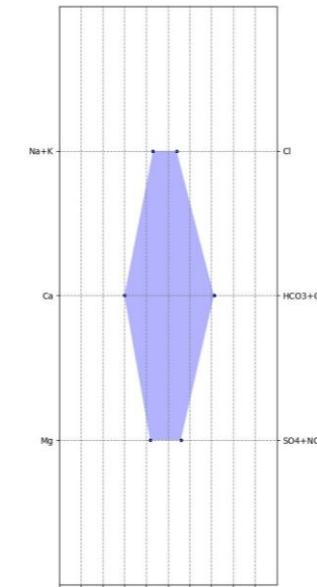
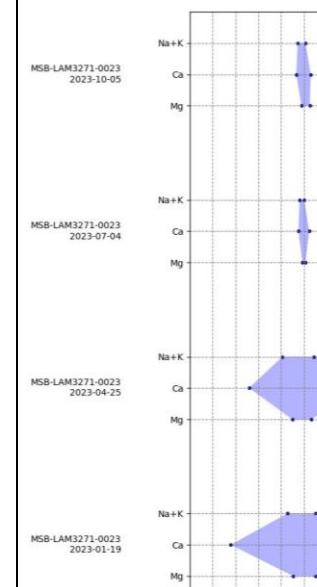
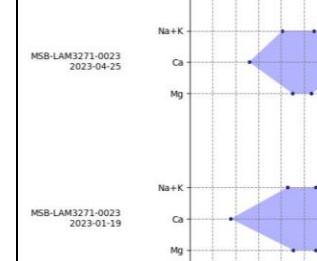
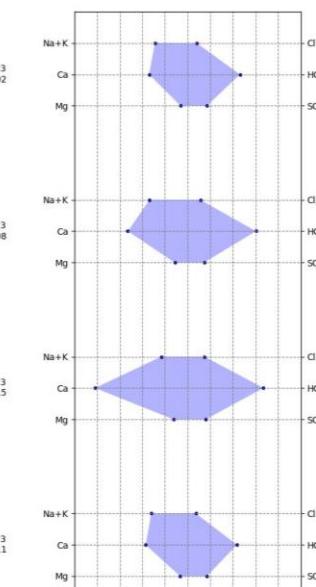
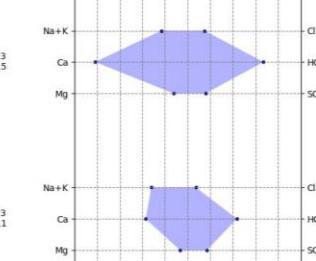
ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM2622-0104	P-24	<p>MSB-LAM2622-0104 2022-09-10</p> <p>MSB-LAM2622-0104 2022-07-27</p> <p>MSB-LAM2622-0104 2022-06-27</p> <p>MSB-LAM2622-0104 2022-03-29</p>	<p>MSB-LAM2622-0104 2023-09-14</p> <p>MSB-LAM2622-0104 2023-07-18</p> <p>MSB-LAM2622-0104 2023-04-13</p> <p>MSB-LAM2622-0104 2022-12-24</p>	<p>MSB-LAM2622-0104 2024-04-19</p> <p>MSB-LAM2622-0104 2023-12-05</p>





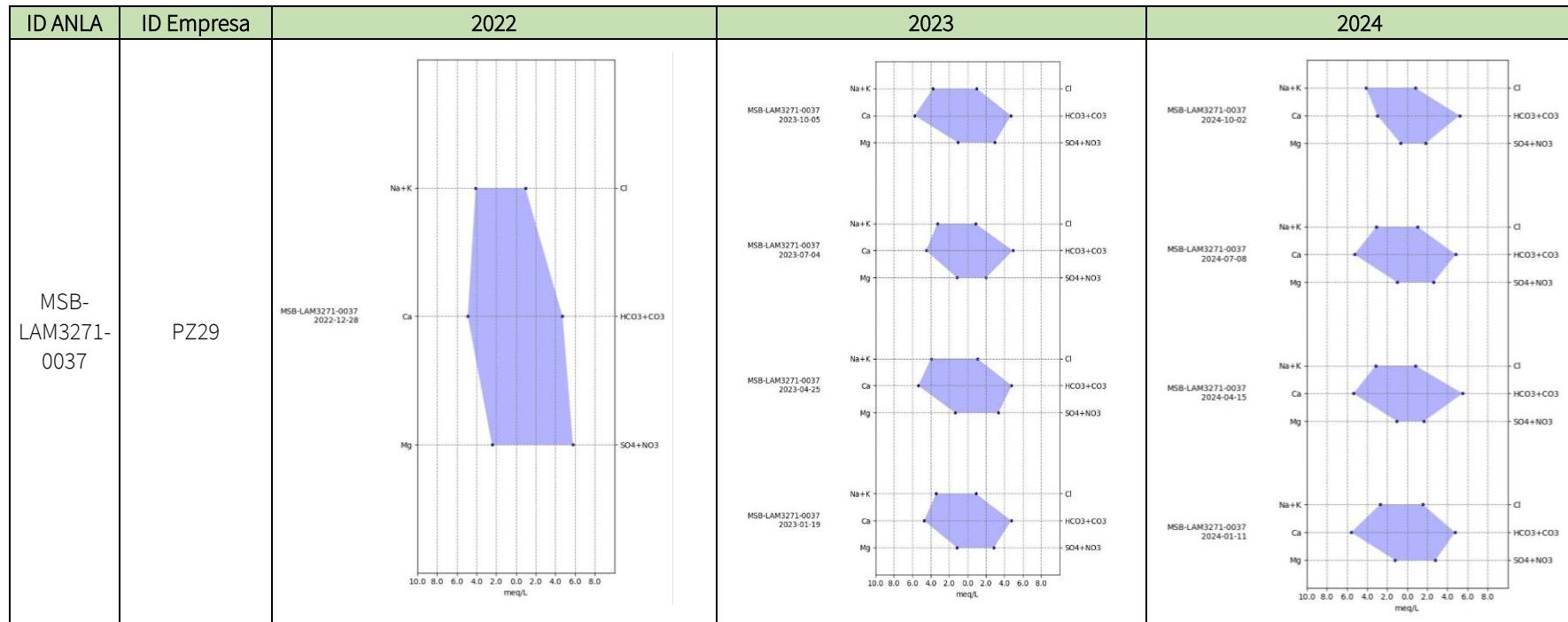


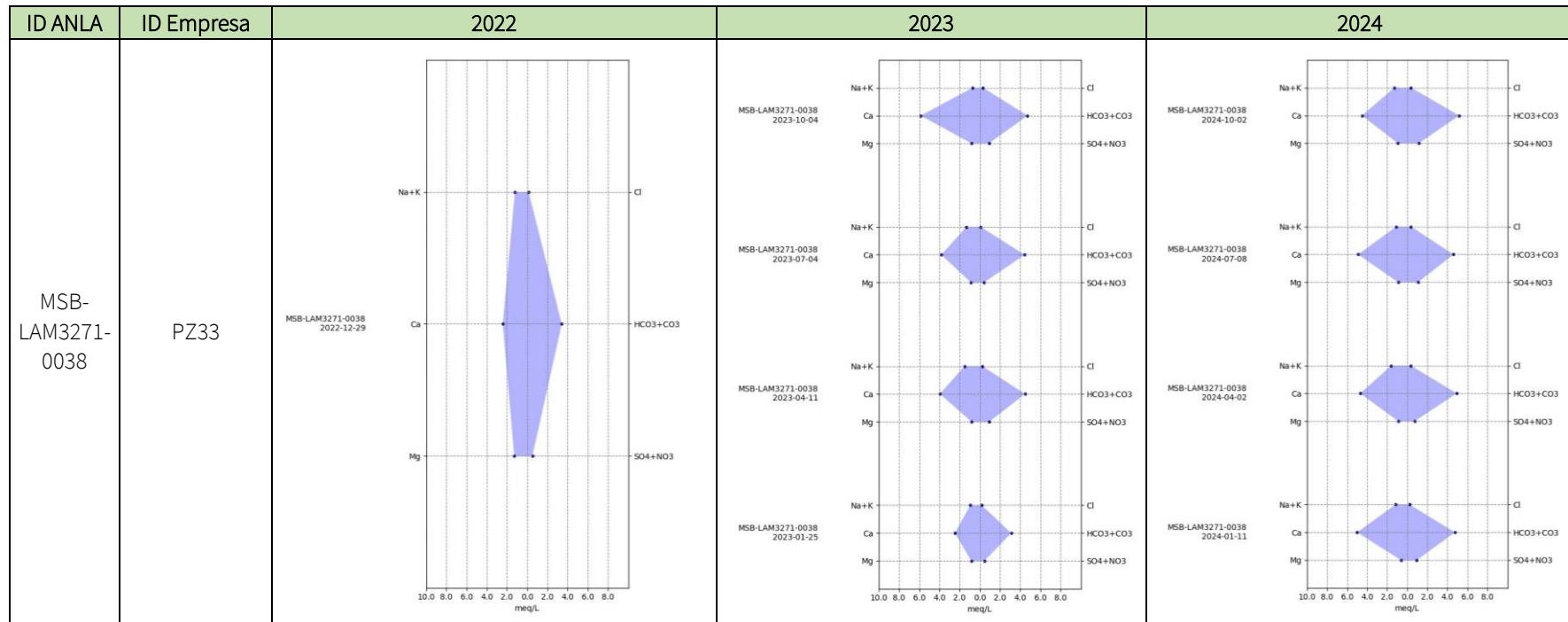


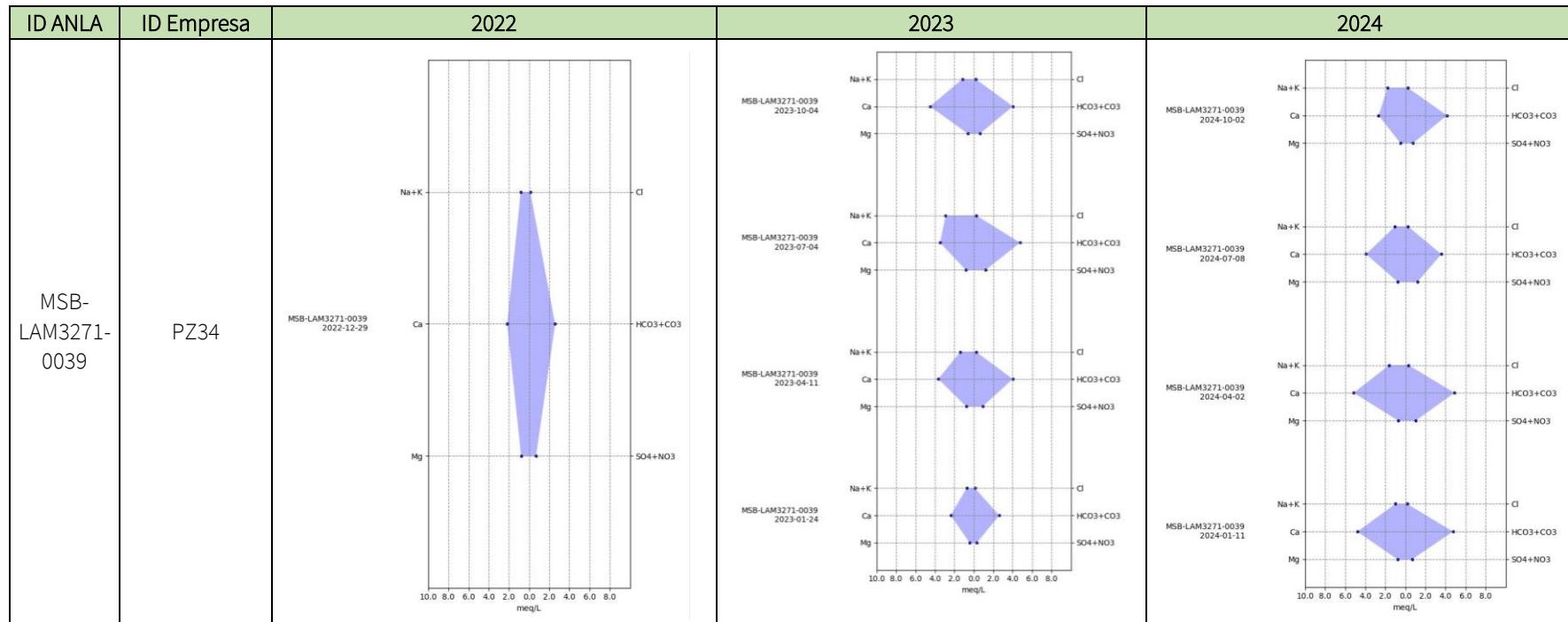
ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3271-0023	PZ15		   	   

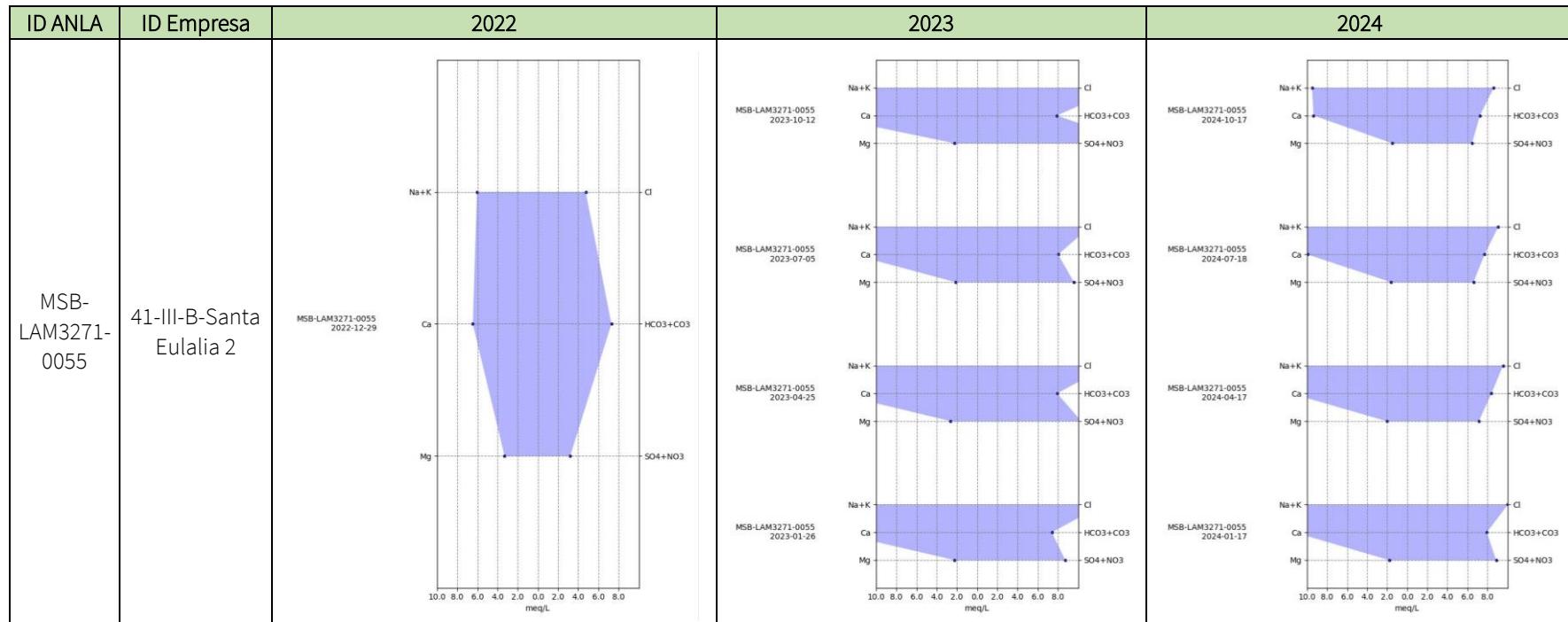


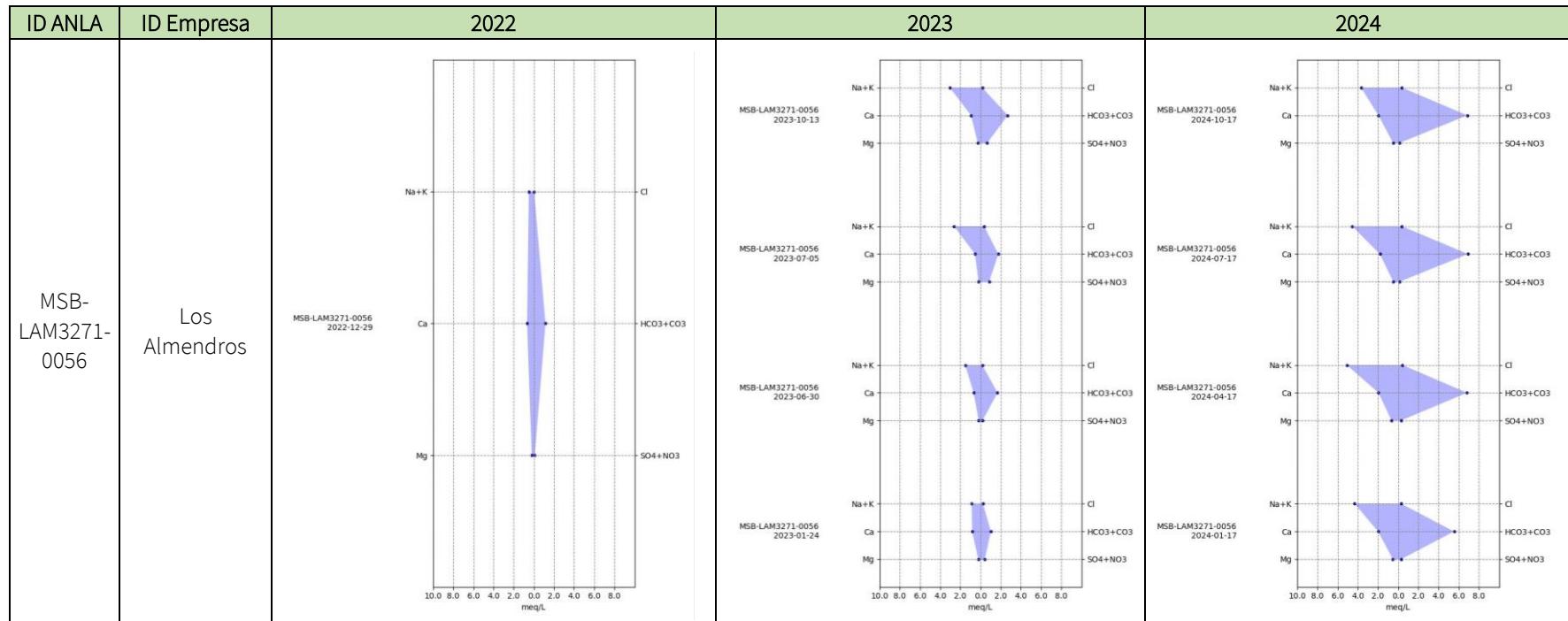
ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3271-0036	PZ28			

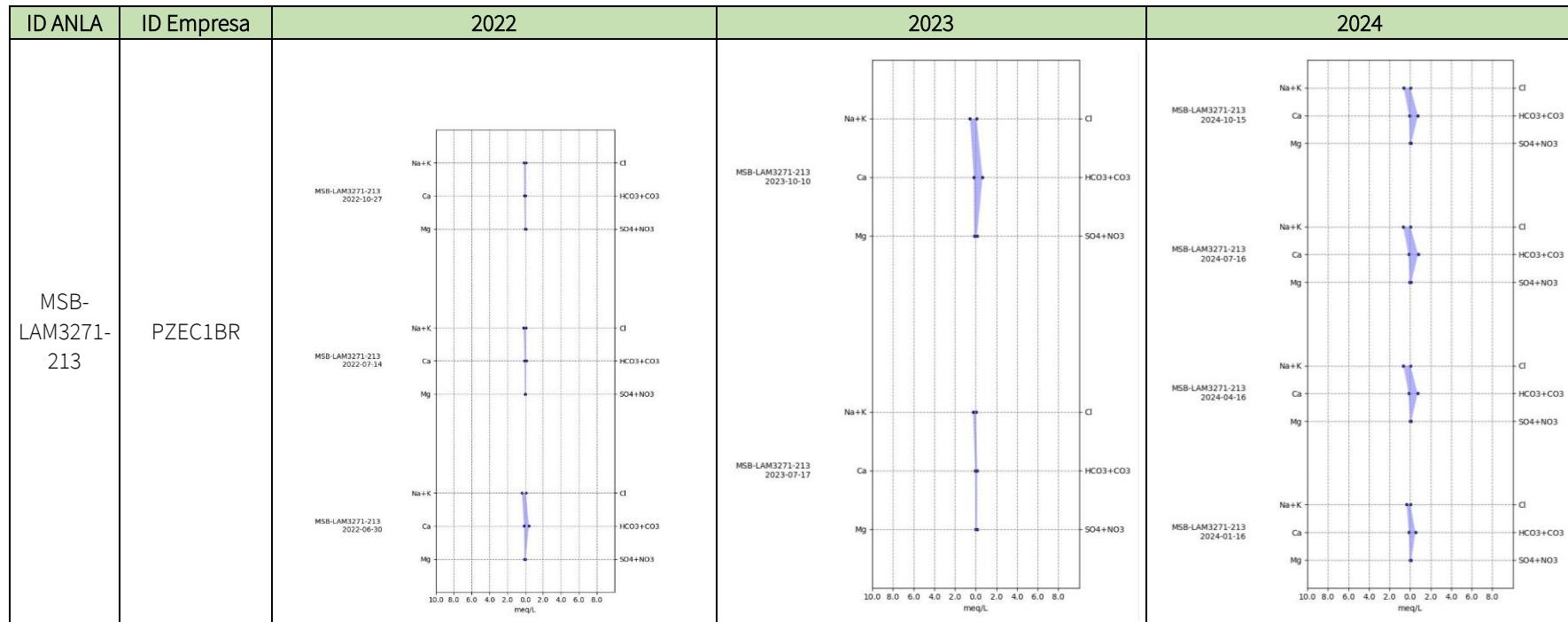




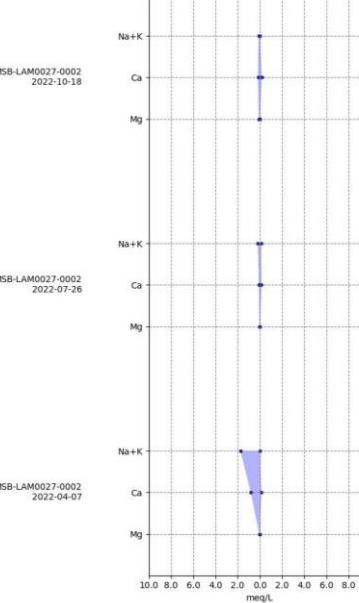
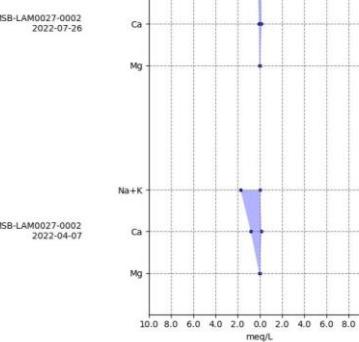
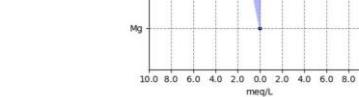
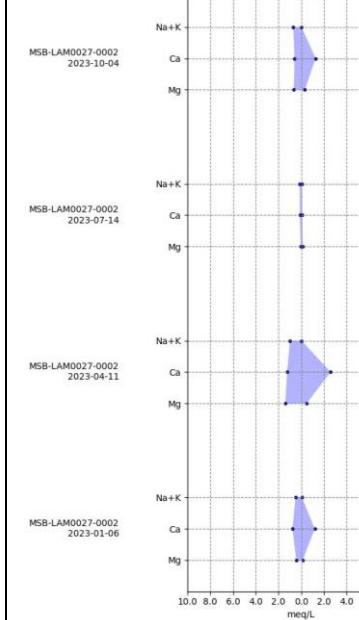
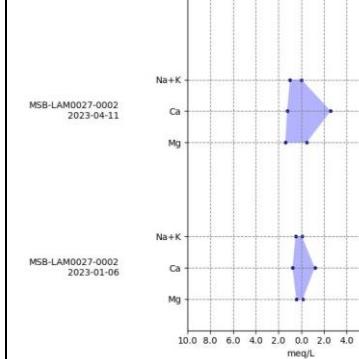
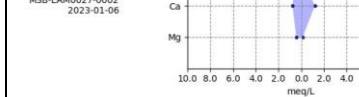
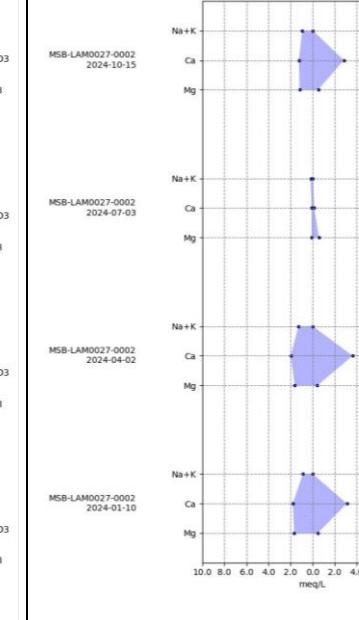
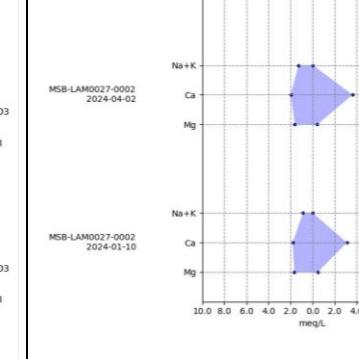
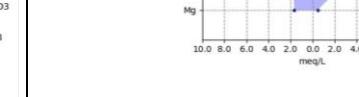


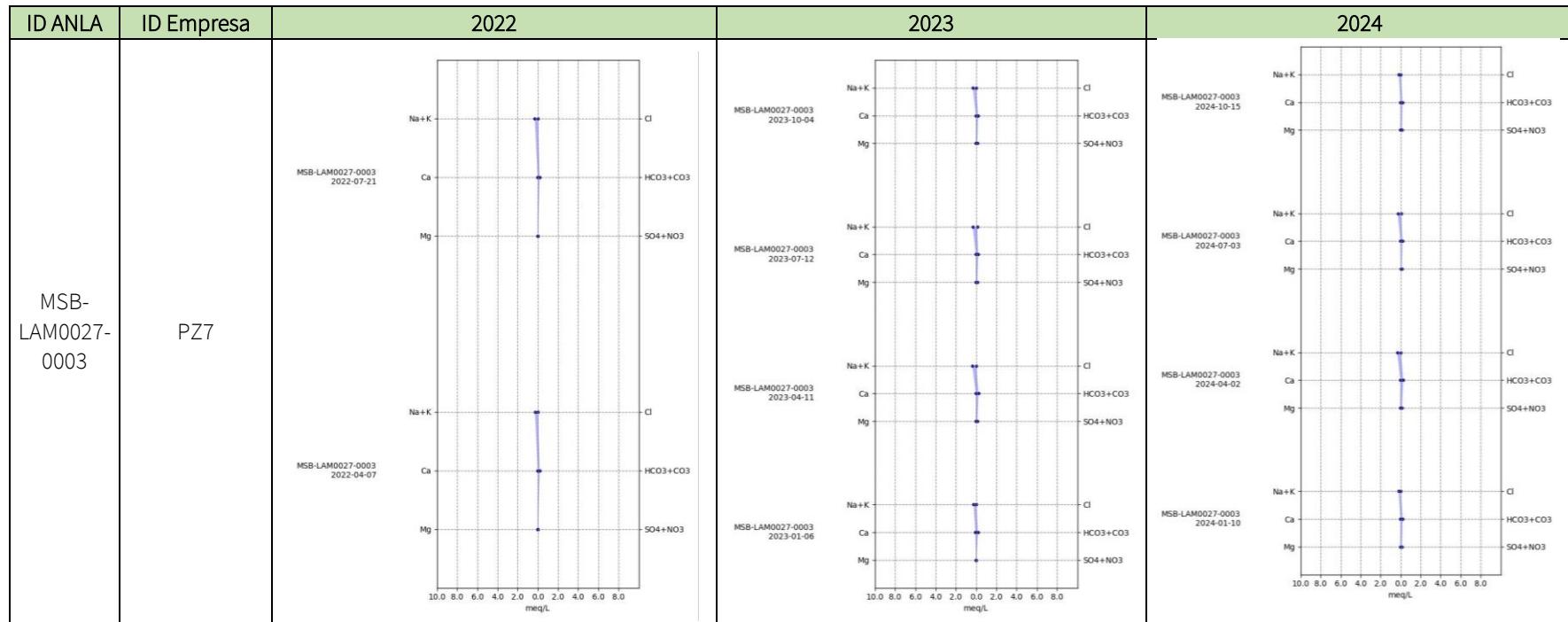


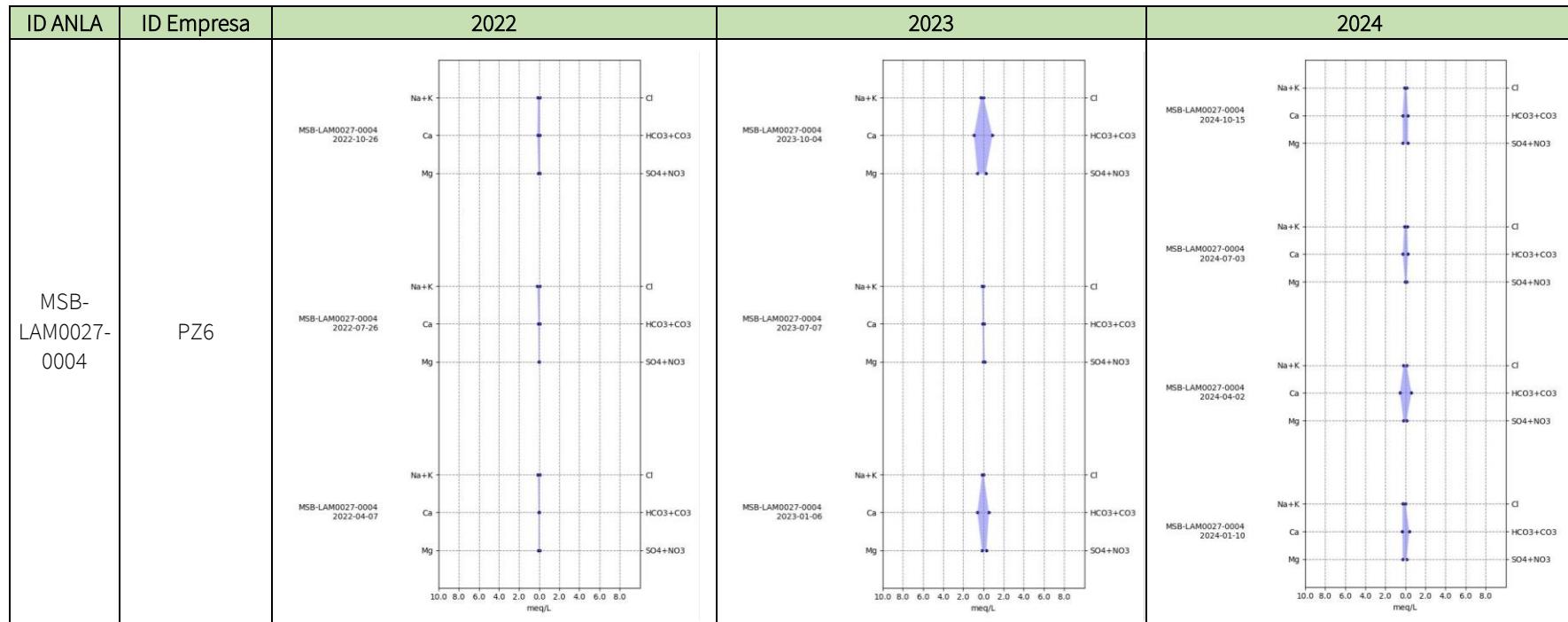


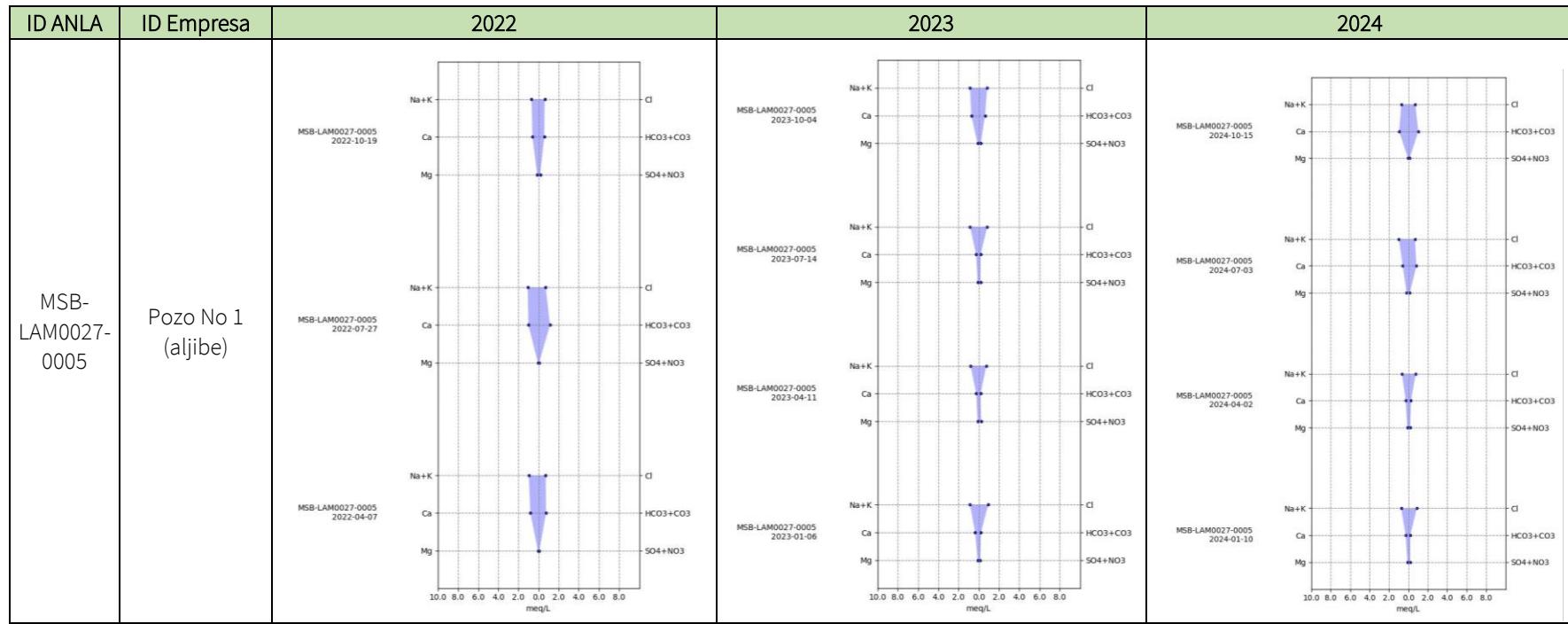


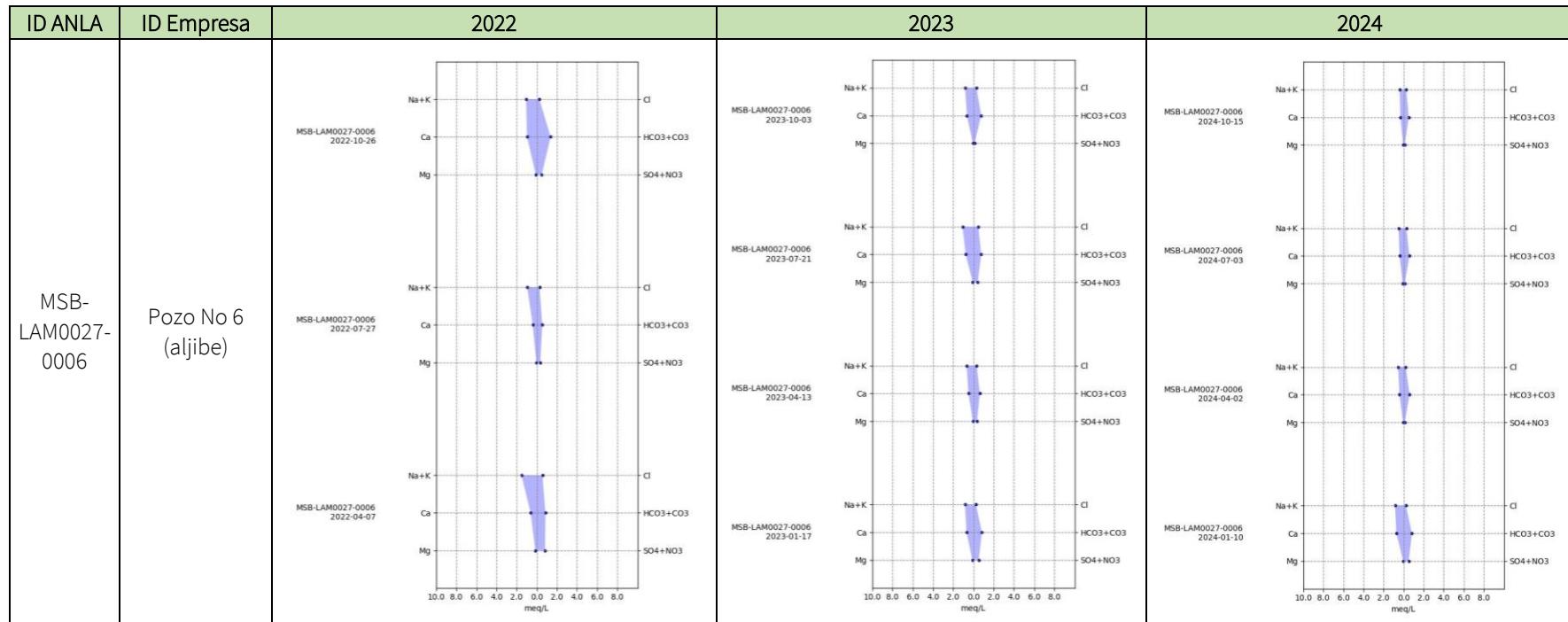


ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM0027-0002	PZ3	 MSB-LAM0027-0002 2022-10-18  MSB-LAM0027-0002 2022-07-26  MSB-LAM0027-0002 2022-04-07	 MSB-LAM0027-0002 2023-10-04  MSB-LAM0027-0002 2023-07-14  MSB-LAM0027-0002 2023-04-11 MSB-LAM0027-0002 2023-01-06	 MSB-LAM0027-0002 2024-10-15  MSB-LAM0027-0002 2024-07-03  MSB-LAM0027-0002 2024-04-02 MSB-LAM0027-0002 2024-01-10

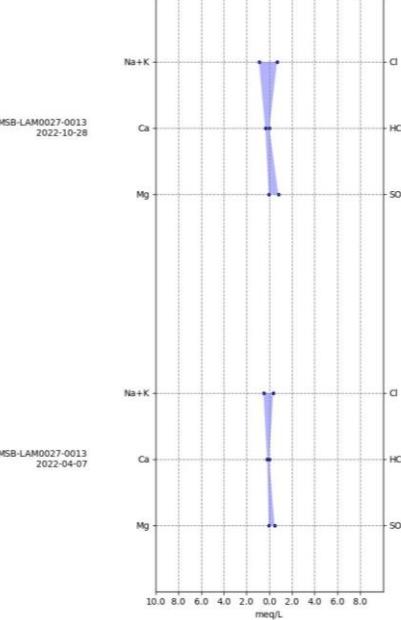
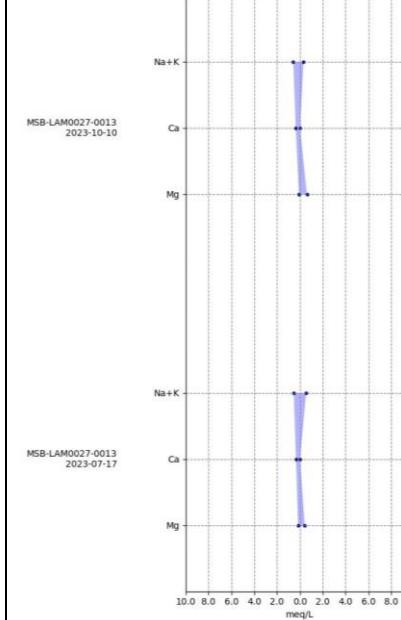
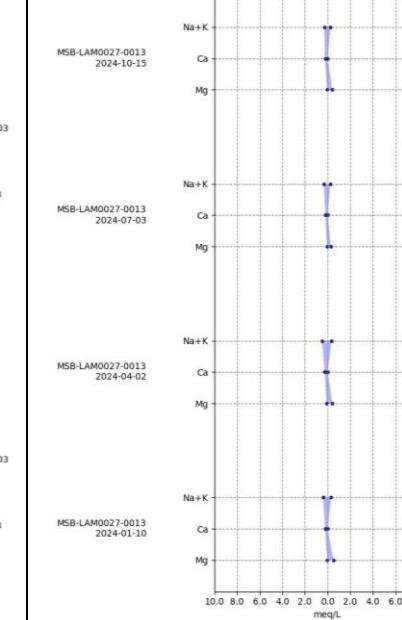




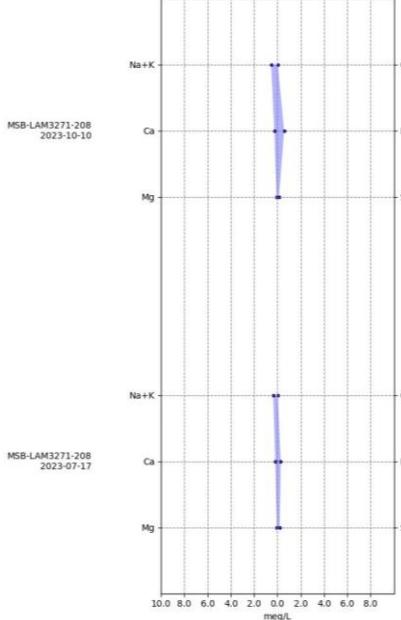
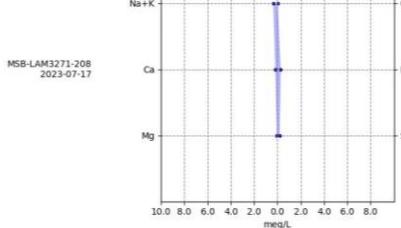
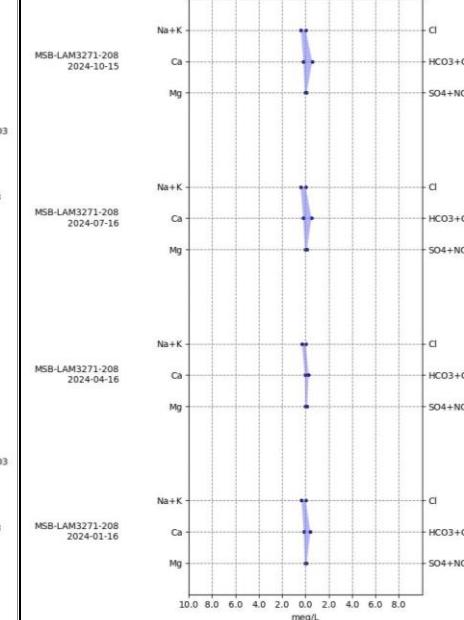




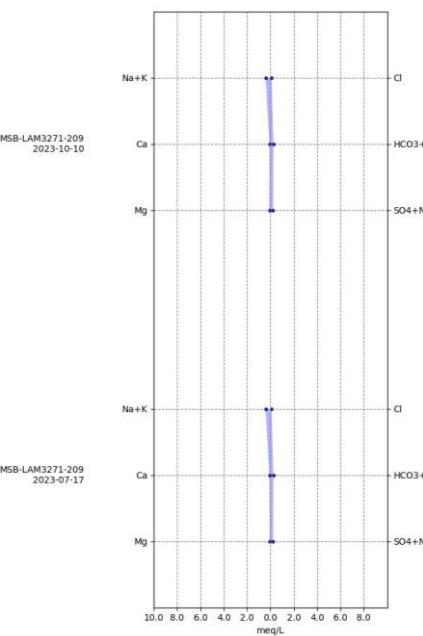
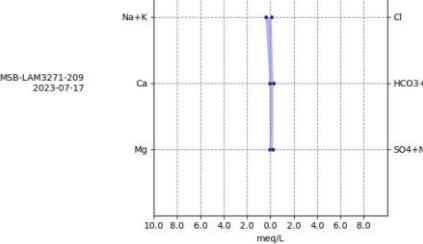
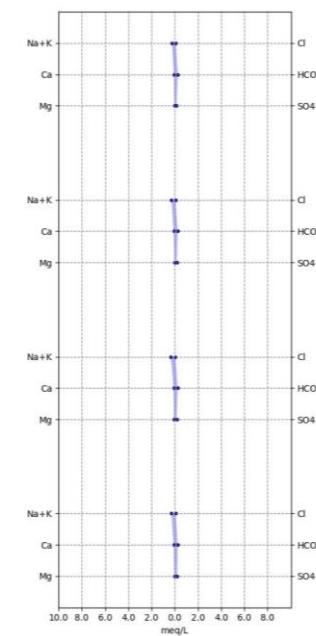
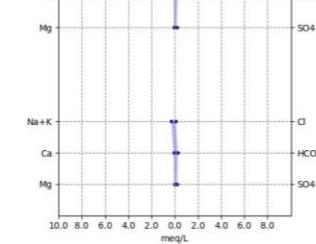
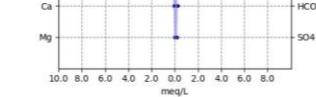


ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM0027-0013	RPZ 4 LA LOMA TOWN	 MSB-LAM0027-0013 2022-10-28	 MSB-LAM0027-0013 2023-10-10	 MSB-LAM0027-0013 2024-10-15

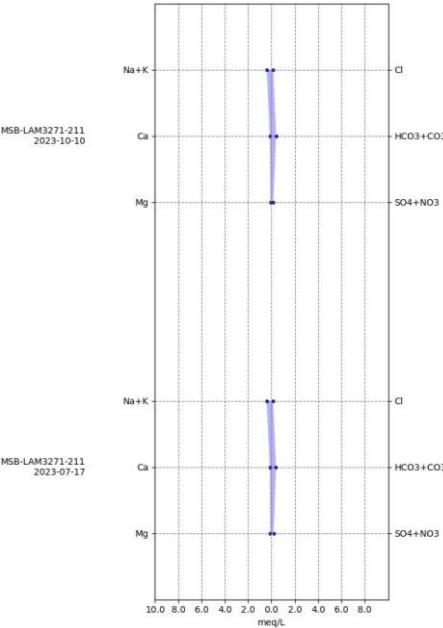
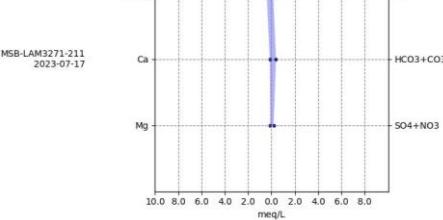
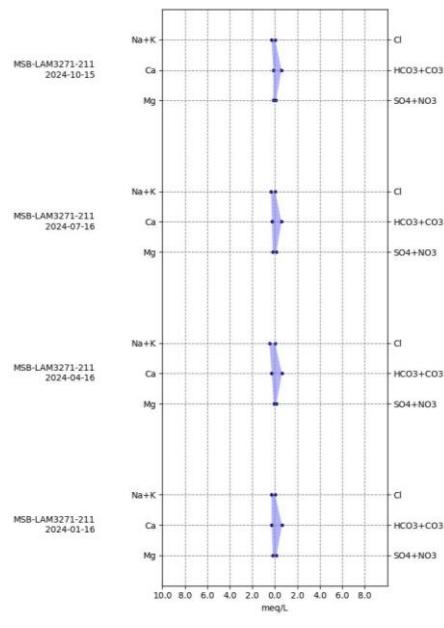


ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3271-208	PZEC4R	No aplica	 	



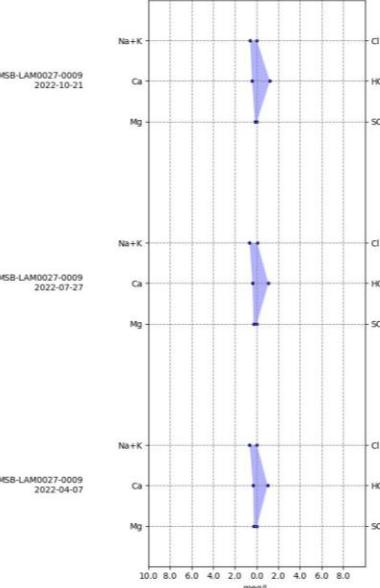
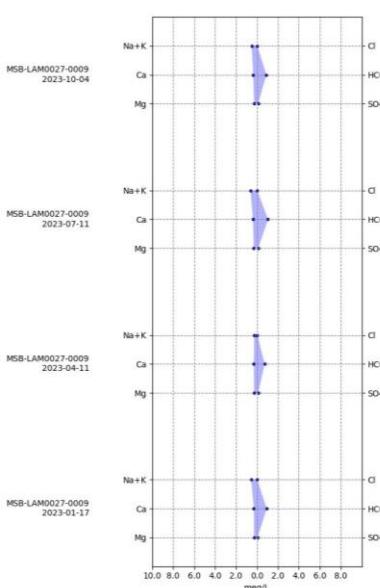
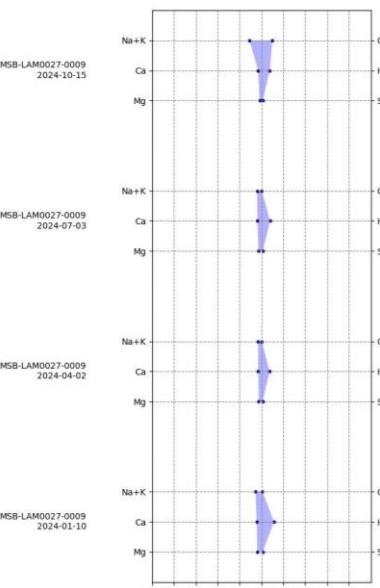
ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3271-209	PZEC2R	No aplica	<p>MSB-LAM3271-209 2023-10-10</p>  <p>MSB-LAM3271-209 2023-07-17</p> 	<p>MSB-LAM3271-209 2024-10-15</p>  <p>MSB-LAM3271-209 2024-07-16</p>  <p>MSB-LAM3271-209 2024-04-16</p>  <p>MSB-LAM3271-209 2024-01-16</p> 



ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3271-211	PZEC3BR	No aplica	 <p>MSB-LAM3271-211 2023-10-10</p>  <p>MSB-LAM3271-211 2023-07-17</p>	 <p>MSB-LAM3271-211 2024-10-15</p> <p>MSB-LAM3271-211 2024-07-16</p> <p>MSB-LAM3271-211 2024-04-16</p> <p>MSB-LAM3271-211 2024-01-16</p>

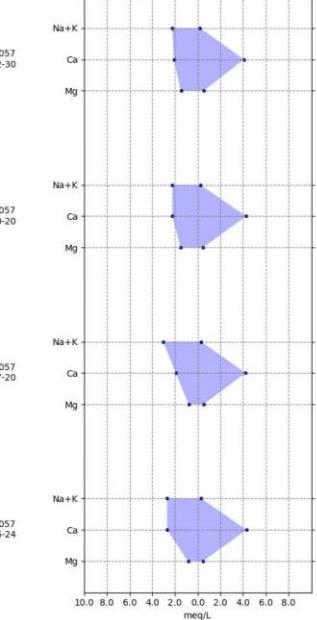
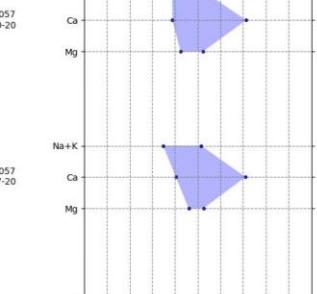
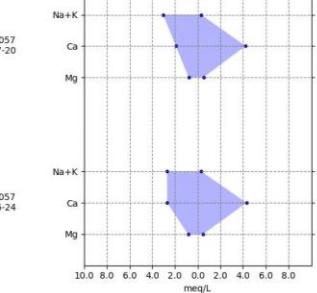
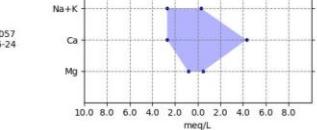
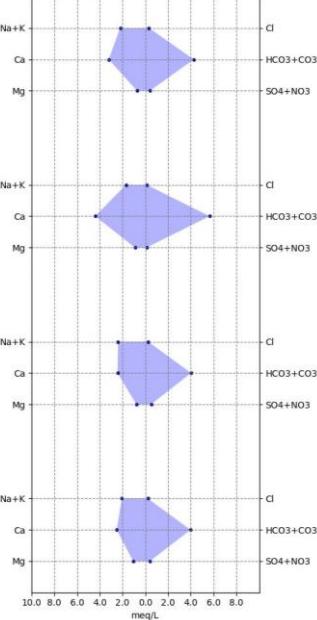
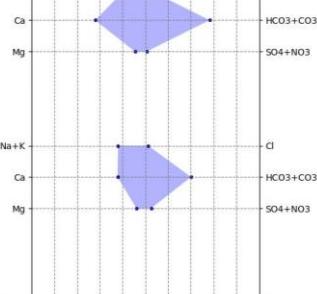
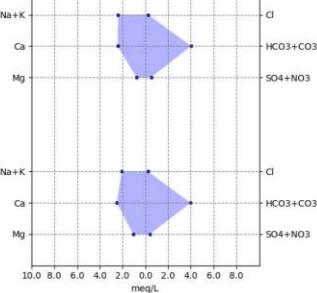
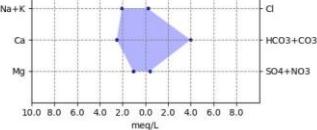
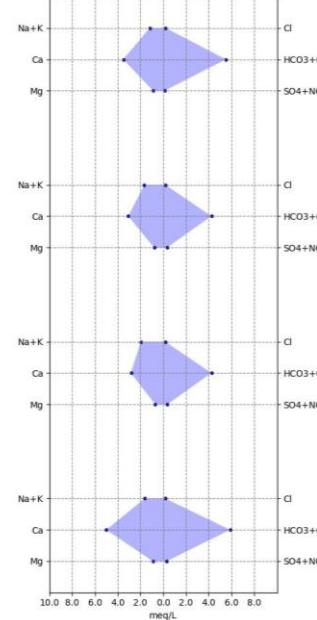
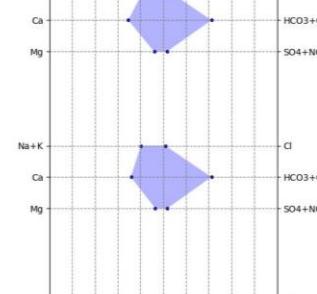
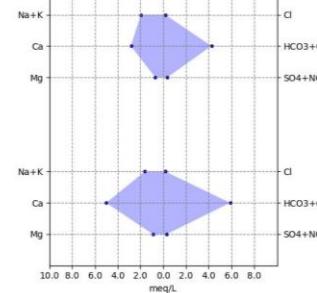
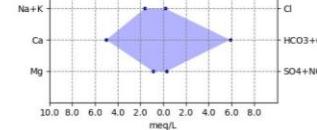


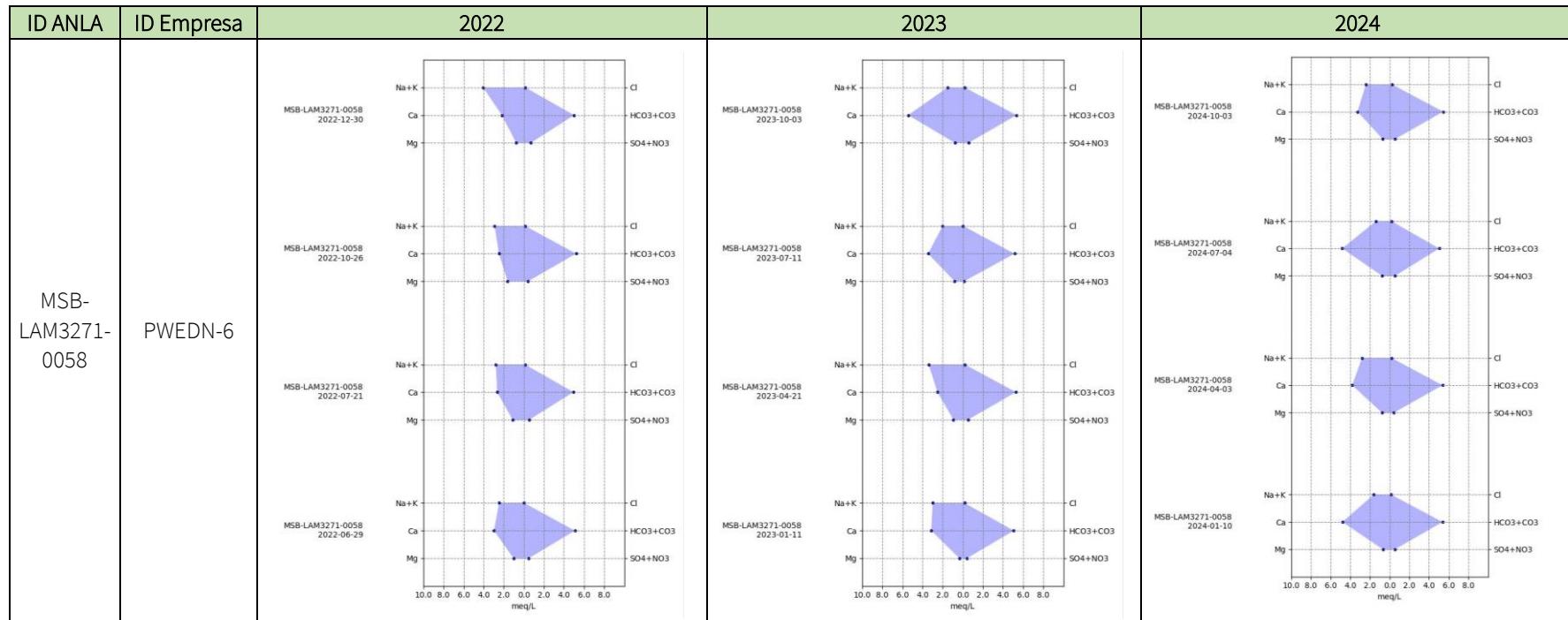
Depósitos Aluviales - Formación Barco

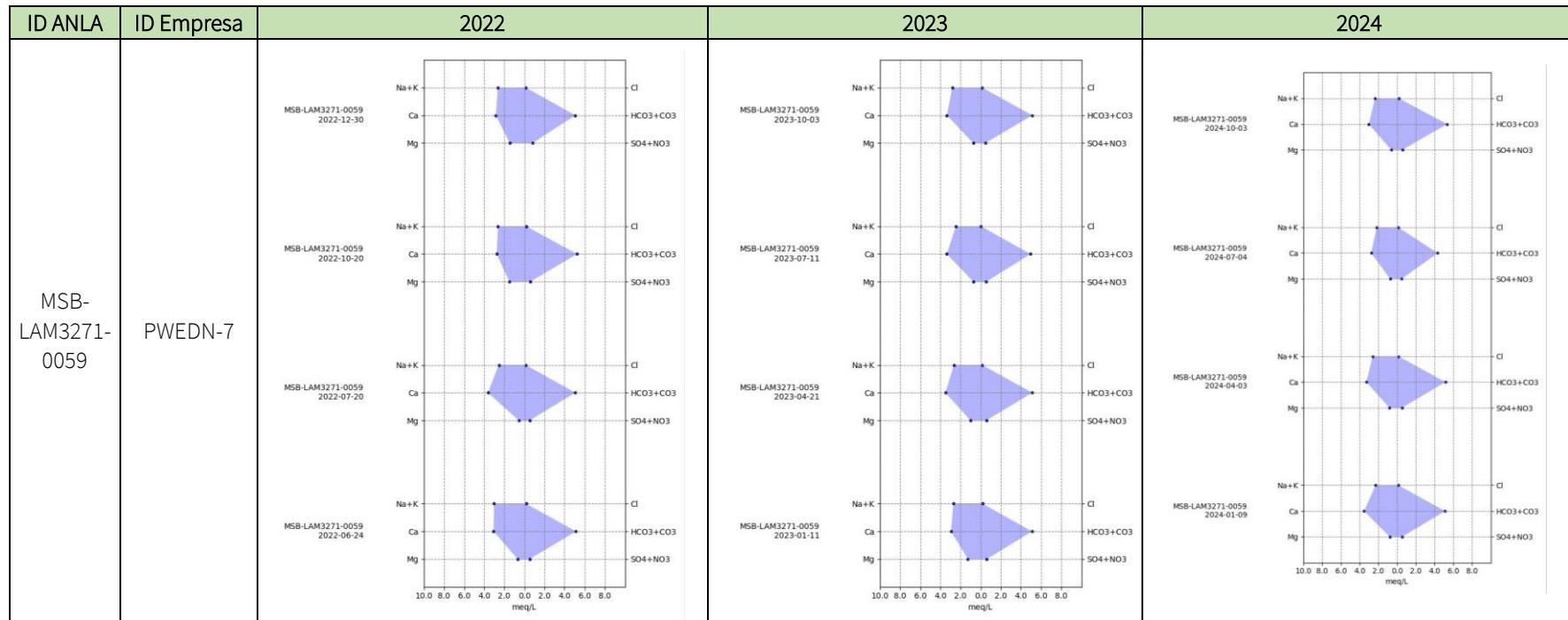
ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM0027-0009	Pozo 10			



Depósitos Aluviales – Formación Cuervos

ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3271-0057	PWEDN-5	<p>MSB-LAM3271-0057 2022-12-30</p>  <p>MSB-LAM3271-0057 2022-10-20</p>  <p>MSB-LAM3271-0057 2022-07-20</p>  <p>MSB-LAM3271-0057 2022-06-24</p> 	<p>MSB-LAM3271-0057 2023-10-03</p>  <p>MSB-LAM3271-0057 2023-07-11</p>  <p>MSB-LAM3271-0057 2023-04-25</p>  <p>MSB-LAM3271-0057 2023-01-11</p> 	<p>MSB-LAM3271-0057 2024-10-03</p>  <p>MSB-LAM3271-0057 2024-07-04</p>  <p>MSB-LAM3271-0057 2024-04-03</p>  <p>MSB-LAM3271-0057 2024-01-09</p> 

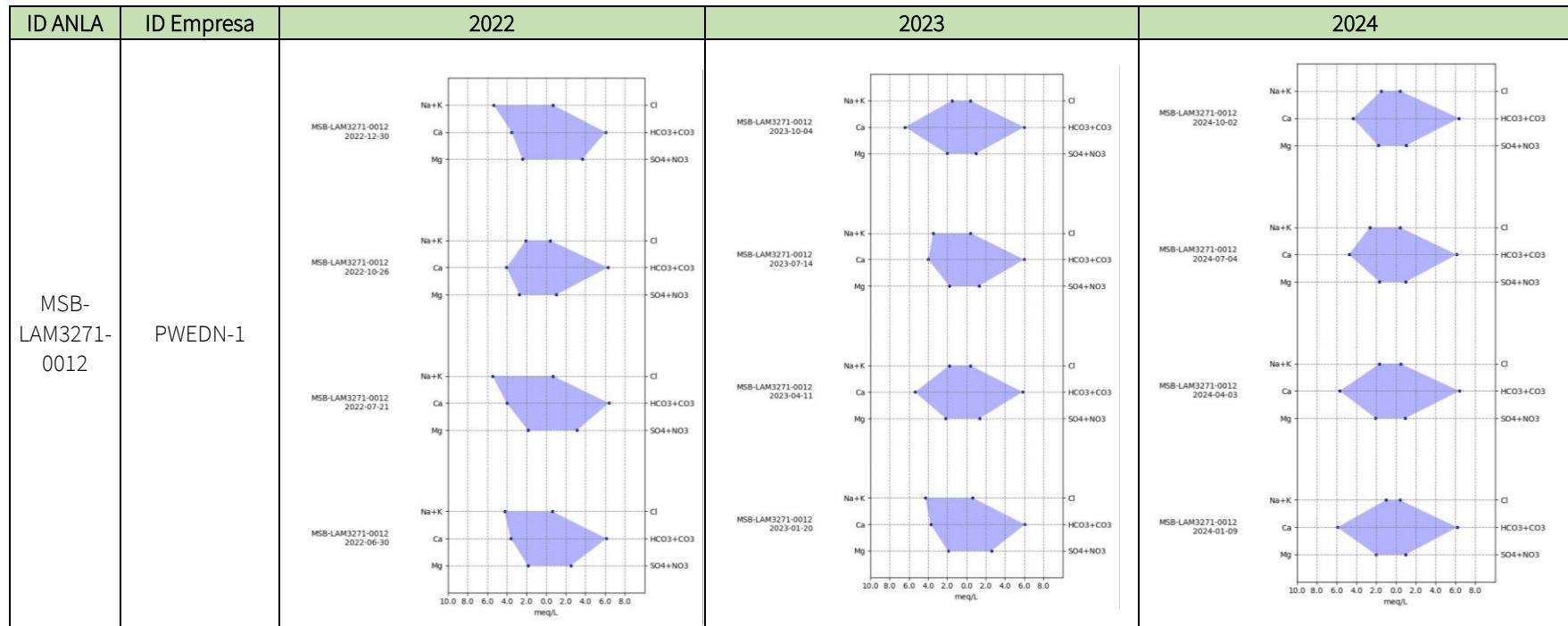


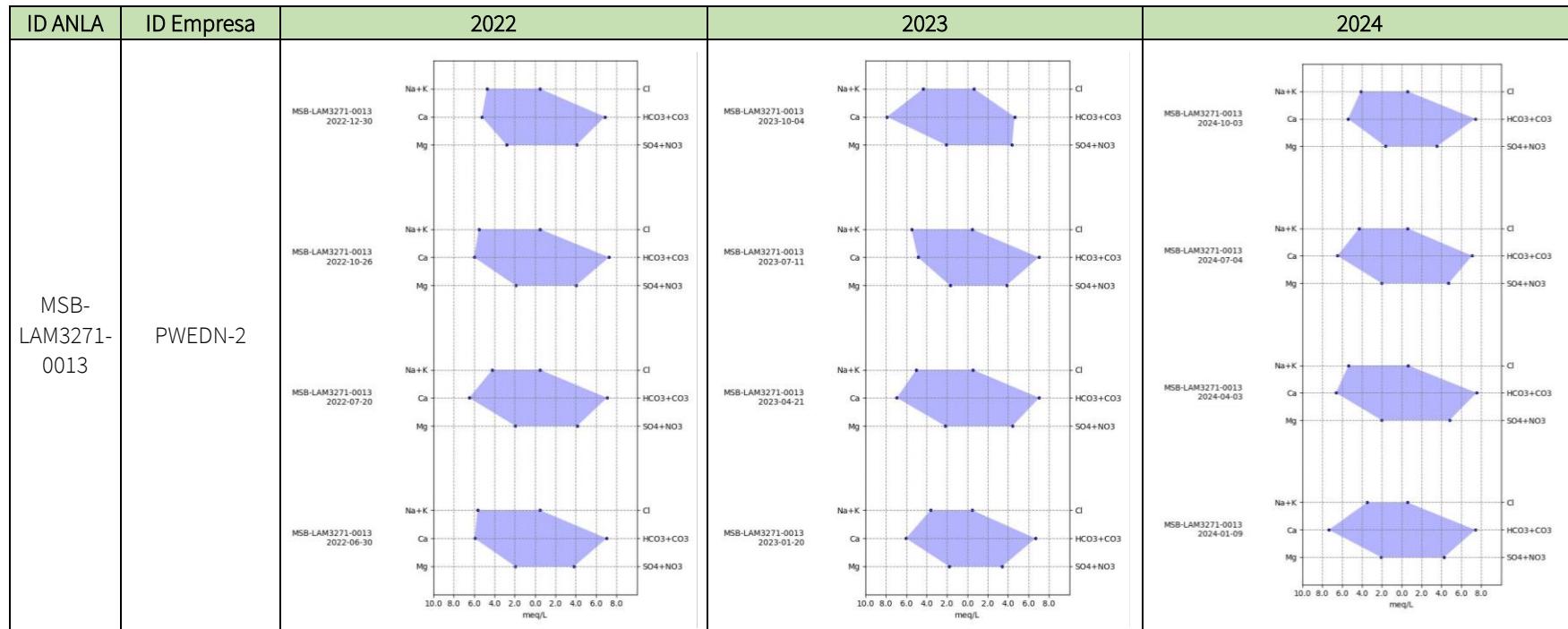




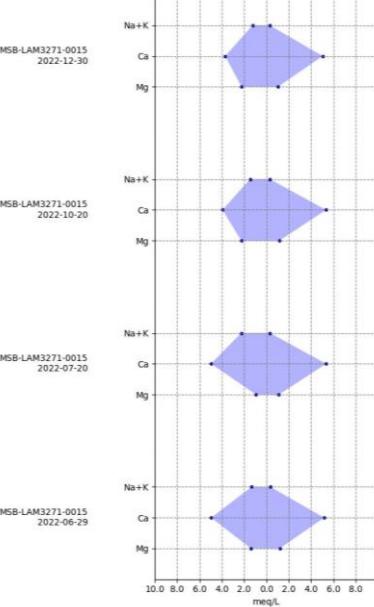
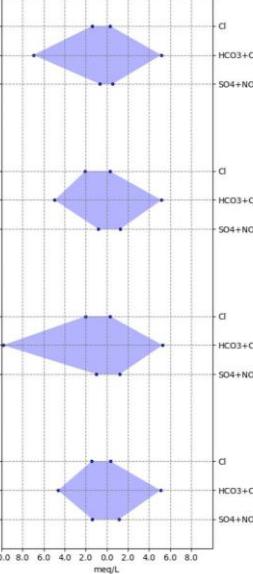
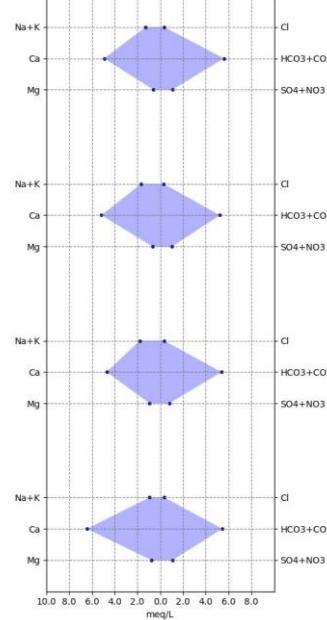
Depósitos Aluviales – Formación Cuesta

ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3199-005	PZ-H-02-PIEZOMETRO	<p>MSB-LAM3199-005 2022-07-06</p> <p>MSB-LAM3199-005 2022-05-27</p> <p>MSB-LAM3199-005 2022-03-31</p>	<p>MSB-LAM3199-005 2023-07-06</p>	<p>MSB-LAM3199-005 2024-11-24</p> <p>MSB-LAM3199-005 2024-06-28</p>







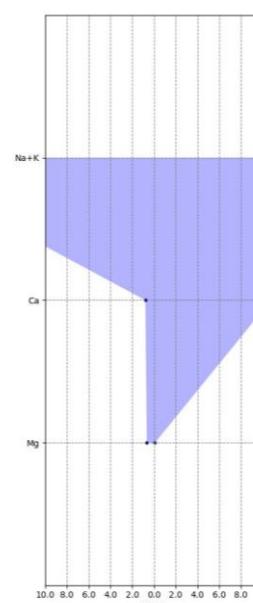
ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3271-0015	PWEDN-4	 MSB-LAM3271-0015 2022-12-30	 MSB-LAM3271-0015 2023-10-03	 MSB-LAM3271-0015 2024-10-03



ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM0027-0008	Pozo No. 9	<p>MSB-LAM0027-0008 2022-10-26</p> <p>MSB-LAM0027-0008 2022-07-27</p> <p>MSB-LAM0027-0008 2022-04-07</p>	<p>MSB-LAM0027-0008 2023-10-03</p> <p>MSB-LAM0027-0008 2023-07-18</p> <p>MSB-LAM0027-0008 2023-04-11</p> <p>MSB-LAM0027-0008 2023-01-17</p>	<p>MSB-LAM0027-0008 2024-10-15</p> <p>MSB-LAM0027-0008 2024-07-03</p> <p>MSB-LAM0027-0008 2024-04-02</p> <p>MSB-LAM0027-0008 2024-01-10</p>



Formación Barco

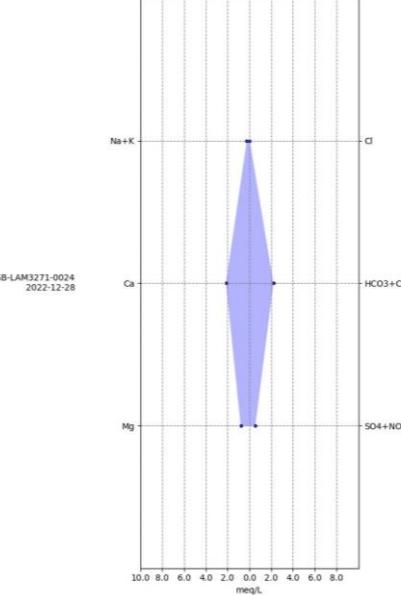
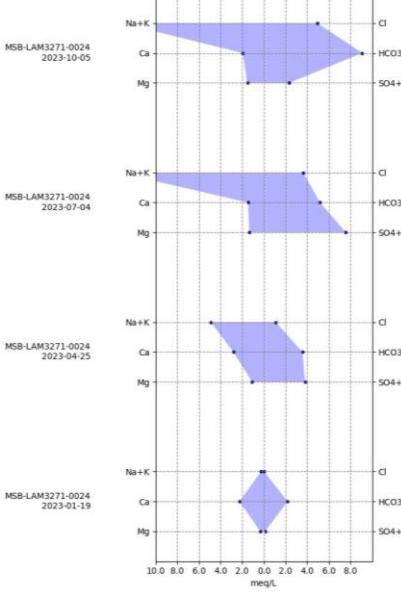
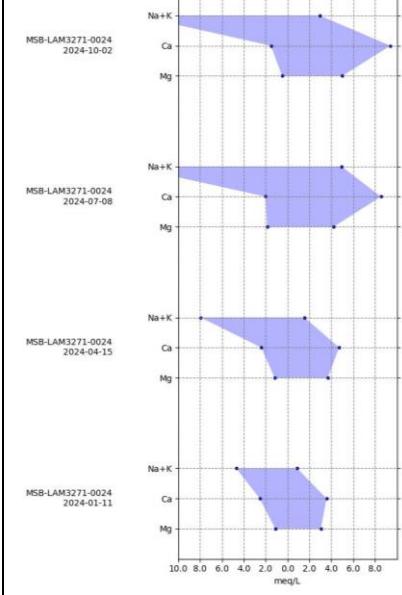
ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3271-0016	PZ08		 MSB-LAM3271-0016 2023-10-05 MSB-LAM3271-0016 2023-07-04 MSB-LAM3271-0016 2023-04-14 MSB-LAM3271-0016 2023-01-19	 MSB-LAM3271-0016 2024-10-02 MSB-LAM3271-0016 2024-07-03 MSB-LAM3271-0016 2024-04-15 MSB-LAM3271-0016 2024-01-17



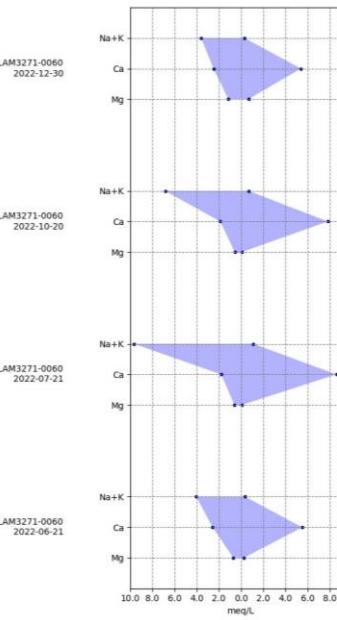
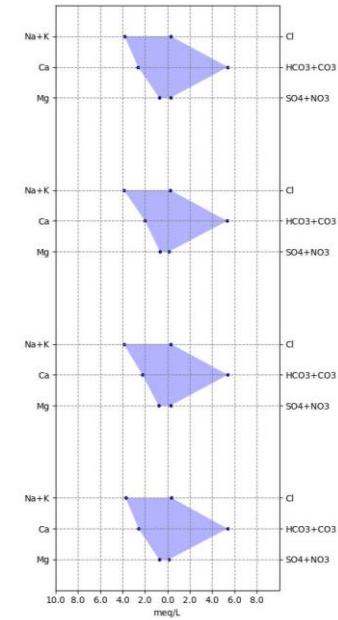
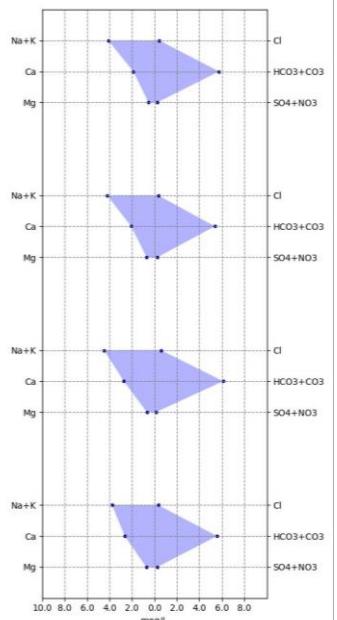


ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3271-0017	PZ09			



ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3271-0024	PZ16	 MSB-LAM3271-0024 2022-12-28	 MSB-LAM3271-0024 2023-10-05 MSB-LAM3271-0024 2023-07-04 MSB-LAM3271-0024 2023-04-25 MSB-LAM3271-0024 2023-01-19	 MSB-LAM3271-0024 2024-10-02 MSB-LAM3271-0024 2024-07-08 MSB-LAM3271-0024 2024-04-15 MSB-LAM3271-0024 2024-01-11



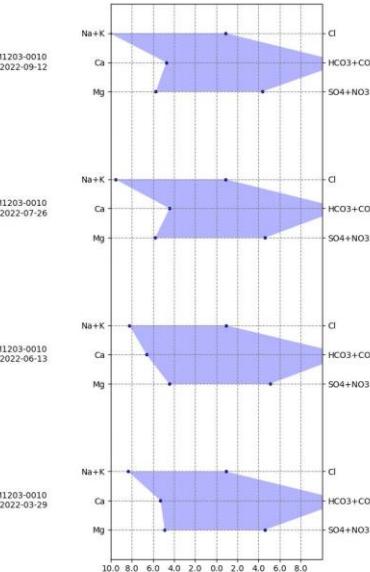
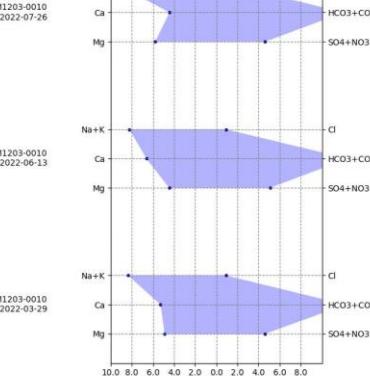
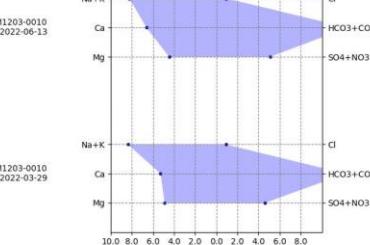
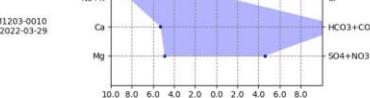
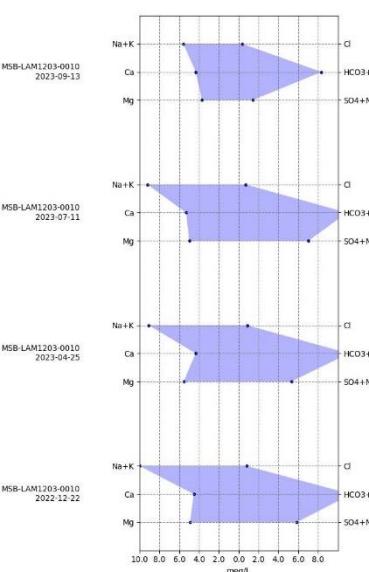
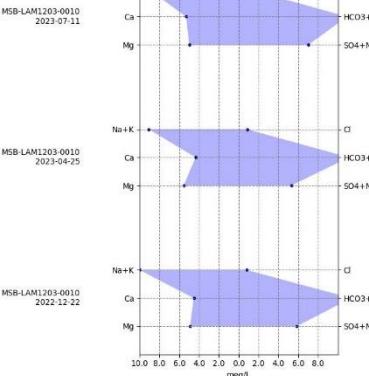
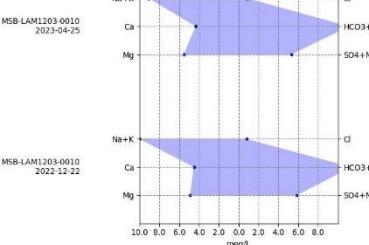
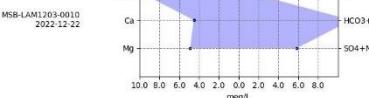
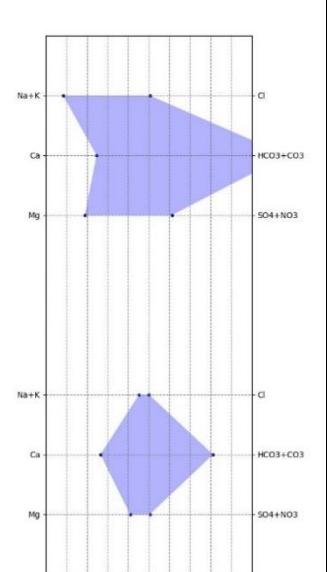
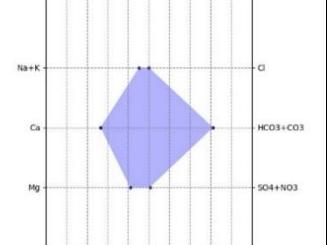
ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3271-0060	PWEDN-8	 MSB-LAM3271-0060 2022-12-30	 MSB-LAM3271-0060 2023-10-04	 MSB-LAM3271-0060 2024-10-03



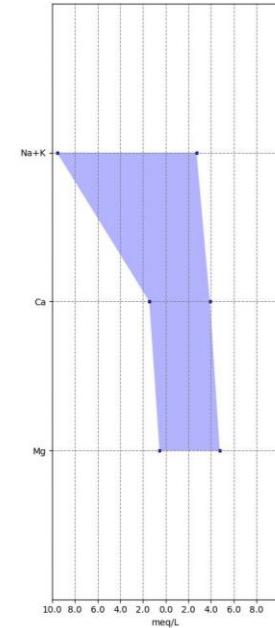
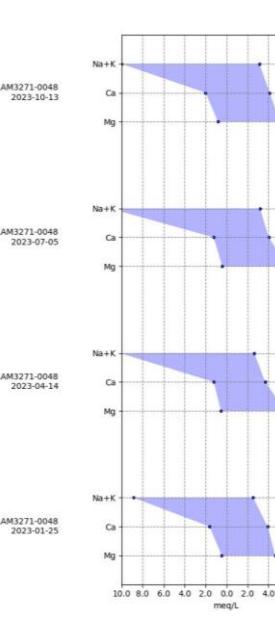
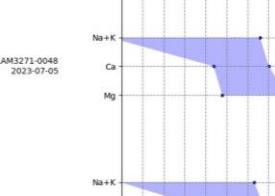
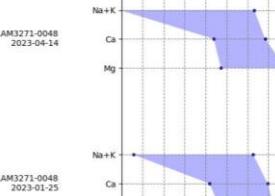
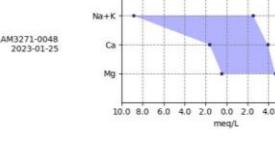
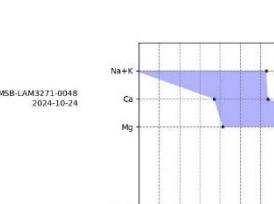
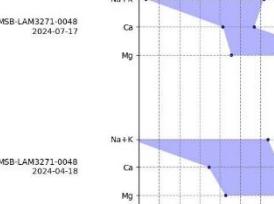
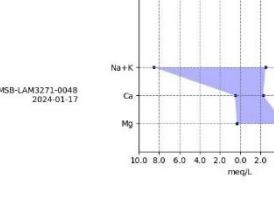
ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM0027-0010	Pozo 12	 MSB-LAM0027-0010 2022-10-21 MSB-LAM0027-0010 2022-07-27 MSB-LAM0027-0010 2022-04-07	 MSB-LAM0027-0010 2023-10-04 MSB-LAM0027-0010 2023-07-18 MSB-LAM0027-0010 2023-01-17	 MSB-LAM0027-0010 2024-10-15 MSB-LAM0027-0010 2024-07-03 MSB-LAM0027-0010 2024-04-02 MSB-LAM0027-0010 2024-01-10



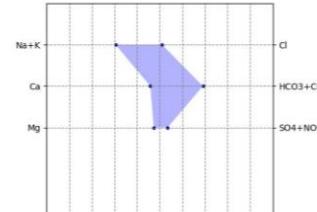
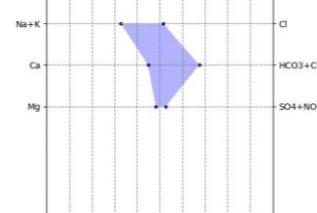
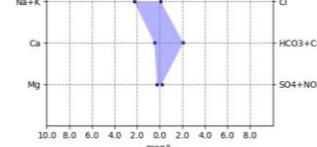
Formación Cuervos

ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM1203-0010	PZ-47	<p>MSB-LAM1203-0010 2022-09-12</p>  <p>MSB-LAM1203-0010 2022-07-26</p>  <p>MSB-LAM1203-0010 2022-06-13</p>  <p>MSB-LAM1203-0010 2022-03-29</p> 	<p>MSB-LAM1203-0010 2023-09-13</p>  <p>MSB-LAM1203-0010 2023-07-11</p>  <p>MSB-LAM1203-0010 2023-04-25</p>  <p>MSB-LAM1203-0010 2022-12-22</p> 	<p>MSB-LAM1203-0010 2024-04-24</p>  <p>MSB-LAM1203-0010 2023-12-13</p> 

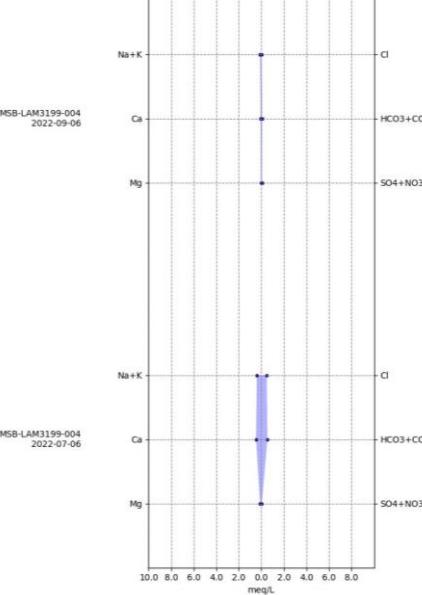


ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3271-0048	PZ48		   	  



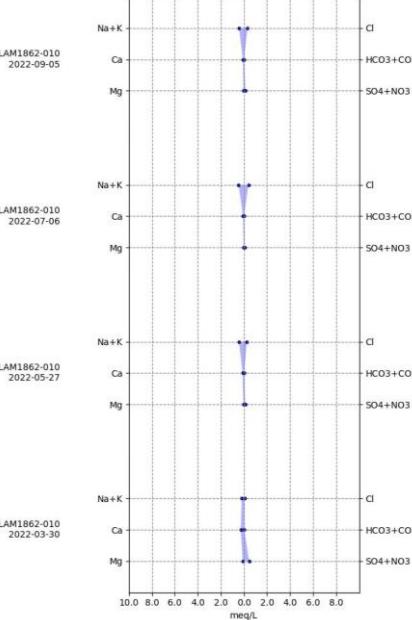
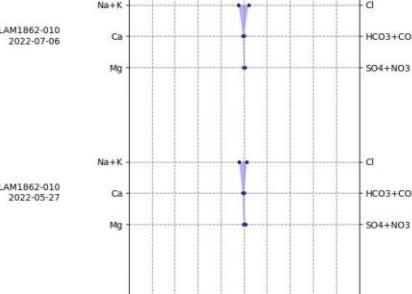
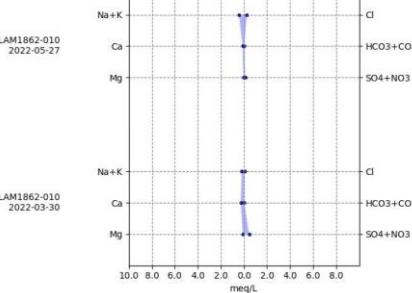
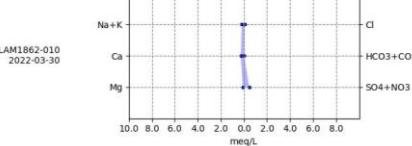
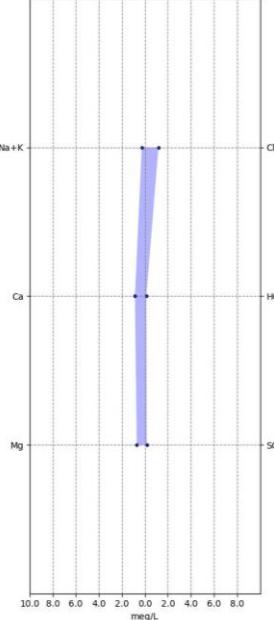
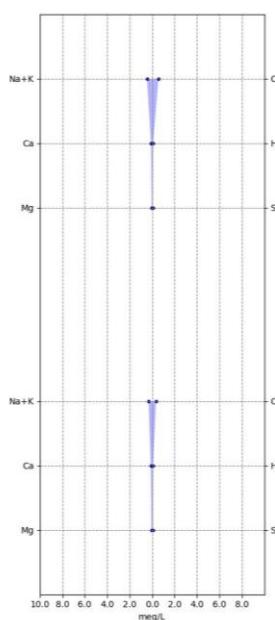
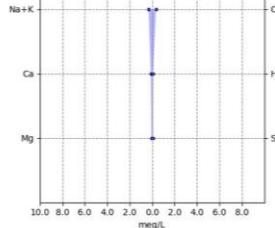
ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM1862-007	PZ-H-18-01 PIEZOMETRO	<p>MSB-LAM1862-007 2022-09-06</p>  <p>MSB-LAM1862-007 2022-07-06</p>  <p>MSB-LAM1862-007 2022-05-27</p> 	No aplica	No aplica



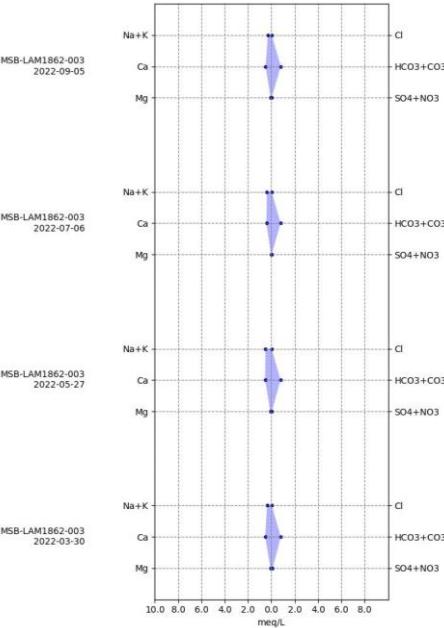
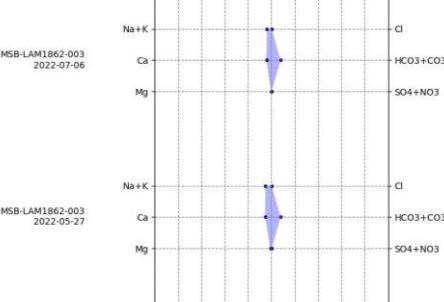
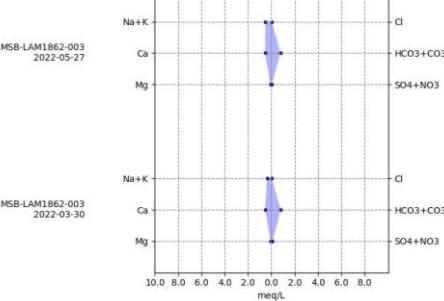
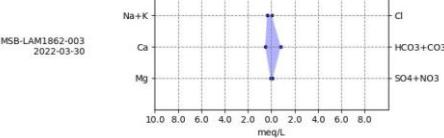
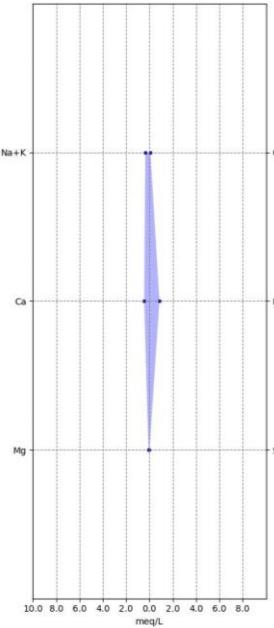
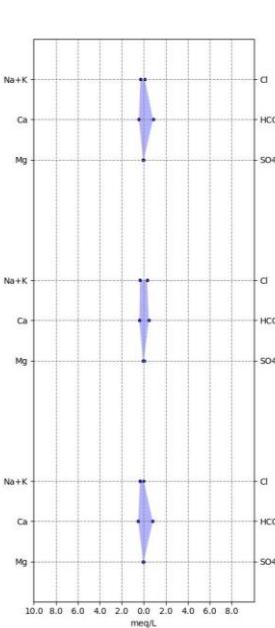
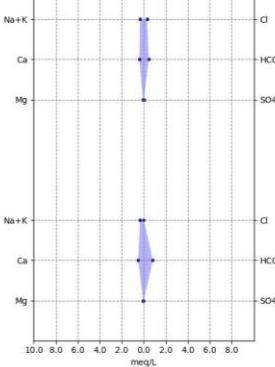
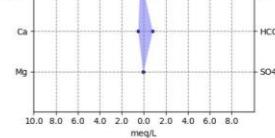
ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3199-004	48-I-A-28 N.º 1 PIEZOMETRO	 <p>MSB-LAM3199-004 2022-09-06</p> <p>MSB-LAM3199-004 2022-07-06</p>	No aplica	No aplica



Formación Cuesta

ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM1862-010	47-II-B-173 POZO	<p>MSB-LAM1862-010 2022-09-05</p>  <p>MSB-LAM1862-010 2022-07-06</p>  <p>MSB-LAM1862-010 2022-05-27</p>  <p>MSB-LAM1862-010 2022-03-30</p> 	<p>MSB-LAM1862-010 2023-03-30</p> 	<p>MSB-LAM1862-010 2024-11-25</p>  <p>MSB-LAM1862-010 2024-08-29</p> 

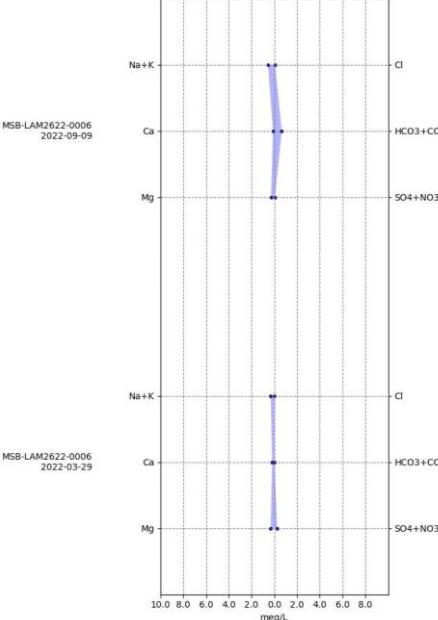
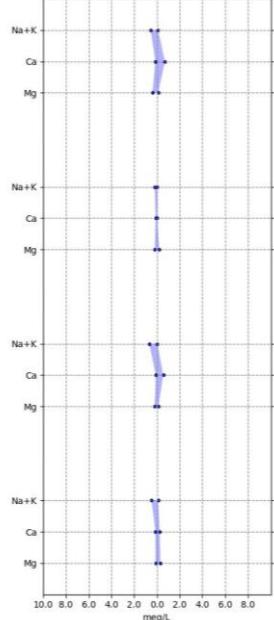
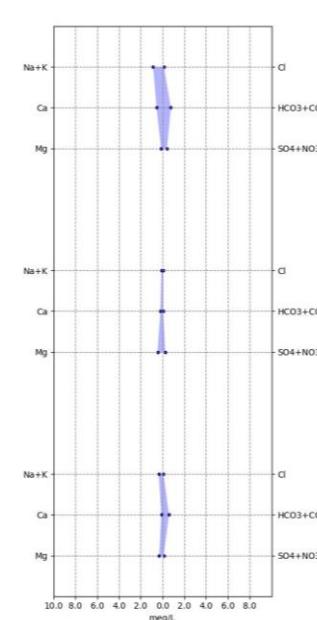


ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM1862-003	47-II-B-00 POZO	<p>MSB-LAM1862-003 2022-09-05</p>  <p>MSB-LAM1862-003 2022-07-06</p>  <p>MSB-LAM1862-003 2022-05-27</p>  <p>MSB-LAM1862-003 2022-03-30</p> 	<p>MSB-LAM1862-003 2023-07-07</p> 	<p>MSB-LAM1862-003 2024-11-25</p>  <p>MSB-LAM1862-003 2024-08-29</p>  <p>MSB-LAM1862-003 2024-06-28</p> 



ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM1862-009	47-II-B-165 POZO	<p>MSB-LAM1862-009 2022-09-05</p> <p>MSB-LAM1862-009 2022-07-06</p> <p>MSB-LAM1862-009 2022-05-27</p> <p>MSB-LAM1862-009 2022-03-30</p> <p>MSB-LAM1862-009 2023-07-07</p> <p>MSB-LAM1862-009 2024-11-25</p> <p>MSB-LAM1862-009 2024-08-29</p>		

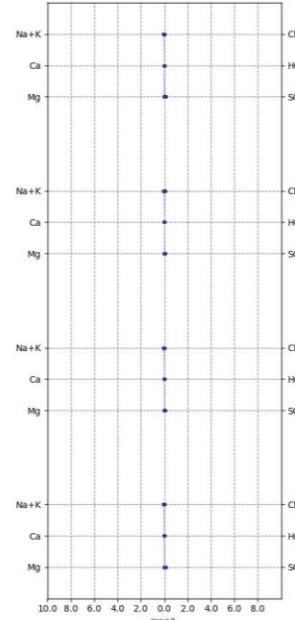
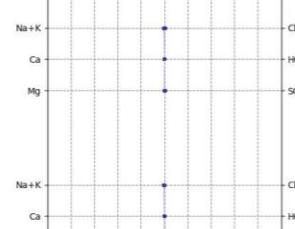
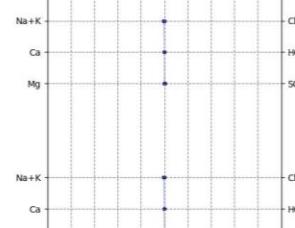
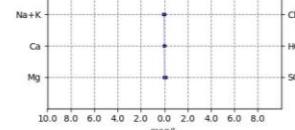
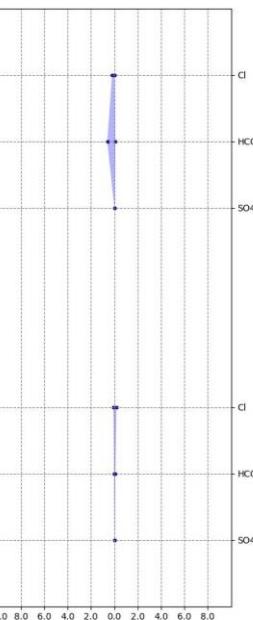
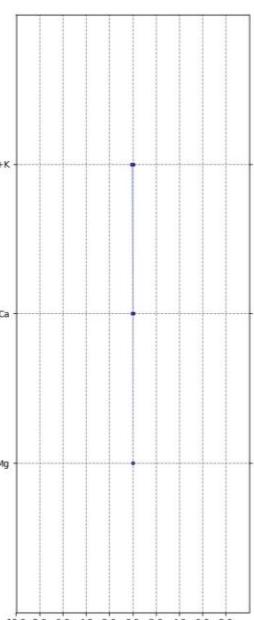


ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM2622-0006	Pozo Nuevo	 <p>MSB-LAM2622-0006 2022-03-29</p> <p>MSB-LAM2622-0006 2022-09-09</p> <p>MSB-LAM2622-0006 2023-04-20</p> <p>MSB-LAM2622-0006 2023-11-30</p> <p>MSB-LAM2622-0006 2023-12-22</p> <p>MSB-LAM2622-0006 2024-04-19</p> <p>MSB-LAM2622-0006 2024-07-20</p>	 <p>MSB-LAM2622-0006 2023-07-12</p>	 <p>MSB-LAM2622-0006 2023-12-05</p>

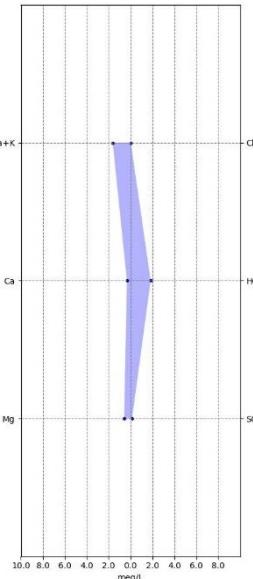


ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3199-002	47-II-B-08 POZO	<p>MSB-LAM3199-002 2022-07-06</p> <p>MSB-LAM3199-002 2022-05-27</p> <p>MSB-LAM3199-002 2022-03-31</p>	<p>MSB-LAM3199-002 2023-09-05</p>	No aplica

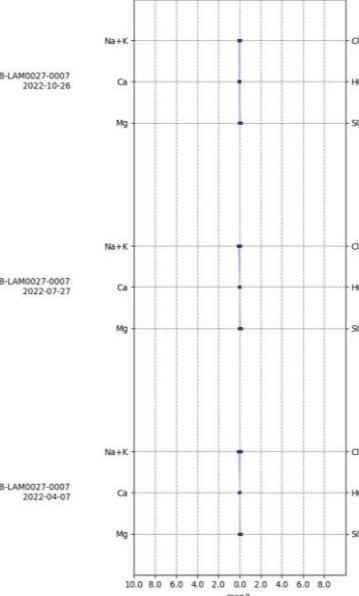
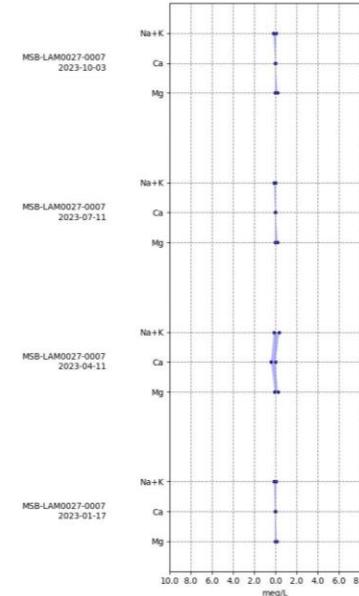
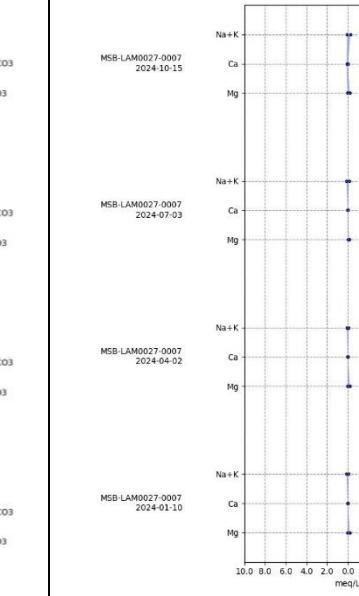


ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024	
MSB-LAM3199-001	48-I-A-100 POZO	<p>MSB-LAM3199-001 2022-09-06</p>  <p>MSB-LAM3199-001 2022-07-06</p>  <p>MSB-LAM3199-001 2022-05-27</p>  <p>MSB-LAM3199-001 2022-03-30</p>  <p>10.0 8.0 6.0 4.0 2.0 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 meq/L</p> <p>MSB-LAM3199-001 2023-09-05</p>  <p>MSB-LAM3199-001 2023-07-06</p>  <p>10.0 8.0 6.0 4.0 2.0 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 meq/L</p> <p>MSB-LAM3199-001 2024-06-28</p>  <p>10.0 8.0 6.0 4.0 2.0 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 meq/L</p>			

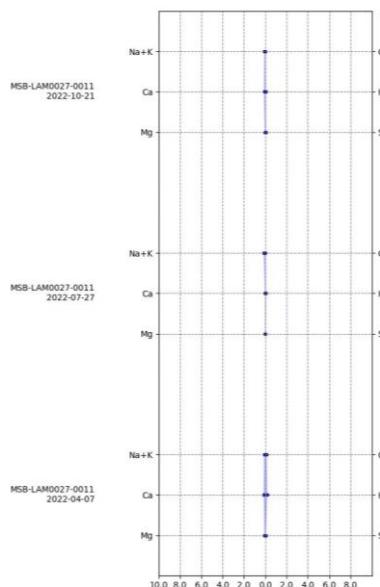
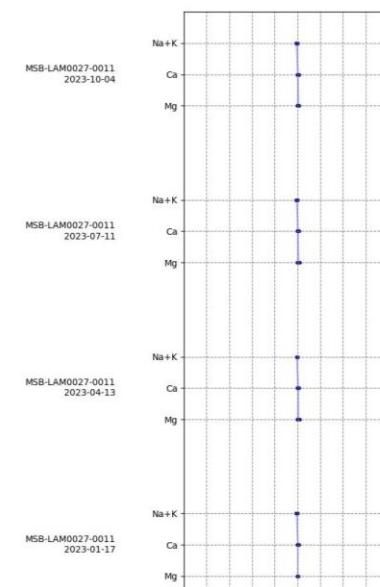
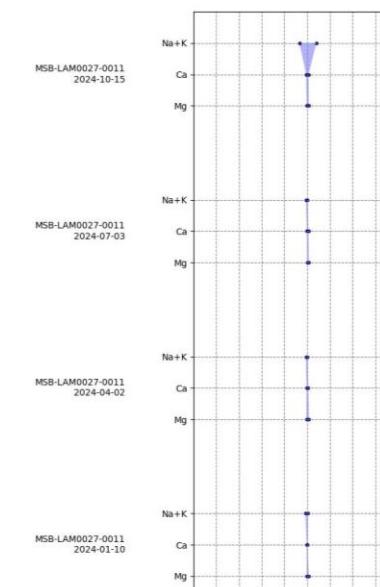


ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3199-006	48-I-A-30 N.º 3 PIEZOMETRO	<p>MSB-LAM3199-006 2022-03-31</p> 	No aplica	No aplica

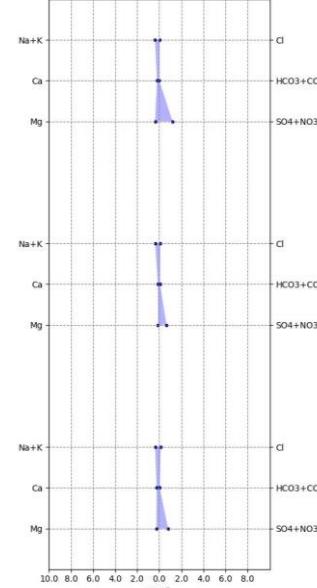
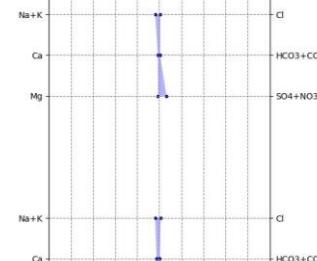
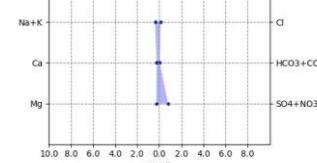
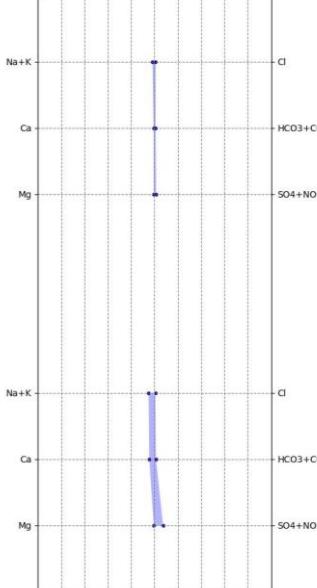
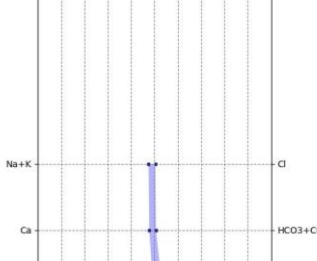


ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM0027-0007	Pozo No. 8	 MSB-LAM0027-0007 2022-10-26	 MSB-LAM0027-0007 2023-10-03	 MSB-LAM0027-0007 2024-10-15

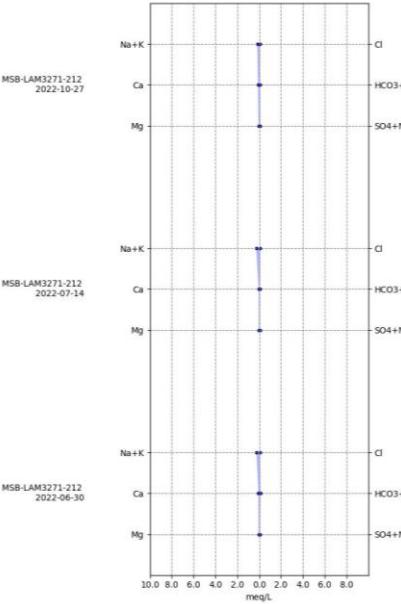
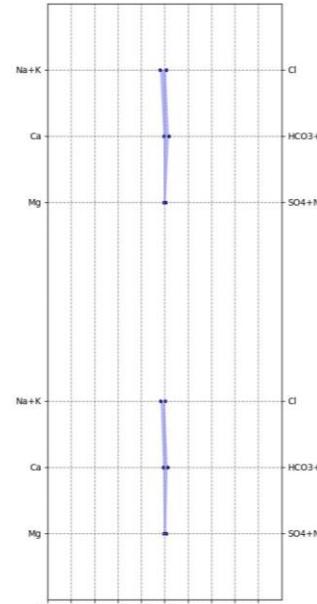
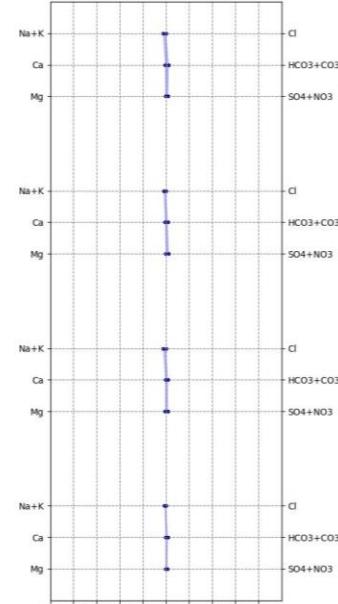


ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM0027-0011	Pozo 14	 <p>MSB-LAM0027-0011 2022-10-21</p> <p>MSB-LAM0027-0011 2022-07-27</p> <p>MSB-LAM0027-0011 2022-04-07</p>	 <p>MSB-LAM0027-0011 2023-10-04</p> <p>MSB-LAM0027-0011 2023-07-11</p> <p>MSB-LAM0027-0011 2023-04-13</p> <p>MSB-LAM0027-0011 2023-01-17</p>	 <p>MSB-LAM0027-0011 2024-10-15</p> <p>MSB-LAM0027-0011 2024-07-03</p> <p>MSB-LAM0027-0011 2024-04-02</p> <p>MSB-LAM0027-0011 2024-01-10</p>

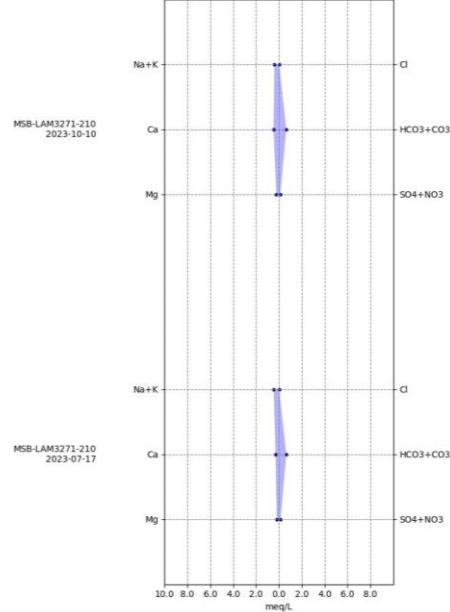
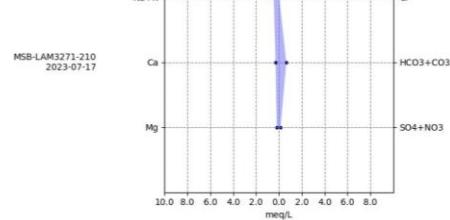
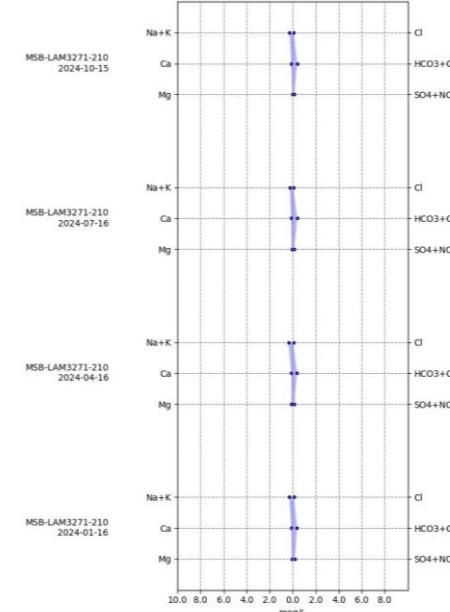


ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM1862-004	47-II-B-147 POZO	<p>MSB-LAM1862-004 2022-09-06</p>  <p>MSB-LAM1862-004 2022-07-06</p>  <p>MSB-LAM1862-004 2022-05-27</p> 	No aplica	<p>MSB-LAM1862-004 2024-11-25</p>  <p>MSB-LAM1862-004 2024-06-28</p> 



ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024
MSB-LAM3271-212	PZEC1AR	 <p>MSB-LAM3271-212 2022-06-30</p> <p>MSB-LAM3271-212 2022-07-14</p> <p>MSB-LAM3271-212 2022-10-27</p>	 <p>MSB-LAM3271-212 2023-07-17</p> <p>MSB-LAM3271-212 2023-10-10</p>	 <p>MSB-LAM3271-212 2024-01-10</p> <p>MSB-LAM3271-212 2024-04-02</p> <p>MSB-LAM3271-212 2024-07-03</p> <p>MSB-LAM3271-212 2024-10-15</p>



ID ANLA	ID Empresa	2022	2023	2024	
MSB-LAM3271-210	PZEC3AR	No aplica	 <p>MSB-LAM3271-210 2023-10-10</p> <p>10.0 8.0 6.0 4.0 2.0 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 meq/L</p> <p>Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg</p> <p>Cl HCO3+CO3 SO4+NO3 HCO3+CO3 SO4+NO3 HCO3+CO3 SO4+NO3 Cl HCO3+CO3 SO4+NO3 Cl HCO3+CO3 SO4+NO3</p>	 <p>MSB-LAM3271-210 2023-07-17</p> <p>10.0 8.0 6.0 4.0 2.0 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 meq/L</p> <p>Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg</p> <p>Cl HCO3+CO3 SO4+NO3 HCO3+CO3 SO4+NO3 HCO3+CO3 SO4+NO3 Cl HCO3+CO3 SO4+NO3 Cl HCO3+CO3 SO4+NO3</p>	 <p>MSB-LAM3271-210 2024-10-15</p> <p>10.0 8.0 6.0 4.0 2.0 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 meq/L</p> <p>Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg Na+K Ca Mg</p> <p>Cl HCO3+CO3 SO4+NO3 Cl HCO3+CO3 SO4+NO3 Cl HCO3+CO3 SO4+NO3 Cl HCO3+CO3 SO4+NO3 Cl HCO3+CO3 SO4+NO3</p>