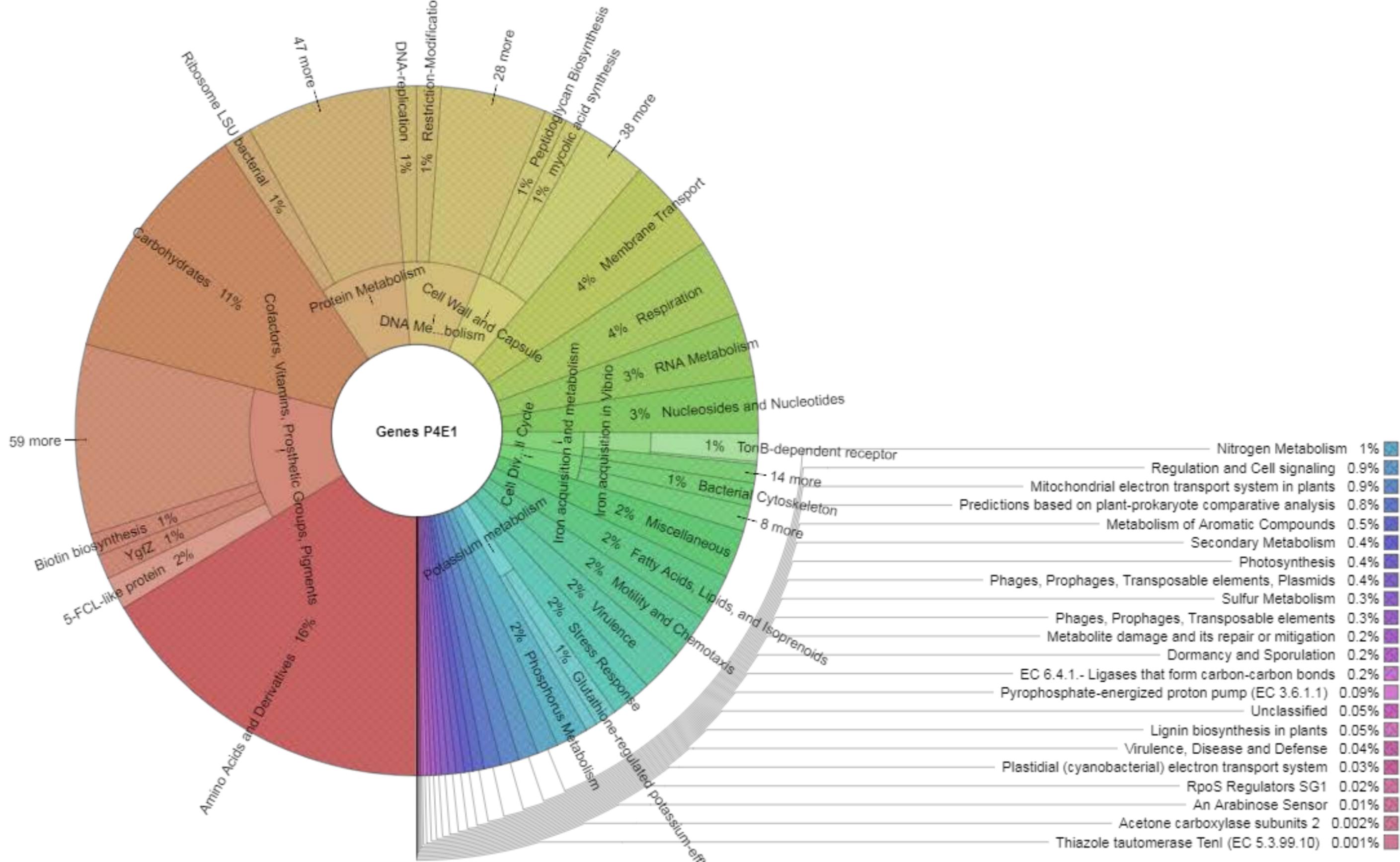
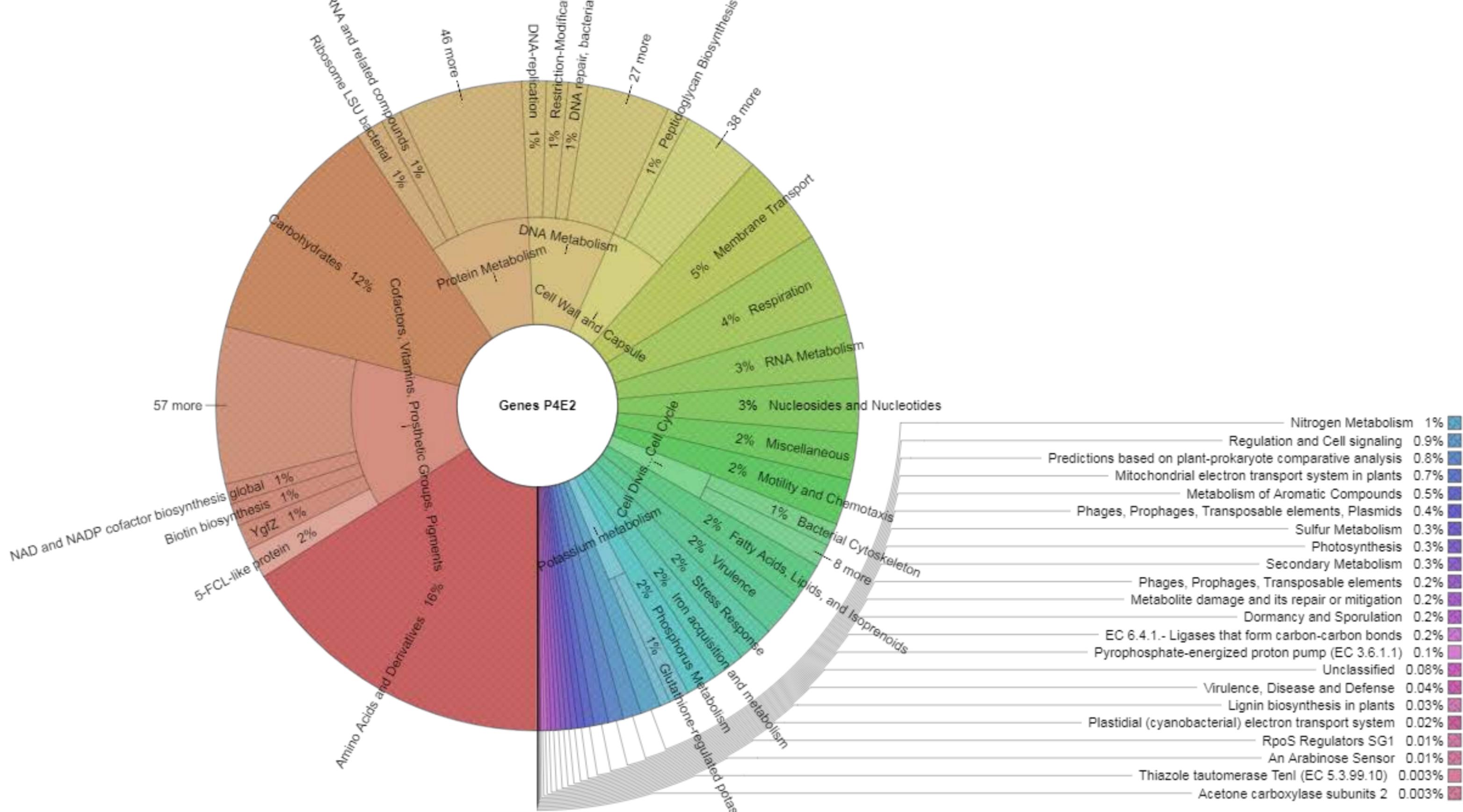
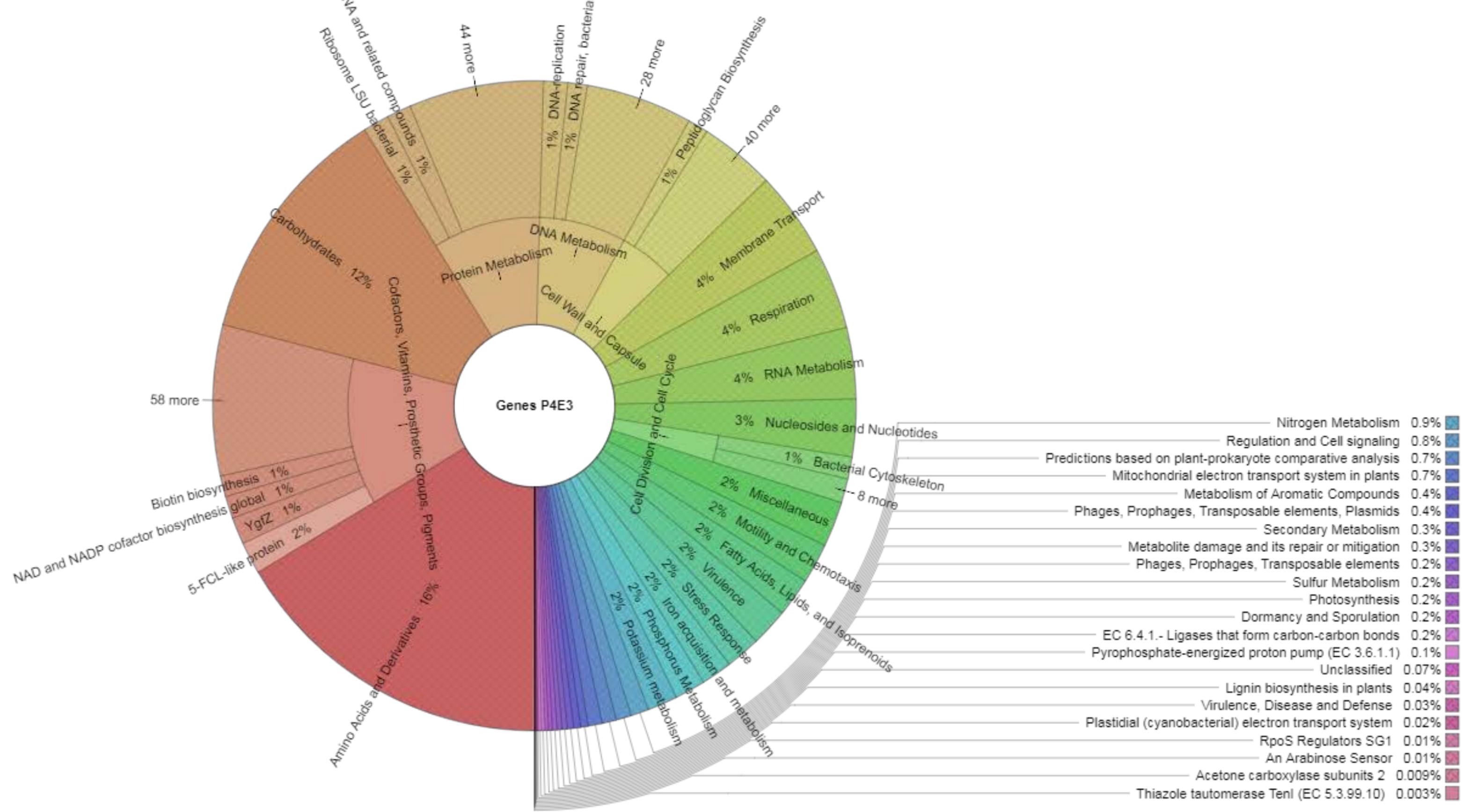
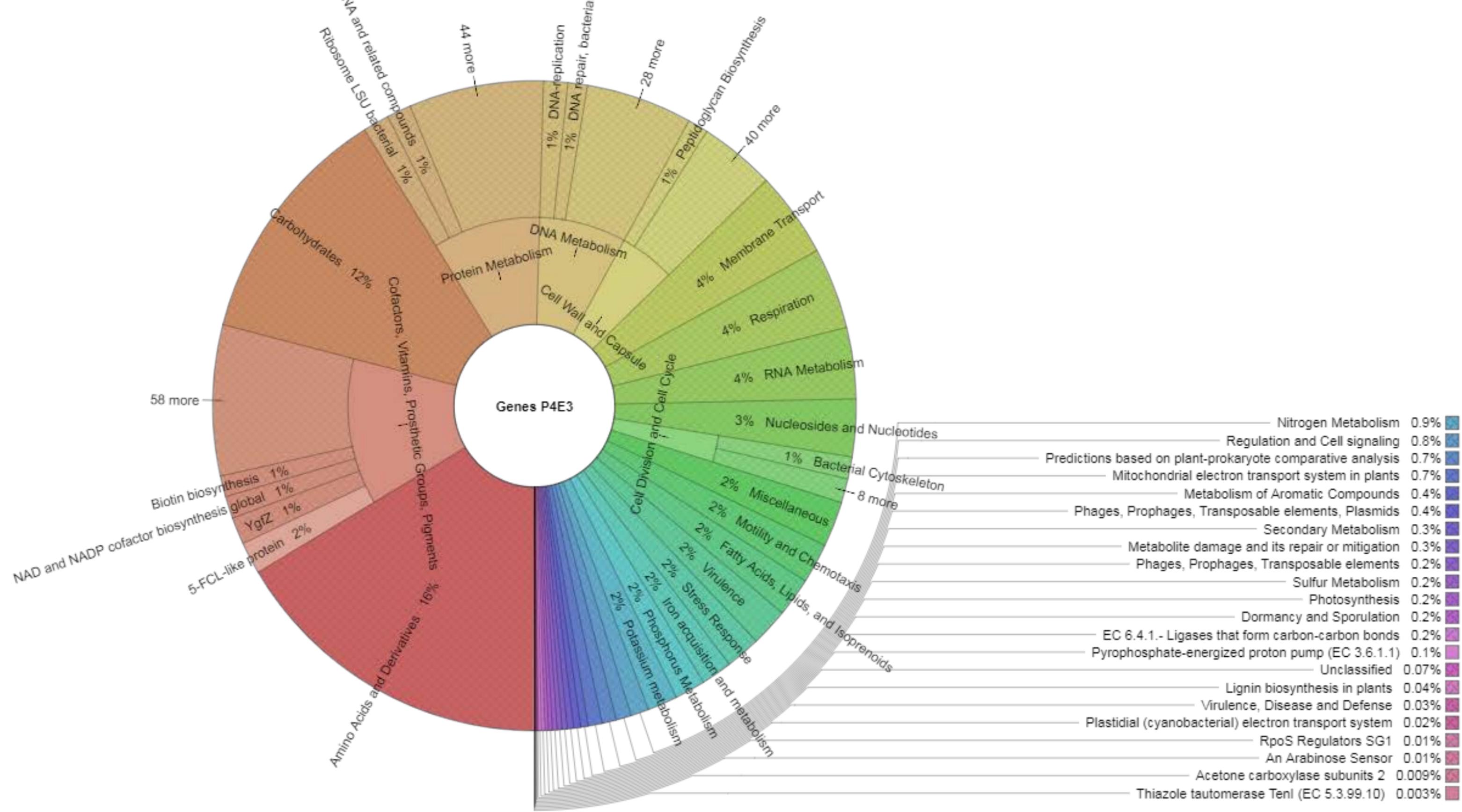


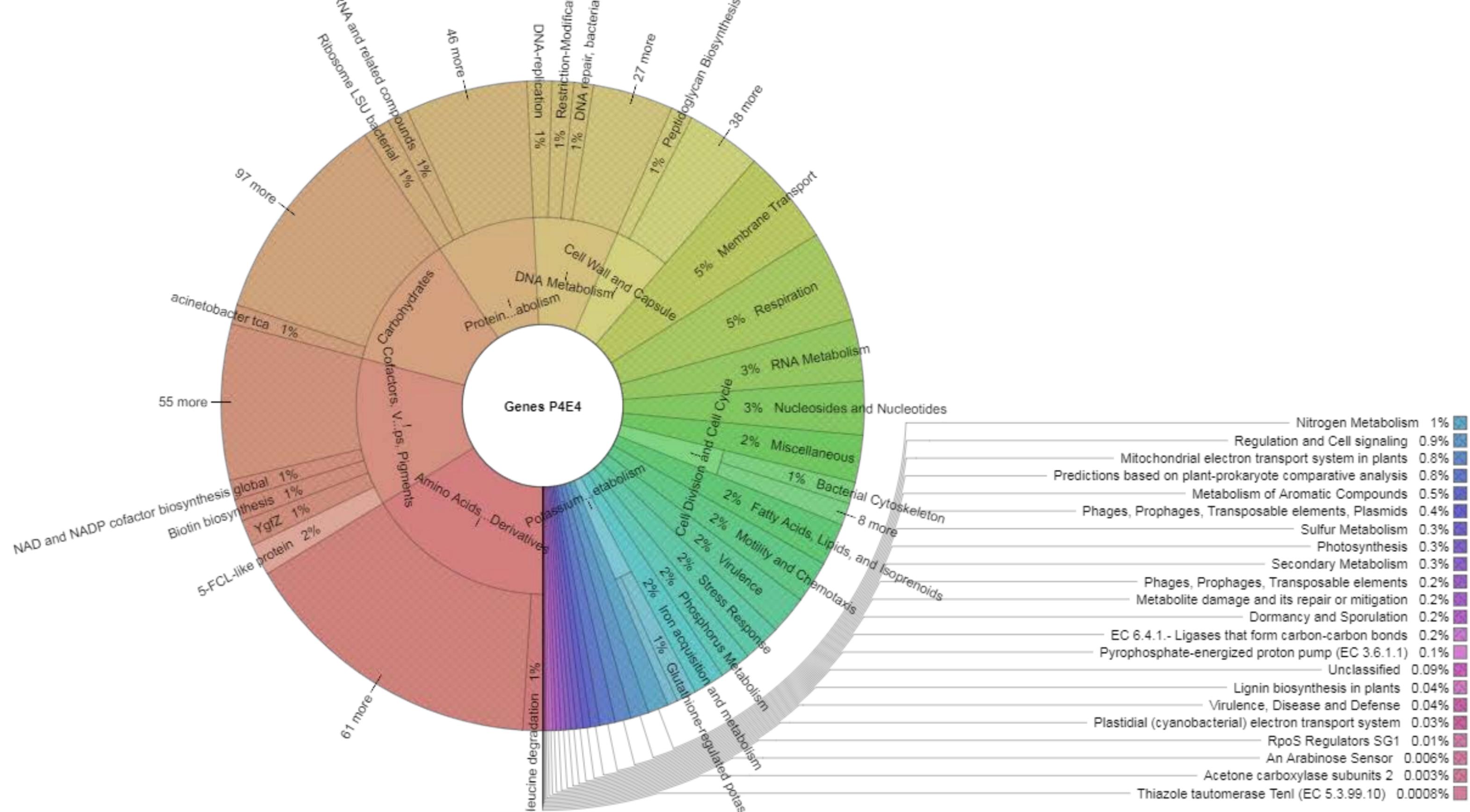
| | |
|--|---------|
| Secondary Metabolism | 1% |
| Nitrogen Metabolism | 1% |
| Mitochondrial electron transport system in plants | 0.9% |
| Predictions based on plant-prokaryote comparative analysis | 0.8% |
| Regulation and Cell signaling | 0.8% |
| Metabolism of Aromatic Compounds | 0.8% |
| Phages, Prophages, Transposable elements, Plasmids | 0.4% |
| Sulfur Metabolism | 0.4% |
| Phages, Prophages, Transposable elements | 0.2% |
| Metabolite damage and its repair or mitigation | 0.2% |
| EC 6.4.1.- Ligases that form carbon-carbon bonds | 0.2% |
| Dormancy and Sporulation | 0.2% |
| Photosynthesis | 0.1% |
| Pyrophosphate-energized proton pump (EC 3.6.1.1) | 0.1% |
| Unclassified | 0.06% |
| Plant cell walls and outer surfaces | 0.05% |
| Virulence, Disease and Defense | 0.03% |
| RpoS Regulators SG1 | 0.02% |
| Plastidial (cyanobacterial) electron transport system | 0.01% |
| An Arabinose Sensor | 0.004% |
| Thiazole tautomerase TenI (EC 5.3.99.10) | 0.0009% |
| Acetone carboxylase subunits 2 | 0.0009% |

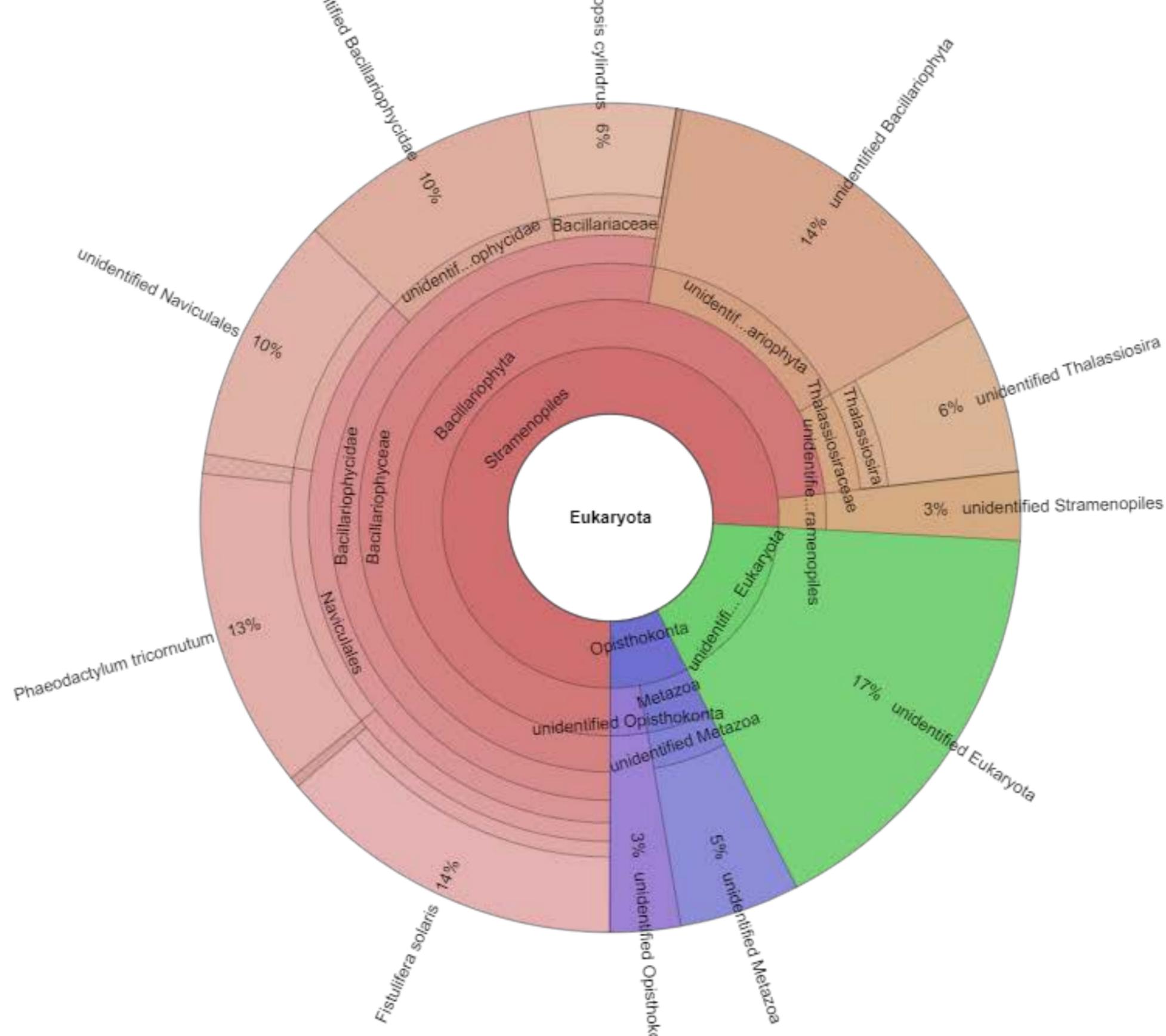












**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA

**Centro de Biotecnología
Universidad Católica del Norte**

INFORME FINAL, JUNIO 2018

Dra. Cecilia Demergasso

Dra. Lorena Escudero

Dr. Alex Echeverría

Índice de Contenido

| | |
|--|----|
| Índice de Tablas | 4 |
| Índice de figuras | 4 |
| 1. Antecedentes generales | 6 |
| 2. Equipo de trabajo..... | 6 |
| Dra. Cecilia Demergasso | 6 |
| Dra. Lorena Escudero..... | 6 |
| Dr Alex Echeverría Vega | 7 |
| Ing. Roberto Veliz | 7 |
| Ing. Priscilla Avendaño Carvajal | 8 |
| 3. Metodología..... | 9 |
| 3.1 Lugar de obtención y manejo de testigos..... | 9 |
| 3.3 Mediciones <i>in situ</i> | 12 |
| 3.4 Extracción de ADN multi-genómico..... | 13 |
| 3.5 Secuenciación y análisis bioinformático | 14 |
| 3.6 Análisis de metagenomas | 14 |
| 4. Resultados..... | 17 |
| 4.2 Análisis físico-químicos de las salmueras | 17 |
| 4.3 Análisis del ADN | 22 |
| 4.4 Secuenciación | 23 |
| 4.5 Diversidad | 24 |
| 4.6 Composición de las comunidades..... | 25 |
| 4.7 Abundancia y distribución de microorganismos fototróficos..... | 41 |
| 4.8 Distribución de los metabolismos..... | 43 |
| 5. Discusión | 64 |
| 6. Conclusiones | 67 |
| 7. Bibliografía..... | 68 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Ubicación espacial georreferenciadas de las estaciones incluidas en la campaña de toma de muestras en el sector de los puquios del Salar de Llamara (WGS 84 UTM Zona 19 Sur)..... | 9 |
| Tabla 2: Resumen de herramientas bioinformáticas utilizadas. | 17 |
| Tabla 3: Promedio de radiación solar por rango horario medido el día de muestreo. | 18 |
| Tabla 4: Parámetros físico-químicos obtenidos In-situ..... | 18 |
| Tabla 5: Resultados de los análisis químicos de las salmueras..... | 19 |
| Tabla 6: Descripción y cuantificación de las muestras de ADN..... | 22 |
| Tabla 7: Información inicial de los metagenomas obtenidos. | 24 |
| Tabla 8: Índices de diversidad..... | 25 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Ubicación de los puntos de muestreo biótico (puntos rojos) de las estructuras de depositación de yeso del Salar de Llamara. | 10 |
| Figura 2: A) Proceso de obtención de testigos desde estructuras de depositación de yeso B) detalle del tubo recolector. | 11 |
| Figura 3: Muestra testigo recolectada. | 11 |
| Figura 4: Determinación <i>in-situ</i> de parámetros fisicoquímicos. A) Medición de radiación y salinidad; B) Mediciones Multiparamétricas en agua; Cy D) Procesamiento de testigo. | 12 |
| Figura 5: Modelo esquemático de un testigo, indicando la posición de los estratos secuenciados. | 13 |
| Figura 6: Equipo de trabajo realizando el procesamiento para la separación de los estratos de las muestras de cada puquio para la extracción de ADN. | 14 |
| Figura 7: Esquema general de trabajo con secuencias de metagenomas. | 15 |
| Figura 8: Gel de agarosa con las bandas correspondientes a los ADN extraídos. Carril L, Ladder 1Kb, C(-), Control negativo. | 23 |
| Figura 9: Taxonomía P1E1..... | 26 |
| Figura 10: Taxonomía P1E2..... | 27 |
| Figura 11: Taxonomía P1E3..... | 28 |
| Figura 12: Taxonomía P1E4..... | 29 |
| Figura 13: Taxonomía P3E1..... | 30 |
| Figura 14: Taxonomía P3E2..... | 31 |
| Figura 15: Taxonomía P3E3..... | 32 |
| Figura 16: Taxonomía P3E4..... | 33 |
| Figura 17: Taxonomía P4E1..... | 34 |
| Figura 18: Taxonomía P4E2..... | 35 |
| Figura 19: Taxonomía P4E3..... | 36 |
| Figura 20: Taxonomía P4E4..... | 37 |



Figura 21: Abundancia de microorganismos por Clase. Se incluye hasta el 80% del total de microorganismos, el 20% restante, se agrupó como “Otros minoritarios”. 39

Figura 22: Análisis de similitud entre las muestras, basado en su taxonomía..... 40

Figura 23: Análisis MDS entre las muestras, basado en su taxonomía. Los vectores indican la tendencia en la abundancia de cada uno de los Filos analizados..... 40

Figura 24: Análisis MDS entre las muestras, basado en su taxonomía. Los vectores indican correlación y tendencia de cada uno de los componentes analizados. 41

Figura 25: Cuantificación de microorganismos fototróficos totales por muestra.... 42

Figura 26: Distribución de Clases de microorganismos fototróficos 43

Figura 27: Metabolismo P1E1. 44

Figura 28: Metabolismo P1E2. 45

Figura 29: Metabolismo P1E3. 46

Figura 30: Metabolismo P1E4. 47

Figura 31: Metabolismo P3E1. 48

Figura 32: Metabolismo P3E2. 49

Figura 33: Metabolismo P3E3. 50

Figura 34: Metabolismo P3E4. 51

Figura 35: Metabolismo P4E1. 52

Figura 36: Metabolismo P4E2. 53

Figura 37: Metabolismo P4E3. 54

Figura 38: Metabolismo P4E4. 55

Figura 39: Análisis de similitud entre las muestras, basado en la asignación funcional..... 56

Figura 40: Análisis MDS de acuerdo a la asignación funcional para las distintas muestras..... 56

Figura 41: Análisis MDS Comparación de categorías funcionales para la capa E1 de todos los puquios 58

Figura 42: Análisis MDS Comparación de categorías funcionales para la capa E2 de todos los puquios. 59

Figura 43: Análisis MDS Comparación de categorías funcionales para la capa E3 de todos los puquios 60

Figura 44: Análisis MDS Comparación de categorías funcionales para la capa E4 de todos los puquios 61

Figura 45: Genes representativos de procesos de fijación de carbono..... 62

Figura 46: Genes representativos relativos a la oxidación de compuestos reducidos de azufre 63

Figura 47: Distribución de genes asociados a la oxidación de compuestos reducidos de azufre correlacionada con los parámetros ambientales. 63



1. Antecedentes generales

De acuerdo a lo estipulado y solicitado por la Superintendencia de Medio ambiente a SQM, el Centro de Biotecnología de la Universidad Católica del Norte (CBAR) informa acerca de las actividades realizadas en el marco del proyecto: "Estudio Metagenómico de Sistemas de Deposición de Yeso del Salar de Llamara", en cumplimiento del contrato establecido entre la Universidad Católica del Norte (UCN) y SQM.

Este Informe presenta la información correspondiente a los resultados finales del estudio metagenómico de las muestras del Salar de Llamara.

2. Equipo de trabajo

El equipo de trabajo que participó en este proyecto se describe a continuación:

Dra. Cecilia Demergasso

Cargo: Directora Centro de Biotecnología-Universidad Católica del Norte (CBAR).

Resumen curricular: Bioquímica y Dra. en Microbiología con una amplia trayectoria en la disciplina de biominería y microbiología de ambientes extremos, avalada por las publicaciones en revistas de la especialidad, por su continuo trabajo en colaboración con empresas mineras y su membresía en el Comité Científico del International Biohydrometallurgy Symposium (IBS). Lidera desde hace 20 años un equipo de trabajo multidisciplinario conformado actualmente por 32 profesionales de diversas disciplinas, participando en iniciativas de cooperación internacional en el marco de proyectos auspiciados por Fundación BBVA, IAEA, ARSLAND entre otros, además de proyectos nacionales FONDEF, FONDECYT, INNOVA-CORFO, FIC, y empresas privadas dentro de las que se cuentan, Minera Escondida, SQM, Collahuasi, Zaldivar entre muchas otras.

Rol en el proyecto: Dirección de Proyecto, supervisión, revisión y aprobación de informe.

Dra. Lorena Escudero

Cargo: Sub-directora Geomicrobiología CBAR

Resumen curricular: Doctor en Microbiología, desde el año 2000 se ha desempeñado como investigadora del CBAR y actualmente como Investigadora del Centro de Investigación Científico y Tecnológico para la minería (CICITEM). Amplia experiencia en el estudio de diversidad microbiana en ambientes extremos del Norte de Chile. Participación en varios proyectos Fondef, Fondecyt, Corfo y FIC en diferentes ambientes salinos como Salar de Llamará, Salar de Atacama, Salar de

Ascotán, ambientes geotermales e industriales. También ha participado en proyectos de investigación ejecutados por NASA AMES Research Center en la búsqueda de vida en ambientes análogos a Marte, como los lagos de altura.

Rol en el proyecto: Investigadora responsable, redacción y revisión de Informe, coordinación y dirección de trabajo, gestión administrativa.

Dr Alex Echeverría Vega

Cargo: Jefe de Proyectos CBAR

Resumen curricular: Doctor en Ciencias Aplicadas. Biólogo en Bioprocesos. Bachiller en Ciencias. Autor de patente biotecnológica y diez publicaciones indexadas. Con catorce años de experiencia en postulación, dirección, gestión y ejecución de proyectos de I+D en las áreas de biotecnología, bacteriófagos, microbiología ambiental y biominería. Altamente capacitado en técnicas de biología molecular aplicada a la microbiología ambiental, microscopía óptica, y confocal. Amplios conocimientos en computación, genómica, metagenómica y bioinformática. Investigador y Jefe de proyectos en Universidad Católica del Norte.

Rol en el proyecto: Investigador, redacción de informe, supervisión y ejecución del análisis bioinformático.

Ing. Roberto Veliz

Cargo: Ingeniero informático CBAR

Resumen curricular: Ingeniero Civil en Computación e Informática de la Universidad Católica del Norte. Experiencia en el área de investigación científica de las ciencias de la computación, Sistemas Inteligentes y gestión de proyectos informáticos. Realizó una pasantía como investigador en el Centro Nacional de Biotecnología en Madrid, en el departamento de Biología de Sistemas, en el tema de análisis de metagenomas, en el año 2016. Con experiencia en manejo de softwares bioinformáticos aplicados a los procesos de control de calidad, ensamblaje de secuencias, predicción de genes, asignación funcional, clasificación taxonómica y funcional, implementación de scripts para análisis personalizados según el objetivo de la investigación.

Rol en el proyecto: Procesamiento informático de secuencias de metagenomas.

Ing. Priscilla Avendaño Carvajal

Cargo: Ingeniero en Acuicultura CBAR

Resumen curricular: Ingeniero Acuicultor, licenciado en Ciencias del mar de la Universidad de Antofagasta. Diplomado en Gestión Ambiental de la Universidad Católica del Norte. 10 años de experiencia en investigación científica en el área de prospección, aislamiento, adaptación y escalamiento de cultivos de microorganismos para desarrollos biotecnológicos y microbiología de ambientes extremos del Desierto de Atacama. Capacitada en técnicas de Biología Molecular aplicada a microbiología ambiental y en técnicas de análisis de Cromatografía De alta Resolución (HPLC). Participación en proyectos Fondef, Fondecyt, Corfo y FIC.

Rol en el proyecto: Procesamiento de muestras en laboratorio, extracción de ADN, procesamiento de muestras.

3. Metodología

3.1 Lugar de obtención y manejo de testigos

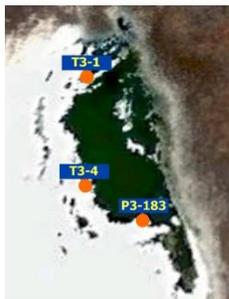
La recolección de muestras para el estudio molecular de las estructuras de depositación de yeso en los puquios del Salar de Llamara se llevó a cabo el día 30 de enero de 2018 a cargo de la Dra. Lorena Escudero, el Dr. Alex Echeverría y la Ingeniera Priscilla Avendaño del Centro de Biotecnología de la Universidad Católica del Norte. El muestreo consideró 3 puntos de cada uno de los puquios indicados por la SMA (puquios 1, 3 y 4), específicamente en los puntos P1-112, P-6 y P-16 del puquio 1; T3-1, T3-4 y P3-183, del puquio 3, y T4-1, P4-213 y P4-207, del puquio 4 (Tabla 1 y Fig. 1).

Los puntos de recolección de muestras se encuentran dentro del área de influencia del proyecto Pampa Hermosa (RCA N°890/2010). La Tabla 1 y la Figura 1 resumen las coordenadas de los sitios donde se recolectaron las muestras para la evaluación del estado de las comunidades asociadas a las estructuras de depositación de yeso en el sistema de puquios del Salar de Llamara. Los puntos seleccionados procuraron la cobertura espacial y representatividad más amplia posible de cada uno de los puquios.

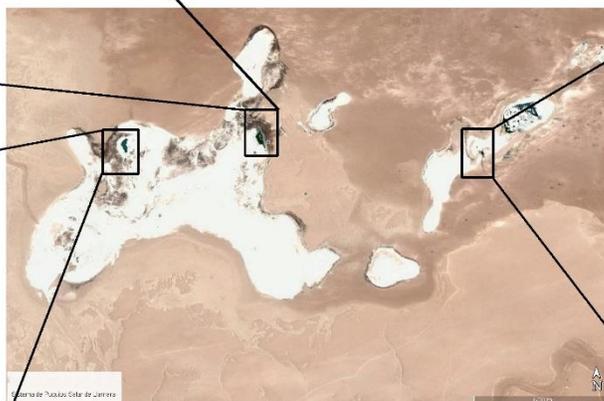
Tabla 1: Ubicación espacial georreferenciadas de las estaciones incluidas en la campaña de toma de muestras en el sector de los puquios del Salar de Llamara (WGS 84 UTM Zona 19 Sur).

| PUQUIO | PUNTO | COORDENADAS | | COORDENADAS UTM | |
|-----------|-------------|-------------|------------|-----------------|-----------|
| | | Longitud | Latitud | Este | Norte |
| N1 | P1-112 | -69,618575 | -21,268659 | 435.827 | 7.647.993 |
| | P-6 | -69,618370 | -21,270466 | 435.849 | 7.647.936 |
| | P-16 Laguna | -69,618016 | -21,268769 | 435.885 | 7.647.981 |
| N3 | T3-1 | -69,630550 | -21,269554 | 434.585 | 7.647.889 |
| | T3-4 | -69,630504 | -21,269970 | 434.590 | 7.647.843 |
| | P3-183 | -69,630302 | -21,270070 | 434.611 | 7.647.832 |
| N4 | T4-1 | -69,636740 | -21,269847 | 433.943 | 7.647.854 |
| | P4-213 | -69,636944 | -21,270271 | 433.922 | 7.647.807 |
| | P4-207 | -69,636636 | -21,270461 | 433.954 | 7.647.786 |

Puquio N3



Puquio N4



Puquio N1



Figura 1: Ubicación de los puntos de muestreo biótico (puntos rojos) de las estructuras de depositación de yeso del Salar de Llamara.

3.2 Muestreo de estructuras de depositación de yeso

La toma de muestras se realizó utilizando un taladro equipado con un tubo perforante recolector (Fig. 2, mediante el cual se obtuvieron testigos de 10 cm de largo (aprox.) por 1 cm de diámetro (Fig. 3). Estos testigos fueron abiertos longitudinalmente en terreno para realizar mediciones de fluorimetría in-situ y luego almacenados, envueltos en papel de aluminio y trasladados en frío hasta el laboratorio. Todo el procedimiento se realizó procurando la menor intervención y máxima esterilidad en el manejo de las muestras.



Figura 2: A) Proceso de obtención de testigos desde estructuras de deposición de yeso
B) detalle del tubo recolector.



Figura 3: Muestra testigo recolectada.

3.3 Mediciones *in situ*

Para la medición de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, oxígeno disuelto (mg L^{-1}) y conductividad (mS cm^{-1}), se utilizaron las respectivas sondas con un multiparámetro Orion Thermo SC 5 Star y la metodología se basó en el procedimiento del manual del equipo.

Para el registro de la salinidad (g L^{-1}), se utilizó un refractómetro Refractometer Atago S-28, para medir la radiación PAR ($\mu\text{mol cm}^{-2}$) y UV ($\mu\text{W cm}^{-2}$) se utilizó un radiómetro – Delta OHM HD 2302.0 – con las sondas correspondientes. En cada uno de los casos se aplicó el procedimiento especificado en el manual del equipo.

Paralelamente se obtuvieron datos físico-químicos realizados por el laboratorio acreditado ANAM (Tabla 4). Para análisis de correlación con los microorganismos y metabolismos presentes se utilizaron los valores promedio por puquio.

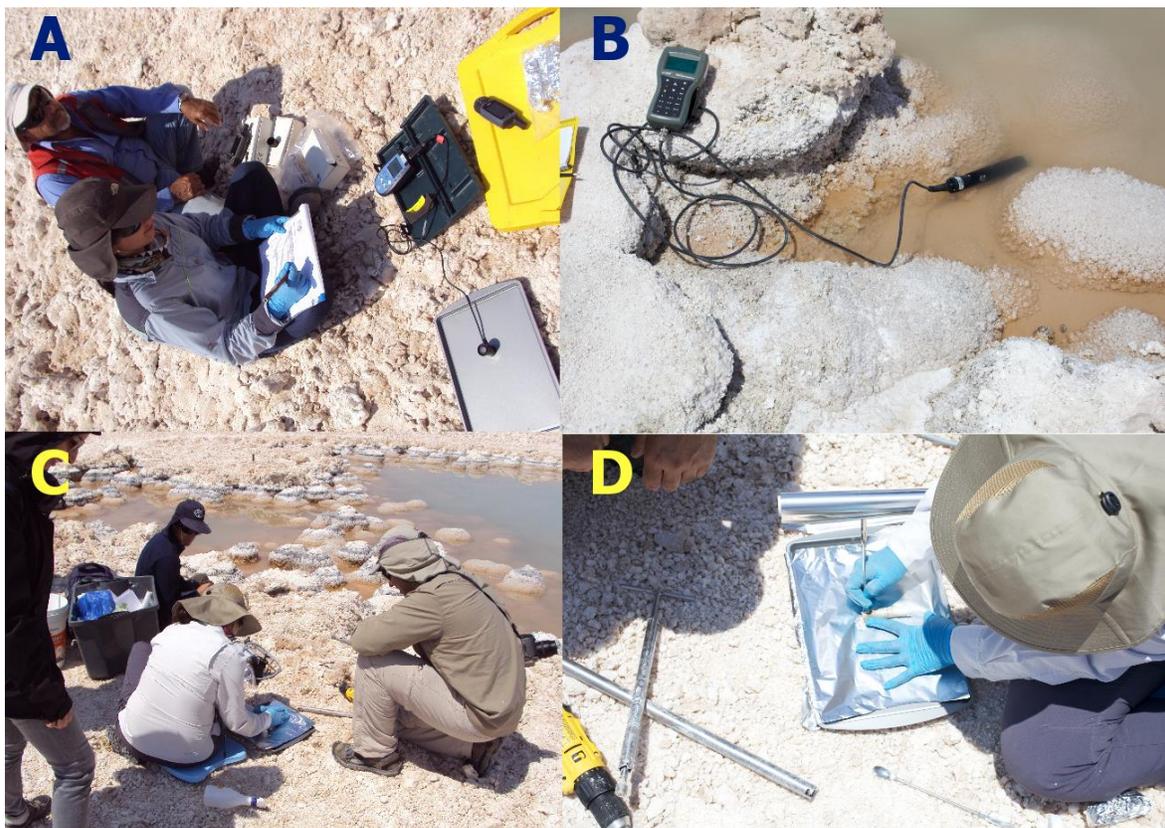


Figura 4: Determinación *in-situ* de parámetros fisicoquímicos. A) Medición de radiación y salinidad; B) Mediciones Multiparamétricas en agua; C y D) Procesamiento de testigo.

3.4 Extracción de ADN multi-genómico.

Se realizó la extracción de ADN a partir de los estratos seleccionados de los testigos obtenidos en el muestreo de los puquios 1, 3 y 4. Las capas seleccionadas para el análisis se eligieron por su ubicuidad y coloración y corresponden a un estrato de color verde (E1), ubicado aproximadamente a 1 cm bajo la capa blanca superficial, un estrato marrón observado debajo del verde (E2), un estrato marrón claro encontrado debajo del marrón (E3) y uno marrón oscuro más profundo (E4) (Ver Figura 5).

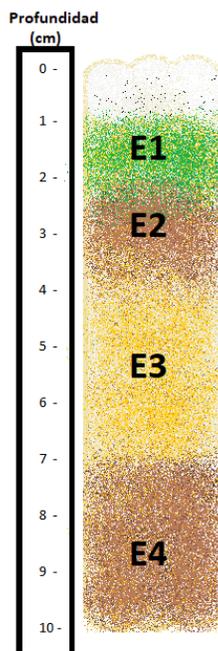


Figura 5: Modelo esquemático de un testigo, indicando la posición de los estratos secuenciados.

Para la extracción de ADN, los estratos seleccionados fueron cuidadosamente separados en cada uno de los testigos (Figura 6). Se generó posteriormente una muestra representativa de cada estrato, homogenizando el material obtenido a partir los tres testigos de cada puquio. La técnica de extracción de ADN de muestras con alto contenido de sal se describe en el artículo de Lara et al, (2012). La concentración y pureza de ADN fue determinada previo al envío de muestras para la secuenciación de su metagenoma, utilizando un espectrofotómetro UV/Vis modelo NanoDrop 1000. Se realizó además, una electroforesis del ADN de cada una de las muestras en gel de agarosa al 1% para evaluar su integridad.

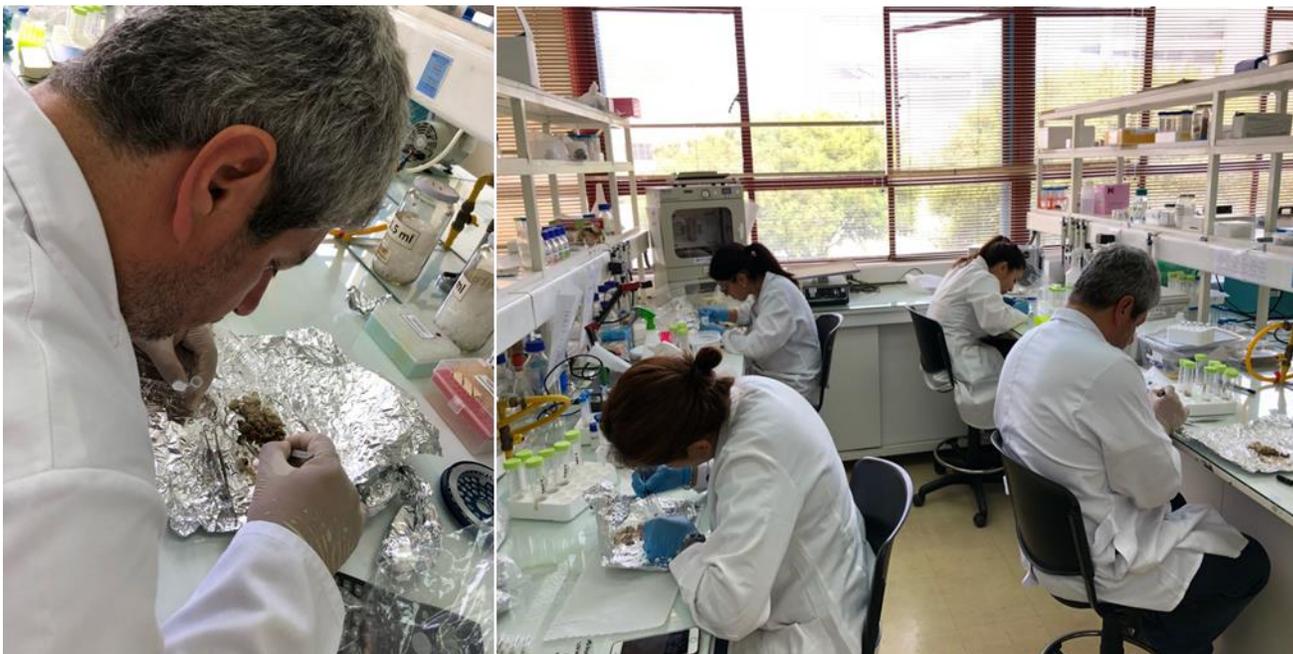


Figura 6: Equipo de trabajo realizando el procesamiento para la separación de los estratos de las muestras de cada puquio para la extracción de ADN.

3.5 Secuenciación y análisis bioinformático

El ADN obtenido de cada uno de los estratos descritos previamente, fue enviado a un laboratorio especializado de EEUU para secuenciar los metagenomas mediante Illumina Hi-Seq. 250 bp, con Paired Ends (>200 millones de reads en total).

3.6 Análisis de metagenomas

El ADN obtenido de cada uno de los estratos descritos previamente (12 muestras en total) se utilizó para secuenciar los metagenomas mediante Illumina Hi-Seq 250 bp, con Paired Ends. En un paso inicial, se configuró, con el apoyo de expertos en informática, un sistema de clúster de computadores, para ser utilizados en el análisis bioinformático de los metagenomas. Las secuencias fueron limpiadas, los adaptadores removidos y se generaron los archivos de trabajo en formato fastq.

El procedimiento de trabajo con los metagenomas se ilustra en la Figura 7 y las herramientas utilizadas se resumen en la Tabla 2.

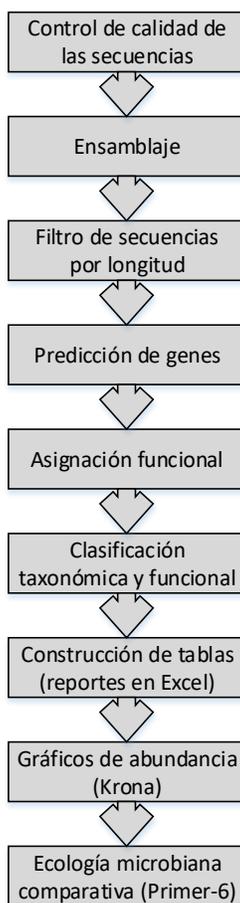


Figura 7: Esquema general de trabajo con secuencias de metagenomas.

Los pasos del procedimiento son:

1.- Control de calidad de secuencias. Se utilizó FasQC para visualizar el genoma y tener la idea inicial de la calidad de las secuencias. Mediante la herramienta Trimmomatic, se hizo la poda o corte de secuencias de mala calidad. Los parámetros utilizados fueron: Trimm left: 10 (prinseq). Trimm right: 10 (prinseq), Slidingwindow: 4:15 (Trimmomatic).

Min Len: 36 (Trimmomatic)

2.- Ensamblaje. Mediante el software SPades se realizó el ensamblaje de novo de las secuencias

3.- Filtros. Se eliminan las secuencias cuyo largo es inferior a 500 bp (Prinseq)

4.- Predicción de genes. Se utilizó PROdigal como herramienta para la predicción de genes.

5.- Asignación funcional. Para la asignación final de genes funcionales se utilizó DIAMOND con la base de datos de secuencias no redundantes, NCBIInr.

6.- Clasificación taxonómica y funcional. Se generaron árboles en base a la asignación taxonómica y funcional mediante el uso de MEGAN6, utilizando las bases de datos COG, SEED y asignación taxonómica del NCBI. Los datos obtenidos se utilizan para construir la base de datos.

7. Construcción de tablas: Consiste en la recopilación y ordenamiento de los datos de taxonomía y genes funcionales en planillas Excel con un tipo de ordenamiento que permita su traspaso a Krona y Primer-6.

8. Gráficos de abundancia: los gráficos interactivos de abundancia jerarquizada Krona se construyen mediante scripts descargados desde el sitio oficial y ejecutados en Excel. Mediante éstos, es posible examinar la taxonomía y asignación de genes en gráficos interactivos, ordenados por niveles jerárquicos en formato HTML.

El software Primer-6 permite realizar análisis comparativos, estadísticos y de diversidad tanto de la composición de la microbiota como de los genes funcionales encontrados.

El análisis de escalamiento multidimensional (MDS) se utilizó para determinar similitud entre las muestras considerando la composición de la comunidad microbiana existente y los genes encontrados. A partir de esta información, se construyeron matrices de similitud mediante el algoritmo de Bray-Curtis. Las similitudes entre las abundancias dentro de cada muestra determinaron su distribución (agrupación por similitud) en el mapa conceptual. De esta forma fue posible reconocer similitudes entre las muestras y los microorganismos y genes claves de cada lugar. El valor del stress representa el esfuerzo para representar su distribución tridimensional en el plano (asume valores entre 0 y 1), se considera que mientras más bajo, mejor representaría las diferencias y similitudes entre las muestras. Para establecer similitudes entre los sitios de muestreo y realizar correlaciones con los factores ambientales, se hizo una superposición de los gráficos MDS con vectores que indican correlación de las muestras con factores de parámetros químicos medidos al momento de obtener las muestras. El punto de inicio de todos los vectores es el centro de la circunferencia y el tamaño expresa el grado de correlación, siendo máximo en el borde de esta esfera.

Tabla 2: Resumen de herramientas bioinformáticas utilizadas.

| SOFTWARE | Versión | Link de información | Descripción |
|-------------|---------|---|--|
| FastQC | 0.11.7 | https://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc/ | Control de calidad y visualización de resumen de datos |
| Prinseq | 0.20.4 | https://sourceforge.net/projects/prinseq/ | Permite cortar secuencias y adaptadores |
| Trimmomatic | 0.36 | http://www.usadellab.org/cms/?page=trimmomatic | Poda de secuencias |
| SPades | 3.11.1 | http://bioinf.spbau.ru/spades | Ensamblador |
| PRODIGAL | 2.6 | http://prodigal.ornl.gov/downloads.php | Predicción de genes |
| Diamond | 0.9.9 | https://ab.inf.uni-tuebingen.de/software/diamond/ | Asignación funcional (anotación funcional) |
| MEGAN 6 | 6 | https://ab.inf.uni-tuebingen.de/software/megan6 | Taxonomía y funcionalidades |
| Krona | 1 | https://github.com/marbl/Krona/wiki | Gráficos interactivos |
| Primer | 6 | http://www.primer-e.com/primer6_updates.htm | Gráficos comparativos |

4. Resultados

4.1 Muestreo de estructuras de deposición de yeso

Los testigos muestreados se detallan en la minuta de registro fotográfico (Anexo 25)

4.2 Análisis físico-químicos de las salmueras

Los resultados de los análisis de los parámetros físico-químicos de los cuerpos de agua superficiales y ambientales (aire) medidos *in situ* en cada uno de los puquios se presentan en las Tablas 3 y 4. Los resultados de los análisis de las muestras de agua de cada Puquio, realizados por ANAM, se presentan en la Tabla 5. Para contrastar los análisis químicos con los análisis de biodiversidad y genómica (gráficos MDS), se utilizaron los valores promedio de los cuatro puntos de muestreo de agua de cada puquio. Se destacan en la Tabla 4 los promedios utilizados. Todos los valores bajo el límite de detección fueron considerados con valor cero para efectos de análisis

Tabla 3: Promedio de radiación solar por rango horario medido el día de muestreo.

| RANGO HORARIO | UV-A $\mu\text{W cm}^{-2}$ | UV-B $\mu\text{W cm}^{-2}$ | UV-C $\mu\text{W cm}^{-2}$ | PAR $\mu\text{W cm}^{-2}$ |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 11:00-12:30 | 1.421,8 | 132,8 | 16,8 | 2.224,7 |
| 13:30-14:30 | 2.807,3 | 314,9 | 19,0 | 2.586,7 |
| 15:00-16:00 | 1.354,6 | 164,1 | 12,5 | 1.760,1 |

Tabla 4: Parámetros físico-químicos obtenidos In-situ.

| Muestra | Hora | Altura (msnm) | Temp. Ambiente (°C) | Temp agua (°C) | ph | Salinidad (g l ⁻¹) | Conductividad (mS cm ⁻¹) | TDS (PPT) | OD (mg L ⁻¹) |
|------------------------------|-------|------------------|---------------------------|----------------------|------------|-----------------------------------|---|--------------|--------------------------------|
| P1-112 | 15:51 | 749 | 32,5 | 30,2 | 8,3 | 20 | 31,64 | 15,83 | 5,03 |
| P6 (Regleta) | 16:07 | 745 | 33,8 | 29,9 | 8,2 | 17 | 28,44 | 14,23 | 5,38 |
| P16 | 16:22 | 750 | 33,1 | 28,7 | 8,1 | 32 | 49,23 | 24,62 | 3,91 |
| Promedio puquio 1 | - | 748 | 33,1 | 29,6 | 8,2 | 23 | 36,4 | 18,2 | 4,8 |
| T3-1 | 13:19 | 749 | 39,4 | 31,9 | 8,1 | 45 | 66,51 | 33,25 | 1,18 |
| T3-4 (regleta) | 13:41 | 748 | 36,6 | 31,6 | 8,1 | 110 | 152,80 | 76,43 | 0,49 |
| P3-183 | 13:54 | 745 | 35,1 | 32,9 | 8,1 | 86 | 157,30 | 78,72 | 1,05 |
| Promedio puquio 2 | - | 747 | 37 | 32,1 | 8,1 | 80,3 | 125,5 | 62,8 | 0,9 |
| P4-207 | 11:52 | 747 | 33,3 | 23,8 | 7,9 | 204 | 186,00 | 93,05 | 0,81 |
| P4-213 | 11:03 | 748 | 25,8 | 23,3 | 7,9 | 191 | 178,60 | 89,32 | 0,81 |
| T4-1 (Regleta) | 12:22 | 747 | 35,3 | 25,4 | 7,9 | 188 | 184,50 | 92,13 | 0,76 |
| Promedio puquio 3 | - | 747 | 31,5 | 24,2 | 7,9 | 194 | 183,0 | 91,5 | 0,80 |



Tabla 5: Resultados de los análisis químicos de las salmueras.

| | T1-1 (Sup) | T1-4 (Sup) | T1-5 (sup) | Promedio puquio1 | T3-1 (Sup) | T3-3 (Sup) | T3-4 (Sup) | Promedio puquio2 | T4-1 (Sup) | T4-2 (Sup) | T4-5 (Sup) | Promedio puquio3 |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|
| <i>Alcal. Parcial (CaCO3) (mg L-1)</i> | <2 | <2 | <2 | 0 | 25,00 | 55,00 | 69,00 | 49,67 | <2 | <2 | <2 | 0 |
| <i>Alcal. Total (CaCO3) (mg L-1)</i> | 105 | 104 | 111 | 107 | 134 | 174 | 190 | 166 | 195 | 188 | 192 | 192 |
| <i>Aluminio Total (mg L-1)</i> | 0,02 | <0,017 | <0,017 | 0,02 | 0,45 | 0,48 | 1,14 | 0,69 | <0,017 | 1,36 | 0,70 | 1,03 |
| <i>Amoniaco (mg L-1)</i> | 0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,02 | 0,10 | 0,02 | 0,02 | 0,05 | 0,02 | <0,02 | 0,02 | 0,02 |
| <i>Arsénico Total (mg L-1)</i> | 1,85 | 1,97 | 1,66 | 1,83 | 19,13 | 28,24 | 22,68 | 23,35 | 80,60 | 75,16 | 65,66 | 73,81 |
| <i>Balance de Iones %</i> | 5,19 | 4,12 | 4,90 | 4,74 | 3,55 | 0,45 | 2,01 | 2,00 | 2,27 | 4,88 | 4,20 | 3,78 |
| <i>Bario Total (mg L-1)</i> | <0,010 | <0,01 | <0,010 | 0 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | 0 | 0,012 | 0,015 | 0,010 | 0,012 |
| <i>Berilio Total (mg L-1)</i> | <0,017 | <0,017 | <0,017 | 0 | <0,017 | <0,017 | <0,017 | 0 | <0,017 | <0,017 | <0,017 | 0 |
| <i>Bicarbonato (HCO3-) (mg L-1)</i> | 105 | 104 | 111 | 107 | 84 | 65 | 53 | 67 | 195 | 188 | 192 | 192 |
| <i>Boro Total (mg L-1)</i> | 14 | 13 | 12 | 13 | 140 | 211 | 177 | 176 | 335 | 305 | 257 | 299 |
| <i>Cadmio Total (mg L-1)</i> | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0 | 0,003 | 0,005 | 0,003 | 0,004 | 0,012 | 0,011 | 0,010 | 0,011 |
| <i>Calcio Disuelto (Ca) (mg L-1)</i> | 1120 | 1034 | 1076 | 1077 | 1060 | 1148 | 904 | 1038 | 710 | 817 | 619 | 715 |
| <i>Calcio Total (mg L-1)</i> | 1353 | 1121 | 1866 | 1447 | 1174 | 1168 | 1105 | 1149 | 806 | 818 | 622 | 749 |
| <i>Carbonatos (CO3=) (mg L-1)</i> | <2 | <2 | <2 | 0 | 50,000 | 110,00 | 138,00 | 99,333 | <2 | <2 | <2 | 0 |
| <i>Clorofila-a (ug L-1)</i> | 0,040 | 0,140 | <0,02 | 0,090 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0 |
| <i>Cloruro (mg L-1)</i> | 10100 | 9860 | 7250 | 9070 | 52100 | 81700 | 72600 | 68800 | 116000 | 116000 | 95700 | 109233 |
| <i>Cobalto Total (mg L-1)</i> | <0,012 | <0,012 | <0,012 | 0 | <0,012 | 0,016 | <0,012 | 0,016 | 0,025 | 0,018 | 0,019 | 0,021 |
| <i>Cobre total (Cu) (mg L-1)</i> | 0,015 | 0,120 | 0,108 | 0,081 | 0,112 | 0,340 | 0,203 | 0,218 | 0,086 | 0,396 | 0,195 | 0,226 |
| <i>Conductividad uS/cm</i> | 29990 | 27900 | 27240 | 28377 | 109600 | 144600 | 145000 | 133067 | 186800 | 186400 | 185800 | 186333 |
| <i>Cromo Total (mg L-1)</i> | 0,005 | 0,007 | 0,006 | 0,006 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | 0 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | 0 |
| <i>Dureza Total (Ca CO3) (mg L-1)</i> | 4119 | 3484 | 5323 | 4309 | 12313 | 16133 | 13551 | 13999 | 27556 | 27960 | 21659 | 25725 |
| <i>Estaño Total (mg L-1)</i> | 0,021 | 0,016 | 0,021 | 0,019 | 0,071 | 0,092 | 0,044 | 0,069 | 0,076 | 0,170 | <0,014 | 0,123 |

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta





UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA



| | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------------|--------|---------|--------|---------------|---------|---------|--------|----------------|
| <i>Estroncio Total (mg L-1)</i> | 10,034 | 8,981 | 7,960 | 8,992 | 74,954 | 121,246 | 98,782 | 98,327 | 111,406 | 100,512 | 89,665 | 100,528 |
| <i>Fluoruro (F-) (mg L-1)</i> | 3,920 | 3,830 | 3,630 | 3,793 | 9,190 | 9,900 | 9,930 | 9,673 | 1,470 | 1,510 | 1,520 | 1,500 |
| <i>Fosfato (PO4-) (mg L-1)</i> | 1,920 | 1,600 | 1,590 | 1,703 | 1,270 | 1,830 | 1,310 | 1,470 | 0,940 | 1,100 | 1,260 | 1,100 |
| <i>Fosforo (P) (mg L-1)</i> | | | | | | | | 0 | 0,053 | | | 0,053 |
| <i>Fosforo Total (mg L-1)</i> | <0,033 | <0,033 | <0,033 | 0 | 0,037 | 0,060 | 0,039 | 0,045 | 0,051 | 0,128 | 0,054 | 0,078 |
| <i>Hierro Total (mg L-1)</i> | <0,051 | <0,051 | <0,051 | 0 | 0,992 | <0,051 | | 0,992 | <0,051 | | <0,051 | 0 |
| <i>Litio Total (mg L-1)</i> | 2,76 | 3,10 | 3,01 | 2,96 | 31,87 | 51,12 | 43,26 | 42,08 | 131,20 | 111,08 | 106,13 | 116,14 |
| <i>Magnesio (mg L-1)</i> | 180 | 166 | 161 | 169 | 2278 | 3209 | 2621 | 2703 | 6203 | 6282 | 4882 | 5789 |
| <i>Magnesio Disuelto (Mg) (mg L-1)</i> | 179 | 153 | 161 | 164 | 2153 | 3105 | 2569 | 2609 | 5966 | 6128 | 4580 | 5558 |
| <i>Manganeso total (Mn) (mg L-1)</i> | 0,245 | 0,365 | 0,044 | 0,218 | 3,766 | 4,789 | 3,876 | 4,144 | <0,033 | <0,033 | <0,003 | 0 |
| <i>Mercurio total (Hg) (ug L-1)</i> | <0, 3 | <0, 3 | <0, 3 | 0 | <0, 3 | <0, 3 | <0, 3 | 0 | <0, 3 | <0, 3 | <0, 3 | 0 |
| <i>Molibdeno Total (mg L-1)</i> | 0,290 | 0,230 | 0,220 | 0,247 | 1,560 | 3,210 | 2,440 | 2,403 | 6,500 | 5,610 | 4,800 | 5,637 |
| <i>Níquel Total (mg L-1)</i> | 0,054 | <0,018 | 0,028 | 0,041 | 0,070 | 0,118 | <0,018 | 0,094 | 0,184 | 0,163 | 0,228 | 0,192 |
| <i>Nitrato (NO3-) (mg L-1)</i> | <0,046 | <0,046 | <0,046 | 0 | <0,046 | <0,046 | <0,046 | 0 | <0,046 | <0,046 | <0,046 | 0 |
| <i>Nitrito (NO2-) (mg L-1)</i> | <0,009 | <0,009 | <0,009 | 0 | <0,009 | <0,009 | <0,009 | 0 | <0,009 | <0,009 | <0,009 | 0 |
| <i>Nitrógeno total (mg L-1)</i> | 1,200 | 0,900 | 0,800 | 0,967 | 5,800 | 6,700 | 6,800 | 6,433 | 2,200 | 2,200 | 2,600 | 2,333 |
| <i>NKT (mg L-1)</i> | 1,200 | 0,870 | 0,084 | 0,718 | 5,800 | 6,650 | 6,750 | 6,400 | 2,170 | 2,190 | 2,560 | 2,307 |
| <i>pH -</i> | 8,900 | 9,000 | 8,800 | 8,900 | 8,300 | 8,400 | 8,500 | 8,400 | 8,000 | 8,100 | 8,200 | 8,100 |
| <i>Plata total (mg L-1)</i> | <0,012 | 0,025 | <0,012 | 0,025 | 2,197 | <0,012 | <0,012 | 2,197 | <0,012 | <0,012 | 0,046 | 0,046 |
| <i>Plomo Total (mg L-1)</i> | 0,030 | <0,012 | <0,012 | 0,030 | <0,012 | 0,170 | 0,064 | 0,117 | <0,012 | 0,150 | 0,062 | 0,106 |
| <i>Potasio total (mg L-1)</i> | 285 | 235 | 229 | 250 | 2734 | 4469 | 3519 | 3574 | 9938 | 9877 | 8072 | 9296 |
| <i>Selenio Total (mg L-1)</i> | <0,010 | 0,038 | <0,010 | 0,038 | 0,137 | 0,228 | <0,010 | 0,183 | 1,668 | 2,270 | 0,362 | 1,433 |
| <i>Silicio Total (Si) mg Si/L</i> | 54 | 51 | 51 | 52 | 83 | 100 | 92 | 92 | 84 | 67 | 62 | 71 |
| <i>Sodio Disuelto (Na) (mg L-1)</i> | 9349 | 8322 | 6529 | 8067 | 52577 | 73983 | 66262 | 64274 | 100626 | 105129 | 92322 | 99359 |

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta





Universidad Católica del Norte
ver más allá

UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA



| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------------|-------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------|---------------|
| <i>Sodio Total (mg L-1)</i> | 9925 | 8399 | 6992 | 8439 | 53882 | 74598 | 67431 | 65304 | 105290 | 105962 | 93587 | 101613 |
| <i>Sulfato (mg L-1)</i> | 6810 | 5390 | 5340 | 5847 | 41900 | 57200 | 46300 | 48467 | 67700 | 65600 | 65500 | 66267 |
| <i>Sulfuro Total (mg L-1)</i> | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0 |
| <i>Vanadio Total (mg L-1)</i> | <0,006 | <0,006 | <0,006 | 0 | 0,019 | <0,006 | 0,019 | 0,019 | <0,006 | <0,006 | <0,006 | 0 |
| <i>Zinc Total (mg L-1)</i> | 0,078 | 0,052 | 0,066 | 0,065 | 0,687 | 0,690 | <0,006 | 0,689 | 0,285 | 0,916 | <0,006 | 0,601 |

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta



4.3 Análisis del ADN

El ADN de los estratos de cada puquio fue cuantificado y evaluado en cuanto a su calidad, antes de ser enviado para la secuenciación metagenómica. La nomenclatura utilizada desde el momento de la extracción de ADN y durante todo el análisis posterior, además de la evaluación de la calidad del material genético extraído, por espectrofotometría (NanoDrop), se detalla en la Tabla 6. La figura 8 muestra la electroforesis de las muestras de ADN. Se observa en la Tabla 6, que 7 de las doce muestras tienen una calidad y cantidad excelentes para su secuenciación. Las cinco muestras con pureza (260/280) bajo 1,8, así como la muestra P4E1 (en la que se observa una banda irregular en la electroforesis en gel de agarosa), fueron consideradas de calidad aceptable para su secuenciación y no requirieron ningún proceso de purificación adicional.

Tabla 6: Descripción y cuantificación de las muestras de ADN.

| <i>Procedencia</i> | <i>Nombre</i> | <i>ADN extraído</i> | | <i>Volumen (μL)</i> |
|---|---------------|------------------------------|------------------------|---------------------|
| | | <i>Concentración (ng/μL)</i> | <i>Pureza 260/280*</i> | |
| <i>Puquio 1 Estrato verde</i> | P1E1 | 15 | 1.87 | 50 |
| <i>Puquio 1 Estrato marrón post-verde</i> | P1E2 | 22.3 | 1.55 | 50 |
| <i>Puquio 1 Estrato marrón claro</i> | P1E3 | 21.2 | 1.86 | 50 |
| <i>Puquio 1 Estrato marrón oscuro</i> | P1E4 | 25.4 | 1.83 | 50 |
| <i>Puquio 3 Estrato verde</i> | P3E1 | 11.6 | 1.64 | 50 |
| <i>Puquio 3 Estrato marrón post-verde</i> | P3E2 | 19.3 | 1.72 | 50 |
| <i>Puquio 3 Estrato marrón claro</i> | P3E3 | 20 | 1.86 | 50 |
| <i>Puquio 3 Estrato marrón oscuro</i> | P3E4 | 24 | 1.62 | 50 |
| <i>Puquio 4 Estrato verde</i> | P4E1 | 117.8 | 1.9 | 50 |
| <i>Puquio 4 Estrato marrón post-verde</i> | P4E2 | 31 | 1.6 | 50 |
| <i>Puquio 4 Estrato marrón claro</i> | P4E3 | 17.7 | 1.98 | 50 |
| <i>Puquio 4 Estrato marrón oscuro</i> | P4E4 | 35 | 1.9 | 50 |

* La relación de absorbancia a 260/280 nm se utiliza para evaluar la pureza de ADN. Una proporción de ~ 1,8 es generalmente aceptada como "Puro" para el ADN.

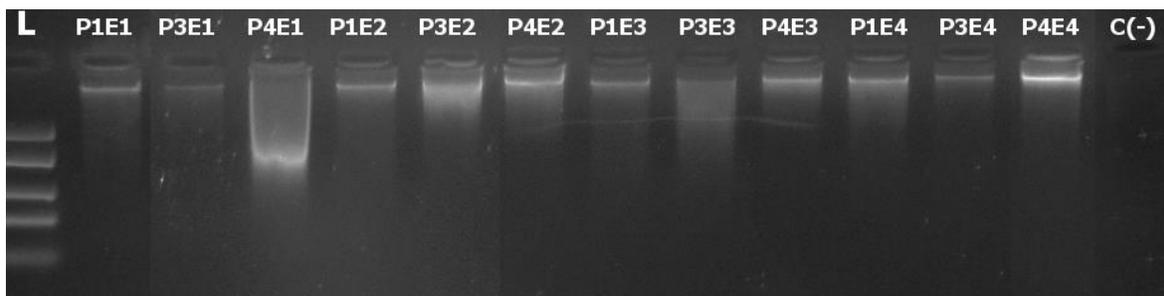


Figura 8: Gel de agarosa con las bandas correspondientes a los ADN extraídos. Carril L, Ladder 1Kb, C(-), Control negativo.

4.4 Secuenciación

Se realizó el procedimiento de limpieza y preparación de las secuencias para cada una de las muestras según los pasos descritos anteriormente. Se obtuvo un promedio de ~8.700.000 reads entre 240 y 250 bp por muestra (paired ends). El menor número de reads fue obtenido de la muestra P4E3 con ~5.820.000 reads, lo que significa una buena calidad y cantidad de secuencias para hacer el análisis metagenómico. La tabla 7 muestra los datos correspondientes a porcentajes de GC de las secuencias, número de reads antes y después de la limpieza, número de ORFs totales y el número de ORFs con asignación taxonómica y funcional, obtenidas por estrato de cada puquio.

Tabla 7: Información inicial de los metagenomas obtenidos.

| Nombre de Muestras | %GC | Número de Reads Inicial | Número de Reads Final | Número de ORFs | ORFs con Asignación Metabólica | ORFs con Asignación Taxonómica |
|--------------------|-----|-------------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| P1E1 | 58 | 7.658.802 | 7.591.030 | 490.032 | 175.162 | 487.056 |
| P1E2 | 61 | 8.532.259 | 8.468.635 | 540.526 | 175.041 | 535.947 |
| P1E3 | 60 | 6.017.308 | 5.820.417 | 306.265 | 97.343 | 303.372 |
| P1E4 | 61 | 12.221.072 | 12.093.940 | 888.031 | 289.079 | 880.166 |
| P3E1 | 60 | 7.971.823 | 7.900.217 | 472.589 | 179.618 | 469.996 |
| P3E2 | 60 | 8.763.548 | 8.692.306 | 533.020 | 193.009 | 529.002 |
| P3E3 | 57 | 11.305.906 | 11.198.919 | 787.312 | 265.516 | 782.117 |
| P3E4 | 62 | 11.571.169 | 11.490.491 | 634.426 | 223.178 | 629.824 |
| P4E1 | 59 | 11.666.953 | 11.545.807 | 560.136 | 205.407 | 556.212 |
| P4E2 | 58 | 6.816.089 | 6.713.889 | 395.348 | 140.054 | 391.678 |
| P4E3 | 55 | 5.821.496 | 5.601.508 | 346.607 | 113.532 | 343.550 |
| P4E4 | 59 | 6.202.529 | 6.147.814 | 344.629 | 123.340 | 341.696 |
| Total | | 209.097.908 | 206.529.946 | 6.298.921 | 2.180.279 | 6.250.616 |

4.5 Diversidad

Se realizó un análisis de diversidad de acuerdo a los ORFs clasificados taxonómicamente (Tabla 8). El número total de especies (ORFs clasificados dentro de un mismo taxón), se observa dentro del mismo orden numérico, variando entre 136 y 256. La diversidad calculada por Margalef no muestra patrones evidentes, determinados por la ubicación o estrato de las muestras, sin embargo, evidencia una menor diversidad, ligada al menor número de especies de P1E2. El Índice de diversidad de Shannon-Wiener, muestra valores de diversidad ligeramente mayores para los puquios 3 y 4. El índice de Simpson (complementario) indica una alta diversidad, con valores que superan el 0,75 para todas las muestras. El índice de equitatividad de Pielou, evidencia resultados homogéneos con un mayor número de microorganismos dominantes en la muestra P1E2.

Tabla 8: Índices de diversidad.

| <i>Muestra</i> | <i>N° de Especies (S)</i> | <i>Margalef (d)</i> | <i>Pielou (J')</i> | <i>Shannon-Wiener (H'[loge])</i> | <i>Simpson (1-Lambda')</i> |
|----------------|---------------------------|---------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------|
| P1E1 | 216 | 16,46 | 0,64 | 3,42 | 0,89 |
| P1E2 | 136 | 10,44 | 0,50 | 2,48 | 0,75 |
| P1E3 | 207 | 16,37 | 0,59 | 3,14 | 0,82 |
| P1E4 | 239 | 17,43 | 0,60 | 3,27 | 0,83 |
| P3E1 | 198 | 15,11 | 0,66 | 3,50 | 0,91 |
| P3E2 | 241 | 18,25 | 0,63 | 3,47 | 0,89 |
| P3E3 | 256 | 18,84 | 0,66 | 3,65 | 0,88 |
| P3E4 | 218 | 16,28 | 0,61 | 3,26 | 0,86 |
| P4E1 | 216 | 16,28 | 0,67 | 3,59 | 0,91 |
| P4E2 | 219 | 16,97 | 0,65 | 3,50 | 0,89 |
| P4E3 | 211 | 16,53 | 0,67 | 3,61 | 0,89 |
| P4E4 | 207 | 16,21 | 0,66 | 3,50 | 0,90 |

4.6 Composición de las comunidades

Mediante anotación automática, se determinó la composición genética y los microorganismos que conforman las comunidades microbianas de los distintos estratos de cada uno de los tres puquios estudiados. Los microorganismos se clasificaron de acuerdo al último nivel taxonómico identificado. Se analizó la diversidad taxonómica de las muestras (Figuras 9 a 20). Se adjuntan como anexos, los gráficos Krona (HTML interactivos) de todas las muestras en donde se puede apreciar la taxonomía en forma detallada (Anexos 1 al 12).

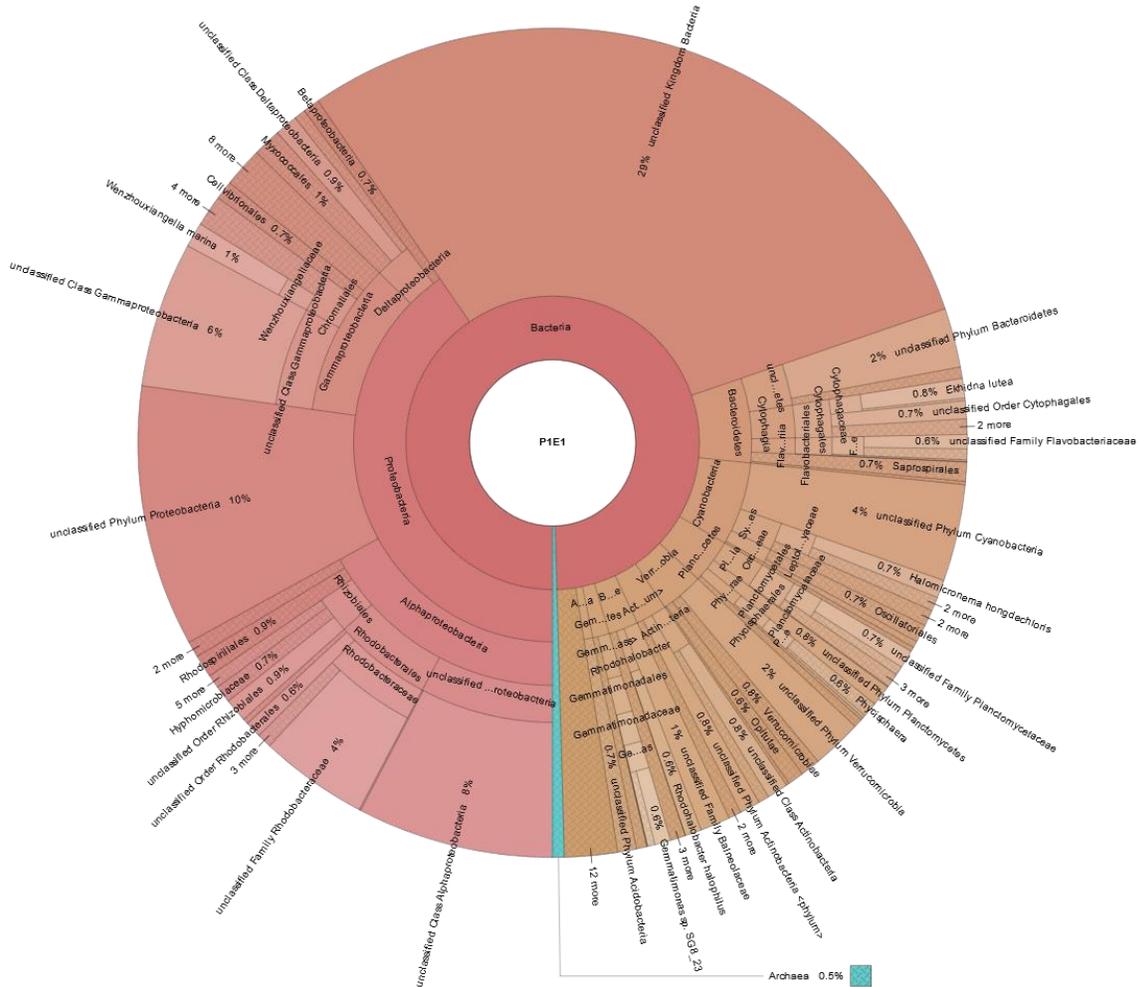


Figura 9: Taxonomía P1E1.

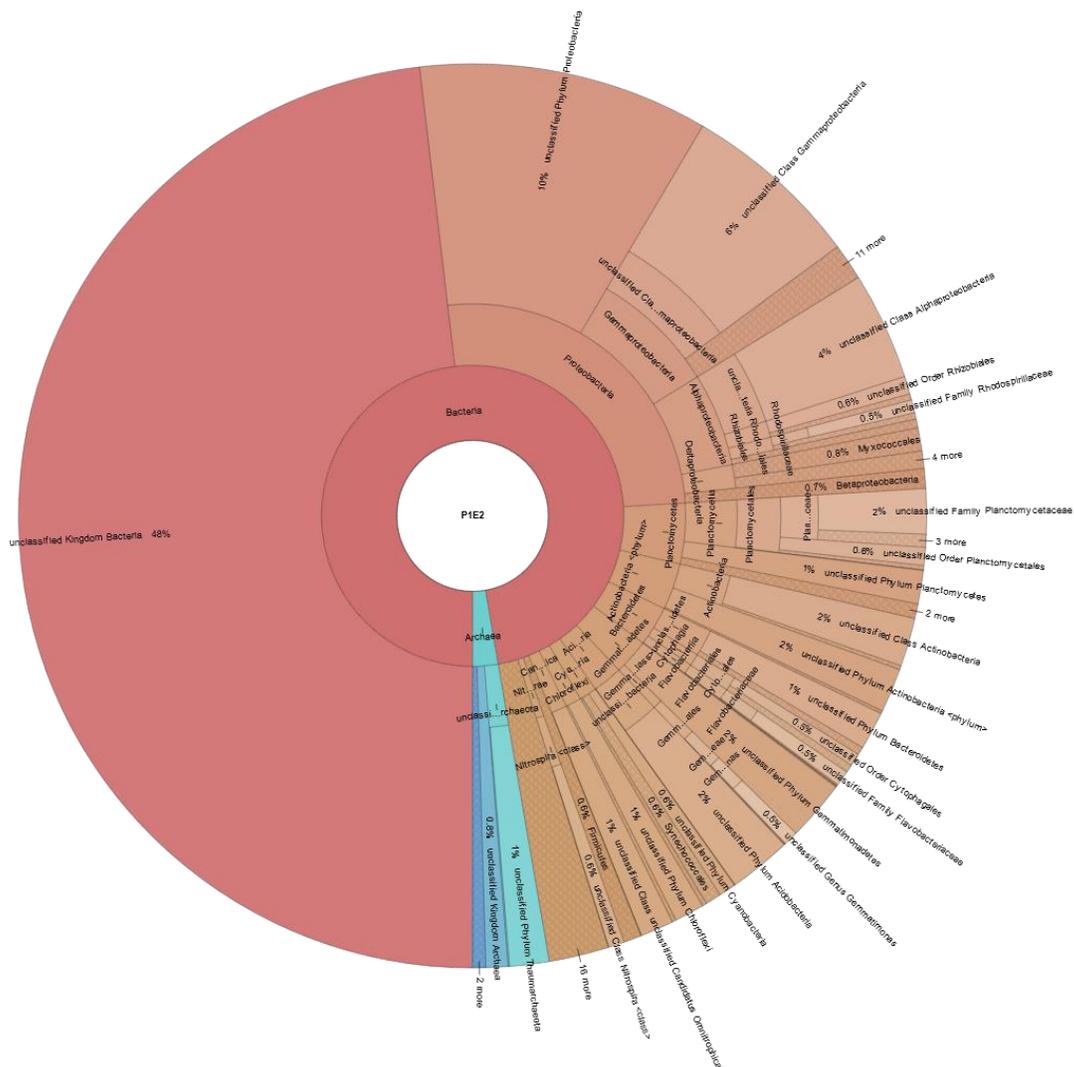


Figura 10: Taxonomía P1E2.



Figura 11: Taxonomía P1E3.

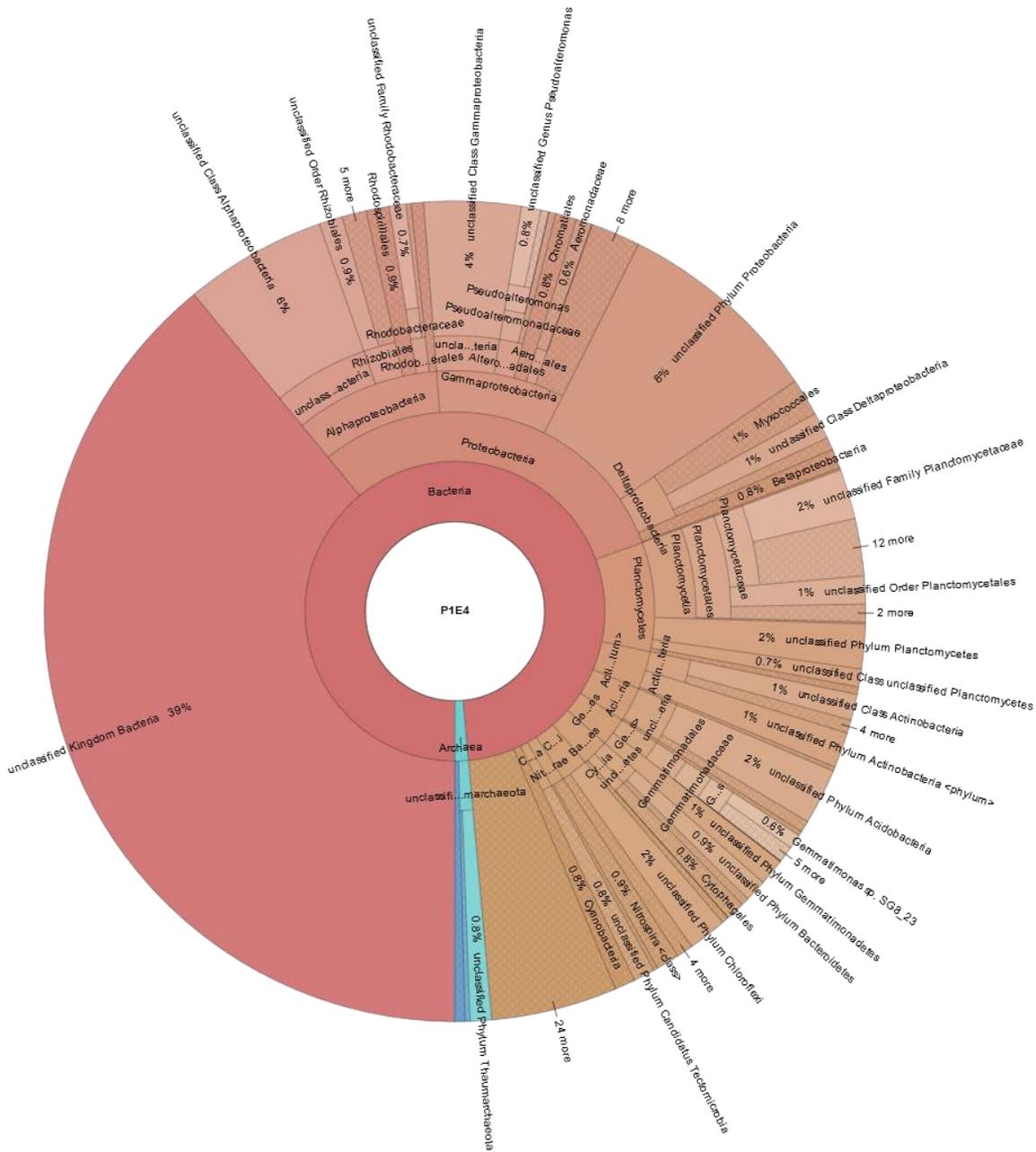


Figura 12: Taxonomía P1E4.



Figura 13: Taxonomía P3E1.

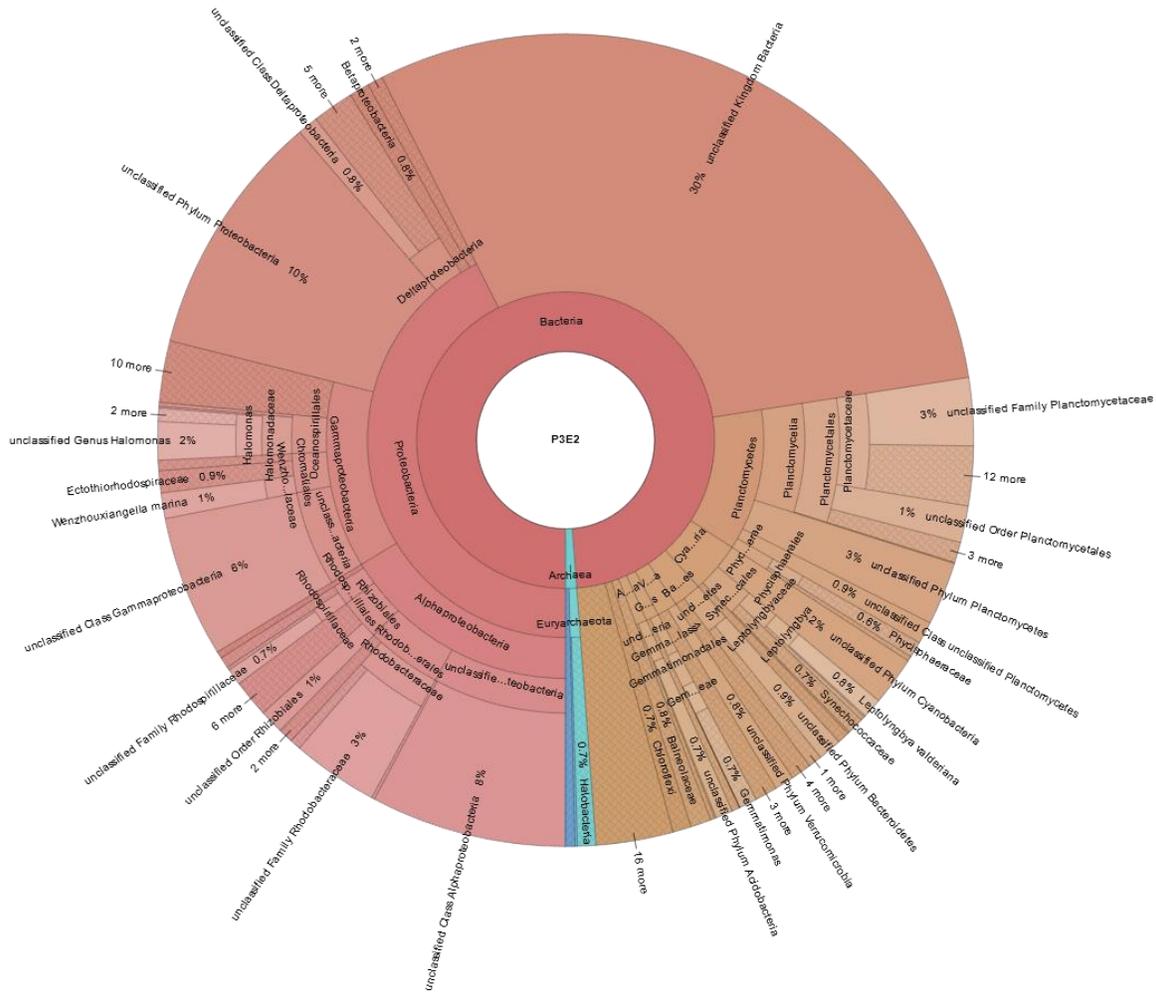


Figura 14: Taxonomía P3E2.

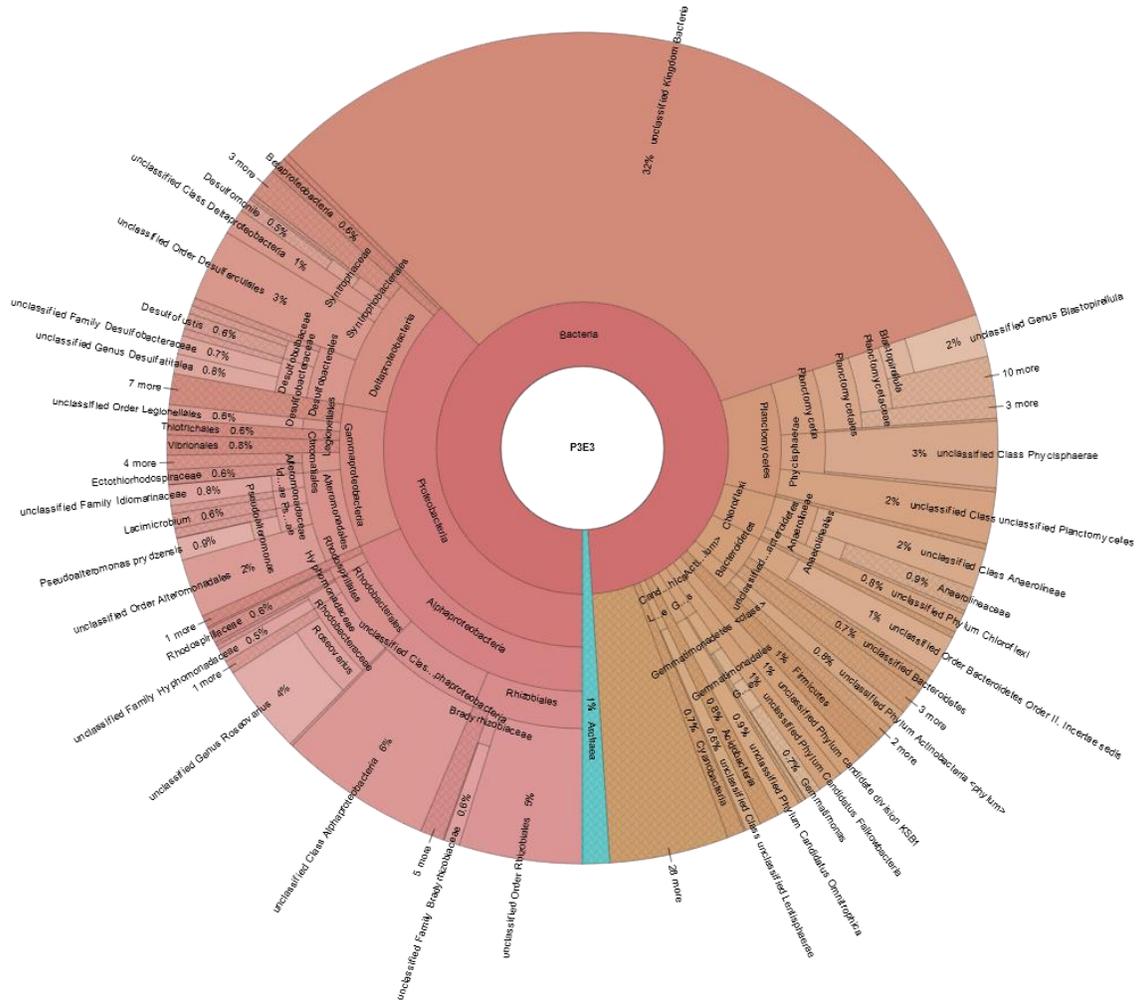


Figura 15: Taxonomía P3E3.

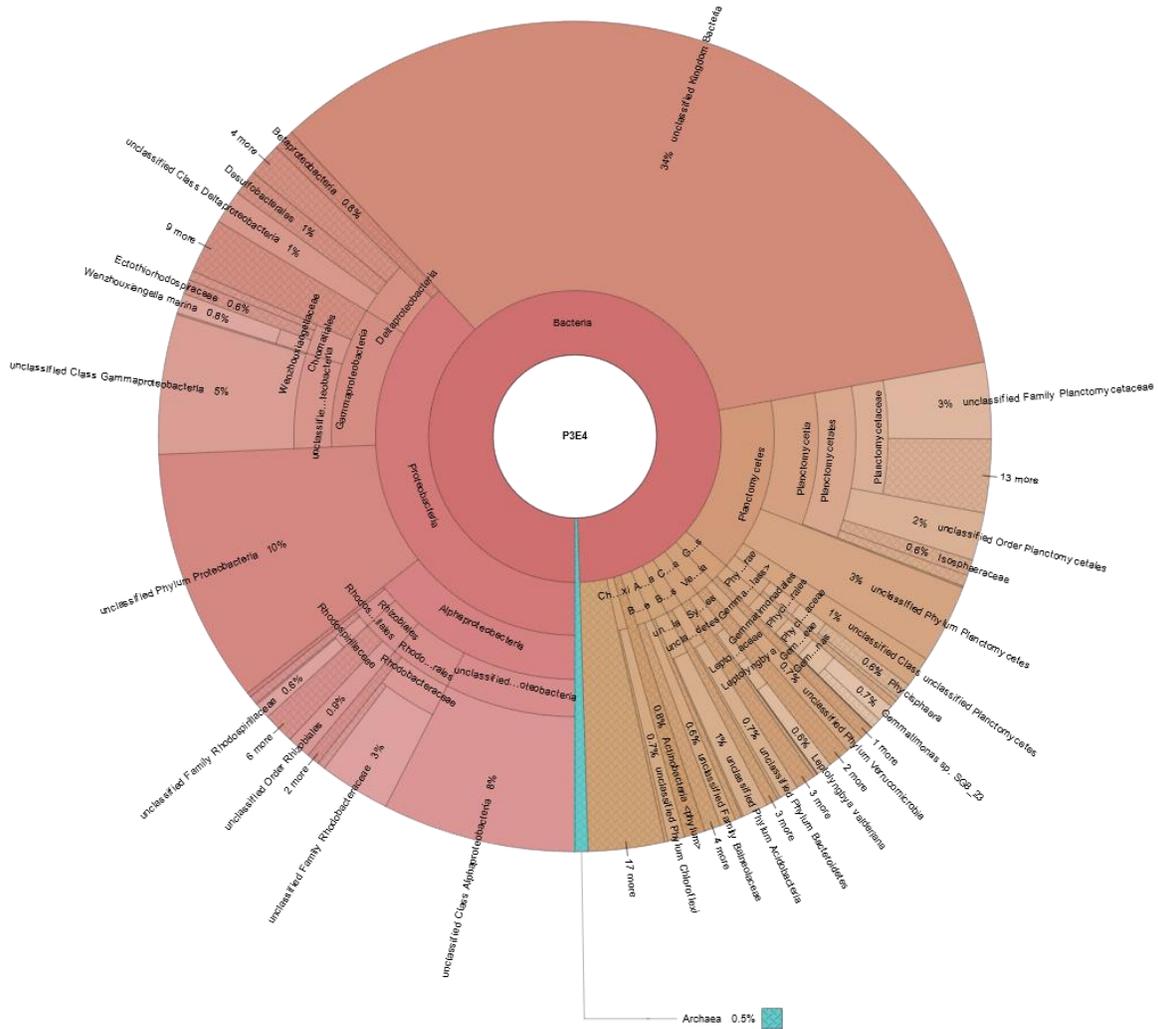


Figura 16: Taxonomía P3E4.

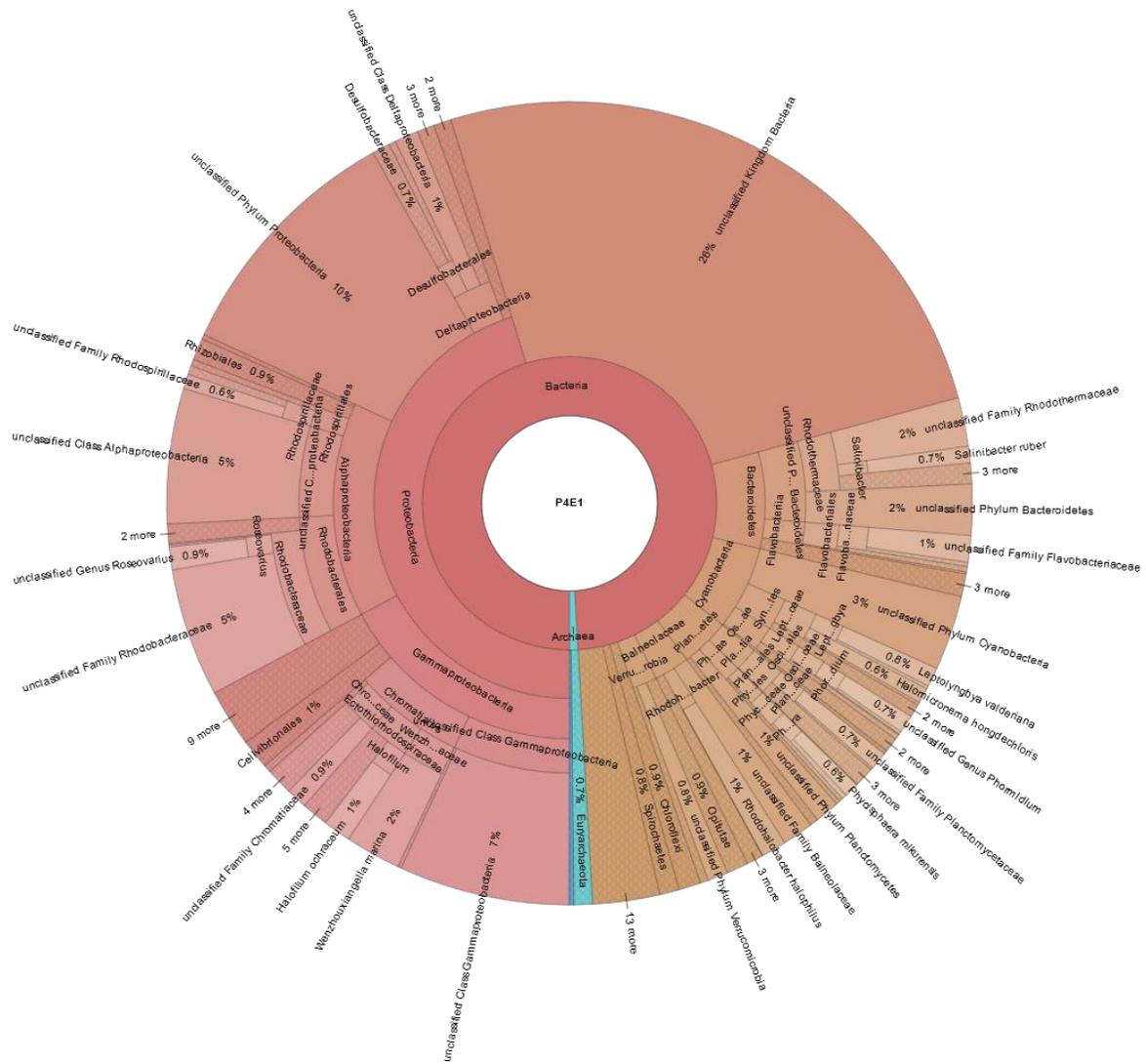


Figura 17: Taxonomía P4E1.

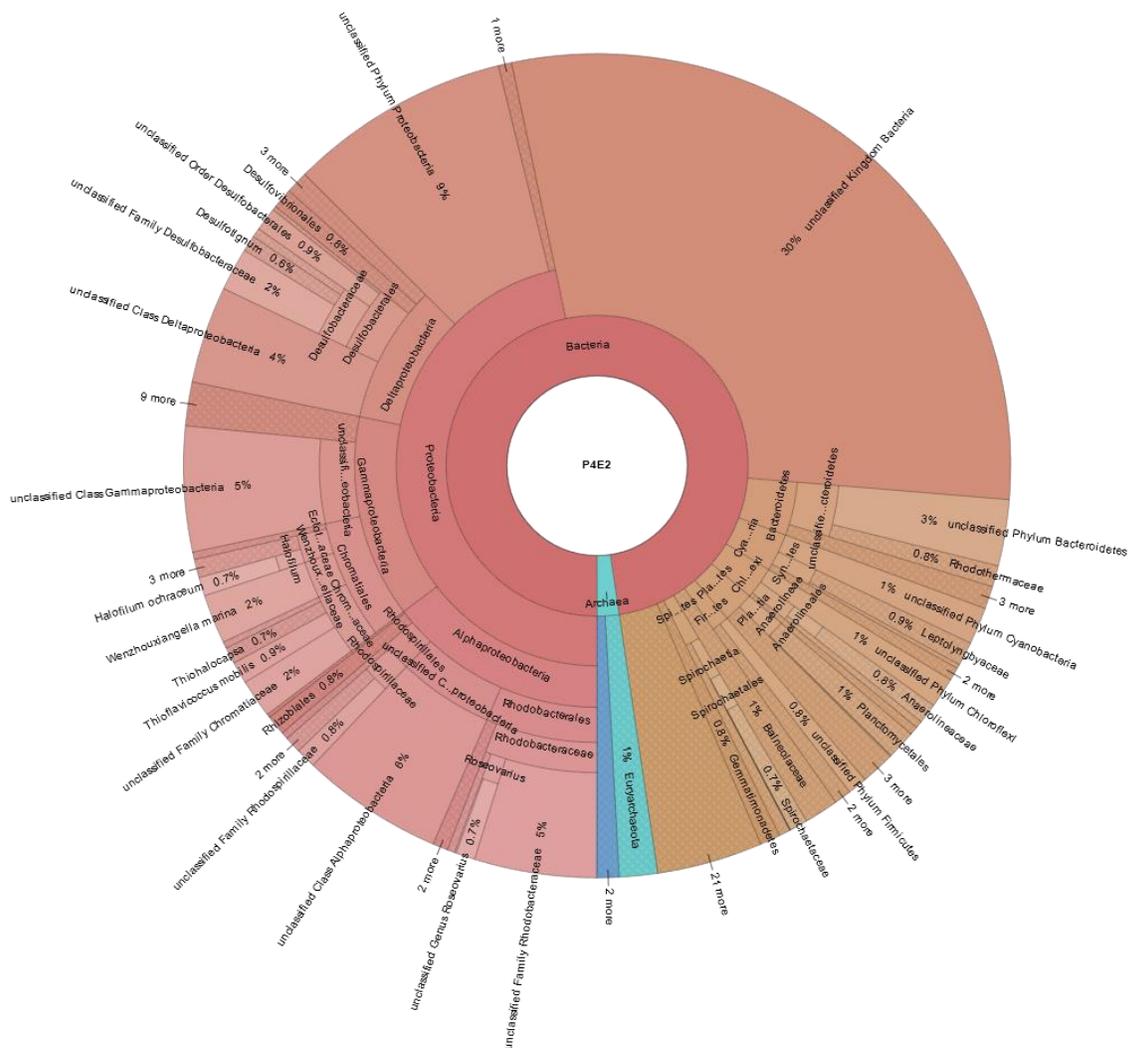


Figura 18: Taxonomía P4E2.

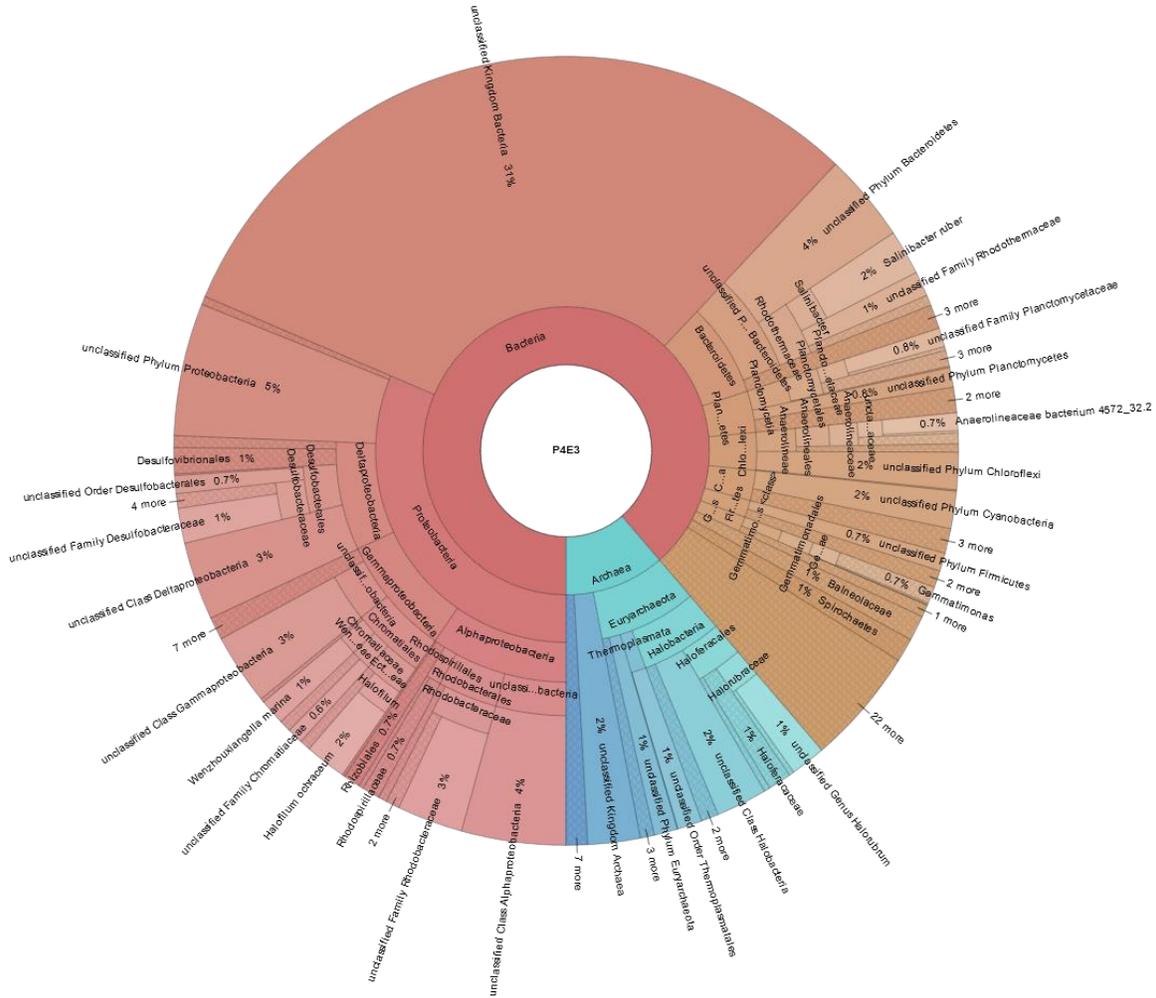


Figura 19: Taxonomía P4E3.

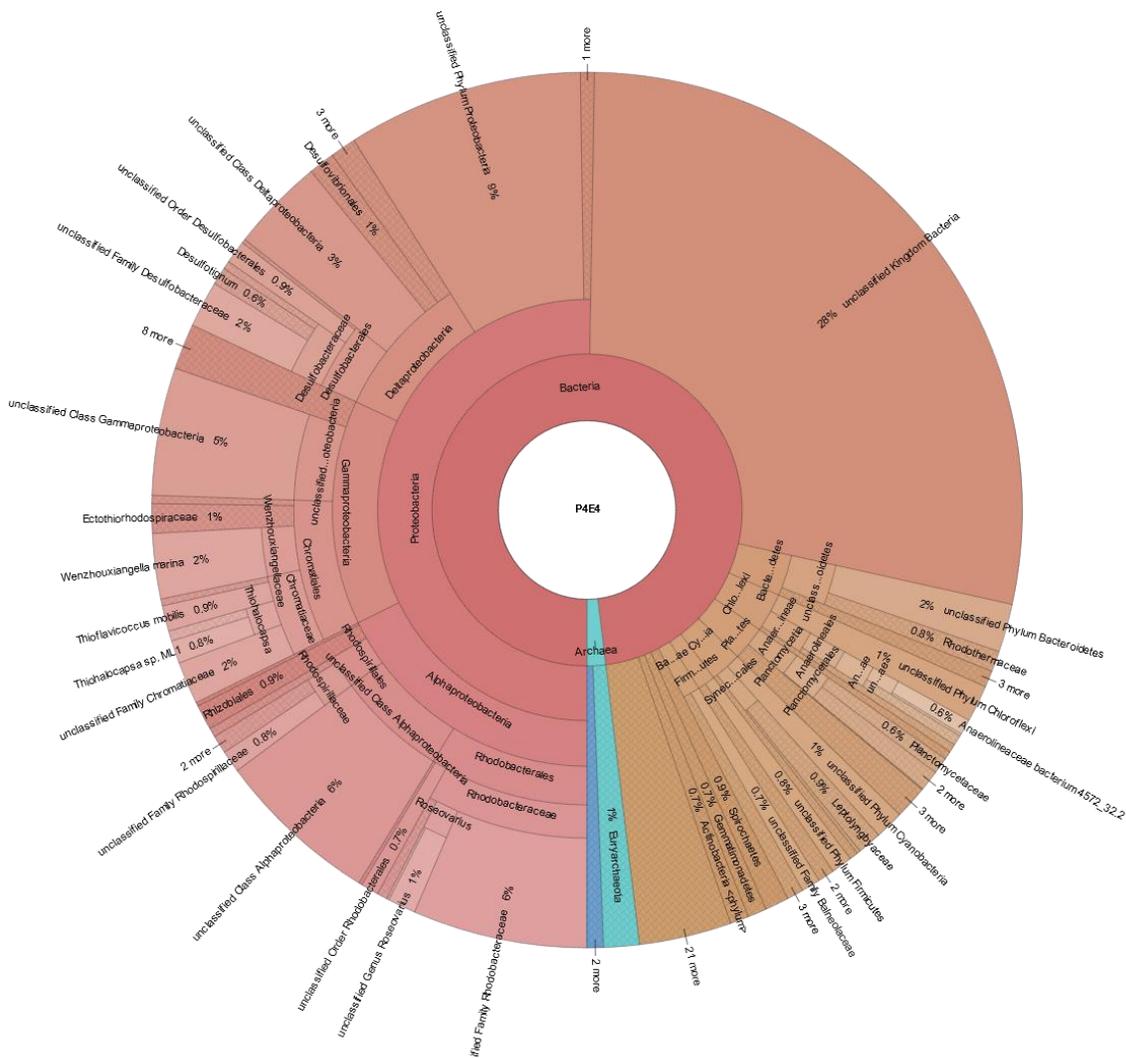


Figura 20: Taxonomía P4E4.

Respecto a la composición de las comunidades microbianas (Figura 21), se observa que la mayor parte de las secuencias corresponde a microorganismos del tipo Proteobacteria. Los microorganismos del tipo Cyanobacterias se observan mayoritariamente en el primer estrato de todas las muestras (E1). Mediante la agrupación por clustering (Figura 22), se observan cinco grupos con una similitud mínima cercana al 50% y una clara tendencia a la asociación por puquio, excepto para la muestra P3E3, que forma su propia rama separada de todo el resto. Por otro lado, las muestras provenientes del estrato 1 (Verde) tienden a agruparse entre ellas, sugiriendo que la composición de las comunidades presentes en esta capa es altamente similar para todas las muestras provenientes de los 3 puquios. El análisis MDS, en el que se consideró todos los taxones contabilizados, muestra la distribución de los filos presentes (Figura 23). El ordenamiento concuerda con el resultado del análisis de clusters, observándose que los filos Firmicutes, Chloroflexi y Proteobacteria tienden a ubicarse principalmente en los estratos 2, 3 y 4 del puquio 3. Cyanobacteria, Bacteroidetes, Chlorobi y Euryarchaeota, en cambio, se asocian tanto con la capa verde (E1) de todos los Puquios, como con todos los estratos del puquio 4. Por otro lado, Actinobacteria, Nitrospinae y Nitrospira, se asocian preferencialmente con los estratos 2, 3 y 4 del puquio 1. El análisis MDS y su correlación con la composición del agua (Figura 24), muestra que lo que mayormente diferencia a las muestras de P1 es el oxígeno disuelto, el Calcio, los niveles de HCO_3^- , Conductividad y dureza de las salmueras.

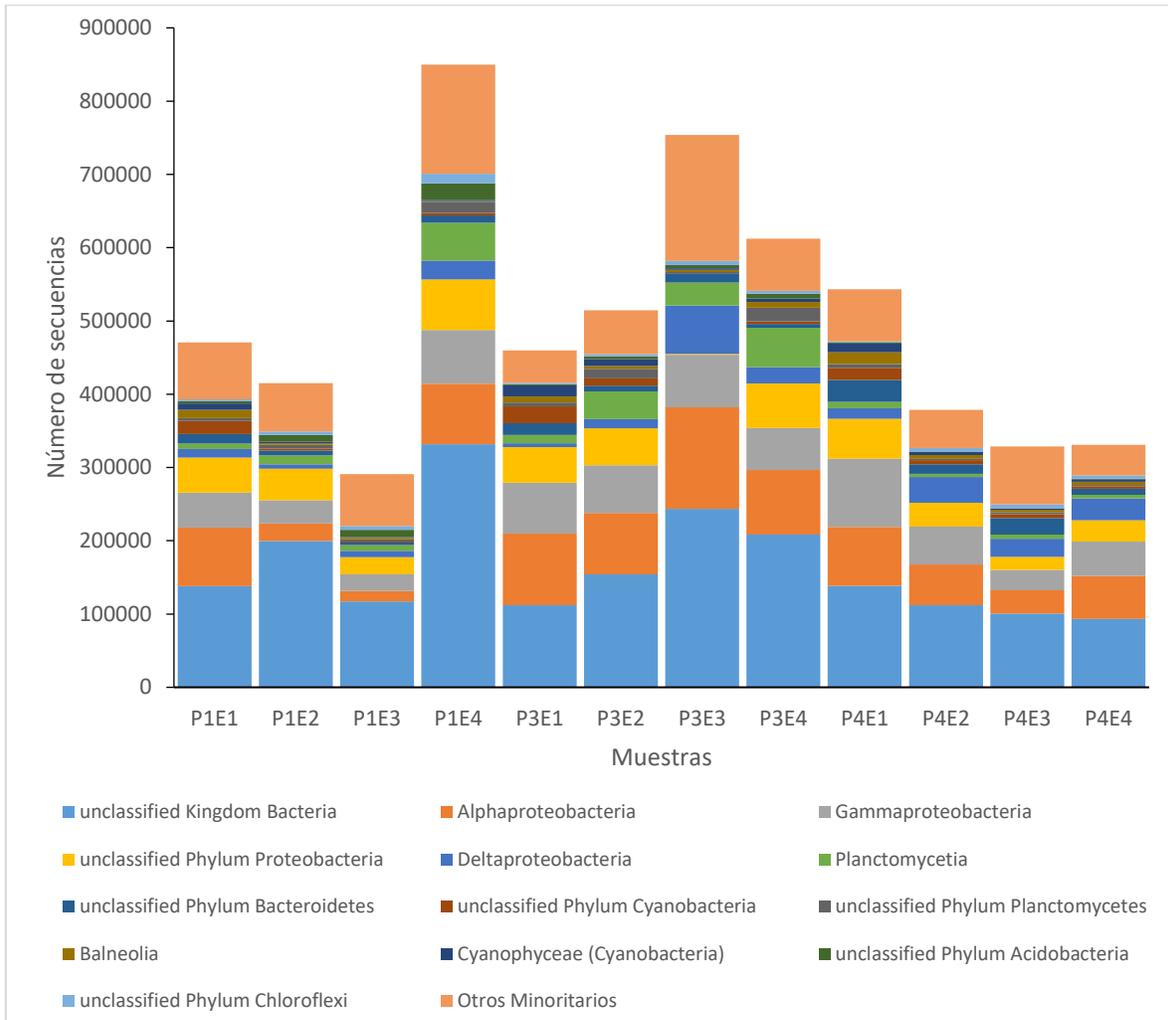


Figura 21: Abundancia de microorganismos por Clase. Se incluye hasta el 80% del total de microorganismos, el 20% restante, se agrupó como “Otros minoritarios”.

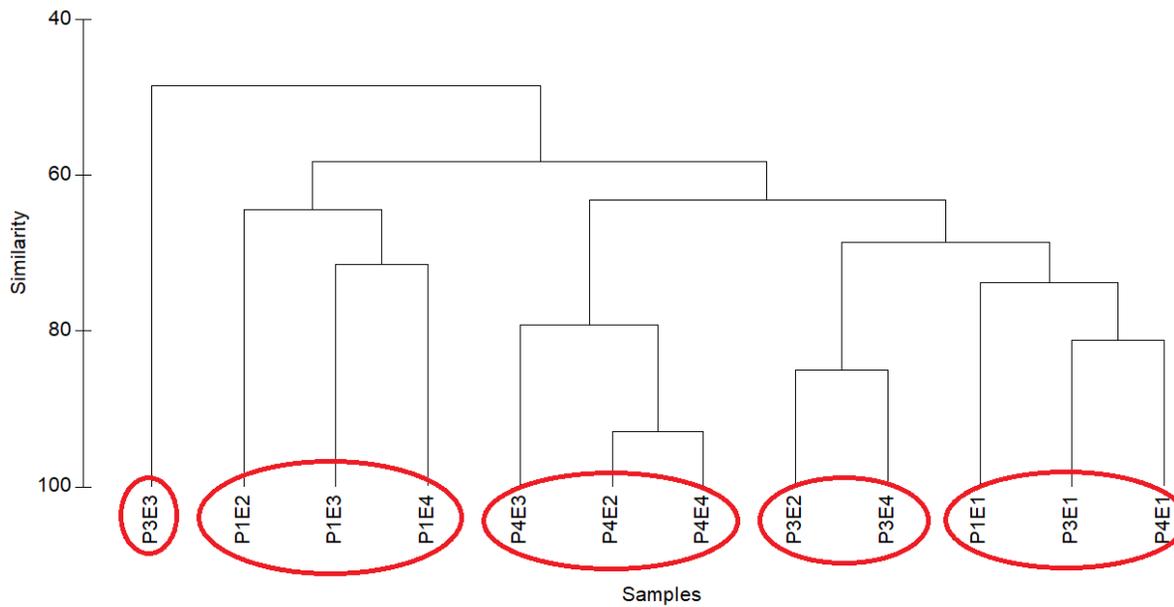


Figura 22: Análisis de similitud entre las muestras, basado en su taxonomía.

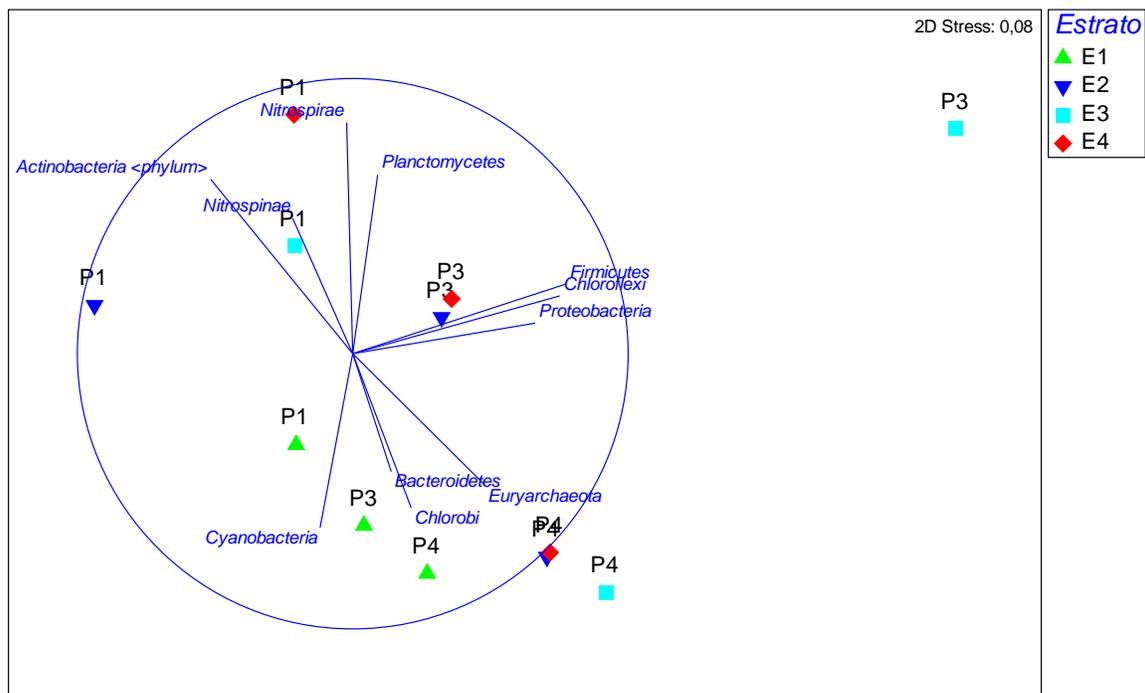


Figura 23: Análisis MDS entre las muestras, basado en su taxonomía. Los vectores indican la tendencia en la abundancia de cada uno de los Filos analizados.

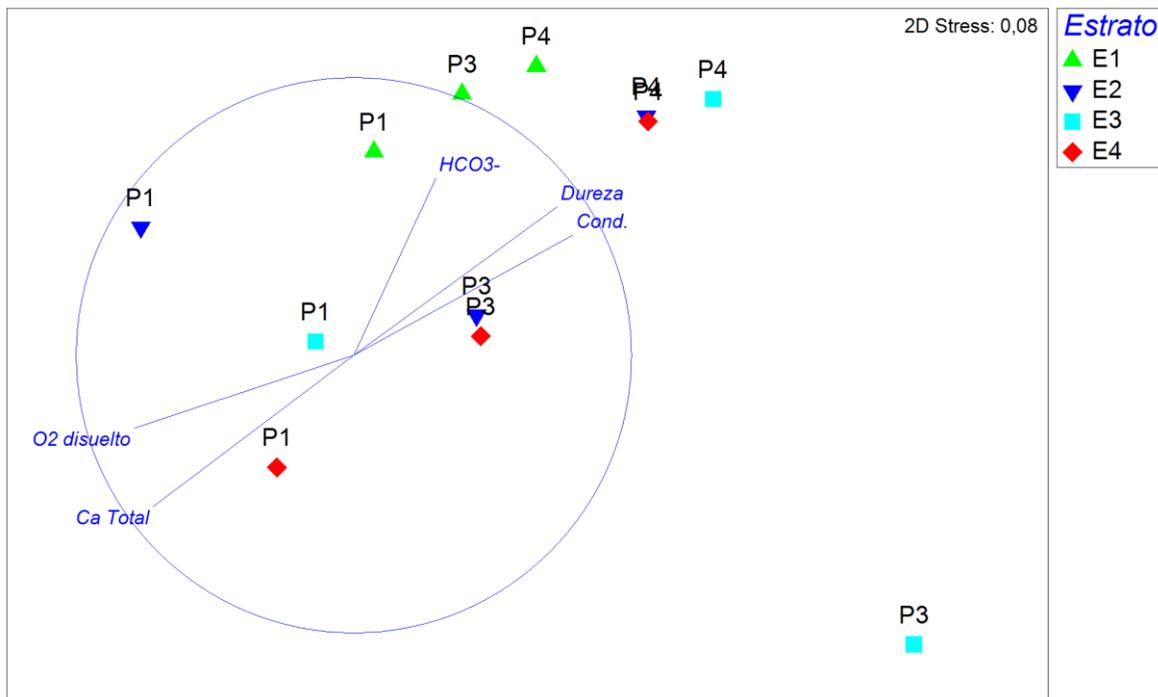


Figura 24: Análisis MDS entre las muestras, basado en su taxonomía. Los vectores indican correlación y tendencia de cada uno de los componentes analizados.

4.7 Abundancia y distribución de microorganismos fototróficos

La presencia de microorganismos fototróficos oscila entre el 2 y 25 % en los sitios y estratos estudiados (Figura 25). Este grupo está compuesto por microorganismos de los filos Proteobacteria, Cyanobacteria y Chloroflexi, donde Alphaproteobacteria es el filotipo mayoritario. Se evidencia un incremento en la abundancia de Cyanobacterias en las muestras del Estrato 1 (Figuras 21, 23 y 26). La presencia de diatomeas sólo se observó en la capa verde del Puquio 1 que es el que presenta menos salinidad. El informe de Farías y Contreras del 2013 reporta la presencia de Diatomeas en las campañas de invierno y verano 2012. Sin embargo señala que en el invierno se observa una mayor proporción de Diatomeas completas, probablemente activas. El resto de los microorganismos eucariotas evidenciados corresponden a hongos. Se adjuntan documentos anexos correspondientes a la tabla Excel con el recuento de Eukaryotas de todas las muestras (Anexo 26) y gráfico Krona de Eukaryotas de P1E1 (Anexo 27).

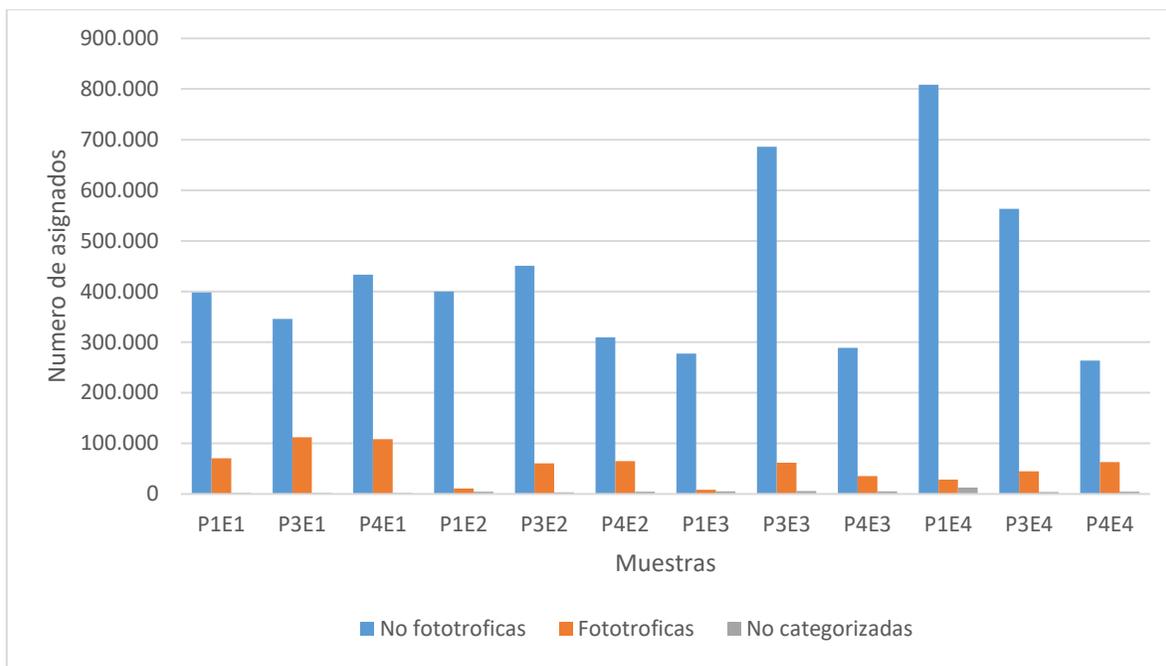


Figura 25: Cuantificación de microorganismos fototróficos totales por muestra

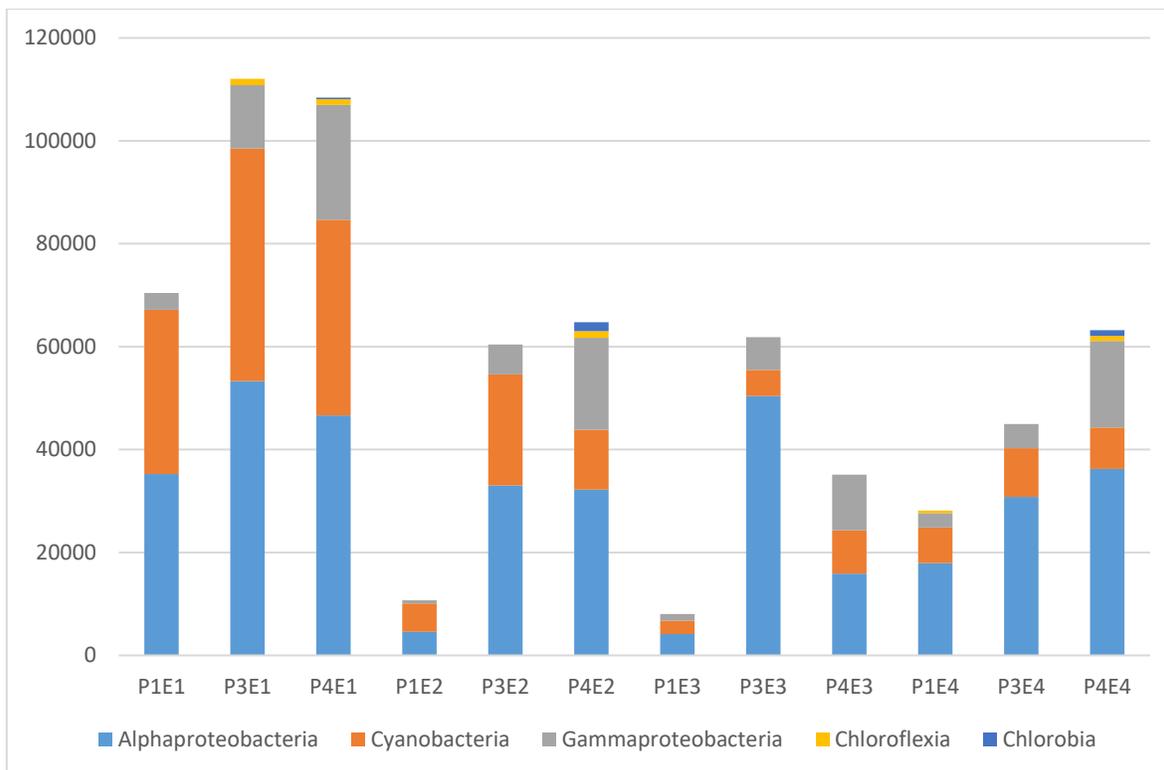


Figura 26: Distribución de Clases de microorganismos fototróficos

4.8 Distribución de los metabolismos

Las Figuras 27 a 38 resumen la diversidad funcional de las comunidades microbianas de los sitios estudiados. Se adjuntan como anexos, los gráficos Krona (HTML interactivos) de todos los sitios donde se puede apreciar la asignación funcional en forma detallada (Anexos 13 al 24).

La similitud entre las muestras supera, en general, el 80% (Figura 39) y, al igual que por taxonomía, existe una tendencia a la agrupación de las comunidades del Estrato verde (E1). Las muestras de los estratos 2, 3 y 4 del puquio 4 tienden también a presentar funciones metabólicas similares. Las muestras provenientes de los tres restantes estratos (inferiores) de los puquios 1 y 3 se asocian con hasta un 85% de similitud, y la muestra P1E3 tiende a asociarse con las del puquio 4 (Figura 40). El análisis de MDS muestra, además, que los genes relacionados a funciones metabólicas propias de microorganismos fotosintéticos se asocian mayormente con las muestras del estrato verde (E1) y además, con todos los estratos del puquio 4.

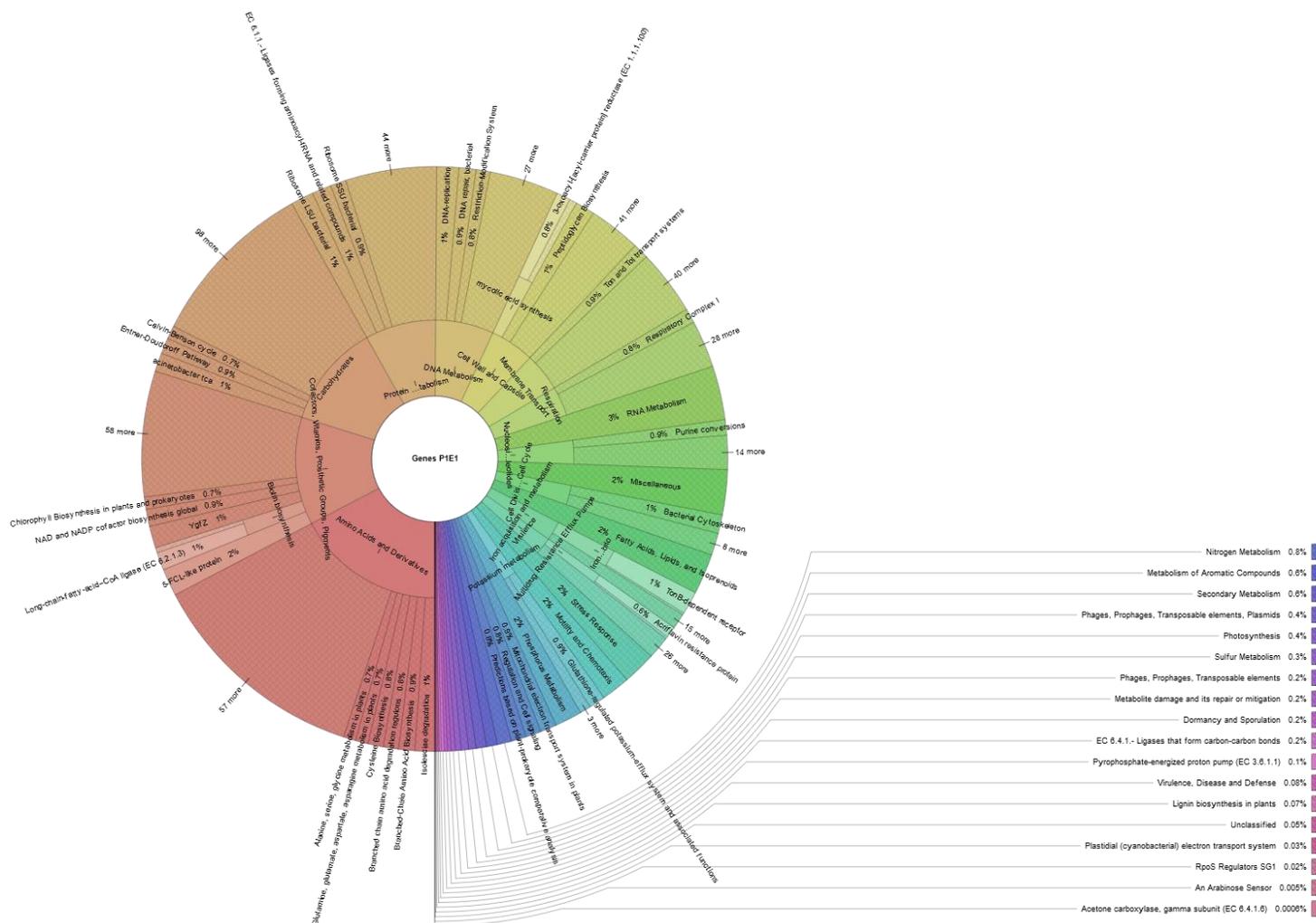


Figura 27: Metabolismo P1E1.

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta

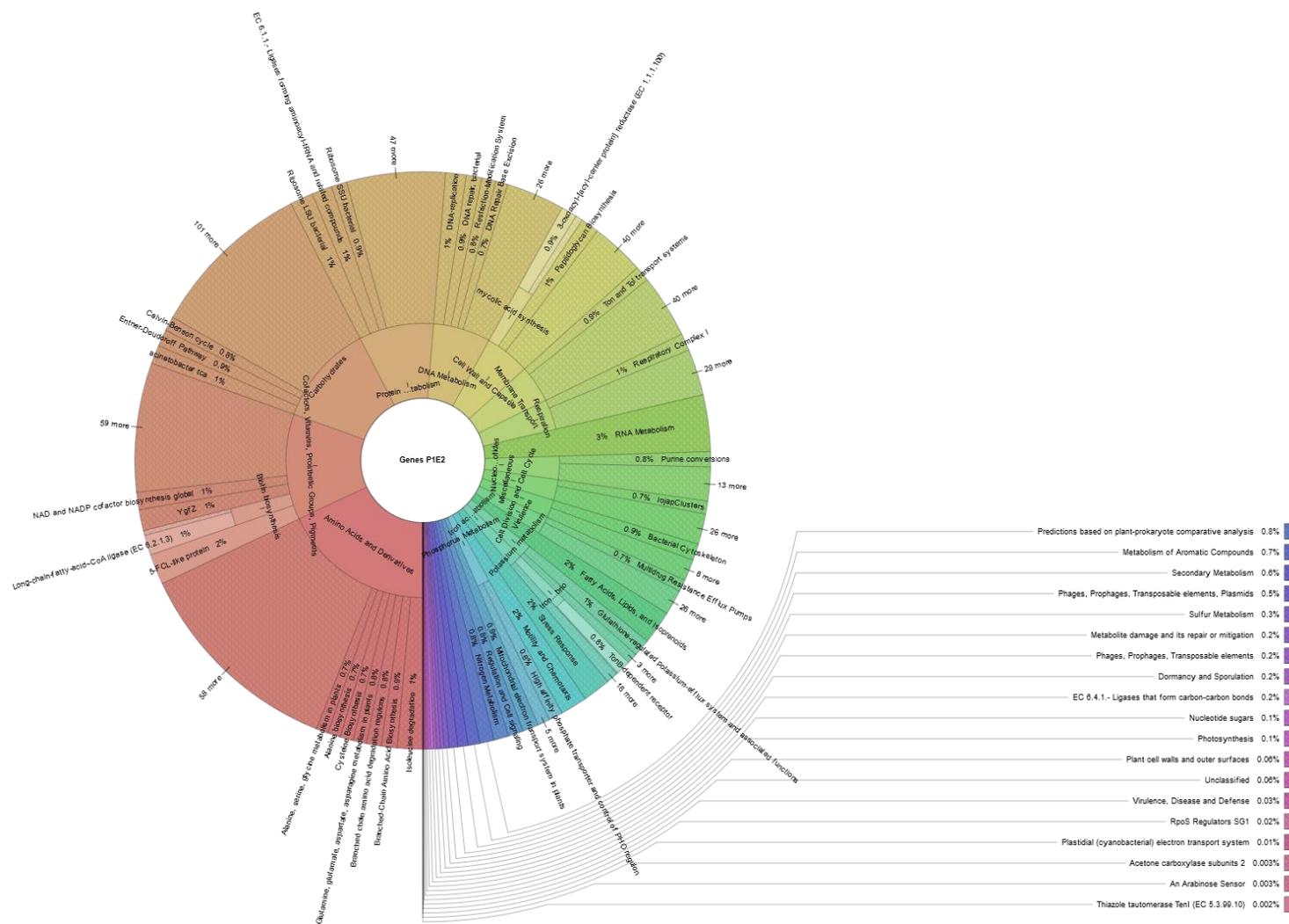


Figura 28: Metabolismo P1E2.

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta

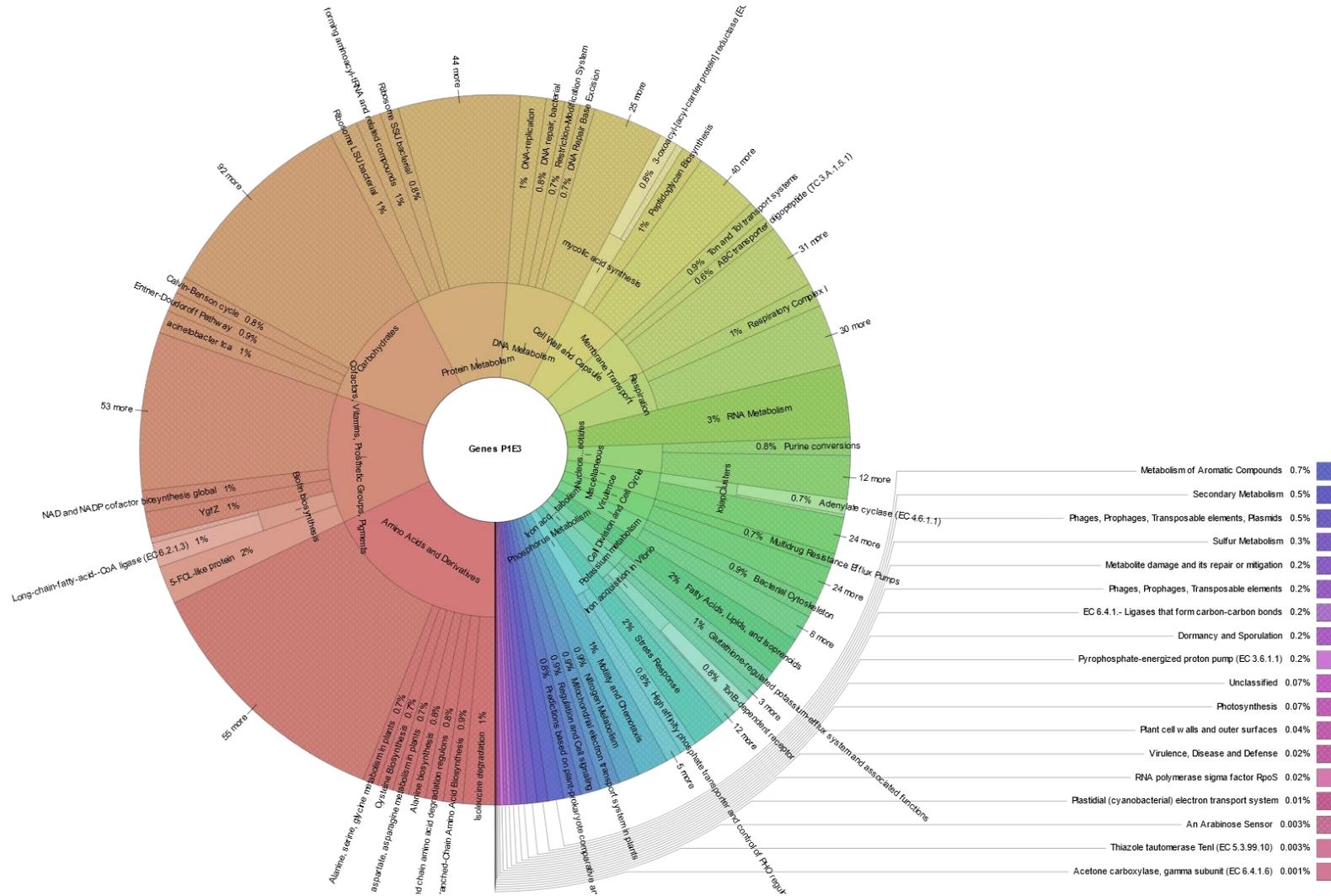


Figura 29: Metabolismo P1E3.

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta

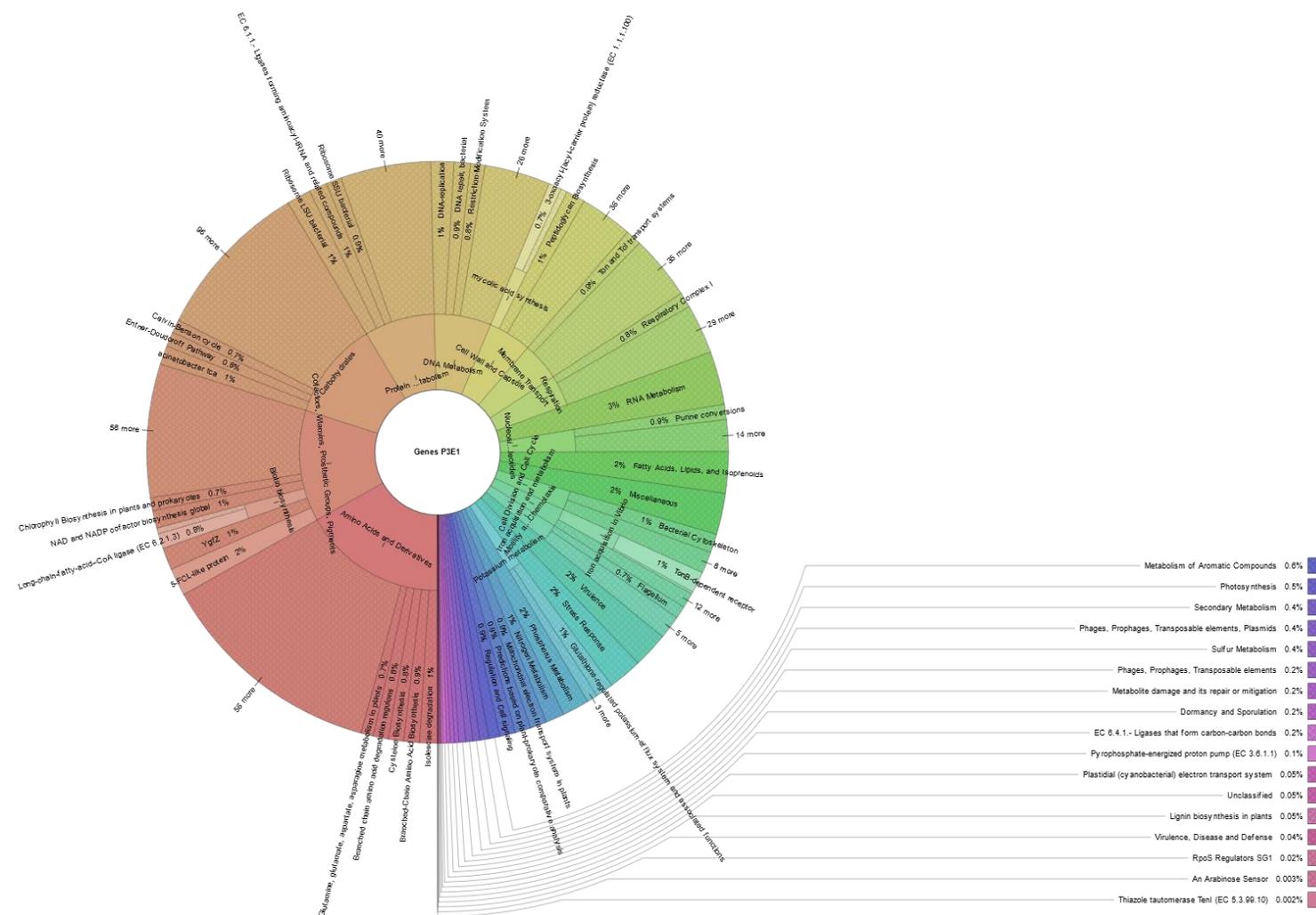


Figura 31: Metabolismo P3E1.

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta

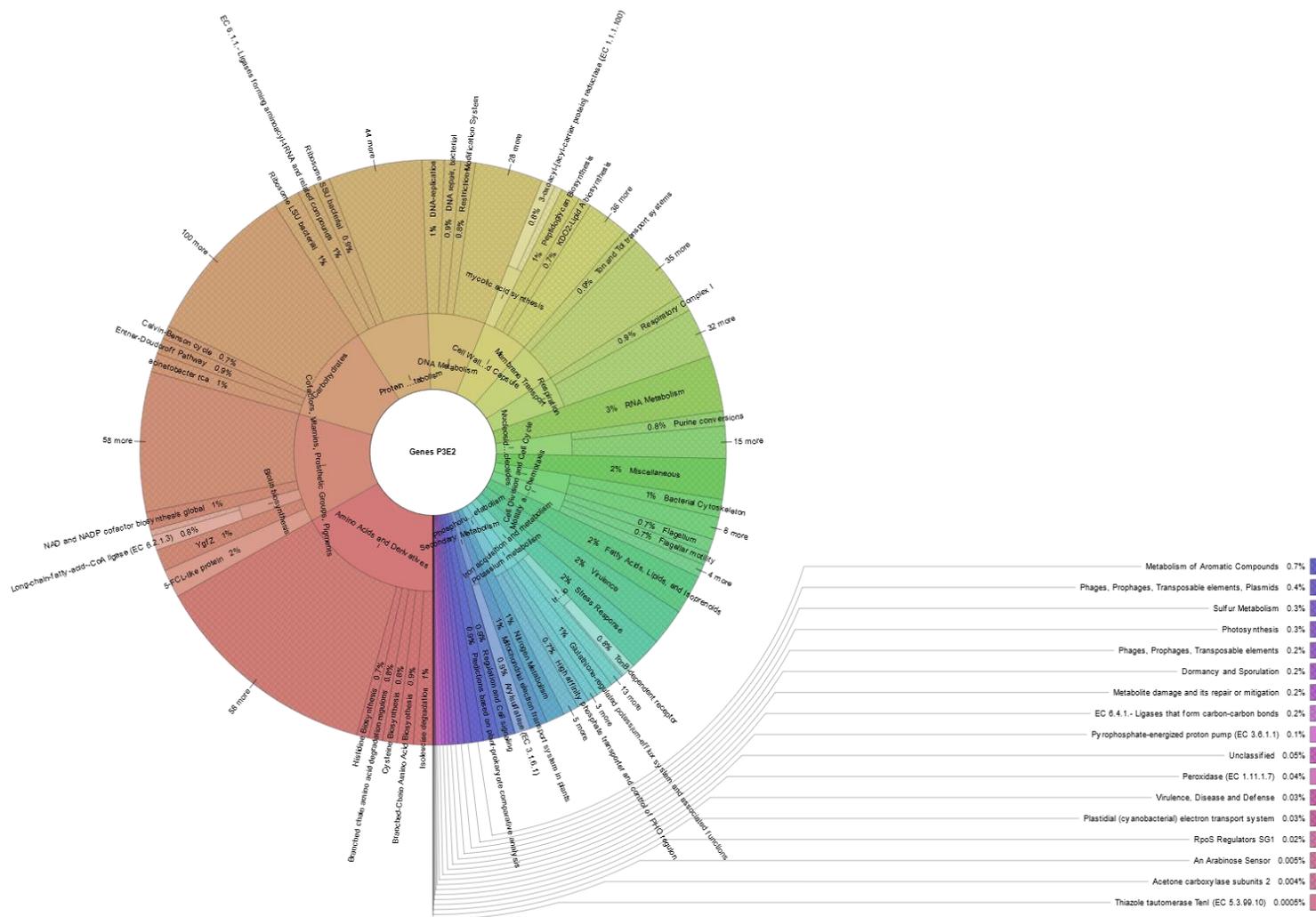


Figura 32: Metabolismo P3E2.

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta

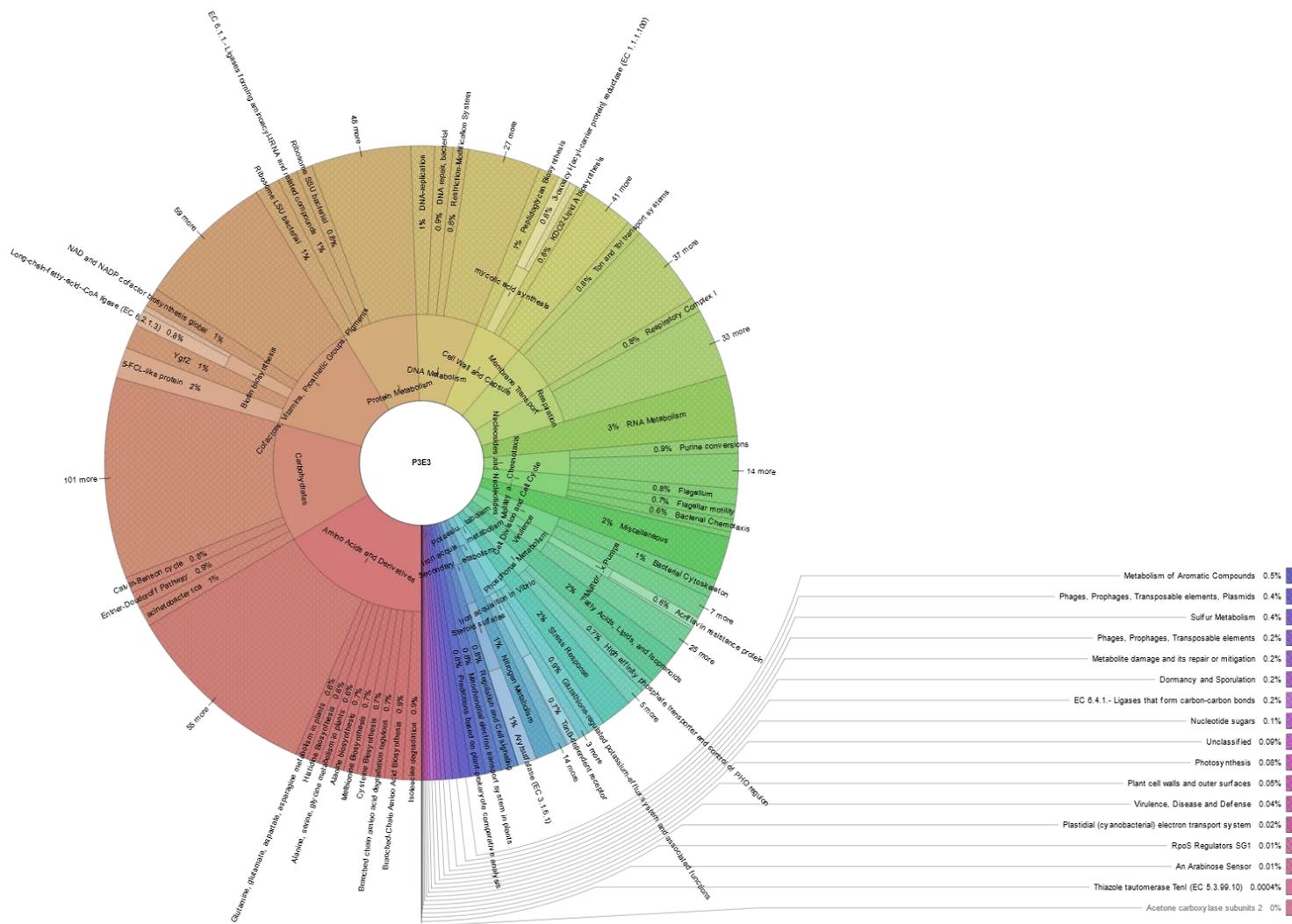


Figura 33: Metabolismo P3E3.

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta

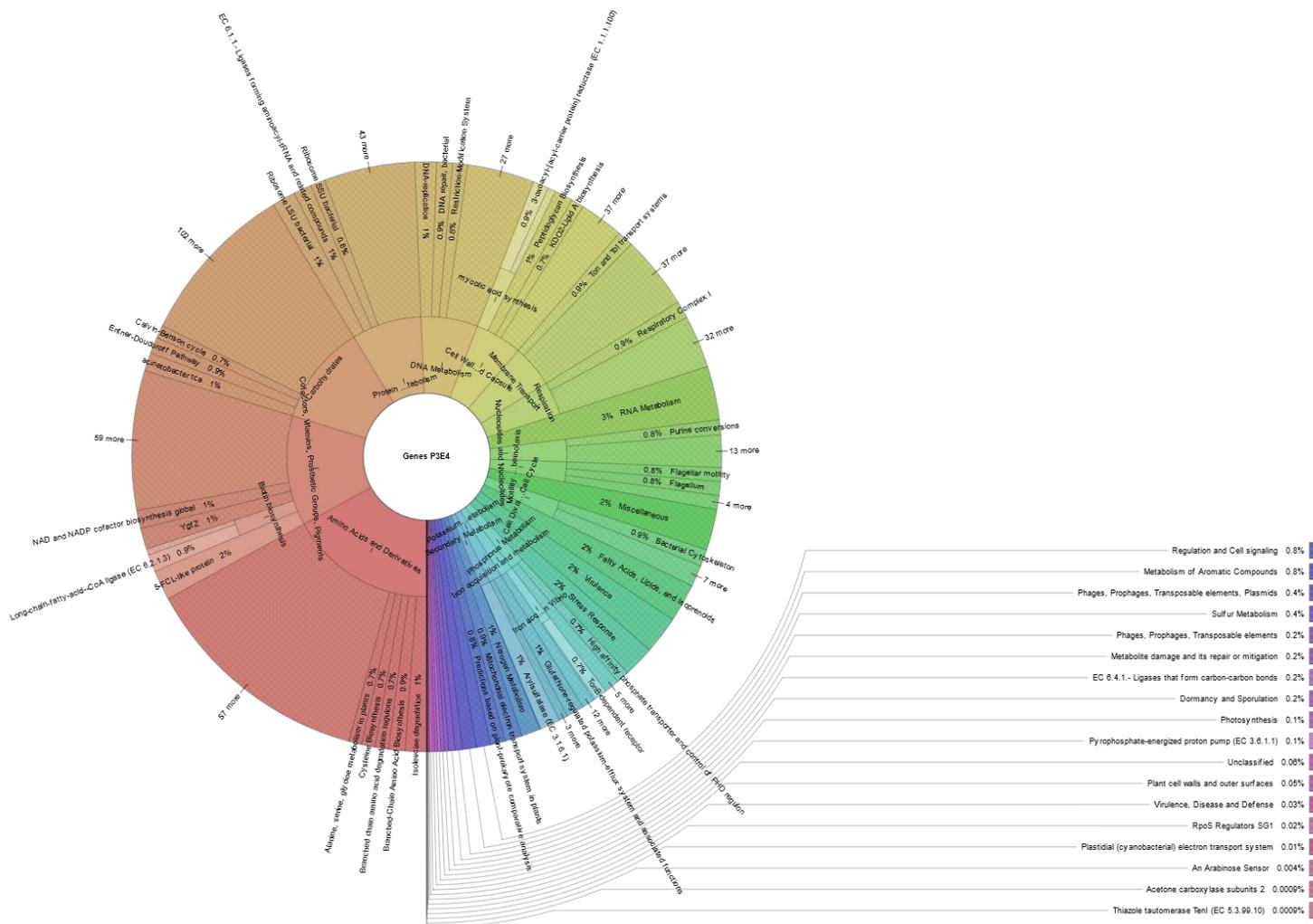


Figura 34: Metabolismo P3E4.

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta

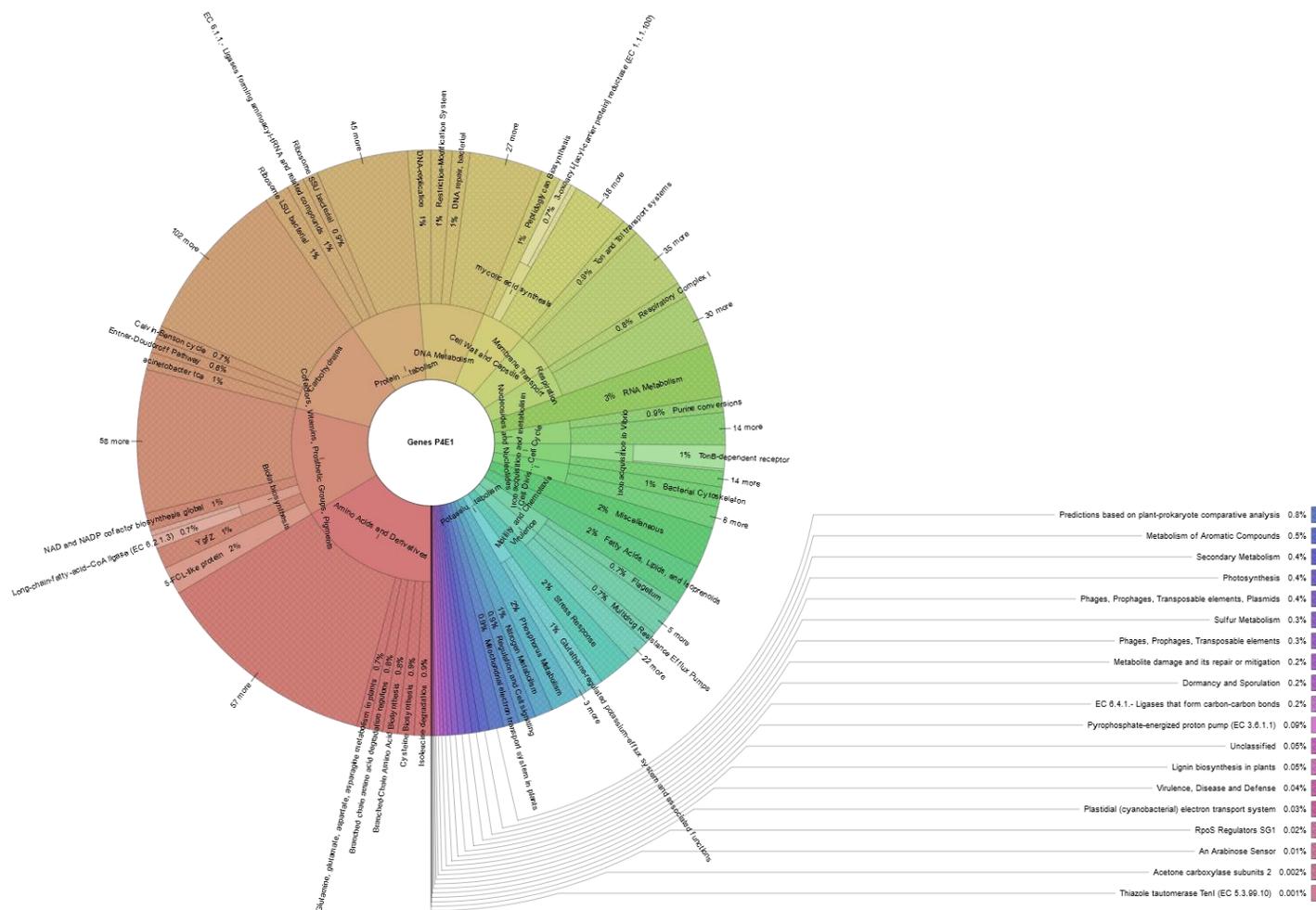


Figura 35: Metabolismo P4E1.

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta

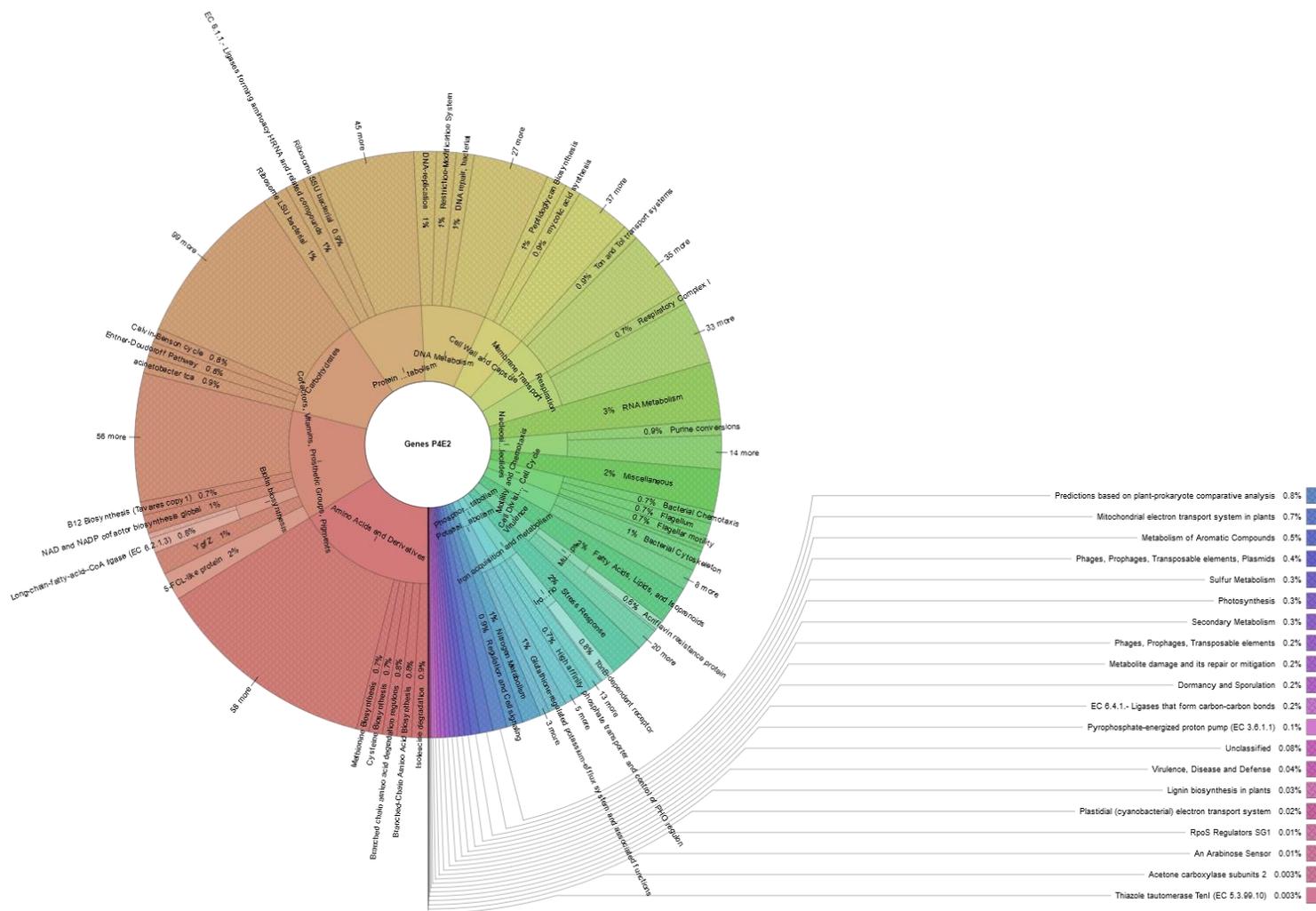


Figura 36: Metabolismo P4E2.

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta

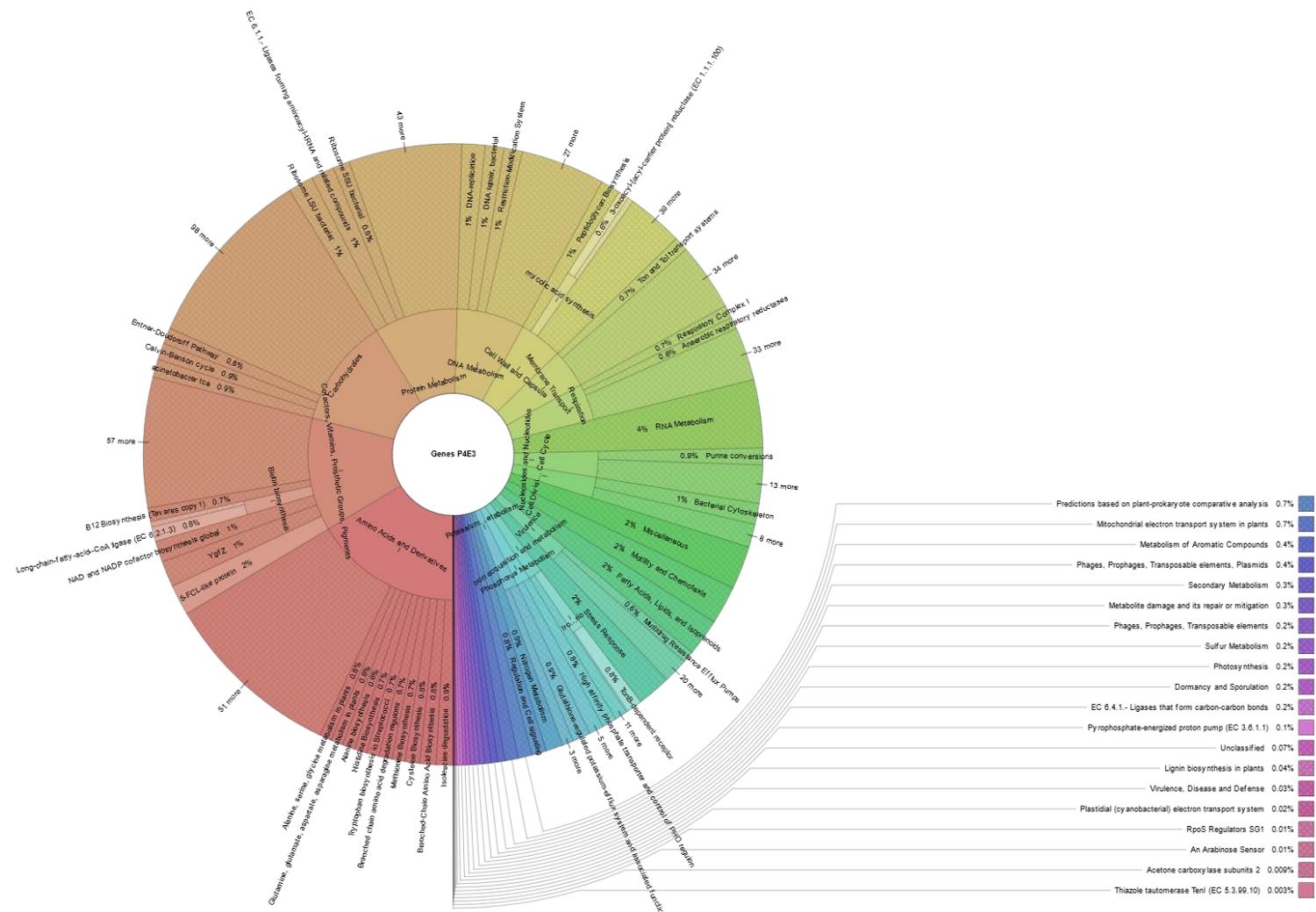


Figura 37: Metabolismo P4E3.

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta

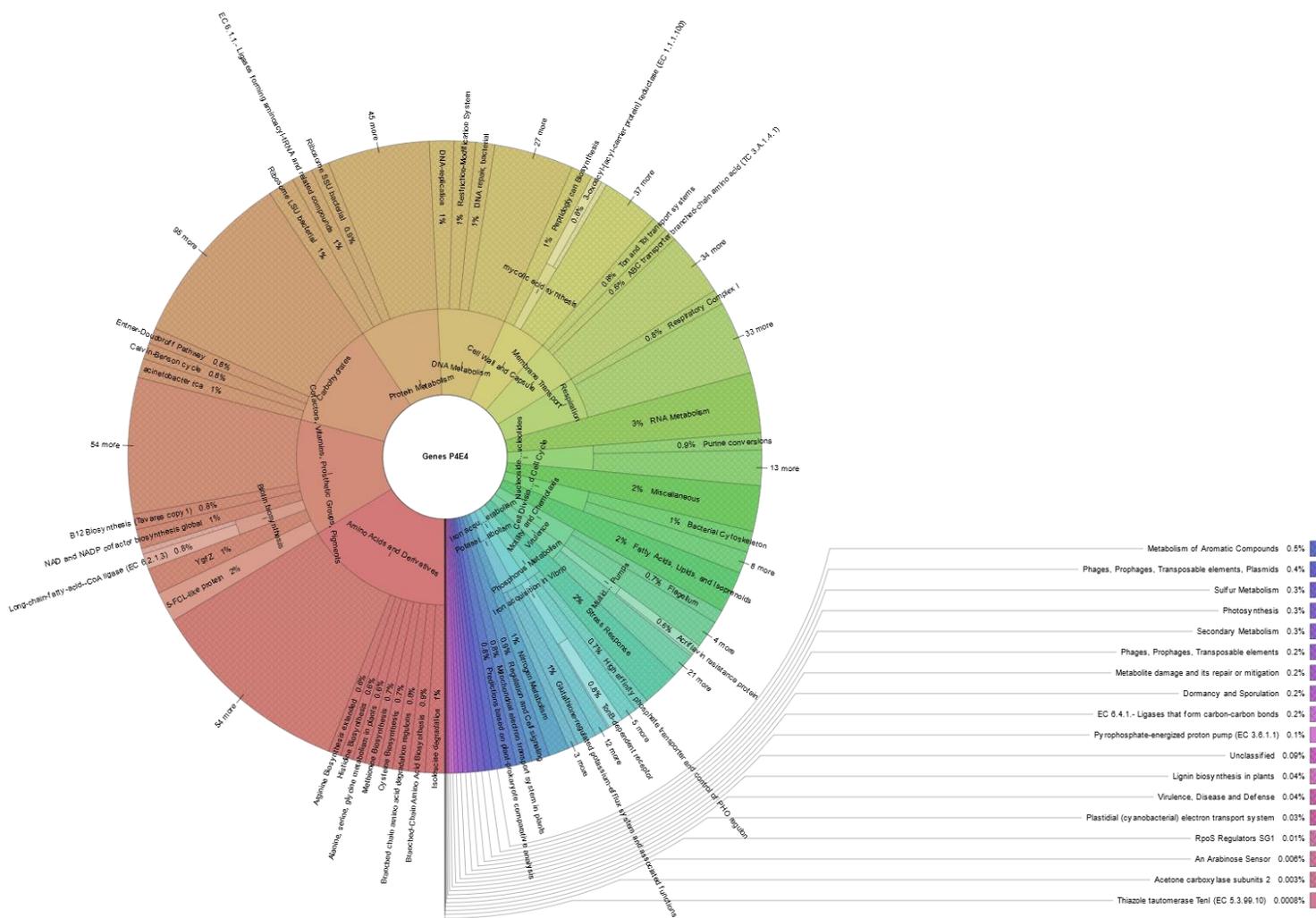


Figura 38: Metabolismo P4E4.

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta

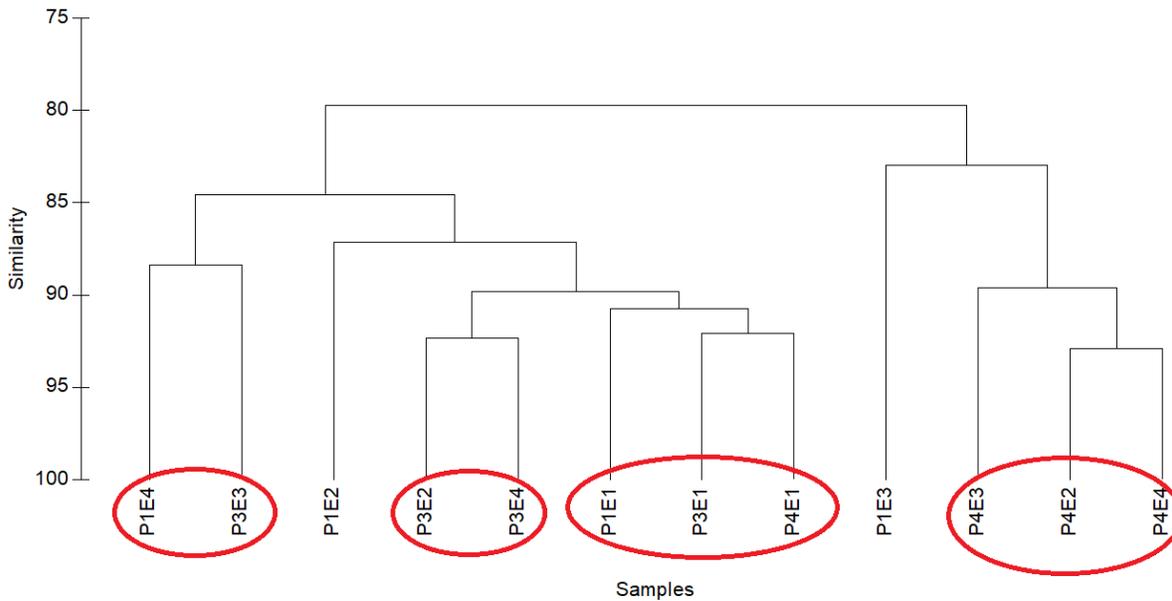


Figura 39: Análisis de similitud entre las muestras, basado en la asignación funcional.

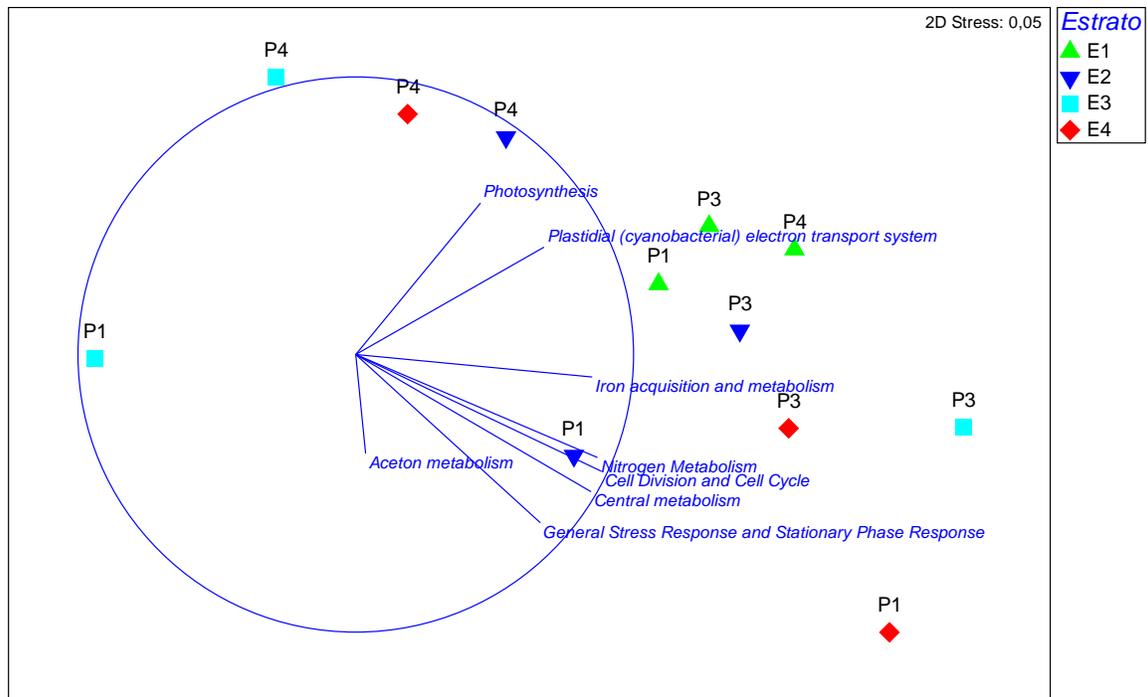


Figura 40: Análisis MDS de acuerdo a la asignación funcional para las distintas muestras.

Las categorías funcionales mayoritariamente representadas son “Amino Acids and Derivatives”, “Cofactors, Vitamins, Prosthetic groups, Pigments”, “Carbohydrates” and “Protein Metabolism”. La Figuras 41 a 44 muestran esa distribución para cada uno de los estratos de los puquios estudiados.

En la distribución de los ORFs asociados a las principales categorías se observa un enriquecimiento de los relacionados con la función de “Photosynthesis” y “Plastidial electron transport system” (aumenta al doble, pero no se logra observar en el gráfico) en el estrato verde (E1) de los tres puquios analizados.

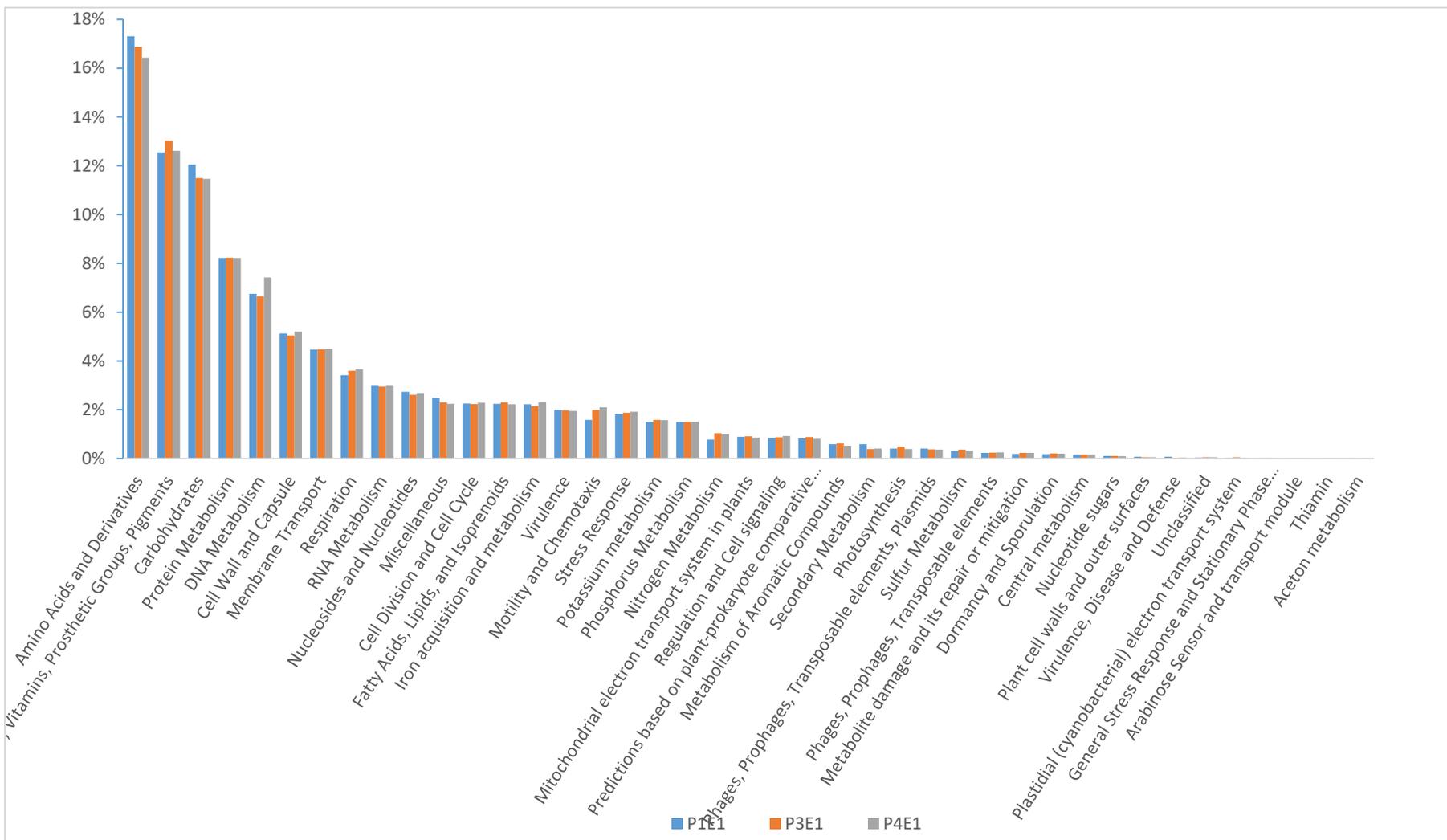


Figura 41: Comparación de categorías funcionales para la capa E1 de todos los puquios

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta



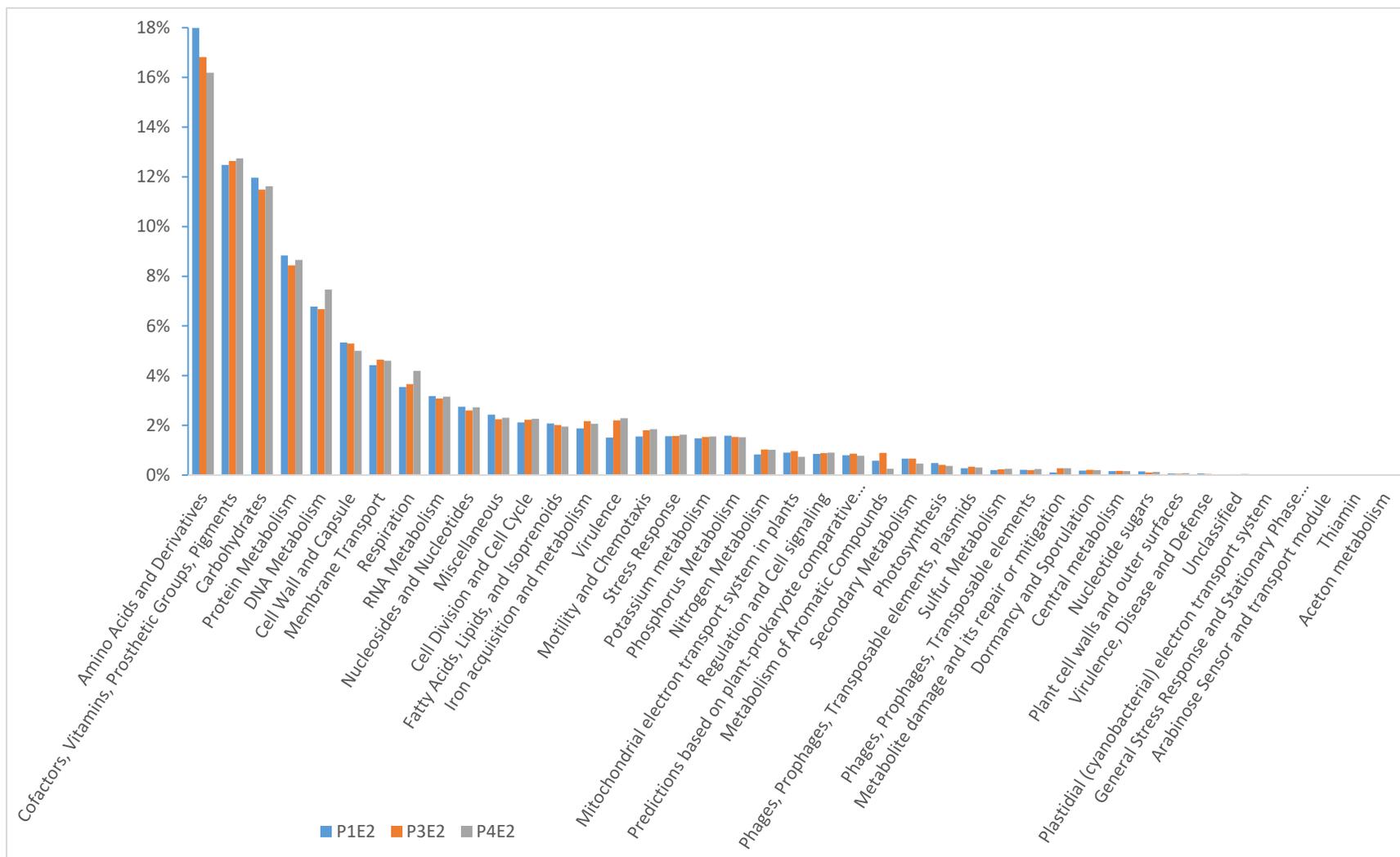


Figura 42: Comparación de categorías funcionales para la capa E2 de todos los puquios.

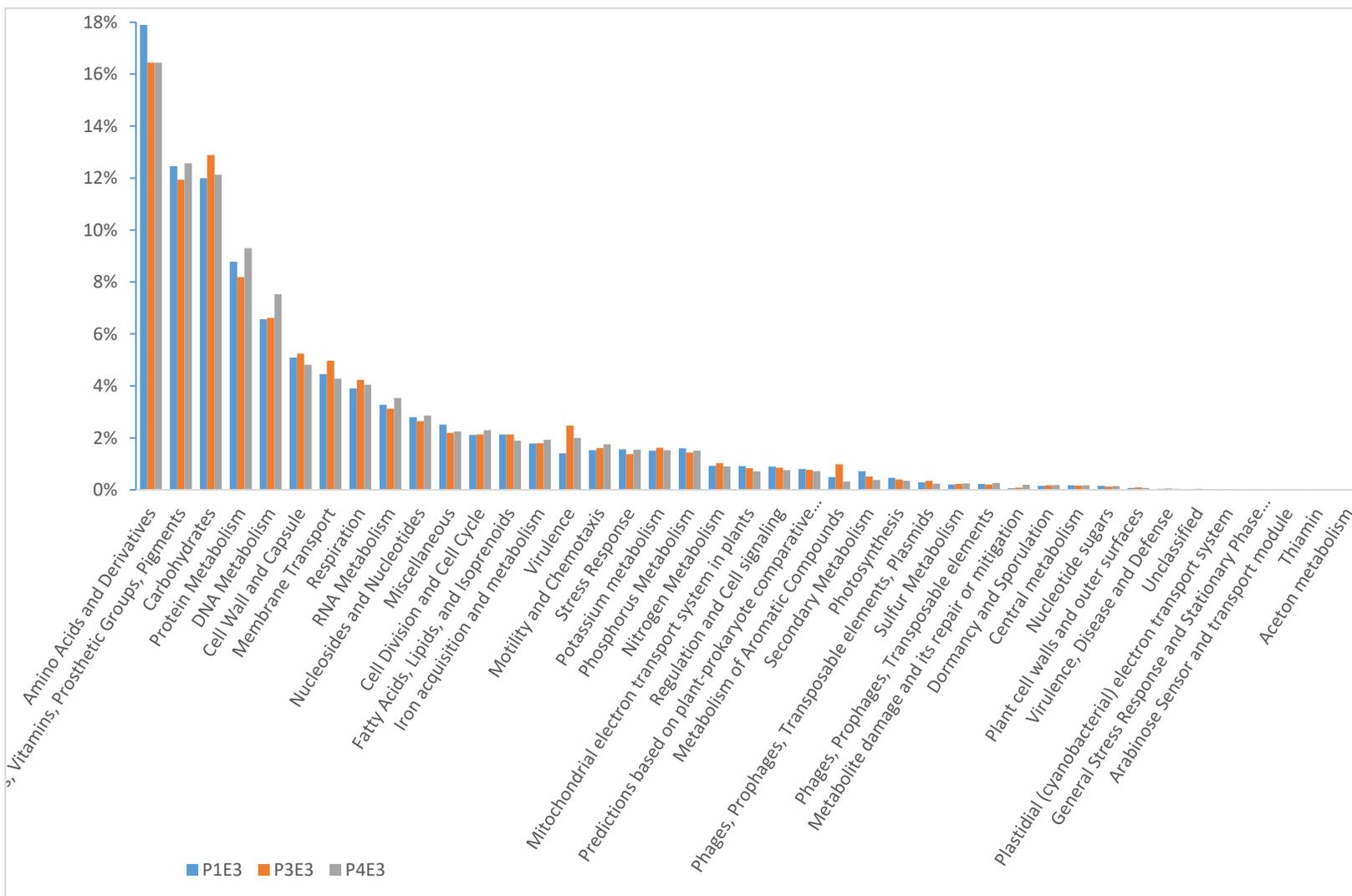


Figura 43: Comparación de categorías funcionales para la capa E3 de todos los puquios

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta



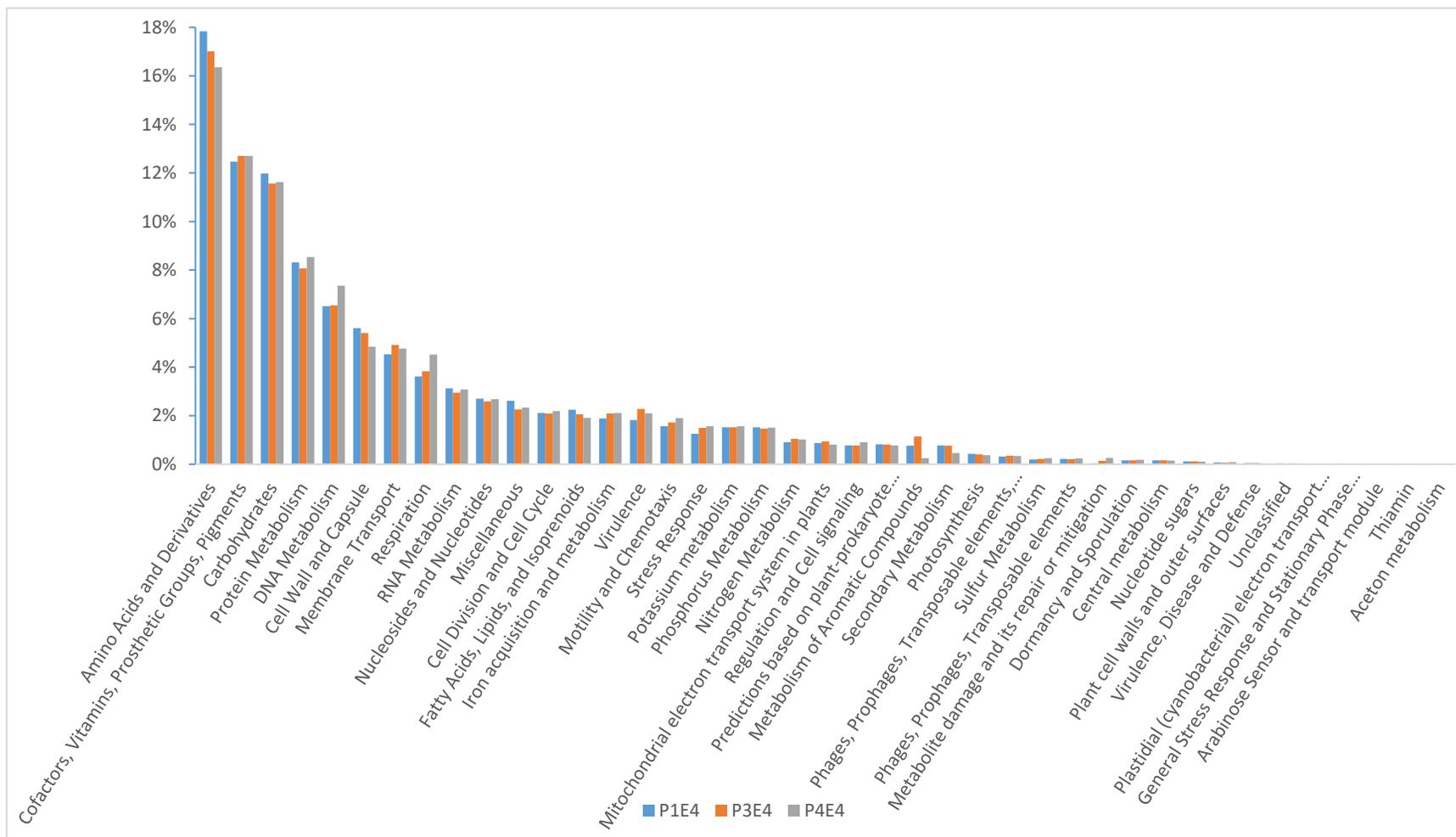


Figura 44: Comparación de categorías funcionales para la capa E4 de todos los puquios

Las rutas metabólicas para la fijación de carbono más abundantes son el Ciclo de Calvin-Benson-Buchanan (CBB) y el Ciclo del Ácido Cítrico Reductivo (RTCA), representados en la Figura 45 por las enzimas Ribulose biphosphate carboxylase (Rubisco) y Pyruvate ferredoxin oxidoreductase (Por), respectivamente. Se observa un enriquecimiento de la ruta representada por la Rubisco en el estrato verde de todos los Puquios, mientras que la abundancia de Por se incrementa en los estratos más profundos.

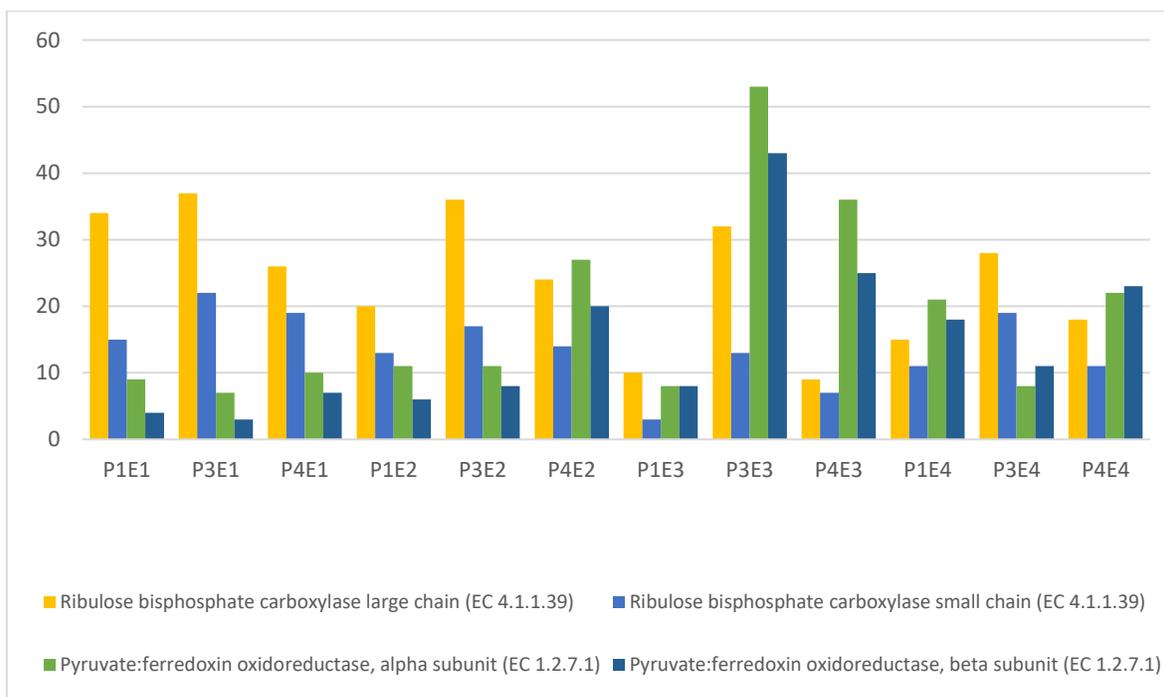


Figura 45: Genes representativos de procesos de fijación de carbono

El metabolismo del azufre está representado mayoritariamente por genes involucrados en la oxidación y en la asimilación de azufre. Los genes funcionales del primer grupo (Figura 46) más abundantes corresponden al sistema multienzimático Sox que cataliza la oxidación de thiosulfato. Se observan también la enzima Sulfide dehydrogenase flavoprotein (fcc) que cataliza la oxidación de sulfuro y la Sulfur oxidation molybdopterin C protein involucrada en la oxidación de sulfito [1].

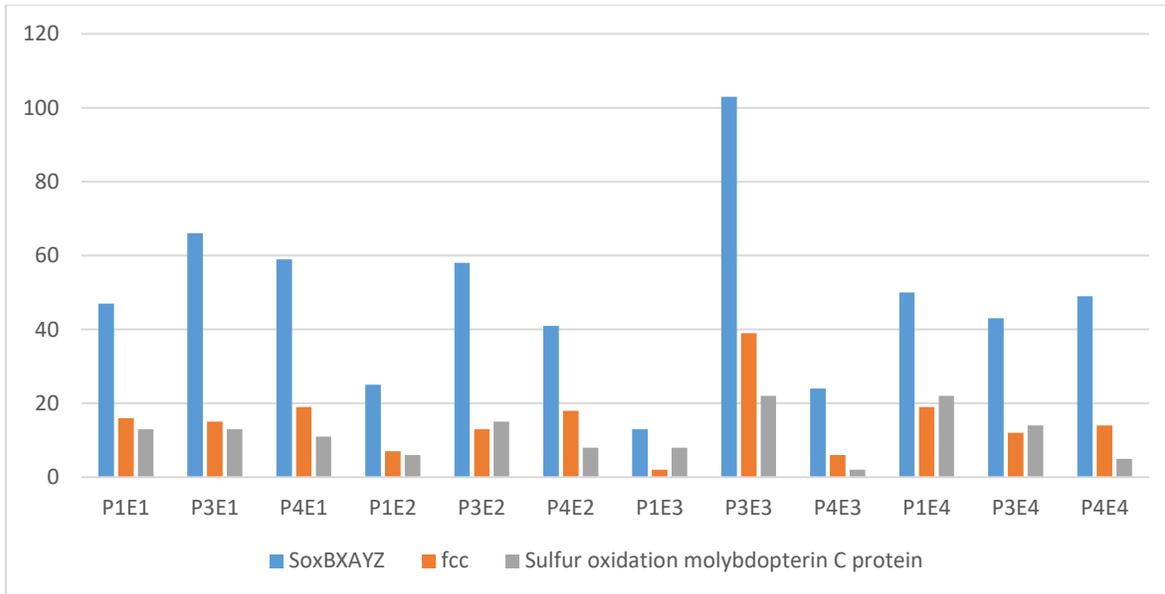


Figura 46: Genes representativos relativos a la oxidación de compuestos reducidos de azufre

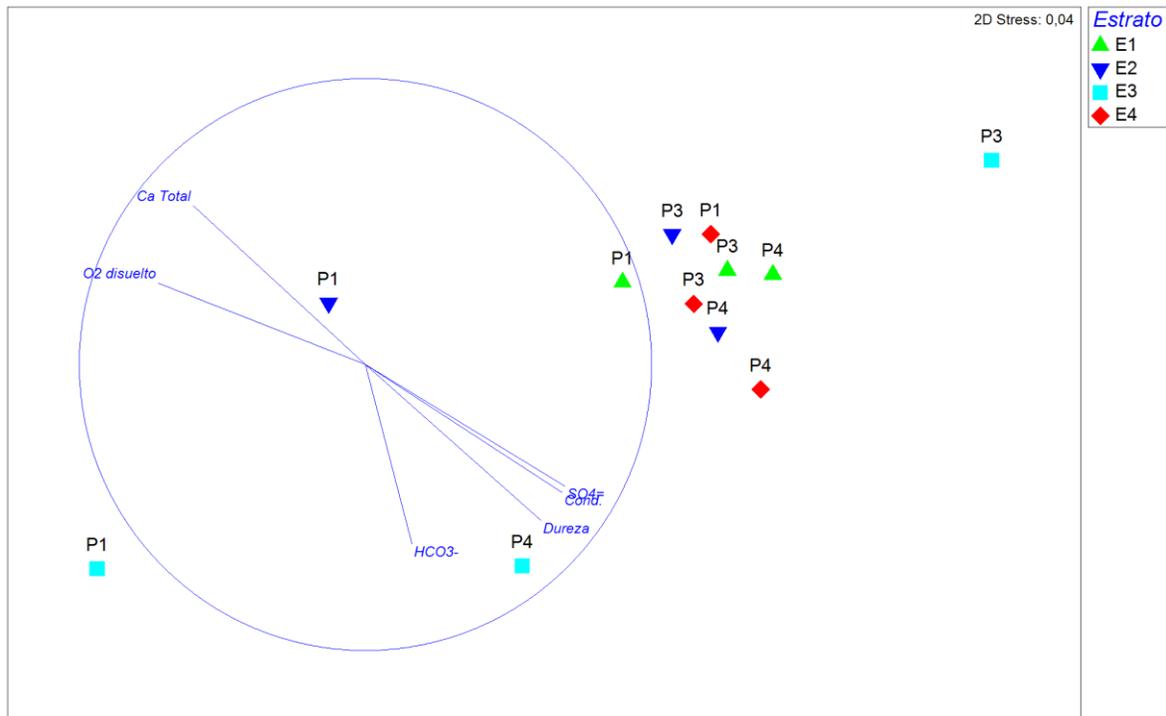


Figura 47: Distribución de genes asociados a la oxidación de compuestos reducidos de azufre correlacionada con los parámetros ambientales.

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta

El análisis mediante nMDS muestra que el nivel de oxígeno disuelto es un determinante de la distribución de los metabolismos de oxidación de azufre (Figura 47). Las Figuras 45 y 46 indican que la abundancia tanto de genes funcionales asociados al metabolismo de oxidación de azufre como a la fijación de carbono es menor en las muestras de los estratos 2 y 3 del Puquio 1. La proporción de microorganismos fototróficos es también menor en esas muestras (Figura 25).

5. Discusión

La mayoría de los estudios anteriores de la diversidad en sistemas de depositación de yeso, como es el Salar de Llamara, se enfocaron en el análisis de los genes 16S rRNA y sólo en pocos casos se reportaron análisis metagenómicos de diversidad. Sistemas similares que han sido estudiados y que son descritos como microbialitos o estromatolitos son Guerrero Negro (Baja California Sur de Mexico) [2], Highborne Cay (Bahamas)[3], Shark Bay (Australia)[4], Solar Lake (Eliat Israel)[5] y Salar de Atacama (Laguna Tebenquiche y Laguna Brava)[6]. Estos estudios revelaron que las estructuras microbianas albergan una diversidad mucho mayor de microorganismos de lo que se suponía antes de su realización.

El sistema del Salar de Llamara, en tanto, ha sido estudiado previamente utilizando técnicas de microscopía y análisis de pigmentos, en los estratos microbianos encontrados en el Puquio 2, y técnicas de extracción de DNA y fingerprinting (DGGE) para análisis de salmueras [7, 8]. Por otro lado, en el año 2012 el grupo de Farías y Contreras, realizó estudio basado en el análisis del gen 16S rRNA de los sistemas de depositación de yeso, solo en los Pucquios 2 y 3 [9, 10].

En los resultados que reportamos se observa una similitud entre las muestras analizadas que supera el 50%, y respecto de la asignación funcional, la similitud supera el 80% revelando una redundancia funcional que es una propiedad de los sistemas microbianos abiertos como el sistema del Salar de Llamara que resultan de interacciones bióticas y con el ambiente [12]. La estructura de estas comunidades microbianas son determinadas en gran medida por el puquio al que pertenecen, pero existe, además, una clara tendencia tanto de acuerdo a la asignación funcional como a la taxonómica, a la agrupación de las comunidades presentes en la capa verde de todos los puquios.

Los índices de diversidad de Shannon- Wiener de los sitios analizados, mediante secuenciación de metagenomas, oscilan entre 3 y 5. Los valores de este índice reportado en estudios anteriores, basados en el análisis del gen 16S rRNA, oscilan entre 4 y 7 en los estratos del Salar de Llamara (Rasuk, et al. 2014). Sin embargo, estos no son estrictamente comparables ya que, además, se utilizaron diferentes metodologías de secuenciación de acuerdo a la evolución de la técnica.

La composición de las comunidades microbianas en el sistema de depositación de yeso de Llamara, al igual que en otros sistemas similares [2-6], son dominadas por Proteobacterias (Alpha y Gamma) y Cyanobacterias (Oscillatoriales y Nostocales) (Figuras 9-20). Sigue en tercer lugar el grupo Plantomycetes. Sin embargo, en el estudio de Farias et al., 2013 (Informes Verano e Invierno), predominan los grupos Proteobacterias (Alpha y Gamma), Bacteroidetes y Planctomycetes.

De acuerdo con la intensidad de la luz, las comunidades procariotas en la capa superior (E1) están compuestas principalmente por microorganismos fotótrofos, los que disminuyen en los estratos más profundos (E3 y E4), en todos los puquios. Se observan tres tipos de microorganismos fototróficos, los fotosintéticos oxigénicos (Cyanobacteria), fototróficos anoxigénicos aeróbicos (AAP) y fototróficos anoxigénicos anaeróbicos (AnAP). En los estratos E3 y E4 de todos los puquios se encuentran, además, aunque en menor proporción, bacterias fermentadoras y reductoras de sulfato, del grupo Deltaproteobacteria.

Las Cyanobacterias como productores primarios de materia orgánica se detectan principalmente en las capas superficiales (E1) (Figura 33.), estos son importantes para la formación y subsistencia del tapete en todos los puquios. La abundancia de este tipo de microorganismos está asociada a Chroococcales, Oscillatoriales y Nostocales, similar a lo observado en Highborne Cay, Bahamas.

La presencia de diatomeas sólo se observó en la capa verde del Puquio 1 que es el que presenta menor salinidad. Los informes de Farías y Contreras del 2013 reportan la presencia de Diatomeas en invierno y verano. Sin embargo señala que, en el invierno, la proporción de Diatomeas completas, probablemente activas, es mayor. El resto de los microorganismos eucariotas evidenciados corresponden a hongos.

La clase Alphaproteobacteria está representada por los géneros *Roseovarius* y *Rhodobacter*, ambos del orden Rhodobacterales, en Llamara. Estos son microorganismos fotótrofos considerados dentro del grupo de las bacterias púrpuras con baja tolerancia al sulfuro (purple nonsulfur bacteria) también reportadas en Highborne Cay, Bahamas [3]. La proporción de Gammaproteobacteria también varía entre los estratos de los puquios. La abundancia de este tipo de microorganismos está asociada, mayoritariamente, al orden Chromatiales (Figura 9-20) como también ha sido observado en estructuras presentes en Highborne Cay, Bahamas [3].

La diversidad de archaeas fue baja en todos los puquios del Salar de Llamara (Figuras 9-20). Estos microorganismos se observaron, principalmente, en los estratos más profundos (E3 y E4) y los filos Thaumarchaeota y Euryarchaeota fueron los más representados. En sistemas similares estos filos se encuentran en zonas anóxicas [13], en las capas más profundas. El filo Thaumarchaeota se relaciona con la oxidación de amonio [14].

Los resultados anteriores coinciden con lo reportado en el estudio realizado a la empresa SQM el 2017 “, Estudio de Estructuras de depositación de yeso Puquios de Llamara, Análisis Molecular” del estrato verde (denominada E1 en este informe)

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta

[15]. El análisis mediante secuenciación del 16S rRNA arrojó que los microorganismos predominantes en las estructuras de depositación de yeso pertenecían a los Filos Proteobacteria y Cyanobacteria, también se observó una gran diversidad de los Filos Bacteroidetes y Actinobacteria, entre otros. Las Cyanobacteria más abundantes en la capa verde fueron Eualothece y Halomicronema.

Se observó también una baja abundancia (0.9 – 3%) de Deltaproteobacteria, clase que agrupa a un gran número de bacterias reductoras de sulfato (SRB), en la campaña que se informa y en la campaña de verano del año 2017. El informe de Farías y Contreras del año 2013 reporta, igualmente, una disminución de la población de Deltaproteobacteria en la campaña de verano (2012) respecto de la de invierno (2012). La desaparición del horizonte negro, producto de la actividad de bacterias reductoras de sulfato (SRB), debajo de las laminaciones coloreadas, fue también reportada en las campañas de verano (1998-1999) respecto de la de invierno [8]. Esta ausencia ha sido atribuida a la disminución del nivel de agua durante el verano debido a la mayor evaporación [8], lo que impide el desarrollo de ambientes microaerófilos y la estructuración de una comunidad fotosintética productora de materia orgánica, ambos requerimientos para la actividad de SRB. El Puquio 2 (en la nomenclatura del artículo referenciado), que era el que presentaba un mayor desarrollo del tapete microbiano, era también el que permanecía por más tiempo inundado durante el año, impidiendo la difusión del oxígeno, lo que favorecía el desarrollo de la comunidad anoxigénica [8].

En cuanto a la comparación con estudios reportados anteriormente por Farías et al. [9, 10, 11], se debe tener en cuenta que nuestra investigación difiere tanto en los lugares y época del año en que las muestras fueron tomadas, como en la metodología y bases de dato utilizadas para los análisis de las secuencias. Es por esta razón que si bien los estudios anteriores son una referencia que permite orientar nuestra búsqueda, no es posible realizar comparaciones directas en cuanto a composición de comunidades y genes presentes.

La proporción de genes asociados a la fotosíntesis y al metabolismo del azufre en los datos que se reportan, son similares entre sí a diferencia de lo observado en el análisis de Llamara 2012 (Farías et al. 2013) y en Bahamas. En estos dos últimos casos la proporción del subsistema fotosíntesis es menor que la del metabolismo del azufre. Los genes asociados a la respiración, en tanto, son más abundantes que los de fotosíntesis y los del metabolismo del azufre en todos los casos.

Por otra parte, las rutas metabólicas de fijación de carbono y el metabolismo del azufre mejor representados son los ciclos CBB y RTCA y el sistema SOX, Fcc y Sulfur oxidation molybdopterin C protein, respectivamente. Por otro lado, se sabe que muchos de los microorganismos fototróficos anoxigénicos usan compuestos reducidos de azufre como dadores de electrones (a diferencia de los fotótrofos oxigénicos) en procesos de fijación de carbono para el crecimiento autotrófico. Este proceso es característico especialmente para las bacterias verdes y púrpuras del

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta

azufre (GSB y PSB, respectivamente). Miembros del filo Chloroflexi oxidan compuestos reducidos de azufre, microorganismos del grupo AAP oxidan tiosulfato y microorganismos del grupo PSB (familias Chromatiaceae y Ectothiorhodospiraceae) pueden usar tiosulfato, azufre o sulfuro como dadores de electrones. El uso de metabolismos más eficientes para la fijación de carbono como el RTCA en conjunto con la oxidación de azufre parece ser una de las estrategias predominantes en Llamara.

6. Conclusiones

El análisis metagenómico de los sistemas de depositación de yeso en el Salar de Llamara revela la presencia de más de un 30% de microorganismos no representados en la base de datos. Los microorganismos más abundantes pertenecen a los filios Proteobacterias (Alpha y Gamma), Plantomycetes y Cyanobacterias (Oscillatoriales y Nostocales) lo que se asemeja a lo encontrado en estudios previos. Los resultados de la presente investigación permiten establecer que las comunidades microbianas son determinadas en gran medida por el puquio al que pertenecen y que existe, además, una clara similitud, tanto de acuerdo a la asignación funcional como a la taxonómica, entre las comunidades presentes en la capa verde de todos los puquios. La persistencia de la diversidad taxonómica y funcional de la capa verde respecto de las otras capas indica que ésta podría ser utilizada como referente del sistema.

Es necesario, por una parte, profundizar en el análisis de la valiosa información que entregan los metagenomas secuenciados y, por otra parte, se sugiere repetir este análisis en invierno para avanzar en el establecimiento de una línea base que permita definir indicadores de la salud del sistema y la forma más adecuada para evaluarlos. Una vez establecida la línea base será posible reconocer distorsiones en el sistema que lo alejen de la misma.

7. Bibliografía

1. Dahl, C., *Sulfur Metabolism in Phototrophic Bacteria*. In: Hallenbeck P. (eds) *Modern Topics in the Phototrophic Prokaryotes*. Springer, Cham. 2017.
2. Harris, J.K., et al., *Phylogenetic stratigraphy in the Guerrero Negro hypersaline microbial mat*. The ISME journal, 2013. **7**(1): p. 50.
3. Mobberley, J.M., M.C. Ortega, and J.S. Foster, *Comparative microbial diversity analyses of modern marine thrombolitic mats by barcoded pyrosequencing*. Environmental microbiology, 2012. **14**(1): p. 82-100.
4. Goh, F., et al., *Determining the specific microbial populations and their spatial distribution within the stromatolite ecosystem of Shark Bay*. The ISME journal, 2009. **3**(4): p. 383.
5. Sorensen, K.B., et al., *Community composition of a hypersaline endoevaporitic microbial mat*. Appl Environ Microbiol, 2005. **71**(11): p. 7352-65.
6. Farias, M.E., et al., *Characterization of bacterial diversity associated with microbial mats, gypsum evaporites and carbonate microbialites in thalassic wetlands: Tebenquiche and La Brava, Salar de Atacama, Chile*. Extremophiles, 2014. **18**(2): p. 311-329.
7. Demergasso, C., et al., *Distribution of prokaryotic genetic diversity in athallassohaline lakes of the Atacama Desert, Northern Chile*, in *FEMS Microbiol Ecol*. 2004. p. 57-69.
8. Demergasso, C., et al., *Tapetes microbianos del Salar de Llamará, norte de Chile*. Revista chilena de historia natural, 2003. **76**(3): p. 485-499.
9. Rasuk, M.C., et al., *Microbial characterization of microbial ecosystems associated to evaporites domes of gypsum in Salar de Llamara in Atacama desert*. Microbial ecology, 2014. **68**(3): p. 483-494.
10. Farias, M.E. and M. Contreras, *Ecosistemas microbianos del Salar de Llamara, Informe Campaña de Verano*. Centro de Ecología Aplicada, 2013. Solicitado por SQM.
11. Farias, M.E. and M. Contreras, *Ecosistemas microbianos del Salar de Llamara, Informe Campaña de Invierno*. Centro de Ecología Aplicada, 2013. Solicitado por SQM.
12. Louca, S., et al., *Function and functional redundancy in microbial systems*. Nature ecology & evolution, 2018: p. 1.
13. Schneider, D., et al., *Phylogenetic analysis of a microbialite-forming microbial mat from a hypersaline lake of the Kiritimati Atoll, Central Pacific*. PLoS One, 2013. **8**(6): p. e66662.
14. Arp, G., et al., *Photosynthesis versus Exopolymer Degradation in the Formation of Microbialites on the Atoll of Kiritimati, Republic of Kiribati, Central Pacific*. Geomicrobiology Journal, 2012. **29**(1): p. 29-65.



Universidad Católica del Norte
ver más allí

UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA



15. Demergasso, C., A. Echeverria, and L.V. Escudero, "*Estudio de Estructuras de deposición de yeso Puquios de Llamara, Análisis Molecular*". Solicitado por Sociedad Química Minera de Chile, 2017.

Fono: (55)-355496 Fax: (55)-355199 Correo Electrónico: cdemerga@ucn.cl

Avda. Angamos 0610 Antofagasta



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 1

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 2

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



Krona

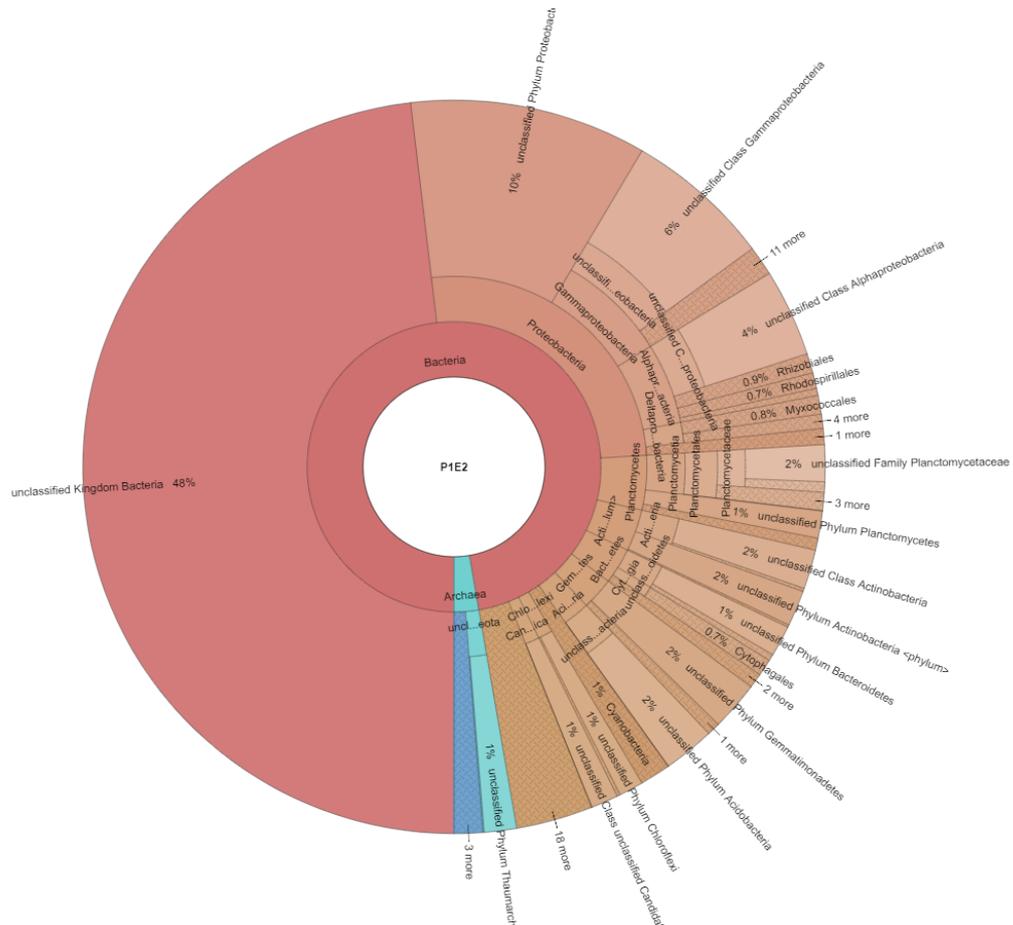
Max depth

Font size

Chart size

Collapse

P1E2
Total: 415089



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 3

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



Krona ← → Search:

- 7 + Max depth

- 11 + Font size

- + Chart size

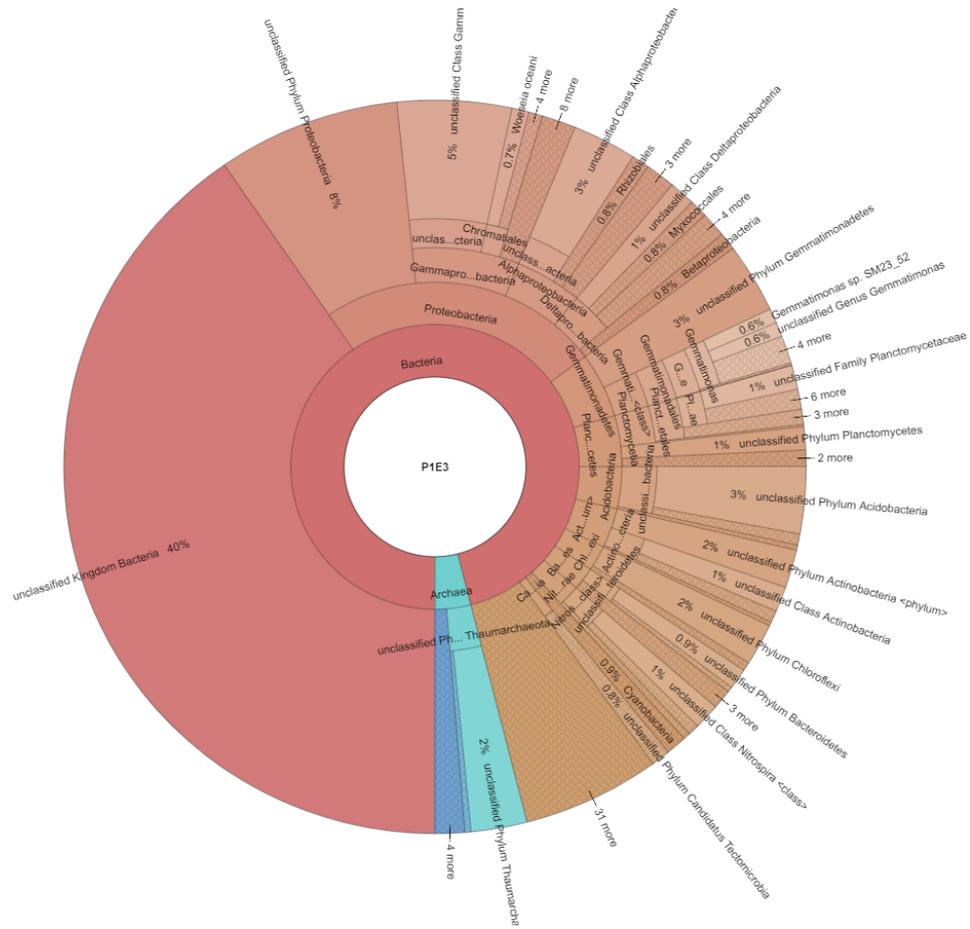
Collapse

Snapshot

Link

?

P1E3
Total: 290751



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 4

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 5

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 6

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 7

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 8

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

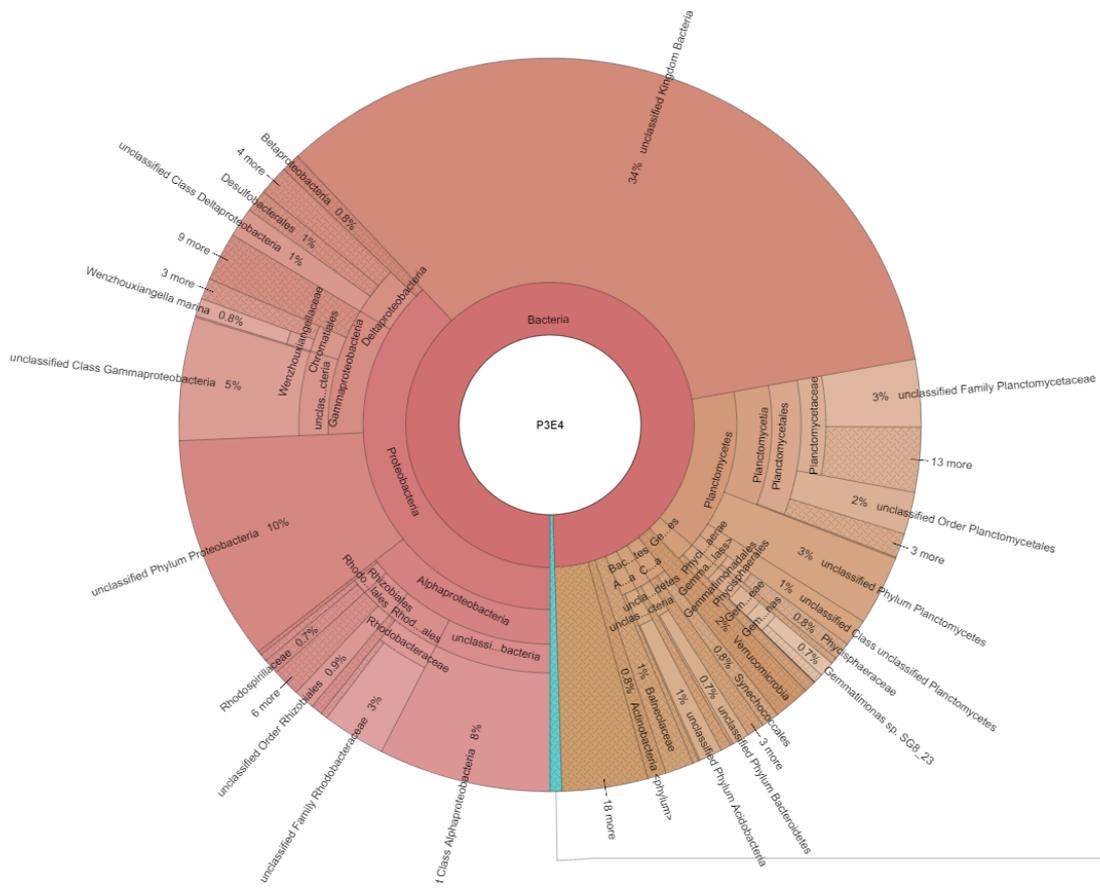
JULIO 2018



Krona

Max depth
 Font size
 Chart size
 Collapse

P3E4
Total: 612415



Archaea 0.5%

**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 9

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 10

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

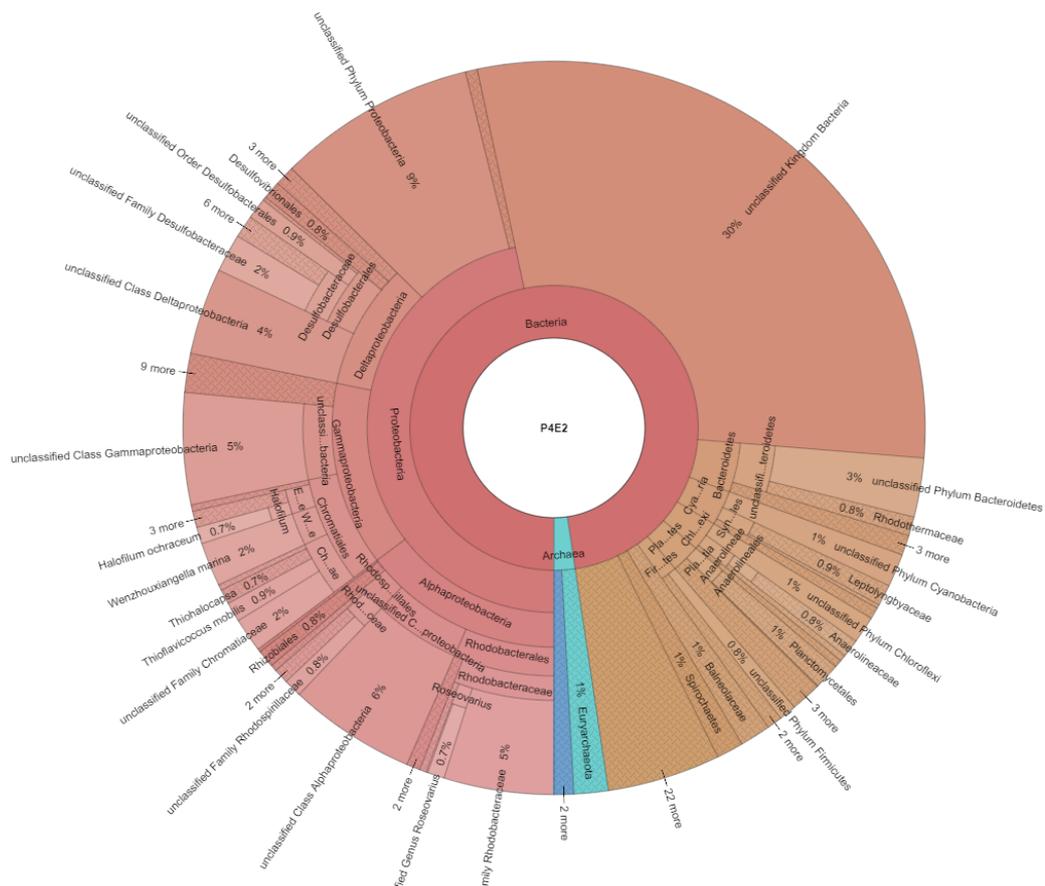
JULIO 2018



Krona

Max depth
 Font size
 Chart size
 Collapse

P4E2
Total: 378623



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 11

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



Krona X

- 7 + Max depth

- 11 + Font size

- + Chart size

Collapse

Snapshot

Link

?

P4E3

Total: 328860



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 12

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



Krona

Max depth

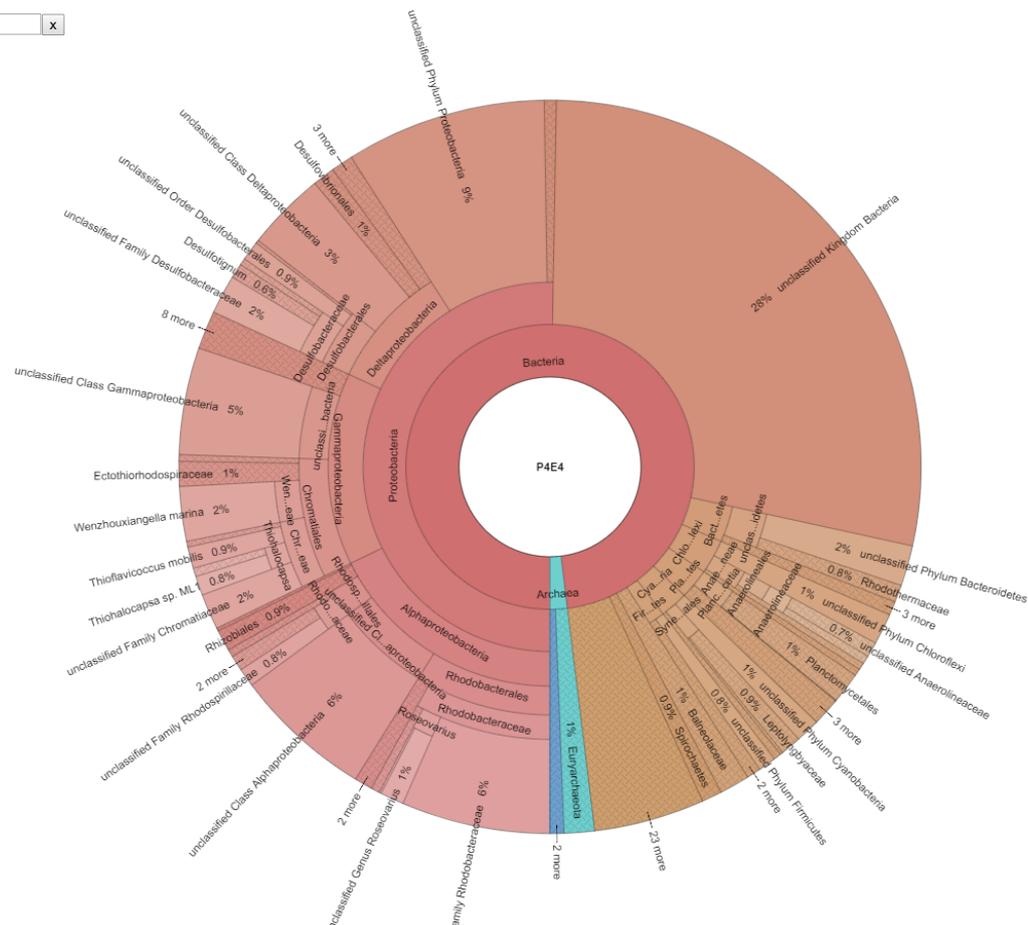
Font size

Chart size

Collapse

P4E4

Total: 331032



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 13

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018

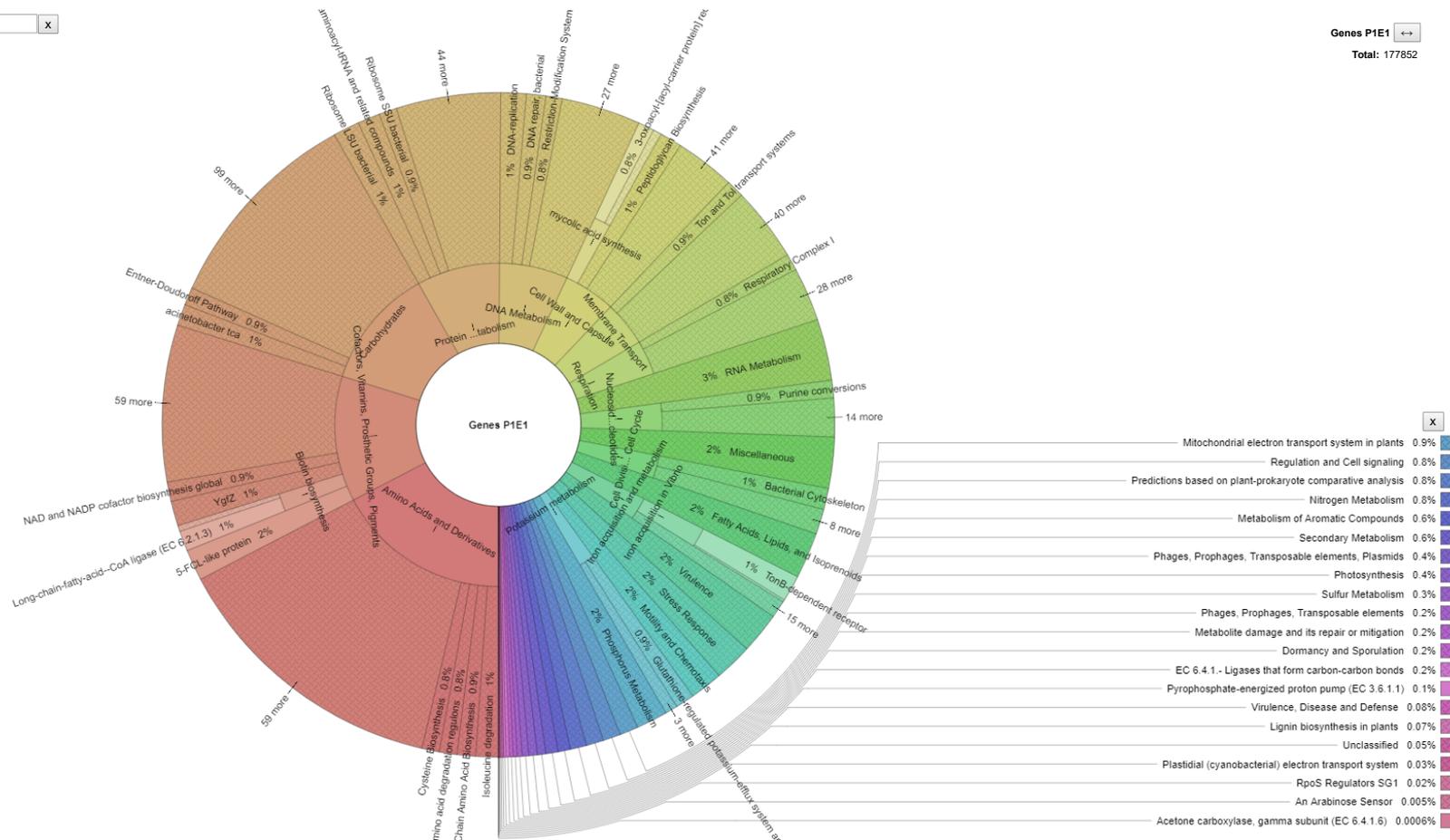


Krona

Max depth
 Font size
 Chart size
 Collapse

Genes P1E1

Total: 177852



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 14

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018

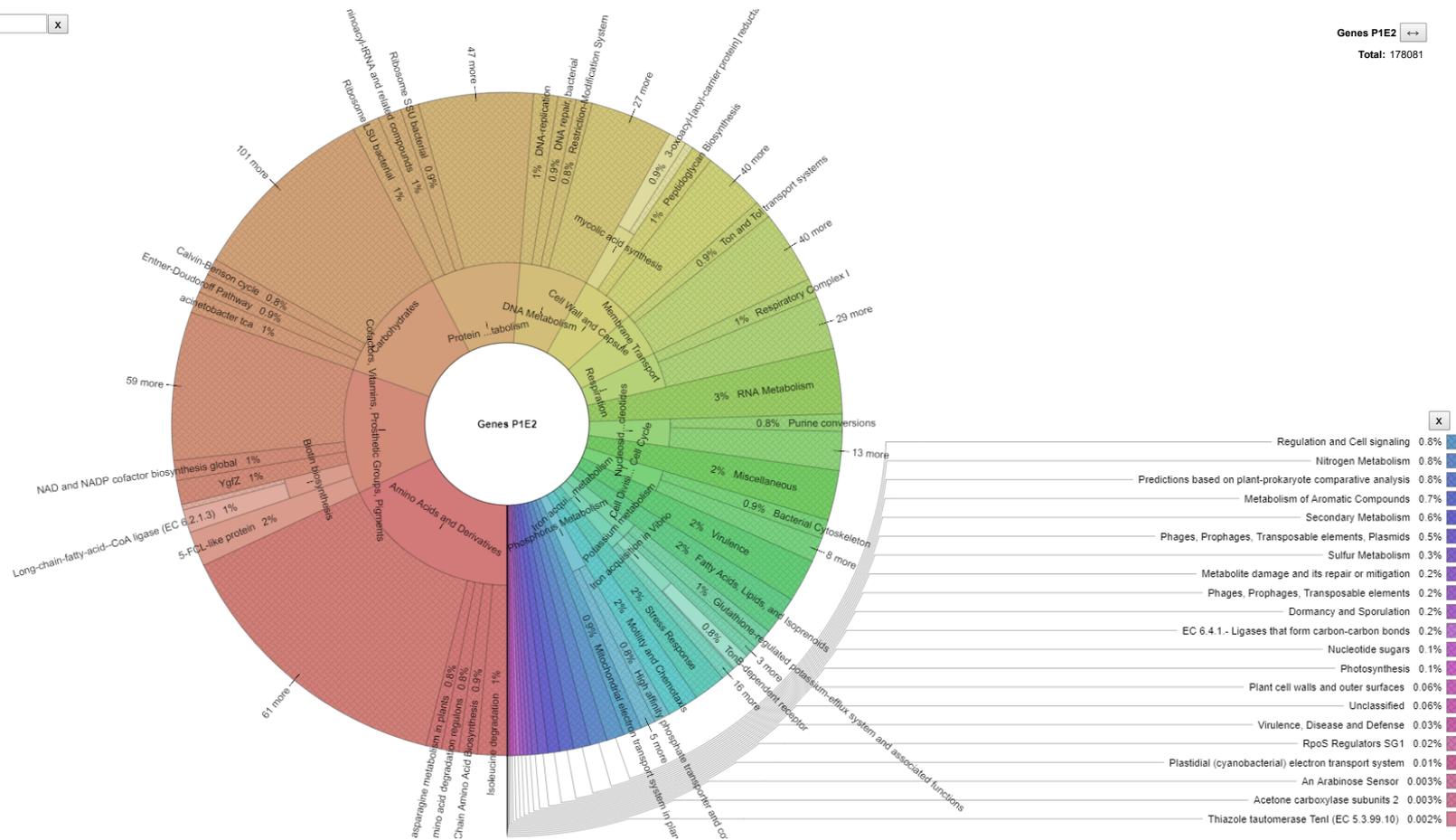


Krona

Max depth
 Font size
 Chart size
 Collapse

Genes P1E2

Total: 178081



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 15

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



Krona

Max depth

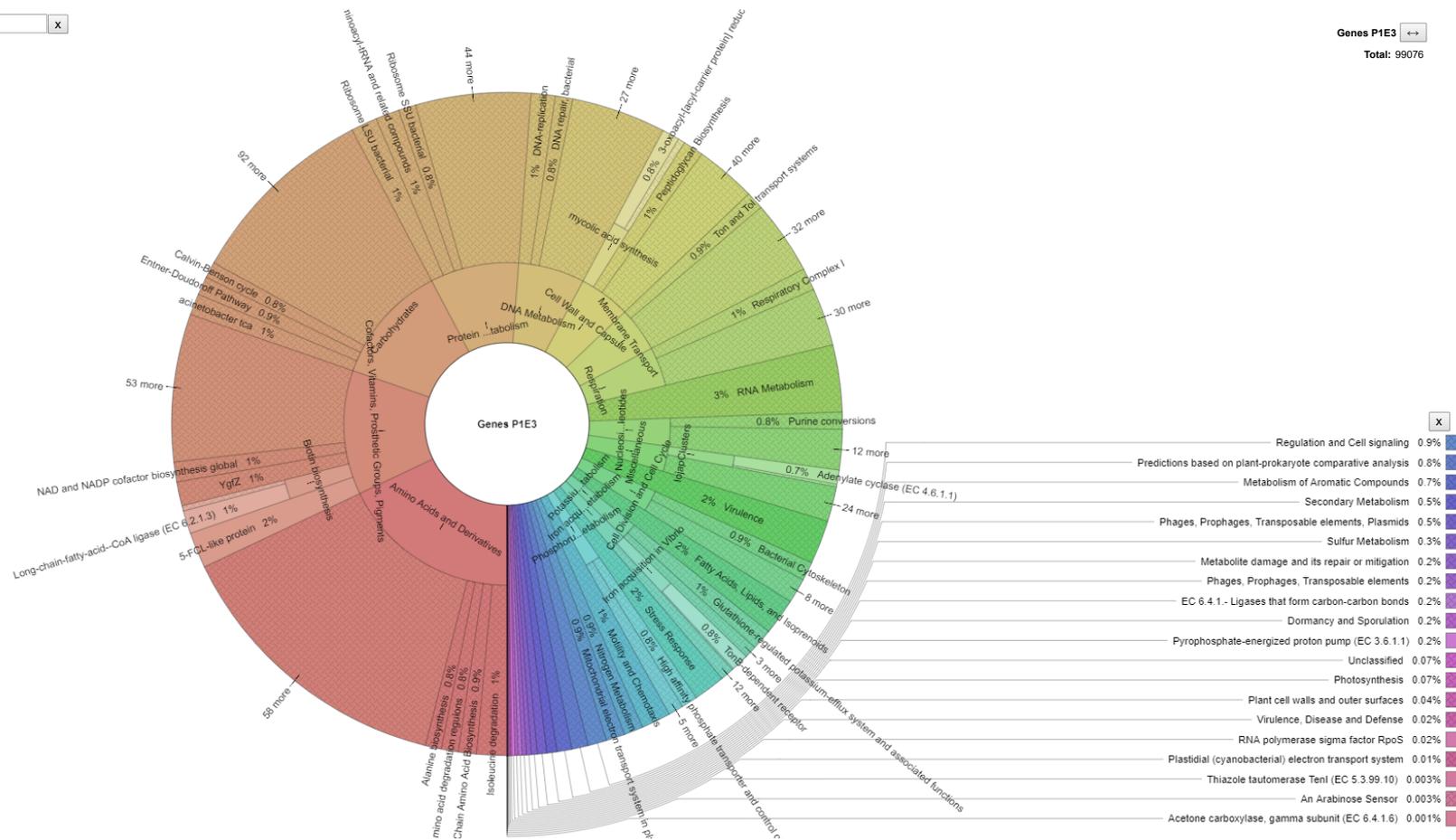
Font size

Chart size

Collapse

Genes P1E3

Total: 99076



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 16

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



Krona

Max depth

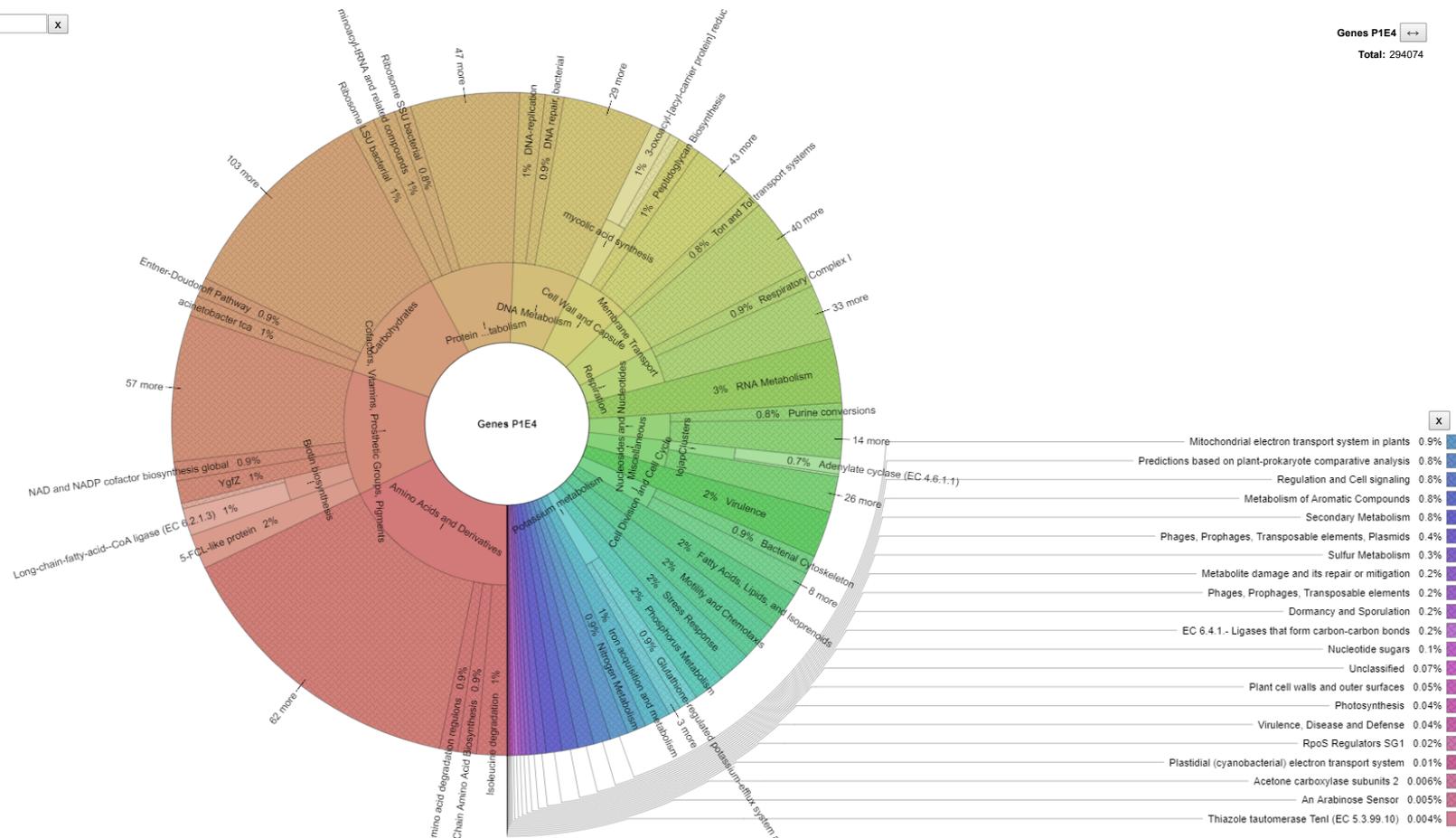
Font size

Chart size

Collapse

Genes P1E4

Total: 294074



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 17

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



Krona

Max depth

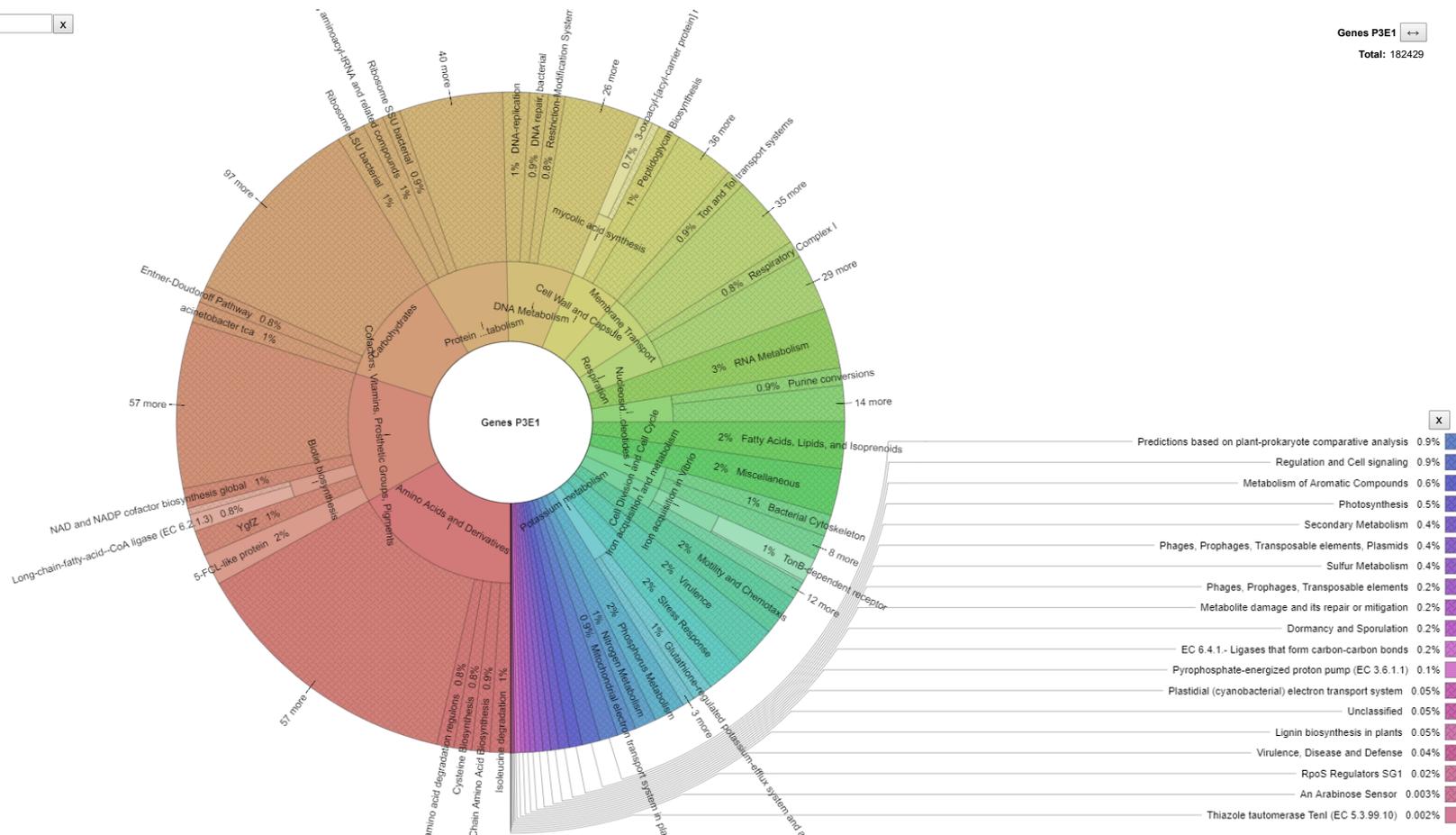
Font size

Chart size

Collapse

Genes P3E1

Total: 182429



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 18

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018

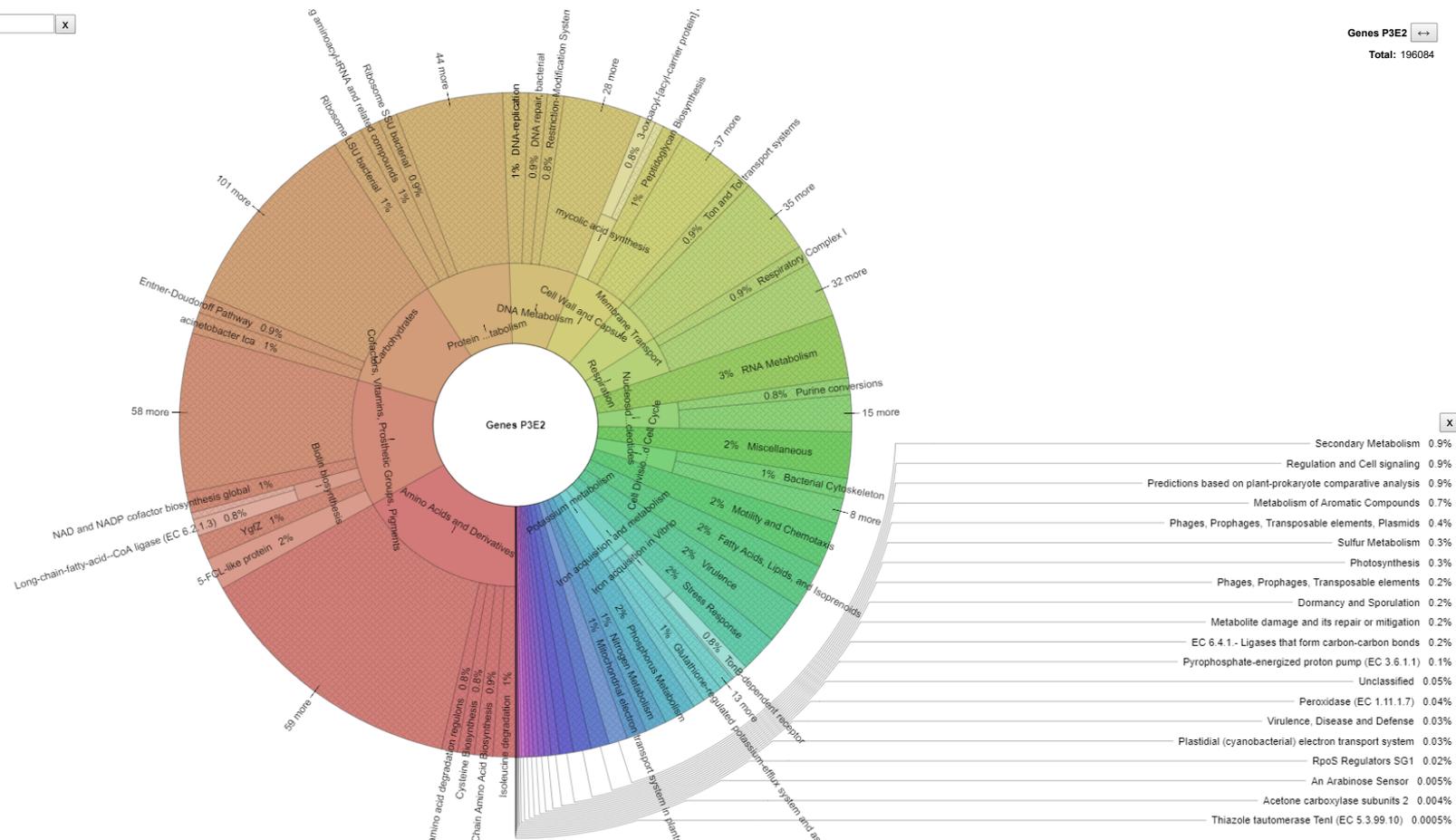


Krona

Max depth
 Font size
 Chart size
 Collapse

Genes P3E2

Total: 196084



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 19

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018

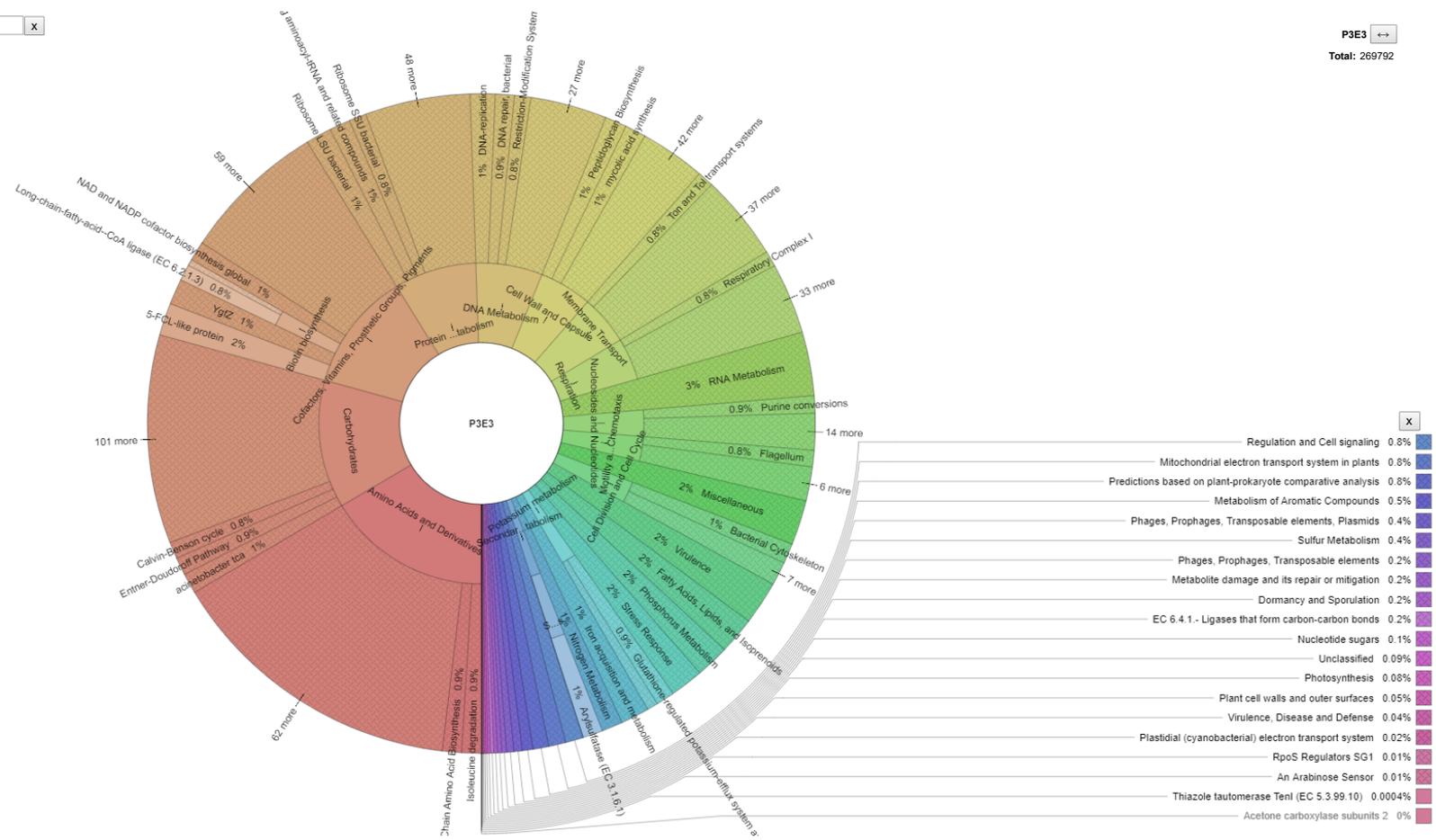


Krona

Max depth
 Font size
 Chart size
 Collapse

P3E3

Total: 269792



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 20

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018

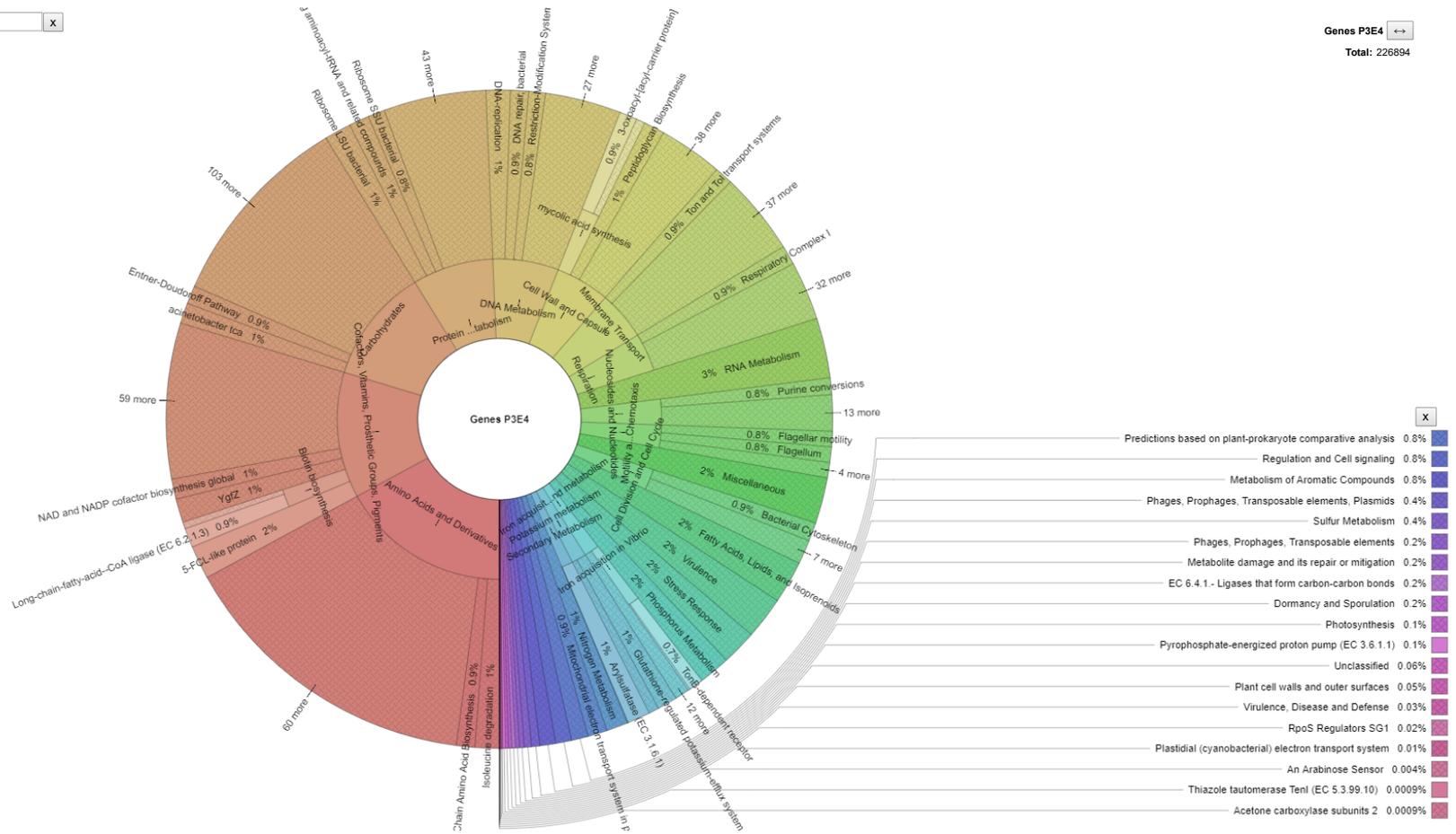


Krona X

Max depth
 Font size
 Chart size
 Collapse

Genes P3E4

Total: 226894



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 21

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018

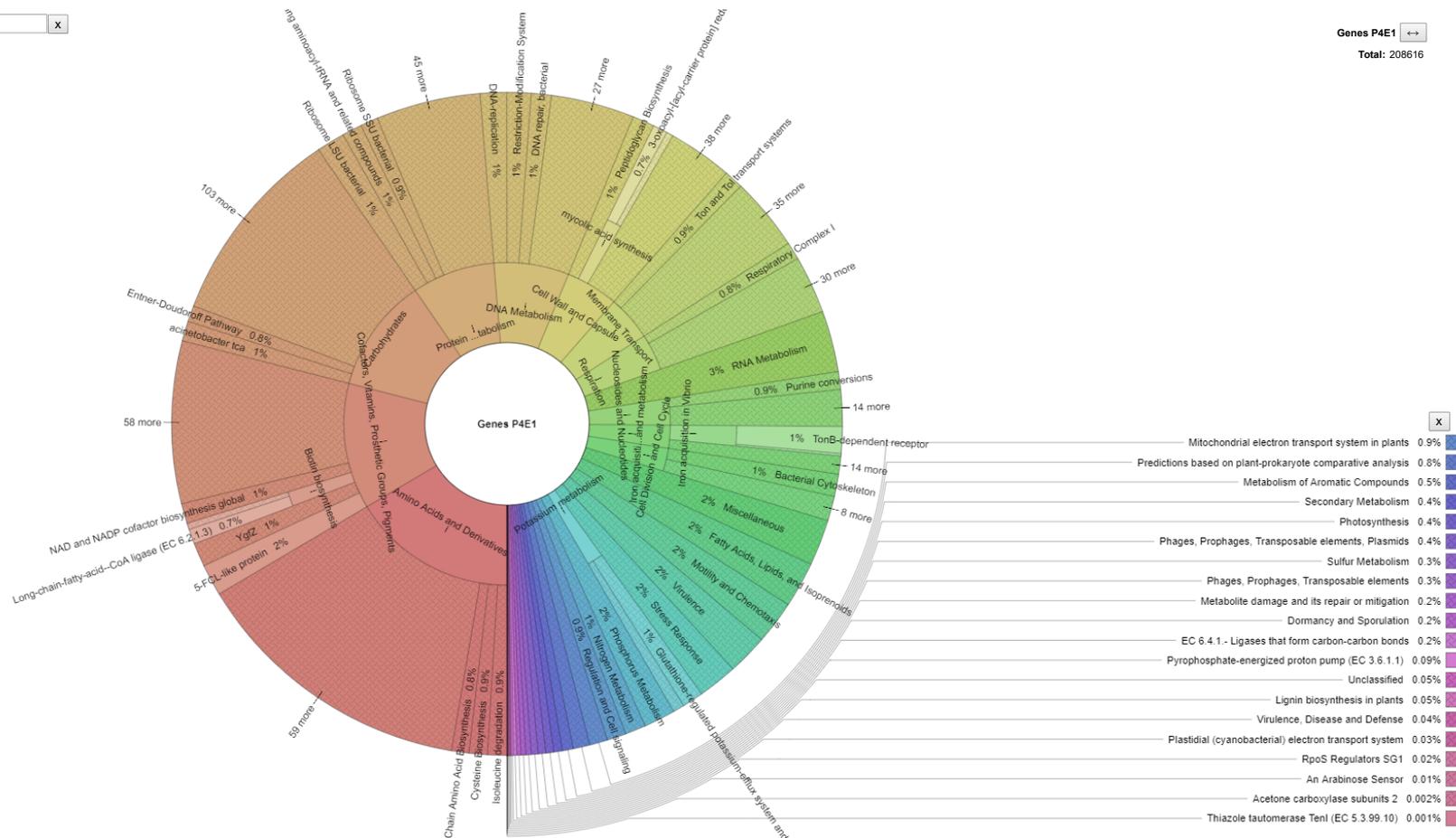


Krona

Max depth
 Font size
 Chart size
 Collapse

Genes P4E1

Total: 208616



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 22

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018

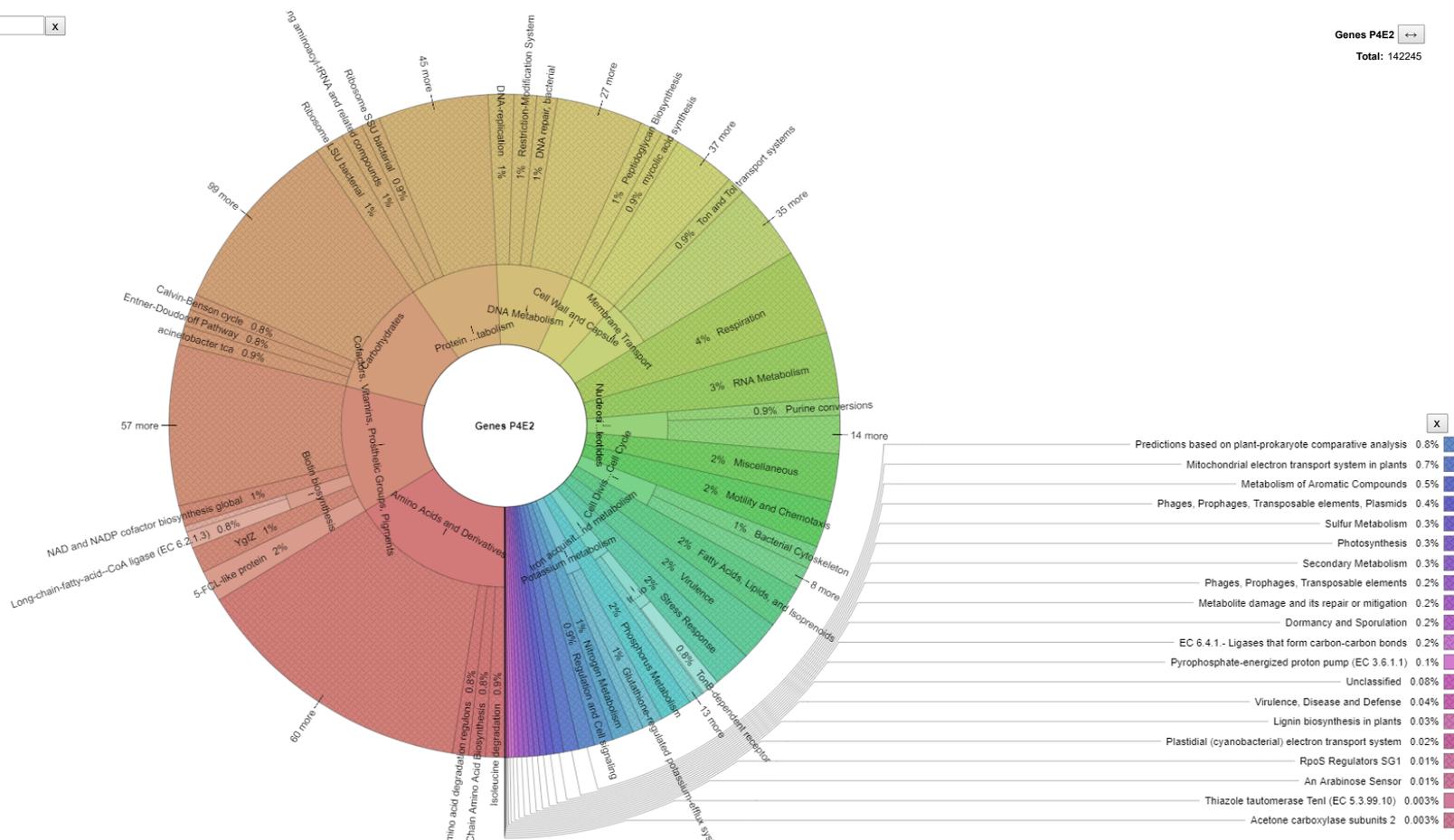


Krona

Max depth
 Font size
 Chart size
 Collapse

Genes P4E2

Total: 142245



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 23

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



Krona

Max depth

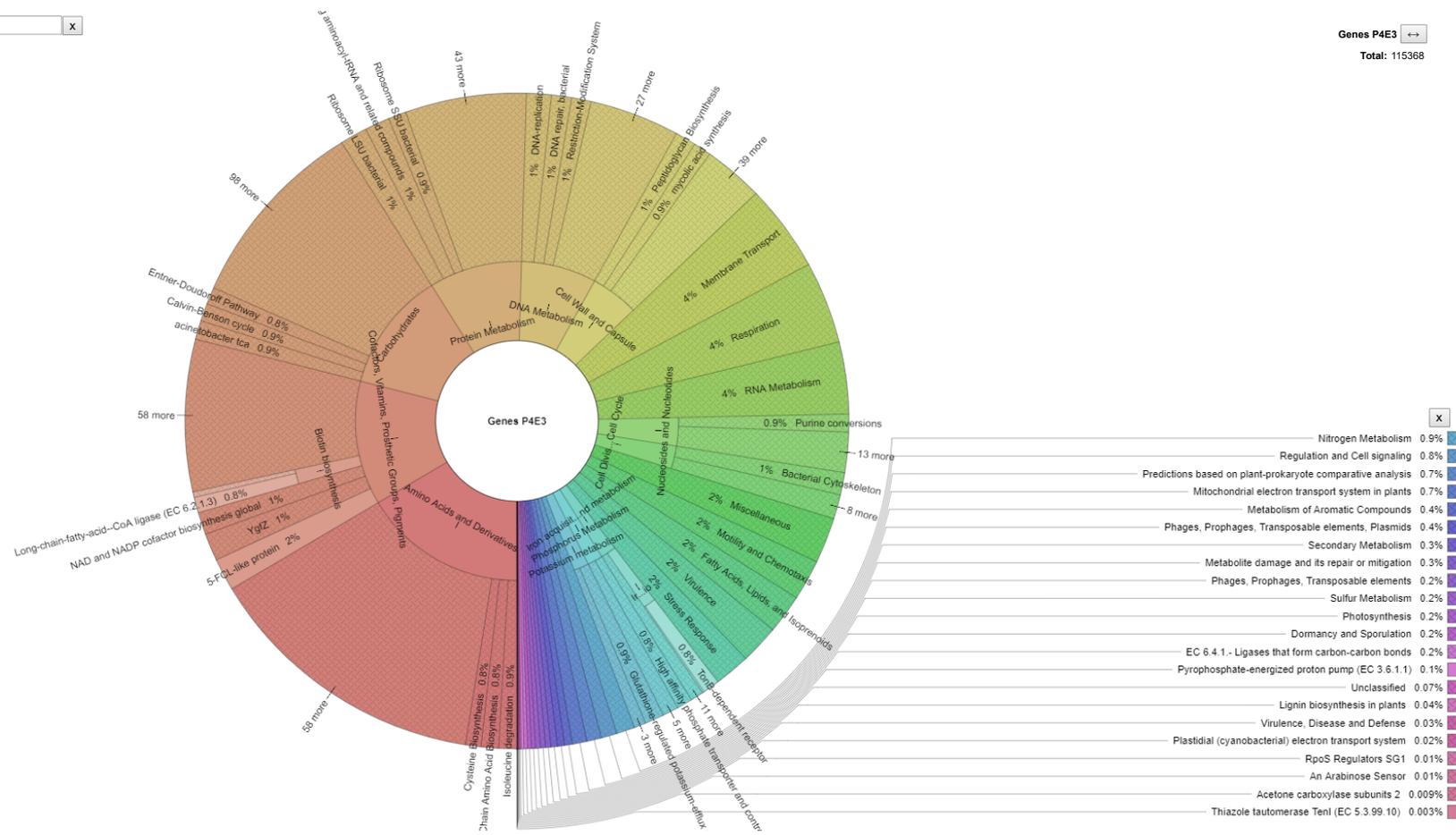
Font size

Chart size

Collapse

Genes P4E3

Total: 115368



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 24

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



Krona

Max depth

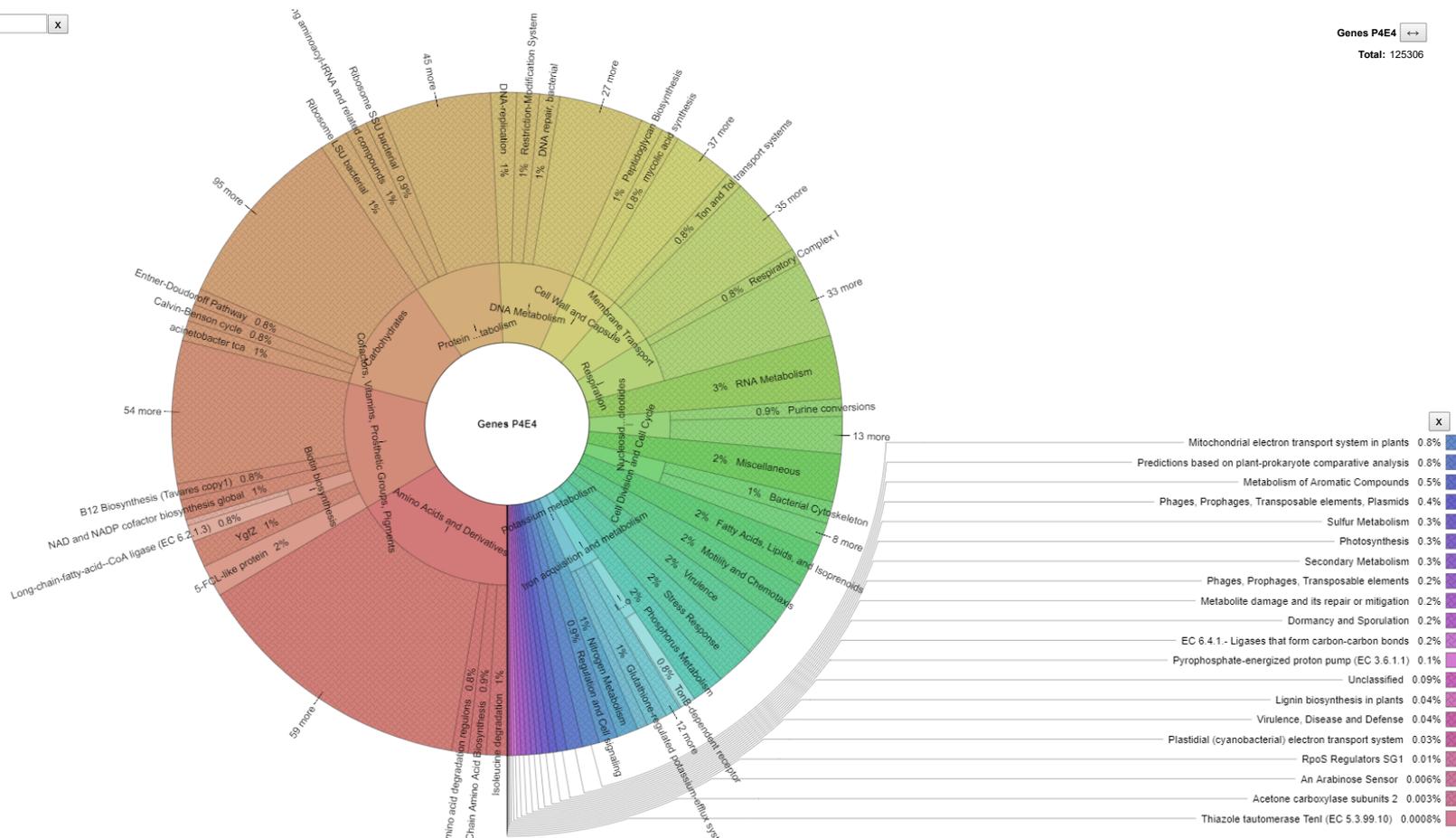
Font size

Chart size

Collapse

Genes P4E4

Total: 125306



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 25

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



Anexo 25

**MINUTA TÉCNICA: REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE MUESTREO
FEBRERO 2018**

Dra. Cecilia Demergasso

Dra. Lorena Escudero

Dr. Alex Echeverría

Índice de Contenido

| | |
|--|----|
| Registro fotográfico de estructuras muestreadas..... | 3 |
| Mediciones <i>in situ</i> | 15 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Testigo de muestra P1-112..... | 3 |
| Figura 2: Testigo de muestra P-6..... | 4 |
| Figura 3: Testigo de muestra P16-Laguna | 5 |
| Figura 4: Testigo de muestra P2-76..... | 6 |
| Figura 5: Testigo de muestra T2-23..... | 7 |
| Figura 6: Testigo de muestra T2D..... | 8 |
| Figura 7: Testigo de muestra P3-183..... | 9 |
| Figura 8: Testigo de muestra T3-1..... | 10 |
| Figura 9: Testigo de muestra T3-4..... | 11 |
| Figura 10: Testigo de muestra P4-1..... | 12 |
| Figura 11: Testigo de muestra P4-207..... | 13 |
| Figura 12: Testigo de muestra P4-213..... | 14 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Promedio de radiación solar por rango horario medido el día de muestreo..... | 15 |
| Tabla 2: Parámetros físico-químicos obtenidos <i>In-situ</i> | 16 |

Registro fotográfico de estructuras muestreadas

Se detallan a continuación (Fig.4 – Fig. 15), los registros fotográficos de los testigos obtenidos desde cada uno de los puntos muestreados



Figura 1: Testigo de muestra P1-112



Figura 2: Testigo de muestra P-6

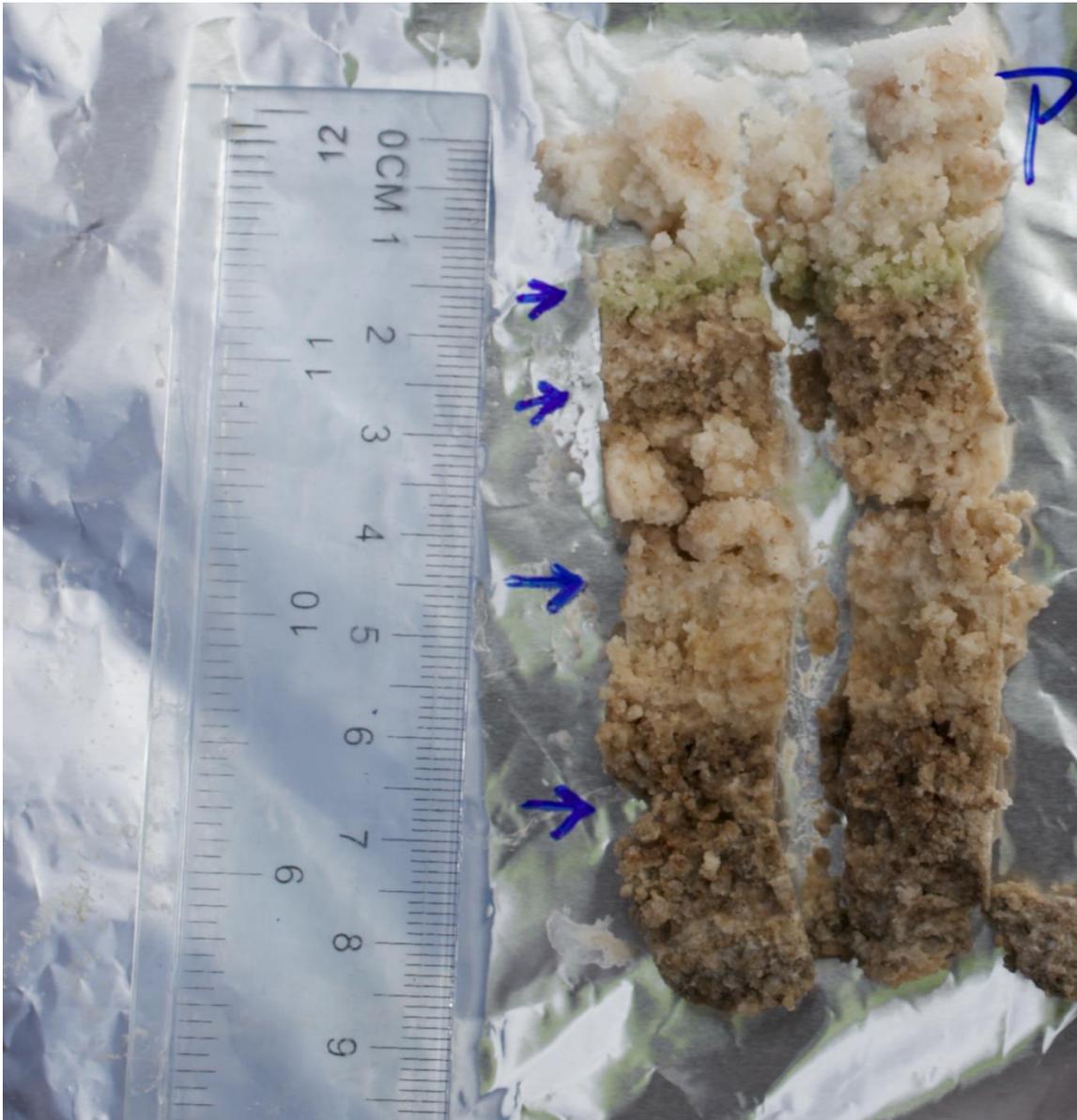


Figura 3: Testigo de muestra P16-Laguna



Figura 4: Testigo de muestra P2-76



Figura 5: Testigo de muestra T2-23



Figura 6: Testigo de muestra T2D



Figura 7: Testigo de muestra P3-183



Figura 8: Testigo de muestra T3-1



Figura 9: Testigo de muestra T3-4



Figura 10: Testigo de muestra P4-1



Figura 11: Testigo de muestra P4-207



Figura 12: Testigo de muestra P4-213

Mediciones *in situ*.

Los resultados de los análisis de los parámetros físico-químicos de los cuerpos de agua superficiales y ambientales (aire) medidos *in situ* en cada uno de los puquios se presentan en las Tablas 2 y 3. Estas mediciones se consideran referenciales y quedarán registradas en la base de datos para el caso de ser requeridas a futuro. Los análisis químicos de las salmueras de los sitios de toma de muestras estuvieron a cargo de la empresa ANAM que recolectó muestras de agua en forma simultánea y no se incluyen en este registro.

Tabla 1: Promedio de radiación solar por rango horario medido el día de muestreo.

| RANGO HORARIO | UV-A $\mu\text{W cm}^{-2}$ | UV-B $\mu\text{W cm}^{-2}$ | UV-C $\mu\text{W cm}^{-2}$ | PAR $\mu\text{W cm}^{-2}$ |
|----------------------|--|--|--|---|
| 11:00-12:30 | 1.421,8 | 132,8 | 16,8 | 2.224,7 |
| 13:30-14:30 | 2.807,3 | 314,9 | 19,0 | 2.586,7 |
| 15:00-16:00 | 1.354,6 | 164,1 | 12,5 | 1.760,1 |

Tabla 2: Parámetros físico-químicos obtenidos *In-situ*.

| LOCACIÓN | MUESTRA | HORA | ALTURA (msnm) | TEMP. AMBIENTE (°C) | TEMP. AGUA (°C) | Ph | SALINIDAD (g l ⁻¹) | CONDUCTIVIDAD (mS cm ⁻¹) | TDS (PPT) | OD (mg L ⁻¹) |
|----------|----------------|-------|------------------|---------------------------|-----------------------|-----|-----------------------------------|---|--------------|-----------------------------|
| PUQUIO 1 | P1-112 | 15:51 | 749 | 32,5 | 30,2 | 8,3 | 20 | 31,64 | 15,83 | 5,03 |
| PUQUIO 1 | P6 (Regleta) | 16:07 | 745 | 33,8 | 29,9 | 8,2 | 17 | 28,44 | 14,23 | 5,38 |
| PUQUIO 1 | P16 | 16:22 | 750 | 33,1 | 28,7 | 8,1 | 32 | 49,23 | 24,62 | 3,91 |
| PUQUIO 2 | T2-23 | 14:54 | 749 | 35,5 | 30,7 | 8,0 | 152 | 165,50 | 82,80 | 1,14 |
| PUQUIO 2 | P2-76 | 15:19 | 739 | 32,8 | 32,4 | 7,9 | 150 | 166,10 | 83,08 | 1,80 |
| PUQUIO 2 | T2-D (Regleta) | 15:32 | 748 | 33,4 | 30,2 | 7,9 | 126 | 165,50 | 82,78 | 1,63 |
| PUQUIO 3 | T3-1 | 13:19 | 749 | 39,4 | 31,9 | 8,1 | 45 | 66,51 | 33,25 | 1,18 |
| PUQUIO 3 | T3-4 (regleta) | 13:41 | 748 | 36,6 | 31,6 | 8,1 | 110 | 152,80 | 76,43 | 0,49 |
| PUQUIO 3 | P3-183 | 13:54 | 745 | 35,1 | 32,9 | 8,1 | 86 | 157,30 | 78,72 | 1,05 |
| PUQUIO 4 | P4-207 | 11:52 | 747 | 33,3 | 23,8 | 7,9 | 204 | 186,00 | 93,05 | 0,81 |
| PUQUIO 4 | P4-213 | 11:03 | 748 | 25,8 | 23,3 | 7,9 | 191 | 178,60 | 89,32 | 0,81 |
| PUQUIO 4 | T4-1 (Regleta) | 12:22 | 747 | 35,3 | 25,4 | 7,9 | 188 | 184,50 | 92,13 | 0,76 |

**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 26

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



**ANEXO J: ESTUDIO METAGENÓMICO DE SISTEMAS DE
DEPOSITACIÓN DE YESO DEL SALAR DE LLAMARA.**

INFORME FINAL, ANEXO 27

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018

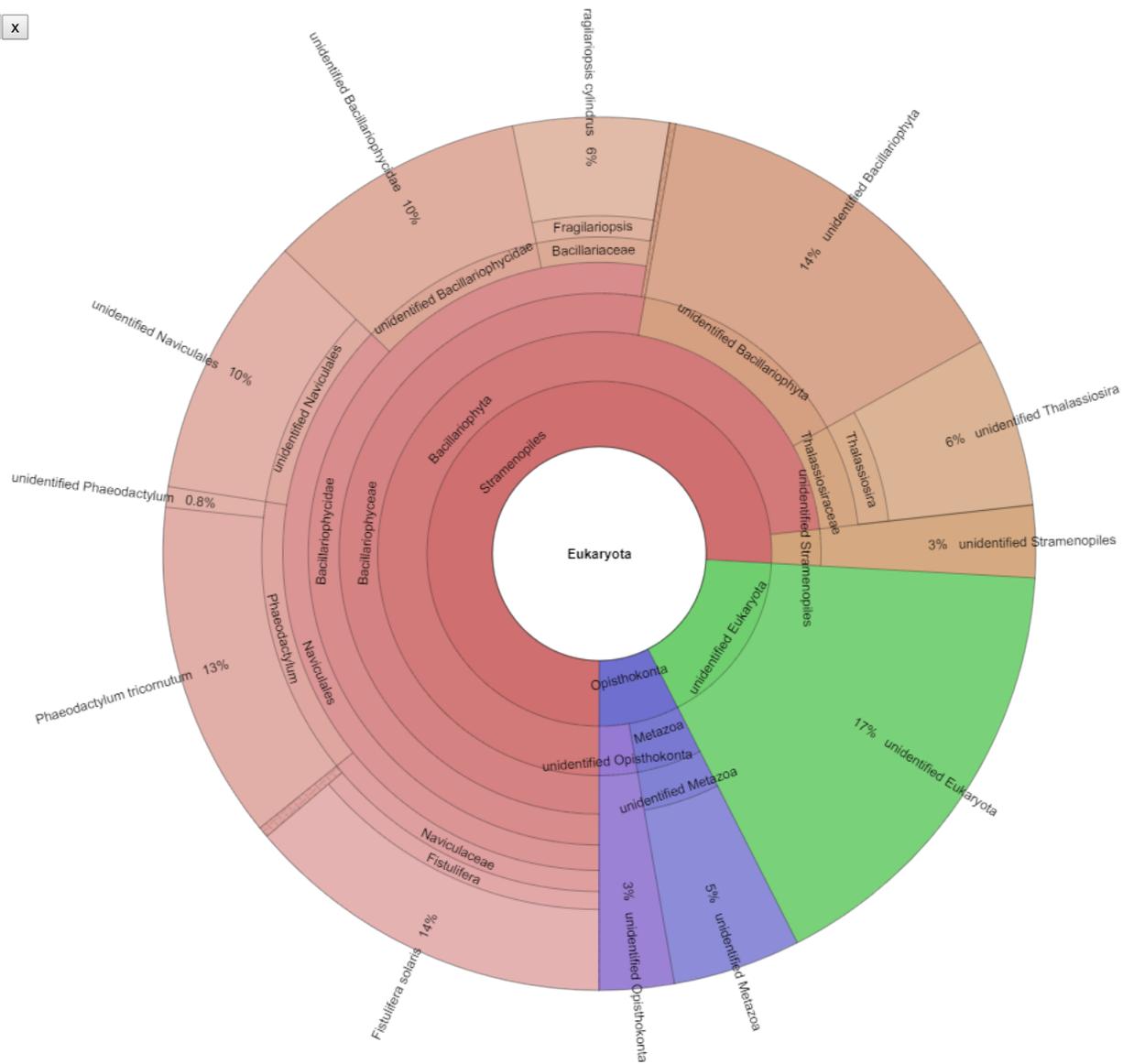


Krona X

9 Max depth
 11 Font size
 Chart size
 Collapse

Eukaryota

Total: 5266



**ANEXO L: MONITOREO Y ANÁLISIS DE AGUA EN LOS PUQUIOS
DICIEMBRE 2017 – JUNIO 2018**

INFORME N°2

**PROYECTO “PAMPA HERMOSA”
MEDIDAS URGENTES Y TRANSITORIAS**

**Subgerencia de Medio Ambiente N&Y
Gerencia de Estudios y Medio Ambiente Nitratos Yodo
Vicepresidencia Operaciones Nitratos Yodo**

JULIO 2018



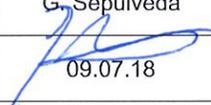
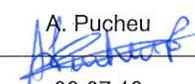


5020 TRABAJOS POR MEDIDAS SMA PROYECTO PAMPA HERMOSA

CÓDIGO Arcadis: N° 5020-1000-RH-INF-0002

INFORME N°2 MONITOREO Y ANÁLISIS DE AGUA EN LOS PUQUIOS DIC 2017-JUN 2018 RES N° 473

JULIO 2018

| Rev, | | Ejecutor | Revisor | Aprobador | Descripción |
|------|--------------|--|---|---|-------------------------------|
| A | Nombre Firma | M. Alamos | G. Sepúlveda | G. Sepúlveda | Coordinación interna |
| | Fecha | 05.07.18 | 06.07.18 | 06.07.18 | |
| B | Nombre Firma | M. Alamos | G. Sepúlveda | A. Pucheu | Revisión y Aprobación Cliente |
| | Fecha | 06.07.18 | 06.07.18 | 06.07.18 | |
| 0 | Nombre Firma | M. Alamos  | G. Sepúlveda  | A. Pucheu  | Aprobado Cliente |
| | Fecha | 09.07.18 | 09.07.18 | 09.07.18 | |

CONTACTOS

CRISTIAN ORTIZ
Gerente de Recursos Hídricos

T, +56 2 23816110
e cristian.ortiz@arcadis.com

Arcadis.
Av. Antonio Varas 621
Providencia, CP 7500966
Santiago | Chile

ANDRÉS PUCHEU
Jefe de Proyecto

T, +56 2 23816293
e Andres.pucheu@arcadis.com

Arcadis.
Av., Antonio Varas 621
Providencia, CP 7500966
Santiago | Chile

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| 1 RESUMEN | 5 |
| 2 INTRODUCCIÓN | 8 |
| 3 OBJETIVOS | 10 |
| 4 MATERIALES Y MÉTODOS | 10 |
| 4.1 Descripción del proyecto y área de estudio | 10 |
| 4.2 Ubicación de puntos de monitoreo | 12 |
| 4.3 Parámetros medidos para caracterizar las variables ambientales y puntos en que se miden | 13 |
| 4.4 Metodología de muestreo | 14 |
| 4.4.1 Extracción de muestras en cuerpos de agua superficial natural o artificial | 14 |
| 4.4.2 Control de temperatura | 14 |
| 4.4.3 Almacenamiento y transporte de las muestras | 14 |
| 4.4.4 Registros de muestreo | 14 |
| 4.5 Incertidumbres asociadas a los métodos utilizados | 15 |
| 4.6 Fechas de muestreo | 15 |
| 5 RESULTADOS | 16 |
| 6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 24 |
| 7 CONCLUSIONES | 25 |
| 8 REFERENCIAS | 26 |

ANEXOS

| | |
|---------|---|
| ANEXO A | Tablas química puquios |
| ANEXO B | Análisis químicos de agua en los puquios |
| ANEXO C | Metodología ANAM |
| ANEXO D | Acreditación Laboratorio para toma y análisis de muestra |
| ANEXO E | Trazabilidad de las mediciones |
| ANEXO F | Responsables y Participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control y Elaboración del Informe |

TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 2-1: Instituciones y/o equipos de trabajo responsables de las actividades relacionadas para la elaboración del presente informe, | 9 |
| Tabla 4-1: Ubicación puntos de muestreo. | 12 |
| Tabla 4-2: Frecuencia de medición en puntos de muestreo. | 13 |
| Tabla 4-3: Fechas de campañas de monitoreo..... | 15 |
| Tabla 5-1: Estadísticos principales de la serie de calidad química del agua en el punto de monitoreo N1. | 17 |
| Tabla 5-2: Estadísticos principales de la serie de calidad del agua en el punto de monitoreo R3N2. . | 19 |
| Tabla 5-3: Estadísticos principales de la serie de calidad química del agua en el punto de monitoreo R4N3. | 21 |
| Tabla 5-4: Estadísticos principales de la serie de calidad química del agua en el punto de monitoreo R5N4. | 23 |

FIGURAS

Figura 1-1: Vista general de los puntos de extracción en el acuífero del Salar de Llamara.....6
 Figura 1-2: Puntos de monitoreo de hidroquímica en el sector puquios del Salar de Llamara.7
 Figura 2-1: Puntos de monitoreo de hidroquímica en el sector puquios del Salar de Llamara.8
 Figura 4-1: Ubicación del acuífero del Salar de Llamara. 11
 Figura 4-2: Vista general de los puntos de monitoreo de calidad del agua. 12
 Figura 5-1: Calidad química del agua en el punto de monitoreo N1 – Iones prioritarios. 16
 Figura 5-2: Calidad química del agua en el punto de monitoreo N1 – Nutrientes indicados en Res. Ex. N°473/2018..... 17
 Figura 5-3: Calidad química del agua en el punto de monitoreo R3N2 – Iones prioritarios. 18
 Figura 5-4: Calidad química del agua en el punto de monitoreo R3N2 – Nutrientes indicados en Res. Ex. N°473/2018..... 18
 Figura 5-5: Calidad química del agua en el punto de monitoreo R4N3 – Iones prioritarios. 20
 Figura 5-6: Calidad química del agua en el punto de monitoreo R4N3 – Nutrientes indicados en Res. Ex. N°473/2018..... 20
 Figura 5-7: Calidad química del agua en el punto de monitoreo R5N4 – Iones prioritarios. 22
 Figura 5-8: Calidad química del agua en el punto de monitoreo R5N4 – Nutrientes indicados en Res. Ex. N°473/2018..... 22

1 RESUMEN

El presente documento da cuenta del monitoreo y análisis de agua de los puquios, en relación a su composición iónica y nutrientes, de acuerdo a lo indicado en la letra l) del resuelvo Primero de la Res. Ex. N°473/2018 que ordena la renovación de medidas urgentes y transitorias para el proyecto Pampa Hermosa de SQM.

El proyecto Pampa Hermosa se ubica en la Región de Tarapacá, comuna de Pozo Almonte, y fue calificado favorablemente en la RCA N° 890/2010 de la Dirección Ejecutiva de CONAMA (actual SEA). Para su operación contempla la extracción de agua industrial en pozos de bombeo de agua subterránea en los acuíferos del Salar de Llamara, Sur Viejo y Pampa del Tamarugal, junto a una serie de compromisos ambientales establecidos en la RCA, entre los que se incluye la Medida de Mitigación, consistente en la inyección de agua en el sector de los Puquios.

El 4 de diciembre de 2017, la SMA solicitó al Primer Tribunal Ambiental la autorización de la dictación de la medida urgente y transitoria, correspondiente a la clausura temporal y parcial de los pozos ubicados en Salar de Llamara, en específico los pozos 2HENOC, 2PL2, 2PL3, 3X-14A, 3X-16A, 3X-S7 y X17A, dejando de extraer 124,7 L/s, junto con la detención de inyección de agua en la barrera hidráulica en el sector de los puquios. Dicha medida fue autorizada por el Primer Tribunal Ambiental el día 12 de diciembre de 2017, haciéndose efectiva la detención del bombeo y la inyección en los puquios el día 13 de diciembre. La SMA, con fecha 15 de diciembre de 2017 dicta la Resolución Exenta N° 1.485, ordenando las medidas restrictivas aprobadas por el Ilustre Tribunal.

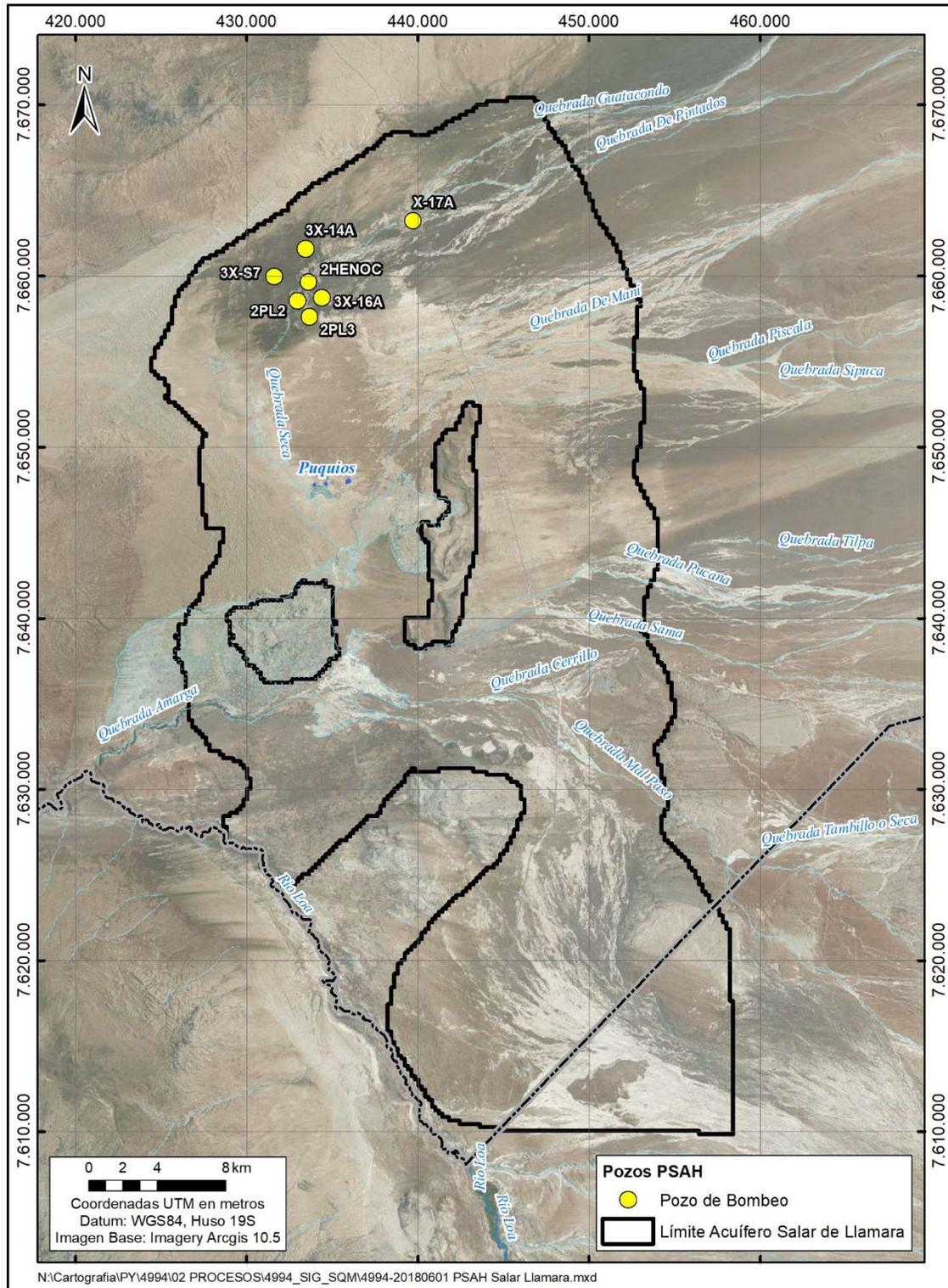
En abril de 2018, mediante la Res. Ex. N° 473, la SMA reitera la clausura temporal y parcial del sector de pozos de extracción, y la detención de la inyección de agua en la barrera hidráulica, considerando la inyección en el puquio N3 y N4. La letra l) del resuelvo primero indica que SQM debe realizar un muestreo y análisis mensual del agua de cada puquio, en relación a su composición iónica.

En este informe se reporta el muestreo mensual en los puquios para el periodo diciembre 2017 a junio 2018. Los análisis indican que, en términos generales, se observa un comportamiento consistente entre el manejo de la medida de mitigación en los puquios y los valores obtenidos, presentando un aumento en las concentraciones de iones prioritarios, producto de la detención en la inyección de agua en la barrera hidráulica en el sector de los puquios. En particular para el mes de junio, se observa una disminución en el valor de los parámetros sodio y cloruro en los 4 puntos monitoreados. En los puquios N1 y N2 se observa también un aumento del calcio y magnesio, mientras que en los puquios N3 y N4, el magnesio disminuye.

Las concentraciones de nutrientes indican que los puquios presentan concentraciones bajas de fósforo, tanto como fósforo total, como de ortofosfato, con valores inferiores al límite de detección en la mayor parte de las muestras analizadas. En el caso del nitrógeno orgánico, los análisis realizados en el mes de junio indican que las concentraciones obtenidas no superan el umbral de detección en ninguno de los puquios.

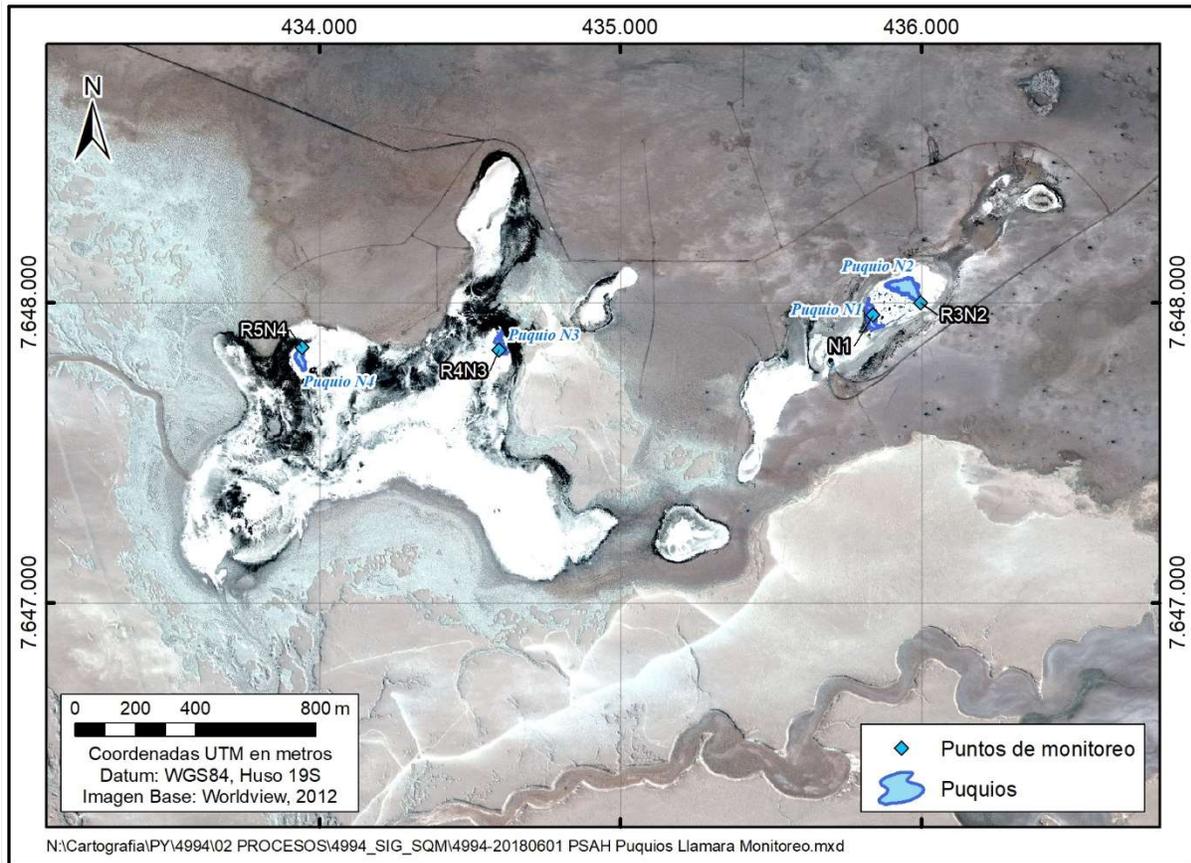
En la Figura 1-1 se muestra la ubicación de los pozos de bombeo del Salar de Llamara. Por otro lado, los puntos donde se realiza el muestro de calidad del agua se presenta en la Figura 1-2.

Figura 1-1: Vista general de los puntos de extracción en el acuífero del Salar de Llamara.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 1-2: Puntos de monitoreo de hidroquímica en el sector puquios del Salar de Llamara.



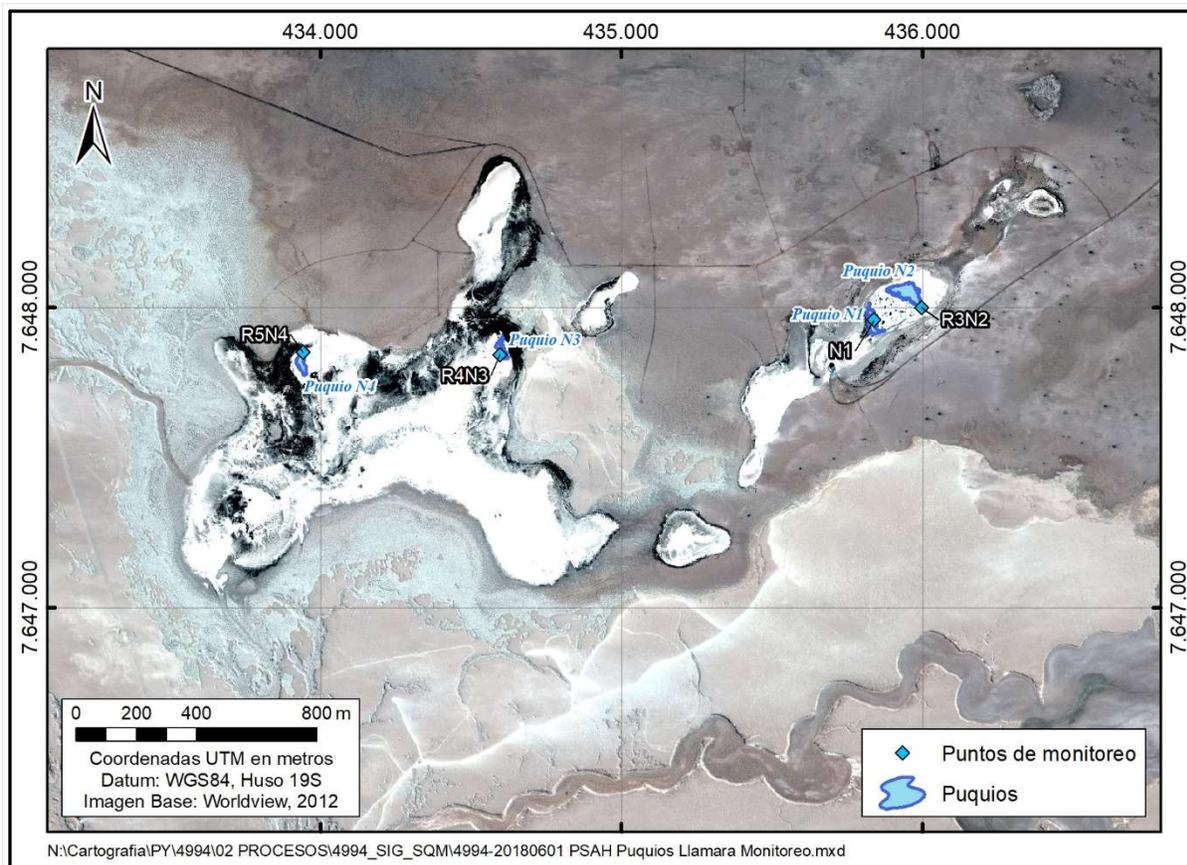
Fuente: Elaboración Propia

2 INTRODUCCIÓN

El presente documento forma parte de las medidas decretadas en la Res. Ex. N°473/2018, correspondiente a la remisión mensual de los resultados del muestreo y análisis del agua de cada puquio, en relación a su composición iónica en base a los iones mayoritarios Calcio, Magnesio, Potasio, Sulfato, Sodio y Cloruro; y nutrientes como Nitrógeno orgánico total, Fósforo Total, Carbono orgánico total y Ortofosfato.

En este informe se reportan los datos entre el mes de diciembre de 2017 y junio de 2018, para las mediciones realizadas en la laguna N1 (puquio N1) y en las regletas en los puntos R3N2 (puquio N2), R4N3 (puquio N3) y R5N4 (puquio N4) (ver Figura 2-1).

Figura 2-1: Puntos de monitoreo de hidroquímica en el sector puquios del Salar de Llamara.



Fuente: Elaboración Propia

El proyecto sobre el que se aplican las medidas corresponde a Pampa Hermosa, ubicado en la Región de Tarapacá, comuna de Pozo Almonte, el cual fue calificado favorablemente en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 890/2010.

El proyecto contempla la extracción de agua industrial en pozos de bombeo de agua subterránea en los acuíferos del Salar de Llamara, Sur Viejo y Pampa del Tamarugal, junto a una serie de compromisos ambientales establecidos en la RCA, entre los que se incluye la Medida de Mitigación, consistente en la inyección de agua en el sector de los Puquios.

El 4 de diciembre de 2017, la SMA solicitó al Primer Tribunal Ambiental la autorización de la dictación de la medida urgente y transitoria, correspondiente a la clausura temporal y parcial del sector de pozos de extracción ubicados en el Salar de Llamara, en específico los pozos 2HENOC, 2PL2, 2PL3, 3X-14A, 3X-16A, 3X-S7 y X17A, dejando de extraer 124,7 L/s, junto con la detención de inyección de agua en la barrera hidráulica en el sector de los Puquios. Dicha medida fue autorizada por el Primer Tribunal Ambiental el día 12 de diciembre de 2017, haciéndose efectiva la detención del bombeo y la inyección en los puquios el día 13 de diciembre. La SMA, con fecha 15 de diciembre de 2017 dicta la Resolución Exenta N° 1.485, ordenando las medidas restrictivas aprobadas por el Ilustre Tribunal.

En abril de 2018, mediante la Res. Ex. N° 473, la SMA reitera la clausura temporal y parcial del sector de pozos de extracción, y la detención de la inyección de agua en la barrera hidráulica, considerando la inyección en el puquio N3 y N4. De acuerdo a lo indicado en el resuelvo I de la Resolución señalada, SQM debe realizar un muestreo y análisis mensual del agua de cada puquio, en relación a su composición iónica. Si bien esta resolución es notificada a SQM el 27 de abril del 2018, en el presente informe se incorporan los resultados de los monitoreos de agua realizados entre diciembre del 2017 (inicio de la MUT) y junio del 2018 según los parámetros que se estaban realizando hasta la fecha, en el marco del monitoreo asociado al Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) Proyecto Pampa Hermosa. Los parámetros Nitrógeno orgánico total y Carbono orgánico total fueron incorporados a partir del muestreo de junio del 2018 conforme a lo señalado en la resolución.

En función de lo establecido en la Res. Ex. N° 473, el día 28 de abril se da comienzo al reinicio gradual de la inyección en los sectores del puquio N3 y N4.

El presente informe ha sido elaborado por Arcadis basado en la información del análisis del agua proporcionada por SQM, Para ello Arcadis revisó en gabinete los documentos con la información y mediciones contenidas en éstos.

Análisis Ambientales S.A. (ANAM), entidad técnica acreditada por la SMA, toma las muestras de agua y entrega los resultados de los análisis físico-químicos de éstas. Cabe señalar que los análisis se realizan en la sede de ANAM Santiago o Puerto Montt, lo que se detalla en cada uno de los informes que emite ANAM y que se entregan en el Anexo B para los puntos mencionados anteriormente.

En resumen, la Tabla 2-1 muestra las instituciones y/o equipos de trabajo responsables de las actividades relacionadas para elaborar el presente informe, mientras que el detalle de los responsables de las mediciones y de la elaboración de los informes se presenta en el Anexo F.

Tabla 2-1: Instituciones y/o equipos de trabajo responsables de las actividades relacionadas para la elaboración del presente informe.

| Institución/Equipo de trabajo | Actividad realizada |
|-------------------------------|--|
| ANAM S.A. | Toma de muestras de agua y análisis de parámetros físico-químicos. |
| Arcadis Chile | Elaboración de informe de remisión mensual de los resultados del muestreo y análisis del agua de cada puquio, con relación a su composición iónica y nutrientes. |

Fuente: Elaboración Propia

3 OBJETIVOS

De acuerdo a lo establecido en el resuelvo I) de la Res. Ex. N°473/2018, SQM debe realizar mensualmente un muestreo y análisis del agua de cada puquio, en relación a su composición iónica y nutrientes, con el fin de proteger a los puquios y sus ecosistemas, especialmente la biota acuática que habita en estos cuerpos de agua.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se presenta una descripción de la zona de estudio, la infraestructura de monitoreo, los parámetros que se miden, la metodología y materiales utilizados en la medición y las incertidumbres asociadas a éstas.

4.1 Descripción del proyecto y área de estudio

El proyecto Pampa Hermosa se ubica en la Región de Tarapacá, comuna de Pozo Almonte, y tiene por objeto aumentar la producción de yodo del área industrial Nueva Victoria en 6.500 ton/año logrando una capacidad de 11.000 ton/año de yodo, y construir una nueva planta de nitrato con una capacidad de 1.200.000 ton/año de nitrato de sodio y/o potasio en el área industrial de Sur Viejo. Para el desarrollo de sus actividades, el proyecto contempla la extracción de agua industrial en pozos de bombeo de agua subterránea en los acuíferos del Salar de Llamara, Sur Viejo y Pampa del Tamarugal.

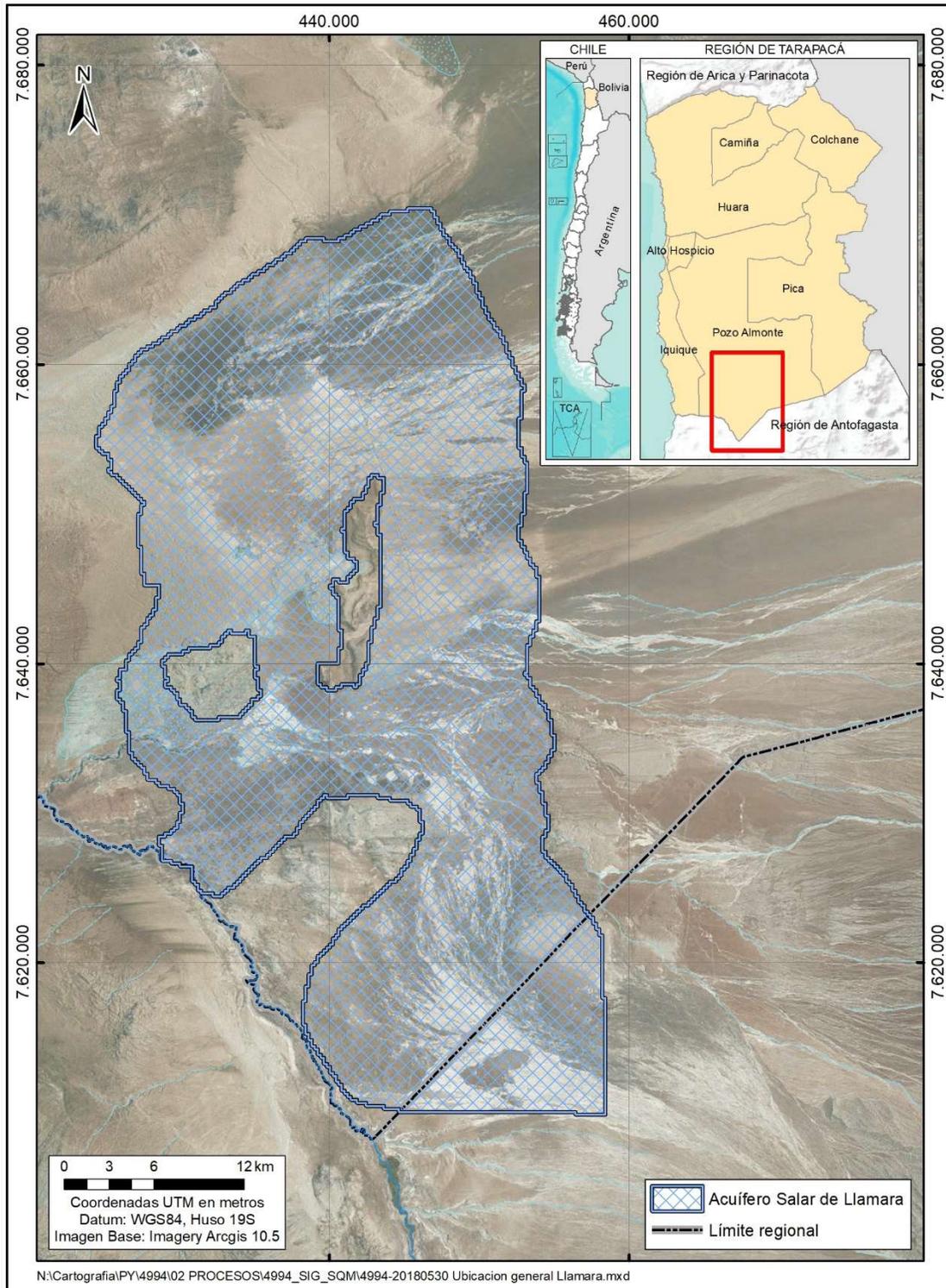
En el sector central del Salar de Llamara, a un costado del cerro Soledad, se ubican una serie de cuerpos lacustres de pequeña superficie que corresponden a afloramientos de agua subterránea producto del hundimiento del terreno superficial, en estructuras denominadas localmente como puquios. De ahí deriva el nombre de estos pequeños cuerpos de agua superficial. En terreno, y topográficamente se puede constatar que la cota superficial del terreno, en el sector donde se circunscriben los cuerpos de agua, se encuentran entre 4 y 5 m más bajo que el terreno adyacente. La superficie de los puquios no supera las 0,6 ha y presentan una profundidad variable entre 80 y 20 cm.

La recarga subterránea más directa al sector de puquios proviene desde la cuenca de Maní y otras, ubicada inmediatamente al Este, además de una componente desde el Norte, donde se ubican los pozos de bombeo del Salar de Llamara.

La zona del salar activo corresponde a un sumidero de toda el área, forzando el flujo subterráneo proveniente desde todas las direcciones hacia el centro del sector de puquios, donde se produce la descarga por evaporación desde el acuífero debido a la presencia de niveles someros, desde la superficie de agua libre en los puquios, así como a través de la evapotranspiración producida por la vegetación presente en este sector. Para mayor detalle ver el capítulo 5.3.2 del EIA del proyecto y los anexos VIII.2, VIII.3 y VIII.4, y Anexo III.8 de la Adenda I.

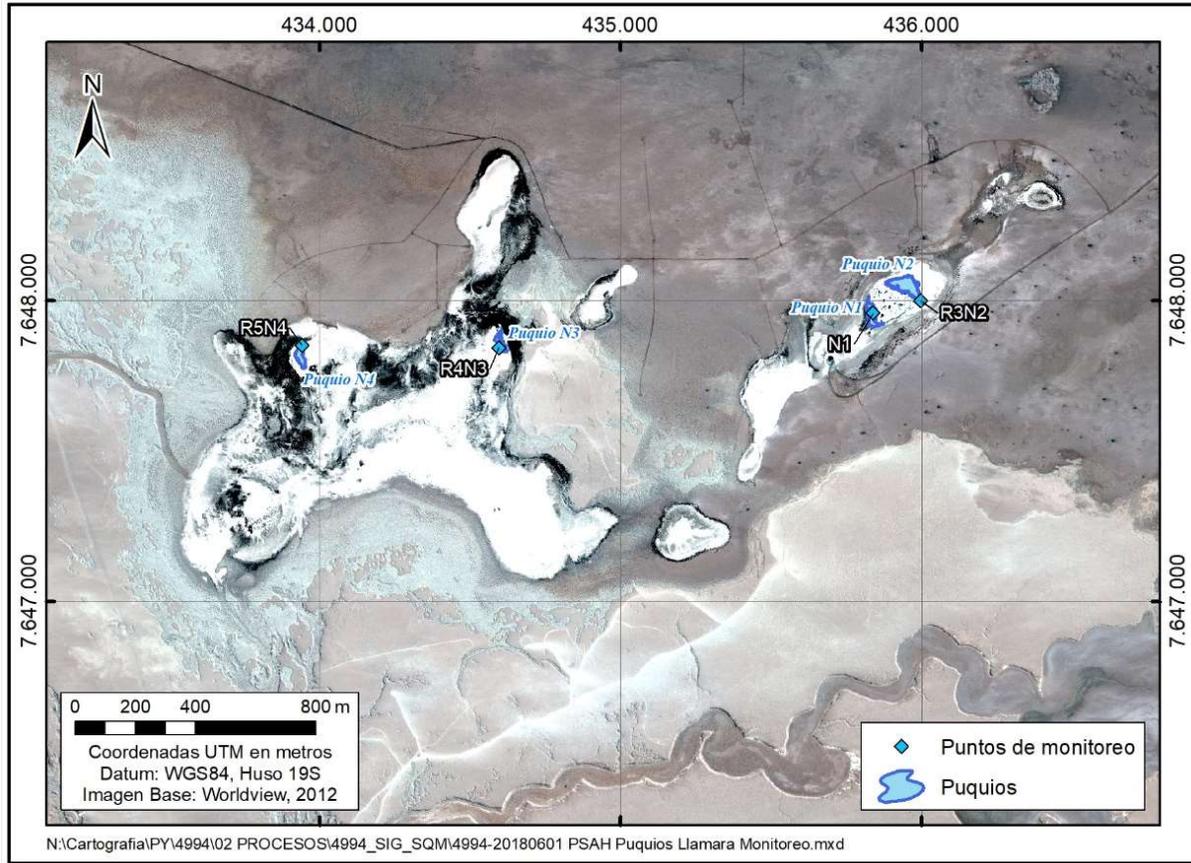
En la Figura 4-1 se presenta una vista general del acuífero del Salar de Llamara. Por otro lado, en la Figura 4-2 se muestran los puquios, junto a los puntos donde se realiza el monitoreo de calidad del agua.

Figura 4-1: Ubicación del acuífero del Salar de Llamara.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4-2: Vista general de los puntos de monitoreo de calidad del agua.



Fuente: Elaboración Propia

4.2 Ubicación de puntos de monitoreo

En la Tabla 4-1 se presentan las coordenadas de los puntos de monitoreo en los puquios, las cuales se encuentran en datum UTM WGS 84 Huso 19 S.

Tabla 4-1: Ubicación puntos de muestreo.

| Punto | Coordenadas UTM (WGS 84) | |
|---------------------|--------------------------|---------|
| | Norte | Este |
| N1 | 7.647.960 | 435.838 |
| R3N2 ⁽¹⁾ | 7.648.001 | 435.997 |
| R4N3 ⁽¹⁾ | 7.647.844 | 434.595 |
| R5N4 ⁽¹⁾ | 7.647.851 | 433.942 |

(1) Corresponden regletas para medir nivel de agua superficial.

Fuente: Elaboración Propia

4.3 Parámetros medidos para caracterizar las variables ambientales y puntos en que se miden

A continuación se presenta una descripción de los parámetros utilizados para caracterizar las variables ambientales en los puntos ubicados en los puquios.

Calidad físico-química del agua. El agua en la naturaleza contiene gran cantidad de elementos y moléculas que pueden estar en diferentes estados como por ejemplo disueltos, en suspensión o hidratados. En el ciclo hidrológico el agua entra en contacto con los materiales que componen la atmósfera y litosfera, debido a procesos como son la erosión, disolución, entre otros, y van incorporando elementos en su matriz formada por moléculas de agua. La calidad del agua depende de los elementos que contiene el agua, la forma en que se encuentran y la cantidad y proporción de éstos. Los parámetros que describen la composición del agua se pueden agrupar en parámetros físicos y en parámetros químicos. En este documento, se reporta el análisis de los parámetros químicos y nutrientes, que corresponden a concentraciones de calcio disuelto, cloruro disuelto, magnesio disuelto, potasio disuelto, sodio disuelto, sulfato disuelto, fósforo total, y ortofosfato. Los análisis de nitrógeno orgánico total y carbono orgánico total fueron incorporados a partir de monitoreo de junio del 2018, debido al escaso tiempo transcurrido entre la publicación de la Res. Ex. N°473/2018 y la campaña programada de muestreo del mes de mayo, que no permitió modificar la matriz de parámetros.

Las muestras son tomadas en los cuerpos de agua superficial, las cuales son directamente obtenidas desde la columna de agua. Es preciso señalar que para llevar a cabo las la toma de muestras, las botellas son sanitizadas con anterioridad en el laboratorio de ANAM.

Las campañas de monitoreo consideran 4 puntos, en los cuales se mide la calidad química del agua en los puquios. En la Figura 4-2 se muestra la distribución geográfica de los puntos de monitoreo en el acuífero del Salar de Llamara, en los cuales se miden, entre otros, los siguientes parámetros¹:

- calcio disuelto
- sulfato disuelto
- fósforo total
- magnesio disuelto
- sodio disuelto
- carbono orgánico³ total
- potasio disuelto
- nitrógeno orgánico total²
- ortofosfato

Tabla 4-2: Frecuencia de medición en puntos de muestreo.

| Nombre | Coordenadas UTM WGS 84 | | Variable | Frecuencia |
|--------|------------------------|-----------|-----------------|------------|
| | Este | Norte | | |
| N1 | 435.838 | 7.647.960 | Calidad Química | Mensual |
| R3N2 | 435.997 | 7.648.001 | Calidad Química | Mensual |
| R4N3 | 434.595 | 7.647.844 | Calidad Química | Mensual |
| R5N4 | 433.942 | 7.647.851 | Calidad Química | Mensual |

Fuente: Elaboración Propia

¹ En el Anexo B se presentan los certificados de los análisis realizados por ANAM, que incluye los parámetros analizados.

² Parámetro solicitado en Res Ex. N°473/2018, fue incorporado a partir del muestreo de junio del 2018 (Por tiempo transcurrido entre publicación de la Res N° 473 y muestreo programado, laboratorio no incorporó en su matriz de análisis este parámetro)

³ Parámetro solicitado en Res Ex. N°473/2018, fue incorporado a partir del muestreo de junio del 2018 (Por tiempo transcurrido entre publicación de la Res N° 473 y muestreo programado, laboratorio no incorporó en su matriz de análisis este parámetro)

4.4 Metodología de muestreo

A continuación se presenta la metodología de ANAM para toma de muestras físico-químicas y microbiológicas de aguas superficiales, la medición de parámetros en terreno y el control de calidad de las actividades de muestreo (en el Anexo C se presenta el documento original de metodología de ANAM).

4.4.1 Extracción de muestras en cuerpos de agua superficial natural o artificial

Toma de muestras con muestreador abierto

- Recipiente con abertura superior que permite tomar muestras de la superficie del agua o inmediatamente bajo ésta.
- Este sistema puede ser empleado para la toma de muestras a distancia desde orillas de ríos o lagos con la ayuda de un brazo telescópico.
- Tomar una muestra con el dispositivo de muestreo abierto y distribuir en los envases requeridos para el muestreo en particular o disponer las submuestras en un envase para preparación de compuesta (lechero), según corresponda a los requerimientos del muestreo.

4.4.2 Control de temperatura

Para el control de la temperatura de transporte, se deberá coleccionar la primera muestra de la ruta en duplicado, una de las muestras será coleccionada en un envase denominado como "testigo", con el cual se llevará el control de temperatura. Se registra la temperatura del testigo inmediatamente después de coleccionada la muestra (Terreno T° Testigo), y en el momento de la recepción en el laboratorio (T° Ingreso Testigo), en la Hoja de Ruta formulario C000053. Se utiliza un testigo por cada termoaislante de muestras.

4.4.3 Almacenamiento y transporte de las muestras

- Deberá disponerse de unidades refrigerantes, neveras o cajas termoaislantes debidamente identificadas, para el almacenamiento y transporte de muestras aguas crudas, equipadas con sistemas de hielo sustituto o *ice packs*, para mantener las muestras a una temperatura igual o menor a la temperatura registrada en terreno durante las primeras 6 horas de transporte, pasadas las 6 horas las muestras deben ser transportadas a una temperatura de $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, para el caso de los parámetros físico-químicos y una temperatura menor a 10°C evitando el congelamiento para el caso de los parámetros microbiológicos.
- Los envases que contienen la muestra deberán guardarse inmediatamente luego del muestreo dentro de las unidades refrigerantes, para su adecuada conservación.
- Una vez tomada(s) la(s) muestra(s), se procederá al transporte de éstas hasta el laboratorio. Entregar las muestras con el correspondiente formulario C000053, y esperar visto bueno del personal de Recepción.

4.4.4 Registros de muestreo

La fecha y hora de muestreo, nombre del responsable del muestreo y los valores de los parámetros determinados en terreno, así como cualquier observación relevante detectada en el proceso de muestreo, se debe registrar en el formulario C000053.

4.5 Incertidumbres asociadas a los métodos utilizados

En la obtención de cualquier parámetro ambiental hay asociado un grado de incertidumbre, ya sea por el factor humano de quien realice el muestreo, precisión de los equipos, representatividad de las muestras y calibración de equipos, entre otros. El establecimiento de procedimientos pautados en la obtención de parámetros ambientales y su cumplimiento se realiza con el objetivo de minimizar y controlar las incertidumbres existentes.

En la medición de parámetros medidos en laboratorios externos, la incertidumbre recae en la representatividad de la muestra en la que se miden los parámetros, el estado de calibración y adecuación del rango de trabajo de los equipos de medición. En el caso de la necesidad de procesos de preparación de la muestra, como diluciones u otras manipulaciones y/u procesos, éstos incrementan la incertidumbre. Seguir los procedimientos en el caso de la medición de parámetros “in situ”, muestreo y el cumplimiento de los estándares de calidad por parte de los laboratorios minimiza la incertidumbre de los parámetros

4.6 Fechas de muestreo

Las mediciones fueron realizadas en el mismo día de cada mes para los diferentes puntos, las cuales se presentan en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Fechas de campañas de monitoreo.

| Mes campaña | Fecha |
|----------------|------------|
| Diciembre 2017 | 12/12/2017 |
| Enero 2018 | 09/01/2018 |
| Febrero 2018 | 13/02/2018 |
| Marzo 2018 | 13/03/2018 |
| Abril 2018 | 11/04/2018 |
| Mayo 2018 | 08/05/2018 |
| Junio 2018 | 05/06/2018 |

Fuente: Elaboración Propia

Cabe señalar que esta información también se encuentra en los certificados de laboratorio respectivos, los que se adjuntan en Anexo B.

5 RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones de las campañas de monitoreo para cada uno de los puntos de medición.

De la Figura 5-1 a la Figura 5-7 se presentan los resultados de los análisis de laboratorio realizados por Análisis Ambientales S.A. (ANAM) a las muestras de agua tomadas en los 4 puntos de monitoreo en los puquios. Cabe señalar que, aquellas mediciones que se ubican por debajo del límite de detección del método han sido incorporadas a los gráficos con un valor igual a la mitad del límite de detección.

En el Anexo A se presentan estos mismos resultados en forma de tablas. Adicionalmente, se muestra un análisis estadístico de las series de calidad química desde la Tabla 5-1 a la Tabla 5-4. Como ya se ha señalado, para el periodo en análisis se cuenta con el análisis de los parámetros Nitrógeno orgánico total y Carbono orgánico total a contar del mes de junio. Esto es porque entre la fecha de publicación de la Res. Ex. N°473/2018 y la fecha programada para el muestreo y análisis del mes de mayo no se alcanzó a modificar la matriz en el laboratorio para incluir dichos parámetros.

En los gráficos de hidroquímica, las series representadas con un círculo están asociadas a los ejes del lado izquierdo y las que se encuentran representadas por un triángulo están asociadas a los ejes del lado derecho.

Figura 5-1: Calidad química del agua en el punto de monitoreo N1 – Iones prioritarios.

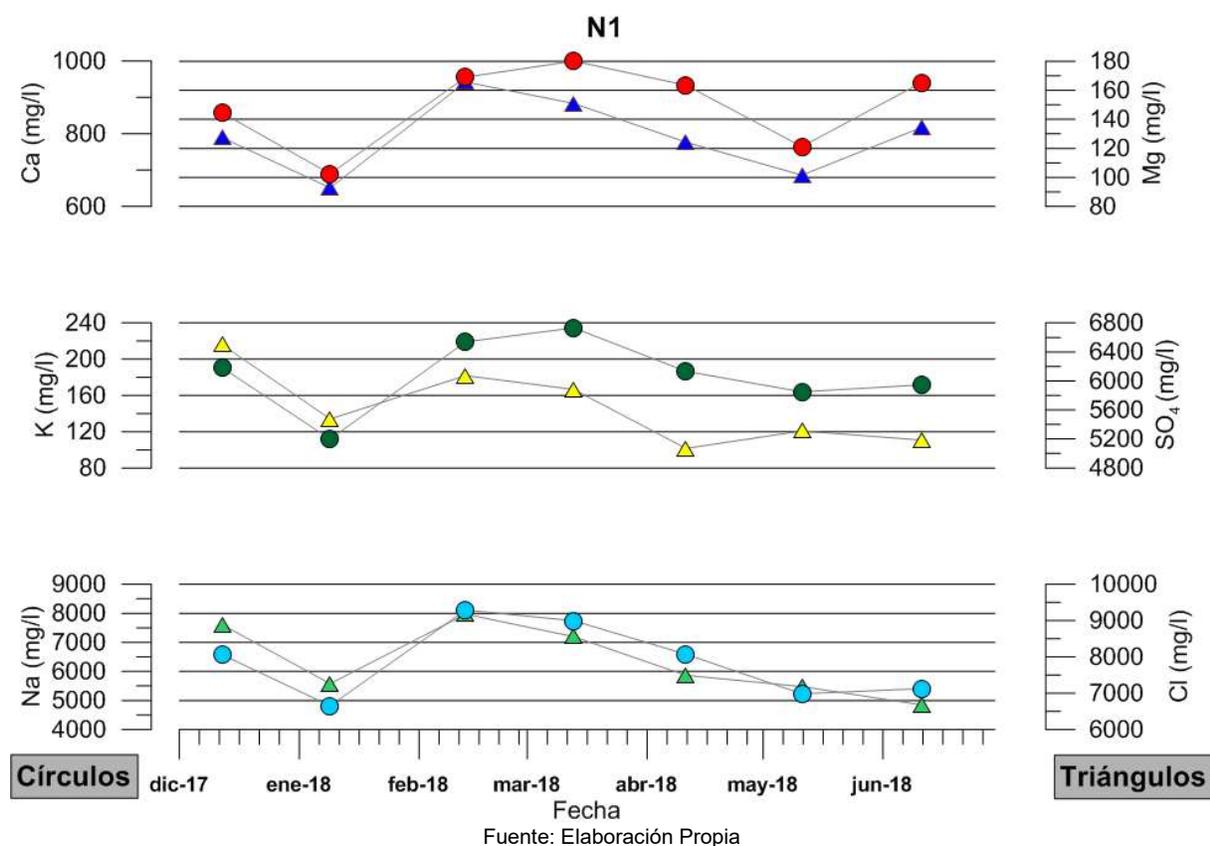


Figura 5-2: Calidad química del agua en el punto de monitoreo N1 – Nutrientes indicados en Res. Ex. N°473/2018.

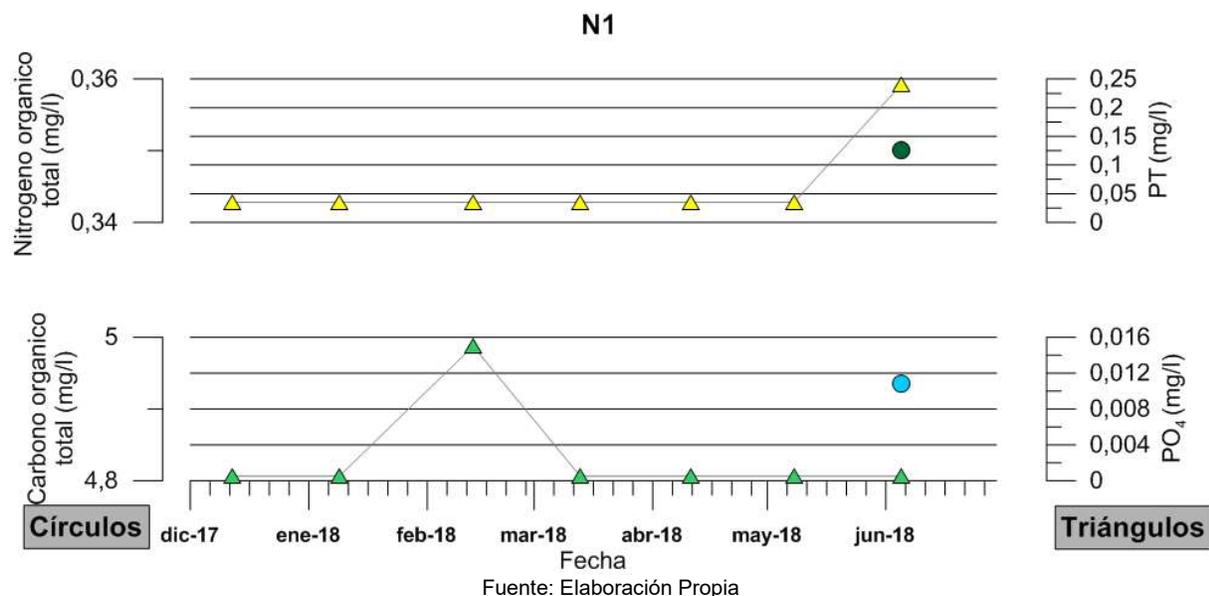


Tabla 5-1: Estadísticos principales de la serie de calidad química del agua en el punto de monitoreo N1.

| N° | Parámetro | Promedio | Mediana | Mín. | Máx. | Desviación Estándar | Coef. Asimetría | Coef. Variación |
|----|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|---------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Calcio disuelto (mg/L) | 877,57 | 933,99 | 689,75 | 999,90 | 113,04 | -0,86 | 0,13 |
| 2 | Magnesio disuelto (mg/L) | 128,18 | 127,44 | 92,82 | 165,72 | 25,65 | 0,02 | 0,20 |
| 3 | Potasio disuelto (mg/L) | 182,52 | 186,48 | 111,86 | 234,24 | 39,89 | -0,64 | 0,22 |
| 4 | Sulfato disuelto (mg/L) | 5.642,40 | 5.475,60 | 5.070,00 | 6.500,00 | 525,19 | 0,64 | 0,09 |
| 5 | Sodio disuelto (mg/L) | 6.353,63 | 6.573,89 | 4.819,59 | 8.109,70 | 1.267,04 | 0,26 | 0,20 |
| 6 | Cloruro disuelto (mg/L) | 7.892,28 | 7.493,00 | 6.678,13 | 9.179,00 | 968,13 | 0,25 | 0,12 |
| 7 | Nitrógeno orgánico total (mg/L)** | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | Fósforo total (mg/L) | 0,064 | 0,035 | 0,035 | 0,240 | 0,077 | 2,646 | 1,205 |
| 9 | Carbono orgánico total (mg/L)** | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | Ortofosfato (mg/L) | 0,003 | 0,001 | 0,001 | 0,015 | 0,005 | 2,646 | 2,131 |

(**) Parámetros fueron incorporados a partir de monitoreo de junio del 2018, por lo que se cuenta con sólo un dato, lo que no permite estimar los estadísticos.

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5-3: Calidad química del agua en el punto de monitoreo R3N2 – Iones prioritarios.

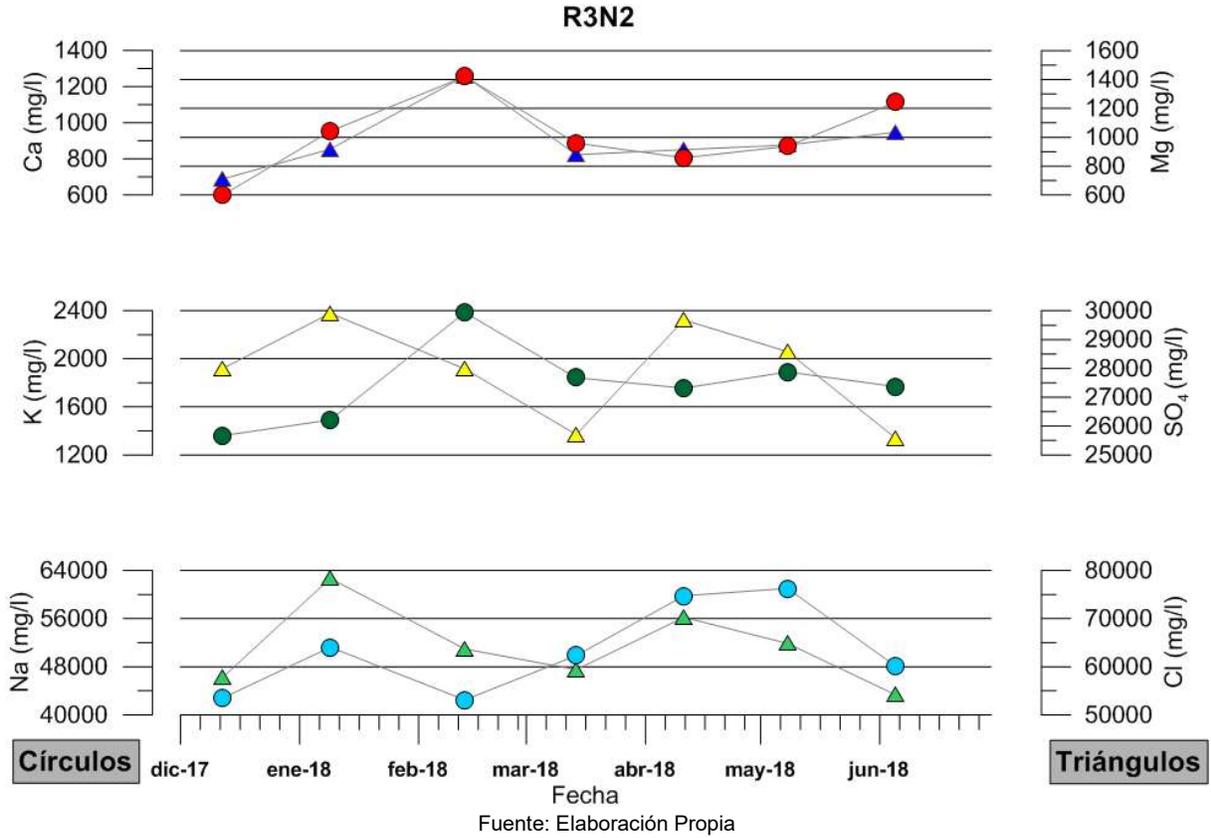


Figura 5-4: Calidad química del agua en el punto de monitoreo R3N2 – Nutrientes indicados en Res. Ex. N°473/2018.

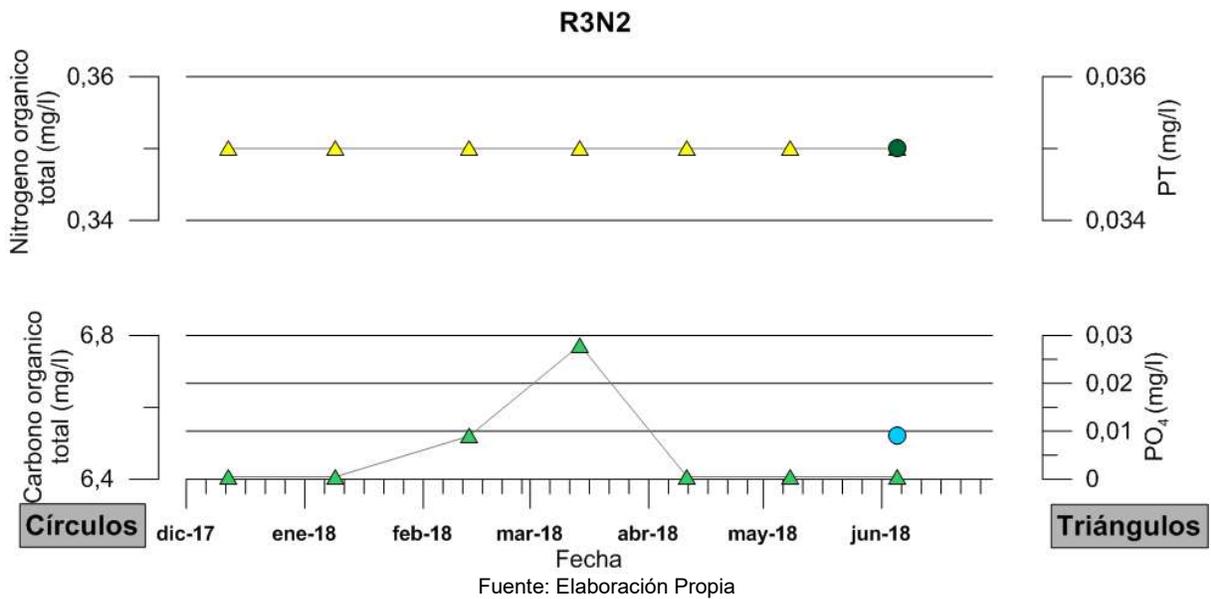


Tabla 5-2: Estadísticos principales de la serie de calidad del agua en el punto de monitoreo R3N2.

| N° | Parámetro | Promedio | Mediana | Mín. | Máx. | Desviación Estándar | Coef. Asimetría | Coef. Variación |
|----|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Calcio disuelto (mg/L) | 926,67 | 887,31 | 600,05 | 1.256,25 | 212,20 | 0,13 | 0,23 |
| 2 | Magnesio disuelto (mg/L) | 975,51 | 918,13 | 711,43 | 1.424,26 | 220,52 | 1,54 | 0,23 |
| 3 | Potasio disuelto (mg/L) | 1.784,79 | 1.768,14 | 1.361,33 | 2.383,88 | 326,48 | 0,77 | 0,18 |
| 4 | Sulfato disuelto (mg/L) | 27.922,08 | 28.000,00 | 25.588,24 | 29.914,50 | 1.724,90 | -0,45 | 0,06 |
| 5 | Sodio disuelto (mg/L) | 50.764,20 | 49.857,44 | 42.486,90 | 61.018,34 | 7.375,38 | 0,42 | 0,15 |
| 6 | Cloruro disuelto (mg/L) | 64.085,91 | 63.682,00 | 54.207,90 | 78.398,80 | 8.194,59 | 0,79 | 0,13 |
| 7 | Nitrógeno orgánico total (mg/L)** | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | Fósforo total (mg/L) | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,000 | -(*) | 0,000 |
| 9 | Carbono orgánico total (mg/L)** | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | Ortofosfato (mg/L) | 0,006 | 0,001 | 0,001 | 0,028 | 0,010 | 2,213 | 1,835 |

(*)El coeficiente de asimetría se indetermina porque la desviación estándar de la muestra es cero.

(**) Parámetros fueron incorporados a partir de monitoreo de junio del 2018, por lo que se cuenta con sólo un dato, lo que no permite estimar los estadísticos.

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5-5: Calidad química del agua en el punto de monitoreo R4N3 – Iones prioritarios.

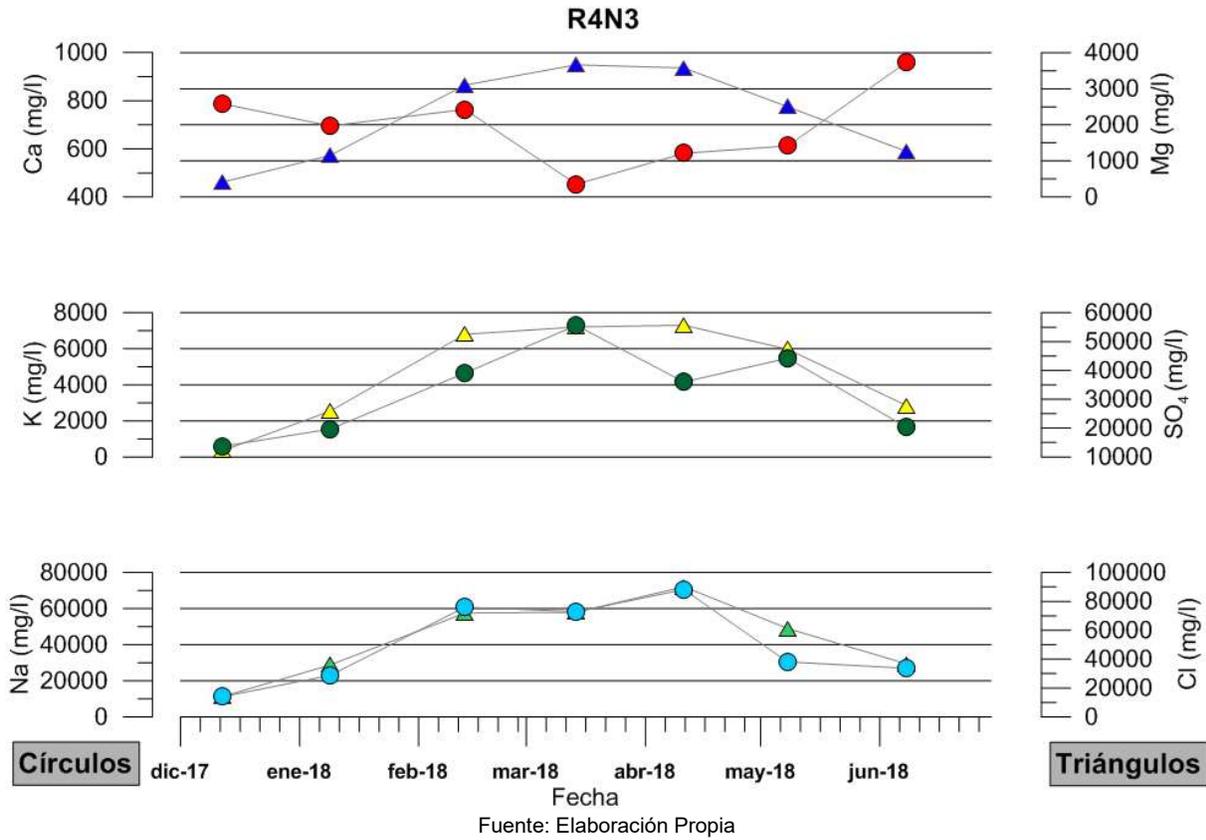


Figura 5-6: Calidad química del agua en el punto de monitoreo R4N3 – Nutrientes indicados en Res. Ex. N°473/2018.

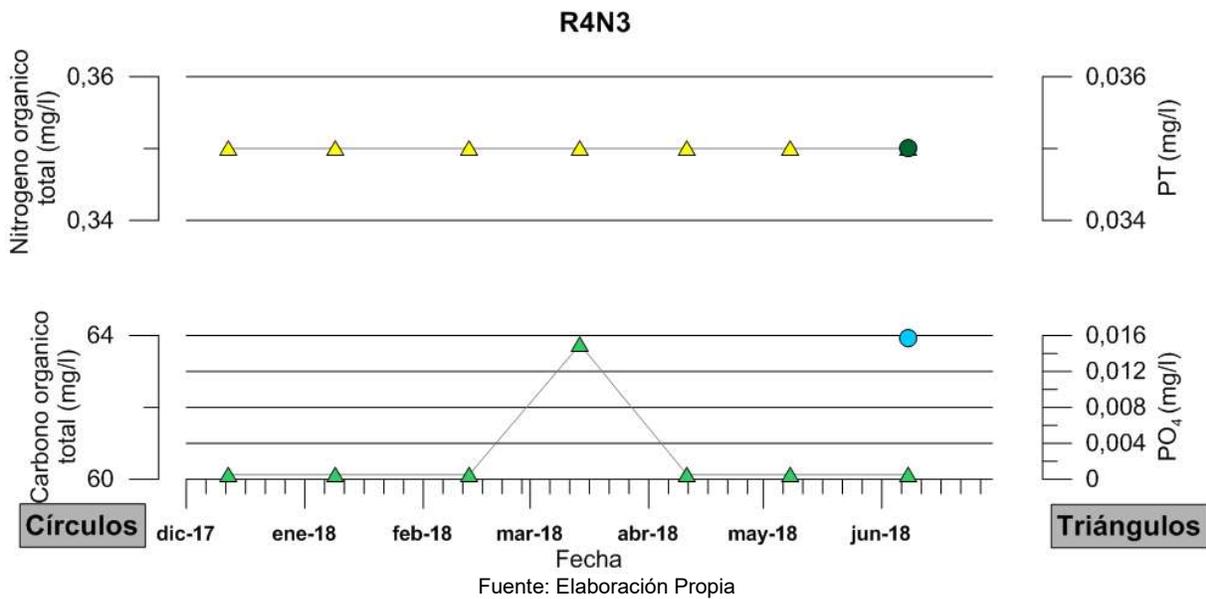


Tabla 5-3: Estadísticos principales de la serie de calidad química del agua en el punto de monitoreo R4N3.

| N° | Parámetro | Promedio | Mediana | Mín. | Máx. | Desviación Estándar | Coef. Asimetría | Coef. Variación |
|----|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Calcio disuelto (mg/L) | 693,22 | 695,62 | 452,78 | 960,61 | 164,42 | 0,23 | 0,24 |
| 2 | Magnesio disuelto (mg/L) | 2.238,78 | 2.502,60 | 413,53 | 3.664,14 | 1.297,38 | -0,25 | 0,58 |
| 3 | Potasio disuelto (mg/L) | 3.620,58 | 4.154,52 | 597,42 | 7.295,72 | 2.437,87 | 0,21 | 0,67 |
| 4 | Sulfato disuelto (mg/L) | 39.505,49 | 47.377,00 | 12.200,00 | 55.656,00 | 17.336,57 | -0,62 | 0,44 |
| 5 | Sodio disuelto (mg/L) | 40.200,55 | 30.506,55 | 11.214,63 | 70.598,14 | 22.671,34 | 0,20 | 0,56 |
| 6 | Cloruro disuelto (mg/L) | 54.637,34 | 61.260,00 | 14.100,00 | 90.099,00 | 26.560,26 | -0,29 | 0,49 |
| 7 | Nitrógeno orgánico total (mg/L)** | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | Fósforo total (mg/L) | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,000 | -(*) | 0,000 |
| 9 | Carbono orgánico total (mg/L)** | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | Ortofosfato (mg/L) | 0,003 | 0,001 | 0,001 | 0,015 | 0,005 | 2,646 | 2,131 |

(*)El coeficiente de asimetría se indetermina porque la desviación estándar de la muestra es cero.

(**) Parámetros fueron incorporados a partir de monitoreo de junio del 2018, por lo que se cuenta con sólo un dato, lo que no permite estimar los estadísticos.

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5-7: Calidad química del agua en el punto de monitoreo R5N4 – Iones prioritarios.

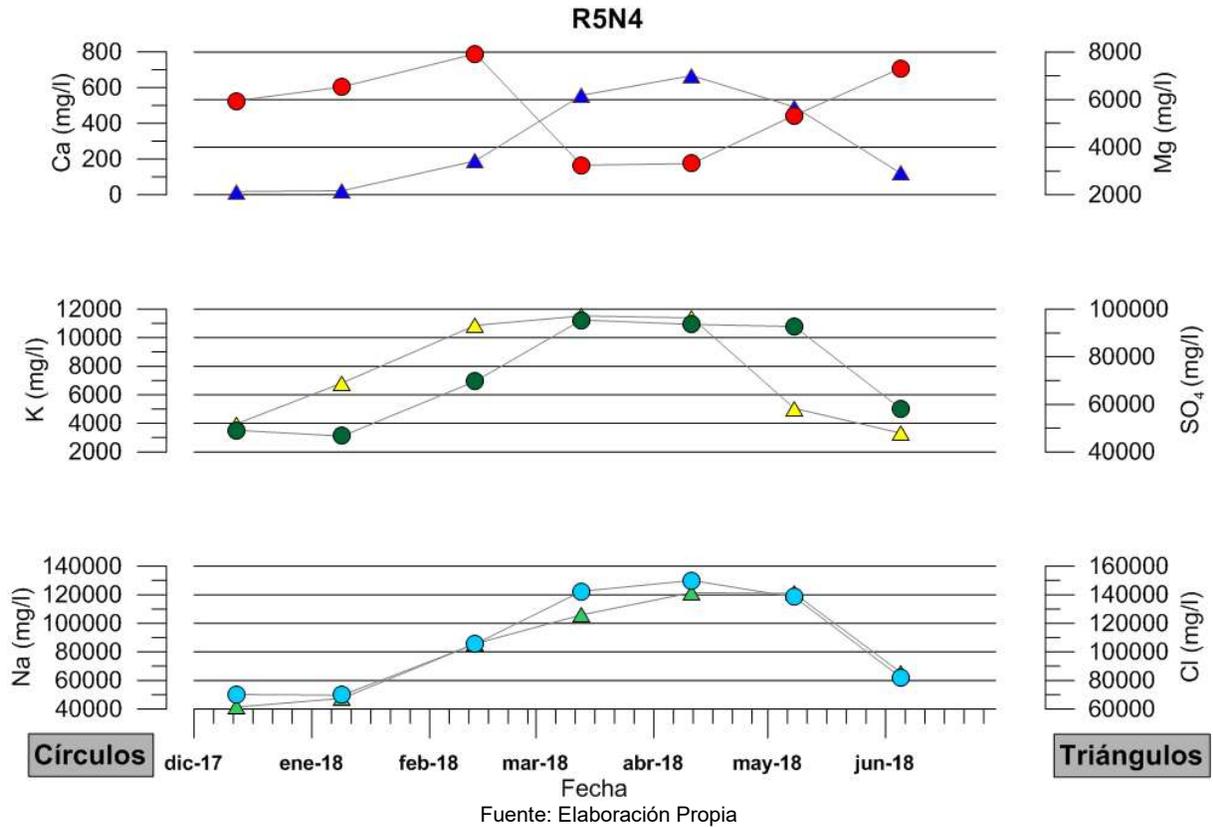


Figura 5-8: Calidad química del agua en el punto de monitoreo R5N4 – Nutrientes indicados en Res. Ex. N°473/2018.

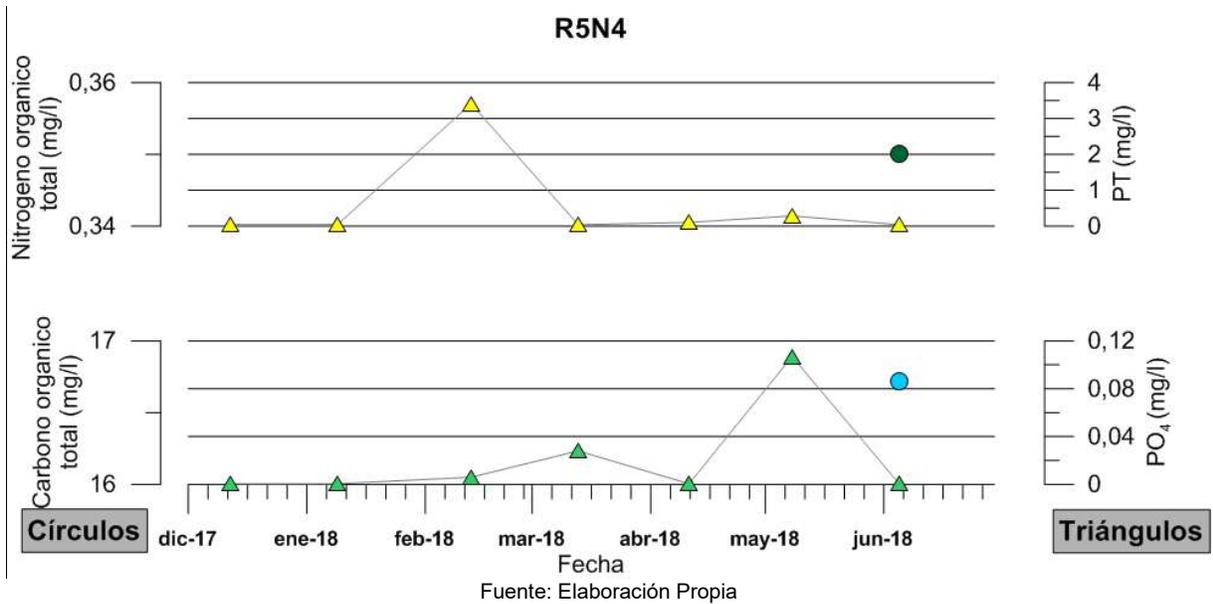


Tabla 5-4: Estadísticos principales de la serie de calidad química del agua en el punto de monitoreo R5N4.

| N° | Parámetro | Promedio | Mediana | Mín. | Máx. | Desviación Estándar | Coef. Asimetría | Coef. Variación |
|----|----------------------------------|------------|------------|-----------|------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Calcio disuelto (mg/L) | 487,87 | 526,62 | 166,19 | 789,27 | 244,21 | -0,39 | 0,50 |
| 2 | Magnesio disuelto (mg/L) | 4.217,86 | 3.428,92 | 2.133,00 | 7.011,43 | 2.029,58 | 0,34 | 0,48 |
| 3 | Potasio disuelto (mg/L) | 7.361,42 | 6.950,21 | 3.109,20 | 11.234,32 | 3.603,90 | -0,02 | 0,49 |
| 4 | Sulfato disuelto (mg/L) | 73.380,96 | 68.981,73 | 47.882,00 | 97.166,00 | 21.817,19 | 0,07 | 0,30 |
| 5 | Sodio disuelto (mg/L) | 88.340,36 | 85.514,38 | 49.678,30 | 130.031,26 | 35.233,86 | 0,04 | 0,40 |
| 6 | Cloruro disuelto (mg/L) | 104.063,48 | 105.689,00 | 61.300,00 | 141.545,00 | 33.567,31 | -0,13 | 0,32 |
| 7 | Nitrógeno orgánico total (mg/L)* | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | Fósforo total (mg/L) | 0,561 | 0,035 | 0,035 | 3,410 | 1,259 | 2,618 | 2,243 |
| 9 | Carbono orgánico total (mg/L)* | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | Ortofosfato (mg/L) | 0,020 | 0,001 | 0,001 | 0,107 | 0,039 | 2,332 | 1,932 |

(**) Parámetros fueron incorporados a partir de monitoreo de junio del 2018, por lo que se cuenta con sólo un dato, lo que no permite estimar los estadísticos.

Fuente: Elaboración Propia

6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este apartado de discusión se comenta el comportamiento de los parámetros ambientales presentados en el capítulo anterior y se ponen en contexto con el medio en que se sitúan.

En primer lugar, es importante reiterar que la medida de inyección se detiene el a partir del 13 de diciembre del 2017, posterior a la fecha en la que fue realizado el muestreo correspondiente al mes de diciembre y que el día 28 de abril de 2018 se retomó la medida de inyección en los puquios N3 y N4. Por otro lado, cabe destacar que parte del período evaluado corresponde al período estival, donde se produce mayor evaporación, lo que agudiza el efecto de la suspensión de la medida de mitigación.

Las mediciones realizadas en los puntos ubicados en los 4 puquios indican que, a modo general, las concentraciones medidas para los iones prioritarios presentan consistencia con la operación de la medida de inyección, aumentando en los meses posteriores a la suspensión de la medida de mitigación, especialmente en los puquios N3 y N4, donde este comportamiento es más pronunciado al igual que lo observado respecto a los niveles de estos 2 puquios. En particular para el mes de junio, se observa una disminución en el valor de los parámetros sodio y cloruro. En los puquios N1 y N2 se observa también un aumento del calcio y magnesio, mientras que en los puquios N3 y N4, el magnesio disminuye.

Con respecto a los nutrientes, las concentraciones medidas en los distintos puntos analizados para el mes de junio están bajo el límite de detección del instrumento, superando estos límites de manera puntual para el fósforo total en el puquio N1. Respecto a los parámetros incorporados en el análisis de este mes, se observa que el nitrógeno orgánico también está bajo el límite de detección.

7 CONCLUSIONES

En el presente informe se da cumplimiento a lo establecido en la letra l) del resuelvo primero de la Res. Ex. N°473/2018 que ordena la renovación de medidas urgentes y transitorias en el proyecto Pampa Hermosa de SQM, presentando los análisis de los monitoreos mensuales de hidroquímica en el sector de los puquios, ubicados en el acuífero del Salar de Llamara.

Las concentraciones observadas indican que, en términos generales se observan un comportamiento consistente entre la estacionalidad, el manejo de la medida de mitigación en los puquios y los valores obtenidos, presentando un aumento en las concentraciones de iones prioritarios, producto de la detención en la inyección de agua y el nivel de los puquios.

Las concentraciones de nutrientes indican que los puquios presentan concentraciones bajas de fósforo, tanto como fósforo total, como de ortofosfato, y de nitrógeno orgánico (con valores inferiores al límite de detección).

8 REFERENCIAS

- Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Pampa Hermosa y sus tres Adendas. Pramar Ambiental. Julio 2008.
- Capítulo 2 “Descripción de Proyecto”, sección 2.1 “Antecedentes generales del proyecto”. EIA Proyecto Pampa Hermosa, Pramar Ambiental.
- Capítulo 5 “Caracterización área de influencia”, sección 5.3.2 “Hidrogeología”. EIA Proyecto Pampa Hermosa, Pramar Ambiental.
- Anexo III.1 de la Adenda I “Área de influencia hidrogeológica de los acuíferos del proyecto”. EIA Proyecto Pampa Hermosa, Pramar Ambiental.
- Anexo III.8 de la Adenda I “Modelo conceptual acuíferos”. EIA Proyecto Pampa Hermosa, Pramar Ambiental.
- Anexo II de la Adenda III del EIA “Diseño Medida de Mitigación”. DICTUC 2010.
- Anexo IV de la Adenda III del EIA “Plan de Alerta Temprana”. EIA Proyecto Pampa Hermosa, Pramar Ambiental.
- Anexo V de la Adenda III del EIA “Plan de Seguimiento Ambiental”. EIA Proyecto Pampa Hermosa, Pramar Ambiental.
- Resolución de Calificación Ambiental (RCA) 890 de fecha 1 de Septiembre de 2010 que califica ambientalmente el proyecto Pampa Hermosa. República de Chile, Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).
- Resolución Exenta 473 de fecha 24 de Abril de 2018 que ordena renovación de medidas urgentes y transitorias. República de Chile, Superintendencia de Medio Ambiente.

ANEXO A
TABLAS QUÍMICA PUQUIOS

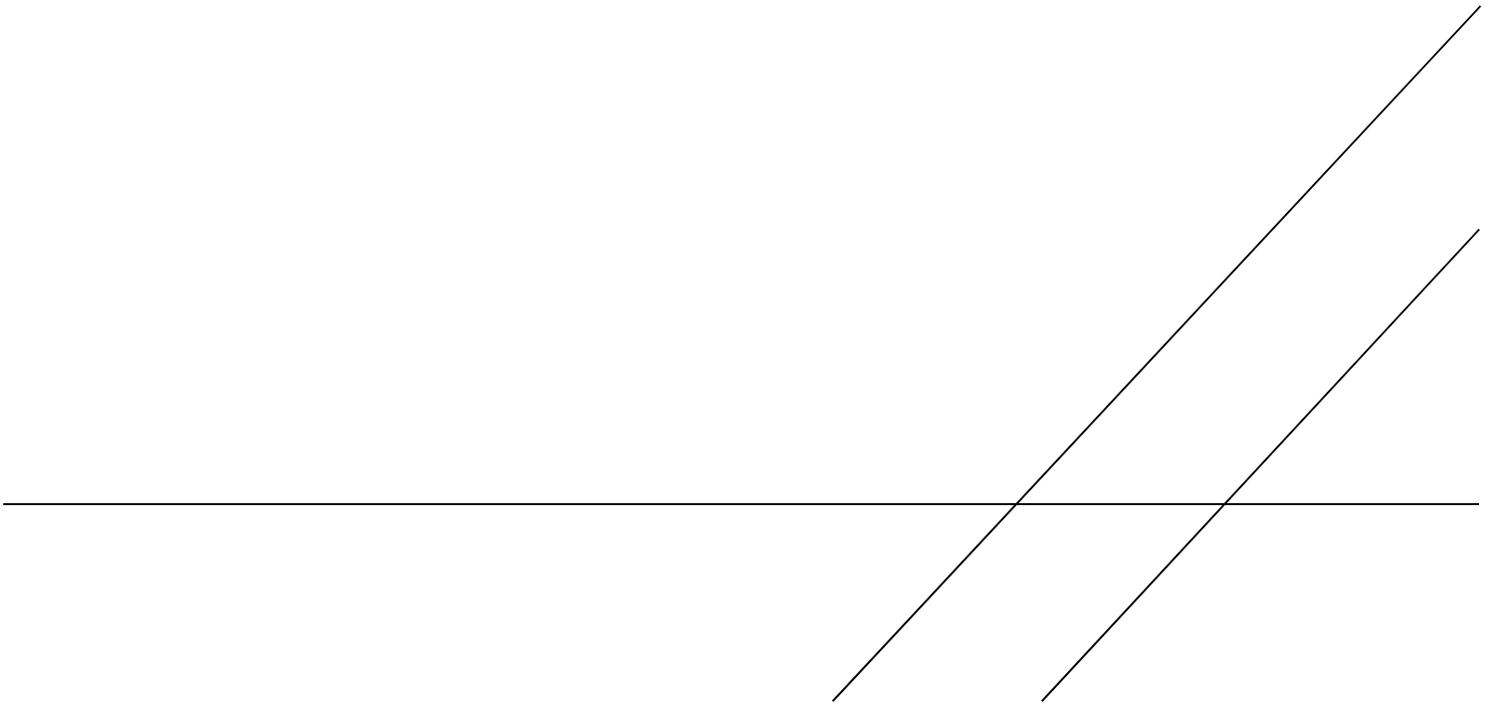


Tabla 1-1: Análisis químicos puquio N1 – Parámetros indicados en Res. Ex. N°473/2018.

| | Calcio disuelto | Cloruro disuelto | Magnesio disuelto | Potasio disuelto | Sodio disuelto | Sulfato disuelto | Nitrógeno orgánico total | Fósforo total | Carbono orgánico total | Ortofosfato |
|--------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|--------------------------|---------------|------------------------|-------------|
| Fecha | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| Dic-17 | 857,87 | 8.890,00 | 127,44 | 190,64 | 6.573,89 | 6.500,00 | | <0,07 | | <0,001 |
| Ene-18 | 689,75 | 7.265,20 | 92,82 | 111,86 | 4.819,59 | 5.475,60 | | <0,07 | | <0,001 |
| Feb-18 | 955,71 | 9.179,00 | 165,72 | 219,01 | 8.109,70 | 6.074,00 | | <0,07 | | 0,015 |
| Mar-18 | 999,90 | 8.557,60 | 150,97 | 234,24 | 7.742,91 | 5.882,40 | | <0,07 | | <0,001 |
| Abr-18 | 933,99 | 7.493,00 | 124,27 | 186,48 | 6.592,49 | 5.070,00 | | <0,07 | | <0,001 |
| May-18 | 764,78 | 7.183,00 | 101,50 | 163,84 | 5.228,13 | 5.311,00 | | <0,07 | | <0,001 |
| Jun-18 | 941,01 | 6678,13 | 134,52 | 171,57 | 5.408,75 | 5.183,81 | <0,7 | 0,24 | 4,936 | <0,001 |

Tabla 1-2: Análisis químicos regleta R3N2 – Parámetros indicados en Res. Ex. N°473/2018.

| | Calcio disuelto | Cloruro disuelto | Magnesio disuelto | Potasio disuelto | Sodio disuelto | Sulfato disuelto | Nitrógeno orgánico total | Fósforo total | Carbono orgánico total | Ortofosfato |
|--------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|--------------------------|---------------|------------------------|-------------|
| Fecha | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| Dic-17 | 600,05 | 57.800,00 | 711,43 | 1.361,33 | 42.809,52 | 28.000,00 | | <0,07 | | <0,001 |
| Ene-18 | 953,52 | 78.398,80 | 918,13 | 1.492,00 | 51.235,10 | 29.914,50 | | <0,07 | | <0,001 |
| Feb-18 | 1.256,25 | 63.682,00 | 1.424,26 | 2.383,88 | 42.486,90 | 27.980,00 | | <0,07 | | 0,01 |
| Mar-18 | 887,31 | 59.399,70 | 879,45 | 1.841,67 | 49.857,44 | 25.708,80 | | <0,07 | | 0,03 |
| Abr-18 | 806,38 | 70.272,00 | 914,27 | 1.755,82 | 59.794,61 | 29.680,00 | | <0,07 | | <0,001 |
| May-18 | 869,70 | 64.841,00 | 946,07 | 1.890,72 | 61.018,34 | 28.583,00 | | <0,07 | | <0,001 |
| Jun-18 | 1.113,45 | 54.207,90 | 1.034,96 | 1.768,14 | 48.147,48 | 25.588,24 | <0,7 | <0,07 | 6,521 | <0,001 |

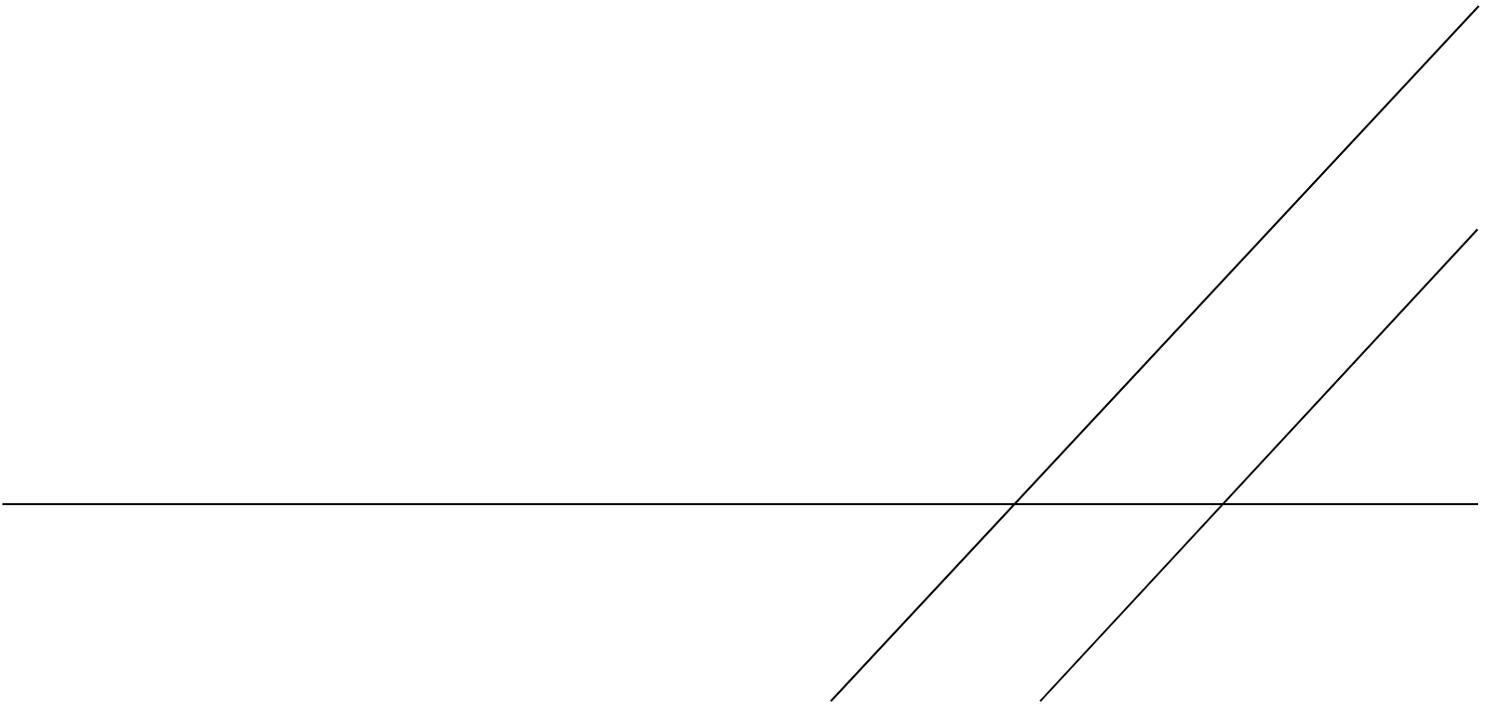
Tabla 1-3: Análisis químicos regleta R4N3 – Parámetros indicados Res. Ex. N°473/2018.

| | Calcio disuelto | Cloruro disuelto | Magnesio disuelto | Potasio disuelto | Sodio disuelto | Sulfato disuelto | Nitrógeno orgánico total | Fósforo total | Carbono orgánico total | Ortofosfato |
|--------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|--------------------------|---------------|------------------------|-------------|
| Fecha | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| Dic-17 | 786,82 | 14.100 | 413,53 | 597,42 | 11.214,63 | 12.200 | | <0,07 | | <0,001 |
| Ene-18 | 695,62 | 35.982,50 | 1.152,81 | 1.546,11 | 23.031,32 | 25.903,90 | | <0,07 | | <0,001 |
| Feb-18 | 763,68 | 71.927,00 | 3.099,66 | 4.648,54 | 60.851,36 | 52.539,00 | | <0,07 | | <0,001 |
| Mar-18 | 452,78 | 72.449,90 | 3.664,14 | 7.295,72 | 58.301,30 | 55.081,50 | | <0,07 | | 0,02 |
| Abr-18 | 581,30 | 90.099,00 | 3.577,11 | 4.154,52 | 70.598,14 | 55.656,00 | | <0,07 | | <0,001 |
| May-18 | 611,75 | 61.260,00 | 2502,60 | 5.468,99 | 30.506,55 | 47.377,00 | | <0,07 | | <0,001 |
| Jun-18 | 960,61 | 36.643,00 | 1.261,63 | 1.632,78 | 26.900,51 | 27.781,00 | <0,7 | <0,07 | 63,94 | <0,001 |

Tabla 1-4: Análisis químicos regleta R5N4 – Parámetros indicados en Res. Ex. N°473/2018.

| | Calcio disuelto | Cloruro disuelto | Magnesio disuelto | Potasio disuelto | Sodio disuelto | Sulfato disuelto | Nitrógeno orgánico total | Fósforo total | Carbono orgánico total | Ortofosfato |
|--------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|--------------------------|---------------|------------------------|-------------|
| Fecha | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| Dic-17 | 526,62 | 61.300 | 2.133 | 3.517,54 | 50.201,24 | 51.700 | | <0,07 | | <0,001 |
| Ene-18 | 604,33 | 67.370 | 2.172,20 | 3.109,20 | 49.678,30 | 68.982 | | <0,07 | | <0,001 |
| Feb-18 | 789,27 | 105.689 | 3.428,92 | 6.950,21 | 85.514 | 93.247 | | 3,41 | | 0,006 |
| Mar-18 | 166,19 | 125.988,5 | 6.182,15 | 11.234,32 | 122.442,09 | 97.166 | | <0,07 | | 0,028 |
| Abr-18 | 174,95 | 141.545 | 7.011,43 | 10.928,67 | 130.031,26 | 96.378 | | 0,1 | | <0,001 |
| May-18 | 445,20 | 140.912,00 | 5692,57 | 10.776,71 | 118.389,51 | 58.312,00 | | 0,28 | | 0,11 |
| Jun-18 | 708,54 | 85.640 | 2.904,78 | 5.013,28 | 62.125,74 | 47.882 | <0,7 | <0,07 | 16,71 | <0,001 |

ANEXO B
ANÁLISIS QUÍMICOS DE AGUA EN LOS PUQUIOS



INFORME DE ENSAYO
C000049 (Rev. No3)

ANTECEDENTES CLIENTE

| | |
|------------------|--------------------------------|
| Cliente | SQM Industrial S.A. |
| Unidad | SQM Industrial S.A. |
| Dirección | Anibal Pinto 3228, Antofagasta |
| RUT | 79947100-0 |

IDENTIFICACIÓN DEL ENSAYO

| | |
|----------------------------|---|
| Tipo Muestra | Agua Salina |
| Programa de Control | SQM Industrial S.A. Anual - Pampa Hermosa |
| Norma de Referencia | Sin Norma de referencia. |

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

| | | | | | |
|------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------|-----------|
| Nro Muestra: | 6014339 | Comuna: | Iquique | | |
| Descripción: | SECTOR PUQUIOS DE LLAMARA - LAGUNA N1 | | | | |
| Tipo Muestreo: | M.Manual Puntual | | | | |
| Fecha Muestreo: | 05-06-2018 14:30 | Fecha Recepcion: | 06-06-2018 9:20 | Responsable | ANAM-STGO |
| Proyecto: | Pampa Hermosa | Muestreo: | | | |

OBSERVACIONES

- Acreditado INN LE 111 - LE 112 - LE 651 - LE 652 - LE 773 para ANAM Santiago; Av. Américo Vespucio 451, Quilicura.
- Acreditado INN LE 147 - LE 148 para ANAM sede Puerto Montt; Pte. Ibañez N° 700, Puerto Montt
- Anam es Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA), Código SMA: ANAM Centro N° 011-01 y ANAM Pto. Montt N° 011-02
- El inspector Ambiental responsable del presente informe es Arturo Givovich H. código IA SMA 8.774.704-2 o Soledad Alarcón M. código IA SMA 10.062.114-2 o Jacqueline Pizarro G. código IA SMA 9.152.529-1
- Los resultados informados sólo son válidos para las muestras ensayadas.
- Los datos del presente informe sólo tienen validez en el formato entregado por ANAM. La parte receptora se compromete a mantener la estructura y no modificar los datos o valores.
- Documento firmado electrónicamente de acuerdo al estándar de la Ley 19.799.
- En el portal www.anam.cl, cada cliente puede corroborar la validez de sus informes buscando éste por n° de documento
- ANAM Santiago cumple con los requisitos de la normativa oficial NCh 409/2 y Manual SISS, para el muestreo de Agua Potable y serie NCh 411 (partes 1,2,3,4,6,10 y 11) para el muestreo de aguas crudas y aguas residuales, como está especificado en los certificados LE-111 y LE-112 del INN.

RESULTADO DE ENSAYO

| Muestra 6014339 | | | | | |
|--|---|------------------|---------------|----------------------------|----------------------------|
| Análisis/Método | Fecha de ensayo | Resultado | Unidad | Requisito Normativo | Límite de Detección |
| Alcalinidad Parcial (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 07-06-2018 12:17 | <1 | mg CaCo3/L | --- | 1 |
| Alcalinidad Total (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 07-06-2018 12:19 | 102 | mg/L | --- | 1 |
| Arsénico disuelto (As) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 18-06-2018 15:31 | 1,08 | mg/L | --- | 0,01 |
| Arsénico total (As) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 04-07-2018 16:15 | 1,08 | mg/L | --- | 0,01 |
| Bicarbonato (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 11-06-2018 15:04 | 102 | mg CaCo3/L | --- | 1 |
| Bicarbonato (HCO₃-) Subcontratado DICTUC S.A (ETFA) | Inicio 08-06-2018 0:00 Fin 25-06-2018 16:57 | 134 | mg/L | --- | 5 |
| Boro disuelto (B) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 9,398 | mg/L | --- | 0,021 |
| Boro total (B) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 9,707 | mg/L | --- | 0,021 |
| Calcio disuelto (Ca) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 941,009 | mg/L | --- | 0,209 |
| Calcio total (Ca) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 963 | mg/L | --- | 0,209 |
| Carbonatos (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 11-06-2018 15:05 | <1 | mg CaCo3/L | --- | 1 |
| Carbonatos (CO₃=) Subcontratado DICTUC S.A (ETFA) | Inicio 08-06-2018 0:00 Fin 25-06-2018 16:57 | <5 | mg/L | --- | 5 |
| Carbono Orgánico total (COT) SM 5310B Ed.22, 2012 | Inicio 28-06-2018 17:23 Fin 29-06-2018 10:23 | 4,936 | mg/L | --- | 0,429 |
| Clorofila a SM 10200-H2c | Inicio 06-06-2018 12:45 Fin 11-06-2018 18:01 | 2,99 | ug/L | --- | 0,02 |
| Cloruro SM 4110 B (2012) | Inicio 12-06-2018 10:34 Fin 13-06-2018 10:34 | 6678,133 | mg/L | --- | 0,101 |
| Conductividad eléctrica MLM 000003 | Inicio 05-06-2018 14:30 Fin 05-06-2018 14:30 | 22767 | uS/cm | --- | - |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno SM 5210 B | Inicio 06-06-2018 9:00 Fin 11-06-2018 16:36 | 6 | mg/L | --- | 1 |

Muestra 6014339

| Análisis/Método | Fecha de ensayo | Resultado | Unidad | Requisito Normativo | Límite de Detección |
|---|---|-------------------|--------------|---------------------|---------------------|
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) SM 5220 D | Inicio 06-06-2018 11:07 Fin 06-06-2018 15:36 | 112,00 | mg/L | --- | 6 |
| Dureza total (Ca CO3) SM 2340 B | Inicio 14-06-2018 0:00 Fin 15-06-2018 9:32 | 2969,00 | mg/L | --- | 2,76 |
| Estroncio total (Sr)* SM 3120 B (2012) | Inicio 15-06-2018 16:20 Fin 18-06-2018 8:42 | 7,550 | mg/L | --- | 0,028 |
| Fluoruro (F-)* SM 4500-F C | Inicio 07-06-2018 14:40 Fin 11-06-2018 15:04 | 3,820 | mg/L | --- | 0,04 |
| Fosfato (PO4-) SM 4500-P E (2012) | Inicio 08-06-2018 9:23 Fin 28-06-2018 17:24 | <0,001 | mg/L | --- | 0,001 |
| Fósforo (P) SM 4500-P E (2012) | Inicio 11-06-2018 10:00 Fin 28-06-2018 17:27 | <0,0004 | mg/L | --- | 0,0004 |
| Fósforo total (P)* SM 3120 B (2012) | Inicio 28-06-2018 16:40 Fin 04-07-2018 16:15 | 0,24 | mg/L | --- | 0,07 |
| Magnesio disuelto (Mg) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 134,52 | mg/L | --- | 0,35 |
| Magnesio total (Mg) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 137,0 | mg/L | --- | 0,35 |
| Nitrato (N-NO3-) MQI 0000030 | Inicio 12-06-2018 13:00 Fin 15-06-2018 9:08 | <0,046 | mg/L | --- | - |
| Nitrato (N-NO2-) MQI 0000030 | Inicio 12-06-2018 13:00 Fin 15-06-2018 9:08 | <0,009 | mg/L | --- | - |
| Nitrógeno amoniacal (NH4+) SM_4500 D (2012) | Inicio 11-06-2018 15:23 Fin 19-06-2018 15:24 | <0,02 | mg/L | --- | 0,02 |
| Nitrógeno orgánico Cálculo | Inicio Fin 28-06-2018 14:38 | <0,7 | mg/L | --- | 0,7 |
| NKT SM 4500-NH3 G | Inicio 08-06-2018 15:18 Fin 19-06-2018 15:20 | <0,010 | mg/L | --- | 0,010 |
| Oxígeno disuelto MLM 000007 | Inicio 05-06-2018 14:30 Fin 05-06-2018 14:30 | 6,13 | mg/L | --- | - |
| pH ME-029-2007 | Inicio 05-06-2018 14:30 Fin 05-06-2018 14:30 | 8,00 | Unidad de pH | --- | - |
| Potasio disuelto (K) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 171,568 | mg/L | --- | 0,054 |
| Potasio total (K) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 180,403 | mg/L | --- | 0,054 |

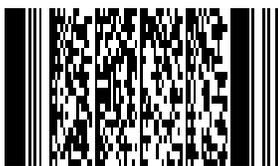
Muestra 6014339

| Análisis/Método | Fecha de ensayo | Resultado | Unidad | Requisito Normativo | Límite de Detección |
|--|---|------------------|--------|---------------------|---------------------|
| RAS SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 18-06-2018 8:42 | 46,99 | - | --- | - |
| Salinidad* SM 2510 B | Inicio 14-06-2018 14:45 Fin 29-06-2018 14:42 | 12 | g/Kg | --- | - |
| Silicio total (Si) SM 3120 B (2012) | Inicio 28-06-2018 16:40 Fin 29-06-2018 9:20 | 50,91 | mg/L | --- | 0,06 |
| Sodio disuelto (Na) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 5408,746 | mg/L | --- | 0,175 |
| Sodio total (Na) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 5920,268 | mg/L | --- | 0,175 |
| Sólidos Disueltos totales SM 2540 C | Inicio 11-06-2018 14:25 Fin 29-06-2018 14:23 | 16510 | mg/L | --- | 7 |
| Sulfato SM 4110 B (2012) | Inicio 12-06-2018 10:34 Fin 13-06-2018 10:34 | 5183,805 | mg/L | --- | 0,112 |
| Sulfuro total SM 4500-S2-D | Inicio 08-06-2018 12:49 Fin 28-06-2018 12:52 | <0,003 | mg/L | --- | - |
| Temperatura SM 2550 B | Inicio 05-06-2018 14:30 Fin 05-06-2018 14:30 | 21,6 | °C | --- | - |

(*) Fuera del alcance de la acreditación

Los resultados de los análisis reportados en el presente informe corresponden a ANAM Santiago con excepción de los siguientes:

- S1: Análisis realizado en Laboratorio ANAM sede Puerto Montt.



Signature Not Verified

Digitally signed by Soledad Cristina Alarcón Muñoz
Date: 2018.07.04 20:43:16 CLT
Reason: Firma Electrónica ANAM
Location: ANAM



Gerente de Operaciones
Soledad Alarcón M.
Código IA SMA 10.062.114-2

RESULTADO DE ENSAYO

| Muestra 6014340 | | | | | |
|---|---|------------------|---------------|----------------------------|----------------------------|
| Análisis/Método | Fecha de ensayo | Resultado | Unidad | Requisito Normativo | Límite de Detección |
| Alcalinidad Parcial (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 07-06-2018 12:17 | <1 | mg CaCo3/L | --- | 1 |
| Alcalinidad Total (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 07-06-2018 12:19 | 219 | mg/L | --- | 1 |
| Arsénico disuelto (As) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 18-06-2018 15:33 | 11,08 | mg/L | --- | 0,01 |
| Arsénico total (As) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 18-06-2018 15:32 | 11,42 | mg/L | --- | 0,01 |
| Balance iónico Cálculo | Inicio 04-07-2018 11:14 Fin 04-07-2018 11:12 | 5,42 | % | --- | - |
| Bicarbonato (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 11-06-2018 15:05 | 219 | mg CaCo3/L | --- | 1 |
| Bicarbonato (HCO₃⁻) Subcontratado DICTUC S.A (ETFA) | Inicio 08-06-2018 0:00 Fin 25-06-2018 17:01 | 316 | mg/L | --- | 5 |
| Boro disuelto (B) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 63,394 | mg/L | --- | 0,021 |
| Boro total (B) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 63,747 | mg/L | --- | 0,021 |
| Calcio disuelto (Ca) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 1113,447 | mg/L | --- | 0,209 |
| Calcio total (Ca) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 1126 | mg/L | --- | 0,209 |
| Carbonatos (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 11-06-2018 15:05 | <1 | mg CaCo3/L | --- | 1 |
| Carbonatos (CO₃⁼) Subcontratado DICTUC S.A (ETFA) | Inicio 08-06-2018 0:00 Fin 25-06-2018 17:01 | <5 | mg/L | --- | 5 |
| Carbono Orgánico total (COT) SM 5310B Ed.22, 2012 | Inicio 28-06-2018 17:23 Fin 29-06-2018 10:23 | 6,521 | mg/L | --- | 0,429 |
| Clorofila a SM 10200-H2c | Inicio 06-06-2018 12:45 Fin 11-06-2018 18:01 | 0,14 | ug/L | --- | 0,02 |
| Cloruro SM 4110 B (2012) | Inicio 12-06-2018 10:35 Fin 13-06-2018 10:35 | 54207,900 | mg/L | --- | 0,101 |
| Conductividad eléctrica MLM 000003 | Inicio 05-06-2018 14:42 Fin 05-06-2018 14:42 | 125846 | uS/cm | --- | - |

Muestra 6014340

| Análisis/Método | Fecha de ensayo | Resultado | Unidad | Requisito Normativo | Límite de Detección |
|--|---|-----------|--------|---------------------|---------------------|
| Demanda Bloquímica de Oxígeno SM 5210 B | Inicio 06-06-2018 9:00 Fin 11-06-2018 16:36 | 15 | mg/L | --- | 1 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) SM 5220 D | Inicio 06-06-2018 11:07 Fin 06-06-2018 15:36 | 860,00 | mg/L | --- | 6 |
| Dureza total (Ca CO3) SM 2340 B | Inicio 14-06-2018 0:00 Fin 15-06-2018 9:32 | 7271,00 | mg/L | --- | 2,76 |
| Estroncio total (Sr)* SM 3120 B (2012) | Inicio 15-06-2018 16:20 Fin 18-06-2018 8:42 | 27,000 | mg/L | --- | 0,028 |
| Fluoruro (F-)* SM 4500-F C | Inicio 07-06-2018 14:40 Fin 11-06-2018 15:04 | 9,940 | mg/L | --- | 0,04 |
| Fosfato (PO4-) SM 4500-P E (2012) | Inicio 08-06-2018 9:23 Fin 28-06-2018 17:24 | <0,001 | mg/L | --- | 0,001 |
| Fósforo (P) SM 4500-P E (2012) | Inicio 11-06-2018 10:00 Fin 28-06-2018 17:27 | <0,0004 | mg/L | --- | 0,0004 |
| Fósforo total (P)* SM 3120 B (2012) | Inicio 15-06-2018 15:50 Fin 18-06-2018 15:32 | <0,07 | mg/L | --- | 0,07 |
| Magnesio disuelto (Mg) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 1034,96 | mg/L | --- | 0,35 |
| Magnesio total (Mg) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 1083,0 | mg/L | --- | 0,35 |
| Nitrato (N-NO3-) MQI 0000030 | Inicio 12-06-2018 13:00 Fin 15-06-2018 9:37 | <0,046 | mg/L | --- | - |
| Nitrato (NO3-) MQI 0000030 | Inicio 12-06-2018 13:00 Fin 15-06-2018 9:37 | <0,023 | mg/L | --- | 0,023 |
| Nitrito (N-NO2-) MQI 0000030 | Inicio 12-06-2018 13:00 Fin 15-06-2018 9:37 | <0,009 | mg/L | --- | - |
| Nitrito (NO2-) MQI 0000030 | Inicio 12-06-2018 13:00 Fin 15-06-2018 9:37 | <0,023 | mg/L | --- | 0,023 |
| Nitrógeno amoniacal (NH4+) SM_4500 D (2012) | Inicio 11-06-2018 15:23 Fin 19-06-2018 15:24 | <0,02 | mg/L | --- | 0,02 |
| Nitrógeno orgánico Cálculo | Inicio Fin 28-06-2018 14:38 | <0,7 | mg/L | --- | 0,7 |
| NKT SM 4500-NH3 G | Inicio 08-06-2018 15:18 Fin 19-06-2018 15:20 | <0,010 | mg/L | --- | 0,010 |
| Oxígeno disuelto MLM 000007 | Inicio 05-06-2018 14:42 Fin 05-06-2018 14:42 | 3,34 | mg/L | --- | - |

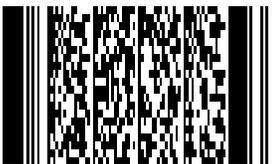
Muestra 6014340

| Análisis/Método | Fecha de ensayo | Resultado | Unidad | Requisito Normativo | Límite de Detección |
|--|---|-----------|--------------|---------------------|---------------------|
| pH ME-029-2007 | Inicio 05-06-2018 14:42 Fin 05-06-2018 14:42 | 7,62 | Unidad de pH | --- | - |
| Potasio disuelto (K) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 1768,141 | mg/L | --- | 0,054 |
| Potasio total (K) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 1849,485 | mg/L | --- | 0,054 |
| RAS SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 12:27 | 243,22 | - | --- | - |
| Salinidad* SM 2510 B | Inicio 14-06-2018 14:45 Fin 29-06-2018 14:43 | 67 | g/Kg | --- | - |
| Silicio total (Si) SM 3120 B (2012) | Inicio 15-06-2018 15:50 Fin 18-06-2018 8:58 | 50,87 | mg/L | --- | 0,06 |
| Sodio disuelto (Na) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 48147,475 | mg/L | --- | 0,175 |
| Sodio total (Na) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 48514,996 | mg/L | --- | 0,175 |
| Sólidos Disueltos totales SM 2540 C | Inicio 11-06-2018 14:25 Fin 29-06-2018 14:25 | 111500 | mg/L | --- | 7 |
| Sulfato SM 4110 B (2012) | Inicio 12-06-2018 10:35 Fin 13-06-2018 10:35 | 25588,240 | mg/L | --- | 0,112 |
| Sulfuro total SM 4500-S2-D | Inicio 08-06-2018 12:49 Fin 28-06-2018 12:52 | <0,003 | mg/L | --- | - |
| Temperatura SM 2550 B | Inicio 05-06-2018 14:42 Fin 05-06-2018 14:42 | 21,6 | ° C | --- | - |

(*) Fuera del alcance de la acreditación

Los resultados de los análisis reportados en el presente informe corresponden a ANAM Santiago con excepción de los siguientes:

- S1: Análisis realizado en Laboratorio ANAM sede Puerto Montt.



Signature Not Verified

Digitally signed by Soledad Cristina Alarcón Muñoz
Date: 2018.07.04 20:43:22 CLT
Reason: Firma Electrónica ANAM
Location: ANAM



Gerente de Operaciones
Soledad Alarcón M.
Código IA SMA 10.062.114-2

INFORME DE ENSAYO
C000049 (Rev. No3)

ANTECEDENTES CLIENTE

Cliente SQM Industrial S.A.
Unidad SQM Industrial S.A.
Dirección Anibal Pinto 3228, Antofagasta
RUT 79947100-0

IDENTIFICACIÓN DEL ENSAYO

Tipo Muestra Agua Salina
Programa de Control SQM Industrial S.A. Anual - Pampa Hermosa
Norma de Referencia Sin Norma de referencia.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nro Muestra: 6014341 **Comuna:** Iquique
Descripción: SECTOR PUQUIOS DE LLAMARA - LAGUNA R4N3
Tipo Muestreo: M.Manual Puntual
Fecha Muestreo: 05-06-2018 13:25 **Fecha Recepcion:** 06-06-2018 9:20 **Responsable Muestreo:** ANAM-STGO
Proyecto: Pampa Hermosa

OBSERVACIONES

- Acreditado INN LE 111 - LE 112 - LE 651 - LE 652 - LE 773 para ANAM Santiago; Av. Américo Vespucio 451, Quilicura.
- Acreditado INN LE 147 - LE 148 para ANAM sede Puerto Montt; Pte. Ibañez N° 700, Puerto Montt
- Anam es Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA), Código SMA: ANAM Centro N° 011-01 y ANAM Pto. Montt N° 011-02
- El inspector Ambiental responsable del presente informe es Arturo Givovich H. código IA SMA 8.774.704-2 o Soledad Alarcón M. código IA SMA 10.062.114-2 o Jacqueline Pizarro G. código IA SMA 9.152.529-1
- Los resultados informados sólo son válidos para las muestras ensayadas.
- Los datos del presente informe sólo tienen validez en el formato entregado por ANAM. La parte receptora se compromete a mantener la estructura y no modificar los datos o valores.
- Documento firmado electrónicamente de acuerdo al estándar de la Ley 19.799.
- En el portal www.anam.cl, cada cliente puede corroborar la validez de sus informes buscando éste por n° de documento
- ANAM Santiago cumple con los requisitos de la normativa oficial NCh 409/2 y Manual SISS, para el muestreo de Agua Potable y serie NCh 411 (partes 1,2,3,4,6,10 y 11) para el muestreo de aguas crudas y aguas residuales, como está especificado en los certificados LE-111 y LE-112 del INN.

RESULTADO DE ENSAYO

| Muestra 6014341 | | | | | |
|--|---|------------------|---------------|----------------------------|----------------------------|
| Análisis/Método | Fecha de ensayo | Resultado | Unidad | Requisito Normativo | Límite de Detección |
| Alcalinidad Parcial (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 07-06-2018 12:17 | <1 | mg CaCo3/L | --- | 1 |
| Alcalinidad Total (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 07-06-2018 12:19 | 532 | mg/L | --- | 1 |
| Arsénico disuelto (As) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 18-06-2018 15:35 | 11,12 | mg/L | --- | 0,01 |
| Arsénico total (As) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 18-06-2018 15:34 | 12,32 | mg/L | --- | 0,01 |
| Balance iónico Cálculo | Inicio 04-07-2018 17:28 Fin 04-07-2018 17:28 | 1,15 | % | --- | - |
| Bicarbonato (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 11-06-2018 15:06 | 532 | mg CaCo3/L | --- | 1 |
| Bicarbonato (HCO₃-) Subcontratado DICTUC S.A (ETFA) | Inicio 08-06-2018 0:00 Fin 25-06-2018 16:58 | 706 | mg/L | --- | 5 |
| Boro disuelto (B) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 83,819 | mg/L | --- | 0,021 |
| Boro total (B) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 96,302 | mg/L | --- | 0,021 |
| Calcio disuelto (Ca) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 960,611 | mg/L | --- | 0,209 |
| Calcio total (Ca) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 1107 | mg/L | --- | 0,209 |
| Carbonatos (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 11-06-2018 15:06 | <1 | mg CaCo3/L | --- | 1 |
| Carbonatos (CO₃=) Subcontratado DICTUC S.A (ETFA) | Inicio 08-06-2018 0:00 Fin 25-06-2018 16:58 | 21 | mg/L | --- | 5 |
| Carbono Orgánico total (COT) SM 5310B Ed.22, 2012 | Inicio 28-06-2018 17:23 Fin 29-06-2018 10:24 | 63,935 | mg/L | --- | 0,429 |
| Clorofila a SM 10200-H2c | Inicio 06-06-2018 12:45 Fin 11-06-2018 18:01 | 0,30 | ug/L | --- | 0,02 |
| Cloruro SM 4110 B (2012) | Inicio 12-06-2018 10:36 Fin 13-06-2018 10:36 | 36643,000 | mg/L | --- | 0,101 |
| Conductividad eléctrica MLM 000003 | Inicio 05-06-2018 13:25 Fin 05-06-2018 13:25 | 132297 | uS/cm | --- | - |

Muestra 6014341

| Análisis/Método | Fecha de ensayo | Resultado | Unidad | Requisito Normativo | Límite de Detección |
|---|---|-------------------|--------|---------------------|---------------------|
| Demanda Bloquímica de Oxígeno SM 5210 B | Inicio 06-06-2018 9:00 Fin 11-06-2018 16:36 | 33 | mg/L | --- | 1 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) SM 5220 D | Inicio 06-06-2018 11:07 Fin 06-06-2018 15:36 | 500,00 | mg/L | --- | 6 |
| Dureza total (Ca CO3) SM 2340 B | Inicio 14-06-2018 0:00 Fin 15-06-2018 9:32 | 8863,00 | mg/L | --- | 2,76 |
| Estroncio total (Sr)* SM 3120 B (2012) | Inicio 15-06-2018 16:20 Fin 18-06-2018 8:44 | 32,400 | mg/L | --- | 0,028 |
| Fluoruro (F-)* SM 4500-F C | Inicio 07-06-2018 14:40 Fin 11-06-2018 15:04 | 5,570 | mg/L | --- | 0,04 |
| Fosfato (PO4-) SM 4500-P E (2012) | Inicio 08-06-2018 9:23 Fin 28-06-2018 17:24 | <0,001 | mg/L | --- | 0,001 |
| Fósforo (P) SM 4500-P E (2012) | Inicio 11-06-2018 10:00 Fin 28-06-2018 17:27 | <0,0004 | mg/L | --- | 0,0004 |
| Fósforo (P) SM 4500-P E (2012) | Inicio 11-06-2018 10:00 Fin 28-06-2018 17:27 | <0,0004 | mg/L | --- | 0,0004 |
| Fósforo total (P)* SM 3120 B (2012) | Inicio 15-06-2018 15:50 Fin 18-06-2018 15:34 | <0,07 | mg/L | --- | 0,07 |
| Magnesio disuelto (Mg) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 1261,63 | mg/L | --- | 0,35 |
| Magnesio total (Mg) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 1481,0 | mg/L | --- | 0,35 |
| Nitrato (N-NO3-) MQI 0000030 | Inicio 12-06-2018 13:00 Fin 15-06-2018 9:20 | <0,046 | mg/L | --- | - |
| Nitrato (NO3-) MQI 0000030 | Inicio 12-06-2018 13:00 Fin 15-06-2018 9:20 | <0,023 | mg/L | --- | 0,023 |
| Nítrito (N-NO2-) MQI 0000030 | Inicio 12-06-2018 13:00 Fin 15-06-2018 9:20 | <0,009 | mg/L | --- | - |
| Nítrito (NO2-) MQI 0000030 | Inicio 12-06-2018 13:00 Fin 15-06-2018 9:20 | <0,023 | mg/L | --- | 0,023 |
| Nitrógeno amoniacal (NH4+) SM_4500 D (2012) | Inicio 11-06-2018 15:23 Fin 19-06-2018 15:24 | 0,18 | mg/L | --- | 0,02 |
| Nitrógeno orgánico Cálculo | Inicio Fin 28-06-2018 14:39 | <0,7 | mg/L | --- | 0,7 |
| NKT SM 4500-NH3 G | Inicio 08-06-2018 15:18 Fin 19-06-2018 15:20 | 0,152 | mg/L | --- | 0,010 |

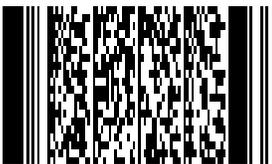
Muestra 6014341

| Análisis/Método | Fecha de ensayo | Resultado | Unidad | Requisito Normativo | Límite de Detección |
|---|---|------------------|--------------|---------------------|---------------------|
| Oxígeno disuelto MLM 000007 | Inicio 05-06-2018 13:25 Fin 05-06-2018 13:25 | 0,92 | mg/L | --- | - |
| pH ME-029-2007 | Inicio 05-06-2018 13:25 Fin 05-06-2018 13:25 | 8,23 | Unidad de pH | --- | - |
| Potasio disuelto (K) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 1632,778 | mg/L | --- | 0,054 |
| Potasio total (K) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 1877,513 | mg/L | --- | 0,054 |
| RAS SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 18-06-2018 8:44 | 149,52 | - | --- | - |
| Salinidad* SM 2510 B | Inicio 14-06-2018 14:45 Fin 29-06-2018 14:43 | 50 | g/Kg | --- | - |
| Silicio total (Si) SM 3120 B (2012) | Inicio 15-06-2018 15:50 Fin 18-06-2018 8:57 | 72,24 | mg/L | --- | 0,06 |
| Sodio disuelto (Na) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 26900,514 | mg/L | --- | 0,175 |
| Sodio total (Na) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 32994,124 | mg/L | --- | 0,175 |
| Sólidos Disueltos totales SM 2540 C | Inicio 11-06-2018 14:25 Fin 29-06-2018 14:25 | 83900 | mg/L | --- | 7 |
| Sulfato SM 4110 B (2012) | Inicio 12-06-2018 10:36 Fin 13-06-2018 10:36 | 27781,000 | mg/L | --- | 0,112 |
| Sulfuro total SM 4500-S2-D | Inicio 08-06-2018 12:49 Fin 28-06-2018 12:52 | <0,003 | mg/L | --- | - |
| Temperatura SM 2550 B | Inicio 05-06-2018 13:25 Fin 05-06-2018 13:25 | 28,0 | ° C | --- | - |

(*) Fuera del alcance de la acreditación

Los resultados de los análisis reportados en el presente informe corresponden a ANAM Santiago con excepción de los siguientes:

- S1: Análisis realizado en Laboratorio ANAM sede Puerto Montt.



Signature Not Verified

Digitally signed by Soledad Cristina Alarcón Muñoz
Date: 2018.07.04 20:43:28 CLT
Reason: Firma Electrónica ANAM
Location: ANAM

Gerente de Operaciones
Soledad Alarcón M.
Código IA SMA 10.062.114-2

INFORME DE ENSAYO

C000049 (Rev. No3)

ANTECEDENTES CLIENTE

| | |
|------------------|--------------------------------|
| Cliente | SQM Industrial S.A. |
| Unidad | SQM Industrial S.A. |
| Dirección | Anibal Pinto 3228, Antofagasta |
| RUT | 79947100-0 |

IDENTIFICACIÓN DEL ENSAYO

| | |
|----------------------------|---|
| Tipo Muestra | Agua Salina |
| Programa de Control | SQM Industrial S.A. Anual - Pampa Hermosa |
| Norma de Referencia | Sin Norma de referencia. |

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

| | | | | | |
|------------------------|---|-------------------------|-----------------|------------------------------|-----------|
| Nro Muestra: | 6014342 | Comuna: | Iquique | | |
| Descripción: | SECTOR PUQUIOS DE LLAMARA - LAGUNA R5N4 | | | | |
| Tipo Muestreo: | M.Manual Puntual | | | | |
| Fecha Muestreo: | 05-06-2018 12:55 | Fecha Recepcion: | 06-06-2018 9:20 | Responsable Muestreo: | ANAM-STGO |
| Proyecto: | Pampa Hermosa | | | | |

OBSERVACIONES

- Acreditado INN LE 111 - LE 112 - LE 651 - LE 652 - LE 773 para ANAM Santiago; Av. Américo Vespucio 451, Quilicura.
- Acreditado INN LE 147 - LE 148 para ANAM sede Puerto Montt; Pte. Ibañez N° 700, Puerto Montt
- Anam es Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA), Código SMA: ANAM Centro N° 011-01 y ANAM Pto. Montt N° 011-02
- El inspector Ambiental responsable del presente informe es Arturo Givovich H. código IA SMA 8.774.704-2 o Soledad Alarcón M. código IA SMA 10.062.114-2 o Jacqueline Pizarro G. código IA SMA 9.152.529-1
- Los resultados informados sólo son válidos para las muestras ensayadas.
- Los datos del presente informe sólo tienen validez en el formato entregado por ANAM. La parte receptora se compromete a mantener la estructura y no modificar los datos o valores.
- Documento firmado electrónicamente de acuerdo al estándar de la Ley 19.799.
- En el portal www.anam.cl, cada cliente puede corroborar la validez de sus informes buscando éste por n° de documento
- ANAM Santiago cumple con los requisitos de la normativa oficial NCh 409/2 y Manual SISS, para el muestreo de Agua Potable y serie NCh 411 (partes 1,2,3,4,6,10 y 11) para el muestreo de aguas crudas y aguas residuales, como está especificado en los certificados LE-111 y LE-112 del INN.

RESULTADO DE ENSAYO

| Muestra 6014342 | | | | | |
|---|---|------------------|------------|---------------------|---------------------|
| Análisis/Método | Fecha de ensayo | Resultado | Unidad | Requisito Normativo | Limite de Detección |
| Alcalinidad Parcial (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 07-06-2018 12:17 | <1 | mg CaCo3/L | --- | 1 |
| Alcalinidad Total (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 07-06-2018 12:19 | 579 | mg/L | --- | 1 |
| Arsénico disuelto (As) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 18-06-2018 15:38 | 38,20 | mg/L | --- | 0,01 |
| Arsénico total (As) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 18-06-2018 15:36 | 44,65 | mg/L | --- | 0,01 |
| Balance iónico Cálculo | Inicio 04-07-2018 18:29 Fin 04-07-2018 18:28 | 1,00 | % | --- | - |
| Bicarbonato (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 11-06-2018 15:06 | 579 | mg CaCo3/L | --- | 1 |
| Bicarbonato (HCO₃⁻) Subcontratado DICTUC S.A (ETFA) | Inicio 08-06-2018 0:00 Fin 25-06-2018 16:59 | <5 | mg/L | --- | 5 |
| Boro disuelto (B) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 157,346 | mg/L | --- | 0,021 |
| Boro total (B) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 189,491 | mg/L | --- | 0,021 |
| Calcio disuelto (Ca) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 708,544 | mg/L | --- | 0,209 |
| Calcio total (Ca) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 837 | mg/L | --- | 0,209 |
| Carbonatos (CaCO₃) SM 2320 B | Inicio 06-06-2018 19:04 Fin 11-06-2018 15:06 | <1 | mg CaCo3/L | --- | 1 |
| Carbonatos (CO₃⁼) Subcontratado DICTUC S.A (ETFA) | Inicio 08-06-2018 0:00 Fin 25-06-2018 16:59 | 864 | mg/L | --- | 5 |
| Carbono Orgánico total (COT) SM 5310B Ed.22, 2012 | Inicio 28-06-2018 17:23 Fin 29-06-2018 10:24 | 16,714 | mg/L | --- | 0,429 |
| Clorofila a SM 10200-H2c | Inicio 06-06-2018 12:45 Fin 11-06-2018 18:01 | <0,02 | ug/L | --- | 0,02 |
| Cloruro SM 4110 B (2012) | Inicio 12-06-2018 10:36 Fin 13-06-2018 10:36 | 85640,000 | mg/L | --- | 0,101 |
| Conductividad eléctrica MLM 000003 | Inicio 05-06-2018 12:55 Fin 05-06-2018 12:55 | 176832 | uS/cm | --- | - |

Muestra 6014342

| Análisis/Método | Fecha de ensayo | Resultado | Unidad | Requisito Normativo | Límite de Detección |
|--|---|-----------|--------|---------------------|---------------------|
| Demanda Bloquímica de Oxígeno SM 5210 B | Inicio 06-06-2018 9:00 Fin 11-06-2018 16:36 | 15 | mg/L | --- | 1 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) SM 5220 D | Inicio 06-06-2018 11:07 Fin 06-06-2018 15:36 | 1380,00 | mg/L | --- | 6 |
| Dureza total (Ca CO3) SM 2340 B | Inicio 14-06-2018 0:00 Fin 15-06-2018 9:32 | 16169,00 | mg/L | --- | 2,76 |
| Estroncio total (Sr)* SM 3120 B (2012) | Inicio 15-06-2018 16:20 Fin 18-06-2018 8:45 | 27,100 | mg/L | --- | 0,028 |
| Fluoruro (F-)* SM 4500-F C | Inicio 07-06-2018 14:40 Fin 11-06-2018 15:04 | 1,350 | mg/L | --- | 0,04 |
| Fosfato (PO4-) SM 4500-P E (2012) | Inicio 08-06-2018 9:23 Fin 28-06-2018 17:24 | <0,001 | mg/L | --- | 0,001 |
| Fósforo (P) SM 4500-P E (2012) | Inicio 11-06-2018 10:00 Fin 28-06-2018 17:27 | <0,0004 | mg/L | --- | 0,0004 |
| Fósforo total (P)* SM 3120 B (2012) | Inicio 15-06-2018 15:50 Fin 18-06-2018 15:37 | <0,07 | mg/L | --- | 0,07 |
| Magnesio disuelto (Mg) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 2904,78 | mg/L | --- | 0,35 |
| Magnesio total (Mg) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 3419,0 | mg/L | --- | 0,35 |
| Nitrato (N-NO3-) MQI 0000030 | Inicio 12-06-2018 13:00 Fin 15-06-2018 9:26 | 1,619 | mg/L | --- | - |
| Nitrato (NO3-) MQI 0000030 | Inicio 12-06-2018 13:00 Fin 15-06-2018 9:26 | 7,170 | mg/L | --- | 0,023 |
| Nitrito (N-NO2-) MQI 0000030 | Inicio 12-06-2018 13:00 Fin 15-06-2018 9:26 | <0,009 | mg/L | --- | - |
| Nitrito (NO2-) MQI 0000030 | Inicio 12-06-2018 13:00 Fin 15-06-2018 9:26 | <0,023 | mg/L | --- | 0,023 |
| Nitrógeno amoniacal (NH4+) SM_4500 D (2012) | Inicio 11-06-2018 15:23 Fin 19-06-2018 15:24 | <0,02 | mg/L | --- | 0,02 |
| Nitrógeno orgánico Cálculo | Inicio Fin 28-06-2018 14:39 | <0,7 | mg/L | --- | 0,7 |
| NKT SM 4500-NH3 G | Inicio 08-06-2018 15:18 Fin 19-06-2018 15:20 | <0,010 | mg/L | --- | 0,010 |
| Oxígeno disuelto MLM 000007 | Inicio 05-06-2018 12:55 Fin 05-06-2018 12:55 | 0,28 | mg/L | --- | - |

Muestra 6014342

| Análisis/Método | Fecha de ensayo | Resultado | Unidad | Requisito Normativo | Límite de Detección |
|--|---|-----------|--------------|---------------------|---------------------|
| pH ME-029-2007 | Inicio 05-06-2018 12:55 Fin 05-06-2018 12:55 | 8,01 | Unidad de pH | --- | - |
| Potasio disuelto (K) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 5013,281 | mg/L | --- | 0,054 |
| Potasio total (K) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 6017,091 | mg/L | --- | 0,054 |
| RAS SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 18-06-2018 8:45 | 221,01 | - | --- | - |
| Salinidad* SM 2510 B | Inicio 14-06-2018 14:45 Fin 29-06-2018 14:44 | 83 | g/Kg | --- | - |
| Silicio total (Si) SM 3120 B (2012) | Inicio 15-06-2018 15:50 Fin 18-06-2018 8:55 | 40,31 | mg/L | --- | 0,06 |
| Sodio disuelto (Na) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 62125,739 | mg/L | --- | 0,175 |
| Sodio total (Na) SM 3120 B (2012) | Inicio 14-06-2018 10:20 Fin 15-06-2018 9:32 | 66198,216 | mg/L | --- | 0,175 |
| Sólidos Disueltos totales SM 2540 C | Inicio 11-06-2018 14:25 Fin 29-06-2018 14:25 | 162800 | mg/L | --- | 7 |
| Sulfato SM 4110 B (2012) | Inicio 12-06-2018 10:36 Fin 13-06-2018 10:36 | 47882,000 | mg/L | --- | 0,112 |
| Sulfuro total SM 4500-S2-D | Inicio 08-06-2018 12:49 Fin 28-06-2018 12:52 | <0,003 | mg/L | --- | - |
| Temperatura SM 2550 B | Inicio 05-06-2018 12:55 Fin 05-06-2018 12:55 | 22,1 | ° C | --- | - |

(*) Fuera del alcance de la acreditación

Los resultados de los análisis reportados en el presente informe corresponden a ANAM Santiago con excepción de los siguientes:

- S1: Análisis realizado en Laboratorio ANAM sede Puerto Montt.

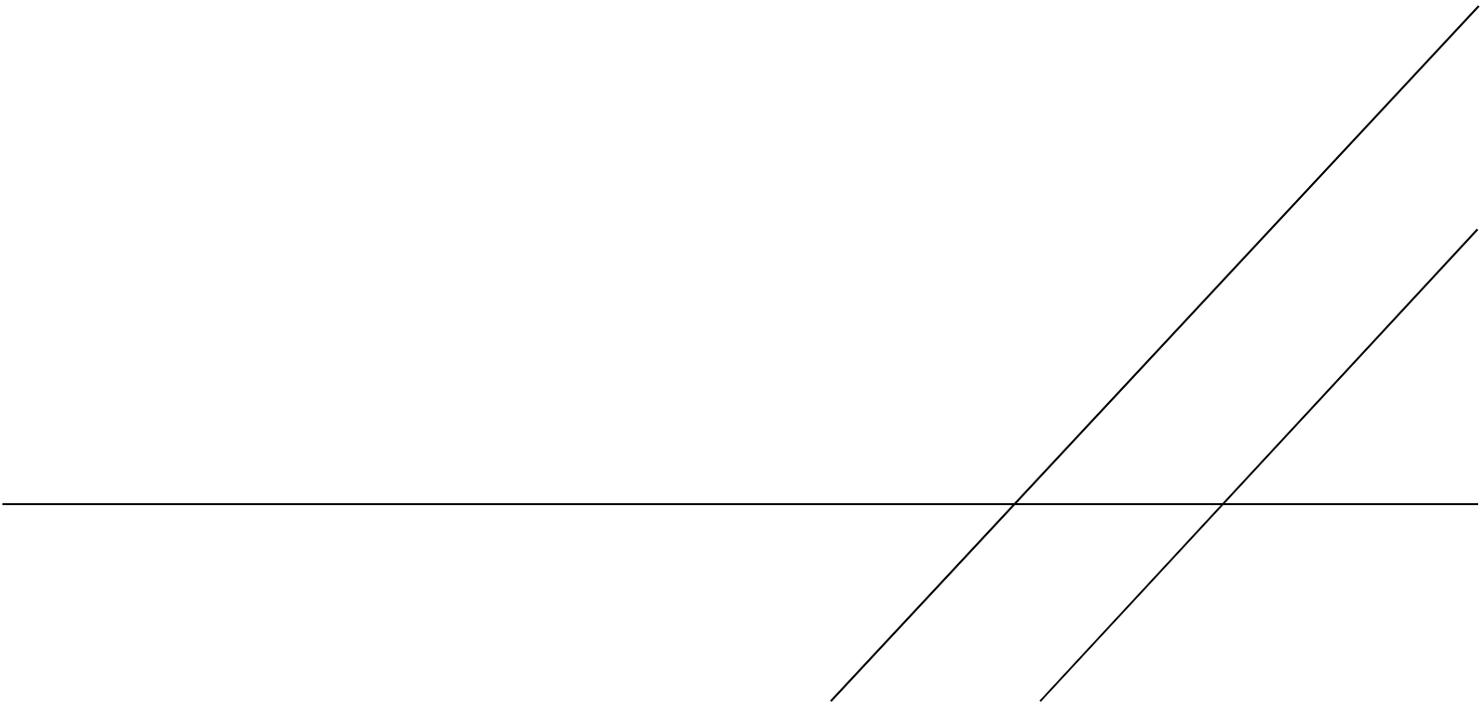


Signature Not Verified

Digitally signed by Soledad Cristina Alarcón Muñoz
Date: 2018.07.05 11:24:08 CLT
Reason: Firma Electrónica ANAM
Location: ANAM

Gerente de Operaciones
Soledad Alarcón M.
Código IA SMA 10.062.114-2

ANEXO C
METODOLOGÍA ANAM





TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS PARA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

1 ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este instructivo especifica la metodología para la toma de muestras físico-químicas y microbiológicas de aguas superficiales y subterráneas, la medición de parámetros en terreno y el control de calidad de las actividades de muestreo.

2 REFERENCIAS

- 2.1 NCh 411/2 Of96 Guía Técnicas Muestreo.
- 2.2 NCh 411/3 Of96 Preservación de muestras.
- 2.3 NCh 411/4 Of97 Muestreo de Lagos.
- 2.4 NCh 411/6 Of98 Muestreo de Ríos.
- 2.5 Manual de Normas y Procedimientos del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos.
- 2.6 Instructivo ILM000010 "Uso de pH-metro portátil HANNA modelo HI 8314 para determinación de pH y temperatura"
- 2.5 Instructivo ILM000011 "Uso de pH-metro HANNA modelo HI 9023"
- 2.6 Instructivo ILM000014 "Uso de pH-metros portátiles de terreno"
- 2.7 **Procedimiento SSO "Monitoreo Hidrogeológico"**
- 2.8 Formulario C000053 "Hoja de Ruta"
- 2.9 Formulario C000055 "Reporte de Muestreo"

3 DEFINICIONES

- 3.1 Muestreo: Proceso que consiste en remover una porción considerada como representativa de una masa de agua, con el propósito de examinar una o más características.
- 3.2 **Muestra puntual: Muestra que se toma en un determinado punto del espacio y del tiempo, reflejando las características instantáneas del cuerpo de agua de donde proceden.**



3.3 **Muestra compuesta:** Muestra obtenida por composición o mezcla de dos o más muestras puntuales. Una muestra puede ser compuesta con respecto al tiempo, espacio o caudal.

4 REACTIVOS

No aplica.

5 SOLUCIONES

No aplica.

6 APARATOS Y MATERIALES

6.1 pH-Metro con sonda de temperatura.

6.2 Bomba de agua.

6.3 Muestreador abierto.

6.4 Muestreador tipo Bailer.

6.5 Brazo telescópico.

7 PROCEDIMIENTO

7.1 Extracción de Muestras en Cuerpos de Aguas Superficiales Naturales o Artificiales.

A) Muestreo con botella de profundidad.

- La botella de profundidad es un dispositivo cilíndrico con tapas en ambos extremos, con un mecanismo de cierre que se activa por medio de un mensajero cuando se alcanza la profundidad de muestreo deseada.
- Este dispositivo permite obtener muestras puntuales para parámetros físico-químicos y microbiológicos.
- Para su utilización se debe disponer la botella con ambas tapas abiertas antes de ser sumergida.

- Sumergir la botella hasta la profundidad deseada, la cual debe ser marcada previamente en la línea del mensajero.
- Sostener la línea del mensajero en forma vertical y enviar con fuerza el mensajero para lograr el cierre adecuado de la botella.
- Subir la botella de profundidad y homogenizar la muestra antes de ser distribuir en los envases requeridos para el muestreo en particular.

B) Toma de muestras con muestreador abierto.

- Recipiente con abertura superior que permite tomar muestras de la superficie del agua o inmediatamente bajo esta.
- Este sistema puede ser empleado para la toma de muestras a distancia desde orillas de ríos o lagos con la ayuda de un brazo telescópico.
- Tomar una muestra con el dispositivo de muestreo abierto y distribuir en los envases requeridos para el muestreo en particular o disponer las submuestras en un envase para preparación de compuesta (lechero), según corresponda a los requerimientos del muestreo.

C) Muestras compuestas.

- En los casos que se requiera de muestreos compuestos, el número de submuestras y la distribución de la toma de estas en el cuerpo de agua se determinaran de acuerdo a las características de dicho cuerpo de manera tal que el muestreo sea lo más representativo para los objetivos que se buscan.

7.2 Extracción de la muestra de aguas subterráneas

A) Extracción de muestra con bomba.

En la extracción de muestra de agua de pozo con bomba, se requiere purgar el pozo del que se extraerá la muestra con el fin de evitar tomar una muestra poco representativa, producto de algún componente natural o artificial acumulado por el estancamiento del pozo o la falta de recirculación del agua dentro del pozo.

Existen 2 tipos de purga que se pueden aplicar según las características del pozo. Purga y tradicional y purga con bajo flujo.

Purga tradicional: Consiste en remover el agua estancada en el pozo, para lo que es necesario conocer el volumen del pozo y el flujo máximo de la bomba para determinar el tiempo de purga. Se debe purgar 3 veces el volumen del

pozo para extraer el agua estancada y la presente en el terreno en contacto con el pozo.

Purga con bajo flujo: Se basa en la medición de parámetros como pH, conductividad o temperatura, bombeando un flujo de agua bajo. Una vez que dichos parámetros se han estabilizado es posible tomar una muestra representativa.

- Tanto para purga tradicional como purga con bajo flujo ubicar la válvula de purga en el conducto de salida del pozo, antes de que el agua sea tratada químicamente.
- Para purgar de forma tradicional abrir la válvula de purga por un tiempo que permita evacuar toda el agua dentro de la tubería, alcanzando 3 veces su volumen.
- Para purgar con bajo flujo se debe colocar la entrada de la bomba entre la criba y un nivel de profundidad que asegure mantener la entrada de la bomba fija. Abrir la válvula de purga extrayendo volúmenes bajos (0,1-0,5 L), controlando el pH del agua bombeada utilizando la instrumentación de terreno. Se debe purgar hasta que los parámetros medidos se estabilicen.
- Una vez que se haya asegurado por alguna de las dos alternativas de purga que el agua de pozo es representativa, se debe tomar una porción de muestra para realizar las mediciones de parámetros in situ requeridas.
- Proceder con la toma de muestras llenando los envases directo del flujo de agua teniendo precaución de no tener contacto entre la boca del envase y la válvula para evitar contaminación. Los envases sin preservantes deben ser ambientados tres veces antes de ser llenados.
- Los envases para parámetros microbiológicos deben ser llenados directamente del flujo hasta $\frac{3}{4}$ de su capacidad, sin tocar con la boca del envase con la válvula y tapar inmediatamente para evitar contaminación.

B) Extracción de muestra con dispositivo Bailer.

- Se introduce el muestreador en la columna de agua y se utiliza la primera porción de agua extraída para ambientar el muestreador y los envases.
- Se introduce nuevamente el muestreador en la columna de agua y se deja un momento para ambientar, se retira y se procede al llenado de los envases.



- Para el llenado de envases para parámetros microbiológicos, el dispositivo Bailer no debe entrar en contacto con la boca del envase, llenar el envase a $\frac{3}{4}$ de su capacidad y tapar inmediatamente.
- Si se requiere de mediciones in situ, tomar y disponer una porción de muestra en un recipiente adecuado para la medición de los parámetros de terreno requeridos.

7.3 Control de Temperatura

Para el control de la temperatura de transporte, se deberá coleccionar la primera muestra de la ruta en duplicado, una de las muestras será coleccionada en un envase denominado como "testigo", con el cual se llevará el control de temperatura. Se registra la temperatura del testigo inmediatamente después de coleccionada la muestra (Terreno T° Testigo), y en el momento de la recepción en el laboratorio (T° Ingreso Testigo), en la Hoja de Ruta formulario C000053. El testigo es utilizado uno por cada termoaislante de muestras.

7.4 Determinación de pH y Temperatura

Para efectuar la determinación de pH y temperatura, proceder de la siguiente forma:

- A) En los casos que sea posible realizar las mediciones directamente en el cuerpo de agua.
- B) Seguir procedimientos descritos en los Instructivos ILM000010, ILM000011 e ILM000014, según el equipo utilizado.

7.5 Almacenamiento y Transporte de las Muestras

- A) Deberá disponerse de unidades refrigerantes, neveras o cajas termo aislantes debidamente identificadas, para el almacenamiento y transporte de muestras aguas crudas, equipadas con sistemas de hielo sustituto o *ice packs*, para mantener las muestras a una temperatura igual o menor a la temperatura registrada en terreno durante las primeras 6 horas de transporte, pasadas las 6



horas las muestras deben ser transportadas a una temperatura de $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, para el caso de los parámetros físico-químicos y una temperatura menor a 10°C evitando el congelamiento para el caso de los parámetros microbiológicos.

- B) Los envases que contienen la muestra deberán guardarse inmediatamente luego del muestreo dentro de las unidades refrigerantes, para su adecuada conservación.
- C) Una vez tomada(s) la muestra(s), se procederá al transporte de estas hasta el Laboratorio. Entregar las muestras con el correspondiente formulario C000053, y esperar visto bueno del personal de Recepción.

7.6 Registros de Muestreo

La fecha y hora de muestreo, nombre del responsable del muestreo y los valores de los parámetros determinados en terreno, así como cualquier observación relevante detectada en el proceso de muestreo, se debe registrar en el formulario C000053.

ANEXO D
ACREDITACIÓN LABORATORIO TOMA Y ANÁLISIS DE MUESTRA





ACREDITACION LE 111

El Instituto Nacional de Normalización, INN, certifica que:

ANALISIS AMBIENTALES S.A., ANAM S.A.

AREA LOGISTICA Y MUESTREO

ubicado en Av. Américo Vespucio N°451, Quilicura, Santiago

ha renovado su acreditación en el Sistema Nacional de Acreditación del INN, como

Laboratorio de Ensayo

según NCh-ISO 17025.Of2005

en el área Microbiología y muestreo para aguas, con el alcance indicado en anexo.

Primera acreditación: Desde el 30 de Junio de 2003,

Vigencia de la Acreditación: hasta el 3 de Octubre de 2017

Santiago de Chile, 3 de Abril de 2017

ALCANCE DE LA ACREDITACION DE AREA DE LABORATORIO Y AREA LOGISTICA Y MUESTREO DE ANALISIS AMBIENTALES S.A., SEDE SANTIAGO, COMO LABORATORIO DE ENSAYO

AREA : MICROBIOLOGIA Y MUESTREO PARA AGUAS
SUBAREA : MICROBIOLOGIA PARA AGUA POTABLE, FUENTES DE CAPTACION Y AGUAS RESIDUALES, SEGUN CONVENIO INN-SISS

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|---|--|-------------------------------------|
| Detección de <i>Escherichia coli</i> | ME-02-2007. Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método de Filtración por Membrana | Agua potable y fuentes de captación |
| Determinación de Coliformes fecales | NCh2313/22.Of95 | Aguas residuales |
| Determinación de Coliformes fecales | NCh2313/23.Of95 | Aguas residuales |
| Determinación de Coliformes totales | NCh1620/1.Of84 | Agua potable y fuentes de captación |
| Determinación de Coliformes totales | NCh1620/2.Of84 | Agua potable y fuentes de captación |
| Determinación de Coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> | NCh2043.Of98 | Agua potable y fuentes de captación |
| Determinación de heterótrofos | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 9215-B | Agua potable |
| Muestreo manual para los ensayos del presente alcance | ILM000004, rev05 Toma de muestras de aguas residuales para ensayos microbiológicos basado en NCh411/10.Of2005 | Aguas residuales |

SUBAREA : MICROBIOLOGIA PARA AGUA POTABLE, FUENTES DE CAPTACION Y AGUAS RESIDUALES

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|--|---|---|
| Detección y enumeración de <i>Legionella</i> | ISO11731-2:2004 | Agua potable, fuentes de captación y aguas residuales |
| Microcistina | MMB000018, rev03 basado en Manual de uso Kit Microcystin Tube (Determinación del anticuerpo policlonal y complejo enzima-Microcistina) | Agua potable, fuentes de captación y aguas residuales |
| Recuento de microorganismos anaerobios Sulfito Reductores (Clostridia) | UNE-EN26461-2:1995 (ISO 6461/2) | Agua potable, fuentes de captación y aguas residuales |
| Recuento de microorganismos anaerobios Sulfito Reductores (Clostridia) | UNE-EN26461-1:1995 (ISO 6461/1) | Agua potable, fuentes de captación y aguas residuales |

**SUBAREA : MICROBIOLOGIA Y MUESTREO PARA AGUA DE BEBIDA, AGUAS CRUDAS,
AGUAS RESIDUALES, AGUAS DE DIALISIS Y AGUA DE RECREACION**

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|---|---|---|
| Detección de Endotoxinas | MMB000013, rev07 Basado en el Manual Pyrogen Plus Single Test Vials y Manual para uso de Pyrosate Kit. | Agua de diálisis |
| Detección de <i>Escherichia coli</i> | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 9221-F | Agua de bebida y aguas crudas |
| Detección de <i>Escherichia coli</i> | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 9222-G | Agua de bebida y aguas crudas |
| Detección y enumeración de <i>Legionella</i> | MMB000017, rev02 basado en ISO11731-1:1998 | Agua de bebida y aguas crudas y sedimentos |
| Detección y enumeración de <i>Legionella</i> | ISO11731-2:2004 | Agua de bebida, aguas crudas y de recreación |
| Determinación de Coliformes fecales | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 9222-B | Agua de bebida, aguas crudas y aguas residuales. |
| Determinación de Coliformes fecales | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 9221-E | Agua de bebida, aguas crudas y aguas residuales. |
| Determinación de Coliformes totales | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 9221-B | Agua de bebida y aguas crudas y aguas residuales |
| Determinación de Coliformes totales | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 9222-B | Agua de bebida y aguas crudas y aguas residuales |
| Determinación de Enterococos fecales | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 9230-B | Agua de bebida y aguas crudas |
| Determinación de Streptococos fecales | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 9230-B | Agua de bebida y aguas crudas |
| Determinación de heterótrofos | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 9215-B | Agua potable, agua de diálisis, agua de bebida y aguas crudas |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|--|---|--|
| Determinación de Hongos y Levaduras | MMB000012, rev03 Basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed.21 2005, Cap. 9610 B. | Agua de diálisis |
| Determinación de <i>Staphylococcus aureus</i> | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 9213-B-6 | Agua de bebida, aguas crudas y de recreación, aguas residuales |
| Determinación de <i>Staphylococcus aureus</i> | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 9213-B-6-c | Agua de bebida, aguas crudas y de recreación, aguas residuales |
| Microcistina | MMB000018, rev03 basado en Manual de uso Kit Microcystin Tube (Determinación del anticuerpo policlonal y complejo enzima-Microcistina) | Agua de bebida, aguas crudas y de recreación |
| Recuento de microorganismos anaerobios Sulfito Reductores (Clostridia) | UNE-EN26461-2:1995 (ISO 6461/2) | Agua de bebida, aguas crudas y de recreación |
| Recuento de microorganismos anaerobios Sulfito Reductores (Clostridia) | UNE-EN26461-1:1995 (ISO 6461/1) | Agua de bebida, aguas crudas y de recreación |
| Muestreo manual para los ensayos del presente alcance | ILM000021, rev03 Basado en Guías de Gestión de Calidad del líquido de diálisis. Sociedad española de Nefrología Marzo 2006 | Agua de diálisis |
| Muestreo manual para los ensayos del presente alcance | Procedimiento EPA000021, rev08 Muestreo de aguas potables, aguas crudas y aguas residuales para análisis microbiológicos. Procedimiento EPA000022, rev07 Muestreo de aguas potables, aguas crudas y aguas residuales para análisis físico-químicos. Basados según NCh411/1.Of1996 NCh411/2.Of1996 NCh411/3.Of1996 NCh411/4.Of1997 | Aguas crudas |



| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|---|--|---------------------------------|
| | NCh411/6.Of1998 NCh411/11.Of1998 | |
| Muestreo manual para los ensayos del presente alcance | Procedimiento EPA000021, rev08 Muestreo de aguas potables, aguas crudas y aguas residuales para análisis microbiológicos. Procedimiento EPA000022, rev07 Muestreo de aguas potables, aguas crudas y aguas residuales para análisis físico-químicos. Basados según NCh411/1.Of1996 NCh411/2.Of1996 NCh411/3.Of1996 NCh409/2.Of12004 | Agua de bebida |

Eduardo Ceballos Osorio
Jefe de División Acreditación

Sergio Toro Galleguillos
Director Ejecutivo



ACREDITACION LE 112

El Instituto Nacional de Normalización, INN, certifica que:

ANALISIS AMBIENTALES S.A., ANAM S.A.

AREA LOGISTICA Y MUESTREO

ubicado en Av. Américo Vespucio N°451, Quilicura, Santiago

ha renovado su acreditación en el Sistema Nacional de Acreditación del INN, como

Laboratorio de Ensayo

según NCh-ISO 17025.Of2005

en el área Físico-química y muestreo para aguas, con el alcance indicado en anexo.

Primera acreditación: Desde el 30 de Junio de 2003,

Vigencia de la Acreditación: hasta el 3 de Octubre de 2017

Santiago de Chile, 3 de Abril de 2017

ALCANCE DE LA ACREDITACION DE AREA DE LABORATORIO Y AREA LOGISTICA Y MUESTREO DE ANALISIS AMBIENTALES S.A., SEDE SANTIAGO, COMO LABORATORIO DE ENSAYO

AREA : FISICO-QUIMICA Y MUESTREO PARA AGUAS

SUBAREA : FISICO-QUIMICA Y MUESTREO PARA AGUA POTABLE, FUENTES DE CAPTACION Y AGUAS RESIDUALES, SEGUN CONVENIO INN-SISS

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 2,4 D | NCh2313/29.Of99 | Aguas residuales |
| Aluminio | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Arsénico | NCh2313/9.Of96 | Aguas residuales |
| Arsénico | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Bario | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Benceno | NCh2313/31.Of99 | Aguas residuales |
| Berilio | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Boro | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Cadmio | NCh2313/10.Of96 | Aguas residuales |
| Cadmio | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Calcio | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Cianuro total | NCh2313/14.Of97 | Aguas residuales |
| Cinc | NCh2313/10.Of96 | Aguas residuales |
| Cinc | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Cloruro | NCh2313/32.Of99 | Aguas residuales |
| Cobalto | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Cobre | NCh2313/10.Of96 | Aguas residuales |
| Cobre | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Cromo | NCh2313/10.Of96 | Aguas residuales |
| Cromo | NCh2313/25.Of2005 | Aguas residuales |
| Cromo hexavalente | NCh2313/11.Of96 | Aguas residuales |
| Demanda bioquímica de oxígeno | NCh2313/5.Of2005 | Aguas residuales |
| Demanda química de oxígeno | NCh2313/24.Of97 | Aguas residuales |
| Detergentes aniónicos | NCh2313/27.Of98 | Aguas residuales |
| Estaño | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Fluoruro | NCh2313/33.Of99 | Aguas residuales |
| Fósforo | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Fósforo total | NCh2313/15.Of2009 | Aguas residuales |
| Grasas y aceites | NCh2313/6.Of97 | Aguas residuales |
| Hidrocarburos fijos | NCh2313/7.Of97 | Aguas residuales |
| Hidrocarburos totales | NCh2313/7.Of97 | Aguas residuales |
| Hidrocarburos volátiles | NCh2313/7.Of97 | Aguas residuales |
| Hierro | NCh2313/10.Of96 | Aguas residuales |
| Hierro | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Indice de fenol | NCh2313/19.Of2001 | Aguas residuales |
| Litio | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Magnesio | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Manganeso | NCh2313/10.Of96 | Aguas residuales |
| Manganeso | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|-----------------------------|--|-------------------------------------|
| Mercurio | NCh2313/12.Of96 | Aguas residuales |
| Molibdeno | NCh2313/13.Of98 | Aguas residuales |
| Molibdeno | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Níquel | NCh2313/10.Of96 | Aguas residuales |
| Níquel | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Nitrógeno amoniacal | NCh2313/16.Of2010 | Aguas residuales |
| Nitrógeno total Kjeldahl | NCh2313/28.Of2009 | Aguas residuales |
| Pentaclorofenol | NCh2313/29.Of99 | Aguas residuales |
| pH | NCh2313/1.Of95 | Aguas residuales |
| Plata | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Plomo | NCh2313/10.Of96 | Aguas residuales |
| Plomo | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Poder espumógeno | NCh2313/21.Of2010 | Aguas residuales |
| Potasio | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Selenio | NCh2313/30.Of99 | Aguas residuales |
| Selenio | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Silicio | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Silvex (2,4,5-TP) | NCh2313/29.Of99 | Aguas residuales |
| Sodio | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Sólidos sedimentables | NCh2313/4.Of95 | Aguas residuales |
| Sólidos suspendidos totales | NCh2313/3.Of95 | Aguas residuales |
| Sulfatos | NCh2313/18.Of97 | Aguas residuales |
| Sulfuro total | NCh2313/17.Of97 | Aguas residuales |
| Temperatura | NCh2313/2.Of95 | Aguas residuales |
| Tetracloroetano | NCh2313/20.Of98 | Aguas residuales |
| Tolueno | NCh2313/31.Of99 | Aguas residuales |
| Triclorometano | NCh2313/20.Of98 | Aguas residuales |
| Vanadio | NCh2313/25.Of97 | Aguas residuales |
| Xileno | NCh2313/31.Of99 | Aguas residuales |
| 2,4 D | ME-21-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método cromatografía de gases con detector de captura electrónica | Agua potable y fuentes de captación |
| Amoniaco | ME-27-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método Electrodo específico | Agua potable y fuentes de captación |
| Arsénico | EPA 200.8 (1994) | Agua potable y fuentes de captación |
| Arsénico total | ME-12-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. | Agua potable y fuentes de captación |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|----------------------|---|-------------------------------------|
| | Método por espectrofotometría de absorción atómica con Generación de Hidruros | |
| Benceno | ME-19-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método por cromatografía gaseosa usando head-space | Agua potable y fuentes de captación |
| Cadmio | ME-13-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método por espectrofotometría de absorción atómica con aspiración directa | Agua potable y fuentes de captación |
| Cadmio | EPA 200.8 (1994) | Agua potable y fuentes de captación |
| Cianuro | ME-14-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método Absorción Molecular UV-Visible | Agua potable y fuentes de captación |
| Cinc | ME-11-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método por espectrofotometría de absorción atómica con aspiración directa | Agua potable y fuentes de captación |
| Cinc | EPA 200.8 (1994) | Agua potable y fuentes de captación |
| Cloro libre residual | ME-33-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método D.P.D. Tritrimétrico ferroso (FAS) | Agua potable y fuentes de captación |
| Cloruro | ME-28-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método argentométrico | Agua potable y fuentes de captación |
| Cloruro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4110-B | Agua potable y fuentes de captación |
| Cobre | ME-04-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método por espectrofotometría de absorción atómica con | Agua potable y fuentes de captación |
| Cobre | EPA 200.8 (1994) | Agua potable y fuentes de captación |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|----------------------|---|-------------------------------------|
| Cobre | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Agua potable y fuentes de captación |
| Color | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2120-C | Agua potable y fuentes de captación |
| Compuestos fenólicos | ME-32-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método Absorción Molecular UV-Visible | Agua potable y fuentes de captación |
| Compuestos fenólicos | ISO14402:1999 | Agua potable y fuentes de captación |
| Cromo | EPA 200.8 (1994) | Agua potable y fuentes de captación |
| DDD + DDE | ME-20-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método cromatografía de gases con detector de captura electrónica | Agua potable y fuentes de captación |
| DDT | ME-20-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método cromatografía de gases con detector de captura electrónica | Agua potable y fuentes de captación |
| Fluoruro | ME-06-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método Electrodo específico | Agua potable y fuentes de captación |
| Fluoruro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4110-B | Agua potable y fuentes de captación |
| Hierro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Agua potable y fuentes de captación |
| Lindano | ME-20-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método de cromatografía gaseosa con detector de captura electrónica | Agua potable y fuentes de captación |
| Magnesio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Agua potable y fuentes de captación |
| Manganeso | ME-08-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua | Agua potable y fuentes de captación |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|----------------|--|-------------------------------------|
| | potable. Método por espectrofotometría de absorción atómica con aspiración directa | |
| Manganeso | EPA 200.8 (1994) | Agua potable y fuentes de captación |
| Manganeso | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Agua potable y fuentes de captación |
| Mercurio | ME-15-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método por espectrofotometría de absorción atómica con generación de vapor atómico de mercurio | Agua potable y fuentes de captación |
| Metoxicloro | ME-20-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método cromatografía de gases con detector de captura electrónica | Agua potable y fuentes de captación |
| Molibdeno | EPA 200.8 (1994) | Agua potable y fuentes de captación |
| Monocloraminas | ME-23-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método Titrimétrico de DPD con FAS | Agua potable y fuentes de captación |
| Nitrato | ME-16-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método electrodo específico | Agua potable y fuentes de captación |
| Nitrato | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4110-B | Agua potable y fuentes de captación |
| Nitrito | ME-17-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método absorción molecular UV-Visible | Agua potable y fuentes de captación |
| Nitrito | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4110-B | Agua potable y fuentes de captación |
| Olor | ME-25-2013 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método organoléptico | Agua potable y fuentes de captación |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|-----------------------------|--|-------------------------------------|
| Pentaclorofenol | ME-21-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método cromatografía de gases con detector de captura electrónica | Agua potable y fuentes de captación |
| pH | ME-29-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método electrométrico | Agua potable y fuentes de captación |
| Plomo | EPA 200.8 (1994) | Agua potable y fuentes de captación |
| Sabor | ME-26-2013 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método organoléptico | Agua potable y fuentes de captación |
| Selenio | EPA 200.8 (1994) | Agua potable y fuentes de captación |
| Sólidos disueltos | ME-31-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método gravimétrico | Agua potable y fuentes de captación |
| Sulfatos | EPA 375.4 | Agua potable y fuentes de captación |
| Sulfatos | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4110-B | Agua potable y fuentes de captación |
| Tetracloroetano | ME-22-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método Cromatografía gaseosa con detector de captura electrónica. | Agua potable y fuentes de captación |
| Triclorometano (cloroformo) | ME-22-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método cromatografía de gases con detector de captura electrónica | Agua potable y fuentes de captación |
| Tolueno | ME-19-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método por cromatografía gaseosa usando head-space | Agua potable y fuentes de captación |
| Tribromometano o bromoformo | ME-22-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. | Agua potable y fuentes de captación |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|----------------|--|-------------------------------------|
| | Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método Cromatografía gaseosa con detector de captura electrónica. | |
| Trihalometanos | ME-22-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método cromatografía de gases con detector de captura electrónica | Agua potable y fuentes de captación |
| Turbiedad | ME-03-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método Nefelométrico | Agua potable y fuentes de captación |
| Xileno | ME-19-2007 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Manual de métodos de ensayo para agua potable. Método por cromatografía gaseosa usando head-space | Agua potable y fuentes de captación |

SUBAREA : FISICO-QUIMICA PARA AGUA DE BEBIDA, AGUA DE DIALISIS, AGUAS CRUDAS, AGUAS RESIDUALES Y AGUA DE RECREACION

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|-------------------------------|--|--|
| 1,2-Diclorobenceno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| 1-1 Dicloroetano | UNE-EN ISO10301:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| 1-1-1 Tricloroetano | UNE-EN ISO10301:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| 1-1-1-2 Tetracloroetano | UNE-EN ISO10301:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| 1-1-2-2 Tetracloroetano | ISO10301:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| 1-2 Dibromo 3-cloropropeno | UNE-EN ISO10301:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| 1-2 Dibromoetano | UNE-EN ISO10301:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| 1-2 Dicloroetano | UNE-EN ISO10301:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| 1-2 Dicloropropano | UNE-EN ISO10301:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| 1-2-3 Triclorobenceno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| 1-2-4 Triclorobenceno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| 1-3 Diclorobenceno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| 1-3-5 Triclorobenceno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| 1-3-5 Triclorobenceno | ISO11423-1:1997 | Aguas residuales |
| 1-3-5 trimetilbenceno | ISO11423-1:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| 1-4 Diclorobenceno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|-------------------------------------|--|---|
| 2,4,6-Tricloroanisol (2,4,6 TCF) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6040-C | Aguas de bebida, aguas crudas, aguas de recreación y aguas residuales |
| 2,4-D | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6640-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| 2-Clorotolueno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| 2-isobutil-3-metoxipirazina (IBMP) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6040-C | Aguas de bebida, aguas crudas, aguas de recreación y aguas residuales |
| 2-metilisoborneol (2-MIB) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6040-C | Aguas de bebida, aguas crudas, aguas de recreación y aguas residuales |
| Aceites y grasas | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 5520-B-D | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Alcalinidad | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22 Cap 2320 B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Aldrin | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6630-C | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Aluminio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas residuales |
| Aluminio | EPA 200.8 (1994) | Agua de bebida, aguas de diálisis y aguas crudas |
| Aluminio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Agua de bebida y aguas crudas |
| Amoniaco | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-NH3-F | Aguas crudas y agua de bebida |
| Amoniaco | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-NH3-G | Aguas crudas y agua de bebida |
| Amoniaco | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|---------------------|--|--|
| | 4500-NH3-D | |
| Arsenico | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida y aguas crudas |
| Arsénico total | EPA 200.8 (1994) | Aguas crudas, aguas de diálisis y agua de bebida |
| Bario | EPA 200.8 (1994) | Agua de bebida, aguas de diálisis y aguas crudas |
| Bario | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Benceno | ISO 11423-1:1997 | Aguas crudas y agua de bebida |
| Benceno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas residuales |
| Berilio | EPA 200.8 (1994) | Aguas de bebida y aguas crudas |
| Berilio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Bismuto | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas residuales |
| Boro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Bromatos | EPA 300.1 (1997) | Aguas crudas y agua de bebida |
| Bromobenceno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Bromoclorometano | UNE-EN ISO10301:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| Bromodichlorometano | ISO 10301 (1997) | Aguas crudas y agua de bebida |
| Bromuro | MQI000030, rev00 basado en IC Application Note N°U-23 (Determinación de Bromuro, Nitrato, Nitrito por cromatografía iónica UV/visible) | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Cadmio | EPA 200.8 (1994) | Aguas crudas, aguas de diálisis y agua de bebida |
| Cadmio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3111-B | Aguas residuales |
| Cadmio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|------------------------------|--|---|
| | 3120-B | |
| Calcio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas de diálisis, aguas crudas y aguas residuales |
| Carbono orgánico total (TOC) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 5310-C | Agua de bebida, aguas crudas, aguas residuales y de recreación |
| Carbono orgánico total (TOC) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 5310-B | Aguas residuales |
| Cianuro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 .4500-CN-E | Aguas crudas y agua de bebida |
| Cianuro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 .4500-CN-F | Aguas crudas y agua de bebida |
| Cianuro Total | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-CN-I | Agua de bebida, aguas crudas y de recreación |
| Cianuro Total | ISO14403:2002 | Agua de bebida, aguas crudas y de recreación |
| Cinc | EPA 200.8 (1994) | Aguas crudas, aguas de diálisis y agua de bebida |
| Cinc | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3111-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Cinc | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Cis 1-2 Dicloroetano | UNE-EN ISO10301:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| Cloramina | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-CI-F | Aguas de diálisis |
| Clordano | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6330-C | Aguas crudas y agua de bebida |
| Cloro libre | Standard Methods for the Examination of Water and | Aguas de diálisis |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|----------------------|--|---|
| | Wastewater Ed 22, 2012 4500-CI-F | |
| Cloro libre residual | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-CL-G | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Cloro libre residual | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-CL-F | Aguas crudas y agua de bebida |
| Cloro libre residual | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-CL-G | Muestreo aguas residuales |
| Cloro total | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-CL-F | Aguas crudas y agua de bebida |
| Cloro total | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-CL-G | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Clorobenceno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Clorofila a, b y c | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 10200-H2-C | Aguas de bebida, aguas crudas, aguas de recreación y aguas residuales |
| Cloruro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-CI-D | Aguas crudas y agua de bebida |
| Cloruro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22 Cap 4500CL- B | Aguas crudas y agua de bebida |
| Cloruro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4110-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Cobalto | EPA 200.8 (1994) | Agua de bebida y aguas crudas |
| Cobalto | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Cobre | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3111-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Cobre | Standard Methods for the | Aguas de bebida, aguas crudas y |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|----------------------------------|---|--|
| | Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | aguas residuales |
| Cobre | EPA 200.8 (1994) | Aguas crudas, aguas de diálisis y agua de bebida |
| Color | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2120-C | Aguas crudas, aguas de diálisis y agua de bebida |
| Compuestos fenólicos | ISO14402:1999 | Agua de bebida, aguas crudas y de recreación |
| Conductividad | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2510-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Conductividad eléctrica en línea | ILM000015 rev 3. Uso de equipos Multiparamétricos de terreno. Basado según manuales de equipos WTW modelo multi 350i. | Muestreo aguas residuales |
| Conductividad eléctrica en línea | ILM000015 rev 3. Uso de equipos Multiparamétricos de terreno. Basado según manuales de equipos WTW modelo multi 350i. | Agua de bebida y aguas crudas |
| Cromo | EPA 200.8 (1994) | Aguas crudas, aguas de diálisis y agua de bebida |
| Cromo | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3111-B | Aguas residuales |
| Cromo | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Cromo hexavalente | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3500-Cr-B | Aguas crudas y agua de bebida |
| Cromo hexavalente | EPA 218.6 (1994) | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| DBO5 | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 5210-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| DDD | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6630-C | Aguas crudas y agua de bebida |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|-------------------------|---|---|
| DDE | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6630-C | Aguas crudas y agua de bebida |
| DDT | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6630-C | Aguas crudas y agua de bebida |
| Dibromoclorometano | ISO 10301 (1997) | Aguas crudas y agua de bebida |
| Dibromometano | UNE-EN ISO10301:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| Dieldrin | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6630-C | Aguas crudas y agua de bebida |
| DQO | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 5220-D | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Dureza | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2340-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Endrin | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6630-C | Aguas crudas y agua de bebida |
| Estaño | EPA 200.8 (1994) | Agua de bebida y aguas crudas |
| Estaño | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Estireno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Estroncio | EPA 200.8 (1994) | Agua de bebida y aguas crudas |
| Etilbenceno | ISO 11423-1 (1997) | Aguas crudas y agua de bebida |
| Etilbenceno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas residuales |
| Fluoruro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-F-C | Aguas crudas y agua de bebida |
| Fluoruro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4110-B | Aguas de bebida, aguas de diálisis, aguas crudas y aguas residuales |
| Fósforo total (fosfato) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|---------------------------------------|---|---|
| | 4500-P-C | |
| Fósforo total (fosfato) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-P-E | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Geosmina | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6040-C | Aguas de bebida, aguas crudas, aguas de recreación y aguas residuales |
| Heptaclor | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6630-C | Aguas crudas y agua de bebida |
| Heptaclor epoxido | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6630-C | Aguas crudas y agua de bebida |
| Hexaclorobenceno | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 .6630-C | Aguas crudas y agua de bebida |
| Hexaclorobutadieno | UNE-EN ISO10301:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| Hidrocarburos | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 5520-F | Aguas crudas, agua de bebida y aguas residuales |
| Hidrocarburos fijos | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 5520-F | Aguas residuales |
| Hierro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas crudas, agua de bebida y aguas residuales |
| Hierro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3111-B | Aguas residuales |
| Hierro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3500-Fe-B | Aguas residuales |
| Indice de Permanganato (Oxidabilidad) | ISO8467:1993 | Agua de bebida, aguas crudas y de recreación |
| Lindano | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6630-C | Aguas crudas y agua de bebida |
| Litio | EPA 200.8 (1994) | Agua de bebida y aguas crudas |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|----------------|--|---|
| Litio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| m + p-Xilenos | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas residuales |
| Magnesio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Magnesio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de diálisis |
| Manganeso | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3111-B | Aguas crudas y agua de bebida |
| Manganeso | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Manganeso | EPA 200.8 (1994) | Aguas crudas y agua de bebida |
| Manganeso | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3111-B | Aguas residuales |
| Mercurio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22 3112 B | Aguas de bebida, aguas de diálisis, aguas crudas y aguas residuales |
| Metoxicloro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6630-C | Aguas crudas y agua de bebida |
| Molibdeno | EPA 200.8 (1994) | Aguas crudas |
| Molibdeno | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Monocloraminas | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-CL-F 3 a. 2) | Aguas crudas y agua de bebida |
| Naftaleno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| n-Butilbenceno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Niquel | Standard Methods for the | Aguas residuales |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|--------------------------|--|--|
| | Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3111-B | |
| Niquel | EPA 200.8 (1994) | Agua de bebida y aguas crudas |
| Niquel | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Nitrato | MQI000030, rev00 basado en IC Application Note N°U-23 (Determinación de Bromuro, Nitrato, Nitrito por cromatografía iónica UV/visible) | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Nitrato | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-NO3-D | Aguas crudas y agua de bebida |
| Nitrato | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4110-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Nitrato | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-NO3-E | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Nitratos | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4110-B. | Aguas de diálisis |
| Nitrito | MQI000030, rev00 basado en IC Application Note N°U-23 (Determinación de Bromuro, Nitrato, Nitrito por cromatografía iónica UV/visible) | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Nitrito | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-NO2-B | Aguas crudas y agua de bebida |
| Nitrito | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4110-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Nitrito | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-NO2-B | Aguas residuales |
| Nitrógeno total Kjeldhal | Standard Methods for the | Aguas crudas y agua de bebida |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|---------------------------|---|---|
| | Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-Norg-B-C | |
| Nitrógeno total Kjeldhal | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-Norg-B | Aguas residuales |
| n-Propilbenceno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Olor | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2150 | Aguas crudas y agua de bebida |
| Oxígeno disuelto | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-O-C | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Oxígeno disuelto en línea | ILM000015 rev 2. Uso de equipos Multiparamétricos de terreno. Basado según manuales de equipos WTW modelo multi 350i. | Muestreo aguas residuales |
| Oxígeno disuelto en línea | ILM000015 rev 2. Uso de equipos Multiparamétricos de terreno. Basado según manuales de equipos WTW modelo multi 350i. | Agua de bebida y aguas crudas |
| o-Xileno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas residuales |
| pH | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-H+ B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| pH | NCh2313/1. Of1995 | Muestreo aguas residuales |
| pH en línea | ILM000007 rev 8. Uso Muestreador Automático Sigma 900 MAX. ILM000008 rev 6. Uso Muestreador Automático ISCO modelo 6712. ILM000015 rev 2. Uso de equipos Multiparamétricos de terreno. Basado según manuales de equipos Sigma 900 MAX e ISCO 2712 | Muestreo aguas residuales |
| Plata | EPA 200.8 (1994) | Aguas de bebida, aguas de diálisis y aguas crudas |
| Plata | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Plomo | EPA 200.8 (1994) | Aguas crudas, aguas de diálisis y agua de bebida |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|---|---|---|
| Plomo | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Potasio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas de diálisis, aguas crudas y aguas residuales |
| Potencial óxido-reducción en línea | ILM000015 rev 2. Uso de equipos Multiparamétricos de terreno. Basado según manuales de equipos WTW modelo multi 350i. | Muestreo aguas residuales |
| Potencial óxido-reducción en línea | ILM000015 rev 2. Uso de equipos Multiparamétricos de terreno. Basado según manuales de equipos WTW modelo multi 350i. | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Potencial redox | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2580-B | Aguas crudas, agua de bebida y aguas residuales |
| Residuos sólidos filtrables (sólidos disueltos total) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2540-C | Aguas crudas y agua de bebida |
| SAAM (Detergentes aniónicos) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 5540-C | Aguas crudas y agua de bebida |
| Sabor | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2160-B | Aguas crudas y agua de bebida |
| Sec-butilbenceno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Selenio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3114-C | Aguas crudas y agua de bebida |
| Selenio | EPA 200.8 (1994) | Aguas crudas y agua de bebida |
| Selenio | EPA 200.8 (1994) | Aguas de diálisis |
| Selenio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Sílice | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500SiO2 C | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|-------------------------------|---|---|
| Silicio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas crudas y agua de bebida |
| Silvex (2,4,5 TP) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6640-B | Aguas crudas y agua de bebida |
| Sodio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de diálisis |
| Sodio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Sólidos sedimentables | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2540-F | Aguas crudas y agua de bebida y aguas residuales |
| Sólidos totales volátiles | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2540-E | Aguas crudas, agua de bebida y aguas residuales |
| Sólidos disueltos totales | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2540-C | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Sólidos disueltos volátiles | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2540-C-E | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Sólidos suspendidos totales | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2540-D | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Sólidos suspendidos volátiles | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2540-E | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Sólidos totales | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22 Cap. 2540 B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Sulfatos | EPA 375.4 (1978) | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Sulfatos | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4110-B | Aguas de bebida, aguas de diálisis, aguas crudas y aguas residuales |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|--|---|--|
| Sulfuro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-S-2-D | Aguas crudas y agua de bebida |
| Sulfuro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-S-2-G | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Sulfuro | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 4500-S-2-D | Aguas residuales |
| Talio | EPA 200.8 (1994) | Agua de bebida y aguas crudas |
| Temperatura | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2550-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Temperatura | NCh2313/2.Of1995 | Muestreo aguas residuales |
| Temperatura en línea | ILM000007 rev 8. Uso Muestreador Automático Sigma 900 MAX. ILM000008 rev 6. Uso Muestreador Automático ISCO modelo 6712. ILM000015 rev 2. Uso de equipos Multiparamétricos de terreno. Basado según manuales de equipos Sigma 900 MAX e ISCO 2712 | Muestreo aguas residuales |
| Tert-butilbenceno/ 1,2,4-Trimetilbenceno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Tetracloroetano | ISO 10301 (1997) | Aguas crudas y agua de bebida |
| Tetracloruro de carbono | UNE-EN ISO10301:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| Tolueno | ISO 11423-1 (1997) | Aguas crudas y agua de bebida |
| Tolueno | MQI000032, rev01 basado ISO11423-1:1997 | Aguas residuales |
| Toxafeno | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 6630-C | Agua de bebida y aguas crudas |
| Trans 1-2 Dicloroetano | UNE-EN ISO10301:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| Tribromometano (bromoforno) | ISO 10301 (1997) | Aguas crudas y agua de bebida |
| Tricloroetano | UNE-EN ISO10301:1997 | Agua de bebida y aguas crudas |
| Triclorometano (cloroforno) | ISO 10301 (1997) | Aguas crudas y agua de bebida |
| Turbiedad | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 2130-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |

| Ensayo | Norma/Especificación | Producto a que se aplica |
|--|--|--|
| Uranio | EPA 200.8 (1994) | Agua de bebida y aguas crudas |
| Vanadio | EPA 200.8 (1994) | Agua de bebida y aguas crudas |
| Vanadio | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 22, 2012 3120-B | Aguas de bebida, aguas crudas y aguas residuales |
| Xileno | ISO 11423-1 (1997) | Aguas crudas y agua de bebida |
| Muestreo para los ensayos incluidos en el presente alcance | ILM000021 rev 3. Toma de muestra de aguas de diálisis para análisis microbiológico y Físico-químico | Aguas de diálisis |
| Muestreo manual para los ensayos del presente alcance | Procedimiento ANAM EPA000022 rev 7 Muestreo de aguas potables, aguas crudas y aguas residuales para análisis físico-químicos. Basados según NCh411/1.Of1996 NCh411/2.Of1996 NCh411/3.Of1996 NCh411/4.Of1997 NCh411/6.Of1998 NCh411/11.Of1998 | Aguas crudas |
| Muestreo manual para los ensayos del presente alcance | Procedimiento ANAM EPA000022 rev 7 Muestreo de aguas potables, aguas crudas y aguas residuales para análisis físico-químicos. Basados según NCh411/1.Of1996 NCh411/2.Of1996 NCh411/3.Of1996 NCh409/2.Of1998 | Agua de bebida |
| Muestreo manual y automático (para los ensayos del presente alcance) | ILM000002 Toma de muestra de aguas residuales para análisis Físico-químicos. ILM000013 Medición de Caudal. Basado según NCh 411/10 Of 2005 | Aguas residuales |

Eduardo Ceballos Osorio
Jefe de División Acreditación

Sergio Toro Galleguillos
Director Ejecutivo



Superintendencia
del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

AUTORIZA COMO ENTIDAD TÉCNICA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL A ANÁLISIS AMBIENTALES S.A., SUCURSAL LABORATORIO ANAM CENTRO Y LABORATORIO ANAM PUERTO MONTT, EN LOS ALCANCES QUE INDICA.

RESOLUCIÓN EXENTA N° 27

Santiago, **13 ENE 2016**

VISTOS:

Lo dispuesto en el Decreto con Fuerza de Ley N° 1/19.653, de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado; en la Ley N° 19.880, que establece las Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; en la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, fijada en el artículo segundo de la Ley N° 20.417, de 2010, que crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente; en el Decreto Supremo N° 76, del 10 de octubre 2014, del Ministerio del Medio Ambiente, que nombra a don Cristian Franz Thorud en el cargo de Superintendente de Medio Ambiente; en el Decreto Supremo N° 38, de 15 de mayo de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, Reglamento de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente"; en la Resolución Exenta N° 332, de 20 de abril de 2015, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que fija la Organización Interna de la Superintendencia del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta N° 906, de 29 de septiembre de 2015, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que modifica la Resolución Exenta N°332, de 2015; en la Resolución exenta N°411, de 20 de mayo de 2015, que establece la organización interna funcional de la División de Fiscalización; en la Resolución N° 37, de 15 de enero de 2013, de la Superintendencia de Medio Ambiente que "Dicta e instruye normas de carácter general sobre entidades de inspección ambiental y validez de reportes; en la Resolución Exenta N°1194, de 18 de diciembre de 2015, que "Dicta instrucción de carácter general para la operatividad de las entidades técnicas de fiscalización ambiental"; y en la Resolución N° 1.600, de 2008, de la Contraloría General de la República.

CONSIDERANDO:

1º. La letra c) del artículo 3º de la Ley Orgánica de la Superintendencia de Medio Ambiente que, faculta a la Superintendencia para contratar labores de inspección, verificación, mediciones y análisis del cumplimiento de las normas, condiciones y medidas de las Resoluciones de Calificación Ambiental, Planes de Prevención y, o



de Descontaminación Ambiental, de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión y de los Planes de Manejo, a terceros idóneos debidamente certificados.

2º. La citada letra c) del artículo 3º de la Ley Orgánica de la Superintendencia de Medio Ambiente, además, prescribió que los requisitos y procedimientos para la certificación, autorización y control de las entidades técnicas de fiscalización ambiental serán establecidos en el reglamento, el que se encuentra contenido en el Decreto Supremo N°38, de 15 de octubre de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que "Aprueba reglamento de entidades técnicas de fiscalización ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente".

3º. El artículo 1º transitorio del reglamento de entidades técnicas de fiscalización ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente, que establece un régimen de autorización provisorio para las entidades acreditadas o autorizadas por un organismo de la administración del Estado que lleven a cabo actividades de muestreo, medición y análisis y para aquellas que cuenten con una acreditación vigente en el Sistema Nacional de Acreditación administrado por el Instituto Nacional de Normalización.

4º. Que la empresa ANÁLISIS AMBIENTALES S.A. solicitó a la Superintendencia del Medio Ambiente ser autorizada como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental, respecto de las sucursales Laboratorio ANAM Centro, ubicada en Av. Américo Vespucio N°451, comuna de Quilicura, región Metropolitana de Santiago y Laboratorio ANAM Puerto Montt, ubicada en Av. Presidente Ibáñez N°700, comuna de Puerto Montt, región de Los Lagos.

5º. Que, mediante los informes finales de evaluación de los antecedentes presentados por ANÁLISIS AMBIENTALES S.A., para las sucursales Laboratorio ANAM Centro y Laboratorio ANAM Puerto Montt, de fecha 7 de enero de 2016 y 29 de septiembre de 2015, respectivamente, el jefe de la División de Fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente recomendó su autorización como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental, en los alcances aprobados. Tales informes fueron remitidos a la Fiscalía por memorando N°437, de 2 de octubre de 2015 y complementados por memorando N°14, de 8 de enero de 2016.

RESUELVO:

1. AUTORIZÁSE, de manera provisorio, por un período de dos años, contados desde la notificación de esta resolución, como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental a la empresa ANÁLISIS AMBIENTALES S.A., únicamente respecto de las siguientes sucursales:



| | | | |
|---------------------------|--|------------|--------------|
| N° DE SOLICITUD | 20218 | RUT | 96.967.550-1 |
| NOMBRE SUCURSAL | Laboratorio ANAM Centro | | |
| DIRECCIÓN SUCURSAL | Av. Américo Vespucio N°451, comuna de Quilicura, región Metropolitana de Santiago. | | |



Superintendencia
del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

| | | | |
|--------------------|---|-----|--------------|
| N° DE SOLICITUD | 20219 | RUT | 96.967.550-1 |
| NOMBRE SUCURSAL | Laboratorio ANAM Puerto Montt | | |
| DIRECCIÓN SUCURSAL | Av. Presidente Ibáñez N°700, comuna de Puerto Montt, región de Los Lagos. | | |

2. PREVIÉNESE que la presente autorización se otorga solo para cada alcance aprobado e identificado en los informes finales de evaluación de las sucursales indicadas en el punto primero resolutivo de la presente resolución.

3. DENIÉGASE la autorización para actuar como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental a ANÁLISIS AMBIENTALES S.A., respecto de todos los alcances rechazados en los informes finales de evaluación de los antecedentes de las sucursales indicadas anteriormente, contenidos en los memorandos N°437, de 2015, y N°14, de 2016, ambos del Jefe de Fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente.

4. ADVIÉRTESE que la interesada tendrá un plazo de cinco días hábiles para interponer recurso de reposición, ante la autoridad que suscribe, conforme lo previsto en el artículo 59 de la Ley N° 19.880, en relación a la decisión de denegar la autorización señalada en el punto tercero resolutivo.

5. PUBLÍQUENSE en el Registro Nacional de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental, en la página web <http://entidadestecnicas.sma.gob.cl/>, la presente resolución, los alcances específicos autorizados, el estado y vigencia de la autorización de la Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental y los demás antecedentes que correspondan, conforme lo dispuesto en el artículo 14 del Reglamento de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente.

6. NOTIFÍQUESE a la interesada esta resolución junto con el respectivo informe final de evaluación que forma parte integrante de la misma, conforme dispone el artículo 46 de la Ley N° 19.880.

ANÓTESE, COMUNÍQUESE, CÚMPLASE Y ARCHÍVESE.



ADJ.: 2 CD que contienen Informes Finales de Evaluación.

DPE/RVC/MVG/MVS/DIS



Superintendencia
del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

Notifíquese a:

Laboratorio ANAM Centro, Av. Américo Vespucio N°451, comuna de Quilicura, región Metropolitana de Santiago.

Laboratorio ANAM Puerto Montt, Av. Presidente Ibáñez N°700, comuna de Puerto Montt, región de Los Lagos.

Distribución:

- Fiscalía
- División de Fiscalización
- División de Sanción y Cumplimiento
- Sección Autorización y Seguimiento a Terceros
- Oficina de Partes y Archivos

| Antecedentes Personal SQM | Cargo | Función | Años de Experiencia |
|---------------------------|-------------|--|---------------------|
| Jorge Mohring | Muestreador | <p> sus principal función dentro de la organización ANAM S.A es responsable de efectuar Muestréos de parámetros Físico-Químicos en terreno en Aguas potables, Residuales y Crudas, Subterráneas, Superficiales, Lodos, Compost, Suelos, Residuos sólidos y Sedimentos en diversos tipos de empresas como en plantas de tratamiento, producción, empresas sanitarias, rubro pesquero, tanques de almacenamiento, Muestréos de Pozos de observación . Además de la realización de reportes, preservación y el traslado de muestras para su eventual análisis. </p> <p> Además posee experiencia en la medición, verificación y calibración de equipos de muestreo </p> | 6 Años |

ANEXO E
TRAZABILIDAD DE LAS MEDICIONES





ANAM
ANÁLISIS AMBIENTALES

Teléfono: 22569 4200
Av. Americo Vespucio N° 451, Quilicura

REGISTRO CADENA DE CUSTODIA

018724

Cliente
Dirección
Comuna / Ciudad
Teléfono

SQM Nueva Victoria
Sector Piquios de Lamara
Pozo de Aguas
C000104 (Rev N°1)

| Identificación de Muestras | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|-------|-------|--------------|
| N° LIMS | Punto de Muestreo / Descripción | Fecha | Hora | T° Botella 1 |
| 6014339 | Laguna N1 | 05/06 | 14:30 | |
| 6014340 | Laguna R3N2 | 05/06 | 14:42 | |
| 6014341 | Laguna R4N3 | 05/06 | 13:25 | |
| 6014342 | Laguna R5N4 | 05/06 | 12:55 | |
| 6014343 | Pozo M3N3-10,18 mts profundidad | 05/06 | 13:49 | |
| 6014344 | Pozo M3N2-11,13 mts profundidad | 05/06 | 14:14 | |
| 6014348 | Desembocadura Rio Coa | 06/06 | 10:10 | |
| 6014361 | Estanque Booster | 05/06 | 11:30 | |

| Datos de Fuente Emisora | | Equipos Utilizados | | Tipo de Servicio | |
|-------------------------|-----------------|--------------------|---------------------|------------------|--|
| Actividad | MA - N° | CD - N° | Fiscalización | | |
| Matriz a Muestrear | ISP - N° | EM - N° 35 | Ecorries | | |
| Periodo de Muestreo | SC - N° | PO - N° | Ventas de Servicios | X | |
| Tipo de Muestreo | Compuesto | DG - N° | GPS - N° | | |
| | Puntual | | | X | |
| | Retiro muestras | | | | |

| Medio de Transporte | |
|---------------------|---|
| Avión | |
| Bus | X |
| Terrestre | |
| Cliente | |
| Otro | |

| Metodo de Refrigeración | |
|-------------------------------|---|
| Caja Refrigerante Electrica | |
| Caja Refrigerante con Hielo | |
| Caja Refrigerante con IcePack | X |
| Caja Aislante con Hielo | |
| Otro | |

| Tipos de Envases | | | | Normas | |
|------------------|--------------|----------|---------------|----------|--|
| Vidrio Neutro | Vidrio Ámbar | Plástico | Bolsa Esteril | NCh 409 | |
| 60 ml | 60 ml | 60 ml | | NCh 1333 | |
| 100 ml | 100 ml | 100 ml | | DS 90 | |
| 125 ml | 125 ml | 125 ml | | DS 609 | |
| 200 ml | 200 ml | 200 ml | | DS 46 | |
| 250 ml | 250 ml | 250 ml | | | |
| 300 ml | 300 ml | 300 ml | | | |
| 500 ml | 500 ml | 500 ml | | | |
| 1000 ml | 1000 ml | 1000 ml | | | |
| 2000 ml | 2000 ml | 2000 ml | | | |

| Preservantes | |
|--------------------|--|
| Agente Quimico | |
| Sin Preservante | |
| Envases de Cliente | |

Observaciones:

| Observador de Terreno (Cliente) | | Técnico en Terreno | | Datos Entrega Documento | |
|---------------------------------|---------|--------------------|---|-------------------------|------------|
| Nombre | C. Cayo | Nombre | CORTES SALINAS MAURICIO ANDRÉS | Fecha | 05/06/2018 |
| Rut | | Rut | | Hora | 15:30 |
| Teléfono | | Teléfono | Inspector Ambiental SMA | Patente Vehículo | JLBT-14 |
| Firma | | Firma | Cód. N° 18.482.117 Análisis Ambientales S.A. | | |

ANEXO F
RESPONSABLES Y PARTICIPANTES DE LAS ACTIVIDADES DE MUESTREO,
MEDICIÓN, ANÁLISIS Y/O CONTROL Y ELABORACIÓN DEL INFORME



Responsables Mediciones y Control

Supervisión General

Jefe de Área Recursos Hídricos: Mario Vargas Barrios

Supervisión Operadores

Ingeniero Analista de Recursos Hídricos: Claudio Cayo Rivera

Responsables Análisis de resultados y Elaboración de Informe

Ingeniero de Proyecto (ARCADIS): Gabriela Sepúlveda

Ingeniero de Proyecto (ARCADIS): Marcia Álamos

Jefe de Proyecto (ARCADIS): Andrés Pucheu

Gerente de área (ARCADIS): Cristian Ortiz

Responsables Análisis de resultados y revisión de Informe

Ingeniero Medio Ambiente Nueva Victoria: Juan Pablo Lara

Subgerente Medio Ambiente NY: Ismael Aracena

Responsables Muestreo químico ANAM

Arturo Givovich, Soledad Alarcón, Jacqueline Pizarro.

Arcadis

Av., Antonio Varas 621
Providencia, Santiago
T: +56 2 2381 6000

arcadis.com

