



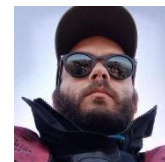
15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

SISTEMA DE RECEPCIÓN Y CONSULTAS DE DATOS CONTINUOS DEL MINISTERIO DE AMBIENTE

Juan Manuel Barreneche Sarasola

Técnico de la División Información Ambiental, Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (DINACEA), Ministerio de Ambiente. Se desempeña en este rol desde el año 2018; es Licenciado en Ciencias Biológicas y Máster en Ciencias Biológicas, por PEDECIBA



Agustina Serrón Lacassie

Técnica de la División Información Ambiental, Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (DINACEA), Ministerio de Ambiente.

TEMA 7: Gestión ambiental, evaluación de impactos, instrumentos económicos

Dirección del autor principal (*): Montevideo – Montevideo, Uruguay - Tel.: 098 726 903 – e-mail: juan.barreneche@ambiente.gub.uy

RESUMEN

Dentro de las tareas en las que se ocupa el Ministerio de Ambiente (Uruguay), se incluyen tareas de monitoreo de la calidad del ambiente, evaluación de impacto y control de los parámetros clave para la gestión ambiental. Estas actividades abarcan datos generados por monitoreos continuos, realizados mediante sondas automatizadas, provenientes de una amplia diversidad de empresas, empresas estatales, intendencias y otras entidades que, potencialmente, pueden afectar a la calidad del ambiente. Para recibir, generar y disponibilizar información de manera eficiente y confiable, se desarrollaron herramientas informáticas, utilizando software de libre acceso y amplia difusión. Estas son: A) Bases de datos encargadas del almacenamiento. B) Un servicio web para recibir y validar paquetes enviados de manera continua, así como escribir en las bases de datos apropiadas. B) Dos aplicaciones de consulta, que disponibilizan la información tanto a los técnicos del Ministerio de Ambiente como público general, facilitando el acceso, visualización y procesamiento de los datos almacenados. Los diseños de la arquitectura, la lógica de dominio y la interfaz de usuario, fueron desarrollados gradualmente, basados en experiencias previas del equipo de trabajo, así como en la coordinación y comunicación frecuente con los distintos destinatarios y proveedores de la información. El sistema está en funcionamiento desde el año 2020. A agosto de 2024, recibe un estimado de 317051 mediciones al día, provenientes de 68 entidades diferentes, abarcando 230 parámetros ambientales, medidos en todo el país. Se ha observado un amplio uso de la herramienta, dentro del propio ministerio, por lo que se considera que ha tenido un impacto ampliamente positivo. Este éxito tiene el potencial de ampliar las expectativas de lo que puede ser monitoreado efectivamente, pudiendo ayudar a transformar el modelo de control ambiental en nuestro país.

Palabras Clave: Monitoreo ambiental continuo, Visualización de datos, Procesamiento de datos, Datos abiertos, Observatorio Ambiental Nacional.

INTRODUCCIÓN

Como parte de sus tareas dentro del Ministerio de Ambiente (MA), la División Información Ambiental (DIA), gestiona datos necesarios para algunas de las principales tareas que conciernen a la institución: monitoreo de la calidad del medio ambiente (Calidad Ambiental), evaluación de los impactos de la actividad humana (Impacto), y control del cumplimiento de las pautas ambientales establecidas (Control). Estos esfuerzos incluyen la recepción continua de información ambiental generada de manera automatizada, proveniente de diversas empresas o instituciones en todo el país, acorde a las leyes y compromisos asumidos por cada una. Para esta operación, se desarrolló el sistema de *Recepción de Datos Continuos* (RDC), el cual se encarga del flujo de información, desde la etapa de recepción, hasta la disponibilización a través de



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país
consultas, gráficos, estadísticos y descargas.

OBJETIVOS

El RDC se desarrolló con los siguientes objetivos en mente:

- Recibir las mediciones de parámetros ambientales, obtenidos a través de sondas automatizadas que trabajan continuamente, de manera inmediata.
- Proveer a los técnicos de la institución, de un acceso rápido, eficiente y replicable, a estos datos generados. Este objetivo se traduce en desarrollar aplicaciones que facilitan la construcción de consultas, así como la obtención de gráficos y estadísticos, adecuados para las tareas de evaluación y control ambiental.
- De manera similar, facilitar a la población en general el acceso a la información obtenida de estaciones de monitoreo de la calidad del ambiente.

En particular, para este trabajo queremos:

- Mostrar los aspectos fundamentales de este desarrollo.
- Realizar un breve análisis de la actividad registrada: volúmenes de datos, cantidad de consultas
- Discutir posibles avenidas a futuro.

ALCANCE

El sistema RDC recibe información de empresas e instituciones ubicadas en todo el país, y la disponibiliza a dos niveles: nacional y ministerial. El primero refiere a la publicación de un subconjunto de los datos almacenados, a través de la página web de la DIA, el Observatorio Ambiental Nacional, mientras que el segundo involucra al total de los datos, que son consultados y analizados por técnicos del Ministerio de Ambiente.

MARCO CONCEPTUAL

Compromisos y contratos

Por normativa legal, diversas actividades requieren aprobaciones ambientales para poder ser llevadas a cabo, las cuales están a cargo del Ministerio de Ambiente. Cada aprobación implica compromisos que pueden variar según cada caso, y cuyas condiciones se explicitan en la resolución ministerial correspondiente. En este contexto, puede exigirse monitoreos automatizados y proveer al MA de esta información constantemente, como parte de los compromisos asumidos. Estos detalles definen a los contratos entre el MA y cada emprendimiento; estos incluyen un conjunto de parámetros, unidades de medida, frecuencia de medición, y más.

Matriz ambiental, parámetros, consultas y volumen consultado esperado (VCE)

En el contexto de la gestión del MA se definen diversas matrices ambientales, similares a distintos “medios” (i.e.: medio líquido, medio gaseoso) pero con mayor nivel de especificidad. En el caso de los sistemas presentados aquí, se definen cuatro matrices: Aire, Aguas superficiales, Emisiones a la atmósfera (Emisiones) y Efluentes líquidos industriales y aguas contaminadas (Efluentes). Las primeras dos se enfocan en tareas de monitoreo de la Calidad Ambiental: muestras de Aire del ambiente, y muestras de Aguas tomadas en cuerpos de agua naturales; las dos últimas conciernen a actividades humanas, tales como fábricas o depósitos de residuos, y por lo tanto se asocian a las actividades de Control del cumplimiento de estándares ambientales. Los parámetros medidos varían como consecuencia de las matrices ambientales.

En el contexto del sistema de RDC, las consultas refieren al conjunto de opciones que cada usuario, en este caso, técnicos del MA, selecciona al momento de acceder a datos almacenados. Una consulta puede incluir uno o más parámetros, pertenecientes a uno o más contratos, así como diversos filtros (e.g.: sólo traer datos



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

tomados cuando los hornos están encendidos; rangos de fechas) y procesamientos (e.g.: promedios de valores horarios, diarios, etc.). El volumen consultado esperado (VCE) refiere al total de datos involucrados en cada consulta (i.e.: filas), estimado a partir de la frecuencia de medición de cada contrato, así como el rango de fechas solicitadas por el usuario. Las opciones de consulta asociadas a formas de agrupamiento, tales como promedios horarios, diarios, u otros agregados, no afectan a este estimado, ya que refiere al total de los datos que afectan al cálculo final.

$$VCE = \frac{DIF_{\text{minutos}}(\text{fecha_hora}_{\text{final}}, \text{fecha_hora}_{\text{inicial}})}{\text{frecuencia}_{\text{minutos}}}$$

Datos abiertos

El Ministerio de Ambiente, y en particular el Observatorio Ambiental Nacional, tiene como objetivo hacer accesible información ambiental, incluyendo documentación, variables ambientales y cartografía relevante. Para el caso de mediciones automáticas, a las que llamaremos datos continuos en este manuscrito, ciertos conjuntos de datos se disponibilizan al público en general.

METODOLOGÍA

Desarrollo

Se diseñó una aplicación para recibir datos a través de servicios web, utilizando PHP y el framework CodeIgniter, encargada de validar el formato de los paquetes de datos recibidos, así como escribir en las bases de datos asignadas a cada entidad proveedora.

Se crearon bases de datos separadas para cada emprendimiento (i.e.: empresas, órganos estatales, etc.), además de la base asociada a la aplicación receptora, que refleja la lógica de negocio. El software escogido es MariaDB.

Se diseñaron también dos aplicaciones hermanas, una para uso interno de la institución, y otra para uso de la ciudadanía, mediante PHP/CodeIgniter y Javascript, encargadas de facilitar el acceso a los datos. Estas aplicaciones se ocupan de presentar la información disponible, proporcionar distintas formas de descarga, visualización y cálculos, en base a los datos almacenados.

Para todas estas instancias se realizaron reuniones con los principales actores involucrados, principalmente técnicos y expertos de diversas áreas del Ministerio de Ambiente, a fin de documentar los requisitos necesarios. Así mismo, durante el desarrollo y luego de la puesta en producción, se mantuvo la comunicación constante con usuarios para solucionar problemas, agregar funcionalidades y otras tareas de desarrollo o mantenimiento.

Análisis

Entre las fechas 9/8/2024 y 27/9/2024 se registraron las consultas realizadas por usuarios del ministerio, hechas a través del Visor de datos (aplicación de uso interno exclusivamente). En base a esta muestra, se estudiaron las cantidades de consultas, independientemente del número de parámetros o rangos de tiempo involucrados, así como los VCEs, segmentando ambos conjuntos en base a *Matriz Ambiental*.

Se midió además el volumen de ingreso de datos a las bases, contabilizando las inserciones diarias durante un año, desde el 1/9/2023 hasta 31/8/2024, analizando cada contrato por separado. Las tablas en donde se almacenan los datos incluyen la fecha y hora de inserción (con precisión de segundos). Esto permite, además de estimar las inserciones diarias, que los envíos puedan actualizar datos que puedan tener algún error, sin perder versiones anteriores del mismo. También se estimó la cantidad esperada de inserciones diarias, en base a la frecuencia y cantidad de parámetros de cada contrato. Para tener un estimado más acertado, se seleccionaron solamente aquellos contratos con actividad reciente, de manera que se



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

descartaron casos sin actividad desde el 1/9/2023 hasta la fecha.

RESULTADOS

Desarrollos

Servicio web

La aplicación (web service) "repcion_datos" se encarga de recibir, validar y, en caso de pasar las pruebas establecidas, escribir en las bases de datos. Se desarrolló utilizando PHP con CodeIgniter 3. A través de esta aplicación, en funcionamiento permanente, los datos se actualizan en tiempo real, únicamente limitados por la frecuencia en que se envían desde cada dispositivo. Las aplicaciones web desarrolladas para acceder a estos datos, descritas a continuación, acceden a los datos tan pronto son insertados en las bases de datos.

Aplicaciones web

Visor de datos

La primera aplicación web desarrollada, denominada "Visor de datos" o "Visor", facilita el acceso y análisis de los datos a técnicos del Ministerio. La vista de consultas, accesible luego del inicio de sesión, se muestra en la figura 1.a. La interfaz se enfoca en la confección de consultas por parte del usuario, las cuales se pueden guardar en la nube, así como descargar en archivos JSON, los cuales se pueden usar más tarde para cargar consultas. La segunda vista presentada (figura 1.b) contiene los resultados de la consulta realizada por el usuario. El primer componente provee de información de los parámetros, sus contratos y los detalles de la consulta, así como botones de descargas por parámetro y consulta, teniendo ambos tipos de descarga una contraparte "directa", para acceder a los datos tal como están en la base (sin filtros, agrupamientos, etc.). Aquí también se accede al sistema de incidencias, que permite al usuario escribir observaciones relativas a cada contrato y parámetro, así como leer las observaciones de otros usuarios. El siguiente componente presentado es la gráfica de serie de tiempo, de los valores obtenidos con la consulta. Otros componentes de esta vista que no se muestran en la figura, son una tabla interactiva con los valores obtenidos, estadísticos básicos de los datos (máximos, mínimos, promedios), cantidades de valores obtenidos y un mapa de contratos. En la figura 2 se muestra el último componente de esta vista: Detalles y procesamientos. Aquí se incluyen cálculos específicos para ciertos parámetros, necesarios para tareas de Control. Los cálculos se realizan en SQL, utilizando Procedimientos Almacenados, y se ejecutan a demanda. Los procedimientos de cada cálculo se explicitan en la documentación incluida en el encabezado de la aplicación, bajo el ítem Guía. En el mismo encabezado se incluyen otros ítems que ayudan a contextualizar las fuentes de datos y las posibles consultas.

15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

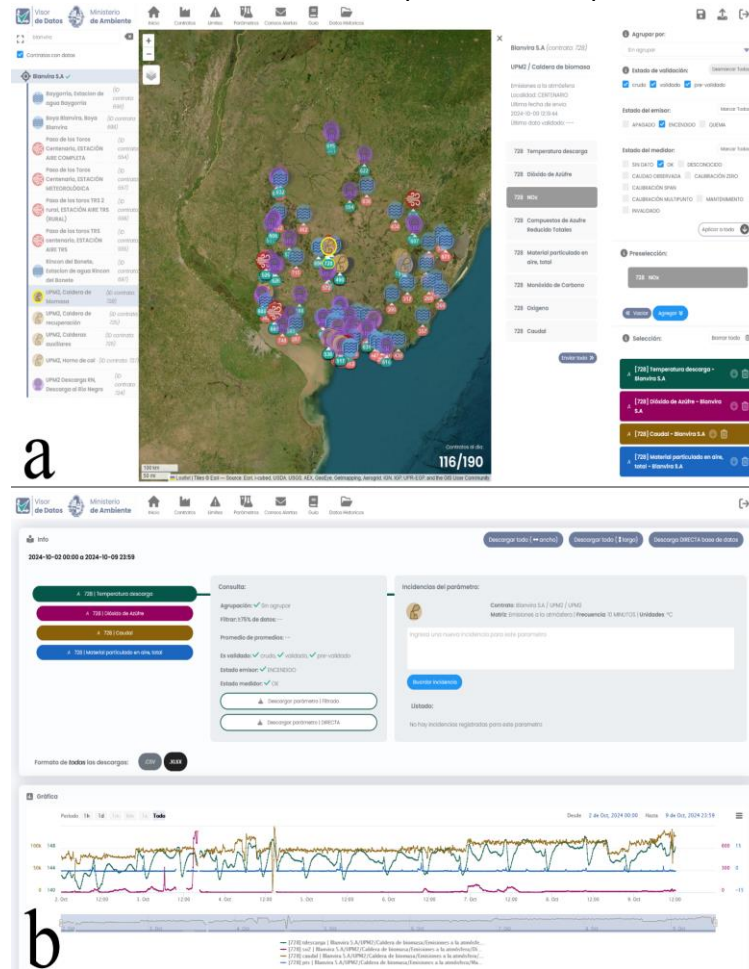


Figura 1: Principales componentes de la interfaz gráfica de usuario para la aplicación web “Visor de datos”. **a)** Pantalla de selección de contratos, mediante un listado de entidades (izq.) y mapa (centro). Los parámetros se seleccionan de a un contrato a la vez, indicando qué tipos de agrupamientos y filtros se desean aplicar a los mismos, siendo esto último realizable por lotes. **b)** Pantalla con resultados de la consulta. *Mitad sup.:* elementos que proveen de información relativa a los parámetros y las características de las consultas, así como de botones para varios tipos de descargas. *Mitad inf.:* Gráfico interactivo con series de tiempo de los valores para los parámetros seleccionados, para el período de tiempo de la consulta. Este componente tiene varias funcionalidades, como selección de parámetros visibles, recorte de rango de tiempo, acercamiento o alejamiento, así como las coordenadas de cada punto.

15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

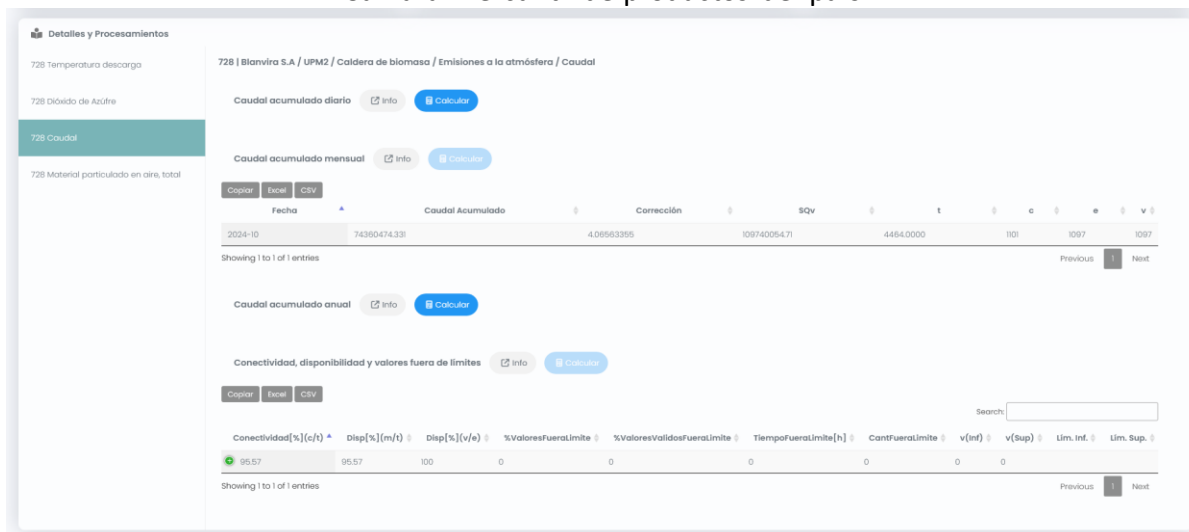


Figura 2: Detalles y procesamientos: diversos cálculos específicos para cada parámetro, con resultados presentados en tablas. Los cálculos se realizan a demanda del usuario. Los botones etiquetados como “Info” enlazan con la documentación específica de cada procesamiento.

Visor de datos en tiempo real

Esta es una aplicación hermana a la anterior, con características muy similares, pero para uso del público general. No incluye un sistema de sesiones de usuarios, por lo que no permite guardar consultas ni escribir observaciones para conjuntos de datos (incidencias). Actualmente se puede acceder desde el OAN (enlace directo: <https://www.ambiente.gub.uy/datos-tiempo-real/>).

Volumen de ingreso de datos

Basado en las frecuencias de envío que se registraron en cada contrato, y la cantidad de parámetros de estos contratos, en contratos con actividad durante el último año, se llega a un estimado teórico de 266.880 inserciones diarias, proveniente de 193 contratos, un total de 195 parámetros, distribuidos en 62 empresas.

Este valor teórico supera al típico observado en los hechos, de 180.000 como mediana (figura 3). El promedio en este caso es bastante mayor, con 527.999 inserciones, debido a una serie de eventos conocidos de alto flujo de datos, que sesgan este estadístico. El principal es el observado desde mediados de mayo hasta mediados de junio de 2024, que involucra a una serie de contratos importantes, gestionados de manera centralizada por el Laboratorio Tecnológico del Uruguay, a quienes se les pidió enviar una actualización de un alto volumen de datos (muchos de estos contratos envían cada un minuto). Si bien son casos infrecuentes, no son raros o inesperados, especialmente si se detectan problemas con los datos, tales como sesgos de calibración en los medidores, u otros errores.



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país



Figura 3: Volumen de ingreso de datos por día, durante un año. Las líneas Promedio y Mediana se calcularon con los datos obtenidos, mientras que la línea discontinua (valor teórico), se estimó con los metadatos en la base de datos.

Consultas

Durante el período de muestreo (49 días y 3 horas), 18 usuarios del Visor de datos realizaron 686 consultas, abarcando 59 parámetros. El VCE final fue de 171.748.073 datos. Como se puede ver en las figura 4 y 5, tanto a nivel de número de consultas, como VCE, la mayor abundancia está en la matriz Aire, seguidas por Emisiones a la atmósfera. De todas formas, Emisiones y Efluentes, no muestran medidas representativas, ya que para el control de estas variables, el grupo de trabajo encargado adoptó un sistema de consultas directas automatizadas a la base de datos, saltando el uso de la aplicación, recurriendo al mismo solamente en casos de incumplimientos detectados en primera instancia. En total, este sistema automatizado realiza consultas diarias a 125 contratos (cada consulta abarcando los datos del día anterior).

Otros sesgos influyen a este muestreo exploratorio, dentro de los que se pueden incluir las cantidades de contratos activos por matriz (Aguas: 7; Aire: 14; Emisiones: 49; Efluentes: 62), las fechas del muestreo y los tipos de análisis que se realizan a cada uno, por mencionar algunos. El caso más evidente se ven en los VCE, que naturalmente son mayores para Aire, ya que tiene las frecuencias de muestreo más altas (1 minuto), lo que lleva a una notoria disparidad entre los porcentajes del total de consultas, cuando se compara el número con los VCE (50% y 97,4%) (figura 5). Los valores de VCE reflejan la disparidad de frecuencias de muestreo, que en Aire son de 1 minuto, mientras que en el resto son de al menos 10 minutos entre muestras consecutivas.

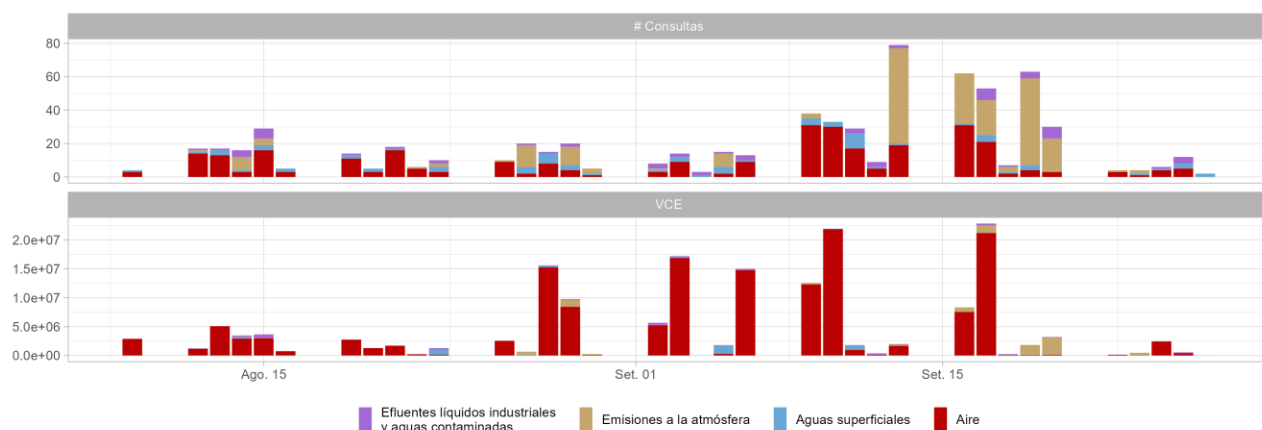


Figura 4: Suma de consultas y VCE diarios durante el período de muestreo (días hábiles).

Notablemente, Aguas superficiales tiene, actualmente, mucho menos contratos activos (7), las cuales se

15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

distribuyen en seis boyas de muestreo automático en Río Negro y una en el embalse de Paso Severino. Sin embargo en los últimos meses tres de las boyas en Río Negro están apagadas, por circunstancias administrativas, a pesar de que los contratos no fueron dados de baja. A esto se suma el hecho de que todos estos medidores reportan datos a intervalos de 30 minutos.

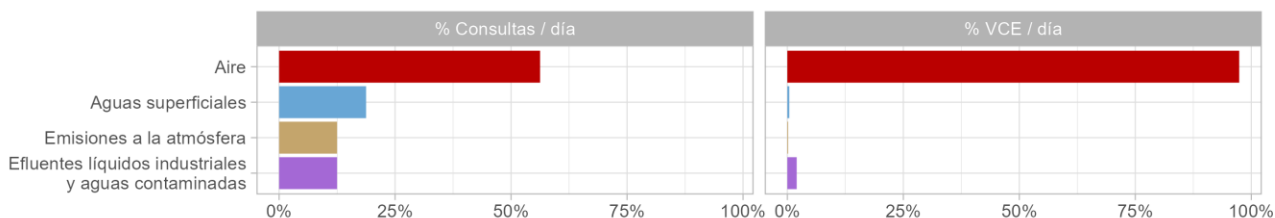


Figura 5: Distribuciones de las consultas y los VCE diarios entre las cuatro matrices.

CONCLUSIONES

Este estilo de monitoreo es relativamente nuevo y aún se encuentra en una etapa incipiente. Se observa una notable disparidad en su implementación, tanto entre las distintas matrices ambientales como en las diversas regiones del país. Además, las metodologías de análisis empleadas en este momento son limitadas.

El desarrollo de este sistema de recepción de datos ha significado un avance sustancial en la facilitación de las tareas institucionales. A pesar de esto, es una tarea en continuo desarrollo, y tiene un importante camino adelante, tanto para mejorar la calidad del servicio prestado, como para adaptarse a un futuro en el cual el volumen de datos a manejar será, según nuestras previsiones, de algunos órdenes de magnitud superiores al actual. Asimismo, el público en general puede acceder a un gran conjunto de datos de calidad de aire y de agua desde el Observatorio Ambiental Nacional donde estos datos se publican y se pueden descargar.

La experiencia del equipo de desarrollo en análisis de datos y conocimiento de problemáticas ambientales, así como la comunicación fluida con técnicos, usuarios finales, ha sido la principal fortaleza para el desarrollo de este sistema, así como para el diseño de la arquitectura necesaria.

De igual manera, la comunicación constante con usuarios y otros técnicos de la institución, mediante reuniones y otras instancias, fue fundamental para entender las necesidades específicas de los usuarios finales, así como los requisitos técnicos y funcionales del sistema. A través de estas sesiones de trabajo, se definieron las características clave de la aplicación, como la interfaz de usuario, los tipos de datos a manejar, y los parámetros necesarios para el análisis estadístico. Este es un esfuerzo continuo que se continúa hasta la actualidad, en base al surgimiento de nuevas necesidades, o la detección de errores.

El equipo completo de desarrolladores, actuales y previos es, por orden alfabético: Juan Manuel Barreneche, Gary Espinoza, Martín Fernández, Agustina Serrón.