



**Programa:** Monitoreo de Cuerpos Receptores

**Subprograma:** Atmósfera

**Objetivos del Subprograma:** Disponer de un sistema de información respecto a variables atmosféricas y establecer un programa de monitoreo de calidad de aire e impacto ambiental para el control de la calidad de la atmósfera de Bahía Blanca.

**Período:** Enero a Diciembre de 2014.



## Resumen del Plan de Trabajo

Este informe presenta el monitoreo continuo de contaminantes básicos atmosféricos (Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Material Particulado (PM<sub>10</sub>), Ozono y Óxidos de Nitrógeno) por medio de la Estación de Monitoreo de Calidad de Aire de Bahía Blanca (EMCABB) en el período comprendido entre enero a diciembre de 2014.

También se detallan los avances del año en cuanto al Estudio de la Emisión y Recepción de aerosoles troposféricos en la zona industrial y portuaria de Ingeniero White y Bahía Blanca.

Por último se presentan los resultados de monitoreos de material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en Ingeniero White.

<b>Tareas</b>	
1.	Monitoreo de Contaminantes Básicos Atmosféricos-EMCABB .....3
2.	Aseguramiento de la Calidad del Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos.....8
3.	Caracterización del Material Particulado PM <sub>10</sub> .....9
4.	Muestreo y Análisis de Material Particulado PM <sub>2,5</sub> en Ing. White .....12
5.	Deposición Atmosférica de Metales Pesados.....14
6.	Conclusiones Generales del Subprograma .....21
	ANEXO .....22

# 1. Monitoreo de Contaminantes Básicos Atmosféricos-EMCABB

## 1.1. Objetivos

Determinar la congruencia de los resultados del monitoreo con normas y niveles guía de calidad de aire, estimar la exposición en la población y el ambiente, establecer bases científicas para determinar o revisar niveles guía o normas de calidad de aire y evaluar tendencias.

## 1.2. Metodología

### 1.2.1. Período de Monitoreo

Enero a Diciembre de 2014.

### 1.2.2. Puntos de Monitoreo

Un punto de muestreo fue la EMCABB I, ubicada en el Parque Industrial de Bahía Blanca, en la calle Mosconi al 1300.

El otro punto de muestreo es la EMCABB II, ubicada en San Martín 3474 de Ing. White

### 1.2.3. Procedimiento de Muestreo

Automático y continuo, según método de referencia.

### 1.2.4. Equipamiento Utilizado

#### EMCABB I

- Analizador de Material particulado PM<sub>10</sub>, Rupprecht & Patashnik, TEOM 1400A.
- Analizador de Monóxido de Carbono – CO T.E.I.<sup>1</sup>, modelo 48 C.
- Analizador de Dióxido de Azufre – SO<sub>2</sub> T.E.I., modelo 43i.
- Analizador de Óxidos de Nitrógeno -T.E.I., modelo 42i.
- Analizador de Ozono, T.E.I. modelo 49 C.
- Módulo para calibración compuesto por:
  - Calibrador dinámico T.E.I., modelo 146 C.
  - Generador de Aire Cero, modelo 111.
  - Gases patrones primarios certificados.

---

<sup>1</sup>T.E.I.: ThermoEnvironmental Instruments Inc.

## **EMCABB II**

- Analizador de Material particulado PM<sub>10</sub>, TEOM 1405 Thermo Scientific.

### **1.2.5. Métodos de Referencia**

El equipamiento listado corresponde a lo especificado en el Título 40, Parte 53 del Código Federal de Regulaciones de EEUU.

### **1.2.6. Procesamiento de Datos**

Las evaluaciones estadísticas se realizaron de acuerdo a la guía: Data Quality Assessment: A Reviewer's Guide (QA/G-9S). Environmental Protection Agency, EPA. EE.UU. 2006.

## **1.3. Resultados Obtenidos**

Se presentan los resultados obtenidos de calidad de aire, durante el período indicado, para contaminantes básicos.

### **1.3.1. Monóxido de Carbono (CO)**

La norma de calidad de aire ambiente del Decreto 3395/96, reglamentario de la Ley Provincial 5965, establece una concentración de 9 ppm para un período de exposición de 8 horas y de 35 ppm para 1 hora.

Sobre un total de 8399 datos de promedios horarios los resultados obtenidos indican que en ninguna oportunidad se superó la norma para 1 hora ni para 8 horas de exposición.

El valor máximo obtenido para una hora fue de 2,56 ppm en el mes de Marzo.

En la Tabla I del Anexo – Atmósfera (página 23) se presenta una tabla con parámetros estadísticos.

### **1.3.2. Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)**

La norma de calidad de aire ambiente del Decreto 3395/96, reglamentario de la Ley Provincial 5965, establece una concentración de 500 ppb para un período de exposición de 3 horas, de 140 ppb para 24 horas y de 30 ppb para 1 año.

Sobre un total de 5684 datos los resultados obtenidos indican que en ninguna oportunidad se superaron las normas para 3 horas, para 24 horas ni para 1 año de exposición.

El valor máximo obtenido para 3 horas de promedio fue de 37,7 ppb en el mes de Junio. El promedio anual fue de 1,4 ppb.

En la Tabla II del Anexo - Atmósfera (página 24) se presenta una tabla con parámetros estadísticos.

### 1.3.3. Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)

La norma de calidad de aire ambiente del Decreto 3395/96, reglamentario de la Ley Provincial 5965, establece una concentración de 200 ppb para un período de exposición de 1 hora y de 53 ppb para 1 año de exposición.

Sobre un total de 5729 datos de promedios horarios los resultados indican que la norma para exposición de 1 hora se superó en 8 oportunidades, en los meses de Abril, Mayo, Junio, Julio y Agosto. El máximo valor promedio horario obtenido es de 243,8 ppb en el mes de Julio.

Día	Hora	NO <sub>x</sub> (ppb)	Viento
2014-04-23	08	203,0	calma
2014-04-30	08	209,0	calma
2014-05-20	08	215,0	calma
2014-05-26	08	220,1	NNO 7 km/h
2014-06-25	20	218,7	calma
2014-07-08	09	236,2	calma
2014-07-08	10	243,8	calma
2014-08-27	07	203,6	calma

Como puede observarse, la condición meteorológica que caracteriza los días de valores promedios horarios por encima de la norma es de viento en calma.

En la Tabla III del Anexo - Atmósfera (página 25) se presenta una tabla con parámetros estadísticos.

### 1.3.4. Material Particulado Suspendido (PM<sub>10</sub>)

La norma de calidad de aire ambiente del Decreto 3395/96, reglamentario de la Ley Provincial 5965, establece una concentración de 150 µg/m<sup>3</sup> para un período de exposición de 24 horas y de 50 µg/m<sup>3</sup> para 1 año de exposición.

Sobre un total anual de 320 promedios diarios los resultados indican que en 5 oportunidades se superó la norma para 24 horas de exposición. A continuación se detallan los promedios de 24 horas que superan la norma y dirección predominante del viento durante las horas con valores por encima de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Fecha	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Viento
2014-01-09	182,8	NNO-OSO-NO
2014-01-30	196,3	NNO-O-N
2014-08-05	242,1	NNO-NO
2014-11-17	222,0	NNO-N(*)
2014-12-05	257,3	NNO-N

(\*) La dirección de viento indicada corresponde a los registros desde las 10 hs en adelante, que fue cuando los registros comenzaron a incrementarse. Previamente hubo direcciones variables de viento, con valores más bajos de  $\text{PM}_{10}$ .

El máximo valor promedio diario obtenido fue de  $257,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el mes de Enero. En la tabla IV del Anexo Atmósfera (página 26) se detallan los datos estadísticos.

Las direcciones predominantes de viento, al igual que años anteriores, fueron de sectores N-NNO. El promedio anual fue de  $46,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , no superando la norma de calidad de aire para 1 año de exposición.

### 1.3.5. Contaminante Ozono ( $\text{O}_3$ )

La norma de calidad de aire ambiente del Decreto 3395/96, reglamentario de la Ley Provincial 5965, establece una concentración de 120 ppb para un período de exposición de 1 hora.

Sobre un total de 8522 datos de promedios horarios los resultados obtenidos indican que nunca se superó la norma.

El valor máximo obtenido para 1 hora fue de 72 ppb en el mes de Agosto.

En la Tabla V del Anexo - Atmósfera (página 27) se detallan los promedios mensuales obtenidos, análisis estadístico y los percentiles.

### 1.3.6. Material Particulado Suspendido ( $\text{PM}_{10}$ ) (EMCABB II)

La norma de calidad de aire ambiente del Decreto 3395/96, reglamentario de la Ley Provincial 5965, establece una concentración de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para un período de exposición de 24 horas y de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 1 año de exposición.

Sobre un total anual de 362 promedios diarios los resultados indican que en 1 oportunidad se superó la norma para 24 horas de exposición. A continuación se detalla el promedio de 24 horas y dirección predominante del viento durante las horas con valores por encima de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Fecha	Promedio 24 hs	Viento
2014-12-05	196,0	NNO-N

El máximo valor promedio diario obtenido fue de  $196,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el mes de diciembre. En la tabla VI del Anexo - Atmósfera (página 28) se detallan los datos estadísticos.

El promedio anual fue de  $32,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , por debajo de la norma de calidad de aire para 1 año de exposición y por debajo del valor obtenido el año 2013.

#### **1.4. Discusión de Resultados**

Los resultados obtenidos en el monitoreo de calidad de aire de contaminantes básicos, durante el período analizado indican que: el Monóxido de Carbono (CO), el Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), y Ozono (O<sub>3</sub>) nunca han superado los límites establecidos por la legislación vigente.

El Material Particulado en Suspensión (PM<sub>10</sub>) ha excedido durante el año 2014 en 5 oportunidades la norma de calidad de aire para un período de 24 horas en el parque industrial (EMCABB I), mientras que superó en 1 oportunidad en Ingeniero White (EMCABB II). En la mayoría de los casos ocurrió con predominancia de vientos de los sectores N-NNO con altas velocidades de viento. No fue superada la norma de calidad de aire para el período anual en la EMCABB I, ni en la EMCABB II.

Comparando con años anteriores se puede indicar que el promedio obtenido en el año 2014 es el menor de los últimos 10 años. Rango  $49,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (año 2005) a  $71,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (año 2008). Paralelamente se registraron valores de precipitaciones sensiblemente superiores a la media histórica de la zona.



Los promedios horarios de Óxidos de Nitrógeno, durante el año 2014, han superado la norma de calidad de aire en 8 oportunidades, lo que representa un porcentaje del 0,13%, levemente por encima del porcentaje del año anterior.

## 2. Aseguramiento de la Calidad del Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos

Durante el año 2014 se continuó realizando reuniones semanales entre los profesionales del grupo de monitoreo del CTE y profesionales del INQUISUR en las cuales se planificó, estudió y evaluó todo el material relevado y recopilado para la ejecución del presente proyecto.

### 2.1. Desarrollo de Procedimientos

Durante el presente período se realizaron modificaciones al procedimiento de Mantenimientos preventivos de la EMCABB, en base a los manuales de operación y mantenimiento de cada equipo. Asimismo se elaboró el procedimiento para la ejecución de test analógicos, denominado: "Procedimiento para Test Analógicos y congruencia de datos en EMCABB I y II" que permite verificar la congruencia entre los datos obtenidos en el equipo, el *datalogger* y los datos remotos. Se completó la elaboración del Procedimiento de gestión de No Conformidades y se completó el procedimiento de elaboración y control de documentos.

### 2.2. Implementación de QA/QC

- Mantenimientos y chequeos de equipos: Continuaron efectuándose los ensayos establecidos en el Procedimiento de Calibraciones, y en marzo de 2014 se comenzó a aplicar el Procedimiento de Mantenimientos. En todos los casos, ya se comenzaron a mantener los registros correspondientes a cada procedimiento.
- 
- Auditorías Internas: Se definieron los perfiles de los auditores internos, seleccionándose 2 profesionales y un técnico.
- De acuerdo a lo establecido en el procedimiento de auditorías internas, el día 12/8/2014, se realizó la reunión de apertura con el equipo de auditores. En esa oportunidad se acordó el cronograma de ejecución de la auditoría interna.
- El día 5/9/2014 se realizó la primera etapa de esta auditoría interna, en la cual el equipo auditor inició la revisión de toda la documentación del sistema de calidad de las EMCABBs.
- El 19-09-2014 se continuó con la auditoría en la EMCABB. Consintió en la revisión de estado de estación de monitoreo y verificación de registros de calibraciones, chequeos y mantenimientos.
- El 27-11-2014 se realizó la reunión de cierre de auditoría

- El 09-12-2014 se presentó el informe final y se discutieron los hallazgos, observaciones y/o recomendaciones, las oportunidades de mejora, y las no conformidades.

- 

### **3. Caracterización del Material Particulado PM<sub>10</sub>**

En la presente sección se presentan las actividades desarrolladas para el "Estudio de la Emisión y Recepción de Aerosoles Troposféricos en la Zona Industrial y Portuaria de Ingeniero White y Bahía Blanca", y que corresponden al período diciembre de 2013 hasta diciembre de 2014.

#### **3.1. Toma de muestras de material particulado PM<sub>10</sub> en aire ambiente y fuentes**

Se continuaron los muestreos, iniciados el día 20 de julio de 2013, en los dos sitios previamente seleccionados: Sede del CTE (San Martín 3474) y Parque Industrial "Dr. Elicabe". Se completó el plan de muestreo anual en julio de 2014.

El 2 de septiembre de 2014 se tomaron muestras de material condensable de las emisiones gaseosas del proceso de granulación de Profertil SA, debido a que las muestras de material particulado, tomadas en mayo de 2011 por la CNEA, fueron insuficientes para poder realizar los análisis. Estas muestras para el análisis fisicoquímico de metales, metaloides e iones mayoritarios fueron remitidas, en septiembre de 2014 a la Comisión de Energía Atómica (CNEA) para la ejecución de dichos análisis, siguiendo las metodologías publicadas por Smichowski y col.

#### **3.2. Evaluación de los análisis químicos completados a la fecha**

##### **3.2.1. Muestras de calidad de aire:**

- En marzo de 2014, la CNEA efectuó los análisis químicos de metales, metaloides e iones mayoritarios sobre las muestras remitidas en diciembre de 2013 y en nuevos filtros blancos no cargados con muestra.
- 
- En los meses de septiembre y octubre de 2014, se remitieron, al Laboratorio de Microscopía del Conicet Bahía Blanca, las muestras destinadas para el análisis de la determinación de la relación C/S. En ese período también se mantuvieron reuniones con los profesionales de dicho laboratorio para definir la metodología más apropiada para efectuar dichos análisis porque no existe en la bibliografía una metodología normalizada para este tipo de muestras. Esta

metodología también fue discutida y acordada con los investigadores de la CNEA en septiembre de 2014.

- 
- Por otra parte, se evaluó con profesionales del LANAIS (UNS/CONICET) la factibilidad de realizar análisis químicos para determinar carbono total y carbono orgánico total. Al respecto, se remitieron filtros blancos y filtros cargados con muestras para que LANAIS realice los análisis previos. Con los resultados de estos análisis se definirá la utilidad de hacer estos mismos ensayos con las muestras de aire ambiente del monitoreo prolongado.
- 
- En la reunión mantenida los días 29 y 30 de septiembre con los investigadores de la CNEA, se evaluaron los resultados de los análisis fisicoquímicos (metales y metaloides) realizados en los primeros lotes de muestras analizadas de aire ambiente. Los elementos químicos Ba, Hg, Pb, Sb, Ti, Zn y Fe no presentaron dificultades para su cuantificación. Para los elementos químicos Cu, Mn, y Ni fue necesario hacer una revisión de los filtros blancos marca Advantec. Para Mo se requirió hacer esta revisión con los filtros SKC. Para los elementos químicos Cd, Al, Ca, y Mg se decidió repetir los análisis de los filtros blancos con la técnica ICP-OES (sólo se habían analizado con la técnica ICP-MS). Por último, la cuantificación del elemento químico Cr, se revisará repitiendo la calibración del método analítico.

### **3.2.2. Muestras de suelos:**

Complementariamente al informe de resultados de los análisis de metales y metaloides en las muestras de suelos, que fue presentado en febrero de 2013 (Figuras 1 y 2 del Anexo, página 29) se efectuaron evaluaciones adicionales para la definición de los perfiles químicos de los suelos estudiados y para el cálculo de los factores de enriquecimiento (FE)

Los factores de enriquecimiento son indicadores cualitativos que se obtienen calculando los valores numéricos del cociente entre la relación entre la concentración de un elemento químico determinado respecto de la concentración de un elemento químico de referencia determinado en la misma muestra, y la relación entre la concentración del mismo elemento químico respecto del mismo elemento de referencia, ambos determinados en la corteza terrestre. Los valores de referencia de la corteza terrestre son los publicados por Taylor<sup>2</sup>, tomándose como referencia el Ti. Los resultados de FE obtenidos con las muestras de suelo estudiadas muestran que sólo el As y el Cd indicarían un leve enriquecimiento mixto en ambos horizontes de suelo (superficial y sub-

<sup>2</sup> Taylor S.R. "Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table". *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1964, Vol. 28, pp. 1273 to 1285. Pergamon Press Ltd.

superficial) de los perfiles de suelos agrícola, desértico e industrial.(Figuras 3, 4 y 5 del Anexo, páginas 30 y 31).

Estos resultados corresponden a la caracterización física y química de las partículas emitidas por las distintas fracciones de granulometría de los suelos estudiados (Fracción B:  $37\mu\text{m} < B < 50 \mu\text{m}$ ; Fracción A:  $< 37 \mu\text{m}$ ). La notoria presencia de nitratos en las capas superficiales de todos los suelos analizados podrá ser utilizada como marcador del impacto en los aerosoles atmosféricos presentes en Bahía Blanca de todas las actividades que supongan la remoción de suelos.

De acuerdo a lo informado por los profesionales de la CNEA suele considerarse como criterio aceptable, que:

- $EF > 20$  pueden indicar enriquecimiento antropogénico del elemento calculado.
- $EF < 10$  pueden indicar enriquecimiento de la corteza terrestre.
- $10 < EF < 20$  pueden indicar enriquecimiento de ambos orígenes (antropogénico y natural de la corteza terrestre).

Estos resultados son congruentes con los determinados previamente por Blanco y col.<sup>3</sup> en la fracción de 50 a 2000  $\mu\text{m}$  de suelos de la misma región: 4,3 a 8,3  $\mu\text{g g}^{-1}$ . Además, estos autores informaron mayores concentraciones en las fracciones finas. Por otra parte, cabe señalar, que las menores concentraciones de As fueron determinadas en las muestras II y 23 (más cercanas a la planicie de marea), y registraron concentraciones (2,54  $\mu\text{g g}^{-1}$  a 2,73  $\mu\text{g g}^{-1}$ ), muy similares a las concentraciones de la corteza terrestre superficial (2  $\mu\text{g g}^{-1}$ ).

### **3.3. Evaluación de los datos y del estado del proyecto.**

Durante las jornadas de los días 11, 12 y 13 de Junio de 2014, se desarrollaron jornadas de trabajo con la Dra. Laura Dawidowski, investigadora de la CNEA, declaradas de interés municipal. El cronograma de jornadas de trabajo, incluyó dos días de taller interno con personal del CTE é INQUISUR, durante los cuales se evaluaron los resultados preliminares del proyecto, dificultades encontradas (resueltas y no resueltas), se revisaron los protocolos de muestreo y submuestreo, y se inició una capacitación en la metodología de análisis de receptores.

---

<sup>3</sup> Blanco M. C. et al.; "Partition of arsenic in soils sediments and the origin of naturallyelevated concentrations in groundwater of the southern pamparegion (Argentina)"; Environ Earth Sci (2012) 66:2075–2084).

## 4. Muestreo y Análisis de Material Particulado $PM_{2,5}$ en Ingeniero White

### 4.1. Objetivo

Monitorear el material particulado  $PM_{2,5}$  en el casco urbano de Ingeniero White y evaluar la exposición de la población al mismo.

#### 4.1.1. Metodología

- **Punto de Monitoreo**

Casco urbano de Ingeniero White, San Martín 3474.

- **Marco Regulatorio**

El material particulado en suspensión  $PM_{2,5}$  no está regulado en la provincia de Buenos Aires.

Como referencia también podemos mencionar la norma de calidad de aire de la EPA, que es de  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 24 horas y la Ley 1356 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires que es de  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 24 horas.

- **Equipamiento Utilizado**

- **Muestreador:** Reference Ambient Air Sampler (RAAS) marca Thermo Electron Corporation. Cumple con los requerimientos de la EPA como método de referencia, según Título 40, Parte 50 apéndice L, M y J del Código Federal de Regulaciones de EEUU. Con cabezales intercambiables para  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ .
- **Balanza:** Microbalanza Sartorius MESF con una resolución de  $1 \mu\text{g}$  y platillo especial para filtros de 47 mm de diámetro.

- 

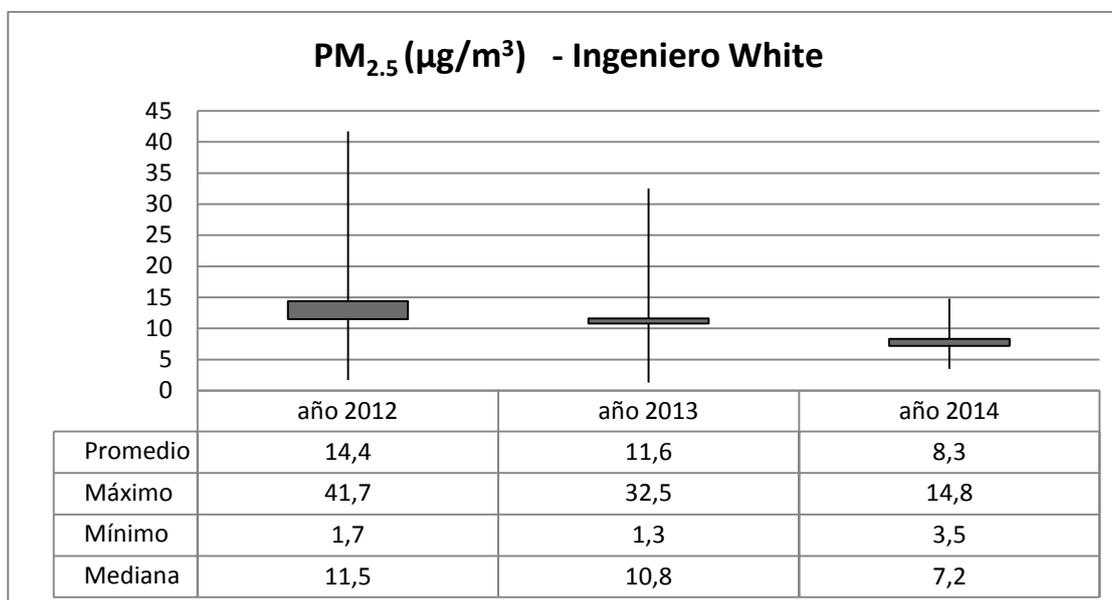
- **Método de Referencia**

De acuerdo a las recomendaciones del manual de calidad de la EPA: Quality Assurance Guidance Document 2.12 Monitoring  $PM_{2,5}$  in Ambient using Designated Reference or Class I Equivalent Methods.

#### 4.1.2. Resultados Obtenidos

Los datos registrados desde el año 2012 indican que, en general, los valores se encuentran debajo de los niveles de referencia indicados. En la figura mostrada a continuación se muestran los

resultados de los 3 años de monitoreo. Como puede observarse El año 2014 fue el que presentó menor dispersión de valores.



## 4.2. Conclusiones

Los resultados de PM<sub>2,5</sub>, indican que se continua con la tendencia de años anteriores en cuanto a valores por debajo de las normas de calidad de aire.

## 5. Deposición Atmosférica de Metales Pesados

### 5.1. Objetivos

En las últimas décadas ha sido importante el auge sobre la investigación del transporte atmosférico de sustancias contaminantes y los efectos sobre la salud y el medio ambiente. Muchos países ya cuentan con planes de monitoreo y cálculos de las tasas de deposición para diferentes contaminantes atmosféricos: metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, COV's, amoníaco, sulfatos, entre otros.

Como ya se mencionó, el programa de vigilancia sobre el estuario se realiza en conjunto con el Instituto Argentino de Oceanografía (IADO - Conicet), encargado de realizar los monitoreos y determinaciones analíticas. Los resultados de estos monitoreos, han demostrado la presencia de metales pesados en agua y sedimentos del estuario durante todos los años de ejecución.

Por ese motivo se intensificaron los controles de metales en los efluentes líquidos de las industrias alcanzadas por la ley 12530. Los resultados de estos monitoreos indican valores bajos, incluso menores al límite de detección en la mayoría de los análisis. A fin de identificar las posibles fuentes de ingreso de metales al estuario se incorporaron monitoreos en descargas pluviales, cursos de agua superficial y descargas cloacales. En estos monitoreos, al igual que en los de las empresas del polo petroquímico y área portuaria, las concentraciones de metales fueron bajas y con un alto porcentaje de valores por debajo del límite de detección.

El IADO ha planteado la posibilidad de ingreso atmosférico de metales con difusión posterior al agua del estuario. Esta hipótesis se refuerza al considerar aquellos metales en donde sus concentraciones han resultado elevadas en todos los sitios de monitoreos, sugiriendo un ingreso multipuntual difuso o atmosférico de metales al estuario. Por esta razón, se inició un programa de Monitoreo de la Deposición Atmosférica, para determinar la tasa de deposición anual de metales para la ciudad de Bahía Blanca y poder estimar el impacto que esta fuente tiene sobre la ciudad, y su estuario. Este es un primer monitoreo preliminar de tipo *screening*, que permitirá establecer las bases para ampliar y dar continuidad a los monitoreos en relación al transporte atmosférico de sustancias contaminantes.

## 5.2. Metodología

### 5.2.1. Técnica de muestreo

Se adoptó como técnica de muestreo, el Método Estándar para la Recolección y Medición de la Precipitación de Polvo (Material Particulado Sedimentable), descrito por la Norma ASTM D 1739-98, con una modificación al mismo, consistente en un período de muestreo de 90 días.

Durante un año – abril/2013 a marzo/2014 –, se realizó el muestreo de manera coincidente con las estaciones climáticas del año (muestreo trimestral), para caracterizar el material particulado en función de estas variables, teniendo presente las condiciones predominantes del viento.

Los recipientes utilizados para la recolección de la muestra eran de PVC, de un diámetro interno de 15,35 cm, ubicado a 2 metros sobre el nivel del suelo. Cumplido cada trimestre de muestreo, las paredes del recipiente y el fondo eran removidos con cepillo de cerdas, y enjuagados con agua tridestilada, que se recolectaba en frascos de vidrio color caramelo y se almacenaban acondicionadas en heladera hasta su procesamiento analítico.

### 5.2.2. Técnica analítica

Pretratamiento:

Las muestras compuestas por agua y sólidos sedimentados, fueron llevadas a sequedad en estufa (40°C). Luego, el residuo seco total disponible para cada muestra fue tratado con un digestor de microondas MARS-5 de última generación, CEM Corporation, USA, empleando ácido nítrico pro-análisis Merck, según norma US EPA SW-3052 (potencia: 400 W; Presión (máx.): 800 psi; Temperatura (máx): 200°C; tiempo: 15 min.). El ácido utilizado fue previamente ultrapurificado (sub- boiled) mediante un destilador BerghofDistillacid BSB-939-IR, GmbH, Alemania.

Análisis químico/ Instrumental:

Las determinaciones de metales (Cd, Pb, Cu, Cr, Pb, Ni y Zn) fueron realizadas utilizando un Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-AES), Shimadzu 9000 Simultáneo de Alta Resolución según norma EPA 200.7.

Los análisis se hicieron por el método de calibrado acuoso externo. En todos los casos se utilizaron patrones/ estándares certificados Chem-Lab, Zedelgem B-8210, Bélgica.

La técnica analítica descrita, fue realizada por el Laboratorio de Análisis Químico del Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida, dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Lanaqui-Cerzos-Conicet).

### 5.2.3. Área de estudio

Los muestreos se realizaron en 5 sitios de la ciudad, 3 de ellos sobre la costa norte del estuario, 1 en el ejido urbano, y otro ubicado en las afueras de la ciudad en la zona norte, vientos arriba de la dirección predominante de vientos para la ciudad. En el siguiente gráfico, se puede observar la ubicación de los diferentes sitios de muestreo.

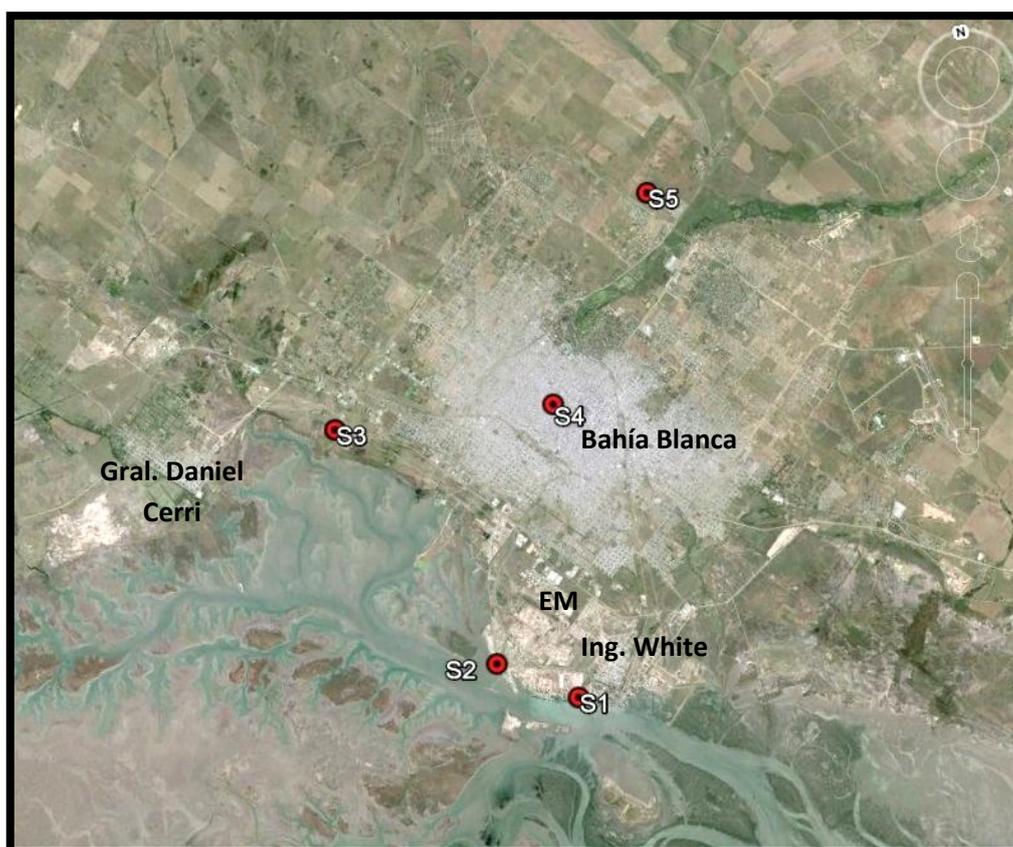


Gráfico I: Ubicación de los sitios de muestreo (S1, S2, S3, S4 y S5) y estación meteorológica (EM).

Los sitios S1 y S2, se ubicaron sobre la costa norte del estuario, y linderos al sector del Polo Petroquímico y Área Portuaria, para evaluar posibles aportes de tipo industrial que pudieran desplazarse vía atmosférica. El sitio S3, también sobre la zona norte del estuario pero en un área más interna del mismo, y hacia el oeste de la ciudad, menos industrializada. El sitio S4, se estableció en el centro de la ciudad para evaluar los aportes antropogénicos, especialmente los ligados al transporte automotor. Por último, el sitio S5, ubicado sobre la parte norte de la ciudad, se estableció como un punto "blanco" tipo *background*, en el cual los aportes a este sitio representaban fuentes de origen agrícola-ganadero provenientes de los campos de la zona norte de la ciudad, no industrializados y de baja densidad poblacional.

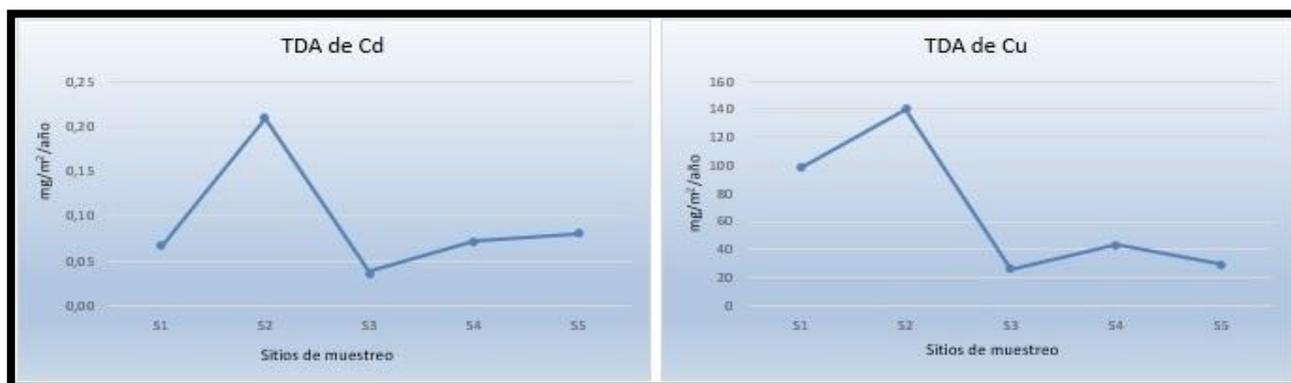
Cabe mencionar que los vientos predominantes de la ciudad provienen del cuadrante norte-noroeste, con una velocidad media anual de 24 km/h.

Con una estación meteorológica (EM) propia, marca Davis, modelo Vantage Pro2 se registraron las direcciones de viento durante el periodo de muestreo, para poder establecer el origen de las potenciales fuentes que aporten metales a la atmósfera.

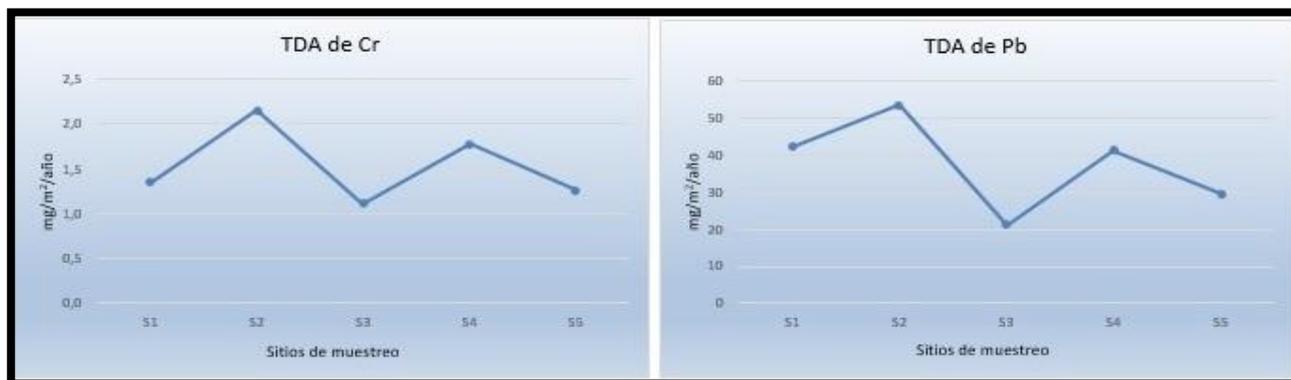
### 5.3. Resultados

Se detectó la presencia de todos los metales en estudio en los 4 períodos de monitoreo.

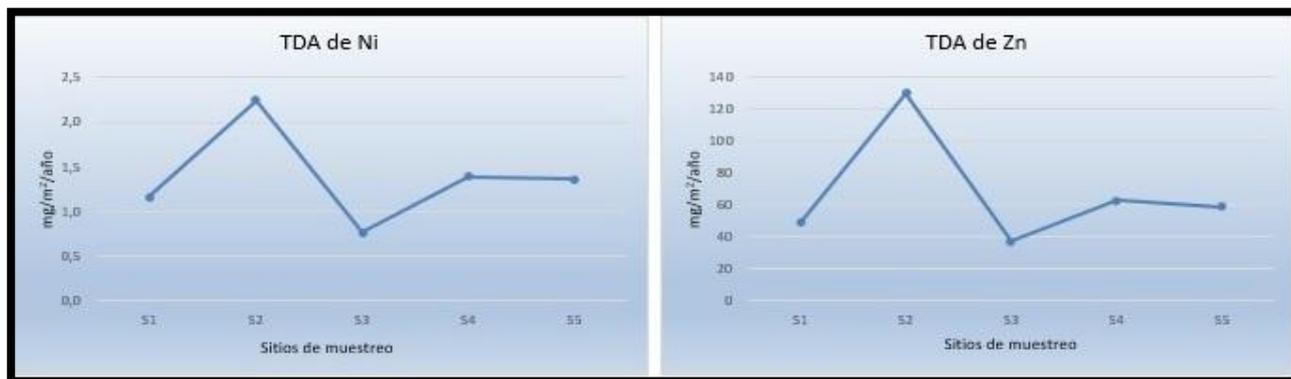
A continuación se muestran en detalle los valores de deposición atmosférica determinados durante el periodo de estudio para los sitios seleccionados.



Gráficos II y III: TDA de cadmio y cobre



Gráficos IV y V: TDA de cromo y plomo



## Gráficos VI y VII: TDA níquel y zinc

Los gráficos muestran una clara tendencia sobre el sitio S2, resultando la mayor Tasa de Deposición Atmosférica (TDA) para todos los metales en estudio. Le sigue en importancia el sitio S1, particularmente con la TDA de cobre y plomo. También se deduce de los gráficos que el sitio S4, presenta una TDA considerable en cromo y plomo (similar a S1), que se diferencia de los otros lugares de muestreo, posiblemente por estar ubicado en el centro de la ciudad recibiendo aportes de tipo urbanos. Los sitios S4 y S5, presentaron tasas de deposición equivalentes para cadmio, níquel y zinc. El sitio S5, presentó un comportamiento similar a S3, el cual presenta la menor TDA para todos los metales evaluados, mostrando la mayor homogeneidad estacional de concentraciones.

Del análisis de los muestreos trimestrales asociados a las estaciones climáticas del año, no se destacan tasas de deposición mayor en función de esta variable, algunas excepciones puntuales resultaron, el cromo que incrementó ligeramente su tasa durante el muestreo de otoño, en el mismo periodo el cobre en los sitios S1 y S2, y el zinc en la estación de invierno.

La tabla I a continuación muestra los valores de TDA expresadas en  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{año}$  para cada elemento. Estos valores representan el promedio general de cada metal para los 5 sitios de muestreo, y estarían indicando la tasa de deposición para el área en estudio.

Tasa de Deposición Atmosférica ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{año}$ )						
	Cd	Cr	Ni	Cu	Pb	Zn
Promedio General	0,093	1,53	1,38	67,44	37,46	67,52

Tabla I: Tasa de Deposición Atmosférica Anual

**Revisión de las Tasas de Deposición Atmosférica en otras ciudades.**

Para poder dimensionar los valores de TDA determinados en este trabajo, se realizó una revisión de las diferentes TDA reportadas en otras ciudades del mundo. La tabla II a continuación da cuenta de esta comparación:

	Cd	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni
Toronto, Canada <sup>1, a</sup>	0,6 - 1,15	1,77 - 8,35	1,93 - 7,35	6,99 - 27,6		0,66 - 3,97
Sydney, Australia <sup>2</sup>		6,50	4,10	47,19		
Al-Karak, Jordan <sup>3</sup>	0,34	4,98	3,32	35,52		
Amman, Jordan <sup>4</sup>	0,14	5,55	4,20	29,68		
Varanasi, India <sup>5, a</sup>	0,24 - 3,03	3,26 - 10,8	0 - 2,84	10,71 - 94,32		
Komae, Tokio <sup>6</sup>	0,06	7,56	3,34	54		
Izmir, Turquía <sup>7</sup>	<b>8,64</b>	44,64	<b>79,2</b>	<b>687,6</b>		
Lublin, Poland <sup>8</sup>	2,22	3,98	5,40	18,31		
Bombay, India <sup>9</sup>	0,60	16,99	11,49	97,2		
Pearl Riv Delta, China <sup>10</sup>		18,6	12,7	104	6,43	
Tor Paterno, Italia <sup>11</sup>	0,36	11,03	11,41	43,64	<b>17,04</b>	<b>12,23</b>
Córdoba, Argentina <sup>12</sup>	0,134	10,93	6,49	108,4	8,10	1,52
<b>Bahía Blanca</b> (este informe)	0,093	<b>67,44</b>	37,46	67,52	1,53	1,38

**Referencias:** (1) Yousaf, 2012; (2) Davis & Birch, 2011; (3) Jaradat *et al.*, 2004; (4) Momani *et al.*, 2000; (5) Sharma *et al.*, 2008; (6) Sakata & Marumoto, 2004; (7) Odabasi *et al.* 2002; (8) Kozak *et al.*; (9) Tripathi *et al.*, 1993. (11) L. Morselli *et al.*, 2004. (12) G. Bermudez *et al.*, 2012. (a) Informado como rango de concentración.

Tabla II: Tasa de deposición atmosférica de metales (mg/m<sup>2</sup>/año) reportados en otros lugares del mundo

Si bien los valores que se presentan en la tabla II, son muy variables, es de destacar que la TDA de cobre y plomo para nuestra ciudad se encuentran entre los reportes más elevados. Los valores de cadmio y zinc no son despreciables y se encuentran en el mismo orden de magnitud o menores que en otras ciudades, al igual que los de níquel.

Por su parte la TDA para el cromo, resultó baja en comparación a los valores informados internacionalmente. Una excepción resulta Izmir en Turquía, una ciudad altamente industrializada, que explicaría los altos niveles allí encontrados. El informe de Bermudez *et al.*, (Córdoba, Argentina), también reporta una alta TDA para el zinc, respecto a otras ciudades.

La bibliografía internacional menciona que la deposición atmosférica de Zn en las zonas agrícolas y urbanas se incrementó a medida que se construían silos y techos de zinc comúnmente utilizados en los graneros y cobertizos de las zonas rurales argentinas, y que la relación Zn / Pb representan una huella característica de la existencia de techos de zinc en las áreas pobladas. También se menciona la relación de algunos elementos (Cr, Cu, Pb y Sb) con el tráfico vehicular, aunque existe cierta controversia con el empleo de los metales como trazadores de fuentes móviles. Por un lado algunos autores concluyen que los metales Pb, Cu, Ni, Cr, Cd, encontrados en las muestras de partículas suspendidas totales son atribuidos principalmente al tráfico vehicular, mientras que metales como Fe, Al, Pb, Cu y Cr aparecen en diferentes tipos de fuentes como suelo, tráfico vehicular e industrias. Otros investigadores consideran que los metales derivados de los vehículos son principalmente Zn, Pb y Ni. Se menciona también en la bibliografía, que los metales evaluados en las partículas inhalables PM10 (Ni, Pb, Cr, Zn), son emitidos a la atmósfera principalmente por el parque automotor, por el uso de combustibles fósiles y el desgaste de neumáticos. Otras fuentes reportadas que contribuyen al aporte de metales (Cd, Cu, Ni, Cr y Zn)

son los depósitos de residuos a cielo abierto, en nuestra ciudad existe un área (ex basural municipal) lindero al estuario y cercano a los sitios S2 y S3 que aún muestra residuos urbanos y en donde se realizan quemas ilegales para la recuperación del cobre presente en los cables de electricidad.

## **5.4. Conclusiones**

Los datos reflejan que existe una deposición atmosférica, y un transporte de contaminantes que impactan sobre la ciudad y que requieren una evaluación más profunda.

Los resultados preliminares mostraron que los sitios S1 y S2 aledaños al sector industrial y zona portuaria presentaron en general las mayores TDA. Es importante aclarar que estos sitios (S1 y S2) se encuentran dentro del perímetro industrial, vinculado con un alto tránsito vehicular pesado, que contribuye al aporte de sustancias contaminantes a la atmósfera. Los sitios S3, S4 y S5 presentaron un comportamiento similar en sus TDA, aunque ligeramente elevadas para el cromo y plomo en el sitio S4, éste se ubica en el centro de la ciudad, y recibe principalmente los aportes del tránsito vehicular. Los sitios S3 y S5 presentaron las menores TDA del área de muestreo, ubicándose ambos puntos vientos arriba de las direcciones predominantes de vientos para la ciudad.

En cuanto a los metales, las tasas de deposición determinadas para el cobre y el plomo en este trabajo, se encuentran entre las más altas reportadas. En muestras de suelos evaluadas de sectores aledaños a la ciudad de Bahía Blanca, las concentraciones de cobre, son ligeramente elevadas respecto a la composición natural de la corteza terrestre, y podría considerarse a esta como la principal fuente del mineral.

La TDA del zinc también resulta importante en términos de aportes de este metal, probablemente el origen sea en buena parte litológico, según las concentraciones determinados en los suelos aledaños a la ciudad, sin descartar el aporte de los techos de zinc en la ciudad.

La TDA de cadmio es baja al compararla con las reportadas en otras ciudades del mundo, aunque las concentraciones de cadmio en los suelos estudiados es alta respecto a la composición natural de la corteza terrestre (del orden de 0,1 ug/g), hallando valores entre 0,4 y 2,0 ug/g en los suelos aledaños, y considerando que no hay industrias que procesen cadmio como materia prima de forma directa, los suelos representarían la mayor fuente de aporte de este metal.



Las TDA del cromo y níquel son bajas al compararlas con las reportadas internacionalmente.

Con estas conclusiones, resulta necesario dar continuidad e incrementar el área de muestreo para conformar una base de datos robusta con la cual se puedan realizar test estadísticos y determinar si hay asociaciones significativas entre las diferentes matrices analizadas y las variables de tipo climáticas, y establecer si las fuentes generadoras de los metales analizados son locales (industriales y/o urbanas), o estamos frente a un evento tipo regional o de mayor escala.

## **6. Conclusiones Generales del Subprograma**

Los valores de  $PM_{10}$  obtenidos en las dos estaciones de monitoreo durante el año 2014 son inferiores a los registrados históricamente. Paralelamente se registraron valores de precipitaciones sensiblemente superiores a la media histórica de la zona.

Respecto a la caracterización del material particulado se completó el año de muestreo, se obtuvieron los primeros resultados y se realizó una capacitación interna sobre el software a utilizar y evaluación del proyecto. .

Se continuó el programa de aseguramiento de calidad de los monitoreos con el objetivo de optimizar la competencia técnica y la confiabilidad de los resultados generados.

Los resultados de  $PM_{2.5}$  en Ing. White, continúan debajo de los valores normados para Calidad de Aire de la USEPA y de Ciudad de Buenos Aires.

Existe una deposición atmosférica, y un transporte de contaminantes que impactan sobre la ciudad y que requieren una evaluación más profunda. Las tasas de deposición determinadas para el cobre y el plomo en este trabajo, se encuentran entre las más altas reportadas al compararlas con la bibliografía internacional. Para el cobre, plomo, zinc y cadmio, posiblemente el origen sea mayoritariamente litológico, según las concentraciones determinados en los suelos aledaños a la ciudad, sin descartar los aportes del parque automotor y los generados por la industria.

Evaluación de desempeño: Se considera que el programa se desarrolló satisfactoriamente, dando continuidad a los monitoreos de contaminantes básicos, al proyecto de caracterización de material particulado y de aseguramiento de la calidad de los monitoreos, y a la nueva implementación de un programa de monitoreo de deposición atmosférica de contaminantes.



# ANEXO

**Programa:** Monitoreo de Cuerpos Receptores

**Subprograma:** Atmósfera

## RESULTADOS EMCABB I

Tabla I Monóxido de Carbono (ppm) – Datos promedio horarios

Año 2014	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Máximo</b>	1,10	0,90	2,56	1,80	1,60	1,97	2,02	2,18	2,08	1,55	0,74	1,10
<b>Promedio</b>	0,30	0,25	0,22	0,57	0,35	0,44	0,58	0,24	0,67	0,30	0,21	0,24
<b>Mediana</b>	0,29	0,17	0,19	0,54	0,21	0,41	0,64	0,22	0,64	0,21	0,19	0,28
<b>Mínimo</b>	< LD	0,04	< LD	0,29	< LD	0,19	< LD	< LD	0,42	< LD	0,08	< LD
<b>Varianza</b>	0,11	0,01	0,02	0,04	0,03	0,04	0,15	0,03	0,03	0,06	0,01	0,06
<b>Desvío estándar</b>	0,34	0,12	0,15	0,20	0,19	0,20	0,38	0,18	0,17	0,25	0,07	0,25
<b>Rango</b>	8,33	0,86	2,53	1,51	1,57	1,78	2,00	2,16	1,67	1,53	0,66	1,08
<b>Numero de datos</b>	721	656	735	593	724	713	728	739	662	691	697	740
<b>Rango inter</b>	0,18	0,18	0,16	0,19	0,54	0,18	0,74	0,23	0,15	0,30	0,08	0,32
<b>Cv</b>	111,55	48,51	69,14	35,1	54,38	46,19	65,82	75,79	25,28	82,26	34,23	106,32
<b>Coef. Skew</b>	19,00	1,02	5,57	2	0,97	3,25	0,04	2,58	2,99	1,05	2,32	0,28
<b>Coef. Kurt</b>	453,47	1,65	74,85	10,41	-0,01	16,57	-0,21	19,64	17,74	0,42	11,46	-0,32
<b>Percentiles</b>												
<b>10</b>	0,05	0,08	0,09	0,41	0,06	0,27	< LD	0,05	0,53	0,05	0,14	< LD
<b>25</b>	0,20	0,11	0,13	0,45	0,12	0,32	0,11	0,09	0,58	0,12	0,16	0,05
<b>50</b>	0,29	0,17	0,19	0,54	0,21	0,41	0,64	0,22	0,64	0,21	0,19	0,28
<b>75</b>	0,38	0,29	0,29	0,64	0,66	0,50	0,85	0,33	0,74	0,41	0,24	0,37
<b>90</b>	0,49	0,38	0,39	0,74	0,78	0,61	0,96	0,45	0,82	0,70	0,28	0,44
<b>95</b>	0,54	0,42	0,44	0,85	0,84	0,70	1,07	0,51	0,91	0,75	0,32	0,48
<b>99</b>	0,66	0,48	0,57	1,32	1,09	1,31	1,56	0,78	1,19	0,86	0,45	0,59
<b>99,99</b>	7,83	0,89	2,45	1,79	1,60	1,97	2,01	2,11	2,06	1,53	0,73	1,08

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,04 ppm.

**Tabla II Dióxido de Azufre (ppb) – Datos promedio horarios**

<b>Año 2014</b>	<b>ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dic</b>
<b>Máximo</b>	13,7	17,0	13,9	sd	19,1	37,7	12,7	24,7	9,4	4,5	4,7	7,0
<b>Promedio</b>	1,2	1,0	1,2	sd	1,8	3,9	1,5	2,4	0,7	0,5	0,5	0,5
<b>Mediana</b>	0,6	0,5	0,6	sd	0,7	1,4	0,8	0,8	0,5	0,3	0,3	0,3
<b>Mínimo</b>	0,3	0,3	0,3	sd	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>Varianza</b>	3,7	2,6	4,5	sd	8,8	43,3	3,9	14,4	1,1	0,4	0,4	0,8
<b>Desvío estándar</b>	1,9	1,6	2,1	sd	3,0	6,6	2,0	3,8	1,0	0,7	0,7	0,9
<b>Rango</b>	27,1	20,7	19,3	sd	35,9	62,7	15,0	30,2	14,4	5,0	5,3	8,8
<b>Numero de datos</b>	720	646	542	sd	725	711	727	739	660	689	696	737
<b>Rango inter</b>	0,6	0,5	0,5	sd	1,2	2,3	1,0	1,7	0,3	0,1	0,1	0,1
<b>Cv</b>	161,8	164,1	171,1	sd	169,5	169,7	133,1	159,9	147,6	122,7	120,0	162,1
<b>Coef. Skew</b>	6,9	5,7	4,6	sd	4,9	3,6	3,8	3,2	8,2	4,2	4,5	5,7
<b>Coef. Kurt</b>	70,7	48,0	25,7	sd	35,0	17,4	17,6	12,3	85,1	19,9	23,2	38,5
<b>Percentiles</b>												
<b>10</b>	0,4	0,3	0,4	sd	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>25</b>	0,5	0,3	0,4	sd	0,4	0,8	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3
<b>50</b>	0,6	0,5	0,6	sd	0,7	1,4	0,8	0,8	0,5	0,3	0,3	0,3
<b>75</b>	1,1	0,8	0,9	sd	1,6	3,1	1,5	2,2	0,7	0,4	0,5	0,4
<b>90</b>	2,8	1,9	2,4	sd	4,1	10,9	3,1	7,3	1,1	0,9	0,9	0,7
<b>95</b>	3,9	3,6	4,9	sd	6,8	17,2	5,3	10,3	1,5	1,8	1,6	1,5
<b>99</b>	9,2	7,4	12,4	sd	15,8	32,3	10,3	19,2	4,3	3,7	4,2	5,0
<b>99,99</b>	27,0	20,5	19,6	sd	35,0	61,6	15,3	30,1	14,5	5,3	5,5	9,0

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,1 ppb.

SD: sin datos

Nota: Los valores corresponden a cálculos en base a datos promedio de una hora, a excepción del máximo que corresponde a 3 horas.



**Tabla III Óxidos de nitrógeno (ppb) – Datos promedio horarios**

<b>Año 2014</b>	<b>ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>díc</b>
<b>Máximo</b>	95,4	101,5	133,6	217,9	220,1	218,7	243,8	203,6	sd	sd	sd	sd
<b>Promedio</b>	6,4	7,2	9,3	13,4	16,7	16,0	19,3	10,2	sd	sd	sd	sd
<b>Mediana</b>	4,5	5,0	6,1	7,0	9,9	9,4	11,4	6,6	sd	sd	sd	sd
<b>Mínimo</b>	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	sd	sd	sd	sd
<b>Varianza</b>	53,3	68,2	150,3	456,9	500,6	463,8	626,3	165,1	sd	sd	sd	sd
<b>Desvío estándar</b>	7,3	8,3	12,3	21,4	22,4	21,5	25,0	12,8	sd	sd	sd	sd
<b>Rango</b>	95,2	101,3	133,3	217,7	219,8	218,4	243,6	203,3	sd	sd	sd	sd
<b>Numero de datos</b>	720	657	735	715	725	711	728	738	sd	sd	sd	sd
<b>Rango inter</b>	5,6	6,1	9,7	12,4	15,0	14,4	18,4	10,5	sd	sd	sd	sd
<b>Cv</b>	114,0	114,8	131,2	159,6	134,2	134,7	129,5	126,3	sd	sd	sd	sd
<b>Coef. Skew</b>	4,6	4,7	4,5	4,5	4,4	4,0	3,8	6,4	sd	sd	sd	sd
<b>Coef. Kurt</b>	38,6	38,6	30,6	28,6	27,9	23,0	21,6	76,5	sd	sd	sd	sd
<b>Percentiles</b>												
<b>10</b>	1,0	1,4	1,0	1,2	2,2	2,1	2,6	1,2	sd	sd	sd	sd
<b>25</b>	2,3	2,6	2,4	2,6	5,0	4,6	5,4	3,0	sd	sd	sd	sd
<b>50</b>	4,5	5,0	6,1	7,0	9,9	9,4	11,4	6,6	sd	sd	sd	sd
<b>75</b>	7,9	8,7	12,1	15,0	20,0	19,0	23,8	13,5	sd	sd	sd	sd
<b>90</b>	13,6	15,1	19,4	30,0	35,2	35,8	41,5	21,8	sd	sd	sd	sd
<b>95</b>	17,7	19,7	30,3	50,4	56,9	51,0	66,0	29,0	sd	sd	sd	sd
<b>99</b>	28,3	36,5	62,8	116,8	105,1	114,0	123,4	50,6	sd	sd	sd	sd
<b>99,99</b>	92,8	100,2	149,1	216,8	219,7	214,8	243,2	196,3	sd	sd	sd	sd

Referencias:

SD: sin datos

**Tabla IV Material Particulado PM<sub>10</sub> (µg / m<sup>3</sup>) – Datos promedio de 24 horas**

<b>Año 2014</b>	<b>ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dic</b>
<b>Máximo</b>	196,3	107,4	112,9	67,2	57,3	81,2	107,2	242,1	130,3	94,4	222,0	257,3
<b>Promedio</b>	83,6	43,8	44,2	36,4	28,4	45,8	38,6	56,6	48,4	35,6	49,9	64,2
<b>Mediana</b>	71,9	40,2	41,9	39,0	18,2	42,6	29,8	45,8	36,2	30,4	40,5	46,1
<b>Mínimo</b>	33,0	11,7	16,1	9,6	5,4	18,9	6,7	3,2	7,8	6,3	6,6	24,4
<b>Varianza</b>	1794,3	494,7	470,8	243,7	165,9	353,4	544,2	2636,8	1128,9	557,8	1682,6	2260,6
<b>Desvío estándar</b>	42,4	22,2	21,7	15,6	12,9	18,8	23,3	51,3	33,6	23,6	41,0	47,5
<b>Rango</b>	163,4	95,7	96,7	57,7	51,9	62,3	100,5	238,9	122,5	88,1	215,3	232,8
<b>Numero de datos</b>	28	24	29	23	28	25	26	27	25	27	28	30
<b>Rango inter</b>	46,4	25,7	28,1	23,1	16,4	30,1	25,1	48,8	44,3	22,9	26,7	29,9
<b>Cv</b>	50,7	50,8	49,1	42,9	45,4	41,0	60,4	90,8	68,0	66,3	82,3	74,1
<b>Coef. Skew</b>	1,2	1,1	1,2	0,0	1,1	0,1	1,4	2,0	1,0	1,2	3,0	2,7
<b>Coef. Kurt</b>	1,2	1,5	2,0	-0,6	1,0	-1,2	2,5	5,6	0,4	1,0	11,1	8,9
<b>Percentiles</b>												
<b>10</b>	40,4	21,5	21,5	16,6	7,7	19,5	11,4	10,5	16,4	10,7	20,4	33,7
<b>25</b>	52,7	28,3	27,2	23,5	10,4	29,4	21,1	23,2	26,6	21,2	30,1	37,8
<b>50</b>	71,9	40,2	41,9	39,0	18,2	42,6	29,8	45,8	36,2	30,4	40,5	46,1
<b>75</b>	99,1	54,0	55,2	46,7	26,8	59,4	46,2	72,1	70,9	44,1	56,8	67,7
<b>90</b>	145,9	70,6	69,7	54,9	38,8	68,5	57,3	114,0	90,3	67,9	87,7	112,2
<b>95</b>	171,1	77,7	73,8	62,3	43,1	70,5	76,4	131,6	117,7	86,5	105,7	140,2
<b>99</b>	192,7	100,9	102,0	66,3	53,5	78,7	101,0	214,0	128,9	93,8	191,8	224,3
<b>99,99</b>	196,3	107,4	112,8	67,2	57,3	81,2	107,2	241,8	130,3	94,4	221,7	256,9

Referencias:

LD: Límite de detección de 2,5 µg/m<sup>3</sup>.



**Tabla V Ozono (ppb) – Datos promedio horarios**

<b>Año 2014</b>	<b>ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>díc</b>
<b>Máximo</b>	49	41	33	29	28	30	31	72	37	43	46	48
<b>Promedio</b>	14	20	16	14	14	16	14	20	21	20	22	24
<b>Mediana</b>	11	19	17	14	14	16	14	21	22	20	22	23
<b>Mínimo</b>	< LD	3	1	1	< LD	1	2	2	2	2	6	4
<b>Varianza</b>	89	51	41	40	41	49	53	50	60	59	60	80
<b>Desvío estándar</b>	9	7	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9
<b>Rango</b>	49	38	32	28	28	29	29	71	36	40	40	44
<b>Numero de datos</b>	719	658	736	714	724	713	729	739	663	692	697	738
<b>Rango inter</b>	13	9	8	9	11	11	12	11	11	10	10	12
<b>Cv</b>	70	37	40	46	47	45	52	35	36	38	35	37
<b>Coef. Skew</b>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Coef. Kurt</b>	0	0	0	-1	-1	-1	-1	3	0	0	0	0
<b>Percentiles</b>												
<b>10</b>	3	11	7	4	5	5	4	10	10	10	12	13
<b>25</b>	6	15	12	9	8	10	8	15	16	15	17	18
<b>50</b>	11	19	17	14	14	16	14	21	22	20	22	23
<b>75</b>	19	24	20	18	19	21	20	25	27	25	27	30
<b>90</b>	27	30	24	22	22	24	24	28	31	31	32	37
<b>95</b>	31	33	26	23	24	26	26	30	32	33	37	40
<b>99</b>	39	37	30	26	26	28	29	32	35	37	41	44
<b>99,99</b>	49	41	33	29	28	30	31	70	37	43	46	48

Referencias:

LD: Límite de detección de 1 ppb.



## RESULTADOS EMCABB II

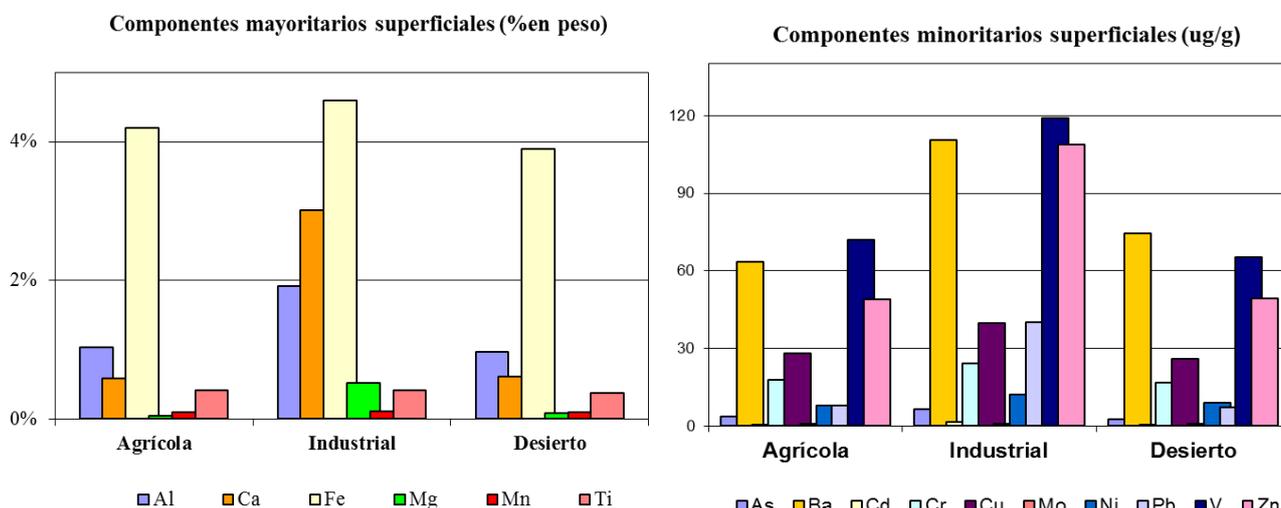
Tabla VI Material Particulado PM<sub>10</sub> (µg /m<sup>3</sup>) – Datos promedio de 24 horas

2014	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Máximo</b>	122,1	65,7	51,4	44,0	35,6	41,0	61,0	100,3	71,1	48,7	98,6	196,0
<b>Promedio</b>	54,0	29,2	29,4	21,9	19,5	23,7	23,2	33,9	29,1	23,4	41,7	57,4
<b>Mediana</b>	48,2	27,8	26,4	19,9	19,0	22,6	19,3	23,8	24,5	19,6	32,3	46,7
<b>Mínimo</b>	26,6	11,7	10,3	6,5	8,1	12,4	7,5	3,4	6,3	7,3	7,4	28,6
<b>Varianza</b>	507,5	152,2	133,2	124,1	57,5	84,1	155,0	575,9	289,3	135,4	358,7	1151,4
<b>Desvío estándar</b>	22,5	12,3	11,5	11,1	7,6	9,2	12,5	24,0	17,0	11,6	18,9	33,9
<b>Rango</b>	95,5	54,0	41,1	37,5	27,5	28,6	53,5	96,9	64,8	41,4	91,2	167,4
<b>Numero de datos</b>	31	28	31	30	31	30	31	31	30,	31	27	31
<b>Rango inter</b>	25,8	14,1	19,4	17,4	11,6	12,6	16,8	27,7	24,7	15,0	16,1	18,7
<b>Cv</b>	41,7	42,2	39,3	50,9	38,9	38,7	53,7	70,8	58,4	49,7	45,4	59,1
<b>Coef. Skew</b>	1,4	1,1	0,4	0,3	0,6	1,0	1,1	1,3	0,9	0,7	1,6	2,9
<b>Coef. Kurt</b>	2,2	1,8	-1,0	-1,2	-0,5	0,7	1,3	1,3	0,1	-0,5	3,2	9,4
<b>Percentiles</b>												
<b>10</b>	32,6	15,7	16,4	8,6	11,2	13,6	10,2	13,3	14,1	10,0	20,9	33,9
<b>25</b>	40,3	19,9	19,3	12,4	13,1	16,8	14,5	17,1	17,4	15,2	27,3	40,7
<b>50</b>	48,2	27,8	26,4	19,9	19,0	22,6	19,3	23,8	24,5	19,6	32,3	46,7
<b>75</b>	66,1	34,0	38,7	29,8	24,7	29,4	31,3	44,8	42,1	30,3	43,4	59,4
<b>90</b>	75,7	42,8	47,7	35,0	29,1	35,0	37,4	62,2	50,9	41,3	64,0	84,8
<b>95</b>	96,7	51,5	48,7	39,8	33,7	39,6	40,4	82,4	64,2	43,9	69,4	119,9
<b>99</b>	118,3	62,0	50,7	43,0	35,6	47,1	55,0	97,9	70,1	47,3	91,5	176,9
<b>99,99</b>	122,0	65,6	51,4	44,0	35,6	49,5	60,9	100,3	71,0	48,7	98,5	195,8
<b>% &lt;LD</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>&gt;150</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0

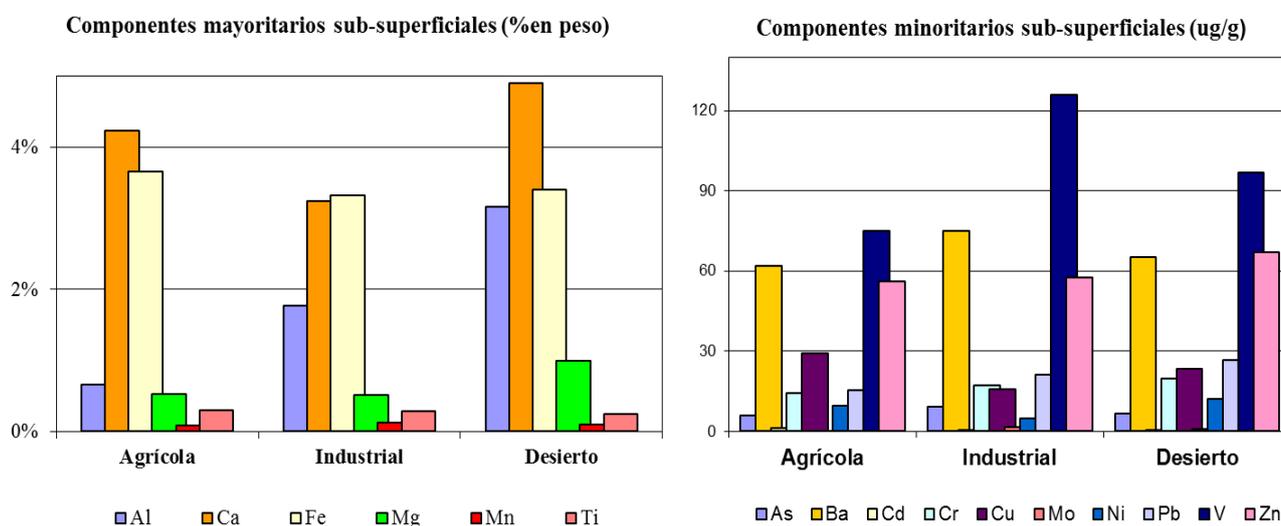
## PROYECTO CARACTERIZACION DE MATERIAL PARTICULADO PM10

Resultados de los análisis suelo

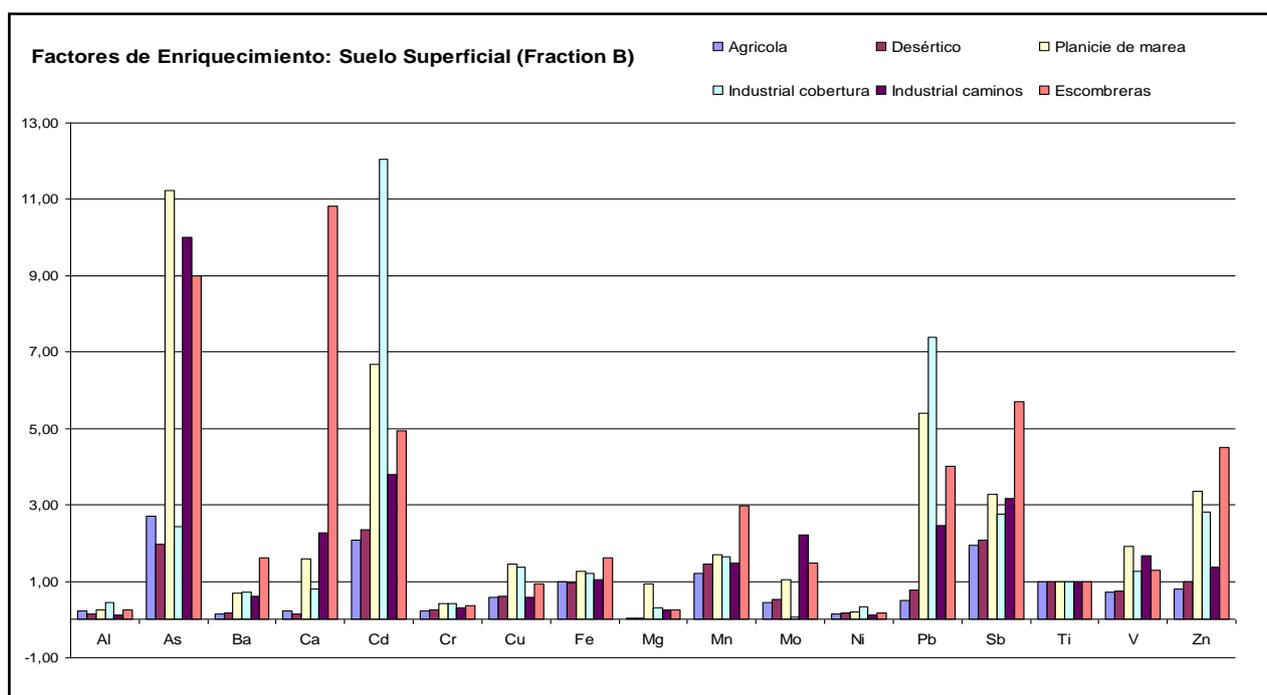
**Figura 1:** Componentes mayoritarios (a) y minoritarios (b) en suelos **superficiales**



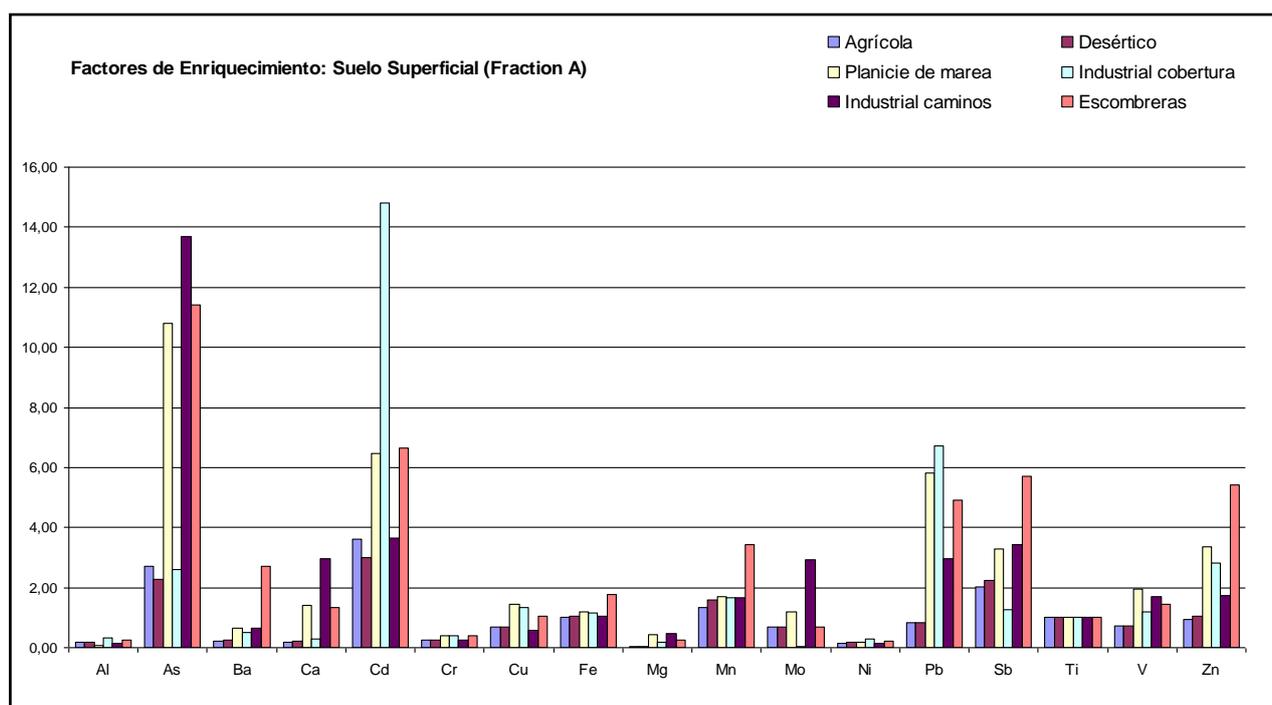
**Figura 2:** Componentes mayoritarios (a) y minoritarios (b) en suelos **sub-superficiales**



**Figura 3:** Gráficos de los Factores de Enriquecimiento de metales y metaloides en los horizontes de suelo **superficiales**. Fracción B ( $37\mu\text{m} < B < 50 \mu\text{m}$ ).

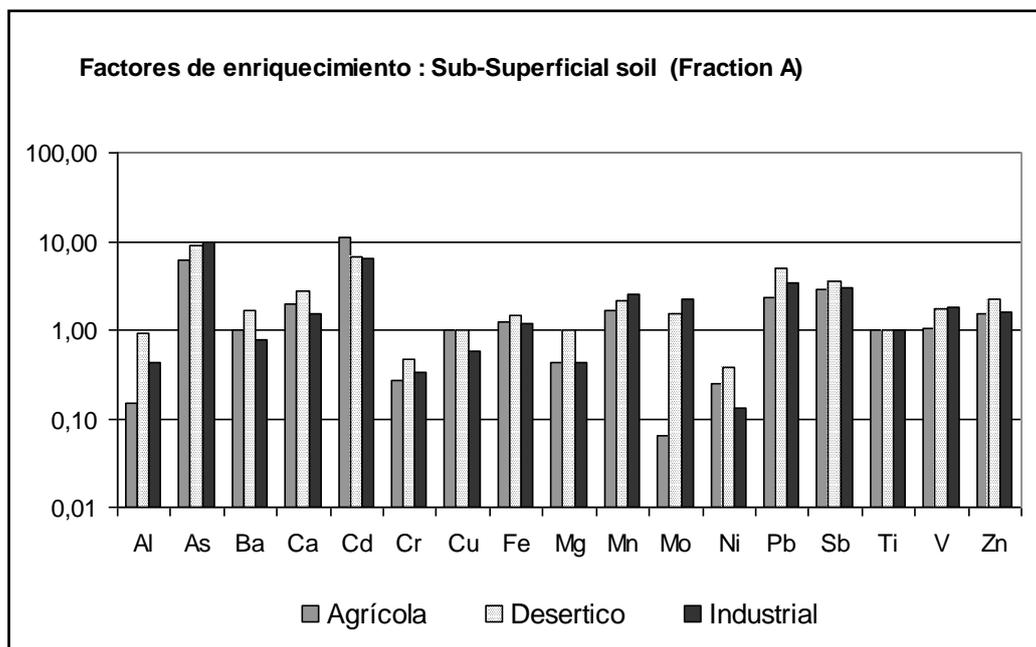


**Figura 4:** Gráficos de los Factores de Enriquecimiento de metales y metaloides en los horizontes de suelo **superficiales** Fracción A ( $< 37 \mu\text{m}$ )

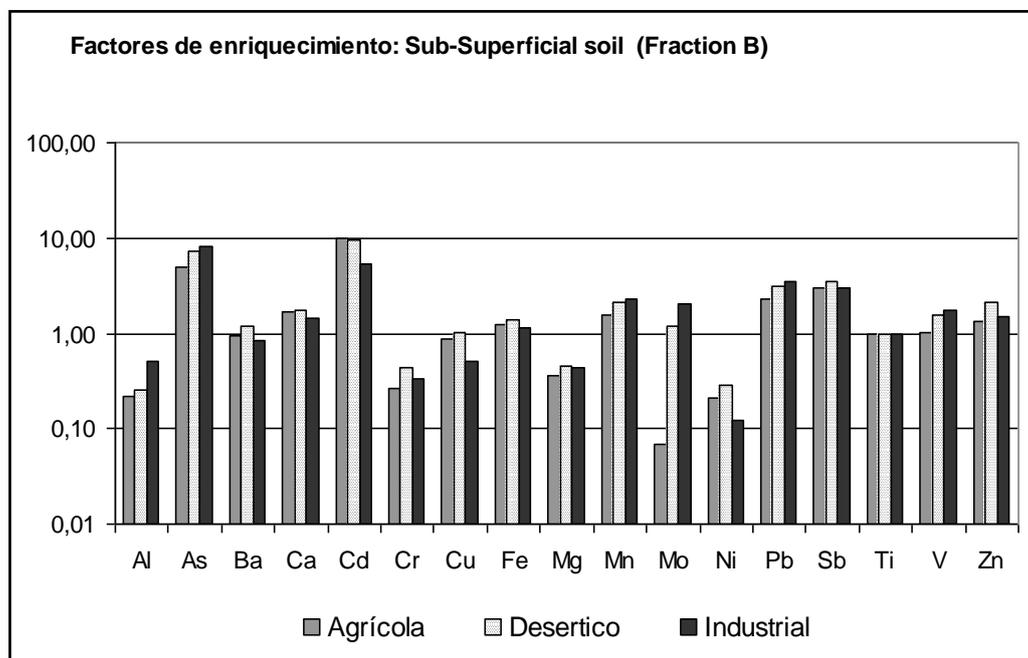




**Figuras 5a y 5b:** Gráficos de los Factores de Enriquecimiento de metales y metaloides en los horizontes de suelo **sub-superficiales**.



(5a) Fracción A (< 37 µm)



(5b) Fracción B (37µm < B < 50 µm)