



# BIOMONITOREO AMBIENTAL APÍCOLA DE LA FÁBRICA DE CEMENTO ANCAP DE MINAS

## INFORME 2015

Redactado por: **Robin AZEMAR**  
Encargado de proyectos

**APILAB**

10 rue Henri Bessemer  
17140 LAGORD, FRANCIA  
[www.apilab.fr](http://www.apilab.fr)

Tel: +335 46 34 10 71  
Fax: +335 35 54 01 98  
Email: [contact@apilab.fr](mailto:contact@apilab.fr)

A: **Ing. Rosario MARTINO**  
Jefe de Medio Ambiente

**ANCAP**

Gerencia Medio Ambiente, Seguridad y  
Calidad  
Humboldt 3900  
11900 Montevideo, URUGUAY

Tel: +598 2 1931  
Email : [martino@ancap.com.uy](mailto:martino@ancap.com.uy)

Fecha: 15/06/2015

Número de páginas: 56

## Resumen

<b>Definiciones.....</b>	<b>3</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>Contexto del biomonitoreo .....</b>	<b>5</b>
<b>El biomonitoreo por la abeja: .....</b>	<b>7</b>
<b>Metodología APIDIAG .....</b>	<b>9</b>
1) Definición .....	9
2) Instalación de las colmenas.....	9
3) Tipos de colmenas.....	9
4) Mantenimiento de las colmenas.....	10
5) El muestreo y el acondicionamiento de muestras.....	10
6) Procedimientos analíticos y expresión de los resultados brutos.....	11
7) Herramientas para la interpretación de los resultados .....	11
<b>Resultados del estudio del sitio de la planta de cemento de Minas .....</b>	<b>14</b>
1) Implantación de los apiarios .....	14
2) Condiciones de muestras .....	15
3) Análisis de los elementos traza metálicos.....	16
4) Análisis de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP):.....	22
5) Análisis de los pesticidas .....	28
6) Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) .....	31
7) Policlorobifenilos indicadores (PCBi).....	33
8) Análisis de las partículas.....	37
<b>Conclusiones .....</b>	<b>53</b>
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>56</b>

## Definiciones

---

### **Bioacumulación**

La acumulación de compuestos del ambiente en un organismo vivo.

### **Biodisponibilidad**

Propiedad de una sustancia para ser absorbida y metabolizada por un organismo vivo.

### **Bio-indicador**

Organismo testigo de las variaciones de factores abióticos o bióticos en su entorno.

### **Biosfera**

Conjunto de los seres vivos y de su entorno en la Tierra.

### **Biomonitoreo o biomonitoring**

Monitoreo de contaminantes en un ambiente a través de sus efectos en los organismos y ecosistemas.

### **Ecotoxicología**

Es el estudio:

- de los efectos tóxicos de los agentes químicos o físicos en los organismos y ecosistemas.
- de los caminos de transmisión de estos agentes y sus interacciones con el medio ambiente.

### **Factores abióticos**

Factores fisicoquímicos de un ecosistema (pH, luz, salinidad, etc.).

### **Factores bióticos**

Interacciones / relaciones de organismos que viven en otro, dentro de un ecosistema (depredación, competición, simbiosis, etc.)

### **Hidrófobo/Lipófilo**

Un compuesto se dice lipófilo o hidrófobo cuando es soluble en cuerpos grasos, pero insoluble en agua.

### **Xenobióticos**

Sustancia extraña en el organismo vivo. Término generalmente utilizado para una molécula contaminante que puede ser tóxica para el cuerpo, incluso a bajas concentraciones.

## Introducción

---

En la unión europea, la vigilancia del medio ambiente con métodos biológicos se impone como un complemento interesante de las campañas de medidas tradicionales. De hecho, la medición y los modelos de dispersión aportan una información cuantitativa muy precisa mientras que el biomonitorio informa, en general, de los efectos de los contaminantes y la impregnación del medio ambiente. Además, el biomonitorio es muy útil cuando la fuente de emisión es móvil, desconocida o difusa y/o cuando los parámetros de dispersión son demasiado complejos por definir.

Además de sus ventajas puramente técnicas, el biomonitorio también ofrece un enfoque pedagógico en la vigilancia del medio ambiente. La información cualitativa obtenida del medio ambiente por un organismo vivo es una herramienta de comunicación eficaz para el público en general. Es más fácil imaginar el peligro de la contaminación observando sus efectos en un organismo vivo que comparando números. En este sentido el biomonitorio se convierte en una herramienta de sensibilización para la biodiversidad y el desarrollo sostenible.

En este contexto, APILAB ha desarrollado un método original de biomonitorio fiable utilizando abejas como herramienta de medición.

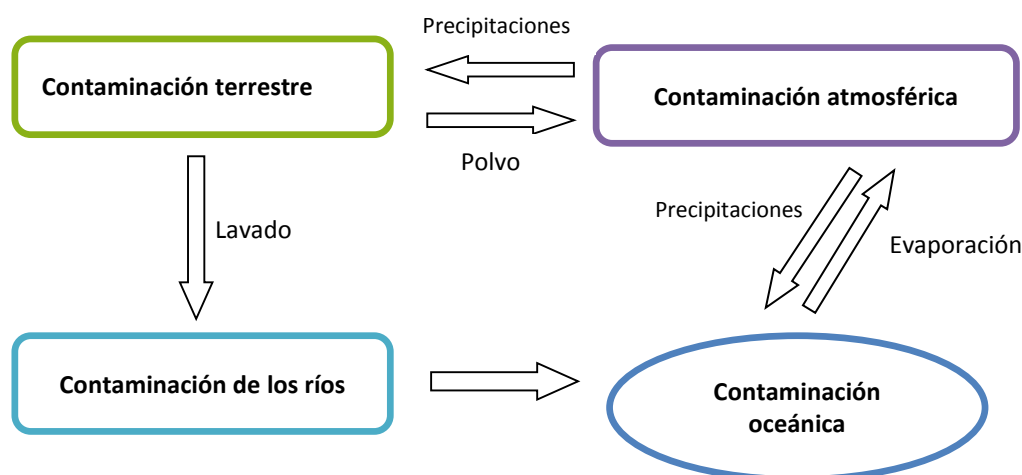
## Contexto del biomonitoreo

Existe diferentes canales de entrada de los contaminantes en el medio ambiente: a través del agua, por la atmósfera y por los suelos.

Tabla 1: Ejemplos de canales de entrada de contaminantes en el medio ambiente

Canales de entrada hacia el agua	Canales de entrada en la atmósfera	Canales de entrada hacia los suelos
Rechazos domésticos	Chimeneas domesticas ( <i>en particular hidrocarburos</i> )	Vertederos industriales (u otros)
Rechazos industriales	Chimeneas industriales ( <i>en particular hidrocarburos</i> )	Aplicación de pesticidas en agricultura
Rechazos nucleares	Combustión de motores	Utilización de barros de esparcimientos
Arroyados en los suelos	Aplicación de pesticidas	Inundaciones
Sedimentos en el mar	Aerosoles	Precipitaciones
Transportes marítimos	Etc.	Etc.
Desde la atmósfera		
Etc.		

Sin embargo, todos los compartimientos (aire, agua y suelo) son relacionados entre ellos y eso significa que una contaminación es raramente contenida en un solo compartimiento.



Por tanto es necesario evaluar la contaminación de forma general a fin de aprehender la totalidad de la contaminación. Como tal, el uso de especies bioindicadoras permite observar cambios en las condiciones ambientales. Eso se llama el « biomonitoreo ».

Según los estudios de Garrec et Van Haluwyn<sup>1</sup>, el biomonitoreo se basa en la capacidad de algunos organismos vivos para reaccionar a la exposición de uno o varios contaminantes para revelar una alteración del medio ambiente y controlar su evolución.

El biomonitoreo incluye 4 conceptos situados a diferentes niveles de organización biológica:

- El **bio-marcador** que se coloca al nivel sub-individual. El contaminante provoca efectos no visibles a simple vista (ejemplo: perturbación de la fotosíntesis).
- El **bio-indicador** que se coloca a escala individual. Se puede ver a ojo las alteraciones fisiológicas o morfológicas del organismo (ejemplo: cambio de colores de los tejidos).
- El **bio-integrador** que toma en cuenta el estado de una población de individuos (ejemplo: modificación de la densidad de una población).
- La **bioacumulación** es la propiedad de ciertas especies de acumular contaminantes en sus tejidos sin alteración observable. El organismo bio-acumulador sirve entonces de base de datos para medir los contaminantes.

Una « buena » especie bio-indicadora debe cumplir con ciertos criterios. En particular, debería ser relativamente fácil de muestrear y abundante en la zona de estudio, debe ser resistente, sedentaria y debe ser de tamaño importante para proporcionar suficiente tejido para su análisis.

Así, entre las especies bio-indicadoras, se usan generalmente musgos, líquenes, algas, peces, crustáceos, batracios, moluscos así que muchas plantas. Por ejemplo, las truchas se utilizan desde años para controlar la calidad de las estaciones de bombeo de agua a través de la salud de las truchas (cuando mueren, es un signo de degradación de la calidad del agua). Otro ejemplo, los líquenes son estudiados desde hace más de 10 años en el seguimiento de la calidad del aire.



En el contexto del biomonitoreo, la abeja también se puede utilizar como un bio-indicador para controlar la calidad del medio ambiente y su evolución.

<sup>1</sup> Garrec J.P., Van Haluwyn C. Biosurveillance végétale de la qualité de l'air. Tec et Doc – Lavoisier, 2002

## El biomonitoreo por la abeja:

Las abejas son indicadores fiables de la calidad del medio ambiente sobre todo debido a su intensa actividad de polinización que los pone en contacto con una gran cantidad de contaminantes en un radio que generalmente oscila de 1,5 hasta 3 km alrededor de la colmena, dependiendo de la abundancia de comida<sup>2</sup>.



De este modo, muestrean los contaminantes del suelo a través del néctar, del polen y de la mielada que se acumulan en las plantas y los árboles. Pero también extraen agua cuando beben en charcos y zanjas (una colonia de abejas bebe un promedio de 100 litros de agua por año). Por último, volando se recogen los contaminantes del aire, ya que crean un campo electrostático alrededor de ellas y así capturan en sus cuerpos las partículas suspendidas en el aire.

Crédito foto: fotolia

Por lo tanto, la propia actividad de la abeja le hace una muestreador excepcional. Según Claudio Porrini<sup>3</sup> : « si tenemos en cuenta que una colmena contiene un promedio de alrededor de 40 000 abejas, y una cuarta parte de ellas son pecoreadoras que a diario « visitan » mil flores cada una, se puede estimar que una colonia de abejas realiza diariamente 10 millones de micro-muestras. »

Por otra parte, la bioacumulación de contaminantes en la abeja puede causar cambios en el rendimiento: cambios del color de los tejidos, cambio del comportamiento de vuelo, degeneración celular, etc. Estos disturbios repercuten luego a los niveles ecológicos superiores: individuo → población → ecosistema. Por esos cambios, los individuos hacen un balance del estado de salud de los ecosistemas y permiten un análisis ecotoxicológica, es decir un análisis de las consecuencias ecológicas de la contaminación del medio ambiente.

Dadas sus características y su capacidad de respuestas a las variaciones ambientales, las abejas se utilizan para la vigilancia del medio ambiente por más de 20 años. De hecho, los estudios CNRS/INRA<sup>4,5,6</sup> han demostrado que la abeja es una herramienta adecuada para realizar diagnósticos ambientales.



<sup>2</sup> Chauzat M.P., Carpentier P., et al. Influence of pesticides residues in honeybee (Hymenoptera: Apidae) colony health in France. *Environ Entomol* 2009; 38:514-23

<sup>3</sup> Porrini C. Les origines de l'utilisation de l'abeille comme indicateur biologique. *Bulletin Technique Apicole* 35 (4), 2008, 162-164.

Por ejemplo, un estudio francés ha demostrado que las abejas pueden ser usadas para caracterizar el nivel de contaminación del medio ambiente por los HAP y metales pesados<sup>4</sup>.

Por otra parte, las abejas han sido utilizadas para detectar la presencia de radioisótopos en el medio ambiente después de la catástrofe de Chernóbil y en otros casos de accidentes industriales<sup>5</sup>.

Esto llevo el gobierno a recurrir a esta herramienta de diagnóstico y, en 2008, por primera vez en Francia, el Consejo general del Isère ha establecido un observatorio departamental en calidad ambiental utilizando abejas como bio-indicador<sup>6</sup>.

A partir de los estudios realizados por los laboratorios de investigación, APILAB logró su propio trabajo interno de factibilidad para crear un índice de calidad ambiental “Abeja” y supervisar la actividad de las colonias de abejas en tiempo real. APILAB ha lanzado su primer estudio de biomonitorio de un sitio con abejas en 2011 y se posiciona hoy como un líder en el biomonitorio ambiental apícola.

---

<sup>4</sup>Devillers J. Utilisation de l'abeille pour caractériser le niveau de contamination de l'environnement par les xénobiotiques. Bulletin Technique Apicole (35) 4, 2008, 179-180.

<sup>5</sup>Porrini, C. Les abeilles utilisées pour détecter la présence de radio-isotopes dans l'environnement. Bulletin Technique Apicole (35) 4, 2008, 168-178.

<sup>6</sup>Leoncini, I. L'observatoire en Isère: la colonie d'abeilles, témoin de la qualité environnementale. Bulletin Technique Apicole (35) 4, 2008, 165-167



## Metodología APIDIAG

---

### 1) Definición

El método de biomonitorio APIDIAG consiste en instalar colmenas en un sitio basado en sus datos topográficos y climáticos y en recoger las abejas para los análisis de acuerdo a los contaminantes específicos. Este es un método de exposición y de muestreo de abejas para el estudio de la bioacumulación de sustancias que caracterizan la contaminación ambiental. Este método permite efectuar comparaciones espaciales y temporales.

### 2) Instalación de las colmenas

En el caso en que las colmenas no estén presentes en el sitio o alrededor del sitio de estudio, APILAB instala o hace instalar las colmenas por un apicultor local (al mínimo 3 colmenas por cada apiario); se llama el apiario bio-indicador. Un apiario testigo también puede ser instalado a una distancia de 6 a 12 kilómetros del apiario bio-indicador (o según la topografía local), protegido de los vientos dominantes y en una área con poca influencia antrópica para usar como referencia. La implementación de las colmenas se realiza conforme a la normativa local o nacional que eventualmente define las distancias a respetar entre apiarios, vecinos y vía pública.

La ubicación también debe cumplir con ciertos requisitos para asegurar buenas condiciones de vida de las abejas. En particular, las colmenas deben ser protegidas de la humedad evitando las zonas húmedas o inundables y elevando las colmenas del suelo. Las colmenas están protegidas contra el viento y el calor extremo, dirigidas preferentemente hacia el sur-sureste y colocadas en una zona de sombra si es necesario. Por último, fuentes para libar y beber agua deben estar presentes en un radio de 3 km alrededor de las colmenas.



### 3) Tipos de colmenas

La variedad de abejas utilizada es preferentemente la « Buckfast », raza particularmente tranquila por lo tanto adaptada al biomonitorio de sitios con una actividad humana cerca. Otras especies pueden ser utilizadas en la medida que no presentan agresividad excesiva (ex:

*Apis mellifera caucasica* y *Apis mellifera cerana*). En todo caso, las colmenas deben estar populosas y sin patología.

Las colmenas utilizadas son de tipo Dadant o Langstroth 10 cuadros (Dimensiones externas: L50 x l43  $\pm$ 0,5cm). Por lo general están hechas de madera; en ese caso el exterior será protegido de la humedad con un tinte o pintura (libre de contaminantes tales como el plomo). También pueden ser de plástico de calidad alimentaria.

Antes de la instalación, y si el material no es nuevo, todos los elementos de plástico o de metal serán lavados con detergentes autorizados en el sector de alimentos y desinfectados con lejía, luego bien enjuagados con agua. Para la renovación de la madera y la desinfección (si los hay) se utiliza detergentes alcalinos autorizados en el sector de la alimentación.

#### 4) Mantenimiento de las colmenas



Con el fin de lograr bien el monitoreo del medio ambiental a largo plazo, es necesario que el apiario bio-indicador sea bien mantenido. Con este fin, se realiza un control de las colmenas por el apicultor al menos 1 vez al mes durante el periodo de actividad de las colonias de abejas.

Durante estas visitas, un fumador puede ser utilizado, salvo en un periodo de 20 días antes de cada muestra.

Tratamientos contra enfermedades de las abejas (especialmente *Varroa*) también se administran una o dos veces al año, o más si es necesario. Las colonias pueden ser alimentadas si es necesario con miel o jarabe de azúcar o caramelo.

Por último, la miel de las colmenas puede ser cosechada por el apicultor de acuerdo con las técnicas habituales y frecuencias de la profesión. Excepto disposiciones contractuales específicas, la miel cosechada sigue siendo propiedad del apicultor propietario de las colmenas.

#### 5) El muestreo y el acondicionamiento de muestras

Las muestras se toman a intervalos de 3 meses en el periodo de actividad de las abejas o 3 muestras anuales. Durante un programa de medición de varios apiarios bioindicadores, las muestras se hacen si es posible en el mismo día o en un máximo de 48 horas.

Un intervalo mínimo de  $30 \pm 2$  días se mantiene entre la instalación del apiario y la primera muestra. Este periodo corresponde al tiempo de exposición mínimo necesario para que los xenobióticos en el entorno se acumulen en los tejidos del cuerpo de las abejas.

Las muestras son tomadas por personal capacitado en manejo de las abejas y en buenas prácticas de laboratorio. Las abejas son recogidas y anestesiadas con dióxido de carbono y envasadas en frascos de vidrio tintado codificados según referencias internas. Después de cada muestra, una limpieza rigurosa del material es realizada.



La muestra global por apiario se constituye de muestras elementales realizadas de manera uniforme en un mínimo de 3 colmenas a fin de superar las variaciones que pueden existir entre las diferentes colmenas.

Una muestra representa un total de 100g de abejas, de casta « pecoreadora » en vuelo de regreso (de edades comprendidas entre 18 y 24 días)<sup>7</sup> con el fin de superar la variación biológica entre individuos de la misma colmena.

Se envían inmediatamente cada muestra al laboratorio donde esta conservada a -20°C hasta su análisis.

En caso de búsqueda de pesticidas, se toman muestras de cera de abeja cortando un trozo de 25cm<sup>2</sup> de cera en un cuadro de cría, evitando la presencia de larvas, de pan de abejas y de miel. Se limpia la muestra de esos elementos, se envasa en un frasco de vidrio tintado y se envía inmediatamente al laboratorio.

En el caso de un estudio de las partículas, cinco abejas por apiario son retiradas y envasadas individualmente en tubos Eppendorf y conservadas a -20°C hasta su procedimiento en « microscopio electrónico de barrido » (MEB).

## **6) Procedimientos analíticos y expresión de los resultados brutos**

Los análisis están realizados por diferentes laboratorios independientes acreditados COFRAC según los contaminantes buscados.

Así se presentan los nombres de los laboratorios, los métodos analíticos, los límites de cuantificación y el valor de expresión de los resultados, por cada familia de contaminantes, en el resto de este informe en el preámbulo de los resultados del análisis.

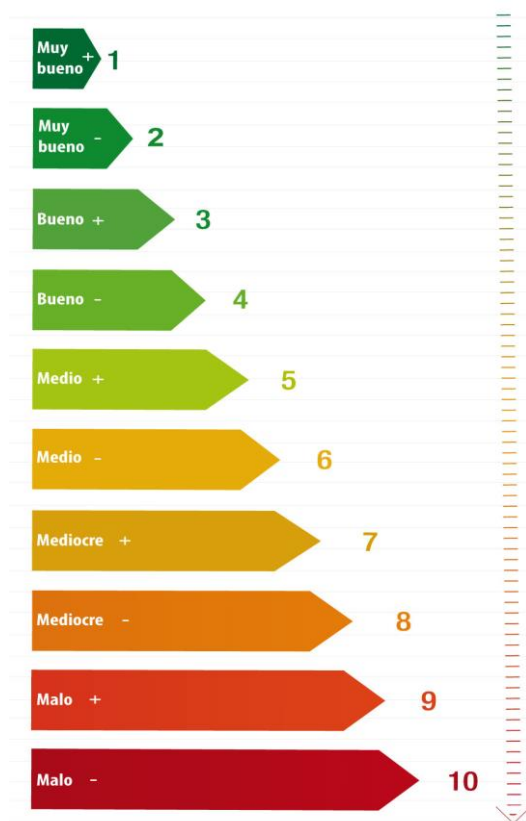
## **7) Herramientas para la interpretación de los resultados**

Hasta la fecha, no existen valores normativas de los contenidos de los contaminantes en las abejas. Las herramientas de interpretación de los resultados utilizadas por APILAB dependen de las familias de contaminantes analizados.

---

<sup>7</sup> Dukas R., Mortality rates of honeybees in the wild. *Atherosclerosis*. 2008;55:252-5

### Elementos traza metálicos y HAP:



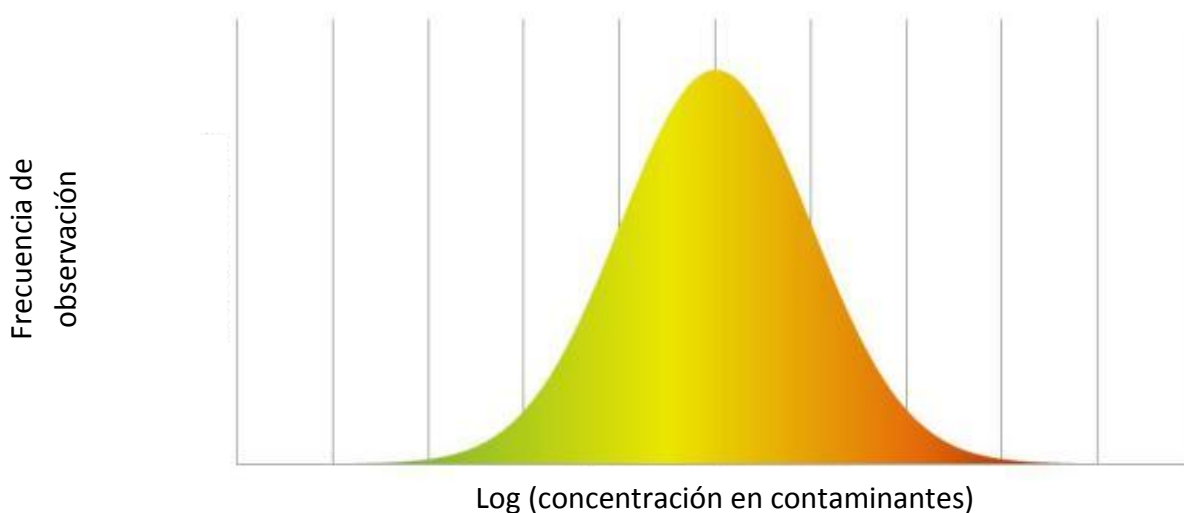
Para las trazas metálicas y los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP), indicadores de calidad ambiental abeja han sido desarrollados internamente por APILAB en la base de datos de la literatura científica nacional e internacional y de los análisis de contaminantes tomados de las abejas. El objetivo de estos índices es cuantificar el nivel de contaminación del sitio estudiado en comparación al nivel medio de contaminación establecido.

Índices fueron creados para los siguientes contaminantes que son especialmente perjudiciales para la salud humana:

- Elementos traza metálicos : Plomo (Pb), Cadmio(Cd), Arsénico (As)
- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos : PAH4 (suma del benzo[a]pireno, del benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y del criseno)

Estos índices se determinaron después de un análisis estadístico de los datos analíticos a los cuales una transformación logarítmica se aplicó primero a los valores para acercarse de una distribución « normal ». Estos valores fueron divididos en diez clases de concentrado de contaminantes con el fin de obtener un índice en una escala de 1 hasta 10. Por último, una cualitativa (de « muy bueno » a « malo ») fue atribuida por clase.

### Curva de Gauss



### **Otros contaminantes analizados con las abejas:**

Para los otros contaminantes buscados en las abejas, como los PCB, dioxinas / furanos y COV, no hay datos suficientes para construir un índice de calidad ambiental abeja.

La interpretación de los datos se realiza por comparaciones espacio-temporales. Por un lado, están enfrentados **las concentraciones con los valores observados en el apiario testigo** considerado como representativo del ruido de fondo local. Por otra parte, se analizan las variaciones en curso del tiempo: variaciones estacionales y anuales.

Cuando disponemos de un numero de mediciones suficiente, **los promedios espaciales o temporales son comparados estadísticamente** mediante la prueba de Student, con un riesgo de error  $\alpha = 0,05$ .

### **Pesticidas:**

No se buscan los pesticidas en las abejas pero en la cera. De hecho, las abejas son particularmente sensibles a ese tipo de contaminantes y pueden sucumbir rápidamente en caso de contacto. Por lo tanto la matriz abeja no es adecuada para estos análisis. Al contrario, la cera de abejas acumula muy bien los pesticidas que no se deterioran (o muy lentamente) en esta matriz.

Los datos son interpretados comparando las concentraciones en el tiempo. El análisis se centró particularmente en el desarrollo de nuevos pesticidas que no están presentes previamente en la cera y/o en el aumento significativo del contenido inicialmente presente en pesticidas. Estas observaciones son de hecho el resultado directo de contaminación del medio ambiente.



## Resultados del estudio del sitio de la planta de cemento de Minas

### 1) Implantación de los apiarios

Para evaluar la calidad ambiental del sitio de producción de cemento ANCAP de Minas, las muestras se llevaron a cabo en seis apiarios implantados desde hace más de un mes en el entorno de la planta. La foto satélite (Figura 1) ilustra la localización de los apiarios de muestreo alrededor de la zona de destino (marca blanca en la Figura 1). De esos 6 apiarios, 2 son bio-indicadores (marca azul en la Figura 1). Se encuentran en un radio de 3 km alrededor de la planta. Los 4 otros apiarios testigos permiten medir la base ambiental (marca roja en la Figura 1). Se encuentran a más de 3 km de la planta.

Se observa que los vientos predominantes en esta región son principalmente del sud-este.

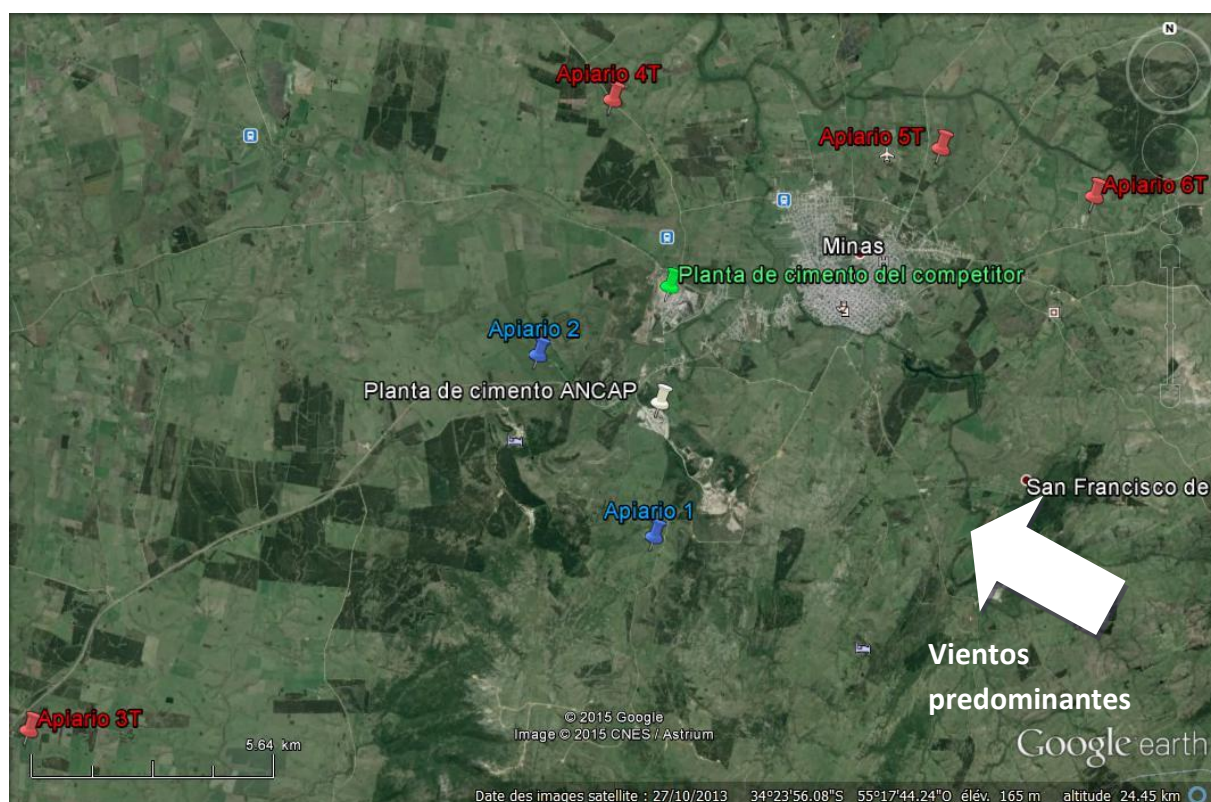


Figura 1: Situación geográfica de los apiarios de muestreo. La marca blanca simboliza la posición de la planta de cemento ANCAP. Las marcas azules simbolizan las posiciones de los apiarios bio-indicadores que se encuentran a menos de 3 km. Las marcas rojas simbolizan las posiciones de los apiarios testigos, que se encuentran a más de 3 km. Por último la marca verde simboliza la posición de una planta competidora.





Foto 1 : apiario 1. Al fondo, la torre de la planta de cemento ANCAP. El apiario está a 3km de la planta, al sur.

## 2) Condiciones de muestras

Para este estudio, se realizó 6 muestras en noviembre 2014

- 2 muestras el 22 en los dos apiarios bioindicadores (apiario 1 y 2)
- 4 muestras el 24 en los apiarios testigos (apiarios 3T, 4T, 5T y 6T).



Foto 2 : Apiario 3T Se sitúa a 16,5km de la planta de cemento, al suroeste.

Todas las muestras fueron realizadas durante un tiempo soleado y con una temperatura entre 25°C y 32°C.

No se encontró alguna patología en los apiarios de muestras.

### 3) Análisis de los elementos traza metálicos

#### **Preámbulo<sup>8</sup>** :

Los metales son naturalmente presentes en el medio ambiente desde la formación de la tierra, por lo general en trazas. El origen **natural** de estos metales es la **roca primaria del** suelo y los procesos **geológicos** sometidos por esa roca que ha podido lavar o concentrar los elementos en cuestión. El contenido natural de elementos metálicos de un suelo se llama el « **fondo geoquímico** ».

A ese fondo natural se añaden las contribuciones antropogénicas relacionadas con el desarrollo de nuestras sociedades industriales. Por lo tanto, el **consumo de metales aumento 300 %** entre 1950 y 2000 y las **emanaciones antropogénicas** de elementos metálicos como el Plomo, Mercurio, Zinc, Cadmio, Cobre y Cromo han **triplicado** desde el comienzo de la era industrial.

Entre estos elementos, los metales tóxicos y otros elementos tóxicos se agrupan bajo el nombre « **Elementos traza metálicos** » ETM. Estos pueden ser tóxicos para los organismos y los seres humanos a concentraciones relativamente bajas. Por lo tanto, en Francia se propuso una lista de nueve elementos traza riesgos para la salud. Estos elementos son : el Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Arsénico (As), Níquel (Ni), Cromo (Cr), cobre (Cu), Zinc (Zn) y el Selenio (Se).

En cuanto a la normativa relacionada con el agua, la Decisión 2455/2001/CE del consejo Europeo (modificación de la Directiva Europea del agua 2000/60/CE), identificó tres elementos – **Cadmio, Plomo, Mercurio** – como « **sustancias peligrosas prioritarias** » sometidas con el objetivo de contaminación cero en las aguas subterráneas. Una propuesta de la Directiva Europea del 19/09/2003 sobre la protección de las aguas subterráneas ha añadido luego el **Arsénico** en la lista mínima de sustancias para las cuales se exige a los estados miembros establecer unos umbrales.

En términos de emisiones atmosféricas, el decreto del 20 de septiembre 2002 sobre los incineradores fija los valores límites de contaminación en el aire a 12 elementos traza: Cd, Pb, Hg, As, Ni, Cr, Cu, Cobalto (Co), Manganeso (Mn), Antimonio (Sb), Talio (Tl) et Vanadio (V).

---

<sup>8</sup> Rapport d'étude INERIS-DRC-06-66246/DESP-R01a. Eléments traces métalliques. Guide méthodologique. Recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines. 2006.



Teniendo en cuenta la normativa vigente, la lista de los elementos traza seguidos por Apilab en las abejas es de 12: Cd, Pb, Hg, As, Ni, Cr, Cu, Co, Mn, Sb, Tl et V. Índices de abejas se han creado también por los elementos traza prioritarios como el Cadmio, Plomo, Mercurio y el Arsénico.

### **Resultados bruto:**

Los análisis de Elementos Traza Metálicos fueron realizados en todos los apiarios de muestreo: 2 apiarios bioindicadores y 4 apiarios testigos. Los resultados obtenidos permitirán elegir los apiarios lo más pertinentes para los otros análisis.

Los análisis fueron realizados por espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS) por el Laboratorio del medio ambiente y Alimentación de Vendée (laboratorio autorizado por el COFRAC bajo el n°1-1064).

Se explican los resultados de los análisis a continuación en mg/kg de Materia Seca, con una tasa de incertidumbre de medición  $\leq 20\%$ .

Elemento	Siglo	Apiario Bioindicador URU-1-141122	Apiario Bioindicador URU-2-141122	Apiario Testigo URU-3T-141124	Apiario Testigo URU-4T-141124	Apiario Testigo URU-5T-141124	Apiario Testigo URU-6T-141124	Mediana Apiarios Bioindicadores	Mediana Apiarios Testigos
Arsénico	As	0,06	0,075	0,061	0,063	0,064	0,063	0,068	0,063
Cadmio	Cd	0,304	0,166	0,131	0,126	0,264	0,412	0,235	0,233
Mercurio	Hg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Plomo	Pb	0,154	0,149	0,161	0,576	0,217	0,199	0,152	0,288
Cobalto	Co	0,29	0,25	0,16	0,18	0,17	0,22	0,270	0,183
Cromo	Cr	0,17	0,14	0,12	0,14	0,25	0,11	0,155	0,155
Cobre	Cu	115	86,8	54,3	65,2	88,5	89	100,900	74,250
Manganeso	Mn	617	353	112	230	452	533	485,000	331,750
Níquel	Ni	0,32	0,27	0,34	0,38	0,36	0,29	0,295	0,343
Antimonio	Sb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Talio	Tl	<0,1	2,12	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,060	<0,1
Vanadio	V	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Zinc	Zn	162	300	227	282	304	329	231,000	285,500

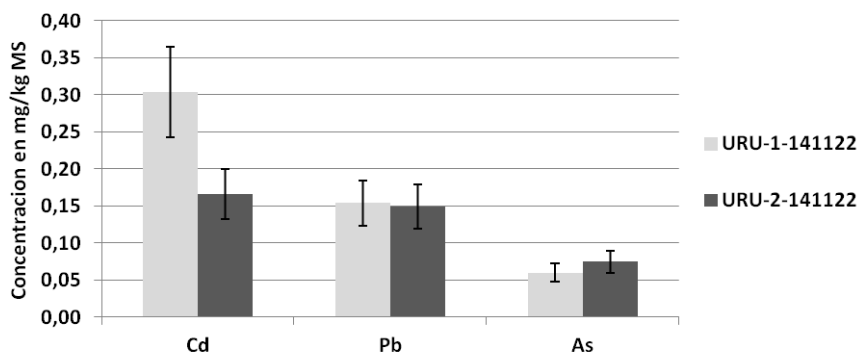
### **Glosario:**

< Valor: valor inferior al límite de cuantificación del elemento

MS: Materia seca

### **Variación entre apiarios:**

En los apiarios bioindicadores, se tomaron 2 muestras (apiario 1 y 2). A partir de los resultados de los análisis, la variación entre apiarios fue estudiada por los elementos traza prioritarios cuantificados (cadmio, plomo y arsénico), como le muestra este gráfico.



**Gráfico 1: Concentración de Cadmio, Plomo y Arsénico en las muestras realizadas en los apiarios bioindicadores**

Para el plomo y el arsénico, los resultados indican que no hay diferencia significativa entre los dos apiarios. Sin embargo, el apiario número 1 tiene un nivel de cadmio (0,304 mg/kg MS) significativamente superior al nivel de cadmio del apiario número 2 (0,166 mg/kg MS).

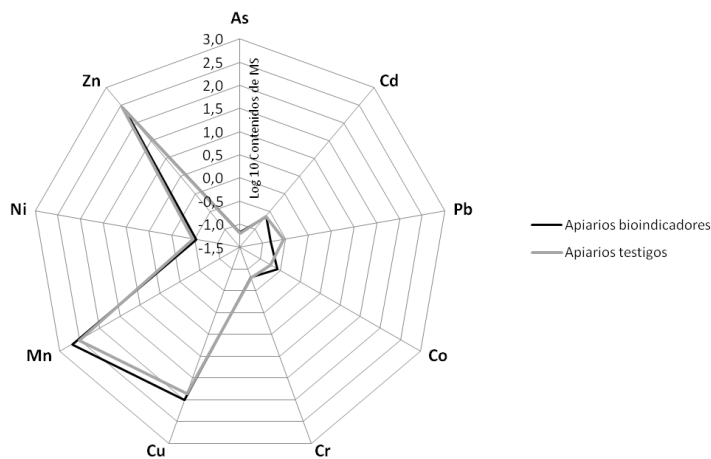
Existe entonces una variación entre apiarios al nivel de concentraciones de cadmio.

En el siguiente análisis, se utilizaron una mediana de las concentraciones de las 2 muestras para comparar con los apiarios testigos.

**Perfil mineral medio:**

Que sea por el apiario bioindicador o por el apiario testigo, el mercurio, antimonio y el vanadio presentan concentraciones inferiores a los límites de cuantificación. En cuanto al talio, su concentración media en los apiarios bioindicadores es de 1,06 mg/kg MS e es inferior al límite de cuantificación de los apiarios testigos.

De los otros elementos, un perfil mineral fue dibujado como en el Gráfico 2.

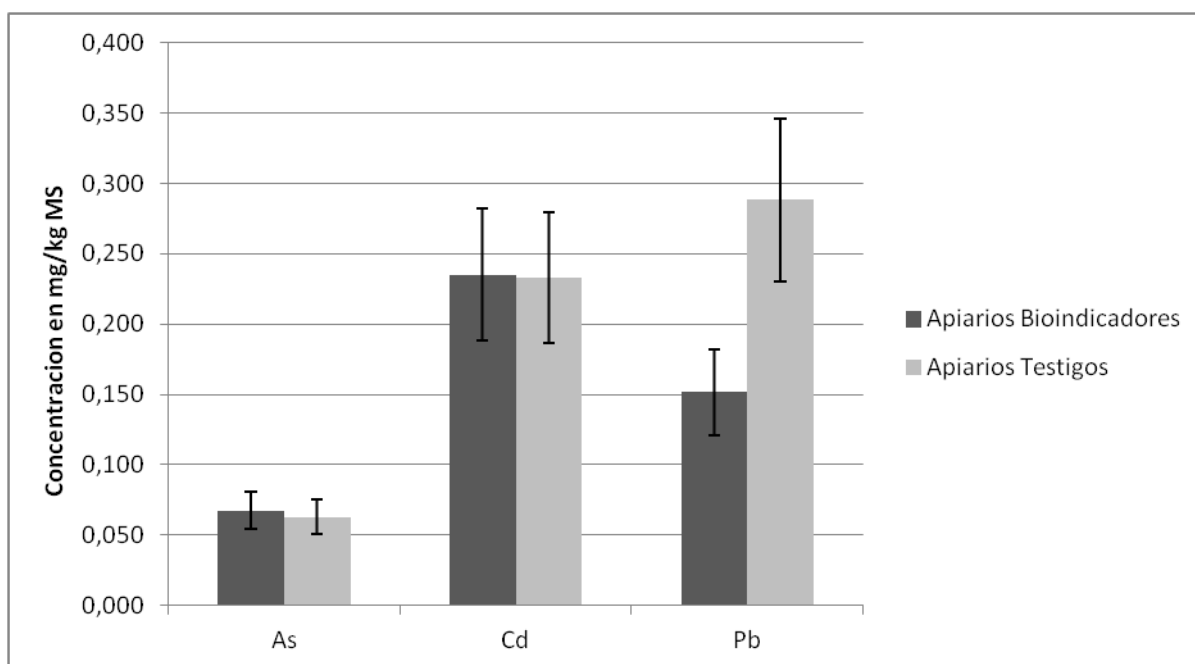


**Gráfico 2: Perfiles de las concentraciones de elementos traza en las abejas**

En general, los perfiles de los apiarios bioindicadores y los apiarios testigos son relativamente similares. Se observa en el conjunto de los apiarios concentraciones en cobre (Cu), en manganeso (Mn) así como zinc (Zn) más altas que otros elementos, que pueden coincidir al perfil del fondo geoquímico local.

### **Comparaciones espaciales:**

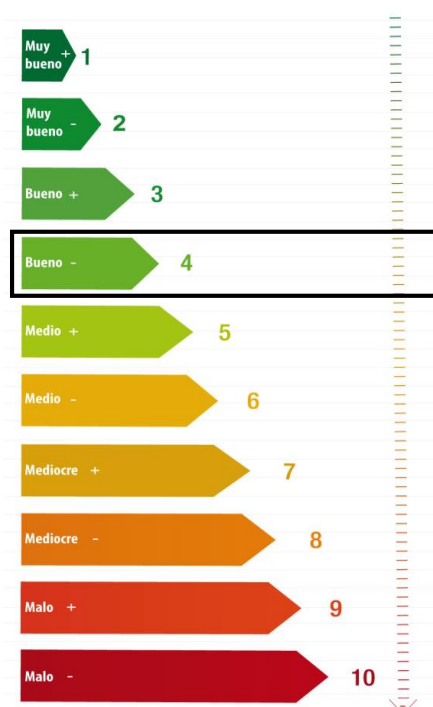
Para los elementos traza prioritarios cuantificados (cadmio, plomo y arsénico), se hicieron comparaciones espaciales entre los apiarios bioindicadores y los apiarios testigos, como se ilustra en el gráfico siguiente.



**Gráfico 3: Concentración en Cadmio, Plomo y Arsénico en los apiarios bioindicadores y testigo**

Este gráfico indica que no hay diferencia significativa entre los apiarios bioindicadores y testigos para el Cadmio y el Arsénico. Pero, los apiarios bioindicadores presentan una concentración de Plomo significativamente más baja que la concentración de los apiarios testigos.

### Explicación del índice Plomo (Pb)



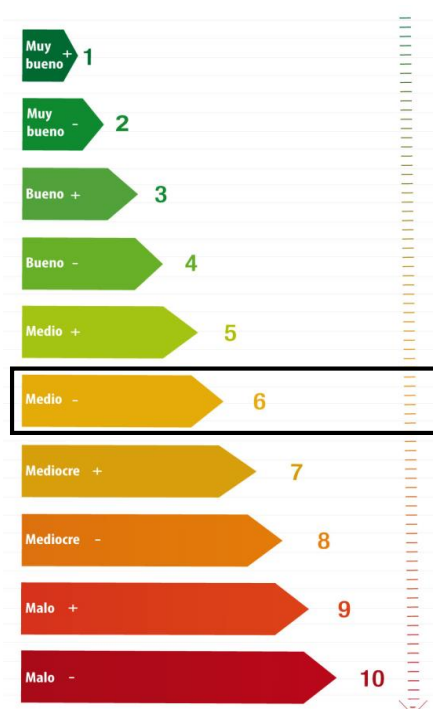
La concentración de Plomo ha sido evaluada a 0,152 mg/kg MS de media para los apiarios bioindicadores. Es significativamente diferente de la media de las concentraciones de los apiarios testigos que presentan una concentración de 0,288 mg/kg MS.

**Para los apiarios bioindicadores, el índice de calidad medio ambiental para el Plomo es « Bueno - » (índice 4).** Para los apiarios testigos, el índice de calidad medio ambiental para el Plomo es «medio + » (índice 5).

Para información, encontrarán a continuación unos valores de referencia tomadas en las abejas :

- Bocaje (Oeste de Francia) : 0,04 mg/kg MS (índice 1)
- Cantera (Sur de Francia) : 0,329 mg/kg MS (índice 5)
- Cerca del periférico parisino : 4,85 mg/kg MS (índice 10)

### Explicación del índice Cadmio (Cd)



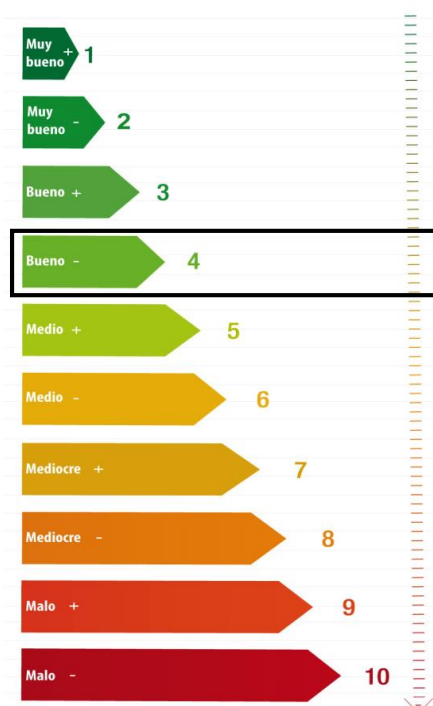
La concentración de Cadmio ha sido evaluada a 0,235 mg/kg MS para los apiarios bioindicadores y no es muy diferente de los apiarios testigos.

**Para los apiarios bioindicadores, el índice de calidad medio ambiental para el Cadmio es «medio - » (índice 6).**

Para información, encontrarán a continuación unos valores de referencia tomadas en las abejas :

- Reserva natural (Italia) : 0,04 mg/kg MS (índice 3)
- Zona industrial (Finlandia): 0,42 mg/kg MS (índice 6)
- Centro de Roma (Italia) : 4,00 mg/kg MS (índice 10)

## Explicación del índice Arsénico (As)



La concentración en Arsénico ha sido evaluada a 0,068 mg/kg MS para los apiarios bioindicadores y no es muy diferente de los apiarios testigos.

**El índice de calidad medio ambiental para el Arsénico es « Bueno - » (índice 4).**

Para información, encontrarán a continuación unos valores de referencia tomadas en abejas :

- Cuenca ostrícola (Francia) : 0,025 mg/kg MS (índice 1)
- Zona industrial (Francia) : 0,144 mg/kg MS (índice 6)
- Incinerador (Francia) : 0,234 mg/kg MS (índice 8)

Los estudios de biomonitorio ambiental que realizamos habitualmente son temporales. Realizamos 3 muestras cada año en el sitio de estudio (sitio industrial) que comparamos con un sitio testigo ubicado al exterior de la zona de influencia del sitio de control. En el caso de este estudio, procedimos a un estudio espacial para realizar una evaluación de la situación ambiental de su sitio de Minas. Así, como mostrado en la figura 1, se realizaron los análisis de las abejas de los dos apiarios ubicados sobre la influencia de la fábrica de cemento. Por otro lado y afín de interpretar los resultados de estos apiarios, fueron extraídas y analizadas abejas de 4 apiarios ubicados al exterior de la zona de influencia de la fábrica de cemento. Como visto en el párrafo precedente sobre los metales pesados, no existe diferencia significativa entre estos diferentes puntos de muestras. Para los próximos análisis, nos redujimos así a los 3 apiarios los más pertinentes. El apiario número 1 como apiario bioindicador que garantiza con su posicionamiento una evaluación objetiva de la fábrica de cemento ANCAP de Minas. Los apiarios número 3 y 4 como apiarios testigos. El apiario 3 ubicado a 16km de la fábrica de cemento y al exterior de su zona de influencia con los vientos dominantes se presenta como un sitio de referencia privilegiado del medio ambiente de la región de Minas. Cuanto al apiario 4, este se sitúa sobre la área de influencia de la fábrica de cemento competidora. Fue escogido porque nos parecía interesante la comparación de este apiario a los resultados del apiario 1. Fue eliminado el apiario número 2 porque está ubicado sobre la influencia de la fábrica ANCAP así como la fábrica competidora. Así los resultados serían difícilmente interpretables. Los apiarios testigos número 5 y 6 están ubicados cercano de un aeródromo y de un vertedero. Fueron eliminados para evitar un sesgo en los resultados, en particular por los HAP y COV.

#### 4) Análisis de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP):

##### Preámbulo<sup>9</sup> :

Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) son moléculas hechas de átomos de carbono e hidrogeno que forman al menos dos círculos aromáticos condensados. Dependiendo del número de círculos, se clasifican en HAP ligeros (hasta tres círculos) o pesados (cuatros círculos y más), con propiedades fisicoquímicas y toxicológicas diferentes.

Los HAP se forman por la combustión incompleta de productos orgánicos, particularmente por la quema de residuos agrícolas, leña, carbón, petróleos o residuos domésticos. También son generados por los transportes (gas de escape) o el uso de combustibles fósiles. Así se emiten principalmente en la atmosfera, pues, pueden ser dispersados en los otros aspectos del medio ambiente (agua o suelo).

Los HAP se producen generalmente en forma de mezclas complejas de cientos de compuestos. Entre ellos, 15 han sido reconocidos como carcinogénicos por el comité científico europeo de la alimentación en 2005<sup>10</sup>: benz(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(j)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, benzo(a)pireno, criseno, ciclopenta(c,d)pireno, dibenz(a,h)antraceno, dibenzo(a,e)pireno, dibenzo(a,h)pireno, dibenzo(a,i)pireno, dibenzo(a,l)pireno, indeno(1,2,3-cd)pireno et 5-metilcriseno. Ese comité sugirió utilizar el benzo[a]pireno como trazador de riesgo cancerígeno unido a los HAP en los alimentos.

Luego, en 2008, la Autoridad Europea de Seguridad alimentaria (EFSA, 2008) indicó que la suma de cuatro HAP (PAH4: benzo[a]pireno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y criseno) podría utilizarse en lugar de benzo[a]pireno como solo trazador del riesgo cancerígeno<sup>11</sup>.

Además de estas 15 moléculas también son generalmente analizados 4 HAP llamados ligero-antraceno, le fluoranteno, el fenantreno y el pireno – como el benzo[c]fluoreno recomendado en 2006-2007 por el comité de expertos FAO/OMS sobre los aditivos alimentarios.

**Teniendo en cuenta todas estas informaciones, Apilab ha optado por seguir todos los 20 HAP en las abejas. También se creó un índice abeja para la suma de PAH4 utilizado como trazador del riesgo cancerígeno.**

<sup>9</sup> Rapport d'étude INERIS-66244-DESP-R01. Hydrocarbures Aromatique Polycycliques. Guide méthodologique. Acquisition des données d'entrée des modèles analytiques ou numériques de transferts dans les sales et les eaux souterraines. 2005.

<sup>10</sup> Règlement (CE) n ° 108, 2005. Journal officiel de l'Union Européenne L34, 43-45 : <http://galateepro.agriculture.gouv.fr/docs/textes/17547.pdf>

<sup>11</sup> Journal de l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments 724, 2008. <http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/s724.pdf>

## Resultados brutos:

Después de los resultados obtenidos para los elementos traza metálicos, se ha escogido realizar los análisis de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en los 3 apiarios siguientes:

- apiario bioindicador 1: alrededor de la planta,
- apiario testigo 3T: ubicado a 16km al suroeste,
- apiario testigo 4T: lo más susceptible de ser influenciado por las dos fábricas de cemento con los vientos predominantes.

Los análisis se realizaron por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas de alta resolución (GC/HRMS) por el laboratorio LABERCA (laboratorio acreditado por el COFRAC bajo el n°1-0549).

Los resultados de los análisis se expresan a continuación en µg/kg de Materia Seca, con una tasa de incertidumbre de medición ≤ 20%.

Compuesto	Siglo	Apiario Bioindicador URU-1-141122	Apiario Testigo URU-3T-141124	Apiario Testigo URU-4T-141124	Mediana Apiarios Testigos
Benzo[a]pireno	BaP	0,170	0,140	0,170	0,155
Benz[a]antraceno	BaA	0,190	0,240	0,170	0,205
Criseno	CHR	0,450	0,440	0,240	0,340
Benzo[b]fluoranteno	BbF	0,300	0,200	0,170	0,185
PAH4	PAH4	<b>1,110</b>	<b>1,030</b>	<b>0,760</b>	0,895
Benzo[c]fluoreno	B(c)F	< 0,57	< 0,61	< 0,58	<0,61
Ciclopenta[c;d]pireno	CPP	< 1,89	< 1,15	< 0,43	<1,15
5-Méthylcrisèno	5-MCH	< 0,48	< 0,25	< 0,14	<0,25
Benzo[j]fluoranteno	BjF	0,140	0,080	0,060	0,070
Benzo[k]fluoranteno	BkF	0,170	0,100	0,090	0,095
Indeno[1,2,3,c-d]pireno	IP	0,270	0,170	0,190	0,180
Dibenzo[a;h]antraceno	DbahA	0,080	0,060	0,050	0,055
Benzo[g;h;i]perileno	BghiP	0,510	0,360	0,480	0,420
Dibenzo[a;l]pireno	DbalP	< 0,10	< 0,09	< 0,07	<0,09
Dibenzo[a;e]pireno	DbaeP	0,080	0,090	0,070	0,080
Dibenzo[a;i]pireno	DbaiP	< 0,14	< 0,11	< 0,08	<0,11
Dibenzo[a;h]pireno	DbahP	< 0,20	< 0,13	< 0,14	<0,14
Fenantreno	PHE	20,800	< 12,7	13,800	6,900
Antraceno	AN	1,270	1,120	1,150	1,135
Fluoranteno	FA	2,040	< 2,04	< 2,01	0,680
Pireno	PY	4,520	2,870	3,250	3,060

### Glosario:

< Valor: valor inferior al límite de cuantificación del elemento; MS: Materia Seca

\* Límite de cuantificación: Variable según el analista, el rendimiento de extracción y el ensuciamiento de los instrumentos analíticos

### Variación entre apiarios:

La variación entre-apiarios ha sido estudiada en los apiarios testigos al nivel de la suma de los 4 HAP trazadores de riesgo cancerígeno, como se ilustra en el siguiente gráfico.

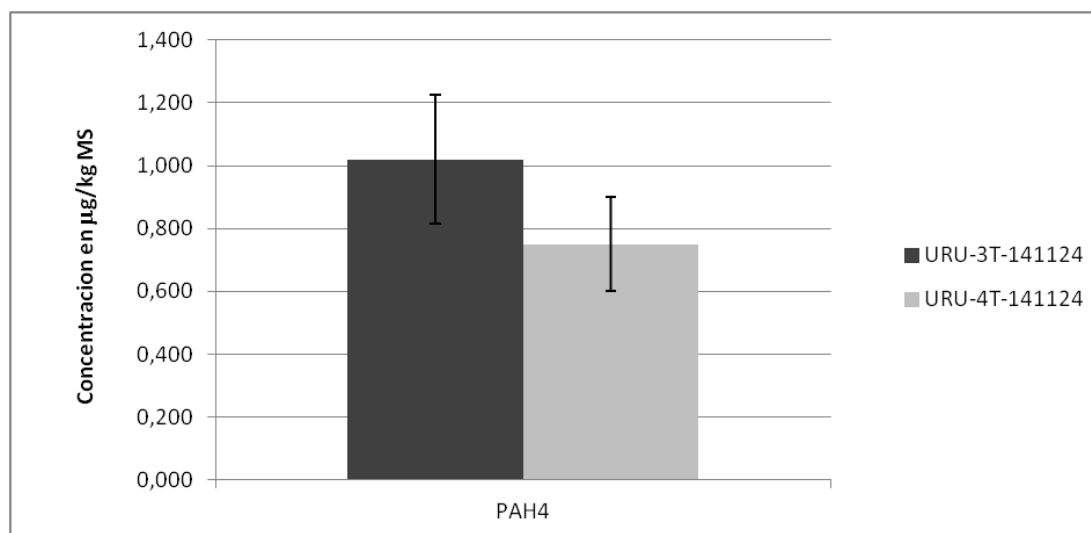


Gráfico 4: Concentración en PAH4 en las 2 muestras realizadas en los apiarios bioindicadores

Estos resultados muestran que no hay diferencia significativa de la concentración total de PAH4 de las 2 muestras en los apiarios testigos. Este análisis se completa por el estudio comparativo de las concentraciones individuales de los 4 HAP trazadores de riesgo cancerígeno, como lo ilustra el gráfico siguiente.

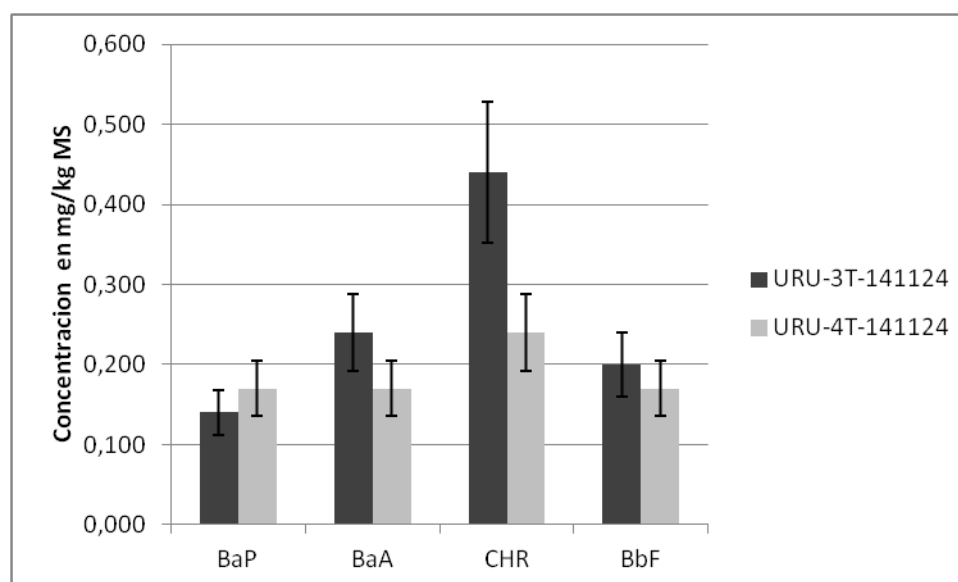


Gráfico 5: Concentración en BaP, BaA, CHR en BbF en las 2 muestras realizadas en los 2 apiarios testigos

3 de los 4 HAP trazadores de riesgo cancerígeno no presentan diferencia significativa entre los resultados de los 2 apiarios testigos. Solo el criseno (CHR) presenta una tasa significativamente más importante para el apiario 3 que para el apiario 4. Existe una variación entre-apiario con el criseno. Sin embargo, teniendo en cuenta los valores máximos en HAP que pueden lograr



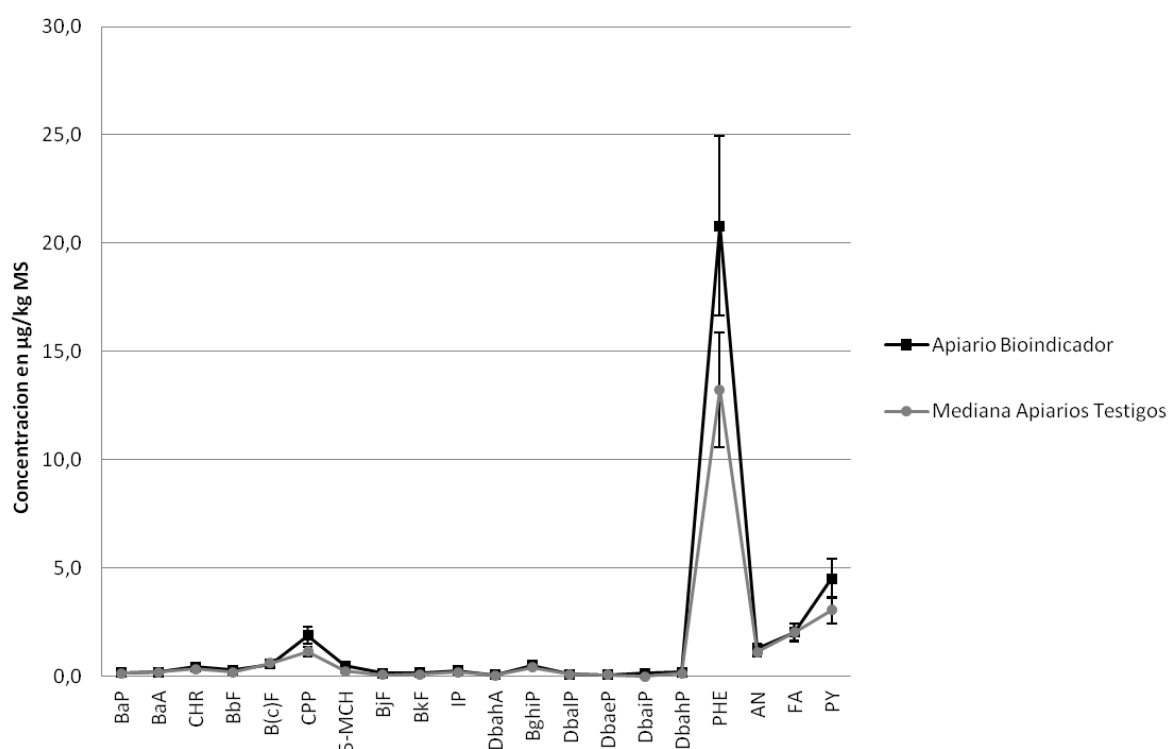
en un ambiente altamente contaminado, este cambio no tiene impacto en este caso sobre la evaluación del nivel de calidad medio ambiental.

En el siguiente análisis, la media de concentraciones de las 2 muestras se ha utilizada para comparar con el apiario bioindicador.

### **Perfil en HAP:**

Los perfiles de los HAP en el apiario bioindicador y el apiario testigo son presentados en el gráfico siguiente.

*Nota: cuando las mediciones son inferiores a los límites de cuantificación, los valores tomados en cuenta son estos valores límites. Son por lo tanto las concentraciones máximas que pueden estar contenidas en las muestras.*



**Gráfico 6: Concentración media en HAP en el apiario bioindicador y los apiarios testigos.**

Se observe unos perfiles en HAP muy similares entre el apiario bioindicador y los apiarios testigos.

Se debe tener en cuenta que hemos observado mayores concentraciones medias en fenantreno, fluoranteno y pireno.

En relación a los 4 HAP trazadores de riesgo cancerígeno, la concentración total PAH4 se comparó entre los apiarios testigos y el apiario bioindicador, como lo ilustra el gráfico siguiente.

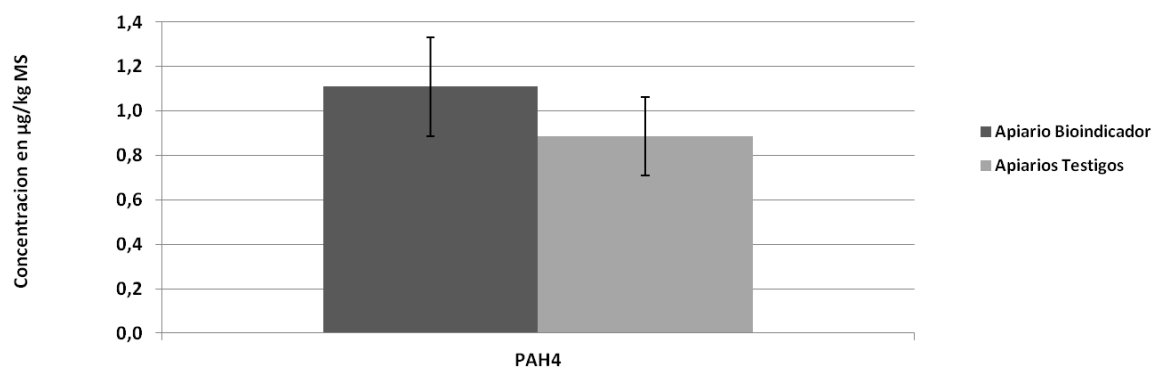


Gráfico 7: Concentración en PAH4 en el apiario bioindicador y los testigos.

No se observa diferencia significativa entre las concentraciones totales en PAH4 de los 2 apiarios. Este análisis ha sido completado por el estudio comparativo de las concentraciones individuales de los 4 HAP trazadores de riesgo cancerígeno, como lo ilustra el gráfico siguiente.

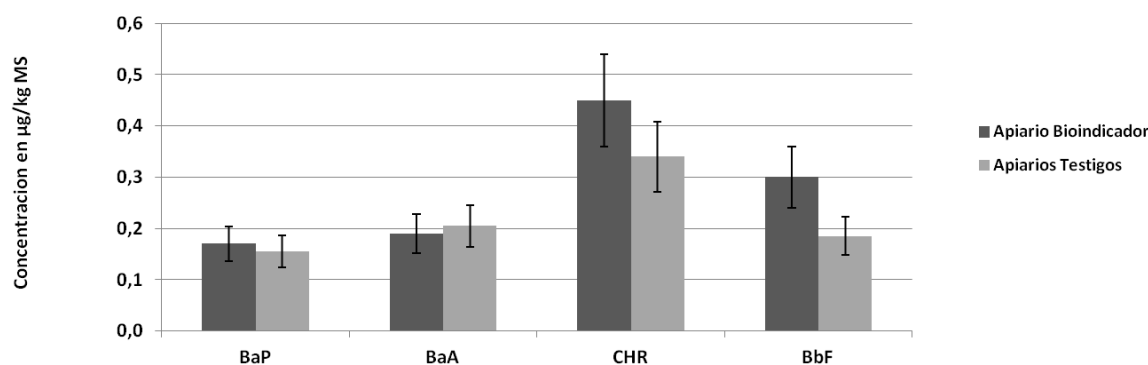
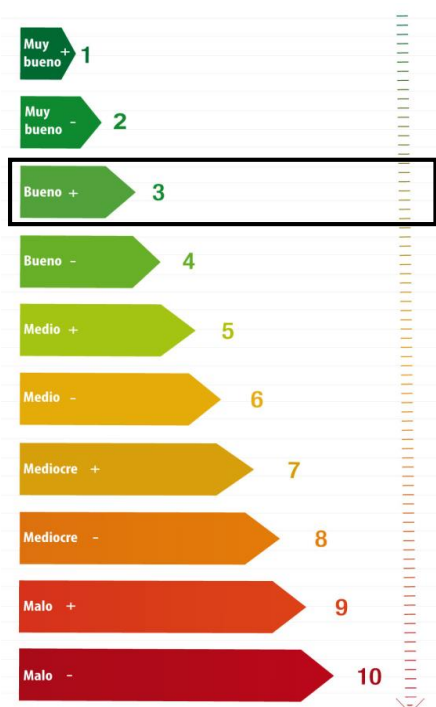


Gráfico 8: Concentración en BaP, BaA, CHR y BbF en el apiario bioindicador y los apiarios testigos

No se observa diferencia significativa entre las concentraciones en Benzo[a]pantraceno, Benzo[a]pireno y Criseno de los apiarios testigos y bioindicadores. Sin embargo, la concentración en Benzo[b]fluoranteno es más baja en los apiarios testigos que en el apiario bioindicador.

## Explicación del índice PAH4



La concentración en PAH4 ha sido evaluada a 1,110  $\mu\text{g}/\text{kg}$  MS en media por el apiario bioindicador y no es significativamente diferente de la del apiario testigo.

**Para el apiario bioindicador, el índice de calidad medio ambiental para el PAH4 es « Bueno + » (índice 3).**

*nota: aunque no se observó diferencia significativa de concentración en PAH4 entre las concentraciones de los apiarios testigos y la concentración del apiario bioindicador, el índice es «muy bueno - » (índice 2) para los apiarios testigos (por una media de 0,885  $\mu\text{g}/\text{kg}$  MS).*

Para información, encuentran a continuación unos valores de referencia tomadas en las abejas :

- Selva en sur-oeste de Francia : 0,363  $\mu\text{g}/\text{kg}$  MS (índice 2)
- Industria petroquímica : 8,184  $\mu\text{g}/\text{kg}$  MS (índice 7)
- Región parisiana : 45,322  $\mu\text{g}/\text{kg}$  MS (índice 9)

## 5) Análisis de los pesticidas

### **Preámbulo**<sup>12</sup> :

El término pesticida es un nombre genérico que abarca todas las sustancias que matan las plagas, que sea en la agricultura o en otras aplicaciones.

Los pesticidas reúnen:

- productos fitosanitarios (directiva 91/414/CEE): sustancias empleadas para la protección de las plantas contra las enfermedades y las plagas de los cultivos (La Francia es el primer consumidor europeo de productos fitosanitarios y el cuarto consumidor mundial detrás EE.UU., Brasil y Japón.)
- algunos biocidas (directiva 98/8/CE): sustancias activas que están destinadas a destruir, repelar o volver inofensivos las plagas (desinfectantes, productos de higiene humana o veterinaria, productos de control de plagas, etc.)
- y algunos medicamentos para uso humano (directiva 2004/27/CE) y veterinario (directiva 2004/28/CE): sustancia que puede ser usada en humanos o animales para restablecer, corregir o modificar las funciones fisiológicas

Los pesticidas se clasifican por familias grandes en una doble clasificación, por grupo químico (triazinas, carbamatos, organoclorados, organofosforados, etc.) o por destino (insecticidas, fungicidas, herbicidas, etc.).

Aunque aún es poco conocido, el vínculo entre pesticidas y la salud se ha convertido hoy en día en un importante problema de salud pública. De hecho, los pesticidas incluyen un gran número de sustancias cuyos toxicidad y efectos sobre la salud son variables. Más allá de las intoxicaciones agudas, se sospecha que los pesticidas tienen también efectos en la salud asociados con una exposición crónica: cáncer, trastornos reproductivos y neurológicos, incluyendo la aparición de la enfermedad de Parkinson.

Sin embargo, actualmente no existe una regulación, mundial o europea, que especifica un límite de calidad en el parámetro "pesticidas" en el aire, el agua o del suelo. El principal objetivo de la legislación fitosanitaria de la Unión europea consiste en proteger la seguridad de los alimentos producidos a partir de plantas y garantizar la salud y la calidad de los cultivos en cada estado miembro.

---

<sup>12</sup> Observatoire des Résidus de Pesticides (ORP) - <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/>

Tenue en compte ces éléments, APILAB a choisi pour mener à terme une large projection de 150 pesticides dont la liste complète se trouve dans la table suivante. À l'opposé des analyses précédentes, la matrice utilisée pour l'étude des pesticides est la cire d'abeilles (cf. Méthodologie Apidiag).

LISTE MULTIRÉSIDUS GCMSMS 150 PESTICIDES		
Organo chlorés – Pyréthrinoides – Organo phosphorés – Organo azotés		
2-Phenylphenol <sup>*(1)</sup>	Diclofop-méthyl <sup>*(1)</sup>	Nitrofen
Acephate	Dicofol (Σ des isomères)	Norflurazon
Aclonifen	Dieldrin (+Aldrin)	Nuarimol
Acrinathrine	Diethofencarb	Oxadiazon <sup>*(1)</sup>
Alachlore	Difenoconazole <sup>*(1)</sup>	Oxadixyl <sup>*(1)</sup>
Ametryn	Dimetachlor	Oxyfluorfen
Atrazine	Diphénylamine <sup>*(1)</sup>	Parathion-éthyl
Azinphos-méthyl	Endosulfan (α+β+sulfate)	Parathion-méthyl <sup>*(1)(2)</sup>
Benalaxyl dont Benalaxyl-M <sup>*(1)</sup>	Endrin	Pendiméthaline
Benoxacor	EPTC	Permethrine (cis + trans)
Bifenthrine <sup>*(1)(2)</sup>	Ethion	Perthane <sup>*(1)</sup>
Biphenyl	Ethoprophos <sup>*(1)</sup>	Phenothrine
Bitertanol <sup>*(1)</sup>	Éthoxyquin	Phosalone <sup>*(1)(2)</sup>
Bromacil	Etrimphos	Phtalimide
Bromophos-éthyl	Fempropathrine	Piperonyl butoxide
Bromophos-méthyl	Fenarimol <sup>*(1)</sup>	Pirimicarb(+desméthyl) <sup>*(1)</sup>
Bromopropylate <sup>*(1)(2)</sup>	Fenchlorphos (+oxon) <sup>*(1)</sup>	Pirimiphos-éthyl
bupirimate	Fenhexamide <sup>*(1)</sup>	Pirimiphos-méthyl <sup>*(1)(2)</sup>
Buprofezin	Fenitrothion	Prochloraz (+TCP)
Butralin	Fenobucarb	Procymidone <sup>*(1)(2)</sup>
Cadusaphos	Fenoxaprop-éthyl	Profenophos
Captan	Fenpropimorphe	Prometryn
Carbaryl	Fenson	Propachlor
Carbofenthion	Fenthion(+sulfone+sulfoxide) <sup>*(1)</sup>	Propamocarb
Carbofuran (+3-Hydroxy)	Fenvalérate (RR + SS)	Propargite
Chlorbenside	Fenvalérate (RS + SR)	Propetamphos
Chlorfenson	Fipronil (+sulfone)	Propham
Chlorfenvinphos <sup>*(1)</sup>	Fluazinam	Propyzamide <sup>*(1)(2)</sup>
Chlorobenzilate <sup>*(1)</sup>	Fludioxonil <sup>*(1)(2)</sup>	Prosulfocarb
Chlorothalonil	Flusilazole <sup>*(1)</sup>	Pyrazophos
Chlorpropham(+3-Chloroaniline) <sup>*(1)</sup>	Flutriafol	Pyridaben
Chlorpyrifos <sup>*(1)(2)</sup>	Fluvalinate (Tau)	Pyriméthanil <sup>*(1)</sup>
Chlorpyrifos-méthyl <sup>*(1)</sup>	Folpet	Quinalphos
Chlorthal diméthyl <sup>*(1)</sup>	Furalaxyl	Quinométhionate
Chlorthiophos	HCH (α+β+δ) <sup>*(1)</sup>	Quinoxyfen
Chlozolinate	HCH gamma	Quintozène (+ PCA)
Coumaphos	Heptachlore (+époxyde)	Quizalofop-éthyl
Cyfluthrine (β+γ)	Hexazinone	Sulfotep
Cyhalofop-butyl	Imazalil <sup>*(1)</sup>	Tecnazène
Cyhalothrine (lambda) <sup>*(1)(2)</sup>	Iodofenphos	Tefluthrine
Cyperméthrine (α+β+θ+ζ)	Iprodione	Terbutylazine
Cyprodinil <sup>*(1)</sup>	Isofenphos-éthyl	Tétrahydrophtalimide
DDT (Σ des isomères) <sup>*(1)</sup>	Malathion(+Malaaxon) <sup>*(1)(2)</sup>	Tétraméthrine
Deltaméthrine	Mecarbam	Tolclofos-méthyl <sup>*(1)</sup>
Dialifos	Metalaxyl dont Metalaxyl-M	Tolyfluanid
Diazinon	Méthamidophos	Triadiméfon + Triadiménol <sup>*(1)</sup>
Dichlobenil	Méthidathion	Triazophos
Dichlofenthion <sup>*(1)</sup>	Méthoxychlor	Trichloronat
Dichlofluanide	Metolachlor dont S-Metolachlor	Trifluraline
Dichlorvos	Myclobutanil <sup>*(1)(2)</sup>	Vinclozoline(+3,5-dichloroaniline) <sup>*(1)</sup>

Seules certaines prestations sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole \* suivi de :

<sup>(1)</sup> pour les matrices non grasses et analysées par la méthode : MOC3/25 Version 05 du 12/03/10.

<sup>(2)</sup> pour les matrices grasses et analysées par la méthode : MOC3/26 Version 01 du 19/10/09.

Les autres pesticides sont analysés par la méthode : MOC3/05 ou MOC3/06 Version 00. La limite de quantification est de : 0.01 mg/kg

### **Resultados brutos:**

Después de los resultados obtenidos para los elementos traza metálicos, se ha escogido realizar los análisis de pesticidas en los 3 apiarios siguientes:

- apiario bioindicador 1: alrededor de la planta,
- apiario testigo 3T: ubicado a 16km al suroeste,
- apiario testigo 4T: lo más susceptible de ser influenciado por las dos fábricas de cemento con los vientos predominantes.

Los análisis han sido realizados con cromatografía de gases acoplada a un espectrofotómetro de masas (GC/MS-MS) por el laboratorio Phytocontrol (laboratorio acreditado por el COFRAC bajo el n°1-1904).

Los resultados de los análisis están expresados a continuación en mg/kg de cera, con una tasa de incertidumbre tolerada de las mediciones  $\leq 20\%$ :

Concentración en mg/kg	Límite de cuantificación	URU-1-141122	URU-3T-141124	URU-4T-141124
<b>Coumaphos</b>	0,01	D < LQ	0,37 ± 0,14	0,076 ± 0,036
<b>Fenitrotion</b>	0,01	1,0 ± 0,3	ND	ND
<b>Fluvalinato (Tau)</b>	0,01	0,23 ± 0,09	ND	ND
<b>Permetrina (cis + trans)</b>	0,01	0,92 ± 0,3	ND	ND
<b>Tetrametrina</b>	0,01	2,5 ± 0,7	ND	ND
<b>Otros pesticidas</b>	0,01	ND	ND	0

#### **Glosario:**

< Valor: valor inferior al límite de cuantificación del elemento;

D: Detectado

ND: No Detectado

En el muestrario realizado en el apiario bioindicador (apiario 1), se ha encontrado 5 pesticidas en los 150 dosificados. Se trata primero del coumaphos y del tau fluvalinato. Estos dos acaricidas son utilizados en apicultura como tratamiento veterinario para luchar contra el varroa. Los 3 otros pesticidas encontrados en esta muestra son el fenitrotion (organofosforado), la permetrina y la tetrametrina (piretroides). Estas moléculas son utilizadas como insecticidas y son perturbadores endocrinos potencialmente cancerígenos.

En los apiarios testigos (3T y 4T), los análisis han detectado la presencia de una sola pesticida en los 150 dosificados: el coumaphos. Este corresponde a uno de los tratamientos veterinarios autorizados en apicultura en Uruguay para luchar contra el varroa. Así proviene de un cuidado corriente en las abejas.

## 6) Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

### Preámbulo:

Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) son una familia de productos muy grandes tales como benceno, acetona, percloroetileno, etc. que están en estado de gas o se evaporan fácilmente en condiciones normales de temperatura y presión.

Estos son contaminantes precursores del ozono y algunos de ellos son considerados como cancerígenos para los seres humanos. El benceno se ha clasificado cancerígeno (grupo 1) por el IARC (agencia internacional para la investigación sobre el cáncer) desde 1987. El 1,3-Butadieno y el percloroetileno se clasifican en el grupo 2A (probablemente cancerígeno para los seres humanos). El estireno se clasifica en el grupo 2B (posiblemente cancerígeno).

Además de origen natural bajo (emisión por las plantas o algunas fermentaciones), las emisiones de COV se deben principalmente a la combustión y el uso de solventes, desengrasantes y conservadores. Según los datos du CITEPA<sup>13</sup> (centro interprofesional técnico en estudios de contaminación atmosférico), la distribución de las emisiones de la industria ha cambiado de manera significativa entre 1988 y 2008. En 2008, con 31,4 % del total de emisiones, es el sector manufacturero que más contribuyó a las emisiones, la segunda área emisora es residencial / terciario con el 31,1 % del total de emisiones y el sector de la agricultura con 14,5 % del total de las emisiones. Las emisiones han estado disminuyendo constantemente desde hace 10 años, de 3 hasta 4 % por año.

Francia se ha comprometido a nivel internacional, en el protocolo de GÖTEBORG, para reducir las emisiones de COV en un 40 % entre 1999 y 2010. Estos compromisos fueron asumidos por la directiva del 23 octubre 2001 fijando topes nacionales de emisiones para algunos contaminantes atmosféricos y especialmente los COV.

Entre los COV, los siguientes compuestos son los más buscados: benceno tolueno, etilbenceno, o-xileno, m+p-xileno y naftaleno.

**Teniendo en cuenta el conjunto de esas informaciones, Apilab investiga en las abejas esos 6 compuestos orgánicos volátiles característicos de la familia de los COV.**

---

<sup>13</sup> CITEPA. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – Séries sectorielles et analyses étendues. Format SECTEN. 2010.

### **Resultados brutos:**

Después de los resultados obtenidos para los elementos traza metálicos, se ha escogido realizar los análisis de Compuestos Orgánicos Volátiles en los 3 apiarios siguientes:

- apiario bioindicador 1: alrededor de la planta,
- apiario testigo 3T: ubicado a 16km al suroeste,
- apiario testigo 4T: lo más susceptible de ser influenciado por las dos fábricas de cemento con los vientos predominantes.

Los análisis han sido realizados con cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS) por el laboratorio Micropolluants Technologie (laboratorio acreditado por el COFRAC bajo el n°1-1151).

Los resultados de los análisis están expresados a continuación en ng/g de materia seca, con una tasa de incertidumbre tolerada de las mediciones  $\leq 20\%$ :

Concentración en ng/g MS	Límite de cuantificación	URU-1-141122 Apiario bioindicador	URU-3T-141124 Apiario testigo	URU-4T-141124 Apiario testigo
<b>benceno</b>	10	< 10	< 10	< 10
<b>tolueno</b>	10	< 10	< 10	< 10
<b>etilbenceno</b>	10	< 10	< 10	< 10
<b>m+p-xileno</b>	10	< 10	< 10	< 10
<b>o-xileno</b>	10	< 10	< 10	< 10
<b>naftaleno</b>	10	< 10	< 10	< 10

#### **Glosario:**

< Valor: valor inferior al límite de cuantificación del elemento;

**MS:** Materia Seca

\* Límite de cuantificación: Variable según el analista, el rendimiento de extracción y el ensuciamiento de los instrumentos analíticos

Cual que sea el apiario, todas las concentraciones en COV son inferior a los límites de cuantificación.



## 7) Policlorobifenilos indicadores (PCBi)

### **Preámbulo<sup>14</sup> :**

Los policlorobifenilos (PCB) son compuestos aromáticos organoclorados derivados del bifenilo, sintetizados en mezclas y de fórmula química  $C_{12}H_{(10-n)}Cl_n$  (con  $1 \leq n \leq 10$ ). Según el número y la posición de los átomos de cloro, en teoría existen 209 congéneres. Así, cada PCB es habitualmente definido por un número entre 1 y 209, según la nomenclatura IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). Los 209 congéneres de PCB son repartidos en 2 categorías: los PCB de tipo dioxina (PCB Dioxin Like o PCB-DL) y los otros PCB (PCB Non Dioxin Like o PCB-NDL), establecidos teniendo en cuenta únicamente los efectos teratógenos de los PCB.

Los PCB no se encuentran naturalmente en el medio ambiente. La contaminación ambiental debida a los PCB, que afecta todos los compartimentos (agua, aire, suelo), solo tiene un origen antrópico. Esquemáticamente, las fuentes de contaminación pueden ser clasificadas en dos grandes categorías: las fuentes históricas debidas a la producción/utilización de PCB entre 1927 y 1987 (suelos y sedimentos contaminados por ejemplo) y las fuentes actuales que todavía contienen PCB en el medio ambiente (utilización de aparatos con funcionamiento anterior a 1987 por ejemplo).

En 1982, 7 PCB dentro los 209 congéneres, llamados “PCB indicadores”, fueron seleccionados por la oficina comunitaria de referencia de la comisión europea (Bruselas) como compuestos con búsqueda prioritaria en los análisis de matrices orgánicas (sedimentos, sangre, carne, grasa) debido a sus persistencias y sus abundancias en el medio ambiente, así que sus propiedades toxicológicas (Dargnat y Fisson, 2010). Se trata de los PCB n°118, 138, 153, 180, 28, 52 y 101 (todos son PCB-NDL excepto el n°118) (INRS, 2007). Estos 7 PCB indicadores son clasificados como perturbadores endocrinos probados (categoría 1) por la unión europea y representan cerca de 80% de los PCB totales.

**Teniendo en cuenta el conjunto de estos datos, Apilab analiza en las abejas estos 7 PCB indicadores.**

---

<sup>14</sup> INERIS, 2011. Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : Les polychlorobiphényles (PCB), DRC-11-118962-11081A, 89 p. (<http://rsde.ineris.fr/> ou <http://www.ineris.fr/substances/fr/>)

### Resultados brutos:

Los análisis fueron realizados con cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS) por el laboratorio LABERCA.

Los resultados de los análisis están expresados a continuación en ng/g de materia seca, con una tasa de incertidumbre tolerada de las mediciones  $\leq 20\%$ .

Concentración en ng/g MS	Límite de cuantificación	Apiario bioindicador URU-1-141122	Apiario testigo URU-3T-141124	Apiario testigo URU-4T-141124	Medias apiarios testigos
<b>PCB 28</b>	0,02	0,031	0,081	0,06	0,071
<b>PCB 52</b>	0,02	0,035	0,068	0,046	0,057
<b>PCB 101</b>	0,02	0,05	0,061	0,059	0,060
<b>PCB 118</b>	0,02	0,021	0,024	0,021	0,023
<b>PCB 138</b>	0,02	0,02	0,021	0,024	0,023
<b>PCB 153</b>	0,02	0,043	0,05	0,052	0,051
<b>PCB 180</b>	0,02	0,008	0,007	0,007	0,007
<b>Suma de los 7 PCB indicadores</b>	-	<b>0,209</b>	<b>0,313</b>	<b>0,269</b>	<b>0,291</b>

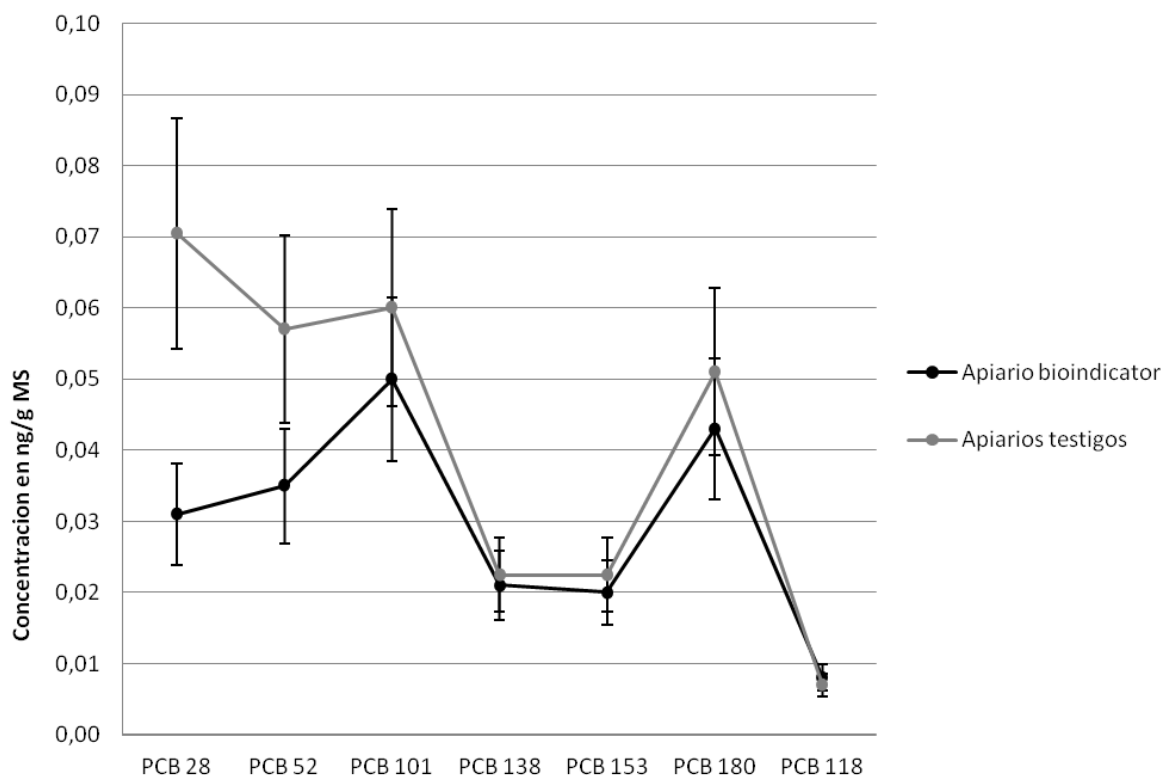
#### Glosario:

< Valor: valor inferior al límite de cuantificación del elemento;

MS: Materia Seca

### Perfil de los PCB indicadores:

Los perfiles de los PCB indicadores en el apiario bioindicador y en los apiarios testigos son presentados en el diagrama a continuación:



**Grafico 1: Concentraciones en PCB indicadores en verano en los apiarios bioindicadores y testigos.**

Las concentraciones en PCB 28 y 52 son significativamente superiores en los apiarios testigos en comparación con el apiario bioindicador. Concerniente a los otros PCB indicadores, no existe diferencia significativa entre las concentraciones de los apiarios.

En cuanto a la suma de los PCB indicadores, comparaciones espaciales realizadas son presentadas a continuación.

### Comparaciones espaciales:

Concentraciones totales en PCB indicadores en verano en el apiario bioindicador y los apiarios testigos son presentados en el grafico siguiente.

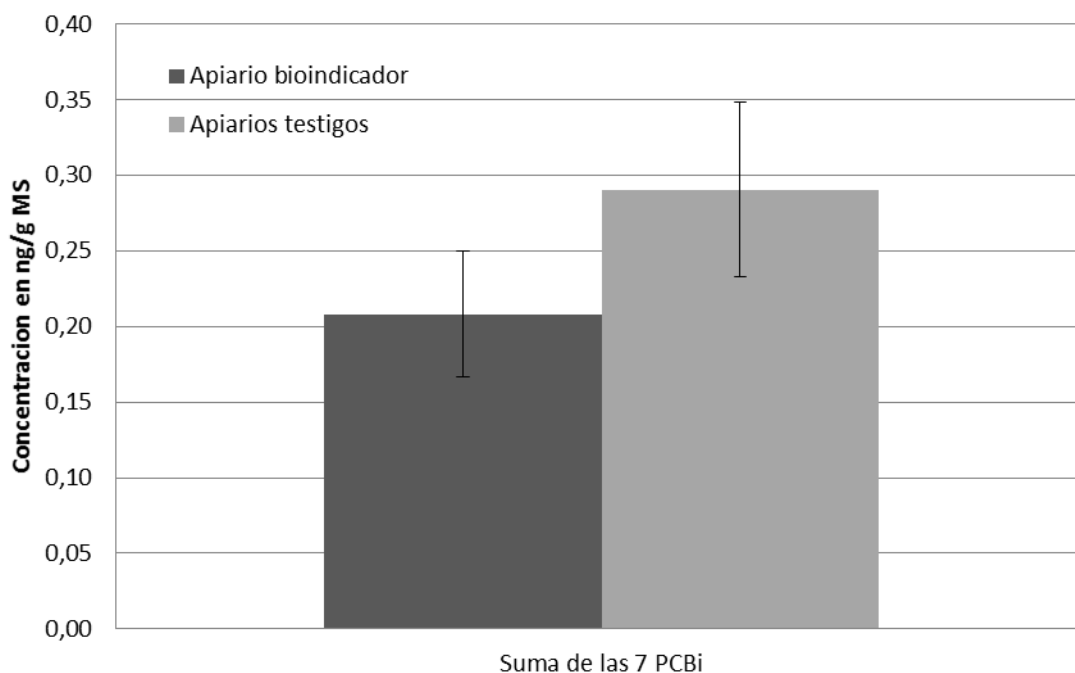


Grafico 2: Concentración total en PCB indicadores en verano en los apiarios bioindicadores y testigos

**Las concentraciones totales de los 7 PCB indicadores en verano no son significativamente diferentes entre el apiario bioindicador y el apiario testigo.**

Además, estos valores son significativamente inferiores a las concentraciones encontradas en las abejas extraídas en los medios considerados como no contaminados (en promedio 6ng/g MS) (Devillers y Budzinski, 2008);

Por información, abajo están algunos valores de referencia encontrados en abejas en Francia:

- zona montañosa en el sur de Francia: 0,013ng/g MS
- zona industrial en sur-oeste de Francia: 3,122ng/g MS

## 8) Análisis de las partículas

### **Preámbulo:**

Las partículas o « polvos » se clasifican de acuerdo con sus tamaños: las «gruesas» o «PM10», de tamaño inferior a 10  $\mu\text{m}$ , y las «finas» o «PM2.5», de tamaño inferior o igual a 2,5  $\mu\text{m}$ .

Las emisiones en el medio ambiente pueden ser de origen natural o antropogénica: el tráfico, la quema de combustibles, la quema de madera, transformación de energía, etc.

Estas partículas pueden tener efectos inmediatos y a largo plazo sobre la salud humana: asma, alergias, enfermedades respiratorias o cardiovasculares, cáncer, etc.

Las abejas son excelentes bio-colectoras de contaminantes. Las partículas presentes en el aire son capturadas por electrostática en el cuerpo de las abejas volando mientras realizan sus actividades diarias de forrajeo.

En ese contexto, es posible analizar las partículas bio-acumuladas en sus cuerpos tomando muestras de esas abejas previamente instaladas en el lugar de estudio.

Utilizamos un Microscopio Electrónico de Barrido en modo ambiental. Esto nos permite, en primer lugar, identificar el tipo de partículas (minerales u orgánicas), y luego calificar su composición atómica.

La interpretación de los resultados esta comparada espacialmente con un apiario testigo.

### **Herramientas y métodos:**

Después de los resultados obtenidos para los elementos traza metálicos, se ha escogido realizar los análisis de partículas en los 3 apiarios siguientes:

- apiario bioindicador 1: alrededor de la planta,
- apiario testigo 3T: ubicado a 16km al suroeste,
- apiario testigo 4T: lo más susceptible de ser influenciado por las dos fábricas de cemento con los vientos predominantes.

Se toman muestras de 5 abejas en cada sitio. Estarán luego analizadas con el «Microscopio Electrónico de Barrido» (MEB).

El análisis de las partículas se centra en la parte dorsal del tórax de la abeja (véase Figura 2) por dos razones. En primer lugar, esta es un área donde el pelo de la abeja es abundante, las partículas quedan atrapadas fácilmente. Por otra parte, la abeja es incapaz de cepillarse esta zona. La bioacumulación natural de las partículas no está perturbada por la limpieza de las abejas.

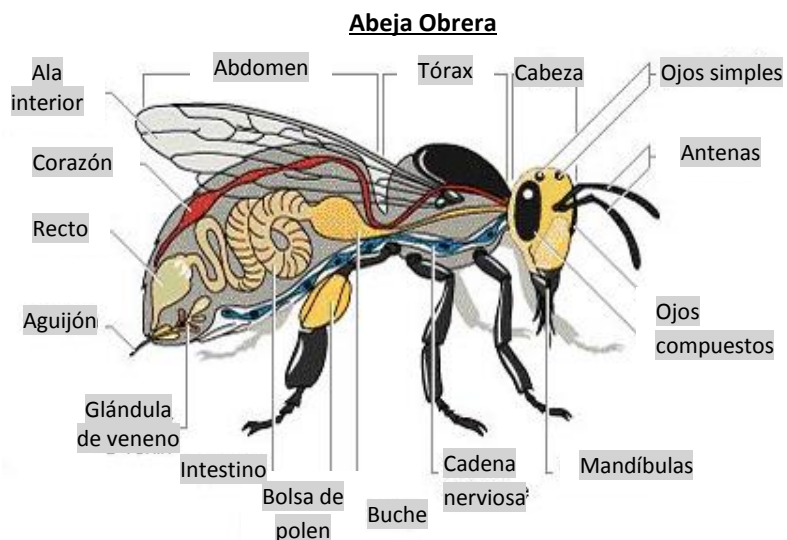


Figura 2: Anatomía de la abeja

De acuerdo con su frecuencia en el análisis, las partículas se clasifican en tres clases. Las partículas llamadas «abundantes» representan más del 20% de las partículas encontradas durante el análisis. Las partículas «raras» representan entre 2% y 20% de las partículas. Finalmente las partículas llamadas «notables» se encuentran de manera muy oportuna durante el análisis.



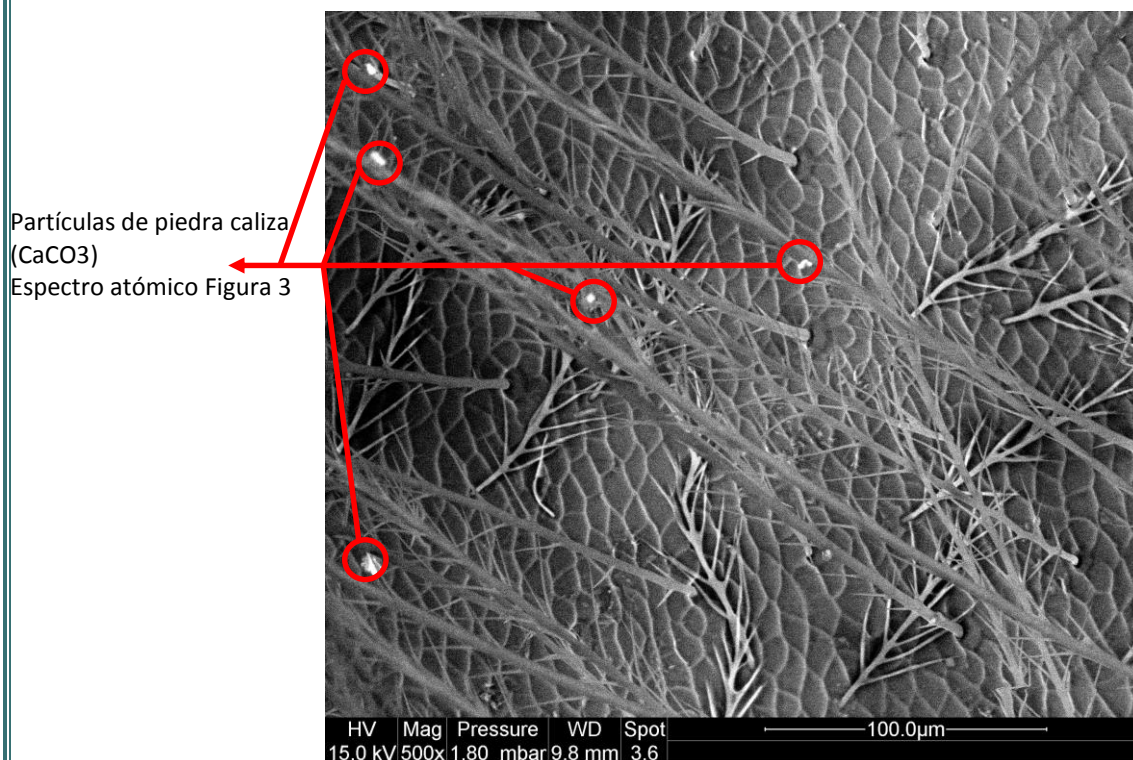
Foto 3 : Recogida de pecoreadoras

### Resultados del estudio del apiario 1:

Los resultados obtenidos en el apiario número 1 se presentan a continuación por clase de partículas encontradas: abundantes, raras y notables.

- Partículas abundantes :

Los análisis revelaron la presencia de partículas de piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) en abundancia (47% de las partículas analizadas) en el cuerpo de las abejas recogidas en el apiario 1. Estas partículas eran de tamaño PM10 y PM2.5. La Foto 4 muestra la presencia de partículas de piedra caliza en el cuerpo de una abeja.



**Foto 4 : Demostración de partículas de piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) en el cuerpo de una abeja recogida en el apiario número 1. Espectro atómico en la Figura 3.**

El espectro atómico de la Figura 3 representa la composición de las partículas de piedra caliza de la foto 4.

Las partículas de piedras calizas en esta muestra vienen probablemente del suelo donde se sitúa el apiario. Las partículas pueden estar en suspenso en el aire por el tráfico continuo de vehículos por rutas no asfaltadas que son numerosas en ese sector.



C:\SharedData\CONFORTO\prive\APILAB\URU 1\abeille 1\spectre1.spc

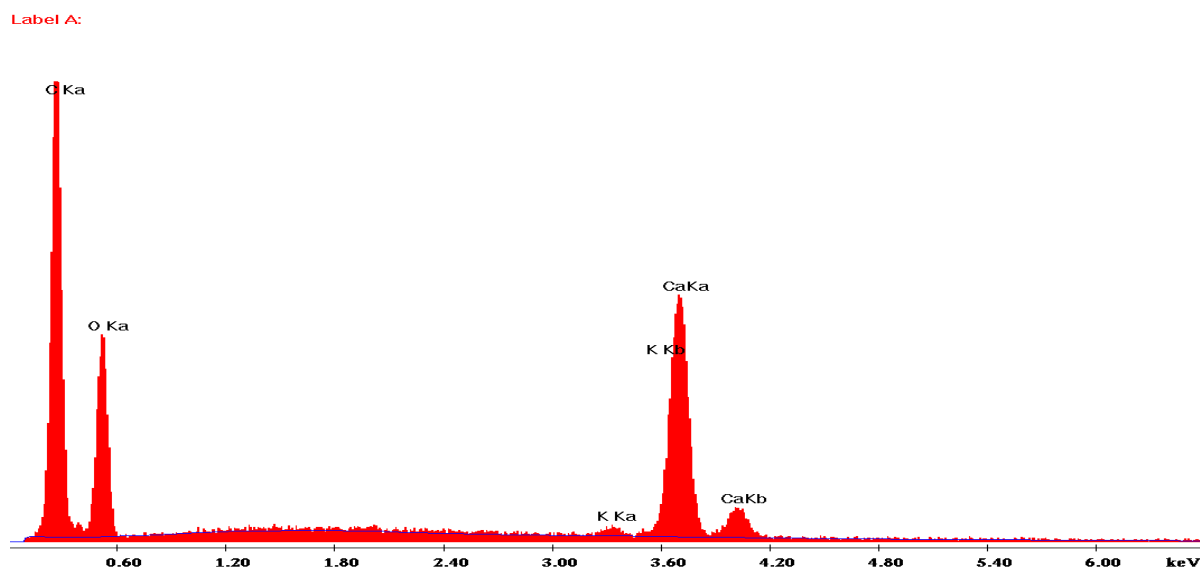


Figura 3 : Espectro atómico característico de la piedra caliza (CaCO<sub>3</sub>) tomado en las muestras de abejas en el apiario número 1.

La segunda clase de partículas que se encuentran en abundancia se compone de partículas formadas de estaño (Sn) en combinación o no a otros elementos como el plomo (Pb). Esta clase representa 35% de las partículas analizadas y tiene un tamaño clasificado PM2.5.

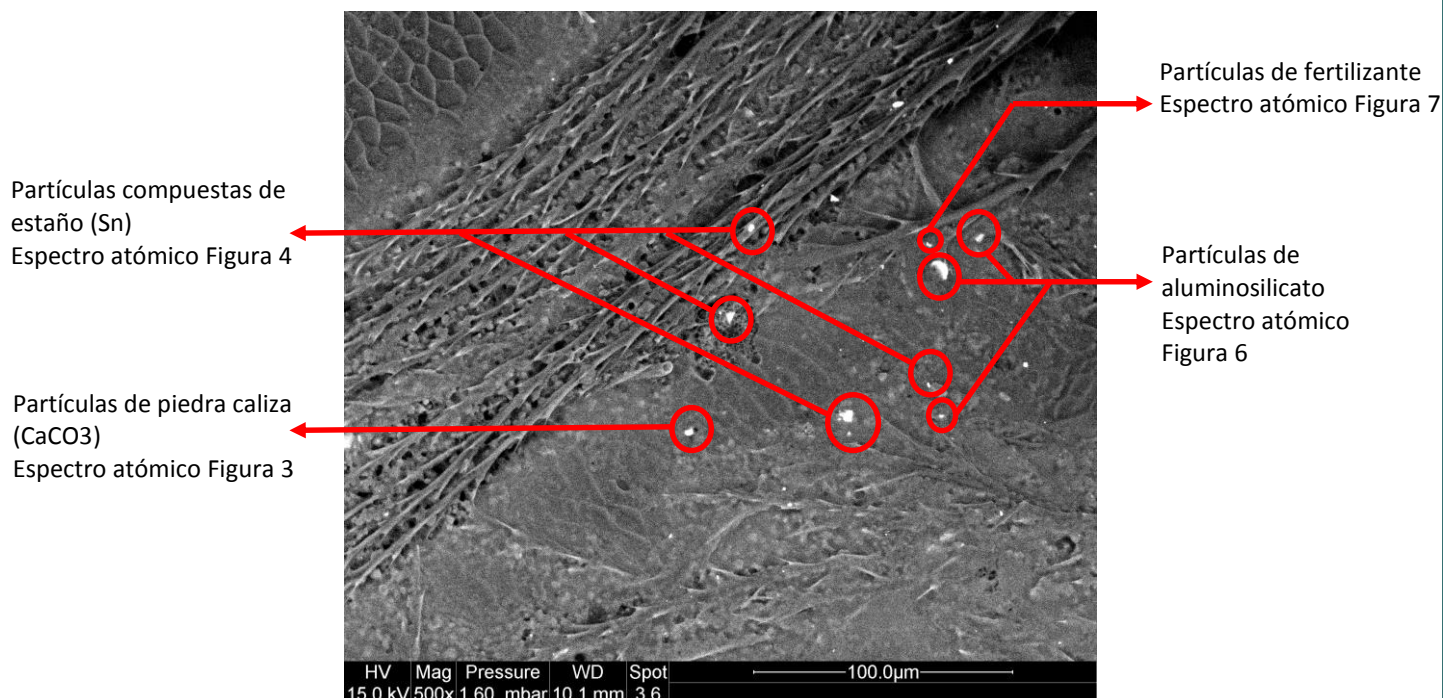


Foto 5 : Demostración de partículas compuestas de estaño.

El estaño (Sn), en aleación con el plomo (Pb), se utiliza ampliamente en la industria para la soldadura. También se usa en la electrónica para soldar componentes entre ellos. La Figura 4 muestra el espectro atómico de las partículas de estaño que se encontraron en el cuerpo de las abejas del apiario 1.



C:\SharedData\CONFORTO\prive\APILABIURU 1\abeille 2\spectre 1.spc

Label A:

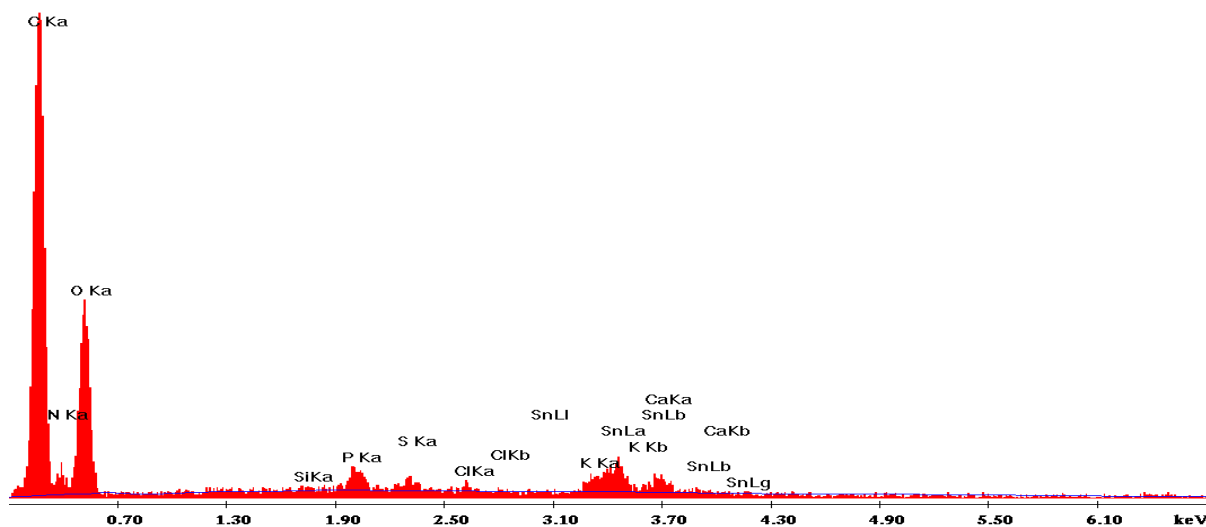


Figura 4 : Espectro atómico de partículas compuestas de estaño (Sn) representadas Foto 6.

- Partículas raras:

9% de las partículas encontradas en el cuerpo de la muestra de las abejas del apiario número 1 se componen de aluminio (Al). Algunas partículas son presentes en la Foto 7 y la Figura 5 representa el espectro atómico de una partícula de aluminio. Estas partículas tienen un tamaño de PM10 y PM2.5.

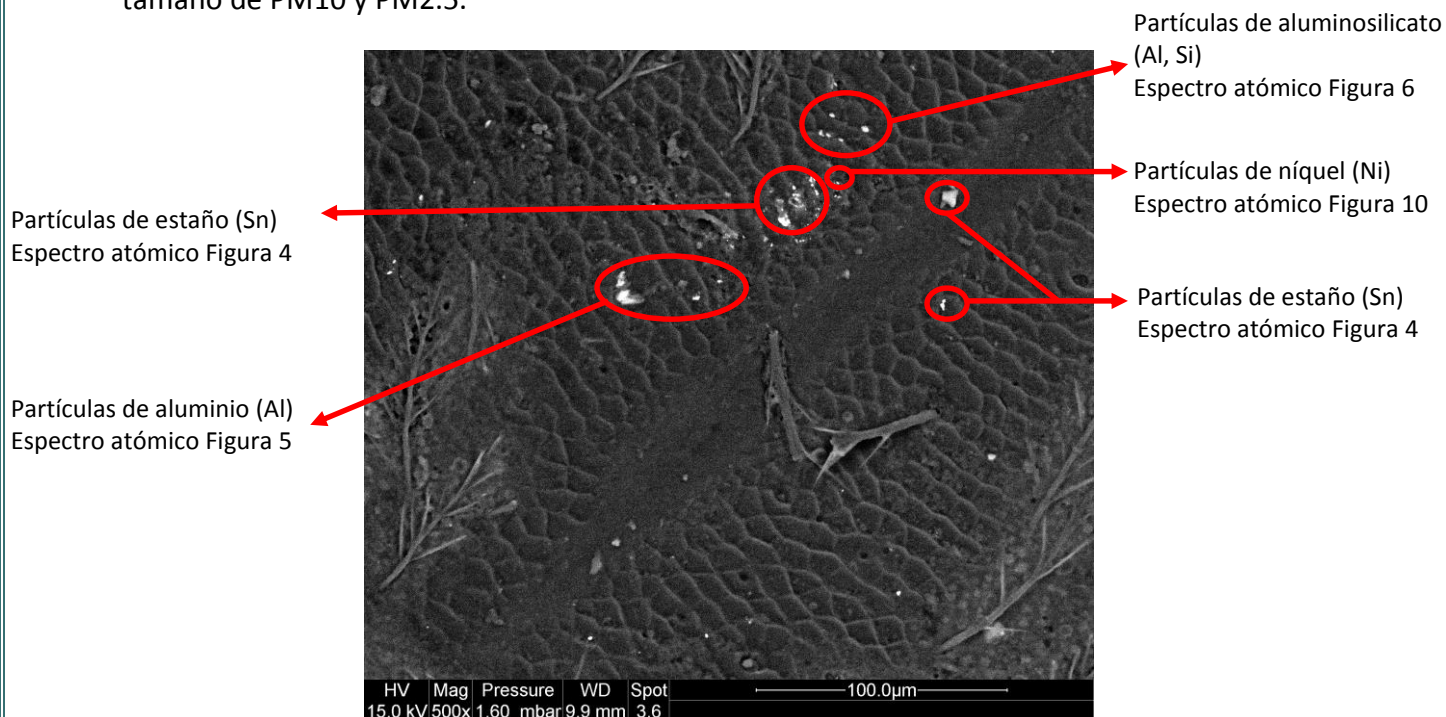


Foto 6: Demostración de partículas raras y notables en el cuerpo de una abeja del apiario número 1.

C:\SharedData\CONFORTO\prive\APILAB\URU 1\abelle 1\spectre3.spc

Label A:

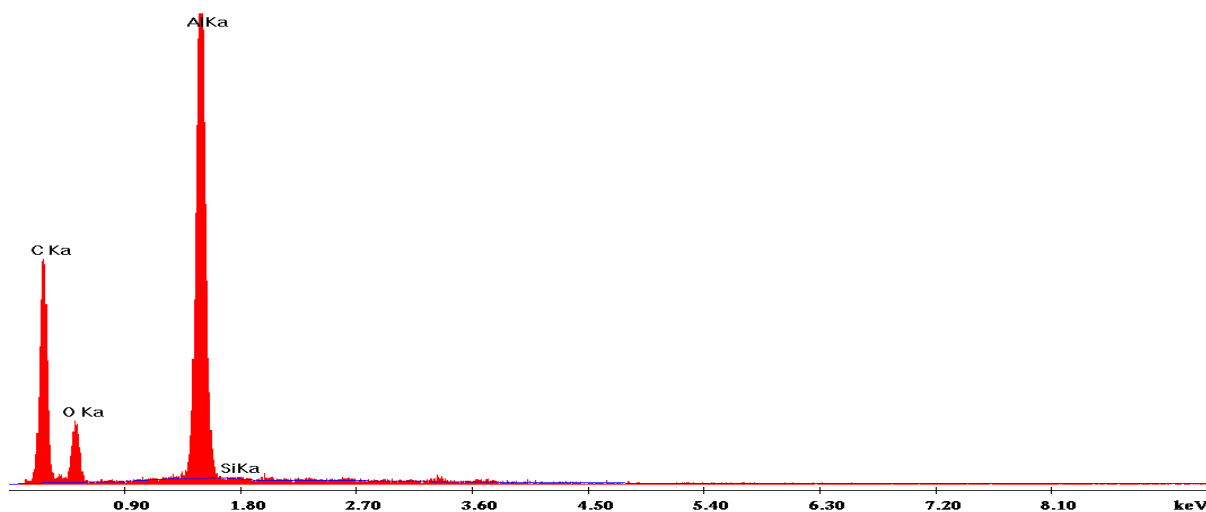


Figura 5: Espectro atómico de una partícula de aluminio encontrado en el cuerpo de una abeja del apiario número 1

Estas partículas de aluminio (Al) (presentes en la Foto 6 y la Figura 5) pueden provenir de las industrias de corte de aluminio. Vienen probablemente de las aceras de actividad humana cerca del apiario de muestra. Estas partículas tienen un tamaño de PM10 y PM 2.5.

La segunda clase de partículas raras encontradas en el apiario número 1 está formada de aluminosilicatos. Estos elementos se componen principalmente de sílice (Si) y de aluminio (Al) (Foto 7). Fosforo (P), potasio (K) y sodio (Na), pueden también entrar en la composición de los aluminosilicatos. El espectro atómico es presentado Figura 7.

C:\SharedData\CONFORTO\prive\APILAB\URU 1\abelle 1\spectre6.spc

Label A:

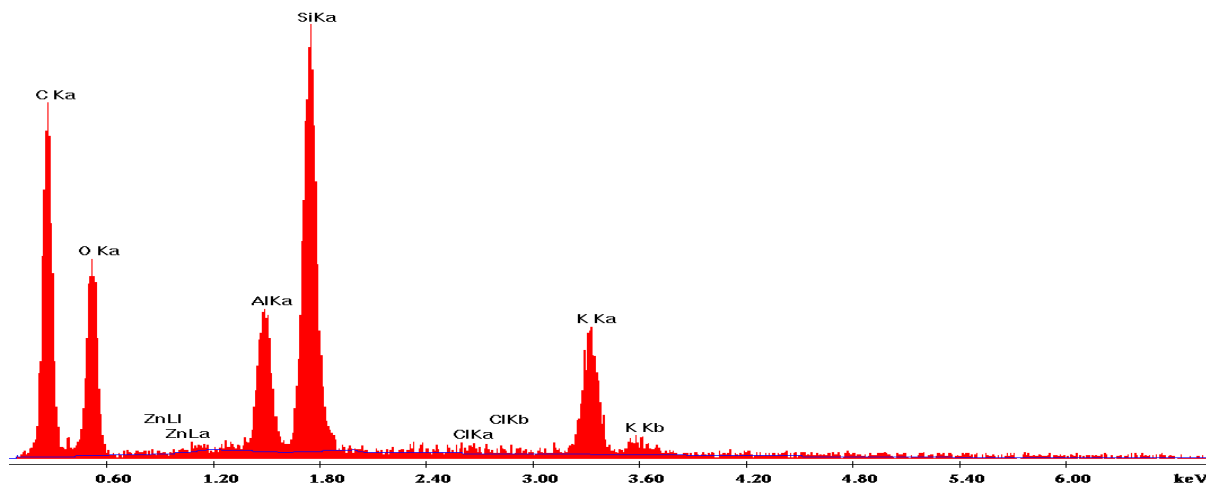


Figura 6: Espectro atómico característico de un aluminosilicato.

Los aluminosilicatos son característicos de las cerámicas de las actividades industriales y/o artesanales. Se utilizan como reactivos para el curtido de cueros, como catalizadores en la industria química, como adsorbente para la purificación de los triglicéridos, también como cerámica para la fabricación de cerámicas. Además, los aluminosilicatos son productos presentes generalmente en las actividades de la planta de cemento y en particular los aluminosilicatos de calcio.

– Partículas notables:

Se encontraron cuatro tipos de partículas en cantidades muy pequeñas en los cuerpos de las abejas del apiario número 1:

- Partículas de fertilizante (potasio (K), fósforo (P), sodio (Na) et cloro (Cl)) PM2.5, (Foto 5 et Figura 7).
- Partículas de cloruro de potasio (KCl), < 2% de las partículas, PM2.5, (Foto 7 et Figura 8).
- Granos de arena (SiO<sub>2</sub>), < 1% de las partículas, PM2.5, (Foto 8 et Figura 9).
- Partículas de níquel (Ni), < 1% de las partículas, PM2.5, (Foto 6 et Figura 10).

C:\SharedData\CONFORTO\prive\APILAB\URU 1\abeille 1\spectre4.spc

Label A:

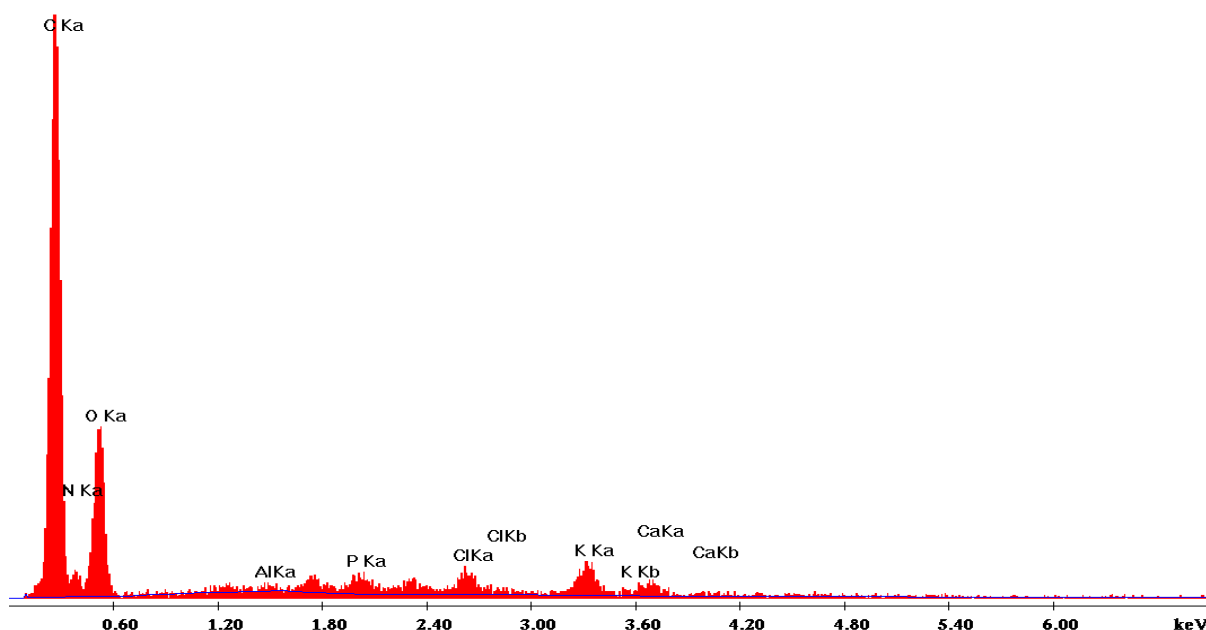
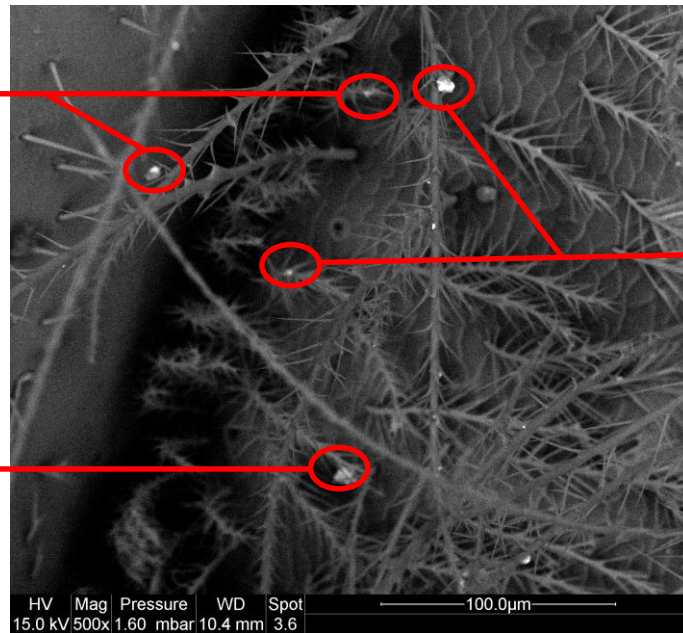


Figura 7: Espectro característico de una partícula de fertilizante (Foto 5)

Partículas de cloruro de potasio (KCl)  
Espectro atómico Figura 8



Partículas de piedra caliza (CaCO<sub>3</sub>)  
Espectro atómico Figura 3

Partículas de aluminosilicato  
Espectro atómico Figura 6

Foto 7 : Demostración de partículas de cloruro de potasio (KCl).

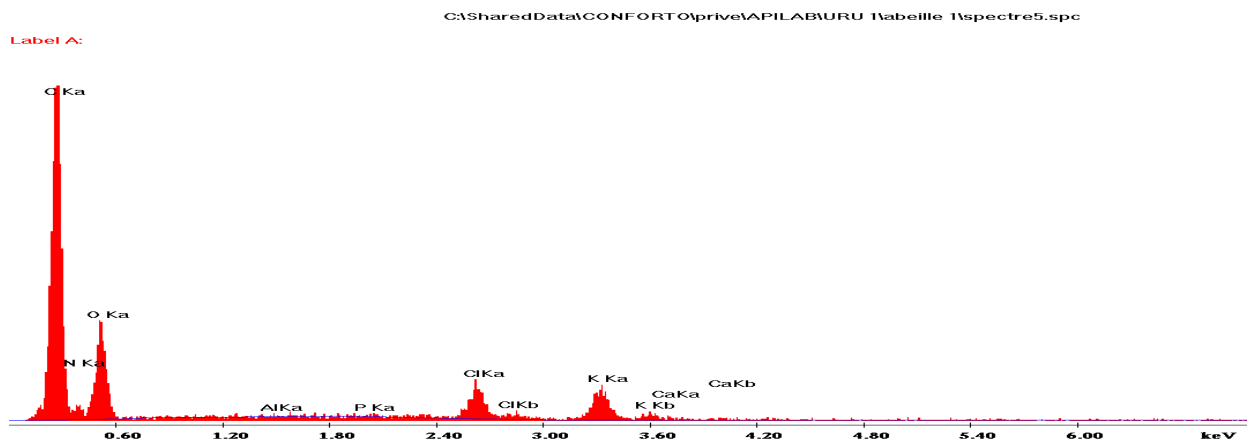
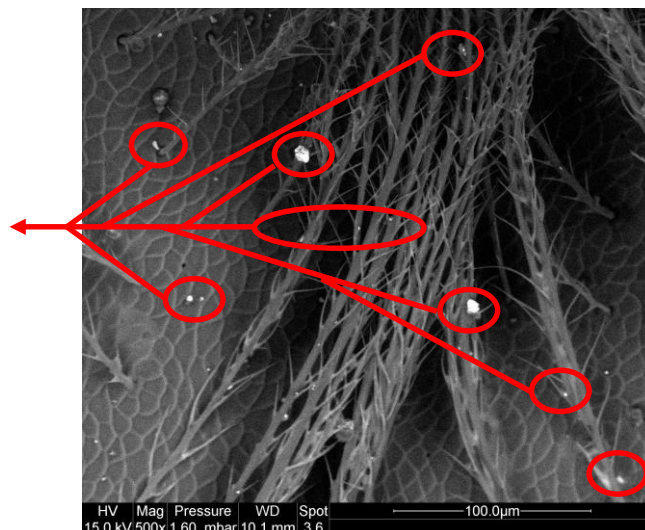


Figura 8: Espectro atómico de una partícula de cloruro de potasio (KCl), presentada Foto 7.

Partículas de piedra caliza (CaCO<sub>3</sub>)  
Espectro atómico Figura 3



Grano de arena (SiO<sub>2</sub>)  
Espectro atómico Figura 9

Foto 8: Demostración de un grano de arena.

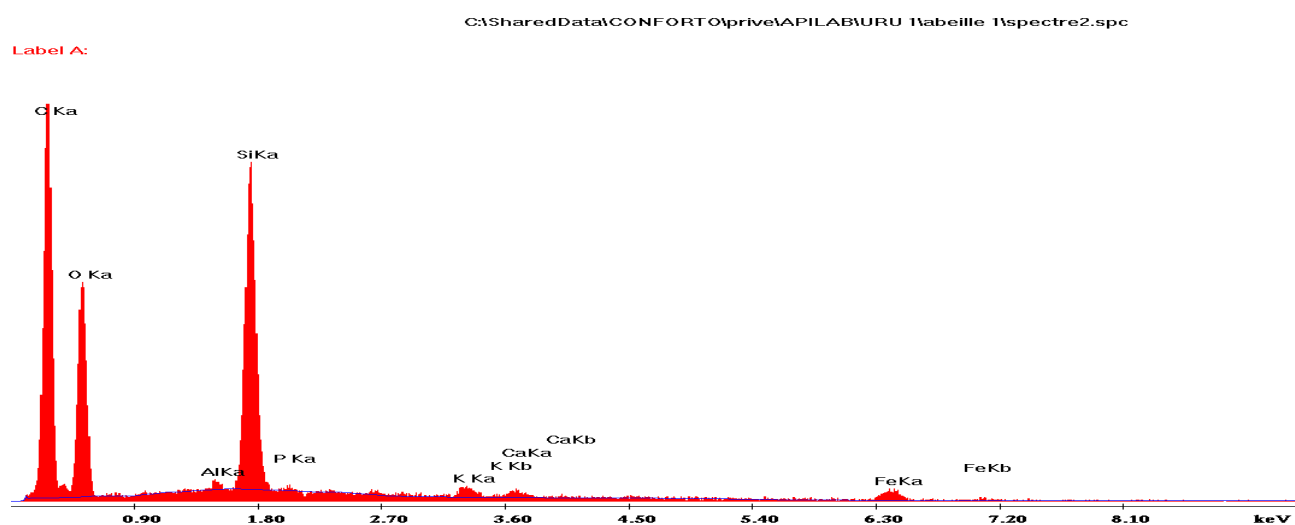


Figura 9: Espectro atómico característico de un grano de arena (Foto 8).

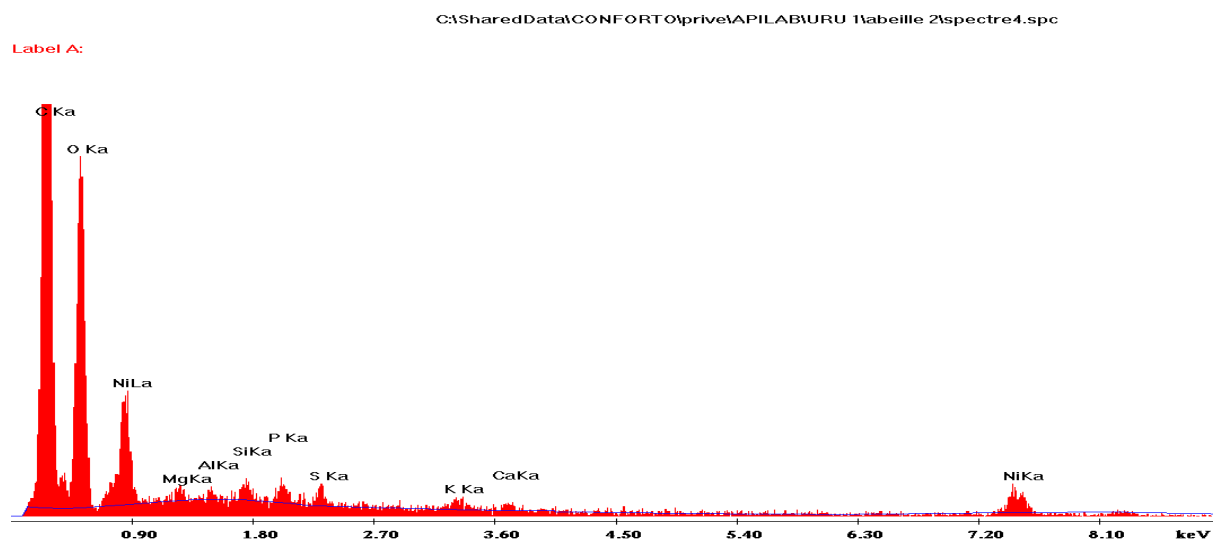


Figura 10: Espectro atómico de una partícula de níquel (Ni) (Foto 6)

### Resultados del estudio del apiario testigo 3T:

Los resultados obtenidos en el apiario número 3T se presentan a continuación por clase de partículas encontradas: abundantes, raras y notables.

- Partículas abundantes :

La clase principal encontrada en el análisis de las partículas presentes en el cuerpo de las abejas del apiario número 3T está formada de piedra caliza (CaCO<sub>3</sub>). Representan el 82% de las partículas analizadas (Foto 9 y Figura 11). Esas partículas tienen un tamaño de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>.

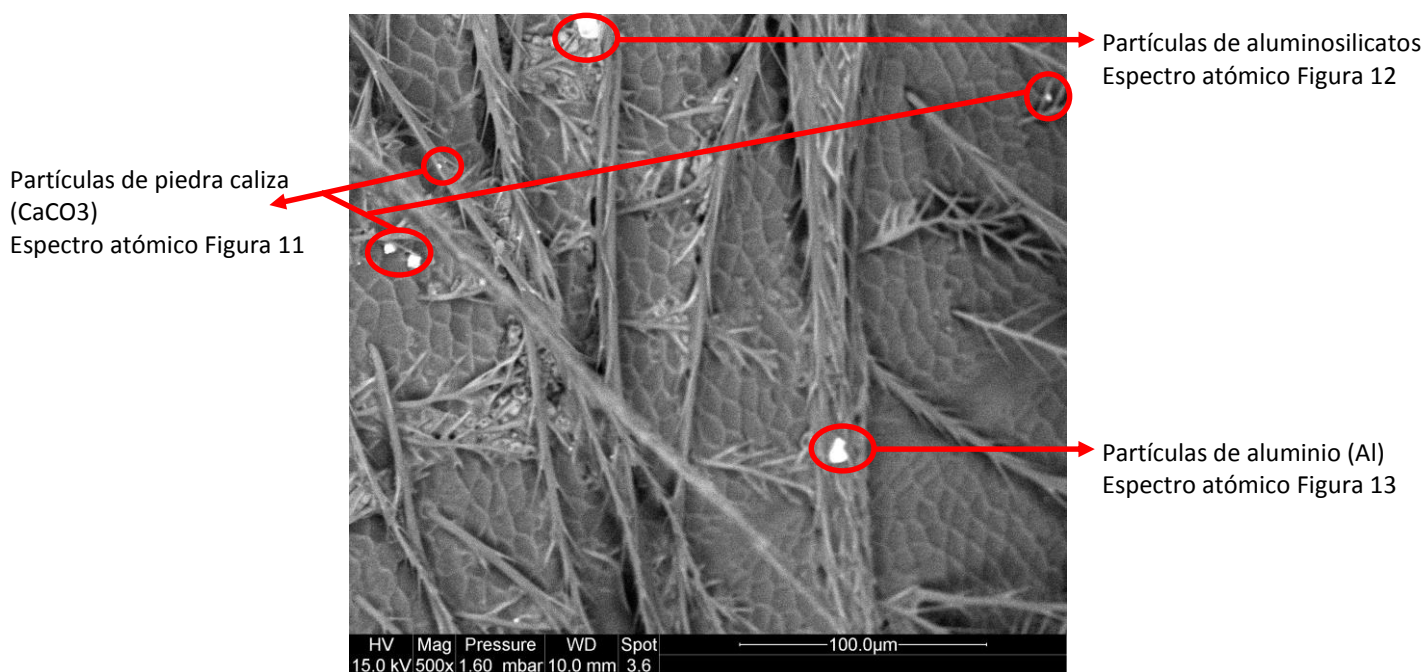


Foto 9: Demostración de partículas abundantes y raras en el cuerpo de una abeja recogida en el apiario número 3T.

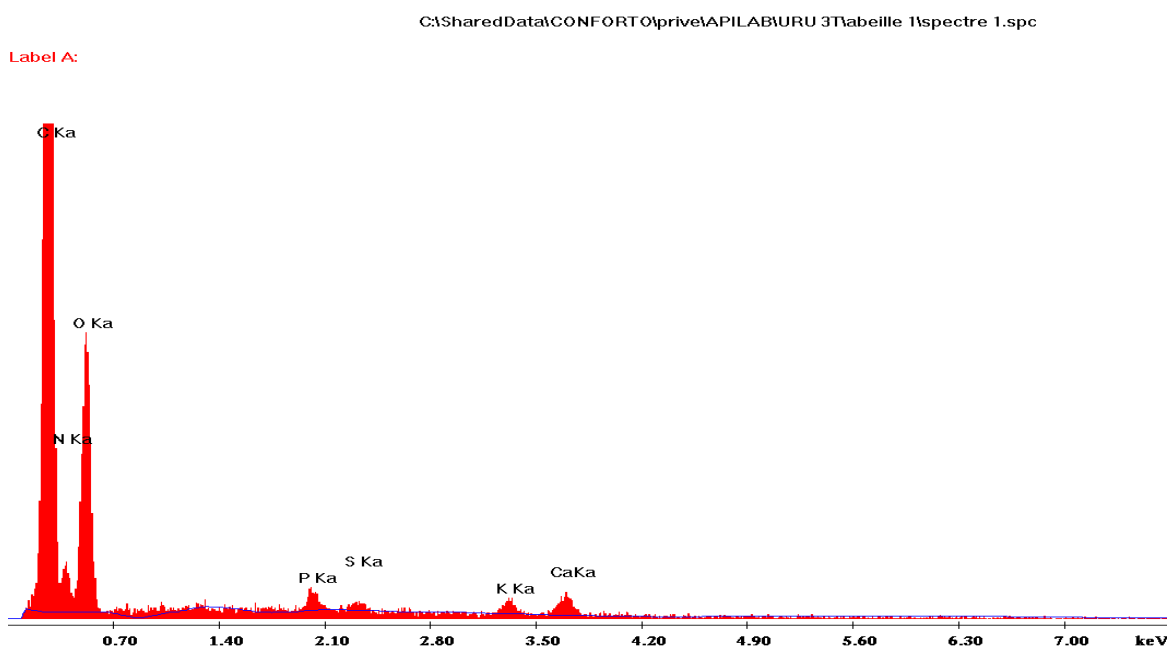


Figura 11: Espectro atómico de las partículas de piedra caliza presentadas Foto 9

- Partículas raras :

La primera clase de partículas clasificadas como raras en el apiario número 3T está formada de aluminosilicatos (Foto 9). Constituyen el 8% de las partículas analizadas en esa muestra y tienen un tamaño de PM10 y PM 2.5. La Figura 12 muestra el espectro atómico de esas partículas.

C:\SharedData\CONFORTO\prive\APILAB\URU 3T\tabelle 2\spectre 1.spc

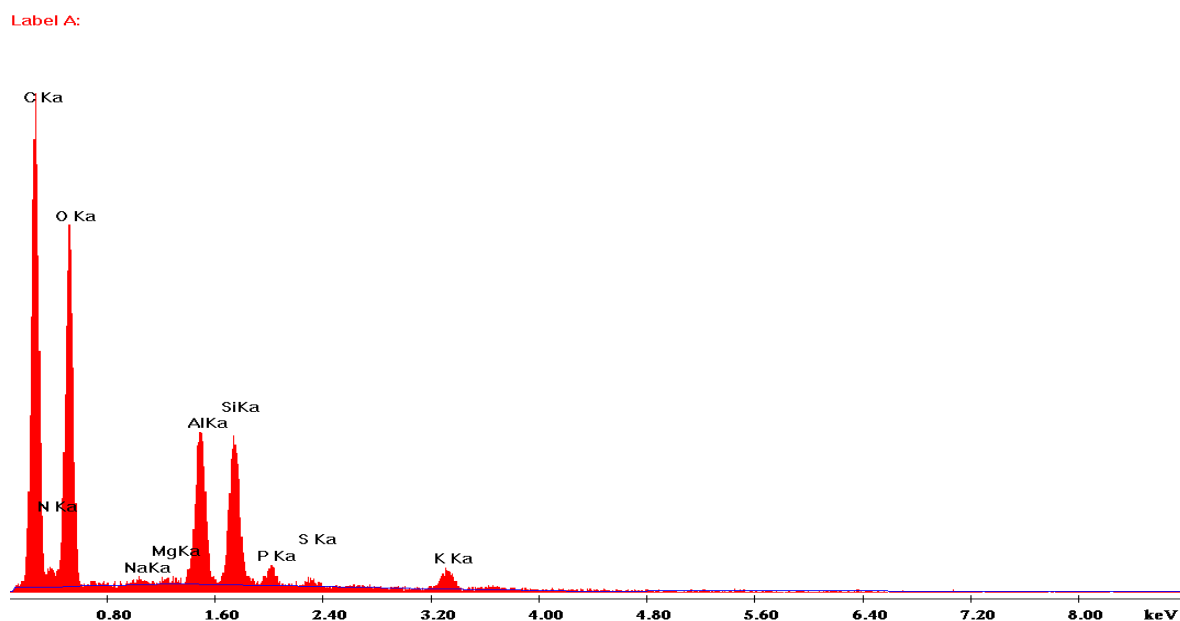


Figura 12: Espectro atómico característico de un aluminosilicato (Foto 9)

La segunda clase de partículas teniendo una frecuencia de presencia llamada rara está compuesta de aluminio (Foto 9 et Figura 13). Esas partículas tienen un tamaño de PM10 et PM2.5.

C:\SharedData\CONFORTO\prive\APILAB\URU 3T\tabelle 2\spectre 2.spc



Figura 13: Espectro atómico característico de una partícula de aluminio (Al), (Foto 9: Demostración de partículas abundantes y raras en el cuerpo de una abeja recogida en el apiario número 3T.Figura 9)



La última clase de partículas clasificadas como raras en esa muestra está compuesta de partículas de estaño (Sn). Esa clase compone 4% de las partículas que tienen un tamaño de PM2.5. La Foto 10 muestra partículas de estaño presentes en el cuerpo de una abeja recogida en el apiario número 3T. El espectro atómico de la Figura 14 muestra la composición de esas partículas.

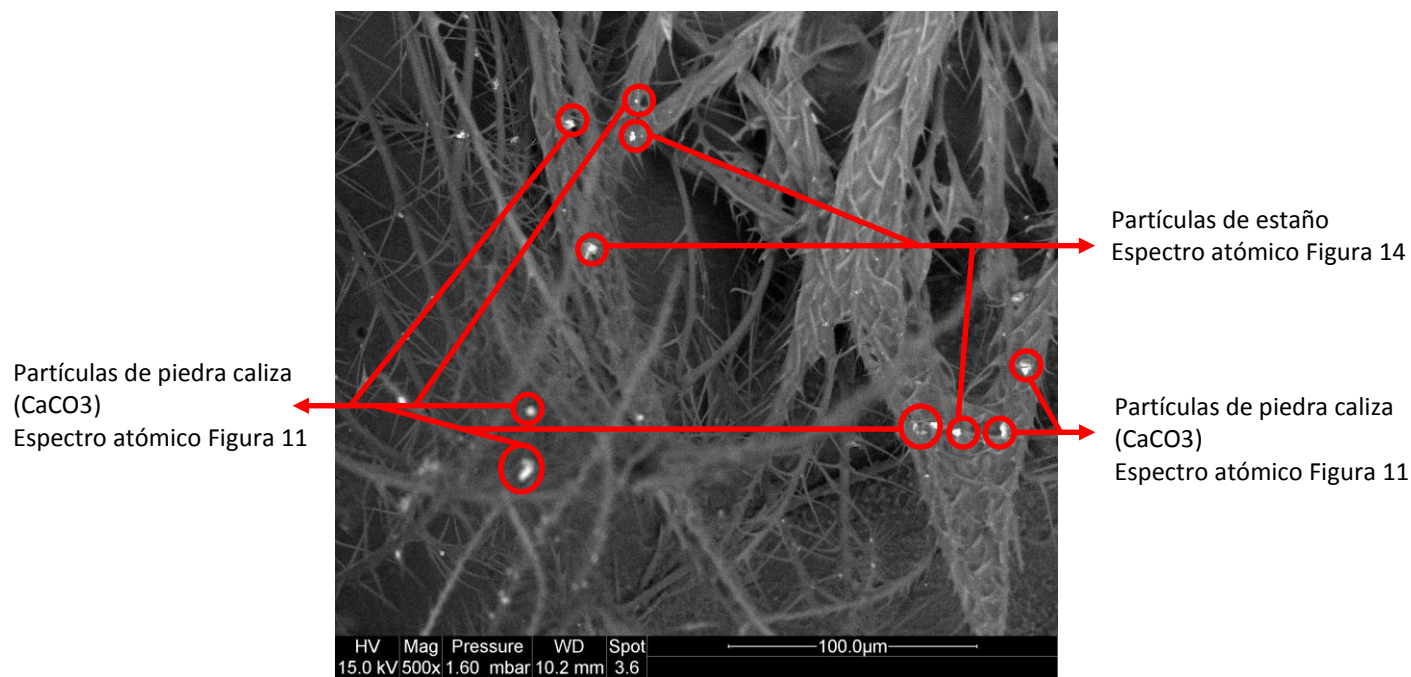


Foto 10: Demostración de partículas de estaño (Sn).

C:\SharedData\CONFORTO\prive\APILAB\URU 3T\abeille 1\spectre 2.spc

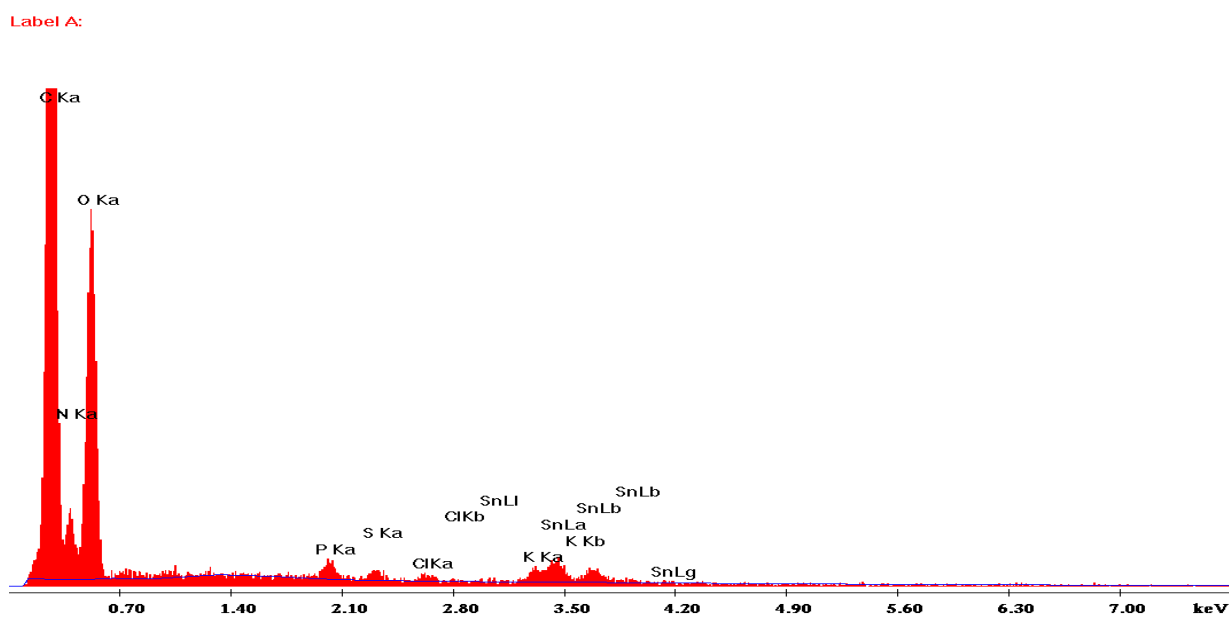


Figura 14: espectro atómico característico de una partícula de estaño (Sn), (Foto 10).

- Partículas notables :

Partículas de fertilizante (P, K, Cl, Na) fueron encontradas en muy pequeñas cantidades en esas muestras (<1%) (Foto 11, Figura 15). El tamaño de esas partículas es de PM2.5.

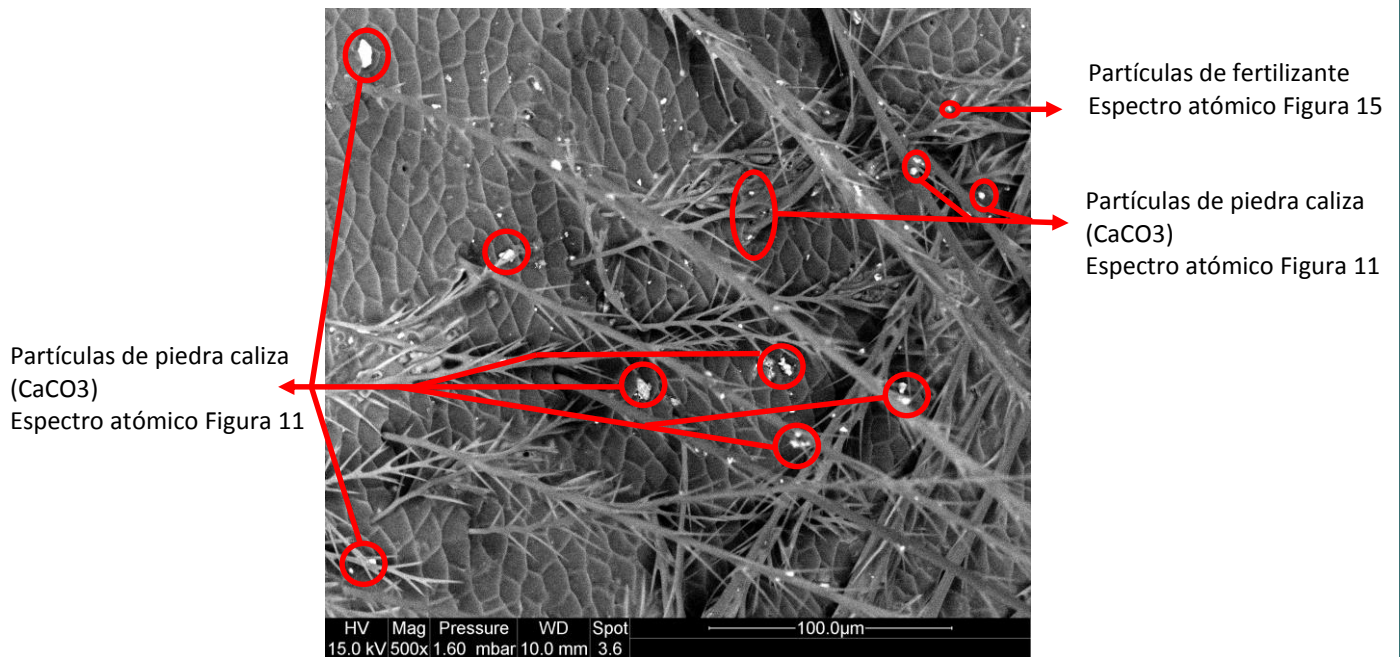


Foto 11 : Demostración de una partícula de fertilizante.

La presencia de fertilizante es compatible con una actividad agrícola cerca del apiario.

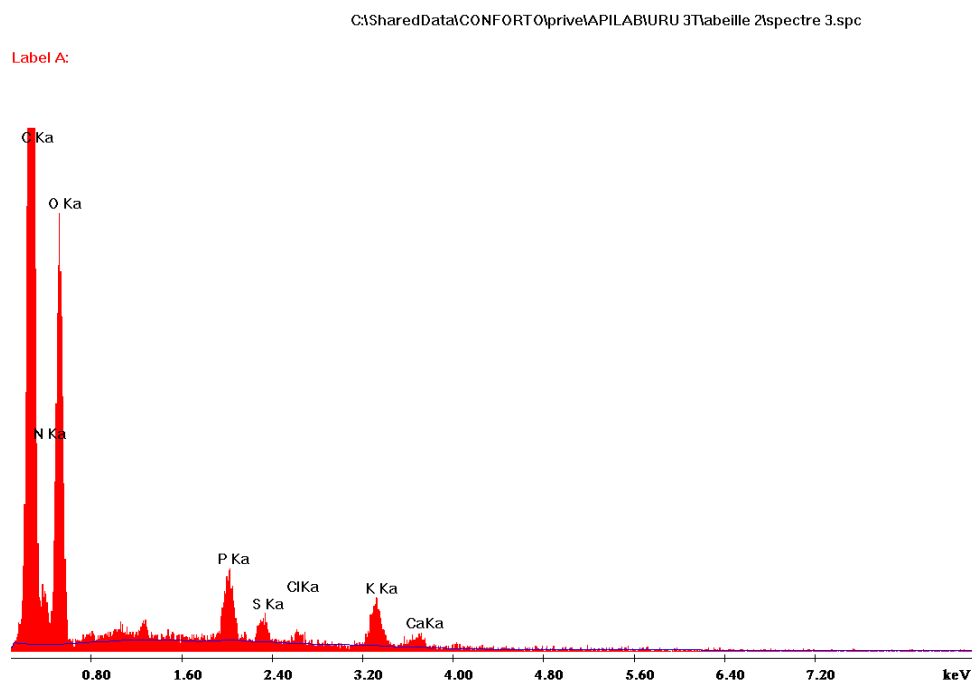


Figura 15 : Espectro característico de una partícula de fertilizante (Foto 11)

## Resultados del estudio del apiario 4T:

Los resultados obtenidos en el apiario número 4T son presentados a continuación por clase de partículas encontradas: abundantes, raras y notables.

### - Partículas abundantes :

La clase de partículas más abundante encontrada durante el análisis en el cuerpo de las abejas del apiario número 4T está formada de piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) (49% de las partículas). Esas partículas tienen un tamaño de PM10 et PM2.5.

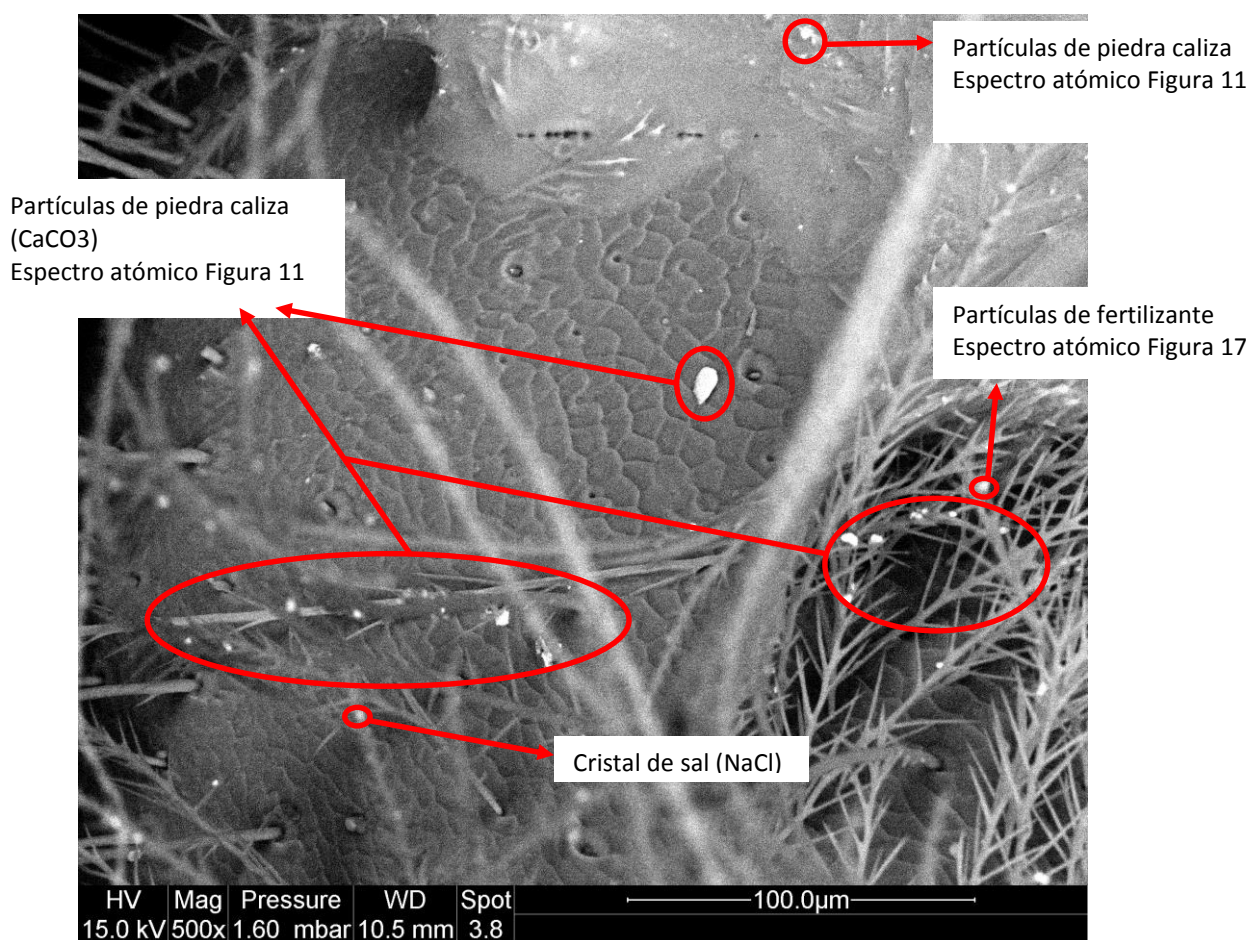


Foto 12: Demostración de las diferentes clases de partículas presentes en el cuerpo de las abejas del apiario 4 T.

Una segunda clase de partículas está fuertemente representada en las partículas analizadas. Son los aluminosilicatos (31%) (PM2.5).

### - Partículas raras :

17% de las partículas encontradas en el cuerpo de las abejas recogidas en el apiario número 4T son partículas de cemento. Se trata de una cantidad significativa. Esas partículas se derivan probablemente de una o ambas plantas de cemento presente(s) en la periferia de Minas.

C:\SharedData\CONFORTO\prive\APILAB\URU 4T\abeille 1\spectre 1.spc

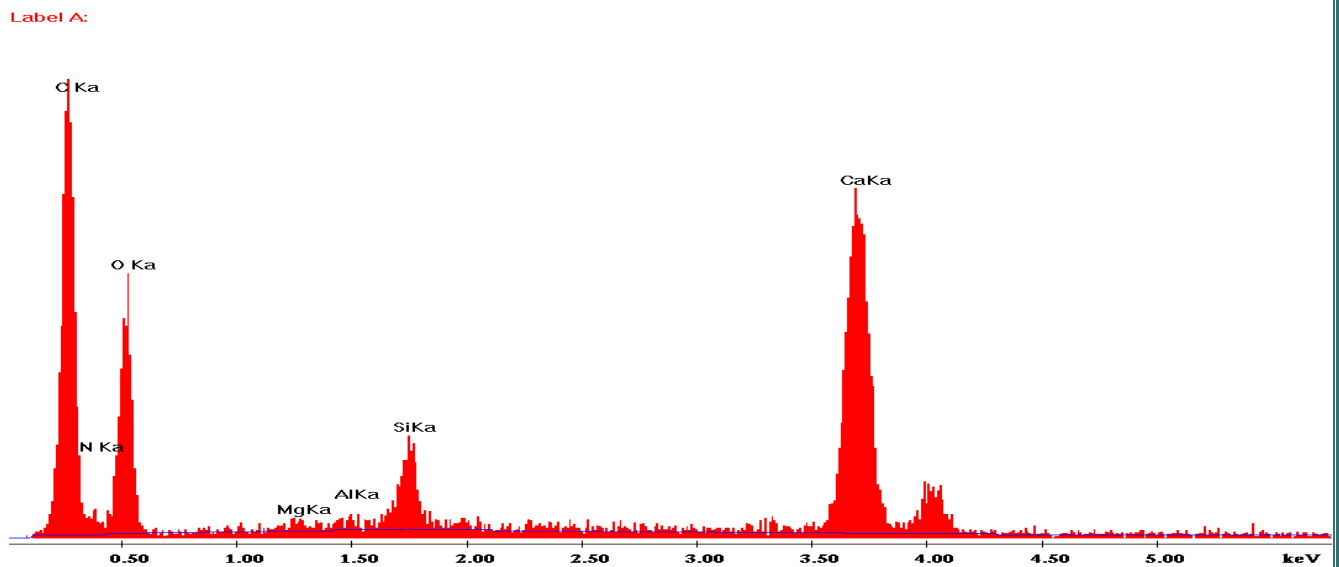


Figura 16: Espectro atómico de la partícula de cemento presentada Foto 13.

- Partículas notables :

3 clases de partículas han sido encontradas de manera muy puntual en las muestras del apiario 4T:

- Granos de arena ( $\text{SiO}_2$ ), al nivel de 1% de las partículas (PM10).
- Cristales de cloruro de sodio (NaCl), también al nivel de 1% de las partículas (PM2.5).
- Fertilizante (K, P, Na, Cl, S), en una frecuencia inferior a 1% (PM2.5).



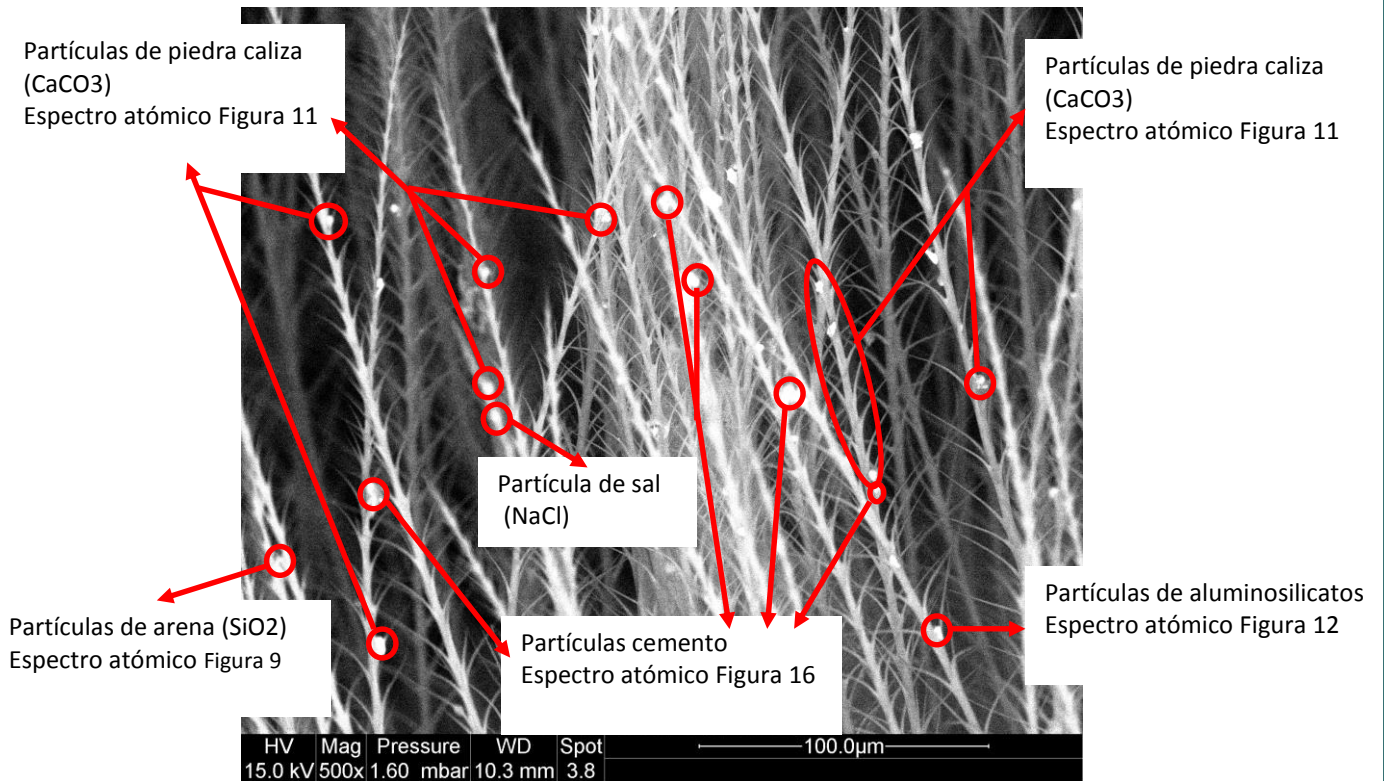


Foto 13: Demostración de partículas de aluminosilicatos en el cuerpo de las abejas del apiario 4T.

C:\SharedData\CONFORTO\prive\APILAB\URU 4T\tablelle 1\spectre 2.spc

Label A:

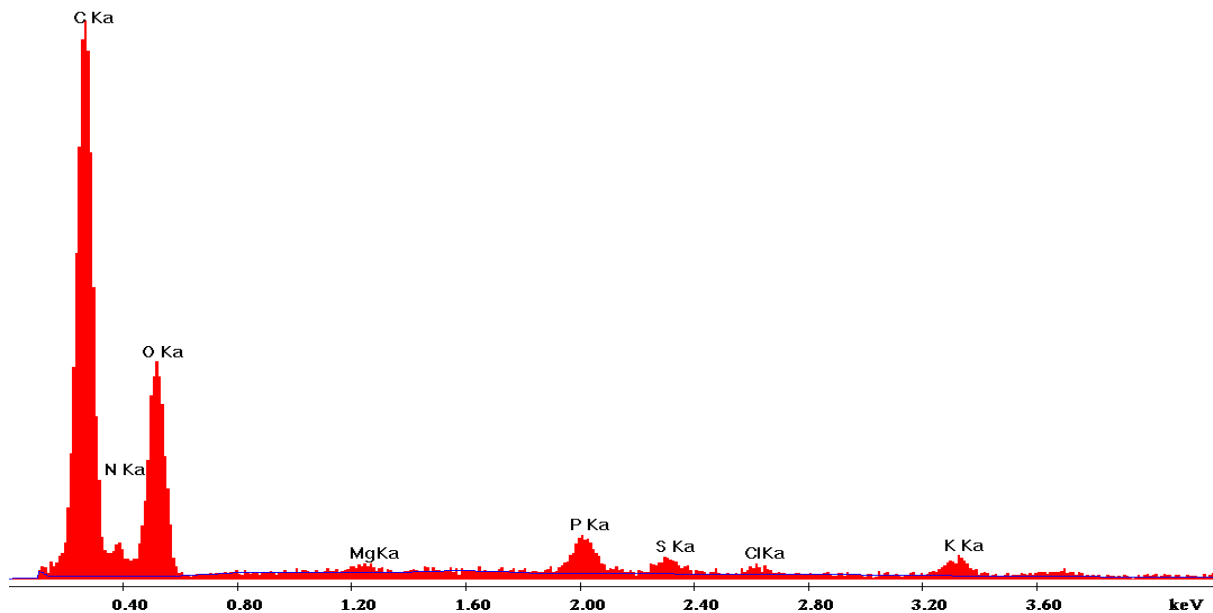


Figura 17: Espectro atómico de las partículas de fertilizante presentadas Foto 12.

## Conclusiones

Las conclusiones de este estudio sobre la calidad medioambiental del sitio de la fábrica de Cemento ANCAP de Minas (Uruguay) son los siguientes:

### Elementos traza metálicos y HAP

Los índices anuales de calidad medioambiental abeja para el plomo, el cadmio, el arsénico y el PAH4 en el apiario bioindicador son recapitulados en el gráfico 9 siguiente.

*Los valores para los cuales tuvo una diferencia estadística significativa entre los apiarios bioindicador y testigo son marcadas con un asterisco.*

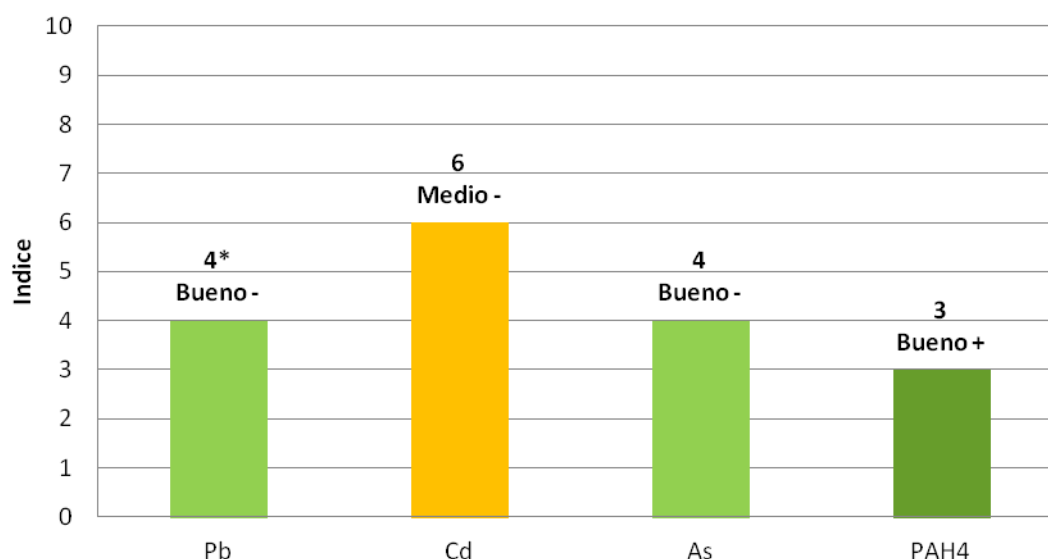


Gráfico 3: Índice medio para el plomo (Pb), el cadmio (Cd), el arsénico (As) y el PAH4

Concerniendo los elementos traza metálicos, no se observe diferencia significativa entre el apiario bioindicador y los apiarios testigos para las concentraciones en Cadmio y en Arsénico. Por lo contrario, la concentración en plomo es significativamente más elevada en las abejas recogidas en los apiarios testigos que en el apiario bioindicador.

Concerniendo los HAP, no se observa diferencia significativa entre el apiario bioindicador y el apiario testigo. Además, el nivel de HAP es bueno; el medioambiente global es así poco contaminado.

Pero se debe matizar estas conclusiones ya que se trata de una medida única y que no es representativa de un año completo. Un estudio complementario en un periodo más largo permitiría estudiar las variaciones de temporadas. Efectivamente, las condiciones meteorológicas y el tipo de floras libadas tienen una influencia en los contaminantes presentes durante la medición. También, la actividad antropológica fluctúa durante el año y puede ser al origen de una contaminación puntual: por ejemplo, la aumentación del tráfico

durante el verano en una región turística puede tener una incidencia en el nivel de HAP en el medio ambiente.

### Pesticidas

Excepto la detección de dos acaricidas utilizados como medicamento veterinario para luchar contra el varroa (coumaphos y tau fluvalinato), se encuentran tres insecticidas en la muestra del apiario bioindicador. Se trata de dos piretroides, la tetrametrina y la permetrina, así que un organofosforado: el fenitrotion. Estos tres insecticidas son perturbadores endocrinos y son potencialmente cancerígenos.

### COV

Cual que sea el apiario, todas las concentraciones en COV son inferiores a los límites de cuantificación.

### Estudio de la partículas

A fin de resumir los resultados de este estudio, es necesario distinguir dos tipos de apiarios. El apiario número 1, situado a menos de 3 km de la planta de cemento ANCAP, que es nuestra área de estudio y los apiarios número 3T et 4T, son los apiarios testigos que permitirán medir los contaminantes presentes en el medio ambiente. El apiario número 3T está situado a más de 15 km de la área de estudio, en un ambiente principalmente agrícola. El apiario 4T está cerca de la planta de cemento competidora y bajo el viento de la misma (cf. Figura 1).

Se encontraron elementos en todos los lotes. Estos elementos están presentes en el entorno de forma homogénea en toda la región. Por lo tanto no es un impacto que proviene de la planta de cemento. Esas clases de partículas son presentadas a continuación:

- **Las partículas de piedra caliza:** esas partículas son caracterizadas por su alto contenido en calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). **Esas partículas provienen del suelo.** Probablemente llegan en suspensión en el aire mediante los coches de la región que operan en una parte de la red de carreteras que no está cubierta de alquitrán. Esas partículas son de tamaño PM10 et PM2.5. Representan **una parte mayoritaria de las partículas encontrada en los cuerpos de las abejas** analizadas (entre 47% y 82%).
- **Los aluminosilicatos:** esos elementos están compuestos en mayoría de sílice (Si) y de aluminio (Al) en relación con otros elementos minoritarios como el potasio (K), fósforo (P), sodio (Na). Son muy abundantes en todas las muestras (entre 8% y 31% de las partículas) y forman parte de los PM10 y de los PM2.5. Esos compuestos **son derivados de actividades industriales y/o artesanales.** Son utilizados como reactivos en el curtido de cueros, como absorbentes para la purificación de los triglicéridos y también como cerámica para la producción de cerámicas. Son **también derivados de las actividades de las plantas de cemento.**
- **Fertilizantes:** esas partículas son formadas de fósforo (P), sodio (Na), potasio (K). Los fertilizantes son ampliamente utilizados en la agricultura para fertilizar el suelo. No es raro encontrar estos elementos en una zona muy rural. Estas partículas finas (PM2.5)



son presentes de forma esporádica en las muestras (aproximadamente 1% de las partículas).

Una clase de partícula relativamente importante se encontró en dos apiarios (apiario 1 y apiario 3T), se trata de una clase formada de elementos metálicos:

- Estas partículas están compuestas de varios elementos, de aluminio (Al) y de estaño (Sn) (solo o en aleación con el plomo (Pb)). Son relativamente abundantes en todos los lotes en los que se encontraron (entre 10 y 35%). Hacen parte de los PM2.5. Varias fuentes pueden ser el origen de esos elementos. El aluminio puede ser derivado de una industria de corte de este metal. **El estaño particularmente en aleación con el plomo, es utilizado en la industria para hacer soldaduras.** Solo, se usa también para soldar elementos electrónicos.

Solo una clase de partículas fue encontrada en el apiario número 4T:

- **Cemento: 17% de las partículas analizadas en el apiario número 4T son de cemento.** Tienen un tamaño de los PM10 y PM2.5. **Esas partículas son sin duda derivadas de una o dos de las plantas de cemento,** situadas al sureste del apiario. Sin embargo, es imposible discriminar el origen del cemento en relación con las plantas de cemento.

Otros elementos minoritarios han sido encontrados en el cuerpo de las abejas de los apiarios testigos (3T et 4T).

- Cristales de Cloruro de potasio (KCl)
- Granos de arena (SiO<sub>2</sub>)
- Cloruro de sodio (NaCl)

Los estudios de partículas son comparables solo en un área geográfica similar. Efectivamente, varios factores influyen sobre los resultados de estudios. Primero el fondo geoquímico, que varía mucho según las regiones. Por ejemplo, el suelo del sur de Francia es muy calcáreo mientras que el suelo de Guyana francesa es compuesto de lateritas. También, las actividades locales influyen sobre las contaminaciones antrópicas de los sitios estudiados.

## Referencias Bibliográficas

CHAUZAT M.P., CARPENTIER P., et al. Influence of pesticides residues in honeybee (Hymenoptera : Apidae) colony health in France. *Environ Entomol* 2009; 38:514-23

CITEPA. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – Séries sectorielles et analyses étendues. Format SECTEN. 2010.

CLAUDIANOS C. A deficit of detoxification enzymes: pesticide sensitivity and environmental response in the honeybee. *InsectMoleculaBiology* 15 (5), 2006, 615-636.

DEVILLERS J. Utilisation de l'abeille pour caractériser le niveau de contamination de l'environnement par les xénobiotiques. *Bulletin Technique Apicole* (35) 4, 2008, 179-180.

DORR G ; HIPPELEIN M ; KAUPP H; HTZINGER O. Baseline contamination assessment for a new resource facility in Germany part VI: levels and profiles of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in ambient air. *Chemosphere* (33), 1996, 1569-1578.

DUKAS R., Mortality rates of honeybees in the wild. *Atherosclerosis*. 2008;55:252-5

GARREC J.P., VAN HALUWYN C. Biosurveillance végétale de la qualité de l'air. Tec et Doc – Lavoisier, 2002

INERIS. Rapport d'étude DRC-06-66246/DESP-R01a. Eléments traces métalliques. Guide méthodologique. Recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines. 2006.

INERIS Rapport d'étude 66244-DESP-R01. Hydrocarbures Aromatique Polycycliques. Guide méthodologique. Acquisition des données d'entrée des modèles analytiques ou numériques de transferts dans les sales et les eaux souterraines. 2005.

INERIS. Dioxines-Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. 2006.

LEONCINI, I. L'observatoire en Isère: la colonie d'abeilles, témoin de la qualité environnementale. *Bulletin Technique Apicole* (35) 4, 2008, 165-167

MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT. **La réglementation en matière de qualité de l'air.2010** [En ligne]. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-reglementation-en-matiere-de.html> (Page consultée le 16 Février 2012)

OBSERVATOIRE DES RESIDUS DE PESTICIDES (ORP) - <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/>

PORRINI, C. Les abeilles utilisées pour détecter la présence de radio-isotopes dans l'environnement. *Bulletin Technique Apicole* (35) 4, 2008, 168-178.

PORRINI C. Les origines de l'utilisation de l'abeille comme indicateur biologique. *Bulletin Technique Apicole* 35 (4), 2008, 162-164.

YANG HH ; LEE WJ ; Chen SJ; LAI SO. PAH Emission From various industrial stacks. *Journal of Hazardous Materials* (60), 1998, 159-174.