



Repositorio Digital de
Trabajos finales y Tesinas



Esta obra es compartida bajo Licencia Creative Commons **CC BY-NC-ND 4.0**
Atribución/Reconocimiento – No Comercial - Sin Obra Derivada:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

Usted es libre de:

Compartir: copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.

El licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia.

Bajo los siguientes términos:

Atribución: Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo del licenciente.

No Comercial: Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

Sin Derivadas: Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado.



Universidad Nacional de Avellaneda



www.undav.edu.ar

TESINA DE GRADO

CONTAMINACIÓN DE SUELOS CON PCDD/Fs, PCBs E
HIDROCARBUROS EN ÁREAS CIRCUNDANTES A UNA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS
POR INCINERACIÓN EN EL POLO PETROQUÍMICO DOCK
SUD

DEPARTAMENTO DE AMBIENTE Y TURISMO

LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

ESTUDIANTE: Victor Nahuel Aquino

LEGAJO N°: 4885

E-MAIL: aquino.vn@gmail.com

DIRECTORA: Dra. Natalia Cappelletti

E-MAIL: cappellettin@hotmail.com

Diciembre de 2019



Repositorio Digital de Trabajos finales y Tesinas

Antes de comenzar es menester dedicar unas palabras de agradecimiento a todos los que hicieron que este objetivo, que es la obtención de la Licenciatura en Ciencias Ambientales, fuera posible.

*En primer lugar, a **Natalia** por aceptar ser mi directora y soportar mi inconstancia al principio del proceso y mi ansiedad al final.*

*A los miembros del jurado **Daniela, Fernando y Leandro** por su tiempo en leer el presente trabajo y sus acertados comentarios.*

*A **Manuel y Julian** por su más que importante colaboración en la toma de muestras realizada el 10 de abril de 2019.*

*A mi **familia** por su firme apoyo en este largo y a veces incierto camino que comencé a emprender en el año 2013. Y fundamentalmente por comprender mis malos momentos.*

*A todas las **compañeras y compañeros** de cada cursada con quienes compartí aulas, charlas e infaltables mates. Además, a aquellas personas que en este tiempo se han ganado un lugar en mi corazón y confiaron en mí y en mi capacidad incluso cuando yo mismo no lo hacía. Espero que sigamos caminando juntos, ahora como profesionales.*

*A mis **amigos de siempre**, quienes en todo momento me brindaron su confianza y apoyo, así como momentos de esparcimiento entre tanto estudio.*

*Finalmente, a la **Universidad Nacional de Avellaneda** por abrirme sus puertas y permitirme ser el primer graduado universitario de la familia y, espero, no el último.*

Simplemente gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GENERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO NATURAL DEL ÁREA ESTUDIADA	13
3.1 UBICACIÓN Y DATOS GENERALES	13
3.2 CLIMA	14
3.3 GEOLOGÍA	15
3.4 GEOMORFOLOGÍA	16
3.5 SUELOS	18
3.6 VEGETACIÓN: SELVA MARGINAL DE AVELLANEDA	21
4. MARCO TEÓRICO	23
5. ANTECEDENTES	26
6. MARCO NORMATIVO	30
6.1 LEGISLACIÓN DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	30
6.1.1 Constitución Nacional	30
6.1.2 Ley 23.922. Aprobación del Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación	30
6.1.3 Ley 25.278. Aprobación del Convenio de Rotterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo	30
6.1.4 Ley 26.011. Aprobación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs)	31
6.1.5 Ley 24.051 y Decreto Reglamentario 831/93. Residuos Peligrosos	32
6.1.6 Ley 25.612. Presupuestos Mínimos para la Gestión Integral de Residuos Industriales y Actividades de Servicios (promulgada parcialmente por el Dec. Reg. 1343/02)	34
6.1.7 Ley 25.670 y Decreto Reglamentario 853/07. Presupuestos Mínimos para la Gestión y Eliminación de PCBs	34
6.1.8 Ley 25.675. Ley General del Ambiente	35
6.2 LEGISLACIÓN DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES	36
6.2.1 Constitución de la Provincia de Buenos Aires	36
6.2.2 Ley 11.720 y Decreto Reglamentario 806/97 (modificado parcialmente por el Dec. Reg. 650/11). Residuos Especiales	37
6.2.3 Ley 11.347 y Decreto Reglamentario 450/94 (modificado parcialmente por el Dec. Reg. 403/97). Residuos Patogénicos	38
6.2.4 Ley 11.723 y Decreto Reglamentario 4371/95. Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales	40
6.3 RESOLUCIONES OPDS (EX SECRETARÍA DE POLÍTICA AMBIENTAL)	41
6.3.1 Resolución 374/98. Emisiones Gaseosas derivadas de la incineración de Residuos Industriales, Especiales y Patogénicos	41
6.3.2 Resolución 447/99. Pautas Técnicas para Rellenos de Seguridad	41

6.3.3 Resolución 323/00. Emisiones Gaseosas derivadas de la Incineración de Residuos Industriales, Especiales y Patogénicos	42
6.3.4 Resolución 550/04 (modificatoria del Art. 38, Dec. Reg. 450/94). Sistema Alternativo de Tratamiento para Emergencias	42
6.3.5 Resolución 350/10. Disposición Final de Desechos resultantes del Tratamiento de Residuos Patogénicos	42
6.3.6 Resolución 2131/01. Registro Provincial de Poseedores de PCBs	42
6.3.7 Resolución 1118/02 (modificado parcialmente por Res. 618/03 y por Res. 189/11). Prohibición de PCBs en la provincia de Buenos Aires	43
6.3.8 Resolución 964/03. Tecnologías de descontaminación de PCBs	43
6.3.9 Resolución 376/18. Reclassificación de equipos descontaminados	43
7. INCINERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	45
7.1 GENERALIDADES	45
7.2 ETAPAS DE PROCESO TÍPICO	45
7.3 ETAPA DE TRATAMIENTO TÉRMICO: HORNOS DE INCINERACIÓN	46
7.4 EMISIONES Y RESIDUOS GENERADOS	49
7.5 RIESGOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS	50
8. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	52
8.1 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR	52
8.2 DISEÑO DE MUESTREO	55
8.3 MUESTREO	63
8.4 ANÁLISIS REALIZADOS	68
8.4.1 Humedad y contenido de Materia Orgánica	68
8.4.2 Hidrocarburos Totales (HCT)	69
8.4.3 Bifenilos Policlorados (PCBs), Dioxinas y Furanos (PCDD/Fs)	70
8.4.4 Trabajos de calidad	72
8.4.5 Análisis estadístico	73
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
9.1 HUMEDAD Y CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	74
9.2 HIDROCARBUROS TOTALES (HCT)	77
9.3 BIFENILOS POLICLORADOS (PCBs)	82
9.4 DIOXINAS Y FURANOS (PCDD/Fs)	86
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
11. BIBLIOGRAFÍA	93
ANEXO I. INVENTARIOS DE DIOXINAS, FURANOS Y PCBs	98
A. DIOXINAS Y FURANOS (PCDD/Fs)	98
B. BIFENILOS POLICLORADOS (PCBs)	100
ANEXO II. INVENTARIO DE FUENTES FIJAS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA (ACUMAR)	102
A. BREVE CARACTERIZACIÓN DE LAS PLANTAS DE INCINERACIÓN PRESENTES EN LA CUENCA MATANZA RIACHUELO	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución, causas y consecuencias de la demanda de recursos y el ingreso per cápita a nivel mundial (SAyDS, 2017)	10
Figura 2. Operaciones de eliminación de residuos peligrosos en Argentina, durante el año 2017. (SAyDS, 2017)	11
Figura 3. Perfil de la planicie costera del Río de la Plata (planicie poligenética). Tomado de Eco Área Avellaneda	22
Figura 4. Esquema de un incinerador y sus componentes asociados. Extraído de Martínez (2005)	47
Figura 5. Detalles de horno rotativo con cámara de postcombustión. Extraído de Martínez (2005)	49
Figura 6. Vista panorámica del área costera de Avellaneda donde se realizará el estudio	52
Figura 7. A la izquierda, contorno de la Cuenca Matanza Riachuelo en azul y área donde se ubica la EMC-I de ACUMAR, en rojo. En el centro, detalle de la zona de emplazamiento de la EMC-I en la localidad de Dock Sud. A la derecha, equipamiento de la EMC-I. Extraído de ACUMAR (2017)	53
Figura 8. Rosa de vientos creada a partir de datos de la EMC-I (2010-2018) de ACUMAR (2018)	54
Figura 9. Área de Reserva en Sarandí (Eco Área), en naranja, y terrenos cercanos a la planta incineradora en Dock Sud, en amarillo. El límite entre ambas localidades lo constituye el Arroyo Sarandí que pasa entre ambas en sentido SO-NE	55
Figura 10. Diseño de muestreo utilizado en Jiménez <i>et al</i> (1996)	56
Figura 11. Vista extendida del área de muestreo con los buffers (circunferencias naranjas) cada 250 m del foco emisor y franjas de 30 m de ancho en dirección NE-SO	57
Figura 12. Acercamiento al sector SO donde pueden verse las cuadrículas de 10 m de lado dentro de cada franja utilizadas como referencias para ubicar los puntos tentativos de muestreo	58
Figura 13. Acercamiento al sector NE donde pueden verse las cuadrículas de 10 m de lado dentro de cada franja utilizadas como referencias para ubicar los puntos tentativos de muestreo	59
Figura 14. Esquema representativo (no a escala) del muestreo compuesto por 4 puntos (azul) los cuales representan un área de 100 m ² (marrón)	60
Figura 15. Ubicación tentativa de las 24 áreas de muestreo, 12 al SO y 12 al NE. Las circunferencias naranjas indican distancias cada 250 m desde la planta	60
Figura 16. Detalle de áreas de muestreo tentativas al SO	61
Figura 17. Detalle de áreas de muestreo tentativas al NE	62
Figura 18. Vista extendida de los puntos relevados en el muestreo realizado el 10 de abril. Las circunferencias naranjas indican distancias cada 250 m desde la planta	66
Figura 19. Detalle de los puntos relevados en el muestreo realizado el 10 de abril, al SO de la planta. En total 12 muestras compuestas	67
Figura 20. Detalle de los puntos relevados en el muestreo realizado el 10 de abril, al NE de la planta. En total 2 muestras compuestas (13 Y 14) y 4 puntuales (21, 22, 23 Y 24)	68
Figura 21. Procedimiento gravimétrico de cálculo de HCT en suelos	70
Figura 22. Procedimiento de extracción y cuantificación de PCBs y PCDD/Fs en suelos	72
Figura 23. Porcentajes de humedad y materia orgánica (promedios) al SO y al NE de la planta de incineración de residuos peligrosos	75
Figura 24. Porcentajes de humedad y materia orgánica (promedios) a distintas distancias de la planta de incineración de residuos peligrosos	75

Figura 25. Porcentajes de humedad y materia orgánica en los distintos puntos de muestreo analizados	76
Figura 26. Contenido de humedad (en %) en los distintos puntos muestreados graduado por colores. Las circunferencias naranjas indican distancias cada 250 m desde la planta	76
Figura 27. Contenido de materia orgánica (en %) en los distintos puntos muestreados graduado por colores. Las circunferencias naranjas indican distancias cada 250 m desde la planta	77
Figura 28. Concentración de HCT (mg/Kg peso seco) a distintas distancias de la planta de incineración de residuos peligrosos	79
Figura 29. Concentración de HCT (mg/Kg peso seco) en diferentes radios tomando la planta de incineración de residuos peligrosos como centro	80
Figura 30. Concentración de HCT (mg/Kg peso seco) en los distintos puntos de muestreo analizados. La línea punteada roja representa el valor de intervención para remediación del suelo, de la normativa holandesa	80
Figura 31. Concentración de hidrocarburos totales (HCT) normalizada por materia orgánica (en mg HCT/Kg M.O.) en los distintos puntos de muestreo analizados	81
Figura 32. Contenido de hidrocarburos totales normalizado por contenido de materia orgánica (en mg HCT/Kg M.O.) en los distintos puntos muestreados graduado por colores. Las circunferencias naranjas indican distancias cada 250 m desde la planta	81
Figura 33. Concentración de PCBs (ng/g peso seco) a distintas distancias de la planta de incineración de residuos peligrosos	83
Figura 34. Concentración de PCBs (ng/g peso seco) en diferentes radios tomando la planta de incineración de residuos peligrosos como centro	84
Figura 35. Concentración de PCBs en diferentes radios tomando la planta de incineración de residuos peligrosos como centro, normalizada por materia orgánica (en ng PCB/g M.O.)	84
Figura 36. Concentración de PCBs en ng/g peso seco en los distintos puntos de muestreo analizados	85
Figura 37. Concentración de PCBs normalizada por materia orgánica (en ng PCB/g M.O.), en los distintos puntos de muestreo analizados	85
Figura 38. Contenido de PCBs normalizado por contenido de materia orgánica (en ng PCB/ g M.O. peso seco) en los distintos puntos muestreados graduado por colores. Las circunferencias naranjas indican distancias cada 250 m desde la planta	86
Figura 39. Concentración de PCDD/Fs (pg/g peso seco) a distintas distancias de la planta de incineración de residuos peligrosos	88
Figura 40. Concentración de PCDD/Fs (pg/g peso seco) en diferentes radios tomando la planta de incineración de residuos peligrosos como centro	88
Figura 41. Concentración de PCDD/Fs en diferentes radios tomando la planta de incineración de residuos peligrosos como centro, normalizada por materia orgánica (en pg PCDD-F/g M.O.)	89
Figura 42. Concentración de PCDD/Fs en pg/g peso seco en los distintos puntos de muestreo analizados	89
Figura 43. Concentración de PCDD/Fs normalizada por materia orgánica (en pg PCDD-F/g M.O.), en los distintos puntos de muestreo analizados	90
Figura 44. Contenido de PCDD/Fs normalizado por materia orgánica (en pg PCDD-F/g M.O.) en los distintos puntos muestreados graduado por colores. Las circunferencias naranjas indican distancias cada 250 m desde la planta	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Unidades aflorantes en la región del área metropolitana bonaerense (AMBA). Extraído de Pereyra (2004)	16
Tabla 2. Suelos principales en las unidades geomórficas presentes en el AMBA. Extraído de Pereyra (2004). NOTA: *Alto: más de 10 m en menos de 50 m en la horizontal, Bajo: menos de 1 m en 100 m y Moderado: intermedio entre ambos	18
Tabla 3. Taxonomía de los suelos presentes en el AMBA. Elaboración en base a Pereyra (2004)	19
Tabla 4. Escala de Beaufort con la referencia utilizada en la rosa de vientos generada	53
Tabla 5. Coordenadas en notación decimal de los puntos de muestreo tentativos	63
Tabla 6. Puntos de muestreo efectivamente realizados con los horarios en cuanto se tomaron y las coordenadas en donde se tomaron	65
Tabla 7. Concentraciones a distintas distancias de plantas de incineración de residuos obtenidos por Schuhmacher <i>et al</i> (1998 & 1999) y Jimenez <i>et al</i> (1996)	87
Tabla A1. Resultados del Inventario de Dioxinas y Furanos realizado al año 2003. Extraído de SAyDS (2007)	99
Tabla A2. Detalle de la Categoría 1 relativa a incineración de desechos. Extraído de SAyDS (2007)	99
Tabla A3. Detalle de la Categoría 6 relativa a procesos de combustión no controlados. Extraído de SAyDS (2007)	100
Tabla A4. Resultados preliminares del inventario parcial de PCBs. Extraído de SAyDS (2007)	101
Tabla A5. Características de los hornos incineradores utilizados en la CMR. Elaboración en base a datos de ACUMAR & JMB Ambiental (2014). NOTA: Con “-” se mencionan las variables de las cuales no se ofrecen datos en el informe citado	104

Repositorio Digital de
Trabajos finales y Tesinas

RESUMEN

La generación de residuos es un problema creciente en la sociedad moderna. Esto es más preocupante para el caso de los residuos peligrosos, los cuales si bien son comparativamente menores en cantidad respecto a los domiciliarios son más dañinos para el ambiente. Una de las técnicas más utilizadas para el tratamiento de éstos últimos es la incineración que por un lado logra disminuir su volumen para optimizar el espacio destinado a la disposición final de los mismos, pero a la vez emite contaminantes al ambiente por vía atmosférica como dioxinas, furanos y bifenilos policlorados. En efecto, el objetivo del presente trabajo es describir los impactos que genera la incineración de residuos peligrosos en los suelos circundantes, tomando como caso de estudio una planta ubicada en el Polo Petroquímico Dock Sud, enfatizando en la cuantificación de dioxinas y furanos (PCDD/Fs), bifenilos policlorados (PCBs) e hidrocarburos totales (HCT). Para lograrlo, se realizó un diseño de muestreo contemplando la influencia del viento en el transporte de contaminantes y la posibilidad de realizar la toma de muestras en el terreno circundante a la planta hasta una distancia de 1000 m. El diseño final consistió en 3 transectas de 30 m de ancho tanto al suroeste (SO) como al noreste (NE) de la planta en cuestión, ubicadas entre 1000-750, 750-500 y 500-250 m en ambas direcciones, con el uso de Sistemas de Información Geográfica, en especial QGIS. De esta forma se pudieron analizar las concentraciones de los contaminantes tanto de forma individual como sectorizada. Salvo una muestra puntual para el caso de HCT, ninguna otra muestra superó los niveles máximos normativos para las sustancias aquí estudiadas. Las concentraciones promedio fueron de 1141 ± 1175 mg/Kg para HCT, $13,4 \pm 23,8$ ng/g para PCBs y $1,0 \pm 0,6$ pg/g para PCDD/Fs. Hay que remarcar que se encontró un gradiente de concentración solo para los PCBs a medida que disminuía la distancia a la planta y también hubo algunos puntos en los cuales las concentraciones de contaminantes normalizadas por el contenido de materia orgánica fueron elevadas. Por lo tanto, si bien no se excedieron los límites normativos en prácticamente ningún punto, deberían realizarse estudios más exhaustivos en suelos, principalmente en los puntos con concentraciones elevadas al normalizar por materia orgánica, y en sus inmediaciones, y por último tomar muestras de la vegetación.

PALABRAS CLAVE: Dioxinas, PCBs, Hidrocarburos, Suelos, QGIS, Incineración de residuos peligrosos.

1. INTRODUCCIÓN

Entre las distintas causas de deterioro ambiental pueden mencionarse el aumento poblacional y fundamentalmente del consumo que lleva a una mayor extracción de recursos naturales (con la consecuente destrucción y transformación de hábitats) y aumento de la generación de residuos. Esto se ve agravado por la creciente concentración poblacional en áreas urbanas, que en el año 2030 albergarán al 60% de la población mundial, alrededor de 5100 millones de habitantes (SAyDS, 2017), por lo que se acentúan los efectos negativos sobre el ambiente, generando por ejemplo contaminación de aire, agua y suelo (*Figura 1*). Respecto a la Argentina, la distribución de la población marca un claro desequilibrio en favor de los asentamientos urbanos, siguiendo con el fenómeno de urbanización a nivel mundial. En el año 2010, el 90,9% de los habitantes (alrededor de 36 millones) residía en áreas urbanas, y una cuarta parte de la población nacional, más de 10 millones de personas, se ubicaba en los 24 partidos del Gran Buenos Aires, de acuerdo a datos de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS, 2017).

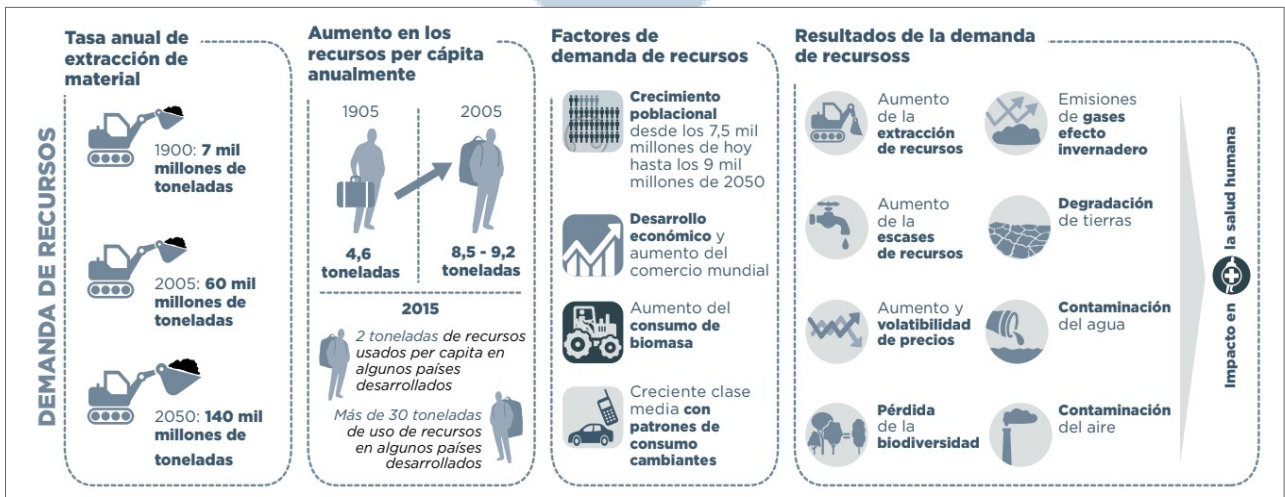


Figura 1. Evolución, causas y consecuencias de la demanda de recursos y el ingreso per cápita a nivel mundial (SAyDS, 2017)

Además, a partir de la Revolución Industrial ha variado notablemente la forma de producción, desde las máquinas de vapor hasta la actual industria informática. El descubrimiento de nuevos elementos químicos en conjunto con la fabricación de nuevos materiales, sin contemplar los efectos sobre las personas y el medio natural, provocaron su uso extendido (MAyDS, 2016). Las consecuencias se fueron conociendo con el correr de los años y actualmente muchas de dichas sustancias son consideradas peligrosas, generando una problemática de alcance global (MAyDS, 2016). Para hacer frente a esta situación, a

nivel nacional se encuentra reglamentada la Ley 24.051 sobre Residuos Peligrosos. Análogamente, Buenos Aires cuenta con la Ley 11.720 de Residuos Especiales y la Ley 11.347 de Residuos Patogénicos; en las cuales se regula la generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los mismos. Cabe destacar que en dicha provincia se genera casi el 50% de los residuos peligrosos de la Argentina (MAyDS, 2016), al concentrar gran parte de las actividades productivas y de servicios. Es necesario tener presente también la Ley 26.011, de alcance nacional, respecto a la Aprobación del Convenio de Estocolmo Sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, entre los cuales se encuentran bifenilos policlorados (PCBs), dioxinas y furanos (PCDD/Fs), sustancias producidas de manera no intencional en el tratamiento de residuos por incineración.

Entre las diversas formas de tratamiento de residuos peligrosos, una de las utilizadas en Argentina (Figura 2) y particularmente en Buenos Aires es la incineración. El objetivo de la aplicación de este método es reducir el volumen y la peligrosidad de los residuos, capturando (y por tanto concentrando) o destruyendo las sustancias potencialmente nocivas que se emiten, o se pueden emitir, durante el proceso.

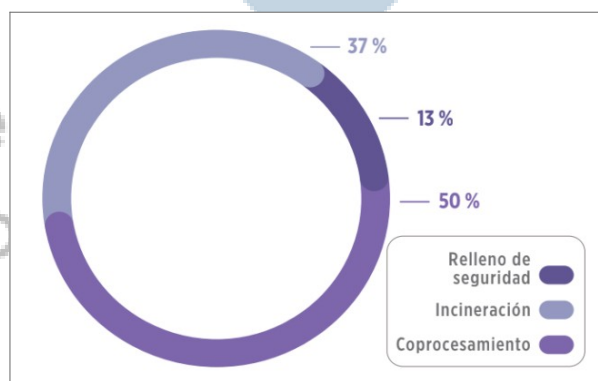


Figura 2. Operaciones de eliminación de residuos peligrosos en Argentina, durante el año 2017. (SAyDS, 2017)

La importancia de la gestión de esta corriente de residuos radica en el potencial daño que puede causar al ambiente y a los seres vivos desde la generación, hasta su tratamiento y disposición final. Con este trabajo se pretende generar un aporte en materia ambiental que pueda ser consultado por los tomadores de decisión en cuestiones ambientales en la provincia, para que consideren las implicancias de esta tecnología antes de instalar nuevas plantas y a la vez poder mejorar la gestión de este tipo de residuos. En consecuencia, se busca la priorización de la prevención y minimización de los mismos, luego de conocer los posibles impactos que el tratamiento por incineración puede generar, principalmente, en los suelos circundantes a su localización.

OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Describir el impacto histórico asociado a la incineración de residuos peligrosos en el Polo Petroquímico Dock Sud, provincia de Buenos Aires, con énfasis en la contaminación de suelos por dioxinas y furanos (PCDD/Fs), bifenilos policlorados (PCBs) e hidrocarburos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Realizar una caracterización general de las plantas de incineración de residuos peligrosos, y del ambiente en el cual se emplaza una planta de este tipo en el partido de Avellaneda.
- ii. Elaborar un diseño de muestreo acorde a las condiciones ambientales del área de estudio y a las características de los contaminantes analizados.
- iii. Cuantificar los impactos ambientales en el suelo de los alrededores de una planta de incineración instalada en el Polo Petroquímico Dock Sud, correspondientes a dioxinas y furanos (PCDD/Fs) por medio de la técnica de inmunoabsorción ligada a enzimas (ELISA).
- iv. Cuantificar el contenido de bifenilos policlorados (PCBs) en suelos circundantes a la planta incineradora de residuos ubicada en el Polo Petroquímico Dock Sud por medio de cromatografía de gases.
- v. Cuantificar el contenido de hidrocarburos totales (HCT) en suelos adyacentes a la planta de incineración de residuos peligrosos ubicada en el Polo Petroquímico Dock Sud, por medio de una técnica gravimétrica.

3. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO NATURAL DEL ÁREA ESTUDIADA

3.1 UBICACIÓN Y DATOS GENERALES

La Cuenca Matanza Riachuelo (CMR) se extiende sobre una superficie de aproximadamente 2240 Km², coincidente con la zona de mayor índice de urbanización e industrialización de Argentina, en la que viven y trabajan más de 8 millones de personas (SAyDS, 2016). Las 15 jurisdicciones que abarca la cuenca comprenden a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y a catorce municipios de la provincia de Buenos Aires: Lanús, Avellaneda, Lomas de Zamora, Esteban Echeverría, La Matanza, Ezeiza, Cañuelas, Almirante Brown, Morón, Merlo, Marcos Paz, Presidente Perón, San Vicente y General Las Heras. Puede dividirse en tres zonas denominadas cuenca alta, cuenca media y cuenca baja, siendo esta última el ámbito donde se desarrollará el trabajo la cual está conformada por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y los partidos de Avellaneda, Lanús y Lomas de Zamora. La longitud del cauce principal del río es de 70 Km. Si se tiene en cuenta la parte rectificadora actualmente su longitud es de 85 Km (ACUMAR, 2010). La misma se extiende de SO a NE entre la divisoria de aguas con la Cuenca del Río Reconquista al Norte y con las del Samborombón-Salado al Sur, vertiendo sus aguas en el Río de la Plata, en la llamada Boca del Riachuelo. La sumatoria total de la red fluvial dentro de la cuenca es de 762,52 Km. Debe destacarse que desde que ingresa a la planicie baja, el cauce pierde sus características naturales.

Históricamente, el territorio de la Cuenca ha sido uno de los centros del desarrollo industrial argentino. En la actualidad el área se encuentra atravesada por distintos usos de suelo que se detallan a continuación. En primer lugar, el uso agrícola-ganadero, tanto intensivo como extensivo, se encuentra principalmente en la cuenca alta y en la cuenca media. Segundo, el uso urbano se resalta más en la cuenca baja, en contraposición con las otras dos secciones, concentrándose gran parte de la población del país en un espacio reducido si se tiene en cuenta la totalidad del territorio argentino. Representa en consecuencia un alto grado de urbanización. Finalmente, el uso industrial muestra un escenario disímil en la CMR con industrias que se caracterizan por un estancamiento tecnológico y un manejo de los aspectos ambientales deficiente, contrastando con centros logísticos e industriales modernos (ACUMAR, 2010). En consecuencia, y debido a que el volumen y velocidad de desechos emitidos en los distintos compartimentos (agua, aire y suelo) supera la posibilidad de depuración de los distintos cuerpos receptores, es que existe un claro desequilibrio ambiental. De todas formas debe tenerse en cuenta que muchas de las sustancias emitidas

son no biodegradables con lo cual su destino es la acumulación en el ambiente (Malpartida, 2003). Un sector emblemático de la cuenca baja del Riachuelo es el Polo Petroquímico Dock Sud, en donde están radicadas empresas petroleras, almacenadoras y productoras de sustancias químicas y una central termoeléctrica, las cuales se fueron instalando entre 1905 y 1914 (Priano, 2007). También cuenta con una empresa incineradora de residuos peligrosos. Además, cabe mencionar que algunos de los sectores presentes en el resto de la cuenca baja del Riachuelo son el curtiembre, el metalúrgico, el rubro plástico, la industria gráfica, construcción, papelería y oleaginoso.

Por último, es necesario resaltar que en el sector medio e inferior de la Cuenca la ocupación urbana e industrial se combinan, intercalándose según las zonas o barrios, asentamientos urbanos precarios ubicados próximos a las márgenes del Riachuelo, los que se entremezclan con los establecimientos industriales cercanos, conformando el típico panorama periférico urbano de ocupación espontánea del territorio (ACUMAR, 2010). Es común observar en el sector inferior de la cuenca importantes establecimientos industriales cuyas estructuras están abandonadas.

3.2 CLIMA

La región se caracteriza por tener un clima del tipo subtropical húmedo o sin estación seca (Cfa) según la clasificación climática de Köppen-Geiger, con una media pluviométrica de alrededor de 1100 mm, con una temperatura media anual de 16.9 °C, inviernos suaves y veranos bastante cálidos, atemperados en los sectores cercanos al Río de la Plata. El mes más frío es julio (10,4 °C) y el mes más cálido enero (23,9 °C) (Malpartida, 2003). Las precipitaciones son abundantes y de distribución bastante regular. En general todos los meses del año tienen lluvias, sin embargo son los valores excepcionales de lluvias los que tienen relación directa con las inundaciones,

La condición de llanura abierta sin obstáculos orográficos define una fuerte influencia de los vientos en esta región, lo que contribuye en buena medida a la dispersión de contaminantes. Se registran vientos de superficie desde todas las direcciones y en todas las épocas del año, no existiendo una predominancia marcada en alguna dirección. Sin embargo, las direcciones más frecuentes de viento en los meses de verano corresponden al sector NE-E (cálidos y húmedos) mientras que en el invierno aumentan las frecuencias correspondientes al sector S-O (fríos y secos). En general, las mayores velocidades (iguales o superiores a 43 Km/h) se observan durante el verano y las mínimas en invierno. (Priano, 2007).

Uno de los vientos característicos de la zona es la “sudestada” que como su nombre lo

indica proviene del sector sudeste. Debido al sentido del mismo (SE-NO) empuja las aguas del Estuario del Plata provocando el taponamiento del desagüe continental y al ocurrir lluvias de forma simultánea al fenómeno se generan anegamientos en las zonas bajas costeras y el desborde de arroyos sobre sus valles de inundación. Otro viento existente en la región es el pampero, proveniente del SO, que provoca el efecto contrario a la sudestada.

La humedad relativa se mantiene en niveles altos durante todo el año alcanzando los mayores valores durante el invierno como consecuencia de las bajas temperaturas y los mínimos en los meses estivales. El valor medio anual es de 72.5 % (Priano, 2007).

3.3 GEOLOGÍA

Tanto para las descripciones geológica y geomorfológica como edáfica se utilizó principalmente lo desarrollado en Pereyra (2004) y Pereyra (2012). Aunque hay más estudios al respecto en Cappanini & Mauriño (1966), y Frenguelli (1950). La Cuenca Matanza Riachuelo se encuentra dentro de la región denominada pampa ondulada. Ocupa la porción nororiental de la provincia de Buenos Aires, en la provincia geológica Llanura Chaco-pampeana.

Sucesivos cambios en las condiciones climáticas variando de situaciones sub-húmedas a semidesérticas provocan variaciones en los procesos erosivos-depositivos dominantes, siendo fluviales en el primer caso y eólicos en el segundo. El último proceso es el que provocó el transporte de minerales y fragmentos volcánicos de la Cordillera de los Andes (también se consideran las plumas de cenizas) y la región patagónica hacia la región estudiada, el llamado *loess* pampeano, en el cual pueden previamente o posteriormente actuar procesos fluviales.

Los sedimentos aflorantes han sido agrupados en Pampeano y Postpampeano (ver Tabla 1). El Pampeano incluye a los depósitos loésicos de las Formaciones Ensenada y Buenos Aires. Las capas superiores corresponden al Postpampeano. Las primeras conforman el sustrato principal de la ciudad de Buenos Aires y de buena parte del Área Metropolitana (AMBA). Respecto a los depósitos loésicos de la Formación Ensenada, presentan una alta heterogeneidad y su espesor oscila entre 7 y 40 m, siendo comúnmente entre 20 y 25 m. Puede observarse esta unidad principalmente en los laterales de los valles fluviales y en la parte inferior de la barranca marginal de la planicie loésica. Su techo se encuentra generalmente a cota 7-9 m sobre el nivel del mar. Por encima de la Formación Ensenada, y en discordancia erosiva, se encuentran los limos loésicos que componen la Formación Buenos Aires o bonaerense, siendo su composición menos heterogénea que la unidad

infrayacente. El techo de la Formación Buenos Aires alcanza cotas de hasta 35 m.s.n.m. hacia el norte del AMBA y alturas de alrededor de 27 m.s.n.m. en el ámbito de la ciudad de Buenos Aires. Su potencia media oscila alrededor de los 7 m. Conforman el tope de la planicie loésica, excepto en los sectores en los cuales se halla parcialmente cubierta por sedimentos postpampeanos.

Cubriendo parcialmente a las anteriores se encuentran depósitos eólicos arenosos y limosos incluidos en la Formación La Postrera (Postpampeano o platense eólico). Estos materiales generalmente poseen menos de 1 m de espesor y se hallan totalmente edafizados.

Los depósitos fluviales, de granulometrías limo-arenosas, se encuentran comprendidos dentro de la denominada Formación Luján o lujanense. Ocupan los principales valles fluviales, como en el caso del Río Matanza Riachuelo, hallándose cubiertos parcialmente por depósitos fluviales más modernos. En algunos casos aparecen formando un nivel de terraza y aguas abajo se suelen entremezclar con los depósitos marinos de las intrusiones del querandinense. Finalmente, correspondiendo a las intrusiones marinas mencionadas se encuentran depósitos marinos y costeros, que pueden ser arenosos (cordones litorales) o arcillosos (canales de marea y albúfera). Han recibido la denominación de belgranense, y corresponden a la intrusión pleistocena superior y querandinense, esta última aflorante sobre toda la planicie del Río de la Plata, que se asocia a la intrusión holocena media.

Tabla 1. Unidades aflorantes en la región del área metropolitana bonaerense (AMBA). Extraído de Pereyra (2004)

Serie	Unidades estratigráficas	Descripción	Edad	Litología
Postpampeano	Depósitos deltaicos actuales	Depósitos de planicie interdistributaria deltaica, Albardones y <i>point bars</i>	Reciente	Limos, arenas y arcillas
	Depósitos fluviales recientes	Depósitos fluviales	Reciente	Arenas y limos
	Fm. La Plata, "Platense marino" O Fm. Las Escobas	Depósitos de cordones litorales Marinos	Holoceno medio	Arenas
	Fm. Querandí, "Querandinense" O Fm. Las Escobas	Depósitos de planicie de marea y albúfera	Holoceno medio	Arenas
	Fm. La Postrera o "Platense eólico"	Depósitos eólicos indiferenciados	Holoceno inferior	Arenas y limos
	Fm. Luján o "Lujanense"	Depósitos fluviales	Pleistoceno superior – Holoceno inferior	Limos
	Fm. Buenos Aires o "Bonaerense"	Depósitos Loésicos	Pleistoceno superior	Limos
Pampeano	"Ingresión Belgranense"	Depósitos marinos antiguos del Pleistoceno superior	Pleistoceno superior	Arenas
	Fm. Ensenada o "Ensenadense"	Depósitos loésicos	Pleistoceno inferior	Limos

3.4 GEOMORFOLOGÍA

Los factores que han controlado la evolución geomórfica de la región en el Pleistoceno-Holoceno (desde hace aproximadamente 2 millones de años) son: 1) las oscilaciones del

nivel del mar (ingresiones-regresiones), 2) la depositación de potentes acumulaciones de loess y 3) la formación de suelos. A partir de la interacción de estos factores a lo largo del tiempo se formaron varias unidades geomórficas que pueden agruparse en: 1) eólicas, con la planicie loésica, 2) fluviales, incluyendo los valles fluviales, laterales de valle, terrazas y planicies aluviales y 3) poligenéticas, que comprende las planicies poligenéticas del Río de la Plata y de los Ríos Matanza Riachuelo, Luján y Reconquista, barranca marginal o paleoacantilado y el Delta del Paraná (Pereyra, 2004). A continuación se describirán las geoformas más relevantes a los fines del presente estudio.

La planicie loésica constituye las divisorias altas de los sistemas fluviales de la región. Tiene un relieve plano o suavemente ondulado con dirección aproximada nordeste, y al presentar las mejores condiciones para localizar los asentamientos poblacionales, es donde justamente se asienta buena parte de la población bonaerense. Esta geoforma se encuentra separada del Río de la Plata y tributarios mayores por una barranca que se extiende con rumbo aproximado noroeste-sudeste, con un desnivel que puede superar los 10 m respecto a la planicie del Río de la Plata. Dicha barranca corresponde al límite oriental de la planicie loésica y puede observarse por ejemplo en el Parque Lezama en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, representando un antiguo acantilado testigo de las ingresiones marinas pasadas.

Las terrazas fluviales y planicies aluviales se desarrollan en los principales cursos fluviales que transportan el agua hacia el Río de la Plata. Destaca el Río Matanza Riachuelo, como principal colector del Área Metropolitana de Buenos Aires, al que se suman otros cursos importantes como el Luján y el Reconquista que presentan importantes planicies aluviales y terrazas. Los cursos menores, como los Arroyos Sarandí y Santo Domingo (en el partido de Avellaneda) también poseen terrazas y planicies aluviales, aunque se hallan muy antropizadas al igual que sus cauces, los cuales presentan profundidades de 2 a 3 m aproximadamente. Además, las alturas de las napas freáticas en dicha localización se encuentran muy cercanas a la superficie, entre 1,5 a 0,2 m de profundidad.

Los laterales de valles ocupan el área comprendida entre las divisorias más altas (cotas mayores a 10 m) y las planicies aluviales y terrazas de los cursos fluviales. Las pendientes tienen gradientes entre 3 a 7% y fueron formadas mediante procesos erosivos y deposicionales, vinculadas a la acción eólica y al escurrimiento superficial.

Las planicies poligenéticas de los principales ríos muestran una génesis similar resultado de la combinación del proceso fluvial y la acción marina. A partir de esta última, durante los períodos ingresivos, se formaron estuarios que se proyectaron aguas arriba. Debido a la naturaleza cohesiva de los materiales transportados por los ríos y a las bajas pendientes, los

U
NACIONAL DE
DE

Los cursos tienen un hábito meandriforme de alta sinuosidad pero de escasa migración lateral, que a causa de las canalizaciones y rectificaciones de los cursos fluviales es difícil de observar actualmente.

La planicie poligenética del Río de la Plata se desarrolló originalmente como una planicie de acreción marina, comportándose en la actualidad, como la planicie aluvial del Estuario del Plata. En la zona de la Ciudad de Buenos Aires y Avellaneda se encuentra muy antropizada y prácticamente ha desaparecido debido a rellenos de las zonas costeras. Presenta un relieve plano a suavemente ondulado, en donde se distinguen varias subunidades como el albardón costero (cerca del río) y los cordones de conchillas, aproximadamente subparalelos a la costa actual, que fueron formados por acreción marina, durante el Holoceno, entre 6000 y 3500 años antes del presente.

3.5 SUELOS

Los suelos del área pueden diferenciarse de acuerdo a sus materiales originarios y geomorfología, obteniendo en consecuencia un marcado contraste entre el área continental, con suelos desarrollados a partir de sedimentos loésicos eólicos y fluviales, y el área de la planicie costera (planicie poligenética del Río de la Plata) con sedimentos aportados por intrusiones marinas. En la tabla 2 pueden observarse los suelos principales agrupados por unidad geomórfica mientras que en la Tabla 3 se aprecia la taxonomía de los mismos desde Orden a Gran grupo.

Tabla 2. Suelos principales en las unidades geomórficas presentes en el AMBA. Extraído de Pereyra (2004). NOTA: *Alto: más de 10 m en menos de 50 m en la horizontal, Bajo: menos de 1 m en 100 m y Moderado: intermedio entre ambos

Proceso geomórfico dominante	Unidad geomórfica	Relieve relativo*	Suelos principales
Eólico	Planicie loessica	Moderado	Argiudoles Hapludoles
	Paleoacantilado	Alto	-
Poligenético Marino-Fluvial	Planicie poligenética del Río de la Plata	Bajo	Endoacuoles Natracualfes Hapludertes
	Planicies y terrazas fluviales	Bajo	Hapludoles Endoacuoles Udifuventes
Fluvial	Laderas de valles	Moderado	Argiudoles Hapludoles Natralboles
	Delta del Paraná	Bajo	Hapludoles Endoacuoles Udifuventes

Tabla 3. Taxonomía de los suelos presentes en el AMBA. Elaboración en base a Pereyra (2004)

Orden	Suborden	Gran grupo
Molisol	Udol	Argiudol Hapludol
	Acuol	Endoacuol
	Álbico	Natralbol
Alfisol	Acualf	Natracualf
Vertisol	Udert	Hapludert
Entisol	Fluvent	Udifluvent

De lo anteriormente expuesto puede observarse la presencia de suelos del orden Molisol, los cuales se caracterizan por tener un horizonte superficial oscuro, rico en materia orgánica humificada (horizonte mólico). Son los suelos más fértiles y por lo tanto aptos para la agricultura y se asocian a zonas de bajo relieve como las planicies loésicas y las terrazas fluviales. Dentro del suborden Udol, es decir que tiene un régimen de humedad údico (no se encuentra seco por más de 90 días en el año y tampoco por 45 días seguidos en verano) se encuentran representados los suelos de tipo Argiudol y Hapludol. El primero presenta seguido del horizonte mólico un horizonte argílico de acumulación de arcillas (B_t) siendo suelos bien desarrollados con perfiles profundos (A₁-A₂-B₁₁-B₁₂-BC-C-C_k) y constituyen los “suelos zonales” de la región (Pereyra, 2004); mientras que el segundo se relaciona con materiales originarios de reciente depositación en las planicies loésicas o en acumulaciones superficiales de arenas eólicas estabilizadas, contando con perfiles simples (A-AC-C o A-B_w-C) (Pereyra, 2012). Dentro del suborden Acuol (régimen de humedad ácuico que indica saturación de los poros del suelo con agua la mayor parte del año) y representando uno de los suelos del Área Metropolitana se encuentran los Endoacuoles cuya saturación con agua proviene de la que administra la napa freática -cercana a superficie en la zona estudiada-, muestran rasgos hidromórficos como moteados y concreciones y un escaso desarrollo pedogenético (Pereyra, 2012). Correspondiente al suborden Álbico, presencia de un horizonte álbico -E- resultado de una intensa eluviación que provocó la migración de la materia orgánica y las arcillas al horizonte B_t inferior, se puede encontrar al suelo de tipo Natralbol que indica contenido de sodio en el horizonte rico en arcillas (B_{tn}) y se caracterizan por presentarse en planos ligeramente inclinados y poseer un buen desarrollo edáfico.

Continuando con la caracterización edáfica, se puede observar la presencia de suelos del orden Alfisol los cuales cuentan con un horizonte subsuperficial de acumulación de arcillas (B_t, argílico) debido al proceso de argiluvación mientras que el horizonte superficial es poco potente y con escasa materia orgánica. Se los puede encontrar en sectores de muy bajo

relieve relativo, en terrazas y planicies fluviales, bordes de lagunas y sectores deprimidos de la planicie loésica (Pereyra, 2012). Correspondiendo a este orden se incluyen los Natracualfes ubicados en zonas bajas y anegables (régimen ácuico) que cuenta con un potente horizonte nátrico (B_{tn}) de acumulación de arcillas sódicas. Correspondiendo al orden Vertisol los cuales se caracterizan por su alto contenido de arcillas expansibles (propiedades vérticas), en la zona se encuentran representados los Hapludertes. Los mismos revelan un escaso desarrollo (A-AC-C), son profundos, con grietas, polígonos de desecación, microrelieve gilgai (superficie suavemente ondulada) y caras de deslizamiento. Finalmente, el orden Entisol agrupa suelos que tienen muy bajo grado de desarrollo y una escasa diferenciación de horizontes, así como la ausencia de horizontes diagnósticos. Los mismos se localizan en zonas con una dinámica geomorfológica alta y materiales originarios recientemente depositados. En la zona descrita se encuentran los Udifluventes que se ubican en planicies aluviales, en zonas deltaicas, estuáricas o litorales. Los mismos presentan un régimen údico de humedad.

Luego de la caracterización de los principales suelos de la región puede observarse, en líneas generales, que independientemente del lugar del paisaje que ocupen, todos presentan características que permiten inferir diferentes grados de saturación del perfil con agua (Pereyra, 2004), provocados por un nivel freático alto principalmente en la cuenca baja del Río Matanza Riachuelo. De todas formas, ésta última ha sido ampliamente modificada por acción antrópica, con rellenos para elevar la zona correspondiente a la planicie poligenética del Río de la Plata, con el rectificando y entubado de ríos y arroyos, y la impermeabilización de las superficies urbanas. Tales rellenos poseen propiedades variables resultado de las mezclas de materiales utilizadas para realizarlos, que incluyen escombros de la construcción, sedimentos pampeanos excavados, materiales refulados de los dragados del Río de la Plata y desechos domiciliarios e industriales. Este último caso puede observarse en el relleno sanitario de Villa Domínico que no está de más remarcar su mala ubicación ya que el alto nivel freático y la cercanía al estuario provoca un riesgo de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas a partir de los lixiviados que liberan las celdas del relleno. También un factor a considerar es la existencia tanto de basurales a cielo abierto (residuos domiciliarios y/o peligrosos) como de quemadas de residuos incontroladas pasadas y presentes que pueden darse en terrenos baldíos contribuyendo a la posibilidad de encontrar contaminantes en los suelos del área.

En adición a lo anterior cabe mencionar que el suelo es un potencial receptor de contaminantes con diferente capacidad para desactivarlos, descomponerlos o acumularlos (Hurtado, 1987). Dependiendo de la naturaleza tanto del suelo como del contaminante

presente en él, puede existir un riesgo de contaminación de aguas superficiales y subterráneas dispersando aún más el impacto negativo sobre el ambiente, o de permanecer en el suelo una afectación a la biota presente en el mismo. En el caso de la zona costera bonaerense, y más precisamente en la cuenca baja del Río Matanza Riachuelo la contaminación por metales pesados y compuestos orgánicos es algo que debe estudiarse en profundidad. En efecto, el trabajo realizado en esta tesina de grado puede contribuir a conocer la situación actual, representando quizás una línea de base para futuros estudios más detallados relativos principalmente a PCDD/Fs, PCBs e hidrocarburos en suelos.

3.6 VEGETACIÓN: SELVA MARGINAL DE AVELLANEDA

Mención especial merece la costa occidental del Río de la Plata por la presencia de la denominada “selva marginal”, también conocida como “selva en galería”. A modo de recordatorio se menciona que una selva se encuentra formada por varios estratos vegetales, es decir que, hay árboles de porte alto, mediano y bajo, un estrato de arbustos o helechos y típicamente epífitas (plantas que crecen sobre otras plantas), como son las lianas, los claveles del aire y algunas orquídeas.

Éstas son formaciones que se desarrollan a lo largo de los ríos Paraná, Uruguay y afluentes, debido a factores microclimáticos (clima más húmedo y cálido) y edáficos por la presencia de un suelo con un régimen de humedad elevado. Se las puede considerar como una muestra de la flora y fauna de la Selva Paranaense ya que tanto semillas como animales son transportados a través de los ríos mencionados. Debido a la dinámica del propio estuario y su costa, la selva marginal crece sólo sobre su margen derecha. Actualmente las zonas más conspicuas con selva marginal en el conurbano bonaerense se encuentran en la selva marginal de Hudson (en la costa del partido Berazategui), que se extiende hasta Punta Lara (partido de Ensenada), su límite austral más claro (Malpartida, 2003).

Específicamente en el partido de Avellaneda fue inaugurada recientemente, en el año 2018, una reserva natural (“Eco Área Municipal”) ubicada entre los Arroyos Santo Domingo y Sarandí. Esta área de Reserva cuenta con una superficie aproximada de 140 hectáreas y se ubica en el ámbito de la ya mencionada “pampa ondulada”, sobre la planicie aluvial del Río de la Plata (Planicie Costera Bonaerense) y consta principalmente de dos geoformas brevemente descriptas a continuación (*Figura 5*):

- La llanura interior de fango es una superficie plano-cóncava de drenaje escaso en la cual se desarrollan bañados o pantanos no integrados y cubiertos por pajonales.
- El albardón costero es una suave lomada que se desarrolla a lo largo del borde

UNDAV
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
AVELLANEDA

exterior de la llanura costera. Está formado por una sucesión de cordones de playa paralelos entre sí, y que en consecuencia, encerraron por detrás un área baja e inundable (la llanura interior).

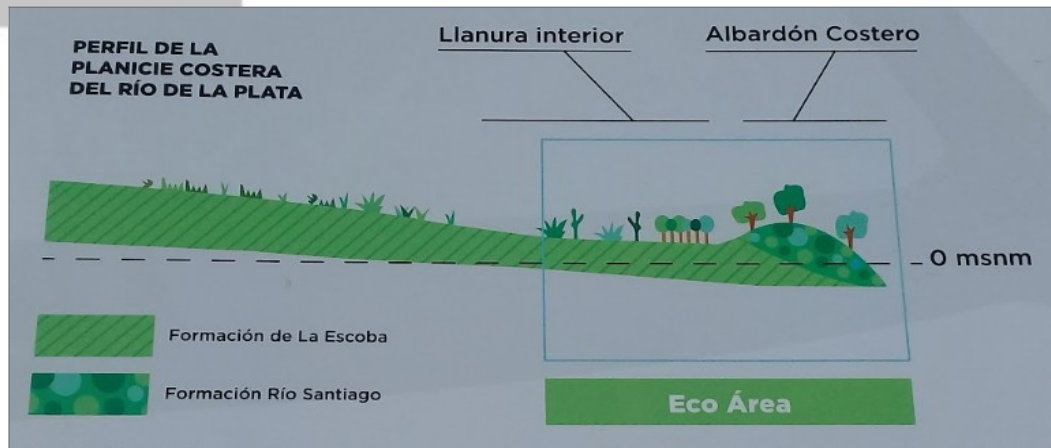


Figura 3. Perfil de la planicie costera del Río de la Plata (planicie poligenética). Tomado de Eco Área Avellaneda

Repositorio Digital de
Trabajos finales y Tesinas

4. MARCO TEÓRICO

Todas las actividades humanas, en mayor o menor medida, generan impactos ambientales que deben ser tenidos en cuenta a fin de minimizarlos o evitarlos para no causar contaminación del medio ni tampoco mayores perjuicios en la salud humana. Cabe aclarar que un impacto ambiental es la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes, producido por los efectos de la acción o actividad humana. Por lo tanto, la contaminación del medio circundante a las plantas de incineración de residuos peligrosos por la emisión de dibenzodioxinas policloradas (PCDDs), dibenzofuranos policlorados (PCDFs) y bifenilos policlorados (PCBs), entre otros contaminantes, se considera como un impacto ambiental negativo.

Un residuo peligroso es aquel que puede causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general (Art. 2 Ley 24.051 de Residuos Peligrosos). En efecto, las PCDD/Fs, los PCBs y los hidrocarburos derivados del petróleo están contemplados en dicha definición. Relacionado a lo anterior, la incineración de residuos peligrosos es un método de tratamiento de los mismos que consiste en someterlos a un proceso de combustión a altas temperaturas, con la finalidad de reducir su volumen y peligrosidad, al consumir en la reacción los compuestos orgánicos. Pero a pesar de las ventajas en cuanto a gestión del espacio y reducción de la peligrosidad, presenta también ciertas desventajas como la generación de dioxinas, furanos, bifenilos policlorados y metales pesados durante su funcionamiento. Estos contaminantes pueden emitirse a la atmósfera o acumularse en cenizas, y al entrar en contacto con los seres vivos ocasionar diversas afectaciones.

En líneas generales, un contaminante es una sustancia presente en una concentración mayor que la natural como consecuencia (en general) de la actividad humana y que tiene un efecto perjudicial sobre el ambiente. Como puede deducirse de lo antes redactado, las PCDD/Fs, los PCBs y los hidrocarburos derivados del petróleo entran en esta categoría, por lo cual se brindan algunas características de los mismos. En primer lugar, las dibenzodioxinas policloradas (PCDDs) y los dibenzofuranos policlorados (PCDFs), denominadas colectivamente dioxinas, son dos series de compuestos aromáticos tricíclicos que conforman un grupo de 75 congéneres de PCDDs y 135 congéneres de PCDFs con diversos grados de toxicidad, la cual se expresa en unidades de equivalencia toxicológica o TEQ (Hanano *et al*, 2014; Lo *et al*, 2015). De la amplia variedad de dioxinas, la 2,3,7,8-TCDD se considera la más tóxica y los congéneres restantes tienen su toxicidad en comparación con ésta última, utilizando factores de equivalencia toxicológicos (TEF). Esta

conversión se realiza multiplicando la concentración de los congéneres por su factor de equivalencia toxicológica (TEF) (Lo *et al*, 2015). Ambos grupos de sustancias no se producen intencionalmente, pero se generan en cantidades traza como impurezas en la manufactura de diversas sustancias químicas (por ejemplo pesticidas) y se liberan en procesos de combustión como la incineración de residuos (Hanano *et al*, 2014). En segundo lugar, los PCBs son compuestos orgánicos semivolátiles, químicamente estables e hidrófobos que son fáciles de encontrar en zonas urbanizadas (Cappelletti *et al*, 2019). Por tales características, son compuestos que al ser difíciles de degradar persisten en el ambiente, aumentando así el reservorio de toxicidad al acumularse a través de la cadena trófica (Malpartida, 2003). Los PCBs se sintetizaron intencionalmente y debido a su resistencia a inflamarse y su capacidad de resistir el calor, junto con su baja conductividad eléctrica, se usaron como fluidos de transferencia de calor, lubricantes hidráulicos y fluidos dieléctricos (denominados antiguamente como “askareles”) en cables, motores eléctricos, transformadores y condensadores eléctricos (Malpartida, 2003; Cappelletti *et al*, 2019). Todavía están presentes en materiales con una fase de uso prolongado como aislantes de edificios y pinturas de concreto, y también pueden formarse como subproductos de ciertos procesos industriales o incineración de desechos. Por lo tanto, todavía se emiten cantidades sustanciales de PCBs en las ciudades (Cappelletti *et al*, 2019). Tanto las PCDD/Fs como los PCBs se encuentran legisladas a nivel internacional por el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs). Por último, el petróleo está constituido por distintas fracciones de hidrocarburos. La fracción de hidrocarburos alifáticos (con 18 a 35 átomos de carbono llamados parafinas), hidrocarburos aromáticos (con uno o más anillos como benceno, naftaleno, y fenantreno), y los hidrocarburos polares, es decir asfaltenos altamente condensados y resinas. El petróleo también posee compuestos orgánicos con sulfuro, nitrógeno y oxígeno, y constituyentes metálicos en poca proporción (Acuña *et al*, 2010). Tanto el petróleo como sus derivados son contaminantes comunes presentes en suelos y provienen de una variedad de fuentes, tales como fugas en tanques de almacenamiento de combustible, derrames de petróleo crudo y residuos de producción, durante la realización de tareas de suministro y descarga de los mismos, y la presencia de polos industriales (Schwab *et al*, 1999; Malpartida, 2003; Villalobos *et al*, 2008). Estos eventos introducen productos que tienen un impacto negativo en las características biológicas, químicas y físicas del suelo (Okparanma & Mouazen, 2012). Debe considerarse que los contaminantes antes mencionados pueden ser emitidos a la atmósfera tanto en forma gaseosa como en partículas, acumulándose en suelos y superficies después de la deposición atmosférica seca y húmeda. Esto remarca que la deposición atmosférica es una

vía importante de eliminación de contaminantes peligrosos de la atmósfera al ecosistema terrestre y acuático (Cappelletti *et al*, 2019).

Habiendo puesto en relieve las características de los contaminantes analizados así como su generación, se evidencian a continuación los principales efectos sobre la salud humana. Los grupos poblacionales más afectados son el infanto-juvenil, las mujeres gestantes, la tercera edad y las personas con enfermedades crónicas. En el caso de los niños la vulnerabilidad viene dada por los hábitos dietarios diferentes (mayor exposición del lactante si la leche materna se encuentra contaminada) y por el menor peso corporal que los adultos, lo que provoca una mayor ingesta relativa al peso en comparación con los adultos (PNUMA, 2007). Además, para este grupo etario la vulnerabilidad también viene dada por la ingestión de suelo y el hábito de pica (Stanek & Calabrese, 1992; Calabrese *et al*, 1998). Tanto dioxinas, furanos y bifenilos policlorados pertenecen a un amplio grupo de sustancias denominados disruptores endocrinos. Los CDE (Compuesto Disruptor Endocrino) son sustancias químicas, naturales o artificiales, exógenas al organismo que tienen la capacidad de alterar la homeostasis del sistema endocrino-reproductivo. (Argemi *et al*, 2005). En general, se trata de sustancias lipofílicas, persistentes y bioconcentrables. Por lo dicho, es común encontrarlos en alimentos ricos en grasas, particularmente los elaborados con grasas animales recicladas. Estas sustancias provocan efectos sobre el ecosistema y alteraciones en la función reproductiva de diversas especies animales, incluidos los humanos, aumento de aparición de cáncer, y alteraciones comportamentales y en el desarrollo neurológico cognitivo en niños, entre otros efectos, como el cloracné y la depresión de la inmunidad celular (Malpartida, 2003; Argemi *et al*, 2005; Tchernitchin, 2005; Cappelletti *et al*, 2019). Estos compuestos incluyen también sustancias de uso cotidiano en hogares e industrias como por ejemplo pesticidas (insecticidas, herbicidas, fungicidas, molusquicidas), artículos de limpieza, plásticos, cremas, etcétera (Argemi *et al*, 2005). Por último, muchos de los componentes del petróleo son peligrosos para la salud humana como por ejemplo algunos compuestos aromáticos derivados del benceno los cuales tienen efectos citotóxicos y potencial mutagénico/ carcinogénico, además si posee muchos anillos bencénicos en su molécula (hidrocarburos aromáticos policíclicos o HAPs, por sus siglas), son muy persistentes (Malpartida, 2003).

5. ANTECEDENTES

Los principales antecedentes encontrados sobre los impactos de la incineración de residuos peligrosos en la provincia de Buenos Aires fueron realizados por varios autores para la Organización No Gubernamental *Greenpeace*. El primero de ellos, consistió en un estudio realizado en el año 2000 en una empresa incineradora de residuos peligrosos ubicada en Dock Sud en el partido de Avellaneda (Brigden *et al*, 2000), la cual tomamos como caso de estudio. En Julio de ese año, un equipo de *Greenpeace* realizó un muestreo tanto de cenizas del incinerador contenidas en barriles dentro del terreno, como de sedimento de un canal con descargas provenientes de la misma. Dichos barriles contenían una mezcla de cenizas volante y cenizas de fondo. Posteriormente las muestras fueron analizadas comprobando el contenido de altas concentraciones de metales pesados así como la presencia de dioxinas. A su vez, se sostenía que el inadecuado manejo de las cenizas resultantes del proceso podrían estar causando impactos en el ambiente, ya que al no tapar los barriles que las almacenaban, éstas podrían dispersarse por acción del viento. A esto le sumaban la liberación de los contaminantes a través de las emisiones de la chimenea. El segundo informe sobre el tema fue realizado por Verónica Odriozola y colaboradores en el año 2001, que trató acerca de los impactos de las dioxinas al ambiente y a la salud, enumerando cuáles son las empresas incineradoras de residuos ubicadas en la provincia de Buenos Aires (Odriozola *et al*, 2001). Las catalogó por tipo de residuo a tratar y estableció un valor estimado de emisión, utilizando un factor de emisión de dioxinas al ambiente publicado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el cual se utilizaría luego para elaborar el inventario de dioxinas del cual se habla en el ANEXO I del presente trabajo. El procedimiento anterior se debió a la inexistencia de estadísticas al respecto, a nivel nacional y provincial. Se concluyó que el riesgo de ingestión potencial de dioxinas por parte de los habitantes de la provincia era alto, superior a la ingesta diaria máxima establecida por la OMS. Además, continuó el estudio realizado un año antes, en la empresa ubicada en Dock Sud mencionada precedentemente. En consecuencia, realizó un nuevo muestreo en el canal de descargas de la planta hacia el Arroyo Sarandí, detectando nuevamente altos niveles de algunos metales pesados (plomo, cobre, cadmio, cromo y zinc). El tercer informe, realizado también por la misma autora hizo énfasis en la contaminación por metales pesados y dioxinas, generada a partir de la incineración de residuos hospitalarios de los centros de salud de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Odriozola, 2003). Se enfocó en las dioxinas y los efectos perjudiciales que causan a la salud, así como en la necesidad de generar una gestión ambientalmente responsable dentro

de los hospitales de los insumos y residuos generados por la operación diaria. Remarca que una parte de los mismos eran tratados en municipios adyacentes hasta el año 2002, cuando se prohibió tanto la incineración en el ámbito de CABA como la contratación por parte del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires de empresas fuera de la jurisdicción para el tratamiento de residuos hospitalarios (hospitales públicos) por incineración.

En el año 2014 mediante un estudio conjunto entre la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) y una consultora ambiental, se realizó un inventario de fuentes fijas de emisiones gaseosas. Su objetivo fue identificar las principales fuentes fijas de emisión de gases a la atmósfera en sectores industriales de los partidos de La Matanza, Avellaneda, Almirante Brown y Lanús. Se puso especial atención a aquellas actividades prioritarias para la calidad de aire local y la investigación se realizó por medio de relevamientos a las empresas y de la recopilación de información de la autoridad ambiental de la provincia de Buenos Aires (OPDS). El estudio consistió básicamente en la caracterización de las industrias analizadas considerando su actividad productiva, la zona de emplazamiento y las fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera. En este trabajo se realiza una descripción de plantas incineradoras de residuos especiales y patogénicos ubicadas en Dock Sud y en Lanús Este, siendo las únicas presentes en el inventario. Esta información puede encontrarse en el ANEXO II del presente trabajo.

A nivel internacional puede incluirse un estudio realizado en Estados Unidos publicado por la ONG *Greenpeace* cuyo énfasis estuvo dirigido a los riesgos que representa la incineración de residuos peligrosos en regiones agroganaderas y aledaños (Thornton, 1993). Menciona que en dicho país más de la mitad de los incineradores de residuos peligrosos se ubicaban cercanas a comunidades rurales y por lo tanto a las tierras de cultivo lo cual representa un riesgo tanto para los pobladores como para los consumidores de los alimentos allí generados. Los impactos derivados de la contaminación de los alimentos son tanto en la salud de los futuros consumidores como en la economía y salud de los productores. Las sustancias emitidas, particularmente las dioxinas, pueden acumularse en cultivos y tejidos grasos del ganado lo cual también afecta su salud, así como en el suelo en donde ocurre la deposición atmosférica. A su vez puede producirse biomagnificación al ascender por la cadena trófica mediante el consumo de plantas y animales contaminados con metales y dioxinas. También destaca un artículo español (García-Pérez *et al*, 2012) que fue un paso más allá de la teoría, realizando un estudio epidemiológico. El objetivo del estudio fue investigar si existía una mayor mortalidad por cáncer en las ciudades donde hay instalados incineradores, plantas de recuperación o sitios de disposición final de residuos peligrosos (129 fueron analizadas en toda España de todas las categorías). Parten de la premisa que

indica que la incineración de residuos genera la emisión de compuestos reconocidos y sospechosos de generar cáncer como dioxinas, arsénico, cromo, cadmio, plomo, níquel y diversos compuestos aromáticos. Los resultados obtenidos, indican un riesgo excesivo de padecer cáncer así como riesgo de generación de tumores (estómago, hígado, pleura, riñón y ovario), en la población ubicada en las cercanías de las instalaciones de tratamiento de residuos, en particular de incineradores.

Entre la bibliografía referente a los PCBs pueden mencionarse dos trabajos recientes realizados en el Área Metropolitana de Buenos Aires. El primero del año 2017 (Cappelletti *et al*, 2017) cuyo objetivo fue evaluar la calidad del aire y los riesgos para la salud relacionados con la exposición al polvo atmosférico en sitios puntuales y contrastantes del AMBA: sitios con alta densidad de tráfico automotor, fuentes industriales, y áreas de reserva y actividad hortícola periurbana. Para ello se recolectaron muestras de material sedimentable, suelo y sedimento vial. Luego se determinó la concentración de PCBs, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) y metales pesados. Respecto a los resultados de PCBs, la concentración en partículas sedimentables fue más elevado que los reportados para otros sitios urbanos e industriales mientras que en suelos la concentración superó en tres ordenes de magnitud la concentración reportada para suelos rurales siendo comparables en sitios urbanos e industriales. De todas formas, la concentración promedio resultó inferior a las establecidas para uso agrícola e industrial tanto para normativa nacional (Ley 24.051) como canadiense. Respecto al sedimento vial la concentración de PCBs resultó comparable a sitios urbanos e industriales. Por lo tanto en líneas generales, las concentraciones halladas en los 3 componentes resultaron comparables a las reportadas en otras áreas urbanas del mundo, con influencia de fuentes fijas y móviles. Además, se remarcó la existencia de un riesgo cierto a la salud por exposición de niños al suelo y sedimento vial. En un segundo estudio (Cappelletti *et al*, 2019), que complementa el citado, se encontró que las concentraciones de HAPs y PCBs en la deposición atmosférica (seca y húmeda) fueron 5 y 10 veces mayores que las del suelo y el polvo de calle respectivamente y también 16 veces mayores que las concentraciones halladas en suelos. Respecto a áreas urbanas de otros países la concentración de estos contaminantes fue menor. Tanto el tráfico como la industria contribuyen como fuentes de los contaminantes analizados en el estudio. Debido a las mayores concentraciones de HAPs y PCBs en partículas atmosféricas, el riesgo para la salud humana es mayor comparado con el compartimento suelo y el polvo de calle.

Finalmente, para el caso de contaminación por hidrocarburos en el área estudiada, puede mencionarse el trabajo de la ONG *Greenpeace* acerca de la contaminación de suelos y principalmente enfocado a aguas subterráneas titulado "Polo Petroquímico Dock Sud: La

contaminación que no se ve” (*Greenpeace*, 2015). Se hace un recorrido por diversos informes de consultoras, dependencias del estado y académicos acerca de la situación ambiental de aguas subterráneas y suelos de la zona en relación al tipo de contaminación denominado Fase Liviana No Acuosa (FLNA) que proviene de derrames de diferentes tipos de productos de refinación del petróleo (nafta, gasoil, químicos, lubricantes, etc.) sobre suelos y aguas subterráneas, medios en los cuales pueden permanecer por años si no son detectados y remediados de forma adecuada. En todos los estudios recopilados en este trabajo pueden encontrarse rastros de contaminación en gran parte del predio, fundamentalmente cercano a tanques de almacenamiento aunque también la misma se extendió de manera lateral en suelos y aguas subterráneas, pudiendo tener espesores de varios metros, lo que da una magnitud del nivel de deterioro ambiental del área de estudio en relación a este tipo de contaminante.

Como puede observarse en los antecedentes citados anteriormente el funcionamiento de una planta de incineración de residuos peligrosos genera emisiones que deben ser controladas y evitadas. Como no puede asegurarse al 100% la no emisión de estos compuestos es necesario estudiar los ambientes circundantes ya que puede existir un riesgo ecológico y para la salud humana. Considerando esto y que en el Polo Petroquímico Dock Sud se ubica una planta de incineración de residuos peligrosos, siendo de por sí ya una zona industrial con antecedentes de contaminación, se hace necesario realizar una evaluación exploratoria acerca del impacto histórico de la planta incineradora y del Polo Petroquímico en general, ya que no se discriminará entre los aportes individuales de las empresas allí radicadas. Por lo tanto, el estudio se centró en analizar la concentración de contaminantes derivados de las actividades allí realizadas en suelos circundantes a la planta de incineración, estableciendo un diseño de muestreo acorde a las características del terreno, centrándonos en dioxinas y furanos, bifenilos policlorados e hidrocarburos.

6. MARCO NORMATIVO

6.1 LEGISLACIÓN DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

6.1.1 Constitución Nacional

En el artículo 41 de la Constitución Nacional se consagra el “derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo”. Es decir, que contempla el principio de desarrollo sustentable definido en el Informe Brundtland del año 1987, así como la obligación de recomponer el daño que se produzca en el ambiente de acuerdo a lo establecido en las leyes correspondientes. También remarca la responsabilidad de las autoridades en la protección de este derecho y en la sanción de normas de presupuestos mínimos de protección por parte de la nación, así como de normativa complementaria por parte de las provincias. Por último, prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actual o potencialmente peligrosos, y de los radiactivos.

6.1.2 Ley 23.922. Aprobación del Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación

Su objetivo es proteger la salud humana y el medio ambiente contra los efectos adversos derivados de la generación, la gestión inadecuada, los movimientos transfronterizos y la eliminación de desechos peligrosos. Regula y minimiza el tránsito transfronterizo de residuos, estableciendo normas de procedimiento relativas a la prohibición de importación y exportación de desechos peligrosos y otros desechos. Establece que el tráfico ilícito de desechos peligrosos y otros desechos es un delito (Art. 4.3) y menciona bajo que características se considera como tráfico ilícito (Art. 9). Entre las corrientes de desechos contempladas por el Anexo I del Convenio figuran las dioxinas y furanos (Y43, Y44), los bifenilos policlorados (Y10) y los hidrocarburos derivados del petróleo (Y8, Y9).

6.1.3 Ley 25.278. Aprobación del Convenio de Rotterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo

Tiene por objeto promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de los Estados Parte en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente, facilitando el intercambio de información en lo relativo a sus características. Entre los productos químicos peligrosos,

objeto del Convenio, se señala a los PCBs (Anexo III).

6.1.4 Ley 26.011. Aprobación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs)

Los Contaminantes Orgánicos Persistentes son un conjunto de sustancias químicas utilizadas como plaguicidas y en muchas industrias. Pueden generarse también de manera no intencional como subproductos de procesos de combustión o industriales. Entre sus principales características se pueden mencionar la persistencia (resistencia a la degradación), la capacidad de bioacumulación (en tejidos adiposos pudiendo biomagnificarse), la capacidad de transporte a largas distancias del foco emisor por aire, agua o especies migratorias, acumulándose en ecosistemas terrestres y acuáticos; y la toxicidad, aún en bajas concentraciones. Remarca a su vez que la exposición local a este tipo de contaminantes, especialmente en los países en desarrollo, genera problemas de salud, encontrándose particularmente vulnerables las mujeres embarazadas y en consecuencia su progenie. Entonces el principal objetivo del Convenio es “proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los Contaminantes Orgánicos Persistentes” (Art. 1). Propone diferentes metas, entre ellas, eliminar/minimizar los COPs peligrosos, comenzando por los doce más nocivos; promover y apoyar la transición hacia otras soluciones ambientalmente más seguras; proponer la incorporación de nuevos COPs a la lista original a fin de tomar medidas, adoptando un enfoque precautorio ante la falta de certidumbre científica; eliminar las antiguas existencias acumuladas y los equipos que contengan COPs de forma ambientalmente segura.

Define las medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción y utilización intencionales (Art. 3), las cuales son la prohibición de la producción y utilización, exportación e importación de PCBs (y varios pesticidas). Existe una excepción a la importación de COPs para investigación científica a escala de laboratorio y como patrones de referencia a los fines de la medición de estos contaminantes en el ambiente. En el Anexo A, Parte II se establece la eliminación de PCBs de equipos a más tardar en 2025 y hasta tal fecha se deben tomar todas las medidas posibles para reducir la exposición y el riesgo a tales contaminantes tanto en zonas rurales (eliminando equipos de zonas de elaboración o producción de alimentos) como urbanas (control en zonas densamente pobladas utilizándolos solo si el riesgo es mínimo y la zona puede descontaminarse rápidamente en caso de liberación de líquido). Además, para el año 2028 se deberán eliminar de forma ambientalmente racional todos los residuos de PCBs (líquidos y equipos contaminados) cuya concentración sea superior a 5 ppm (0,0005% en peso) ya que por debajo de la misma

se considera a nivel internacional como libre de PCBs.

Define también, entre las medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción no intencional (Art. 5), elaborar un plan de acción para identificar, caracterizar y combatir las liberaciones de PCDD/Fs y PCBs, entre ellas, inventario de fuentes y estimaciones de liberaciones. Entre los COPs de producción no intencional, menciona a los bifenilos policlorados (PCBs), dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos policlorados (PCDD/Fs) (Anexo C de la Ley). Aclara que “se forman y se liberan de forma no intencionada a partir de procesos térmicos, que comprenden materia orgánica y cloro, como resultado de una combustión incompleta o de reacciones químicas”. Entre las fuentes industriales que tienen un potencial de formación y liberación relativamente elevadas de estos contaminantes se encuentran efectivamente las “incineradoras de desechos, incluidas las co-incineradoras de desechos municipales peligrosos o médicos o de fango cloacal”. Además, se generan por la combustión en hornos de cemento de desechos peligrosos, combustión de combustibles fósiles en centrales termoeléctricas o calderas industriales, quemas a cielo abierto y crematorios, por nombrar algunas. En el ANEXO I del presente trabajo se pueden consultar los resultados de los inventarios elaborados en el marco del Plan de Aplicación del presente Convenio para la Argentina. En el caso de las dioxinas y furanos se observó que las dos fuentes más importantes son la quema incontrolada a cielo abierto y la incineración de residuos, siendo la segunda de mayor preocupación al abarcar áreas de menores dimensiones y con mayor densidad poblacional. Para los PCBs se realizó un inventario de equipos eléctricos solamente.

En relación a los COPs, la República Argentina ha contemplado a la gran mayoría de los doce del presente Convenio (PCBs, aldrín, clordano, DDT, dieldrín, endrín, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex y toxafeno) a través de diferentes instrumentos legales, estando prohibidos (o restringidos a situaciones específicas) tanto su uso como, en la mayoría de los casos, su producción, comercialización, importación y exportación. Sólo se carece de marco normativo para dioxinas y furanos (SAyDS, 2007).

6.1.5 Ley 24.051 y Decreto Reglamentario 831/93. Residuos Peligrosos

Se define residuo peligroso como “todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general” (Art. 2). En particular serán considerados peligrosos los residuos indicados en el Anexo I o que posean alguna de las características enumeradas en el Anexo II de esta Ley. Se incluyen también a aquellos residuos peligrosos que pudieren considerarse insumos para otros procesos industriales.

Se menciona la existencia de un Registro Nacional de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos (Arts. 4 y 5), así como el otorgamiento de un Certificado de Aptitud Ambiental para aquellos a quienes se les apruebe el sistema de manipulación, transporte, tratamiento o disposición final que los inscriptos aplicarán a los residuos peligrosos. Relacionado a lo anterior, se establece el uso de manifiestos (Art. 12), es decir, documentos legales en donde se debe declarar tanto la naturaleza y cantidad de residuos generados, de donde provienen, la transferencia entre los actores intervinientes (generador, transportista, operador -tratamiento y/o disposición final-), además de los procesos de tratamiento y eliminación aplicados.

Brinda las definiciones de plantas de tratamiento y plantas de disposición final (Art. 33). Respecto a las primeras, “son aquellas en las que se modifican las características físicas, la composición química o la actividad biológica de cualquier residuo peligroso, de modo tal que se eliminen sus propiedades nocivas, o se recupere energía y/o recursos materiales, o se obtenga un residuo menos peligroso, o se lo haga susceptible de recuperación, o más seguro para su transporte o disposición final”, además de reducir el volumen de residuos a gestionar. Además, la dilución no es considerada un método de tratamiento. Toda planta de tratamiento es considerada a su vez un generador de residuos peligrosos, en particular las plantas de incineración (operación D10, Anexo III). En cuanto a las plantas de disposición final “son los lugares especialmente acondicionados para el depósito permanente de residuos peligrosos en condiciones exigibles de seguridad ambiental. En particular quedan comprendidas en este artículo todas aquellas instalaciones en las que se realicen las operaciones indicadas en el Anexo III”. Adicionalmente, un relleno de seguridad es una “instalación para dar disposición final en el terreno a residuos peligrosos no procesables, no reciclables, no combustibles o residuales de otros procesos de su tratamiento, los cuales mantienen sus características de peligrosidad” (Anexo I). Éste método maximiza la estanqueidad de los residuos a través de barreras naturales y/o colocadas por el hombre, a fin de reducir al mínimo la posibilidad de afectación al medio. Para cenizas de incineración, los cuales aún conservan características de riesgo (contenido de dioxinas y metales pesados, por ejemplo), el relleno de seguridad es el método de disposición más aceptable. Se define la incineración como “un proceso para la eliminación de residuos peligrosos que no pueden ser reciclados, reutilizados o dispuestos por otra tecnología. Es un proceso de oxidación térmica, a alta temperatura en el cual los residuos peligrosos son convertidos en presencia de oxígeno del aire en gases y en residuos sólidos incombustibles” (Art. 33 Dec. Reg. 831/93). Los gases generados son emitidos a la atmósfera previa limpieza de efluentes gaseosos y los residuales sólidos son depositados en un relleno de seguridad. La eficiencia

de la incineración deberá ser en todos los casos superior al 99,99%.

En la tabla 9 del Anexo II del Decreto Reglamentario 831/93 se encuentran los niveles guía de calidad de suelos. Mientras que en el Anexo IV, se especifica la forma de identificación de un residuo como peligroso, por medio de listados (de elementos o compuestos químicos y de industrias o procesos que pueden producir residuos peligrosos) o según características de riesgo (inflamabilidad, corrosividad, reactividad, lixiviabilidad, toxicidad, infecciosidad, teratogenicidad, mutagenicidad y carcinogenicidad).

6.1.6 Ley 25.612. Presupuestos Mínimos para la Gestión Integral de Residuos Industriales y Actividades de Servicios (promulgada parcialmente por el Dec. Reg. 1343/02)

Se perfiló como una ley que reemplazaría a la de residuos peligrosos, abarcando también residuos no peligrosos (derivados de actividades industriales y de servicio complementarias) y excluyendo a los residuos patogénicos ("biopatogénicos") los cuales deberán contemplarse en una ley de presupuestos mínimos propia. Establece niveles de riesgo como criterio de clasificación de los mismos. Pero debido a que hasta el momento no se pudo unificar un criterio nacional respecto a los niveles de riesgo ya mencionados (Art. 7) en el ámbito del COFEMA (Art. 57, inc. a y c), la Ley no está operativa. Por lo tanto, continúa vigente la Ley 24.051, hasta que se reglamente la ley de residuos industriales y actividades de servicios, además de sancionar y reglamentar una ley de presupuestos mínimos para los residuos patogénicos.

6.1.7 Ley 25.670 y Decreto Reglamentario 853/07. Presupuestos Mínimos para la Gestión y Eliminación de PCBs

La norma tiene por finalidad fiscalizar las operaciones asociadas a PCBs, lograr la descontaminación o eliminación de aparatos que los contengan, tender a la eliminación de PCBs usados, prohibir su ingreso al país, así como su producción y comercialización (Art. 2). Establece la definición de bifenilos policlorados y de los aparatos que los contienen (Art. 3). En el primer caso se trata de mezclas de las sustancias mencionadas en la ley cuya concentración de cualquiera de dichas sustancias en la mezcla sea superior a 50 ppm (partes por millón o 0,005% en peso). En el segundo caso establece un criterio preventivo considerando que cualquier aparato que pudiera contener PCBs se considerará como si lo tuviera a menos que se demuestre lo contrario.

Prohíbe la instalación de equipos que contengan PCBs (Art. 5) y la importación e ingreso al país de PCBs y equipos que los contengan (Art. 6). Sin embargo, en el caso particular que

fuera necesario ingresar al país estándares, patrones o muestras de PCBs o que contengan PCBs para realizar análisis a los fines de cumplir con la presente Ley, la Autoridad de Aplicación podrá autorizarlo (Art. 4.3 Dec. Reg. 853/07).

Crea un Registro Nacional Integrado de Poseedores de PCBs (Art. 7), quienes tendrán que contar con un seguro o garantía que permita la recomposición de los posibles daños ambientales y dar cobertura a riesgos de salud de la población que su actividad pudiera causar (Art. 9). También, los poseedores de aparatos que contengan PCBs deberán someterlos a un proceso de descontaminación a su cargo para el año 2010 (Art. 14). Los aparatos que hayan contenido PCBs y fueran descontaminados, deberán contar con un rótulo que indique en forma clara lo siguiente: "APARATO DESCONTAMINADO QUE HA CONTENIDO PCBs" (Art. 16).

La Autoridad de Aplicación que será el organismo de la Nación con mayor nivel jerárquico con competencia ambiental (Art. 11), deberá, entre otras cosas, realizar estudios de riesgo, auditorías ambientales, y estudios epidemiológicos para prevenir daños en la salud, brindando la información pertinente a la población posiblemente afectada. Además, se cataloga a los PCBs como cosa riesgosa (Art. 19) en términos del segundo párrafo del Artículo 1113 del Código Civil (modificado por la Ley 17.711). En su Art. 24 establece que los PCBs usados y residuos conteniendo PCBs siguen siendo alcanzados por la normativa de residuos peligrosos (Ley 23.922 y Ley 24.051).

6.1.8 Ley 25.675. Ley General del Ambiente

Establece los presupuestos mínimos "para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable" (Art. 1). Además, aclara que el ambiente no solo abarca los ecosistemas y los recursos naturales que podemos utilizar para satisfacer nuestras necesidades, sino también el patrimonio histórico y cultural, es decir la dimensión humana (Art. 2).

Entre los principios de la política ambiental se pueden mencionar los siguientes (Art. 4):

- Principio de prevención: tiende a prevenir los efectos negativos sobre el ambiente a raíz de una actividad u obra.
- Principio precautorio: busca prevenir la degradación del medio ambiente de forma de tomar medidas aun cuando exista poca o nula información científica sobre peligro de daño grave o irreversible.
- Principio de responsabilidad: los costos de las acciones preventivas y correctivas de recomposición son responsabilidad del generador de los efectos degradantes sobre

el ambiente, sean éstos actuales o futuros.

Brinda la definición de presupuesto mínimo como aquella norma que “concede una tutela ambiental uniforme o común para todo el territorio nacional, y tiene por objeto imponer condiciones necesarias para asegurar la protección ambiental”. Es decir, debe considerar la dinámica natural del ecosistema así como su capacidad de carga, asegurando su preservación y el desarrollo sustentable (Art. 6). Menciona los instrumentos de la política y gestión ambiental: ordenamiento ambiental del territorio, evaluación de impacto ambiental, sistema de control sobre el desarrollo de las actividades antrópicas, educación ambiental, sistema de diagnóstico e información ambiental y régimen económico de promoción del desarrollo sustentable. Finalmente, el daño ambiental queda definido como “toda alteración relevante que modifique negativamente el ambiente, sus recursos, el equilibrio de los ecosistemas, o los bienes o valores colectivos” (Art. 27). Establece las responsabilidades de quienes ocasionan los daños así como la obligación del restablecimiento al estado anterior a su producción (Art. 28).

6.2 LEGISLACIÓN DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

6.2.1 Constitución de la Provincia de Buenos Aires

En su Artículo 28 establece el derecho de los habitantes a gozar de un ambiente sano y el deber de conservarlo y protegerlo pensando tanto en el presente como en las generaciones futuras. Reafirma el dominio originario del ambiente y los recursos naturales por parte de la provincia (según Art. 124 C.N.) incluyendo “el subsuelo y el espacio aéreo correspondiente, el mar territorial y su lecho, la plataforma continental y los recursos naturales de la zona económica exclusiva, con el fin de asegurar una gestión ambientalmente adecuada”. Además, el estado debe garantizar la conservación de los recursos naturales renovables y no renovables, utilizándolos racionalmente; debe controlar las actividades que puedan provocar impactos ambientales, evitar la contaminación (aire, agua y suelo) y prohibir el ingreso de residuos tóxicos y radiactivos. Debe ser garante en cuanto al derecho de solicitar y recibir información ambiental como en la participación ciudadana. También debe generar y fiscalizar políticas de conservación y recuperación de la calidad del agua, aire y suelo, así como relativas a áreas de importancia ecológica, de la flora y fauna. Por último, determina la obligación de tomar todas las precauciones posibles ante una actividad que pueda dañar el ambiente.

6.2.2 Ley 11.720 y Decreto Reglamentario 806/97 (modificado parcialmente por el Dec. Reg. 650/11). Residuos Especiales

Fija los aspectos relativos a la gestión de residuos especiales de la provincia de Buenos Aires: generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final (Art.1). Los fines de la ley son “reducir la cantidad de residuos especiales generados, minimizar los potenciales riesgos del tratamiento, transporte y disposición de los mismos y promover la utilización de las tecnologías más adecuadas, desde el punto de vista ambiental” (Art. 2). La Autoridad de Aplicación de la ley y su decreto es el OPDS.

Brinda la definición de residuo como “cualquier sustancia u objeto, gaseoso (contenido en recipientes), sólido, semisólido o líquido del cual su poseedor, productor o generador se desprenda o tenga la obligación legal de hacerlo” (Art. 3). También establece que serán residuos especiales los que pertenezcan al Anexo I o posean características de peligrosidad del Anexo II de la ley, así como aquellos que representen un riesgo para la salud o el medio ambiente, considerándose las corrientes de desechos que posean alguno de los constituyentes especiales detallados en el Anexo I del Decreto Reglamentario 806/97 (incluye PCDD/Fs y PCBs). Dicho listado es actualizable considerando los avances científicos y tecnológicos. Además, para saber si los residuos poseen sustancias especiales se analizará, por un lado, información sobre materias primas, insumos, productos, residuos y residuos especiales generados y los correspondientes balances de masa de los procesos productivos; y por el otro, la concentración (determinada por la Autoridad de Aplicación) de las sustancias especiales en residuos, mediante métodos analíticos estandarizados. Se excluye del régimen de la presente ley los residuos que son insumos de otros procesos (debidamente justificado por el generador y la industria que lo utilizará), los residuos patogénicos, los domiciliarios, los radioactivos y aquellos derivados de las operaciones normales de los buques (dragado y disposición de sedimentos).

Se crea el Registro Provincial de Generadores y Operadores de Residuos Especiales (Art. 7). Tanto los generadores como los operadores deberán llenar unos documentos denominados manifiestos (Art. 20) cuyo modelo se encuentra en el Anexo III del Dec. Reg. 806/97, en el que deben detallar la naturaleza y cantidad de residuos, origen, y todas las operaciones realizadas por los distintos eslabones de la gestión. Los que cumplan con ciertas formalidades (establecidas en los Arts. 24, 27 y 38) en la inscripción al registro, obtendrán el Certificado de Habilitación Especial que es el instrumento formal que aprueba los procesos realizados sobre los residuos especiales en las distintas etapas de la gestión. Además, se contemplará la existencia de un Registro de Tecnologías donde se incribirán todas las tecnologías aplicadas para el almacenamiento, recuperación, reducción, reciclado,

tratamiento, eliminación y/o disposición final de residuos especiales, en la provincia en el marco de esta ley (Art. 15).

Respecto específicamente a los generadores, se los define en el Art. 23 como “toda persona física o jurídica, pública o privada que como resultado de cualquier proceso, operación o actividad, produzca residuos calificados como especiales en los términos de la presente ley”. Al igual que en la normativa nacional, las plantas de incineración (operación D10, Anexo III de la ley) se consideran también generadores. Éstos deben inscribirse en el Registro Provincial de Generadores y/o Operadores de Residuos Especiales, cumpliendo con una serie de requisitos (Art. 24), por medio de la presentación de una Declaración Jurada. También se mencionan medidas de manejo ambientalmente seguro de los residuos especiales (no mezclarlos, envasarlos e identificarlos) así como la necesidad de reducir la cantidad de residuos especiales generados (Art. 25). Tanto los generadores como los operadores de residuos especiales deberán contar con registros de operaciones (Arts. 24 y 45 del Dec. Reg. 806/97, respectivamente), cuyos datos a considerar en ambos casos se mencionan en el Anexo IV del decreto mencionado.

Se consideran plantas de tratamiento “aquéllas en las que se modifican las características físicas, fisicoquímicas, la composición química o la actividad biológica de cualquier residuo especial, de modo tal que se eliminen sus propiedades nocivas o se recupere energía y/o recursos materiales o se obtenga un residuo menos peligroso o se los haga susceptible de recuperación o más seguro para su transporte o disposición final” (Art. 36). Por otra parte, las plantas de disposición final son “los lugares especialmente acondicionados para el depósito permanente de residuos especiales en condiciones exigibles de seguridad ambiental”. Además, la Autoridad de Aplicación elaborará los requisitos mínimos para ambas instalaciones (Arts. 36 y 40).

Se establece la clausura como medida preventiva cuando “se constate la existencia de un daño, o exista la verosimilitud de que la gravedad de la situación causa un peligro de daño inminente, a la salud o al ambiente y no admita demoras en su solución” (Art. 58, Dec. Reg. 806/97). La misma puede ser total o parcial al establecimiento o a los sectores o equipos que causaren el daño antes mencionado.

6.2.3 Ley 11.347 y Decreto Reglamentario 450/94 (modificado parcialmente por el Dec. Reg. 403/97). Residuos Patogénicos

La presente ley tiene como objeto “asegurar la generación, manipuleo, transporte, tratamiento y disposición final ambientalmente sustentable de los residuos patogénicos, a fin de evitar perjuicios a la salud de los habitantes de la provincia y promover la preservación

del ambiente”. A su vez prohíbe en todo el territorio provincial la disposición final de residuos patogénicos sin previo tratamiento de modo de garantizar el objeto de la ley.

Se define a los residuos patogénicos como: “todos aquéllos desechos o elementos materiales en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, que presentan características de toxicidad y/o actividad biológica que puedan afectar directa o indirectamente a los seres vivos, y causar contaminación del suelo, del agua o la atmósfera; que sean generados con motivo de la atención de pacientes (diagnóstico, tratamiento, inmunización o provisión de servicios a seres humanos o animales), así como también en la investigación y/o producción comercial de elementos biológicos” (Art. 2). Brinda una clasificación los residuos generados en instituciones de salud siendo los de “TIPO B” los definidos estrictamente como patogénicos; mientras que los de “TIPO A” y “TIPO C” son asimilables a domiciliarios y radiactivos, respectivamente.

La Autoridad de Aplicación (OPDS) debe fiscalizar y auditar permanentemente los establecimientos alcanzados por la ley y su reglamentación (Art. 3), y proveer la Autorización Ambiental para aquellos que efectúen el tratamiento y disposición final (Art. 31). Los residuos patogénicos podrán tratarse por incineración en hornos especiales (en el Anexo III se enuncian las características y especificaciones), por radiación por microondas, o cualquier otra tecnología autorizada por la Autoridad de Aplicación (Art. 35)

Se definen “Regiones Sanitarias” para un mejor manejo de los residuos patogénicos de la provincia, las cuales son 4 (Anexo VIII). Se crean Registros de Generadores, Tratamiento y Disposición, y Transportistas (Art. 7). El primero funcionará en el ámbito del Ministerio de Salud Provincial y los otros dos bajo la órbita de la Autoridad de Aplicación (OPDS). Además, todos los sujetos alcanzados por la reglamentación presente deberán llevar documentación que contenga datos sobre generación, tipo y cantidad de residuos, tratamiento y destino final (acreditados), cuyas planillas se adjuntan en el Anexo VII.

Los centros de tratamiento de residuos patogénicos se considerarán como establecimientos industriales (Art. 37, Dec. Reg. 450/94), debiéndose radicar en predios cuya zonificación sea tipo D - Industrial Exclusiva y cumplir con la Ley 11.459 y su reglamentación. Es decir, deberán solicitar la autorización ambiental para desarrollar la actividad y presentar la evaluación ambiental del proyecto donde se contemplen los posibles impactos negativos y las medidas de mitigación al medio natural (agua, suelo, aire) y al medio socio cultural (Anexo IV del decreto mencionado). Además, deberán contar con dos unidades de tratamiento de tales residuos y tener previsto un sistema alternativo de tratamiento para emergencias (Art. 38, Dec. Reg. 450/94).

6.2.4 Ley 11.723 y Decreto Reglamentario 4371/95. Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales

El objeto de la Ley es la “protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general en el ámbito de la provincia de Buenos Aires, a fin de preservar la vida en su sentido más amplio; asegurando a las generaciones presentes y futuras la conservación de la calidad ambiental y la diversidad biológica” (Art. 1). Entiende al ambiente como un sistema constituido por factores naturales, culturales y sociales que se relacionan entre sí, modificando la vida del hombre y siendo modificados por éste (Anexo I). Se definen los derechos que debe garantizar el Estado provincial y los deberes de los habitantes (Arts. 2 y 3). Entre los primeros se mencionan el goce de un ambiente sano, adecuado para el desarrollo armónico de la persona; información brindada por el Estado sobre el manejo de los recursos naturales, participación en el manejo de estos últimos, solicitar a las autoridades medidas para lograr el objeto de la ley y denunciar el incumplimiento de la misma. Mientras que entre los deberes figuran: proteger, conservar y mejorar el medio ambiente y sus elementos constitutivos; y abstenerse de realizar acciones u obras que pudieran tener como consecuencia la degradación del ambiente de la provincia de Buenos Aires.

Tanto la provincia como los municipios deben garantizar los siguientes principios de política ambiental (Art. 5): el uso y aprovechamiento de los recursos naturales de modo de no degradar el ambiente, la obligación de realizar una Evaluación de Impacto Ambiental antes de realizar acciones u obras que puedan provocar efectos negativos al ambiente, la restauración ambiental cuando se haya producido un impacto negativo apoyándose en estudios básicos y aplicados en ciencias ambientales, la planificación del crecimiento urbano e industrial considerando cuestiones ambientales, socio económicas y culturales de cada región de forma holística; la inclusión de educación ambiental en todos los niveles del sistema educativo para formar individuos responsables y solidarios con el ambiente, buscando una mejora en la calidad de vida.

En los artículos siguientes menciona los instrumentos de la política ambiental: planeamiento y ordenamiento ambiental, evaluación de impacto ambiental, normas técnicas ambientales (parámetros y niveles guía de calidad ambiental de los cuerpos receptores), Sistema Provincial de Información Ambiental, educación y medios de comunicación, incentivos a la investigación, producción e instalación de tecnologías relacionadas con la protección del ambiente. También hace distinción entre grandes temas, dedicándole capítulos al agua, al suelo, a la atmósfera, energía, flora y fauna, y finalmente a residuos sólidos urbanos.

Es importante rescatar dos definiciones (Anexo I). La primera, contaminación, se define

como toda alteración (reversible o irreversible) de los ecosistemas o alguno de sus componentes producida por la presencia de sustancias o energías extrañas ajenas a un medio determinado o en concentraciones superiores al umbral mínimo para ese medio. Respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es “el procedimiento destinado a identificar e interpretar, así como a prevenir, las consecuencias o efectos que acciones o proyectos públicos o privados, puedan causar al equilibrio ecológico, al mantenimiento de la calidad de vida y a la preservación de los recursos naturales existentes”. En relación a lo anterior, la ley nombra los proyectos de obras o actividades que deben realizar una EIA para presentarla en la Autoridad de Aplicación provincial, entre ellas las plantas de tratamiento y disposición final de residuos peligrosos.

6.3 RESOLUCIONES OPDS (EX SECRETARÍA DE POLÍTICA AMBIENTAL)

6.3.1 Resolución 374/98. Emisiones Gaseosas derivadas de la incineración de Residuos Industriales, Especiales y Patogénicos

Hace énfasis en el riesgo generado al ambiente y la población circundante por la emisiones gaseosas de plantas de incineración de residuos industriales, especiales y patogénicos. Por lo tanto, dichos establecimientos deben instalar equipamiento que permita realizar tanto mediciones y registros continuos de temperatura (ambas cámaras y de salida), velocidad de gases, variables meteorológicas (velocidad y dirección del viento y temperatura ambiente), CO, NO_x, SO₂, % O₂ y MPT (material particulado total) del gas de salida; y mediciones quincenales de calidad de aire, en especial de NO_x, SO₂, MPT tomando dos muestras a la entrada y dos a la salida del establecimiento en la dirección del viento. Además, recomienda que los equipos puedan contemplar a futuro otros parámetros a medir, y un soporte informático con posibilidad de ser conectado en tiempo real con el lugar que designe la Autoridad de Aplicación.

6.3.2 Resolución 447/99. Pautas Técnicas para Rellenos de Seguridad

Los rellenos de seguridad deben construirse de forma que provean a la protección del suelo y de las aguas subterráneas. Debe realizarse un análisis previo a la instalación de un relleno de este tipo, en el que se considere la aptitud del sitio propuesto en relación a las condiciones de seguridad para evitar el transporte de contaminantes fuera de sus límites, es decir analizar la permeabilidad de los estratos donde se emplazará (Art. 4). Se especifican los análisis que deberán realizarse a los materiales a emplear y aquellos relativos a la etapa de construcción. También se hace énfasis en el tratamiento de los lixiviados generados en el

relleno, en el sistema de monitoreo y los muestreos periódicos.

6.3.3 Resolución 323/00. Emisiones Gaseosas derivadas de la Incineración de Residuos Industriales, Especiales y Patogénicos

Establece la obligación de instalar un sistema de tratamiento de gases derivados del proceso de incineración, previa emisión a la atmósfera (Art. 1). Dicho equipo debe instalarse a partir de la segunda cámara de incineración o cámara de postcombustión (Art. 2). Como requisito mínimo, los sistemas de tratamiento deben contar con “equipamiento y tecnología que permita el efectivo control del material particulado en suspensión, de la generación de gases ácidos y la emisión de metales pesados en la corriente gaseosa” (Art. 3).

6.3.4 Resolución 550/04 (modificatoria del Art. 38, Dec. Reg. 450/94). Sistema Alternativo de Tratamiento para Emergencias

Define el “estado de emergencia” de un Centro de Tratamiento de Residuos Patogénicos (Art. 3), en relación al Art. 38 del Decreto Reglamentario 450/94 modificado por el Decreto 403/97. El mismo ocurre “cuando una o más de las unidades de tratamiento que debe poseer el establecimiento se encuentre fuera de servicio (...), afecte la capacidad operativa de tratamiento y/o almacenamiento diario y se encuentre colmada la capacidad de almacenamiento en cámaras frigoríficas”.

6.3.5 Resolución 350/10. Disposición Final de Desechos resultantes del Tratamiento de Residuos Patogénicos

Fija que la disposición de los desechos resultantes del tratamiento de residuos patogénicos deberá realizarse en rellenos sanitarios (aquellos tratados en autoclave, ya desinfectados son asimilables a residuos urbanos) o en rellenos de seguridad en el caso de los tratados por incineración (Art. 1). Respecto al transporte de los mismos, deberá realizarse en vehículos autorizados por el OPDS de acuerdo a la Ley 11.347.

6.3.6 Resolución 2131/01. Registro Provincial de Poseedores de PCBs

Crea el Registro Provincial de poseedores de PCBs (Art. 1) incluyendo a establecimientos industriales, comerciales o de servicios, distribuidoras de energía eléctrica u otras que posean PCBs en uso o en depósito, como sustancia o residuo (Art. 2). Se deberá discriminar la concentración cuando los volúmenes de PCBs sean mayores a 5 litros (Art. 3) utilizando metodologías normalizadas como cromatografía de gases (ASTM D 4059) (Art. 5). Los poseedores de PCBs deberán cumplir con lo ordenado en la Ley 11.720 y con lo dispuesto

en la Resolución 592/00 sobre las condiciones de almacenamiento de residuos peligrosos.

6.3.7 Resolución 1118/02 (modificado parcialmente por Res. 618/03 y por Res. 189/11). Prohibición de PCBs en la provincia de Buenos Aires

Se prohíbe la fabricación, el ingreso y la instalación de aparatos que contengan PCBs en el ámbito de la jurisdicción de la provincia de Buenos Aires (Arts. 2, 3 y 4). Se establecen las definiciones de PCBs, aparatos que contengan PCBs, poseedor, descontaminación y fluido libre de PCBs, siendo este último aquel cuya concentración sea menor o igual a 2 ppm (Art. 5, modificado por Res. 189/11). Establece un Plan de Eliminación de PCBs en sistemas cerrados en el ámbito provincial (Art. 7) cuyo objetivo es que todos los sistemas cerrados operativos tengan una concentración inferior a 2 ppm para el año 2010. Dispone el etiquetado de los equipos que contengan o hayan contenido PCBs (Art. 14 modificado por la Res. 618/03) conforme a la cartelería del Anexo III de la Res. 618/03, discriminando entre aparatos con menos de 2 ppm y aquellos con concentraciones mayores a 2 ppm.

6.3.8 Resolución 964/03. Tecnologías de descontaminación de PCBs

Todos los poseedores de PCBs, conforme a las resoluciones antes mencionadas, deberán aplicar tecnologías de descontaminación propias o por medio de contratación de terceros, inscriptas en el Registro Provincial de Tecnologías (Art. 1). Las tecnologías empleadas deberán estar fundadas en estudios o dictámenes emanados por instituciones o centros de investigación integrados por profesionales con incumbencia específica en el tema, pertenecientes o fehacientemente avalados por una Universidad Nacional; o estar acompañada de un dictamen conteniendo opinión técnica emanada de una universidad de prestigio internacional (Art. 2).

6.3.9 Resolución 376/18. Reclasificación de equipos descontaminados

Establece la reclasificación de equipos eléctricos cerrados que hayan pasado por un proceso de descontaminación y cuya concentración de PCBs luego de 90 días corridos de finalizado el tratamiento y puesta en carga y operación ininterrumpida sea menor a 50 ppm (Art. 1). La categoría utilizada será la de "Reclasificado" siempre que se mantenga durante el resto de su vida útil por debajo de tal concentración, caso contrario deberá someterse a un nuevo tratamiento (Art. 2). Estos equipos reclasificados deberán estar debidamente señalizados (Art. 3). Aquellos equipos que luego de un proceso de descontaminación no cumplan con la condición establecida en el Art. 1 deberán considerarse no reclasificados y procederse a una nueva etapa de tratamiento o disposición final (Art. 4). La condición de

“Equipo reclasificado” se asentará en el Registro Provincial de Poseedores de PCBs de la Res. 2131/01 (Art. 5). Además, se prohíbe la dilución de fluidos con PCBs en fluidos sin PCBs o con menores concentraciones del mismo con objeto de cumplir la reglamentación así como toda otra modificación a los fluidos refrigerantes excepto aquellas propias de tareas de descontaminación (Art. 6).



Repositorio Digital de Trabajos finales y Tesinas

7. INCINERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

7.1 GENERALIDADES

La incineración es una tecnología muy utilizada en el mundo para el tratamiento de distintas corrientes de residuos, considerándose como la mejor alternativa disponible para la destrucción de la mayoría de los residuos orgánicos peligrosos (Martinez, 2005). Cabe aclarar que en este trabajo se analizará solamente la incineración de residuos peligrosos, la única permitida en Argentina, ya que no está contemplada en la legislación vigente la incineración de residuos sólidos urbanos (RSU). Por lo tanto, no se tendrán en cuenta procesos de co-incineración como los realizados en hornos de cemento.

El objetivo fundamental al utilizar esta forma de tratamiento es reducir el volumen y la peligrosidad de los residuos, capturando y concentrando o destruyendo las sustancias potencialmente nocivas que se emiten o se puedan emitir durante su funcionamiento. El proceso consiste en la oxidación de las materias combustibles contenidas en el residuo el cual suele estar constituido por materiales muy heterogéneos (sustancias orgánicas, minerales, metales y agua). Las principales etapas del proceso de incineración se pueden reducir a 3, aunque debe tenerse en cuenta que se superponen entre sí. Primero ocurre el secado y desgasado, es decir se libera el contenido volátil a partir del calor suministrado por el horno (hidrocarburos y agua) a temperaturas de entre 100 y 300 °C. Luego sucede la transferencia de la materia orgánica de la fase sólida a la gaseosa a temperaturas de entre 500 y 1000 °C (gasificación). Finalmente los gases combustibles formados antes se oxidan a temperaturas que oscilan entre 800 y 1450 °C. Para mayores detalles acerca de la incineración de residuos puede recurrirse al manual de Mejores Técnicas Disponibles (MTD) del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España elaborado en 2011.

7.2 ETAPAS DE PROCESO TÍPICO

La operación de una planta incineradora puede incluir las siguientes fases de acuerdo al manual de MTD sobre Incineración de Residuos español.

1. Recepción de residuos entrantes considerando la correspondencia con lo declarado en el manifiesto de transporte.
2. Almacenamiento de residuos y materias primas, considerando compatibilidades entre tipos de residuos peligrosos y aspectos de seguridad en caso de fugas o accidentes en el sector. En el caso de los residuos patogénicos, utilizar envases herméticos y

rígidos evitando todo contacto con materiales punzocortantes e infecciosos. Además, en caso de que no se incineren dentro de las 48 horas deben almacenarse refrigerados.

3. Pretratamiento de residuos (cuando se requiere, in situ y externamente) por ejemplo para homogeneizar tanto en lo físico (tamaño de residuos) como en poder calorífico y pH, asegurando que el proceso se mantenga en márgenes conocidos de operación.
4. Carga de residuos en el proceso: los líquidos son mezclados para obtener el poder calorífico adecuado y evitar altas concentraciones de sulfuro y cloro, por ejemplo; y luego bombeados a la cámara de combustión previa atomización mediante toberas. Los lodos son generalmente alimentados usando bombas y lanzas. En el caso de los sólidos se puede requerir algún tipo de fraccionamiento para controlar el tamaño, siendo ingresados al horno por gravedad, alimentadores neumáticos, vibradores, cintas transportadoras o tornillos sin fin.
5. Tratamiento térmico de los residuos.
6. Etapa de recuperación y conversión de energía (por ejemplo, caldera).
7. Limpieza de gases de combustión.
8. Gestión de residuos de limpieza de gases de combustión.
9. Descarga de los gases de combustión.
10. Monitoreo y control de emisiones.
11. Control y tratamiento de aguas residuales (por ejemplo, del desagüe de la instalación, del tratamiento de gases de combustión, del almacenamiento).
12. Gestión y tratamiento de cenizas/ cenizas de fondo (de la etapa de combustión).
13. Descarga/ eliminación de residuos sólidos.

7.3 ETAPA DE TRATAMIENTO TÉRMICO: HORNOS DE INCINERACIÓN

Las variables más importantes para lograr una combustión eficiente son la temperatura alcanzada por el horno, el tiempo de residencia de los gases, la turbulencia (mezclado de los residuos), y el oxígeno suministrado para hacer posible la combustión. Cuanto más eficiencia tenga la reacción, menos residuos provenientes de combustión incompleta se generarán y emitirán a la atmósfera.

Esta tecnología contempla la alta variabilidad en la composición de los residuos y las

diferentes temperaturas de ignición de los mismos por lo que para asegurar una destrucción eficiente trabajan con temperaturas en el rango de 850 a 1600 °C con un tiempo de residencia de al menos 2 segundos.

Esquemáticamente, se puede dividir una planta de incineración de residuos peligrosos en los siguientes componentes (*Figura 3*):

1. Preparación y alimentación de los residuos.
2. Cámaras de combustión.
3. Tratamiento de emisiones gaseosas.
4. Manejo de residuos sólidos y efluentes.

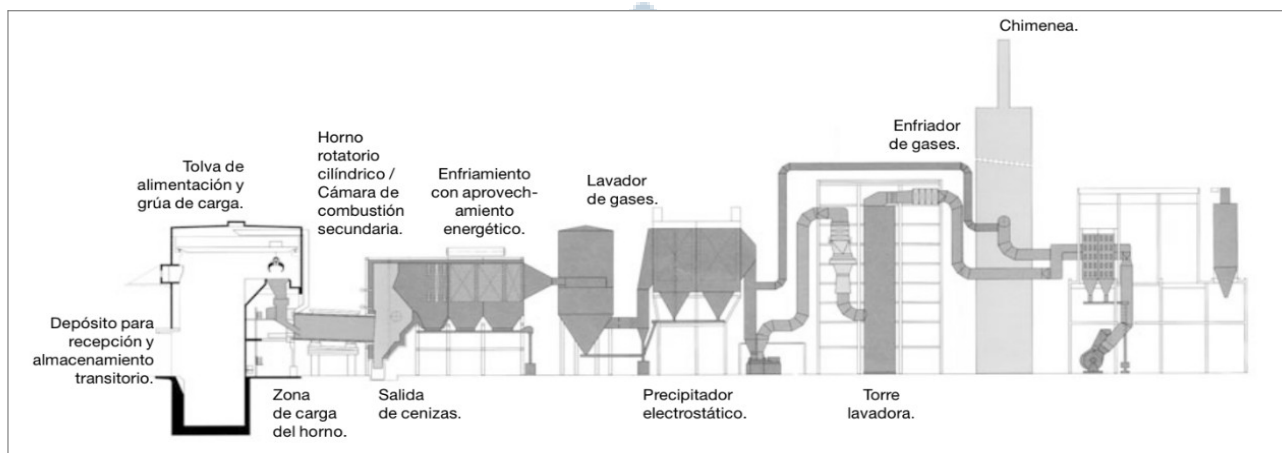


Figura 4. Esquema de un incinerador y sus componentes asociados. Extraído de Martínez (2005)

Existen distintos tipos de hornos de incineración, pero uno de los más utilizados es el horno rotativo, presente en la empresa ubicada en el área de estudio. Dicha empresa opera al menos desde el año 1998 de acuerdo a datos de ACUMAR & JMB Ambiental (2014), aunque se desconocen con exactitud el inicio de actividades y la frecuencia de operación, información a la que no pudo accederse.

El horno rotativo con cámara de postcombustión es una tecnología ampliamente utilizada en el tratamiento de residuos peligrosos incluido los patogénicos (*Figura 4*). Pueden tratar entre 3000 y más de 100.000 toneladas al año (10 a 350 ton/día) dependiendo del poder calorífico de los residuos ingresados. Funcionan a temperaturas superiores a los 850 °C, generalmente entre 900 y 1200 °C, pudiendo llegar a 1600 °C en la cámara secundaria. Suelen medir entre 10 a 15 m de longitud y poseer un diámetro interior de entre 1 y 5 m.

El horno rotativo consiste en un vaso cilíndrico, cuyo interior está recubierto de ladrillos refractarios protegiéndolo de las altas temperaturas, ligeramente inclinado sobre su eje horizontal en dirección a la cámara de postcombustión. Cuenta con un quemador situado del lado de la alimentación que utiliza combustibles o residuos líquidos de alto poder calorífico.

El vaso está normalmente situado sobre rodillos, que permiten que el horno gire u oscile alrededor de su eje a una velocidad de entre 0,5 y 1,0 rpm (movimiento de vaivén). Los residuos se transportan a través del horno por gravedad a medida que gira, mezclándose mientras se incineran, dirigiéndose hacia la cámara de postcombustión y depositándose los desechos no incinerables -cenizas de fondo- en el fondo del equipo. En esta etapa se produce la gasificación de los residuos cuyo componente volátil se terminará de incinerar en la siguiente cámara. La cámara de postcombustión cumple la función de destruir los gases de combustión producidos en la cámara de combustión primaria y los compuestos tóxicos que podrían liberarse a la atmósfera, y en dicha cámara suelen agregarse residuos de alto poder calorífico para mantener las temperaturas elevadas requeridas para tal destrucción. Los tiempos de residencia de los gases y residuos inyectados en la cámara de postcombustión es de por lo menos 2 segundos ya que de otra forma se aumentan los riesgos de combustión incompleta y posterior liberación de contaminantes.

La inyección directa se utiliza particularmente para residuos líquidos, gaseosos o pastosos (bombeables) especialmente cuando presentan riesgos de seguridad y se requiere especial cuidado para reducir la exposición de los operarios. Los residuos sólidos son incorporados por medio de una tolva no rotativa.

El tiempo de residencia del material sólido en el horno es de 30 a 90 minutos, suficiente para conseguir una buena combustión de los residuos, dependiendo de la inclinación, la velocidad de rotación y el largo de la cámara. Las cenizas de fondo se extraen, junto con las cenizas de la cámara de combustión, a través de un extractor húmedo de cenizas de fondo. Generalmente las cámaras cuentan con controladores automáticos de temperatura, los cuales activan quemadores auxiliares automáticamente cuando la temperatura desciende por debajo de los valores establecidos. Estos quemadores se utilizan fundamentalmente en el arranque y parada del equipo (Martinez, 2005).

Para verificar el buen funcionamiento de los incineradores se realizan ensayos de quema de residuos peligrosos de composición conocida, debiéndose alcanzar una destrucción del 99,99% para los compuestos ensayados (que no se emita más del 0,01% de la sustancia utilizada a la atmósfera). Si se incineran PCBs, el porcentaje de destrucción debe ser del 99,9999%. Por otra parte, el contenido de carbono en las escorias y cenizas no debe ser superior al 3% (Martinez, 2005).

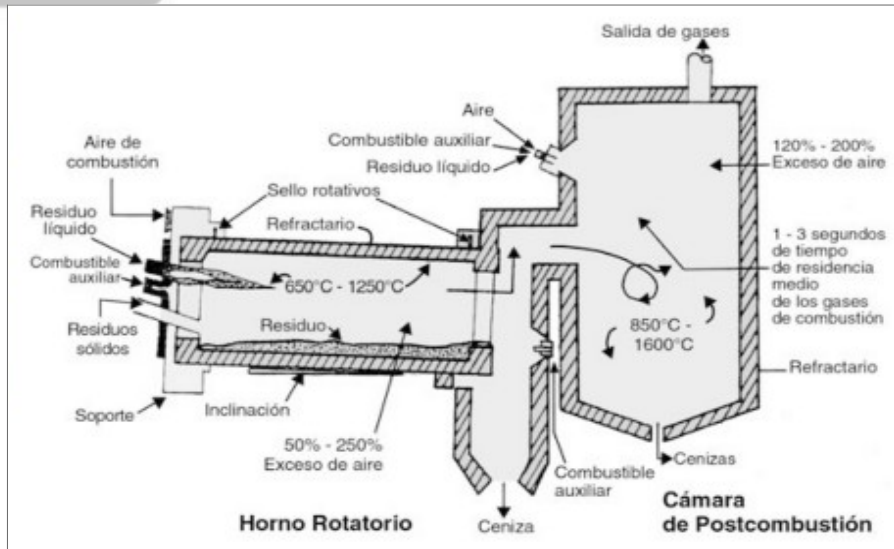


Figura 5. Detalles de horno rotativo con cámara de postcombustión. Extraído de Martínez (2005)

7.4 EMISIONES Y RESIDUOS GENERADOS

Las emisiones dependerán de la composición y heterogeneidad de los residuos, de las características del horno tanto en el diseño como en el funcionamiento (también de si es una tecnología antigua o una más moderna) y del diseño y operación del equipo de limpieza de gases de combustión. Se pueden diferenciar tres tipos de emisiones como se indica a continuación. En primer lugar, las atmosféricas, compuestas de gases ácidos (HCl, HF, HBr, HI), SO₂, NO_x, metales pesados (Hg, Cd, Ti, As, Ni, Pb, entre otros), CO₂, CO y VOCs (compuestos orgánicos volátiles). Las emisiones de material particulado (MP) dependen mucho de la eficacia del tratamiento de los gases de combustión, y son una de las vías principales de liberación de metales pesados a la atmósfera, fuente de contaminación de suelos circundantes donde se depositan. Otros contaminantes característicos de los procesos de combustión liberados son las PCDD/Fs y PCBs que dependen del contenido de compuestos clorados en los residuos, de las temperaturas alcanzadas por el horno y los tiempos de residencia en la cámara de postcombustión que permiten su destrucción y también de la eficacia de la limpieza de los gases de combustión. En segundo lugar, las emisiones al agua vienen condicionadas por el tipo de tratamiento que se efectúe a los gases de combustión. Por lo tanto si se emplea limpieza por medio de torre lavadora de

gases se generarán efluentes que deben ser sometidos a tratamiento, recirculados en los procesos y eventualmente evacuados pudiendo terminar en cursos de agua cercanos contaminando los mismos o las aguas subterráneas. Tercero, se generan cenizas y/o escorias, polvos de los sistemas de filtros, otros residuos de la limpieza de los gases de combustión (cloruros de calcio o sodio, por ejemplo) y lodos de tratamiento de aguas residuales. De los residuos antes mencionados, las cenizas de fondo son las que se producen en mayores cantidades, debiendo ser enfriadas y previo tratamiento (en ocasiones estabilización o solidificación) dispuestas en rellenos de seguridad, ya que no existe legislación que posibilite su aprovechamiento en la Argentina. Respecto a las cenizas se dividen en tres tipos: de fondo, las que provienen del horno y contienen los residuos no combustibles; de caldera y volante, la cual, ésta última, es muy ligera y debe extraerse de los gases con las tecnologías de tratamiento. Debe destacarse que una parte de los metales pesados quedan retenidos en las cenizas, aunque depende de las condiciones operativas de la planta (temperatura del horno, contenido de oxígeno en el aire inyectado), del contenido de cloro (que también define la formación de dioxinas) y azufre de los residuos a incinerar y de la transferencia de masa de las partículas finas en el gas de combustión (Ministerio de Ambiente de España, 2011).

Los sistemas de tratamiento de emisiones más comunes incluyen un enfriador (quench) para el acondicionamiento térmico de los gases que al enfriarlos rápidamente por debajo de 100 °C evitan la síntesis de dioxinas y furanos (es una de las técnicas utilizadas para tal fin). También presentan torres lavadoras de gases para la remoción de partículas: por medio de la inyección en forma atomizada de agua o una solución de sodio a contracorriente del flujo de gas, que arrastra las partículas y parte de los gases, produciéndose a la vez otra caída de temperatura. Además, cuentan con torres de absorción para la remoción de gases ácidos, así como precipitadores electrostáticos húmedos, lavadores húmedos ionizantes, filtros de manga y ciclones, para el material particulado. La remoción de dioxinas y furanos, así como posibles restos de mercurio residual, se realiza mediante filtros conteniendo mezclas adsorbentes.

7.5 RIESGOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS

A modo de resumen se mencionan a continuación los riesgos principales asociados al uso de esta tecnología para el tratamiento de residuos peligrosos. Respecto al compartimento atmosférico, pueden producirse emisiones de gases de combustión y contaminantes producto de una combustión no eficiente los cuales pueden afectar tanto a los pobladores de

las cercanías de manera directa al entrar en contacto con ellos (al respirar o por contacto dérmico) o indirectamente por el consumo de plantas o animales provenientes de áreas donde ocurre la deposición de las emisiones. Asimismo, el mal manejo de los residuos dentro de la planta genera riesgos para la salud de los trabajadores (Martínez, 2005). También pueden existir emisiones de olor y polvo si no se toman las medidas pertinentes durante el almacenamiento y manejo de los residuos.

Debe tenerse en cuenta que en las emisiones pueden aparecer compuestos más tóxicos que el producto originalmente incinerado, como las dioxinas y furanos (PCDD/Fs). Estos contaminantes se forman en los procesos de combustión, siendo más crítico cuando éste es no controlado (basurales a cielo abierto, incendios forestales), por lo que deben tomarse los recaudos para evitar su liberación por parte de las incineradoras. También debe prestarse atención a la disposición de las cenizas provenientes de las cámaras de combustión y del tratamiento de gases de combustión. De este último proceso además se generan efluentes líquidos (se utiliza agua y soluciones absorbentes para retener contaminantes). Lo ambientalmente adecuado es realizar tratamiento de efluentes y depositar en un relleno de seguridad los barros y las cenizas antes mencionadas. Otras consideraciones a tener en cuenta son la generación de ruido y vibraciones, consumo de energía y materias primas, emisiones fugitivas provenientes del almacenamiento de residuos, riesgos asociados al almacenamiento, manejo y procesamiento de los residuos peligrosos.

8. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

8.1 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

Se realizó un relevamiento de la zona estudiada por medio de imágenes satelitales utilizando los programas QGIS 3.4 Madeira y Google Earth (Figura 6). Se pudo observar la presencia del Polo Petroquímico, una planta de generación termoeléctrica, empresas varias, casas particulares, la reserva municipal (Eco Área) y dos arroyos canalizados, el Sarandí y el Santo Domingo, lo que en suma da un ambiente muy degradado y con una alta vulnerabilidad para sus habitantes. Este acercamiento visual del terreno se realizó antes de la visita de reconocimiento. También se recabó información sobre el clima, la geología, geomorfología y suelos presentes en el área a estudiar recurriendo a diversas fuentes bibliográficas.



Figura 6. Vista panorámica del área costera de Avellaneda donde se realizará el estudio

Uno de los datos más importantes a la hora de definir el diseño de muestreo adoptado fueron los datos relativos a la velocidad y dirección de los vientos. Éstos fueron extraídos de la base de datos de ACUMAR y corresponden a la Estación de Monitoreo Continuo I (EMC-I) ubicada en la localidad de Dock Sud (ACUMAR, 2018), la cual mide variables meteorológicas y concentración de contaminantes en aire (Figura 7). Los mismos comprenden una serie de datos recolectados desde 2010 a 2018 y sirvieron para elaborar la

rosa de vientos de la zona por medio de la utilización del software *WRPLOT*. El criterio tomado para dividir la velocidad en distintos segmentos fue la escala de Beaufort. Considerando que la velocidad de viento máxima registrada en el periodo fue de 49,9 Km/h, se adoptaron los valores del 0 al 6 en la escala mencionada, los cuales pueden verse a continuación (Tabla 4).



Figura 7. A la izquierda, contorno de la Cuenca Matanza Riachuelo en azul y área donde se ubica la EMC-I de ACUMAR, en rojo. En el centro, detalle de la zona de emplazamiento de la EMC-I en la localidad de Dock Sud. A la derecha, equipamiento de la EMC-I. Extraído de ACUMAR (2017)

Tabla 4. Escala de Beaufort con la referencia utilizada en la rosa de vientos generada

Valor Escala De Beaufort	Velocidad del Viento (Km/h)	Velocidad del Viento (m/s)	Efectos en tierra	Referencias Rosa de vientos
0	0 a 2	0 a 0,556	Calma El humo asciende verticalmente	
1	2 a 6	0,556 a 1,667	El humo indica la dirección del viento	
2	6 a 12	1,667 a 3,333	Se caen las hojas de los árboles Empiezan a moverse los molinos de los campos	
3	12 a 20	3,333 a 5,556	Se agitan las hojas Ondulan las banderas	
4	20 a 29	5,556 a 8,056	Se levanta polvo y papeles Se agitan las copas de los árboles	
5	29 a 39	8,056 a 10,833	Pequeños movimientos de los árboles Superficie de los lagos ondulada	
6	39 a 50	10,833 a 13,889	Se mueven las ramas de los árboles Dificultad para mantener abierto el paraguas	

La importancia de la construcción de la rosa de vientos radica en que al transportarse los contaminantes analizados por medio del aire, conocer la distribución de los vientos nos da una idea más certera de las posibles direcciones en donde poder realizar muestreos y de esta forma optimizar todo el esfuerzo y materiales utilizados. Si bien hay una constancia de viento hacia el Oeste, pueden identificarse dos direcciones más o menos marcadas en sentidos norte-sur y noreste-suroeste como puede apreciarse a continuación (Figura 8). Debe considerarse que las extensiones del gráfico indican la dirección hacia donde se dirige el viento. Las mayores frecuencias de viento registradas se corresponden con las categorías 2 y 3 de la escala citada (colores verde y amarillo), siendo en suma el 68,6% del total de los valores registrados por la EMC I.

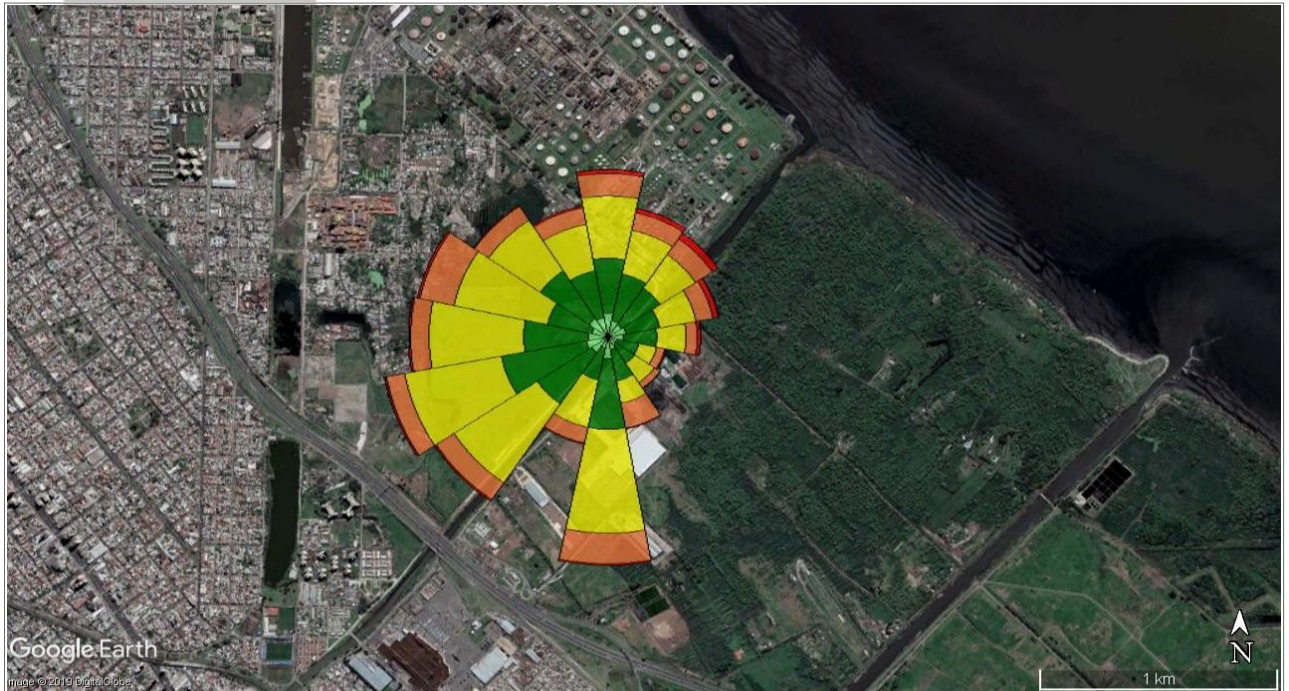


Figura 8. Rosa de vientos creada a partir de datos de la EMC-I (2010-2018) de ACUMAR (2018)

Puede apreciarse que en la primera de las direcciones (N-S) se encuentran el polo petroquímico al Norte y una diversidad de empresas logísticas, el Ecopunto y algunas casas particulares al Sur. Mientras que en la segunda de las direcciones (NE-SO) se encuentran la Reserva Municipal (Eco Área) al noreste/este y un terreno que funciona como zona de pastoreo de equinos y en donde también se encuentra la EMC-I de ACUMAR al suroeste, éstas últimas dos secciones marcadas en el mapa a continuación (Figura 9).



Figura 9. Área de Reserva en Sarandí (Eco Área), en naranja, y terrenos cercanos a la planta incineradora en Dock Sud, en amarillo. El límite entre ambas localidades lo constituye el Arroyo Sarandí que pasa entre ambas en sentido SO-NE

8.2 DISEÑO DE MUESTREO

Primero se tuvieron en cuenta los antecedentes en trabajos similares para conocer como resolvieron otros autores la creación de un diseño de muestreo en cada caso. En Jiménez *et al* (1996) se establecieron 3 transectas de las cuales 2 tienen 5 puntos y la restante 4. Del total de puntos, cuatro se ubicaron a barlovento y los restantes a sotavento en la dirección del viento predominante. También se tomó un radio de 2 Km alrededor de la fuente emisora y 6 puntos más alejados donde presumiblemente existe una deposición menor de contaminantes (Figura 10). También dos puntos alejados de la influencia del incinerador que sirve a modo de control para poder comparar los resultados con un suelo no afectado. Es decir, que considera una influencia directa en un radio de 2 Km a partir de la fuente de emisión, tomando como criterio clave en el diseño de muestreo la influencia del viento como medio de transporte de dioxinas. En Schuhmacher *et al* (1998) se estableció el diseño de muestreo luego de utilizar un modelo de dispersión de contaminantes y de considerar las cuatro direcciones principales de la rosa de vientos. Los puntos se tomaron cada 250 m en cada una de las siguientes direcciones: NO, NE, SE, SO; en conjunto formaban una cruz cuyo centro es la fuente de emisión. Se tomaron 24 muestras por duplicado (48 en total)

más 10 de control. El contexto de la planta incineradora, en este último trabajo, es similar al de nuestro caso de estudio con tráfico vehicular y refinerías en el entorno.

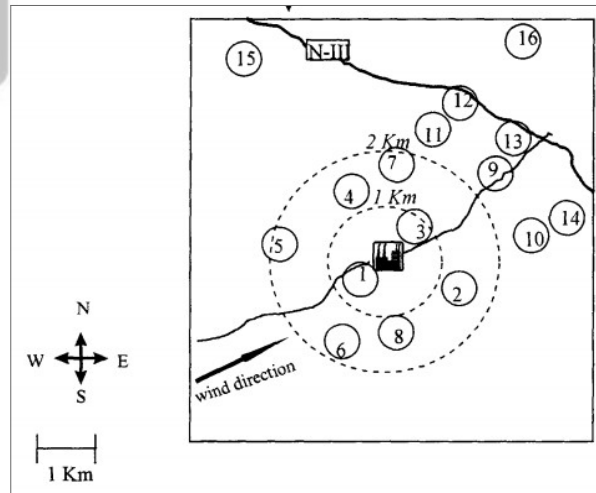


Figura 10. Diseño de muestreo utilizado en Jiménez et al (1996)

En el caso de la presente tesina, para poder elaborar un diseño de muestreo que sea representativo de las condiciones enunciadas anteriormente se realizó primero una visita exploratoria a la zona de estudio para encontrar las zonas donde fuera factible realizar la toma de muestras, así como también lugares de referencia, para que en caso de no funcionar correctamente los GPS el día del muestreo podamos ubicarnos en el terreno lo mejor posible. Finalmente se convino establecer la dirección NE-SO para realizar el diseño de muestreo y posterior toma de muestras ya que al norte se encuentra el Polo Petroquímico y al sur se ubican diversas empresas y casas particulares, lo que indica un suelo muy antropizado en donde difícilmente los resultados obtenidos sean de utilidad, ya que lo que se planea es estudiar el impacto histórico del funcionamiento de la planta incineradora en el compartimento suelo. Sumado a esta limitación también al ser estos terrenos privados, el acceso a los mismos se encuentra restringido.

En consecuencia, se trazó una transecta en la dirección NE-SO ya que es la única que cuenta con accesos a los terrenos para poder tomar muestras y también son áreas con relativamente baja influencia antrópica en por lo menos los últimos 18 años, al observar las imágenes satelitales del 2001 a la fecha del área de estudio a través *Google Earth*. A la transecta antes mencionada se le agregó un *buffer* de 15 m, con lo cual el ancho de la franja es de 30 m a fin de cubrir un poco más de terreno y también porque debe concebirse al viento como un fenómeno areal y no lineal (no es una “flecha” que atraviesa el terreno sino una “capa”). Además, se trazaron radios cada 250 m y hasta los 1000 m respecto de la fuente emisora. Se eliminó del diseño de muestreo el primer radio (0-250 m) por la dificultad

de acceso a la toma de muestras, quedando 3 radios 250-500 m, 500-750 m y 750-1000 m (Figuras 11, 12 y 13).

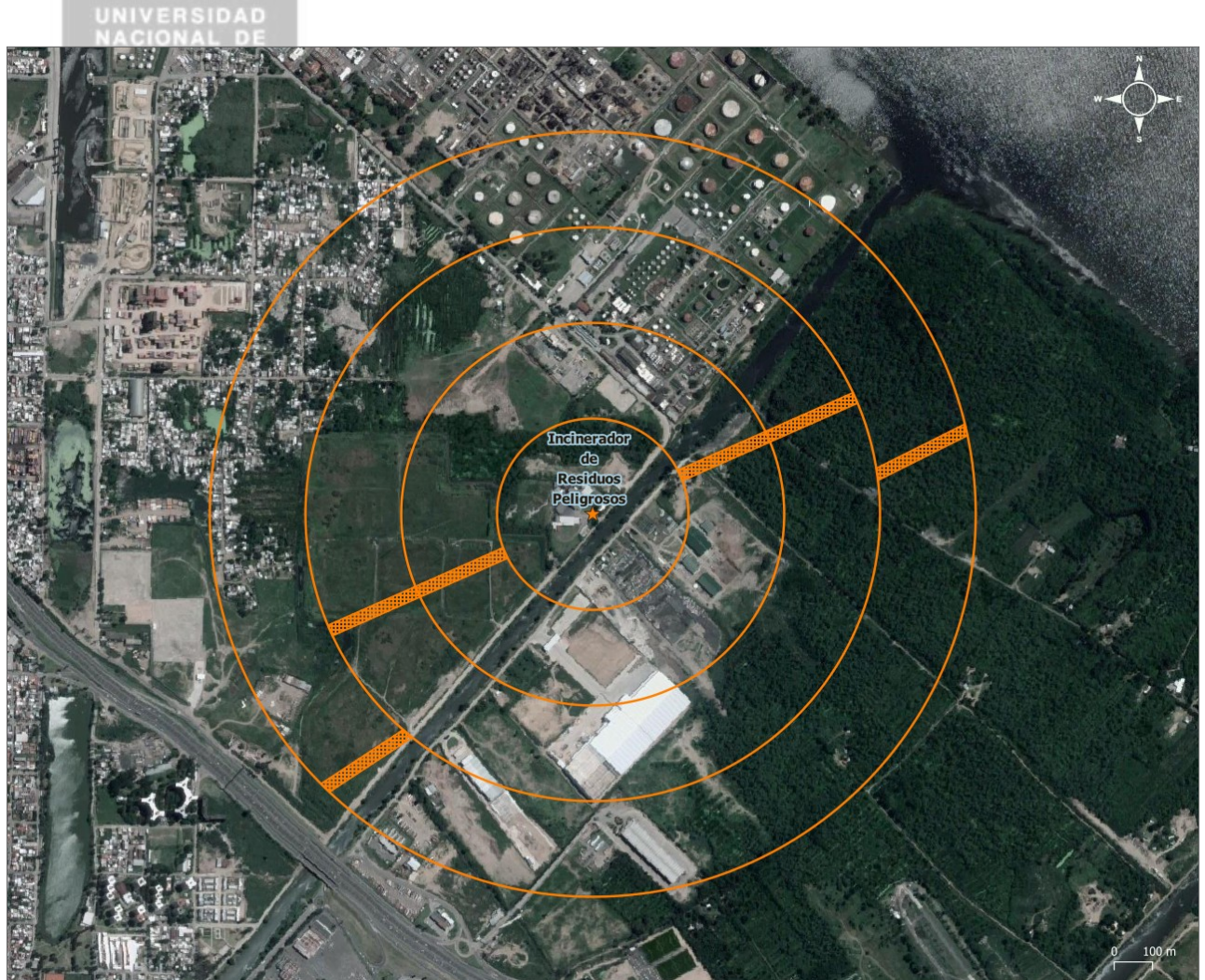


Figura 11. Vista extendida del área de muestreo con los buffers (circunferencias naranjas) cada 250 m del foco emisor y franjas de 30 m de ancho en dirección NE-SO



Figura 12. Acercamiento al sector SO donde pueden verse las cuadrículas de 10 m de lado dentro de cada franja utilizadas como referencias para ubicar los puntos tentativos de muestreo

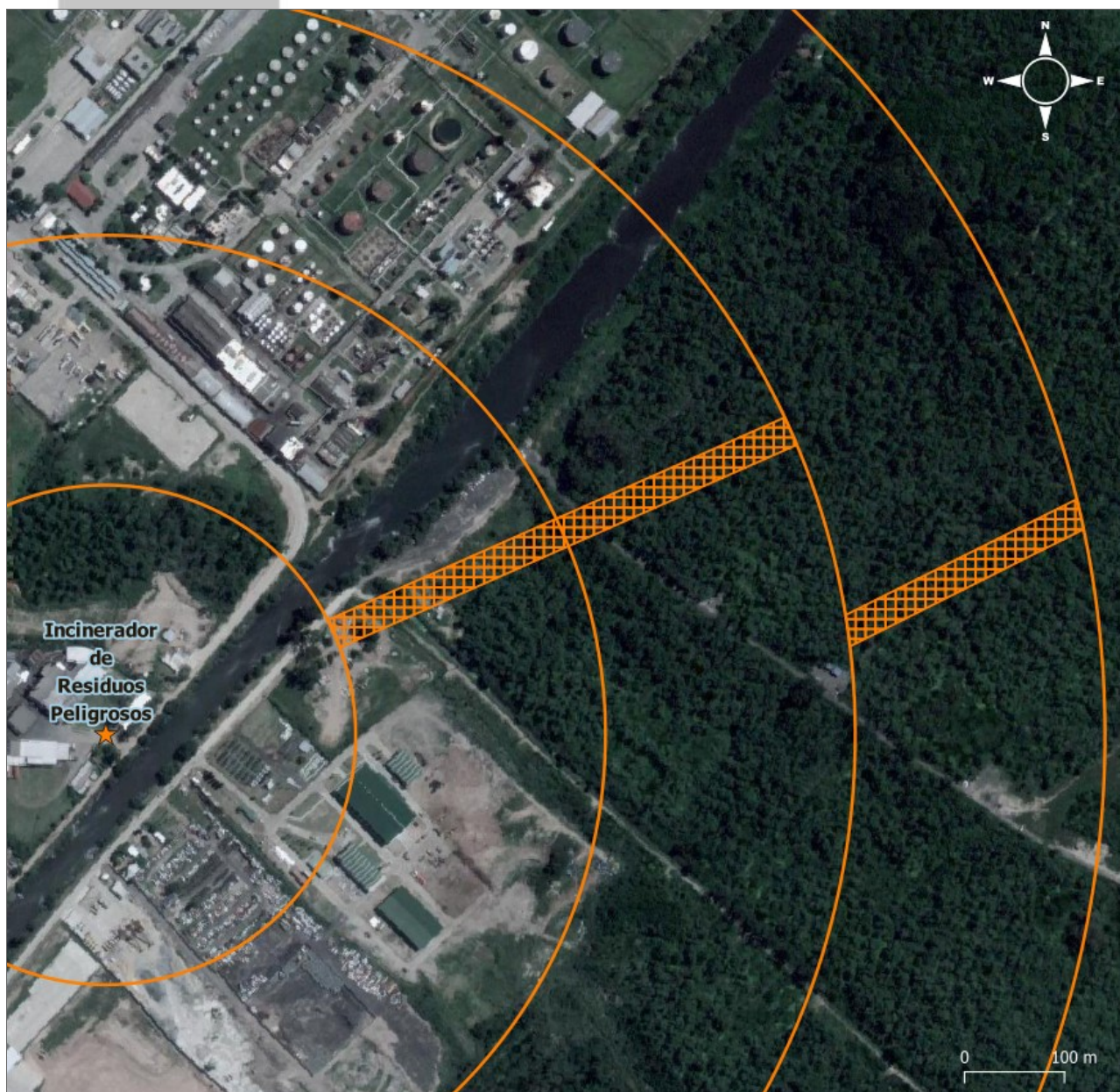


Figura 13. Acercamiento al sector NE donde pueden verse las cuadrículas de 10 m de lado dentro de cada franja utilizadas como referencias para ubicar los puntos tentativos de muestreo

En definitiva, el diseño de muestreo consta de 3 franjas de muestreo tanto al NE como al SO, es decir 2 por cada radio considerado. En cada una de estas franjas se propuso tomar 4 muestras compuestas de 4 puntos formando una cruz de 10 m cada segmento (Figura 14), por lo que cada muestra representa un área de 100 m cuadrados. Los puntos fueron ubicados en zigzag para abarcar lo mejor posible la franja de 30 m de ancho. En total quedaron seleccionadas 24 áreas potenciales de toma de muestras (Figuras 15, 16 y 17) cuyas coordenadas pueden observarse en la Tabla 5. El espaciado entre puntos es de 70 m entre si (en cada segmento), y de 20 m respecto a los bordes de las circunferencias.

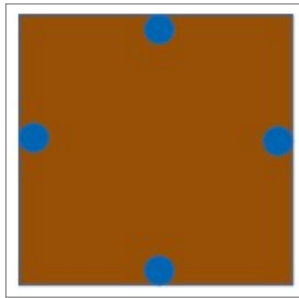


Figura 14. Esquema representativo (no a escala) del muestreo compuesto por 4 puntos (azul) los cuales representan un área de 100 m² (marrón)

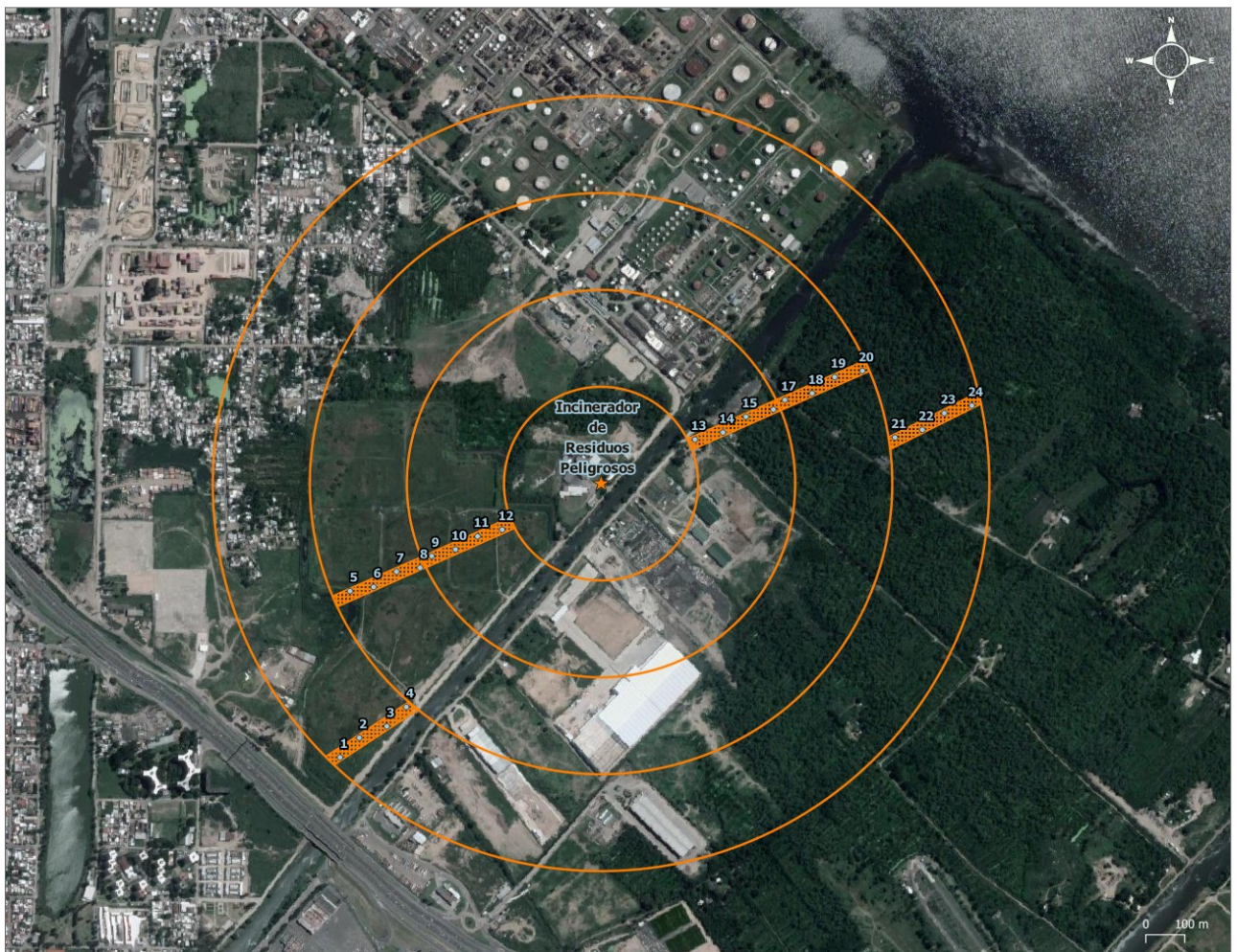


Figura 15. Ubicación tentativa de las 24 áreas de muestreo, 12 al SO y 12 al NE. Las circunferencias naranjas indican distancias cada 250 m desde la planta



Figura 16. Detalle de áreas de muestreo tentativas al SO



Figura 17. Detalle de áreas de muestreo tentativas al NE

Tabla 5. Coordenadas en notación decimal de los puntos de muestreo tentativos

Puntos SO	Longitud Oeste	Latitud Sur	Puntos NE	Longitud Oeste	Latitud Sur
1	-58,332863	-34,672216	13	-58,322778	-34,664929
2	-58,332317	-34,671766	14	-58,321988	-34,664776
3	-58,331539	-34,671509	15	-58,321336	-34,664418
4	-58,330985	-34,671064	16	-58,320562	-34,664258
5	-58,332523	-34,668350	17	-58,320238	-34,664037
6	-58,331860	-34,668265	18	-58,319469	-34,663893
7	-58,331212	-34,667913	19	-58,318831	-34,663521
8	-58,330546	-34,667832	20	-58,318047	-34,663386
9	-58,330215	-34,667562	21	-58,317158	-34,664946
10	-58,329545	-34,667414	22	-58,316386	-34,664775
11	-58,328919	-34,667118	23	-58,315764	-34,664394
12	-58,328225	-34,666971	24	-58,314987	-34,664228

Una vez formulado el diseño de muestreo se prepararon los recipientes y demás utensilios para realizarlo. Se descontaminaron 24 frascos de vidrio por medio de enjuague con una solución de ácido nítrico al 10% y luego con agua destilada. Posteriormente fueron secados en estufa a 40 °C por 6 horas. Se prepararon botas, palas, guantes de látex (sin talco), mapas de las diversas franjas de muestreo y aplicaciones GPS para *Android (All-in-one Offline Maps)* en los celulares, impresión con las coordenadas de los puntos marcados en el mapa, heladera portátil y conservantes de frío.

8.3 MUESTREO

Se realizó la toma de muestras el día 10 de abril de 2019 entre las 9:48 y las 13:51 horas, en un día soleado con una temperatura alrededor de los 20 °C (mínima y máxima diaria de 14 °C y 26 °C, respectivamente). Se siguió el orden establecido desde el punto 1 al 24 (con excepción del punto 9 que fue tomado luego del 12). Para la ubicación en el terreno se utilizaron tanto las coordenadas impresas de los puntos como la aplicación GPS de *Android* comparándolas entre sí para que en los casos de coincidencia o acercamiento lo bastante estrecho con el valor original, tomar la muestra. Todas las muestras fueron tomadas a una profundidad de 0 a 10 cm de la superficie, eliminando la vegetación superficial, ramas, piedras o cualquier objeto extraño. Entre cada toma de muestra compuesta se procedió a la limpieza de la pala utilizada por medio de una servilleta sin agregados químicos para evitar la contaminación entre las distintas muestras seleccionadas, así como el uso de guantes de látex sin talco en aquellas zonas donde el suelo se encontraba muy húmedo. El rotulado de los frascos se efectuó en el campo, por medio de etiquetas adheribles y marcador indeleble, a medida que fueron tomadas las muestras utilizando los números del 1 al 24 según

correspondiese, de acuerdo a la codificación original del diseño propuesto. A continuación se enumeran en el orden en que fueron relevados los puntos y las particularidades ocurridas en el campo, de cada una de las 6 secciones de muestreo:

● **1, 2, 3 y 4:** fueron tomados en orden quedando medianamente similar, en cuanto a la forma, al diseño propuesto. Puede apreciarse que el punto 1 quedó bastante alejado del original y esto fue debido a que hacia el SO del mismo el terreno se tornaba inaccesible por la presencia de abundante vegetación. A partir de ese punto, los demás (2, 3, y 4) fueron ubicados de modo de respetar lo mejor posible la equidistancia entre cada uno. Todas consistieron en una muestra compuesta por cuatro submuestras.

● **5, 6, 7 y 8:** los primeros dos puntos de esta sección (5 y 6) respetaron prácticamente lo establecido en el diseño original mientras que puede observarse una desviación de los puntos 7 y 8 hacia el norte. Esto sucedió al no familiarizarnos lo suficiente con la zona en cuestión. De todas formas y por lo visto en la rosa de vientos elaborada, son puntos que pueden considerarse a la hora del análisis ya que respetan una de las direcciones predominantes de viento. Todas consistieron en una muestra compuesta por cuatro submuestras.

● **10, 11, 12 y 9:** puede notarse que el punto 9 fue el último tomado de esta sección y fue por una cuestión operativa surgida en el campo, ya que debido al desvío mencionado en la sección precedente nos encontrábamos más cerca del punto 10 siendo el primero en ser tomado. Luego se tomaron las muestras 11 y 12. Estas tres muestras si bien no son un fiel reflejo del diseño propuesto, siguen una misma dirección, encontrándose los dos últimos (11 y 12) dentro de la franja o *buffer* de 30 m y el punto 10 fuera pero no muy alejado. Caso aparte es el punto 9 que quedó comprendido en la franja de 500 a 750 m, algo alejado del lugar esperado aunque como en los casos 7 y 8 en una misma dirección general respecto a la rosa de vientos. Todas consistieron en una muestra compuesta por cuatro submuestras.

● **13, 14, 15 y 16:** en el primer caso se trató de una muestra compuesta por 4 submuestras como las anteriores, ubicándose en la terraza fluvial del Arroyo Sarandí, con un nivel de humedad considerable respecto de los doce puntos anteriores. En el segundo caso se tomaron 3 submuestras ya que al encontrarse sobre uno de los caminos de tierra del lugar no había forma de ocupar los 10 m de extensión como en los demás puntos y porque a ambos lados del mismo había domicilios particulares, existiendo en uno de los casos afloramiento de napa, lo cual complicaba aún más la situación. Respecto a los puntos 15 y 16, estos no fueron relevados ya que en el primero se ubicaba un relleno de materiales de construcción y escombros y el otro se encontraba vallado e inundado (al costado del camino que dirige a la entrada de la Eco Área).

- **17, 18, 19 y 20:** no fueron muestreados ya que el acceso a la zona se tornaba muy dificultoso al tratarse de un humedal o bañado costero, un sector ampliamente inundado.
- **21, 22, 23 y 24:** en todos los casos no fueron tomados como muestras compuestas sino puntuales. Esto fundamentalmente por dos razones, la primera, que los puntos se ubicaron cercanas a la pasarela de la reserva por la dificultad de abrirse paso en la copiosa vegetación y segundo, porque gran parte del terreno se encontraba inundado. Entonces, las muestras fueron tomadas puntualmente a no más de 3 m de la pasarela intentando que al menos exista coincidencia en la coordenada de longitud y siempre que el terreno lo permitiera.

Por lo tanto se tomaron un total de 18 muestras (*Figuras 18, 19 y 20*) en ambas direcciones, NE y SO, las cuales se muestran en la siguiente tabla (Tabla 6) ordenados de menor a mayor, con el horario en el cual fueron tomadas y las coordenadas devueltas por la *app* que funcionó a modo de GPS. La alternancia de sombreado indica que los puntos pertenecen a distintos sectores, considerando el diseño de muestreo propuesto. Es importante mencionar que las muestras fueron resguardadas en una heladera portátil (de campamento) con líquido refrigerante, conservándolas de este modo a una temperatura de 4 °C o muy cercana a la misma. Luego fueron transportadas al laboratorio en donde se las ingresó en la heladera hasta su posterior análisis.

Tabla 6. Puntos de muestreo efectivamente realizados con los horarios en cuanto se tomaron y las coordenadas en donde se tomaron. Mismo color indica la pertenencia a un mismo radio

Sector	Nº	Hora	Longitud Oeste	Latitud Sur
SO	1	09:48:33	-58,332292	-34,672170
	2	10:06:26	-58,332187	-34,671655
	3	10:19:52	-58,331417	-34,671250
	4	10:28:31	-58,330972	-34,670917
	5	10:43:02	-58,332528	-34,668306
	6	10:53:54	-58,331838	-34,668293
	7	11:04:07	-58,331477	-34,667177
	8	11:12:38	-58,331472	-34,666611
	9	12:02:45	-58,330750	-34,668806
	10	11:27:39	-58,329935	-34,667257
	11	11:38:50	-58,328806	-34,667194
	12	11:46:35	-58,328573	-34,666920
	13	12:42:51	-58,322778	-34,664694
	14	12:51:01	-58,322056	-34,664917
NE	21	13:28:53	-58,316872	-34,665153
	22	13:40:52	-58,316102	-34,664523
	23	13:45:10	-58,315556	-34,664167
	24	13:51:48	-58,314917	-34,663528

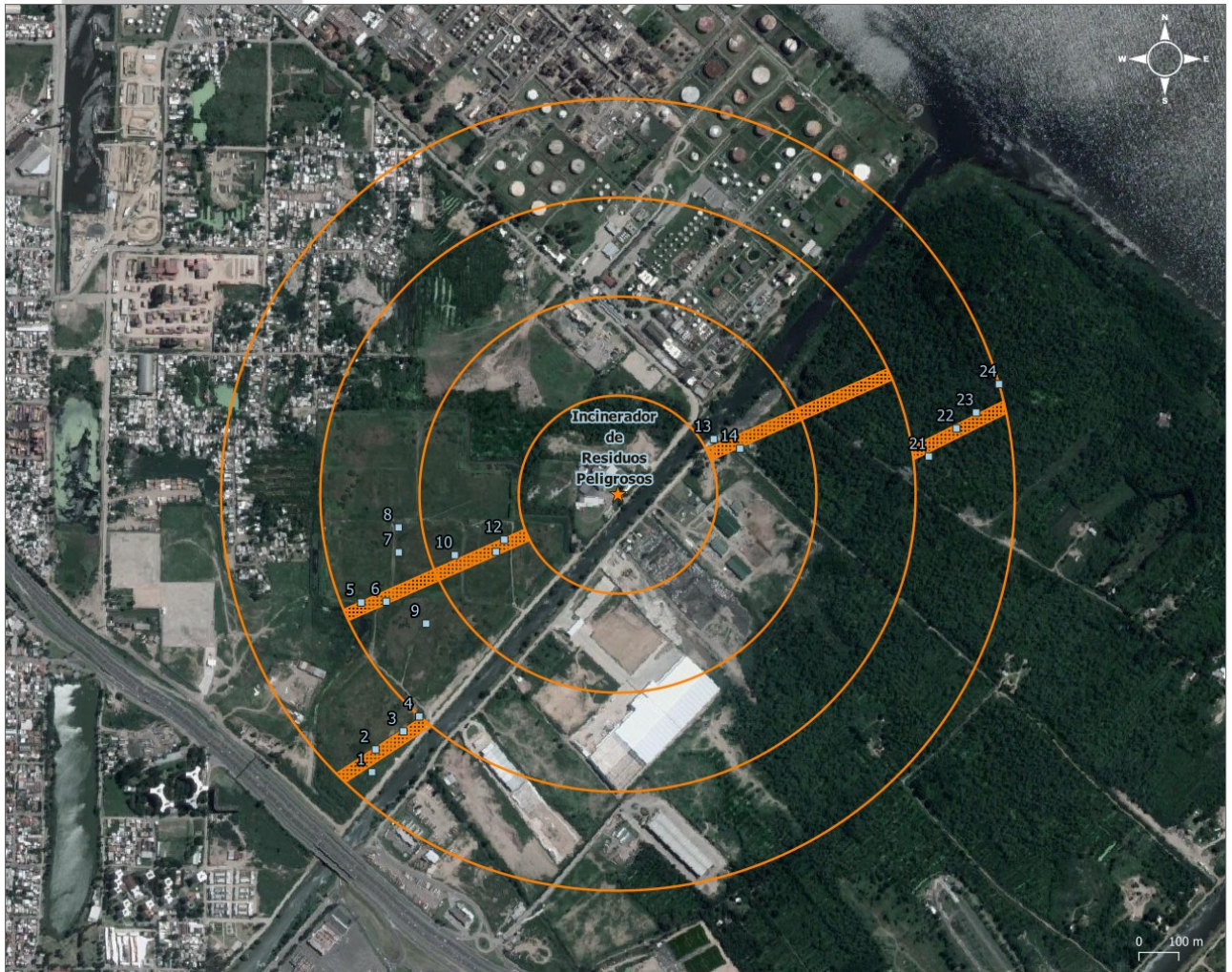


Figura 18. Vista extendida de los puntos relevados en el muestreo realizado el 10 de abril. Las circunferencias naranjas indican distancias cada 250 m desde la planta



Figura 19. Detalle de los puntos relevados en el muestreo realizado el 10 de abril, al SO de la planta.
En total 12 muestras compuestas

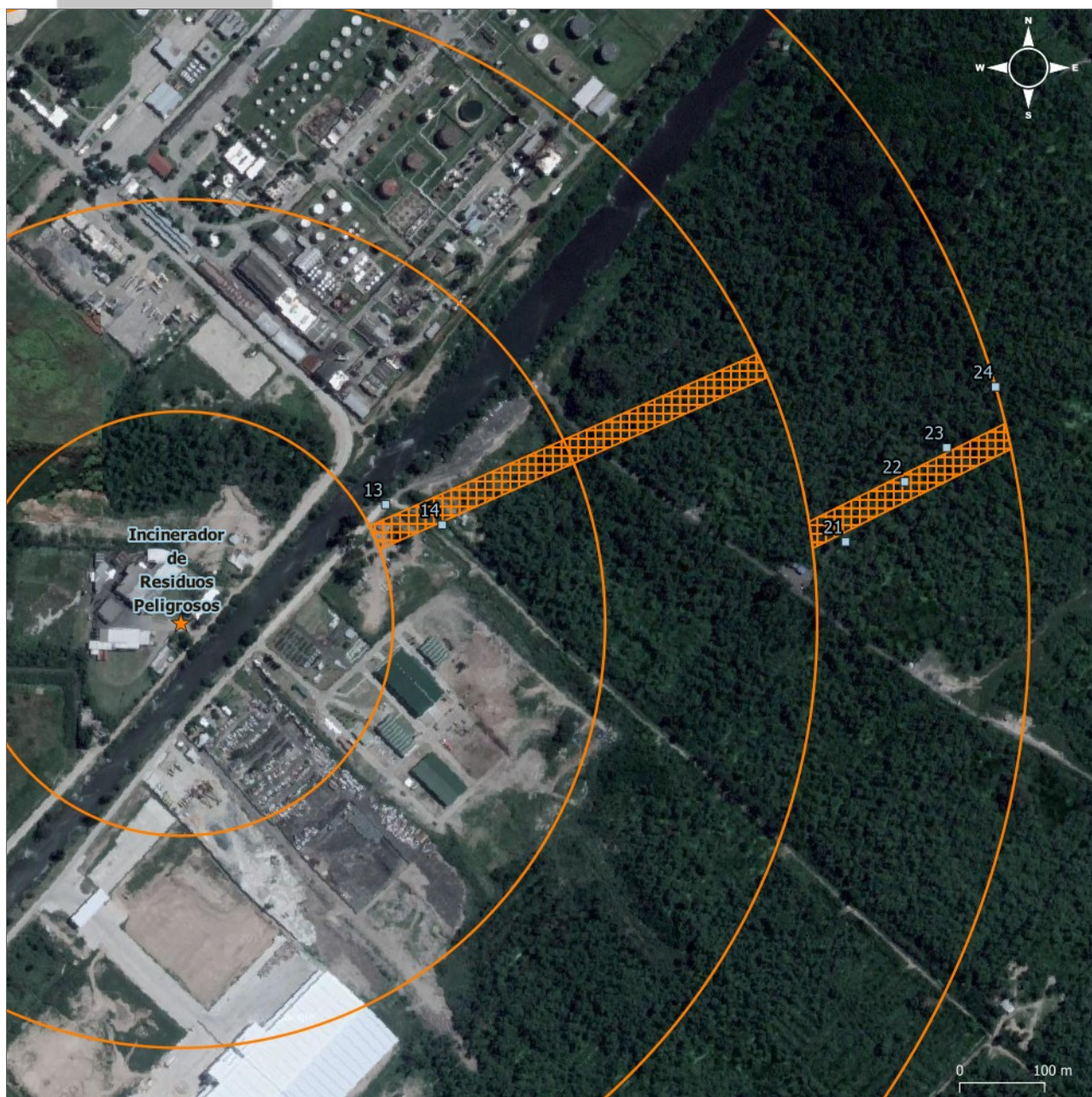


Figura 20. Detalle de los puntos relevados en el muestreo realizado el 10 de abril, al NE de la planta. En total 2 muestras compuestas (13 Y 14) y 4 puntuales (21, 22, 23 Y 24)

8.4 ANÁLISIS REALIZADOS

8.4.1 Humedad y contenido de Materia Orgánica

Antes de comenzar los análisis, las muestras de suelo fueron homogeneizadas y tamizadas (tamiz de 2 mm). Posteriormente, se pesaron los recipientes de aluminio vacíos (P_{VACIO}), se agregaron aproximadamente 3 gramos de suelo en los mismos y nuevamente se pesaron (P_{HUMEDO}). Luego se colocaron los recipientes en la estufa durante 24 horas a 90 °C para

eliminar todo rastro de humedad. Una vez transcurrido ese tiempo se pesaron (P_{SECO}), tras permanecer en el desecador hasta lograr peso constante. A continuación, se llevaron todos los recipientes a la mufla en donde permanecieron por 16 horas a una temperatura de 450 °C, con el fin de eliminar la materia orgánica presente en las muestras. Cumplido el tiempo y al enfriarse las mismas, se las pesó ($P_{CENIZAS}$). Finalmente con los datos obtenidos se realizaron los cálculos respectivos de porcentajes de humedad y de materia orgánica (M.O.):

$$\% \text{ Humedad} = (\text{Peso Agua Contenida} / \text{Suelo Húmedo}) * 100$$

$$\text{Peso Agua Contenida} = \text{Suelo Húmedo} - \text{Suelo Seco}$$

$$\text{Suelo Húmedo} = P_{HUMEDO} - P_{VACIO}$$

$$\text{Suelo Seco} = P_{SECO} - P_{VACIO}$$

$$\% \text{ M.O.} = (\text{Peso M.O.} / \text{Suelo Seco}) * 100$$

$$\text{Peso M.O.} = \text{Suelo Seco} - \text{Cenizas Suelo}$$

$$\text{Cenizas Suelo} = P_{CENIZAS} - P_{VACIO}$$

8.4.2 Hidrocarburos Totales (HCT)

Se utilizó una combinación de dos técnicas: agitación y baño de ultrasonido mencionados en los trabajos de Schwab *et al* (1999) y Villalobos *et al* (2008), respectivamente, ya que son métodos alternativos al Soxhlet (Método EPA 9071B). Debido a la facilidad de uso, al requerimiento de equipo no tan sofisticado y a los menores tiempos de trabajo, sin perder la precisión en el análisis, resultaron adecuados a los fines de esta tesina de grado, la cual busca realizar un primer análisis del estado de los suelos del área.

Las muestras de suelo fueron homogeneizadas, tamizadas (tamiz de 2 mm) y luego secadas a temperatura ambiente por 24 horas. Antes de comenzar con la etapa de análisis de hidrocarburos totales (HCT) se secaron los recipientes de metal en donde se pesaría el extracto, a 40 °C por 24 horas para eliminar todo rastro de humedad y/o compuestos volátiles que pudiesen afectar el ensayo, y los matraces en donde se realizaría la extracción. Luego, se pesaron los recipientes de aluminio vacíos ($P_{VASOVACIO}$) para poder por diferencia de peso conocer el contenido de hidrocarburos totales de cada muestra.

El procedimiento (*Figura 21*) fue primero pesar 3 gramos de suelo (P_{SUELO}) en un matraz previamente secado, agregándole luego 4 ml de tetrahidrofurano (THF), el solvente de extracción utilizado que se encargará de extraer tanto hidrocarburos antrópicos como naturales del suelo. Se llevaron las muestras a agitación por 30 minutos y luego a ultrasonido por 15 minutos. Después del ultrasonido se filtró el extracto a través de un

embudo conteniendo fibra de vidrio y se cargaron los recipientes de aluminio (previamente secados y pesados). Se realizaron 2 enjuagues al matraz para extraer lo que pudiera quedar del analito de interés y luego se llevaron los recipientes al calentador a 50 °C hasta la evaporación completa del THF (cuando en la pesada el valor se mantuvo constante). Finalmente se pesaron los recipientes, luego de dejarlos reposar en un desecador por 10 minutos ($P_{\text{VASO+HCT}}$) siendo éstos los valores adoptados como resultados del experimento. Los cálculos efectuados fueron los siguientes:

$$P_{\text{HC}} = P_{\text{VASO+HC}} - P_{\text{VASOVACIO}}, [\text{mg}]$$

$$\text{Concentraci3n}_{\text{HC}} = P_{\text{HC}}/P_{\text{SUELO}}, [\text{mg/g}]$$

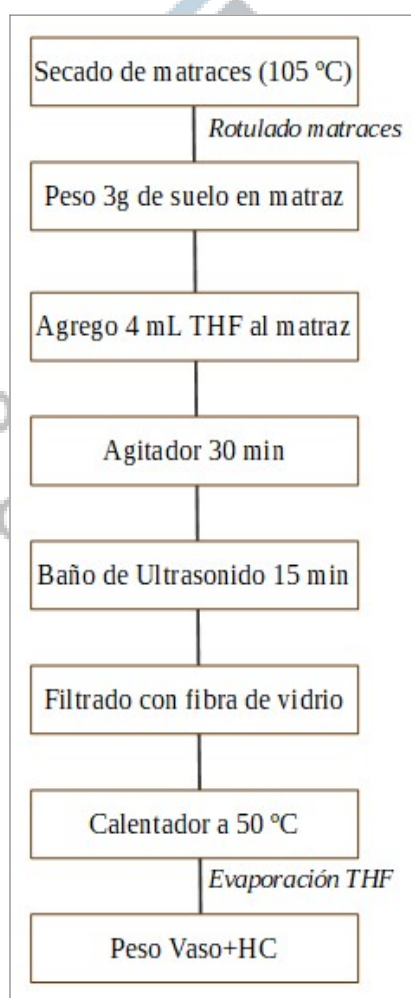


Figura 21. Procedimiento gravimétrico de cálculo de HCT en suelos

8.4.3 Bifenilos Policlorados (PCBs), Dioxinas y Furanos (PCDD/Fs)

Debido a la similitud entre las moléculas de estos compuestos, el proceso de extracción desde las muestras de suelo fue el mismo (Figura 22) para ambos de acuerdo al

procedimiento empleado por Andrade *et al* (2017). Primero se agregaron 3 gramos de muestra de suelo y 3 ml de agua destilada en un vial de vidrio. Después se agregó 8 ml del solvente de extracción utilizado, que fue tetrahidrofurano (THF), y se homogeneizó por medio de agitación vorticial por 1 minuto, llevándolo a congelamiento a -18 °C por 24 horas. Posteriormente, la fase orgánica se transfirió a un tubo con 375 mg de sulfato anhidro, y luego se centrifugó a 4000 rpm durante 10 minutos. Finalmente el extracto se concentró hasta un volumen de 0,5 ml y se purificó mediante cromatografía sobre columna utilizando sílica gel como adsorbente, obteniendo una sola fracción eluida con éter de petróleo. La fracción conteniendo PCBs y PCDD/Fs fue concentrada hasta 200 µl.

La identificación y cuantificación de PCBs se realizó en un cromatógrafo gaseoso acoplado a un detector de captura electrónica (GC-ECD, HP6890), equipado con una columna HP1 de 30 m. Las condiciones cromatográficas incluyeron una temperatura inicial de 190°C y rampas de 5°C/min hasta 260°C y luego 10°C/min hasta 300°C durante 10 min. Los PCBs totales fueron cuantificados siguiendo el método EPA 8082, utilizando los picos diagnósticos mayoritarios en tres niveles de concentración (0,1- 5 µg/ml). La identificación y cuantificación se realizó mediante el análisis de patrones puros de las mezclas Aroclor (*AccuStandard*) en tres niveles de concentración. El volumen inyectado fue de 2 µl para muestras y patrones, integrando la señal cromatográfica mediante el software *Chemstation*.

Para el análisis de PCDD/Fs el resto del extracto (198 µl) fue llevado a sequedad y resuspendido en 200 µl de dimetilsulfóxido al 50% en agua (DMSO 50 %) y luego se almacenó a 4 °C hasta su análisis por la técnica de ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA-*Abraxis*) que se basa en el reconocimiento de congéneres de dioxinas y furanos por anticuerpos específicos en muestras de agua, suelo (nuestro caso) y sedimentos. El procedimiento consiste básicamente en un ELISA indirecto cuyos pasos pueden resumirse en:

1. incubación de los anticuerpos con la muestra a analizar. Durante ese tiempo, los anticuerpos se unen a todas las moléculas de PCDD/Fs disponibles en dicha muestra.
2. Posteriormente se pasa la solución a los pocillos de la placa ELISA, los cuales tienen antígeno fijado (proteínas análogas a las PCDD/Fs) y los anticuerpos que no encontraron PCDD/Fs en la muestra durante la incubación anterior (es decir, están libres de antígeno) se unen al antígeno fijado en el pocillo. Es decir, cuanto más PCDD/Fs haya en la muestra, menos anticuerpo quedará adherido al pocillo.
3. Luego de una etapa de lavado, para sacar todo el anticuerpo no adherido, se agrega un conjugado, cuya única función es producir un cambio de color cuando se adicione

la solución de color. El conjugado se une a los anticuerpos que aún queden en el pocillo.

- Finalmente, se agrega el sustrato (presente en la solución de color) que reacciona con el conjugado cambiando de color, siendo más intenso cuanto más conjugado adherido al pocillo exista. Es decir el color será mas intenso cuanto más anticuerpo haya quedado libre en la incubación con la muestra, o sea cuando la muestra tenga menos PCDD/Fs.

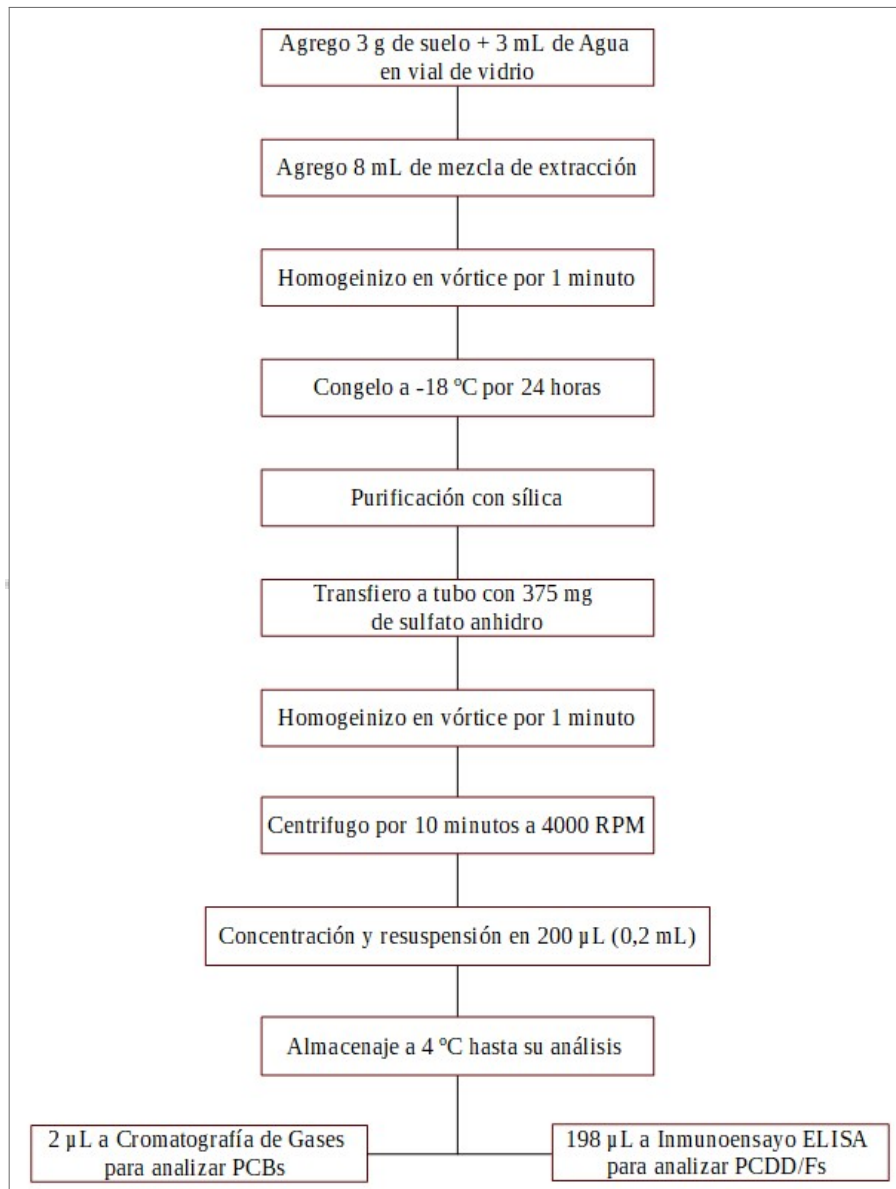


Figura 22. Procedimiento de extracción y cuantificación de PCBs y PCDD/Fs en suelos

8.4.4 Control de calidad

El aseguramiento de calidad de los ensayos de laboratorio se realizó mediante el análisis de blancos de procesos para todas las determinaciones, no observando interferencias por encima del límite de detección en ningún caso.

En el caso de los análisis de contenido de humedad y materia orgánica los análisis se realizaron por duplicado, observando una variabilidad inferior al 20%. Con respecto a la determinación de hidrocarburos totales, se realizaron duplicados al azar, observando una replicabilidad similar.

En cuanto a los análisis de PCB y PCDD/F no se realizaron replicas del proceso, sin embargo los ensayos colorimétricos ELISA se realizaron por duplicado como lo recomienda el método seleccionado. Por otro lado, si bien la metodología inmunosensible no permite el uso de estándares de recuperación, durante el ensayo se analizaron muestras de referencia interna aditivadas con cantidades conocidas de PCDD/F, logrando recuperaciones en el rango de 50-60%, lo cual resulta adecuado para este tipo de análisis.

Los límites de detección establecidos para el análisis de PCBs y PCDD/Fs en suelos fueron 2,0 µg/kg y 0,125 ng/kg peso seco, respectivamente.

8.4.5 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el software Xlstat Addinsoft™ Versión 2014.5.03. Para la comparación entre medias se realizó el análisis de la varianza (ANOVA), utilizando un nivel de significancia del 95%. En este trabajo, se indica la significancia solo cuando la probabilidad resulte inferior al umbral establecido ($p < 0,05$), caso contrario significa la existencia de diferencias no significativas. Como resultado de la aplicación de este último análisis, solo se detectó una diferencia significativa para la materia orgánica, siendo significativamente mayor en el área de reserva (Eco Área).

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el objetivo de clarificar el análisis de los resultados, la información obtenida de la caracterización de los suelos y el contenido de contaminantes se describe en términos generales (promedio general para todo el muestreo), promedios por sectores comprendidos entre los radios al SO y NE a las distancias de 1000-750, 750-500 y 500-250 m, promedios generales a las distancias de 1000-750, 750-500 y 500-250 m, además de la consideración de los datos individuales en cada punto de muestreo.

9.1 HUMEDAD Y CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

En líneas generales, los promedios relativos a la humedad y al contenido de materia orgánica fueron respectivamente de $14,9 \pm 5,4\%$ y $15,6 \pm 7,3\%$.

Si se desglosan los resultados en las direcciones suroeste y noreste (*Figura 23*) se puede observar que los contenidos de humedad y materia orgánica son similares, difiriendo en 0,8% el primer parámetro y en 3,7% para el segundo. En adición a lo anterior, el sector SO es ligeramente más húmedo que el NE y éste último más rico en materia orgánica. Considerando las distintas distancias desde la planta analizada (*Figura 24*), se puede observar que en los 3 sectores al SO ($14,2 \pm 3,3\%$ a 1000-750, $12,3 \pm 4,1\%$ a 750-500 y $18,1 \pm 1,4\%$ a 500-250 m), ninguno supera el 20% de materia orgánica mientras que en la reserva ($25,2 \pm 5,4\%$ a 750-1000 m en dirección NE) se supera dicho valor. Esta diferencia es de esperarse ya que la reserva esta situada en un entorno de tipo selva ribereña con abundante vegetación. En relación a la humedad, el sector ubicado entre 1000-750 m al SO ($18,3 \pm 4,9\%$) fue el que presentó el mayor valor, mayor incluso que el porcentaje de humedad hallado a 750-1000 m al NE ($15,2 \pm 9,1\%$), el cual es un entorno de por si húmedo y que con frecuencia se encuentra inundado.

En relación a los valores de materia orgánica y humedad de las muestras individuales (*Figura 25*), tanto los valores máximos y mínimos de M.O. se encontraron al NE en los puntos 21 y 22 (29,4% y 29,9%), y en los puntos 13 y 14 (3,5% y 4,5%), respectivamente. Los primeros dos puntos (21 y 22) corresponden al área de reserva, mientras que los dos restantes a la terraza fluvial del Arroyo Sarandí (13) y a los laterales de un camino de tierra con casas en ambos lados (14). Respecto a la humedad, el punto 22 ubicado al NE, en el área de la reserva, también fue el valor máximo para este parámetro con un 28,6% mientras que la humedad más baja se encontró en el punto 14 (mencionado antes) y fue del 7%. En las *Figuras 26 y 27* se muestran los distintos porcentajes de humedad y de materia orgánica, divididos en colores según categorías, marcados en el mapa en los puntos donde fueron

muestreados. Respecto a la humedad se ve claramente como los tres valores más elevados, en azul oscuro, se encuentran a 750-1000 m de la planta (1 al NE y 2 al SO) mientras que para la materia orgánica, y como era de esperarse a priori, los valores más elevados se encontraron en área de reserva (marcados en color negro).

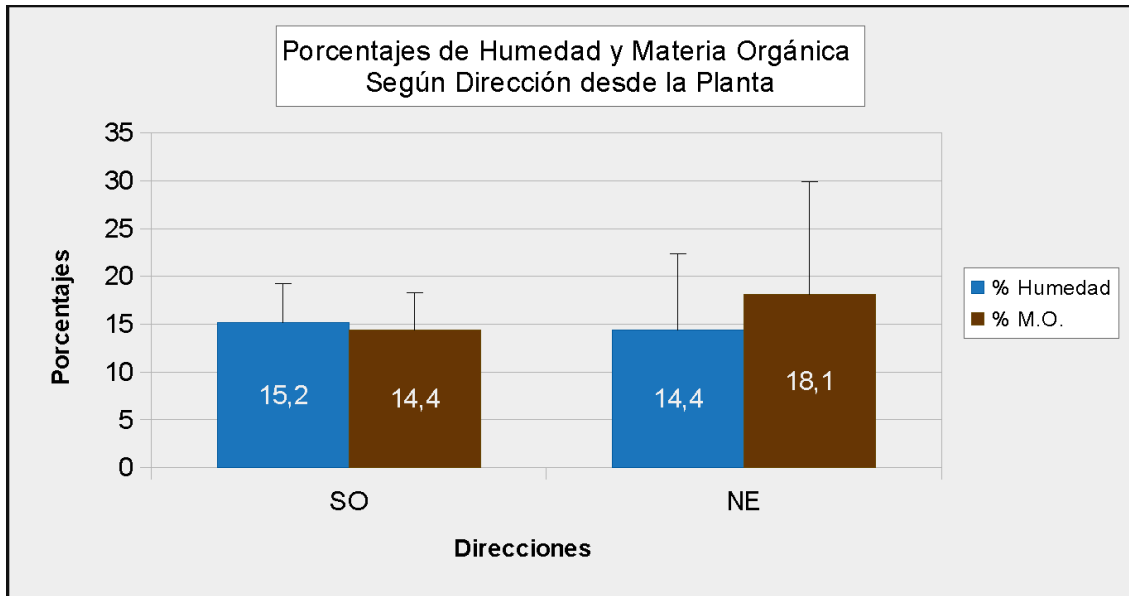


Figura 23. Porcentajes de humedad y materia orgánica (promedios) al SO y al NE de la planta de incineración de residuos peligrosos

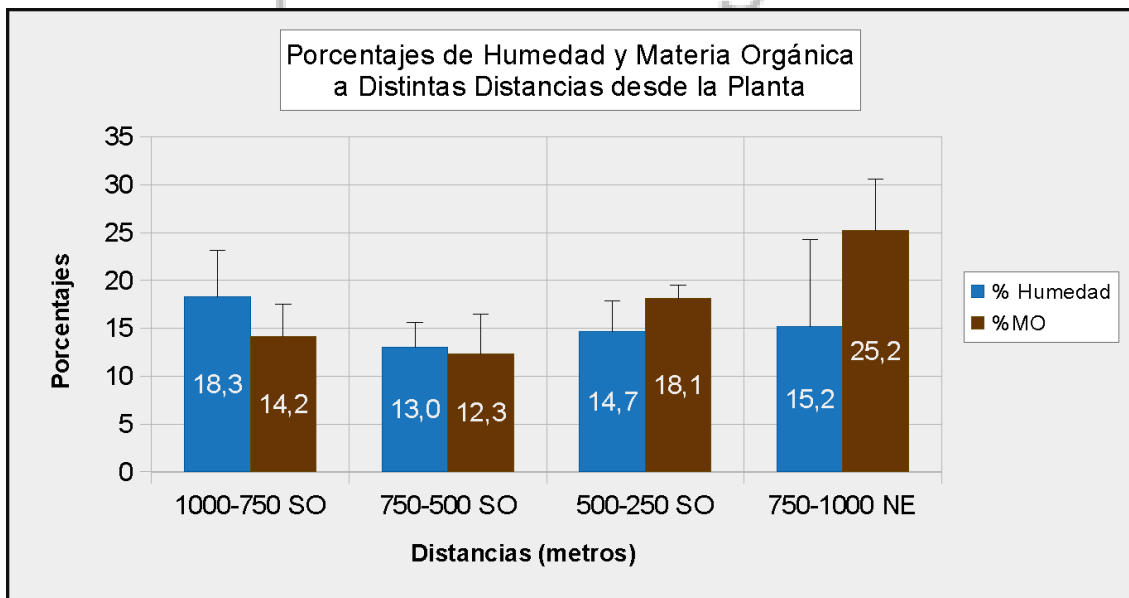


Figura 24. Porcentajes de humedad y materia orgánica (promedios) a distintas distancias de la planta de incineración de residuos peligrosos

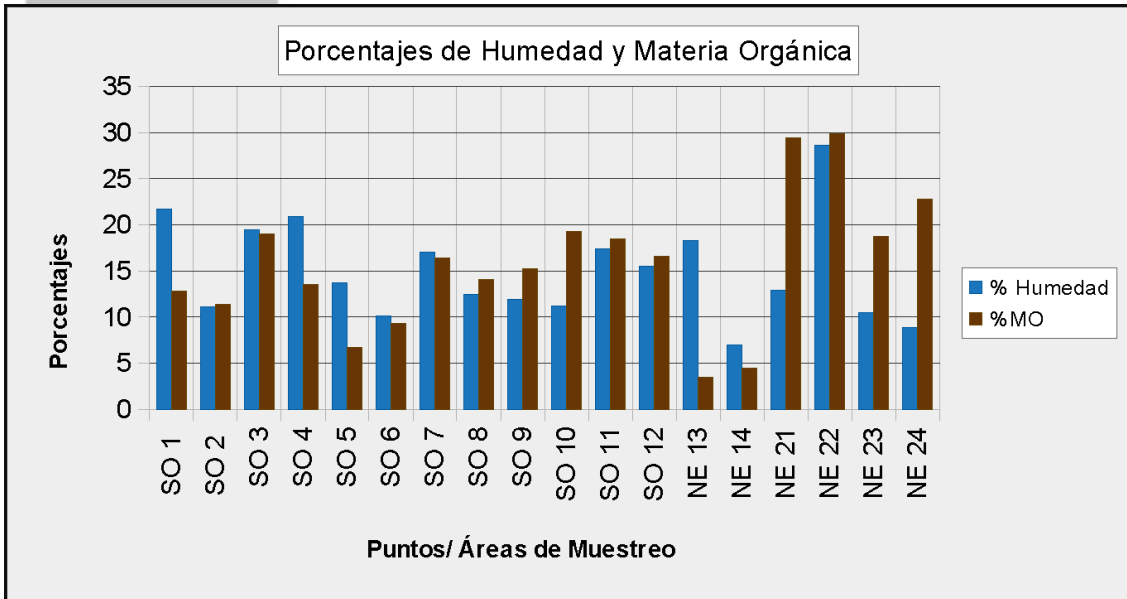


Figura 25. Porcentajes de humedad y materia orgánica en los distintos puntos de muestreo analizados



Figura 26. Contenido de humedad (en %) en los distintos puntos muestreados graduado por colores. Las circunferencias naranjas indican distancias cada 250 m desde la planta

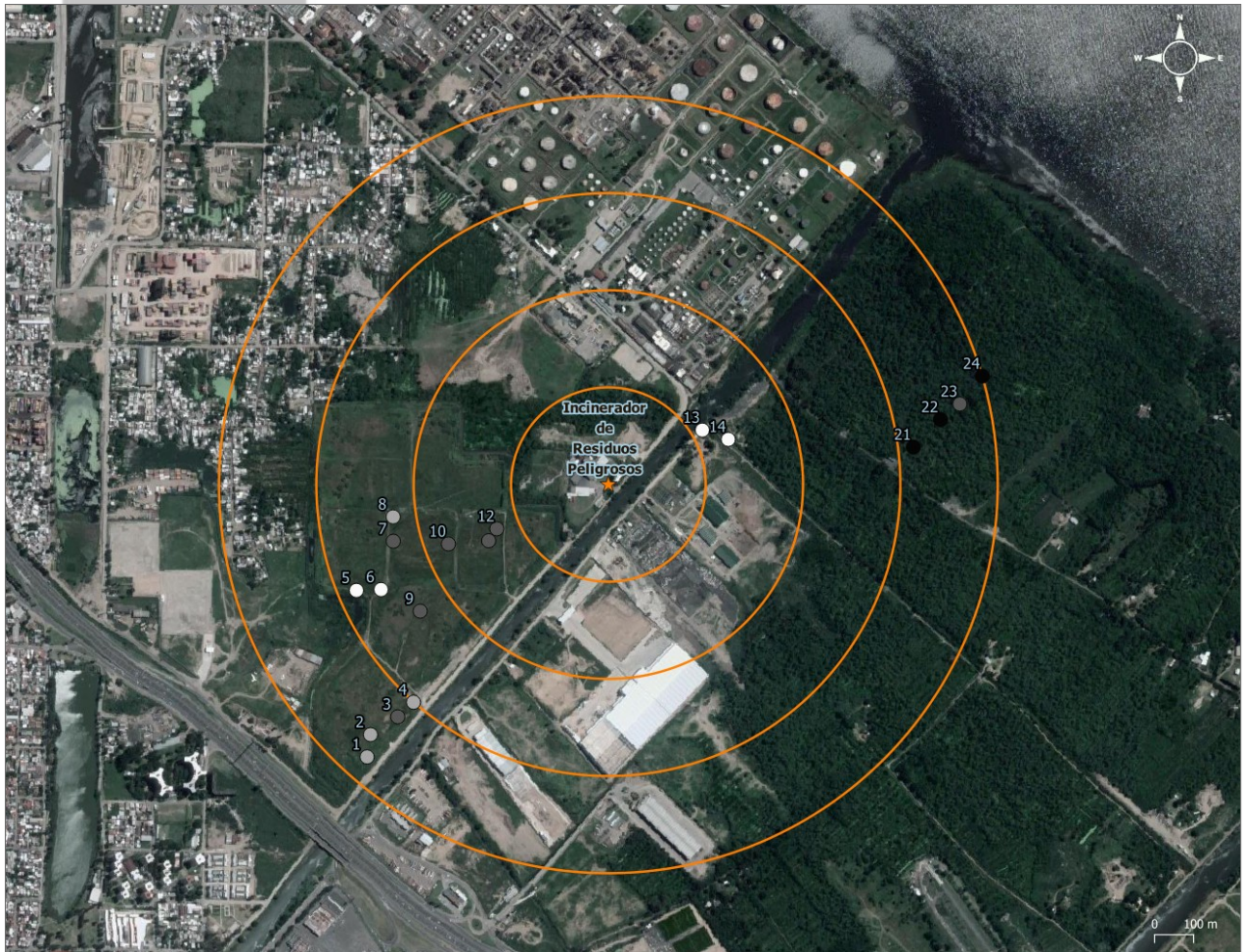


Figura 27. Contenido de materia orgánica (en %) en los distintos puntos muestreados graduado por colores. Las circunferencias naranjas indican distancias cada 250 m desde la planta

9.2 HIDROCARBUROS TOTALES (HCT)

A nivel general, el promedio de concentración de hidrocarburos totales fue de 1141 ± 1175 mg/Kg peso seco.

Si se desglosan los resultados en las direcciones suroeste y noreste, se puede observar que el contenido de hidrocarburos es del doble al NE respecto del SO, 1753 ± 1871 y 835 ± 483 mg/Kg, en ese orden. Como antecedentes de HCT en el área, en Greenpeace (2015) adjuntan resultados de varios estudios en el área del Polo Petroquímico Dock Sud con valores muy dispersos, lo que hace difícil la comparación con los resultados del presente estudio. Esto se debe a que las muestras fueron tomadas en algunos casos en suelos cercanos a los tanques de almacenamiento de combustibles los cuales contaminan considerablemente las zonas cercanas a los mismos, superando lo indicado en la norma holandesa (Soil Remediation Circular, 2009). De todas formas se puede asumir que en los puntos muestreados en el presente trabajo hay una baja contaminación por hidrocarburos

totales si consideramos que dentro del valor final obtenido también se cuentan los hidrocarburos de origen natural presentes en el suelo.

Teniendo en cuenta la distancia a partir de la planta analizada (*Figura 28*), se puede observar que en los 3 sectores al SO (976 ± 476 mg/Kg a 1000-750; 603 ± 573 mg/Kg a 750-500 y 1032 ± 231 mg/Kg a 500-250 m) no superan los 1500 mg/Kg de HCT mientras que el sector a 750-1000 m al NE supera los 2000 mg/Kg (2493 ± 1907 mg/Kg). Esta diferencia entre el sector que comprende la reserva (750-1000 m NE) con el resto de los sectores ubicados al SO puede atribuirse a que la extracción de los hidrocarburos totales comprendió tanto los de origen antrópico (provenientes de posibles derrames, por ejemplo) y aquellos presentes naturalmente en suelos, más aún tratándose de un entorno de tipo selvático.

Al dividir los resultados en diferentes radios tomando a la planta como centro (*Figura 29*), se observa un alto contenido de hidrocarburos en el radio que comprende los 1000-750 m desde la planta en cuestión (1735 ± 1521 mg/Kg) siendo de más del doble respecto a los otros dos radios en los que se dividió el área de muestreo (729 ± 458 mg/Kg y 603 ± 573 mg/Kg correspondientes a 500-250 m y 750-500 m, respectivamente).

En relación a las concentraciones de las muestras individuales (*Figura 30*), la máxima se encontró en el punto 23, entre 750-1000 m al NE (área de reserva) y fue de 5309 mg/Kg. Ésta concentración, además de superar lo establecido por la normativa holandesa que establece un valor de intervención para la remediación del sitio de 5000 mg/Kg, es además superior al doble del segundo valor más alto, encontrado también en el área de reserva, 2020 mg/Kg en el punto 21. Estos máximos podrían explicar en buena medida los valores altos relativos a la división en distancias y en radios comentadas anteriormente. La concentración mínima se encontró en el punto 14, en los laterales a un camino de tierra cercano al Arroyo Sarandí (con casas en ambos lados) y fue de 129 mg/Kg. En resumen, gran parte de las concentraciones de hidrocarburos totales en los distintos puntos de muestreo no exceden la normativa holandesa e incluso, se encuentran por debajo de los 2000 mg/Kg.

Si se normalizan las concentraciones de las distintas muestras con la materia orgánica (*Figura 31*), es decir, igualando la capacidad de retención de hidrocarburos por parte de los suelos analizados según el contenido de materia orgánica, se obtiene que el punto 23 (28.335 mg HCT/ Kg M.O.) donde se encontró el máximo de concentración de hidrocarburos totales sigue siendo el máximo, bajo este nuevo criterio. Otra cuestión que se puede notar es que el punto 13 ubicado al NE, que contenía una de las menores concentraciones, se convierte ahora en el segundo valor más alto (11.971 mg HCT/ Kg M.O.), junto con los puntos 4 y 9 (11.852 mg HCT/ Kg M.O. y 10.678 mg HCT/ Kg M.O., respectivamente). Para

el resto de los valores normalizados se atenúan las diferencias, manteniéndose todos por debajo de 10.000 mg HCT/ Kg M.O. (y prácticamente también por debajo de 1000 mg/Kg, si se observan los valores sin normalizar). Los resultados expuestos podrían justificarse por un alto contenido de materia orgánica en la reserva, para el punto 23, y una posible fuente antrópica de hidrocarburos en el punto 13. En la *Figura 32* se muestran las distintas concentraciones de hidrocarburos totales normalizadas por el contenido de materia orgánica, divididos en colores según categorías, marcados en el mapa en los puntos donde fueron muestreados. Como se mencionó antes, el único valor que superó la normativa holandesa fue el correspondiente al punto 23, marcado en naranja oscuro en el mapa, indicando un sector que estuvo o está aún expuesto a altas concentraciones de hidrocarburos totales.

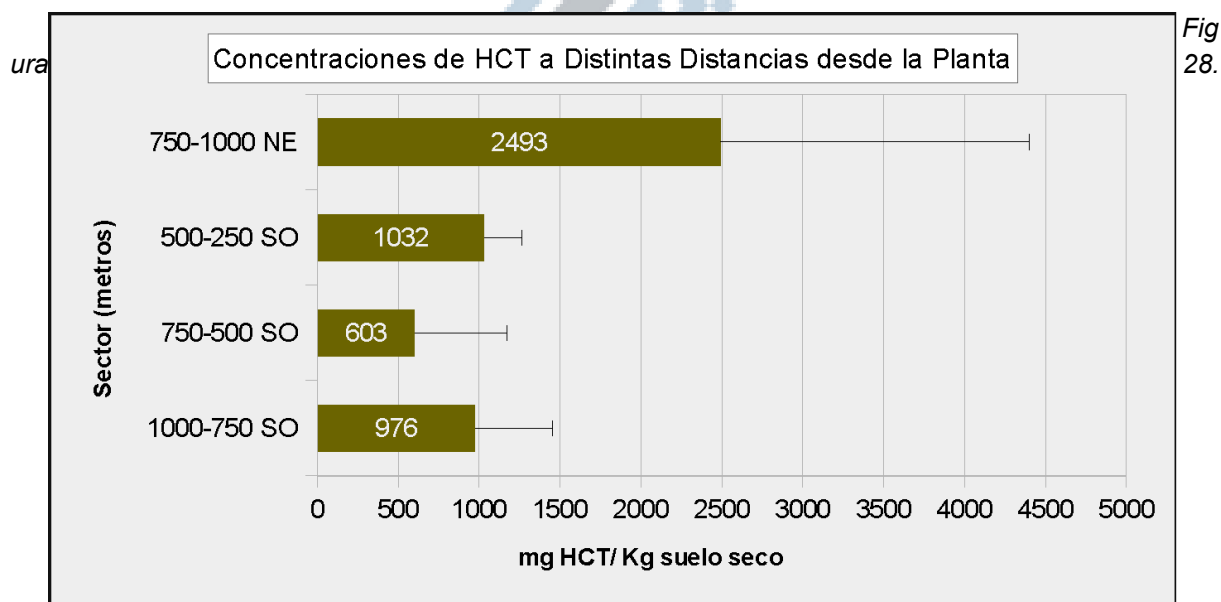


Fig 28.

Concentración de HCT (mg/Kg peso seco) a distintas distancias de la planta de incineración de residuos peligrosos

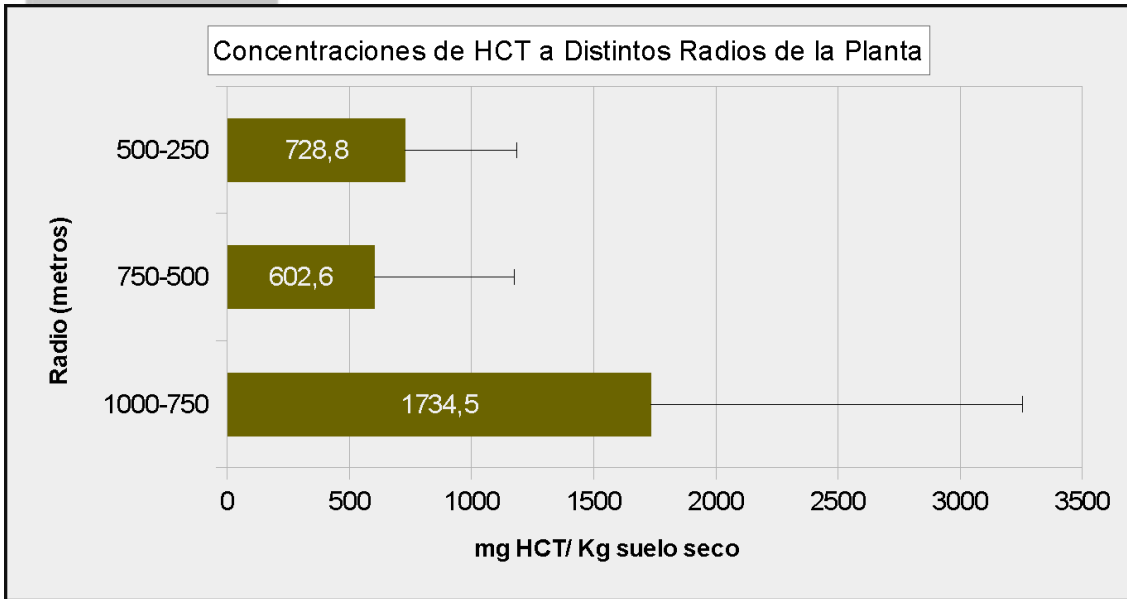


Figura 29. Concentración de HCT (mg/Kg peso seco) en diferentes radios tomando la planta de incineración de residuos peligrosos como centro

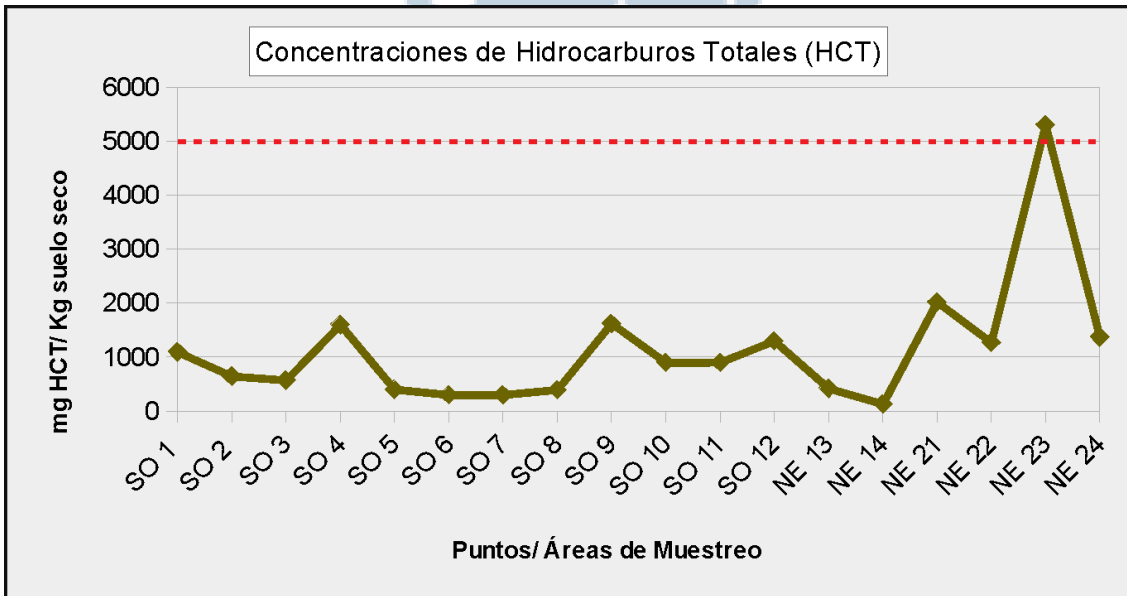


Figura 30. Concentración de HCT (mg/Kg peso seco) en los distintos puntos de muestreo analizados. La línea punteada roja representa el valor de intervención para remediación del suelo, de la normativa holandesa

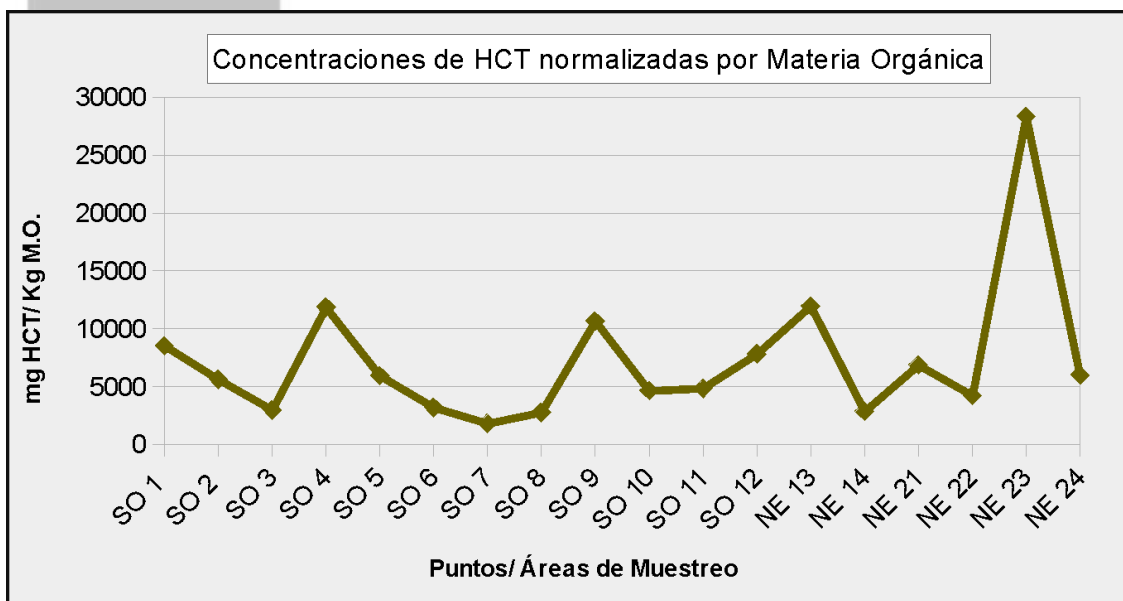


Figura 31. Concentración de hidrocarburos totales (HCT) normalizada por materia orgánica (en mg HCT/Kg M.O.) en los distintos puntos de muestreo analizados

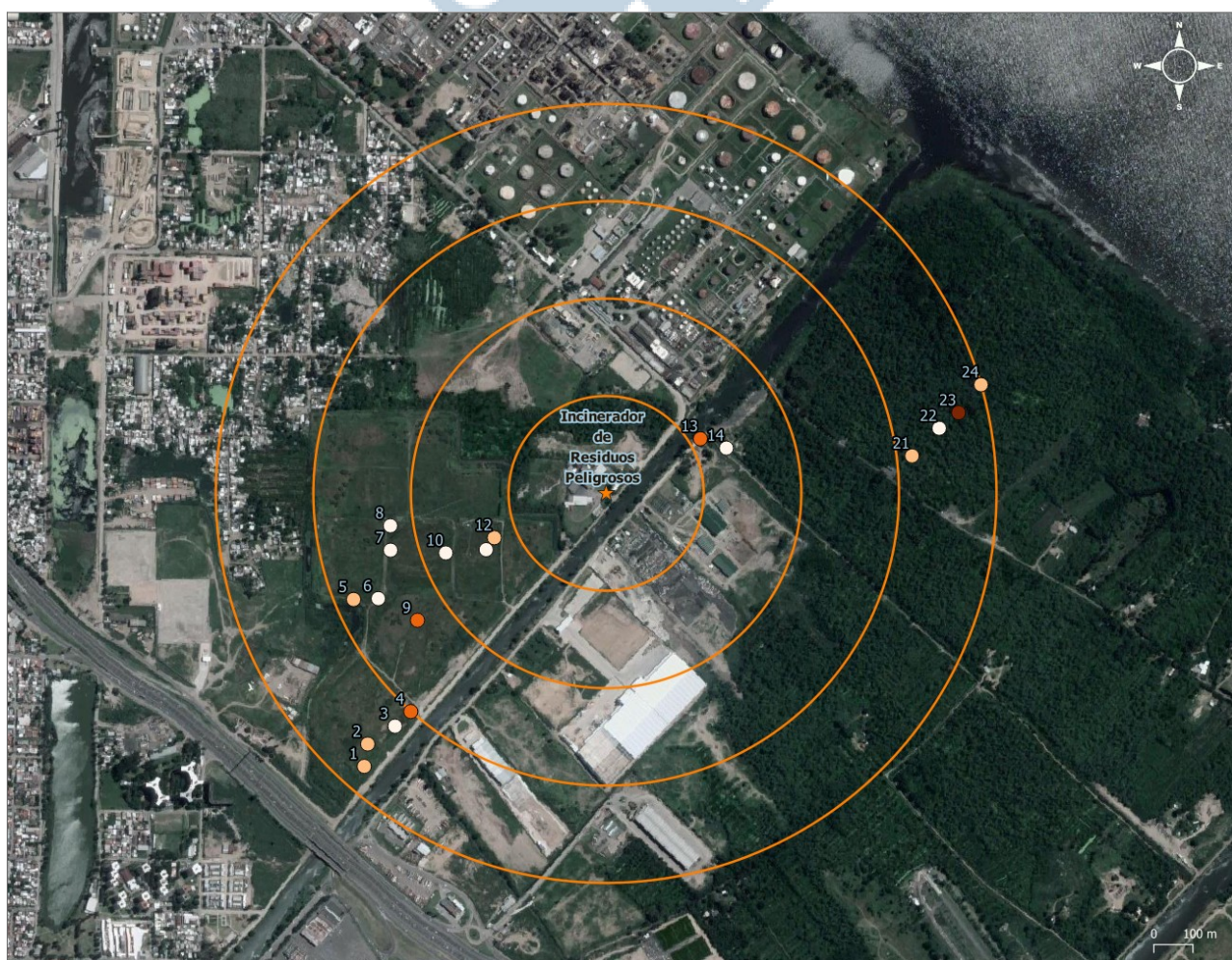


Figura 32. Contenido de hidrocarburos totales normalizado por contenido de materia orgánica (en mg HCT/Kg M.O.) en los distintos puntos muestreados graduado por colores. Las circunferencias

9.3 BIFENILOS POLICLORADOS (PCBs)

Todos los resultados obtenidos en las muestras individuales fueron inferiores a 500 ng/g en peso seco, que es el valor más exigente dictado en la normativa nacional (Ley 24.051), correspondiente al uso de tierra agrícola. La concentración promedio de PCBs considerando todos los puntos de muestreo fue de $13,4 \pm 23,8$ ng/g.

Al comparar las concentraciones promedio en las direcciones suroeste y noreste se puede observar que en la segunda dirección, el contenido de este contaminante es mucho mayor que en la primera ($21,9 \pm 36,7$ contra $9,2 \pm 14,3$, todo en ng/g peso seco). Son valores comparables a los obtenidos por Cappelletti *et al* (2017 y 2019) de 20 y 22 ng/g, respectivamente, en el Área Metropolitana de Buenos Aires.

Considerando la distancia a partir de la planta analizada (*Figura 33*), se puede observar que tanto a 1000-750 m y 500-250 m al suroeste las concentraciones rondan los 5 ng/g ($5,3 \pm 3,0$ ng/g y $4,9 \pm 1,9$ ng/g, respectivamente), siguiéndoles en concentración el sector de la reserva, 750-1000 m NE, con $7,8 \pm 6,0$ ng/g, mientras que el punto más alto se encuentra entre los 750 y 500 m al SO de la planta en cuestión ($14,8 \pm 22,0$ ng/g) y es casi el doble del hallado en la reserva.

Si se tienen en cuenta los diferentes radios tomando a la planta como centro (*Figura 34*), se observa un aumento en los valores de concentración de PCBs a medida que disminuye la distancia a la planta, hallándose justamente el máximo valor a los 500-250 m, el mínimo en el punto más alejado, entre 1000-750 m y finalmente un valor intermedio a los 750-500 m. Dichas concentraciones, de mayor a menor, fueron de $23,0 \pm 40,9$, $14,8 \pm 22,0$ y $6,6 \pm 4,6$ ng/g, respectivamente. Al normalizar las concentraciones de PCBs por la materia orgánica presente en los distintos sitios (*Figura 35*), se observa que la tendencia creciente en dirección a la planta se mantiene.

En relación a las concentraciones de las muestras individuales (*Figura 36*), la máxima se encontró en el punto 14, entre 250-500 m al NE (laterales al camino de tierra ya mencionado), siendo de 96,0 ng/g, mientras que la mínima fue en el punto 6 al SO, entre 750-500 m de la planta, con 2,4 ng/g. No obstante lo anterior, se encontró otro pico concentración en el punto 9 (dentro del mismo radio que el punto 6) y fue de 53,5 ng/g peso seco. Estos máximos son los que podrían explicar la tendencia creciente a medida que disminuye la distancia a la planta, observada en las *Figuras 34 y 35*.

Al normalizar los resultados obtenidos en las distintas muestras con la materia orgánica (*Figura 37*), es decir, igualando la capacidad de retención de contaminantes de los suelos analizados según el contenido de materia orgánica, se obtiene que los puntos 9 y 14, en

donde se hallaron los valores máximos de concentración de PCBs, son también los que presentan los máximos valores. Esto indica que ambos sectores estuvieron expuestos a este tipo de contaminante ya sea por vuelcos o relleno del terreno con suelo o sedimentos contaminados, por ejemplo. En la *Figura 38* se muestran las distintas concentraciones de PCBs normalizadas por el contenido de materia orgánica, divididos en colores según categorías, marcados en el mapa en los puntos donde fueron muestreados. Resaltan los puntos 9, 13 y 14 (en rojo oscuro), donde se hallaron los valores más altos de PCBs en relación a la materia orgánica presente en esos suelos. Tanto en Meijer (2002) como en Zehra (2015) se menciona que entre los factores que influyen en la presencia de COPs en suelos, en este caso PCBs, se encuentran la proximidad a las fuentes generadoras de los mismos, así como el tipo de vegetación y suelo. Es probable que los resultados aquí generados sean coincidentes con estos autores, ya que se encontró un gradiente de concentración de PCBs hacia la planta (las mayores concentraciones a menor distancia de ésta). Además, en la zona noreste (en la reserva) se encontraron bajas concentraciones de PCBs si se la compara con el resto de sectores estudiados lo que podría indicar que la abundante vegetación funciona como filtro evitando la llegada de estos contaminantes al suelo.

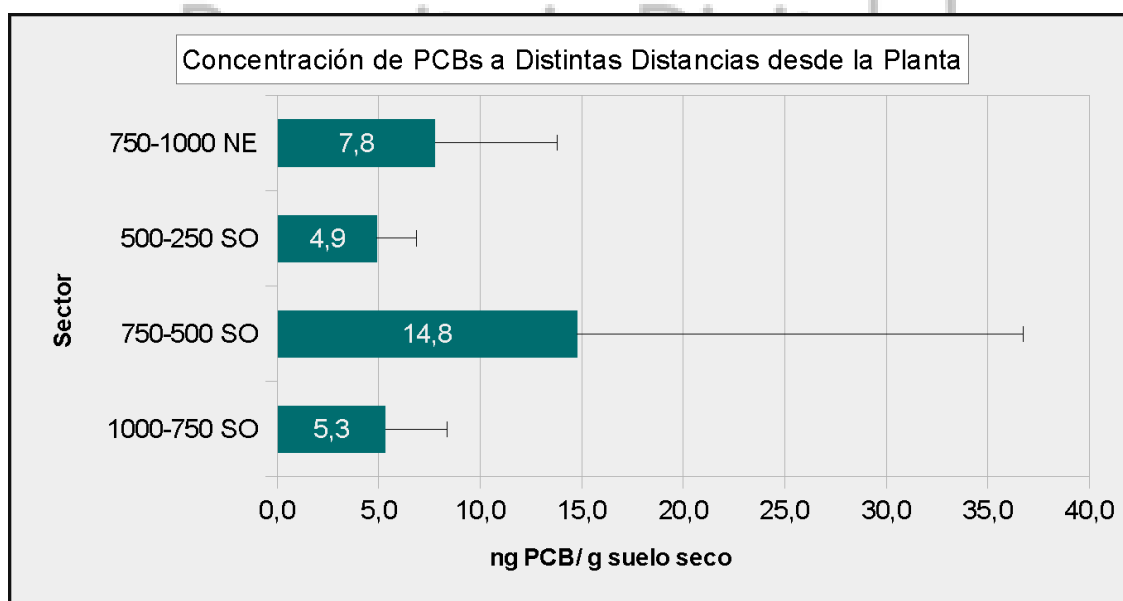


Figura 33. Concentración de PCBs (ng/g peso seco) a distintas distancias de la planta de incineración de residuos peligrosos

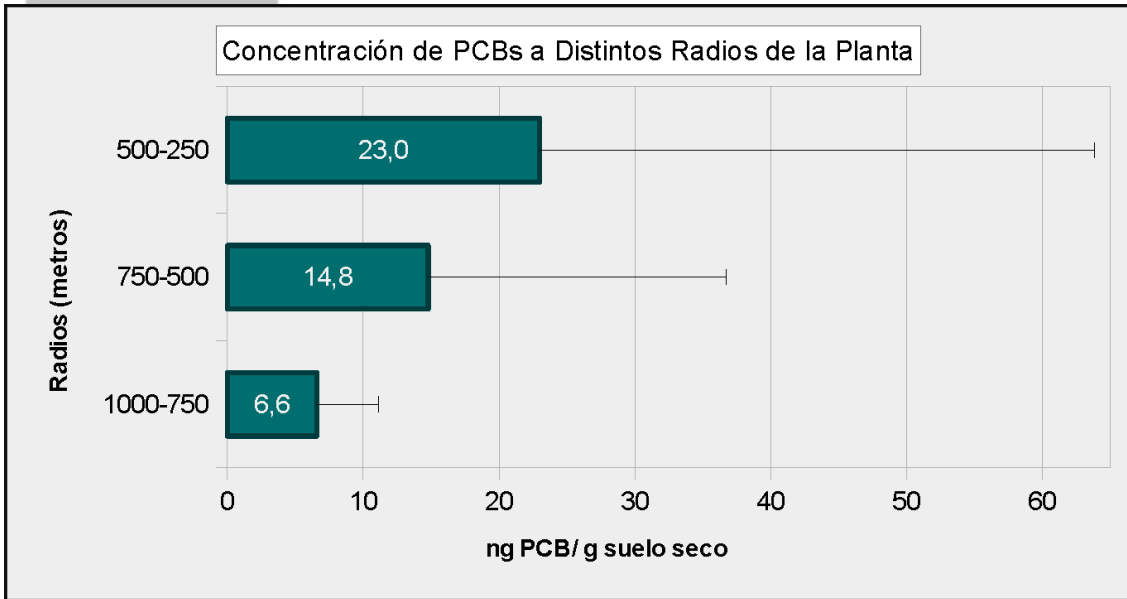


Figura 34. Concentración de PCBs (ng/g peso seco) en diferentes radios tomando la planta de incineración de residuos peligrosos como centro

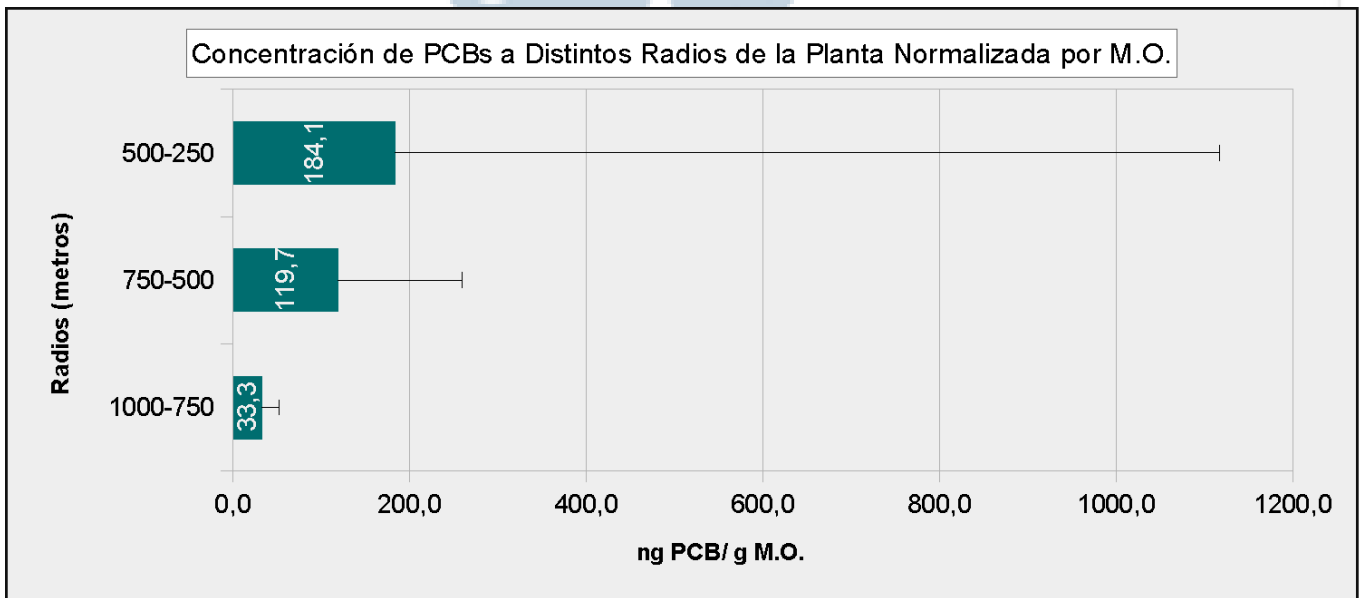


Figura 35. Concentración de PCBs en diferentes radios tomando la planta de incineración de residuos peligrosos como centro, normalizada por materia orgánica (en ng PCB/g M.O.)

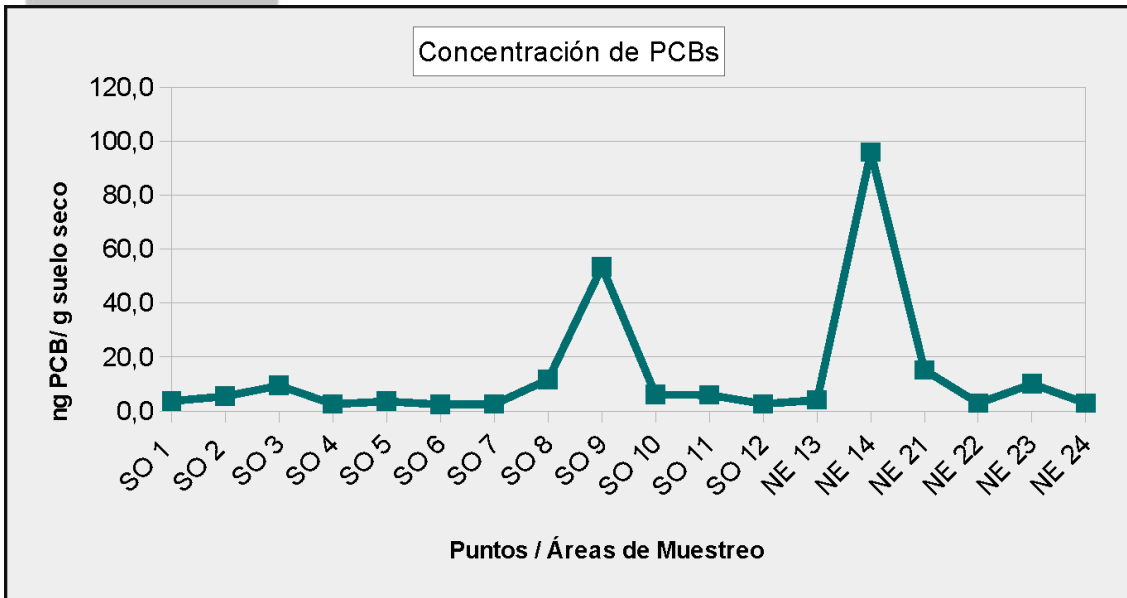


Figura 36. Concentración de PCBs en ng/g peso seco en los distintos puntos de muestreo analizados

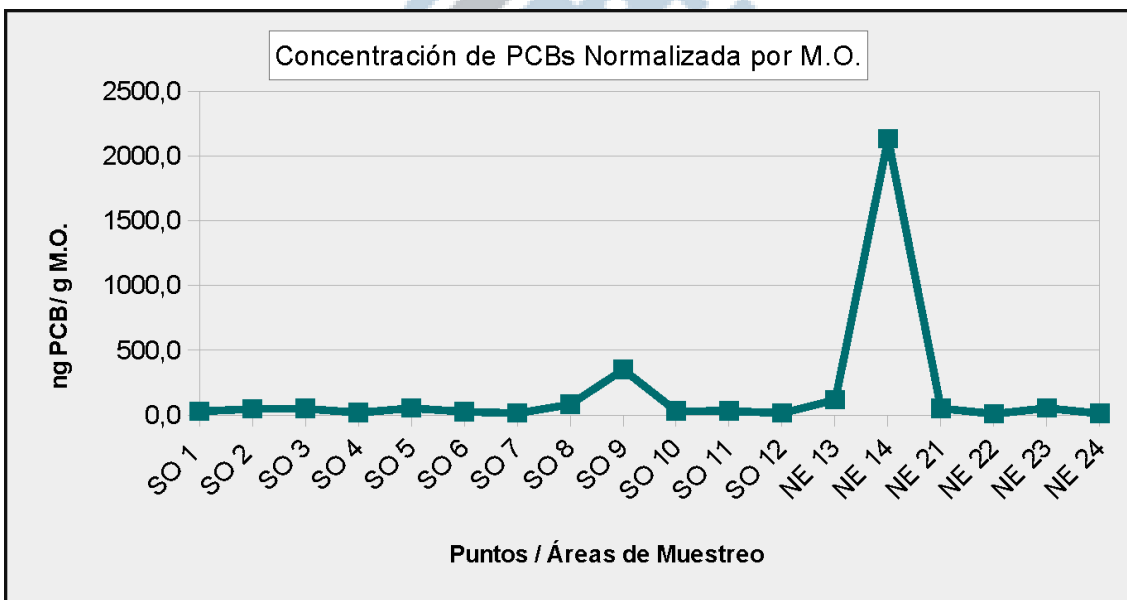


Figura 37. Concentración de PCBs normalizada por materia orgánica (en ng PCB/g M.O.), en los distintos puntos de muestreo analizados



Figura 38. Contenido de PCBs normalizado por contenido de materia orgánica (en ng PCB/ g M.O. peso seco) en los distintos puntos muestreados graduado por colores. Las circunferencias naranjas indican distancias cada 250 m desde la planta

9.4 DIOXINAS Y FURANOS (PCDD/Fs)

Todos los resultados obtenidos en las muestras individuales fueron inferiores a 10 pg/g en peso seco, que es el valor más exigente dictado en la normativa nacional (Ley 24.051), correspondiente al uso agrícola. La concentración promedio de PCDD/Fs considerando todos los puntos de muestreo fue de $1,0 \pm 0,6$ pg/g.

Cuando se comparan las concentraciones promedio en las direcciones suroeste y noreste no se observan diferencias entre ambas ($1,0 \pm 0,8$ pg/g al SO y $1,0 \pm 0,3$ pg/g al NE). Son valores comparables a lo reportado para suelos del Área Metropolitana de Buenos Aires por Cappelletti *et al* (2016), de $1,5 \pm 0,9$ pg TEQ/g.

Considerando la distancia a partir de la planta analizada (Figura 39), se evidencia que las mayores concentraciones de dioxinas y furanos se encuentran a 1000-750 m tanto al suroeste como al noreste con $1,6 \pm 1,2$ pg/g y $1,2 \pm 0,3$ pg/g, respectivamente. En los dos

sectores restantes, las concentraciones no superan la unidad, siendo $0,6 \pm 0,3$ pg/g (750-500 m al SO) y $0,8 \pm 0,2$ pg/g (500-250 m al SO), es decir, prácticamente la mitad que las máximas encontradas en el área estudiada.

Teniendo en cuenta los diferentes radios tomando a la planta como centro (*Figura 40*), no se observa una tendencia marcada en los valores de concentración de PCDD/Fs en ninguna dirección, hallándose nuevamente el máximo valor a los 1000-750 m ($1,4 \pm 0,8$ pg/g), seguido por los radios entre 500-250 m ($0,8 \pm 0,2$ pg/g) y 750-500 m ($0,6 \pm 0,3$ pg/g). Este orden de concentraciones no varía al normalizar los resultados por la materia orgánica (*Figura 41*). Esta apreciación es coincidente con los trabajos de Jiménez *et al* (1996) y Schuhmacher *et al* (1998) los cuales tampoco encontraron gradientes de concentración para estas sustancias en las inmediaciones de plantas de incineración de residuos clínicos en Madrid (España) en el primer caso y urbanos en el segundo, en Cataluña (España) (Tabla 7).

Tabla 7. Concentraciones a distintas distancias de plantas de incineración de residuos obtenidos por Schuhmacher *et al* (1998 & 1999) y Jimenez *et al* (1996)

Autor (Año)	Concentración (pg/g) a distintas distancias					
	250 m	500 m	750 m	1000 m	1250 m	1500 m
Schuhmacher <i>et al</i> (1998)	1,11	0,43	0,75	0,78	0,65	0,96
Schuhmacher <i>et al</i> (1999)	1,46	0,85	0,60	1,95	0,72	1,62
	400 m	600 m	1200 m	2000 m	2600 m	3000 m
Jimenez <i>et al</i> (1996)	96,48	114,94	188,41	278,50	120,38	77,88

Al observar las concentraciones de las muestras individuales (*Figura 42*), la máxima se encontró en el punto 1, entre 1000-750 m al SO siendo de $3,15$ pg/g, el doble que la segunda concentración más elevada que fue de $1,54$ pg/g hallada en el punto 22 entre 750-1000 m de la planta en dirección NE. Ambos valores máximos podrían explicar lo mostrado en la *Figura 40*, en donde la concentración más alta se corresponde con en el radio más alejado de la planta. Por otra parte, las mínimas fueron en los puntos 8 y 4 ($0,32$ pg/g y $0,38$ pg/g), al SO, entre 750-500 m y 1000-750 m de la planta, respectivamente.

Al normalizar los resultados obtenidos en las distintas muestras con la materia orgánica (*Figura 43*), es decir, igualando la capacidad de retención de contaminantes de los suelos analizados según el contenido de materia orgánica, se mantiene el punto 1 como el máximo pero en este caso le siguen los puntos 14 y 13 ($17,8$ pg/g M.O. y $14,1$ pg/g M.O.), en ese orden. Nuevamente puede interpretarse que dicho sector estuvo expuesto en algún momento del pasado a altas concentraciones de tales contaminantes, por ejemplo por el rellenado con suelo y sedimento contaminado, tal como el caso de PCBs comentado

previamente. En la *Figura 44* se muestran las distintas concentraciones de PCDD/Fs normalizadas por el contenido de materia orgánica, categorizados por colores y marcados en el mapa en los puntos donde fueron muestreados. Resaltan con un tono púrpura oscuro los puntos 1 y 14, de los cuales el primero fue en donde se halló la máxima concentración de PCDD/Fs, mientras que el segundo no presentaba un valor mayor a la unidad (en pg/g, sin normalizar). Les siguen en importancia los puntos 2, 13 y 5.

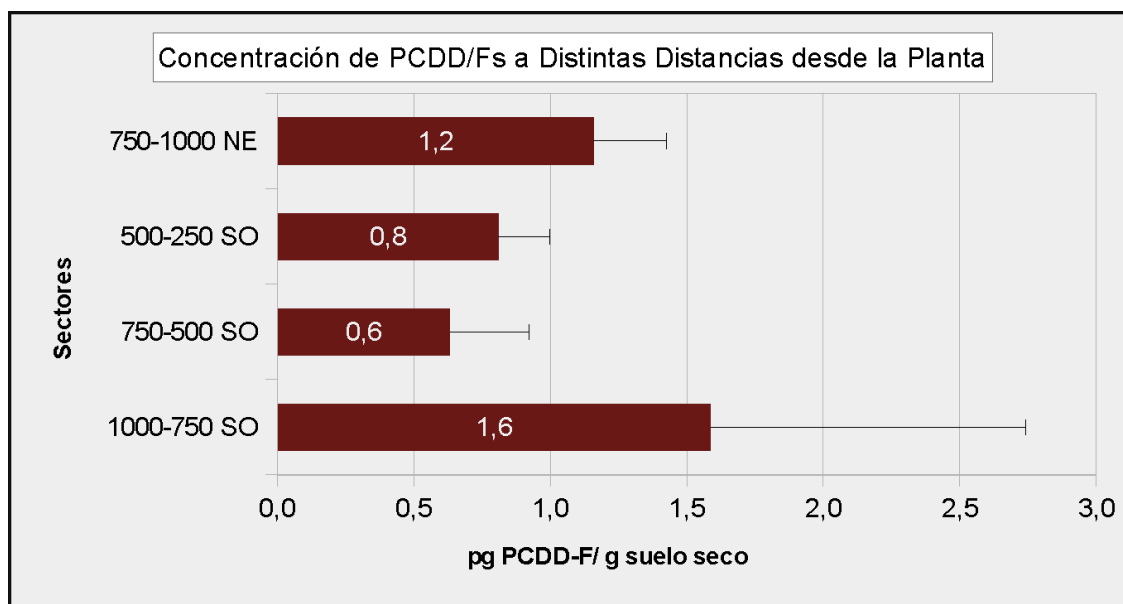


Figura 39. Concentración de PCDD/Fs (pg/g peso seco) a distintas distancias de la planta de incineración de residuos peligrosos

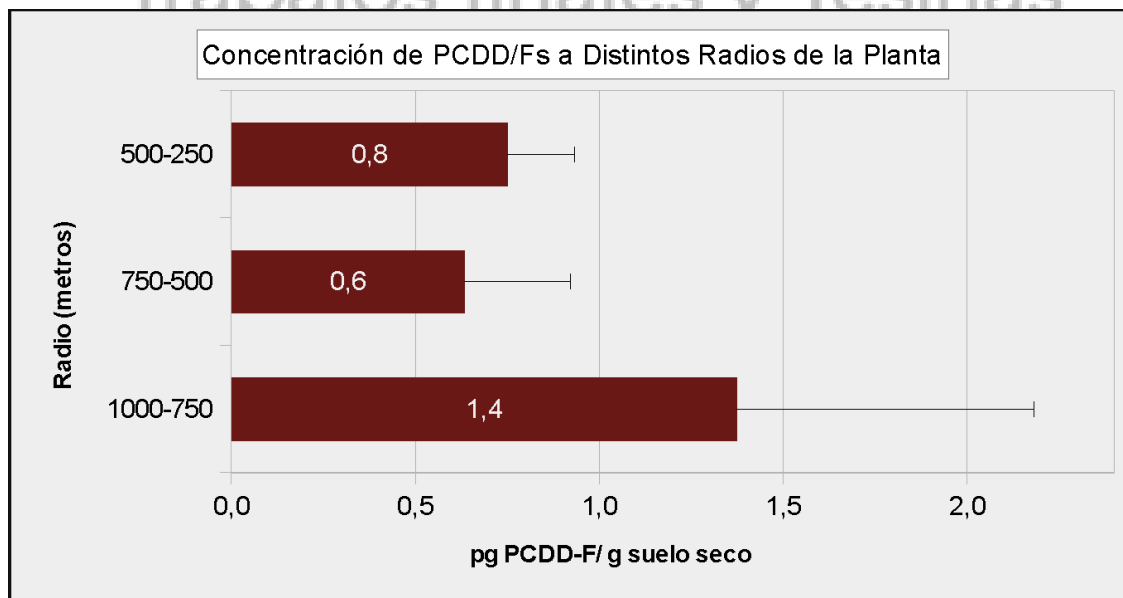


Figura 40. Concentración de PCDD/Fs (pg/g peso seco) en diferentes radios tomando la planta de incineración de residuos peligrosos como centro

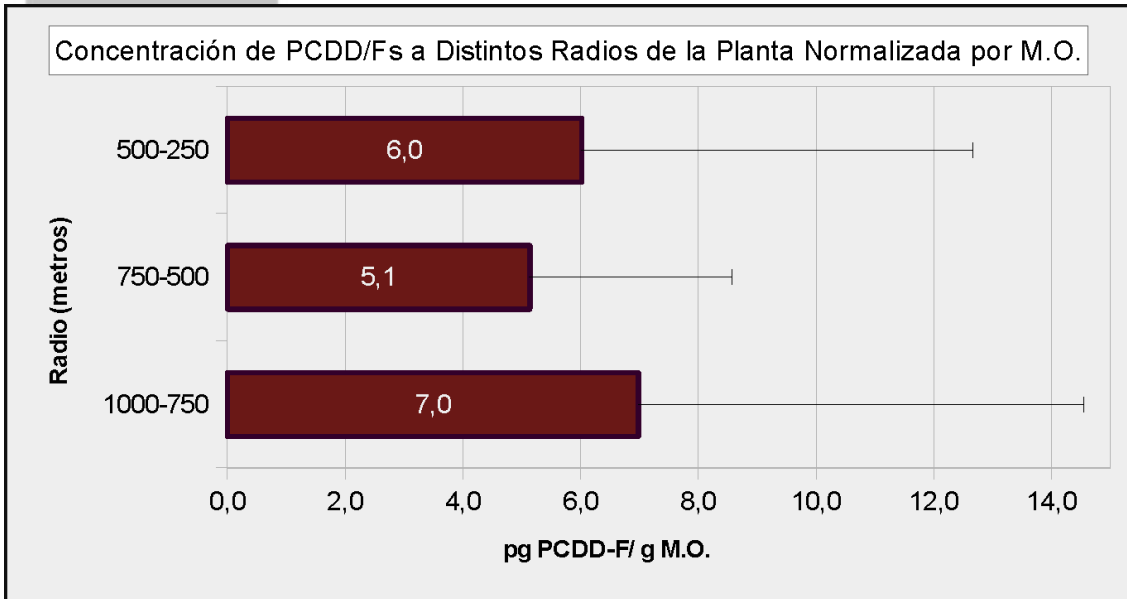


Figura 41. Concentración de PCDD/Fs en diferentes radios tomando la planta de incineración de residuos peligrosos como centro, normalizada por materia orgánica (en pg PCDD-F/g M.O.)

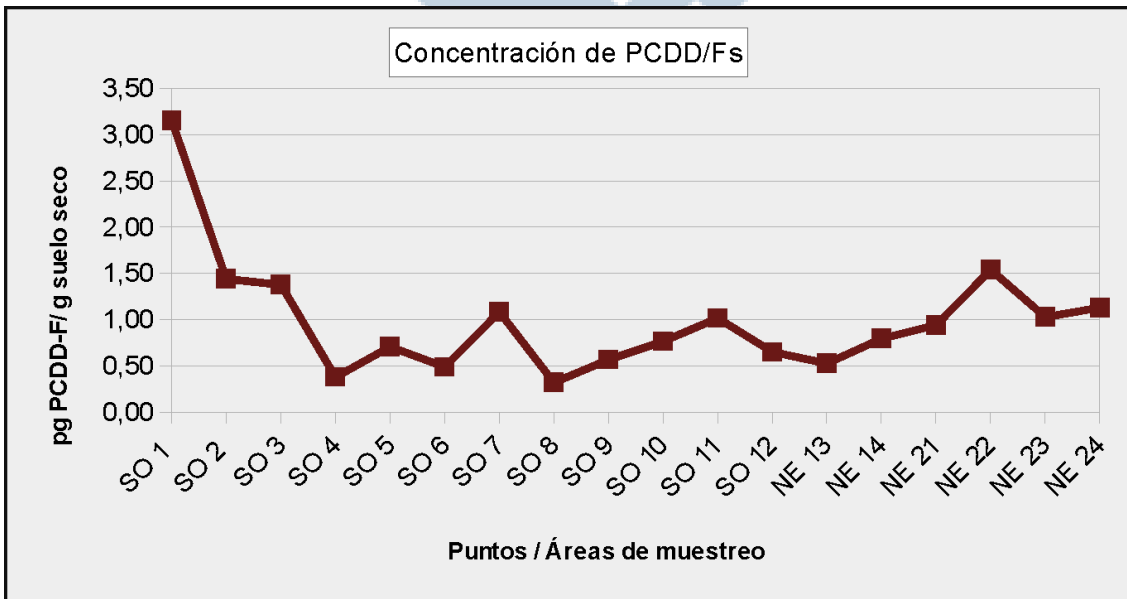


Figura 42. Concentración de PCDD/Fs en pg/g peso seco en los distintos puntos de muestreo analizados

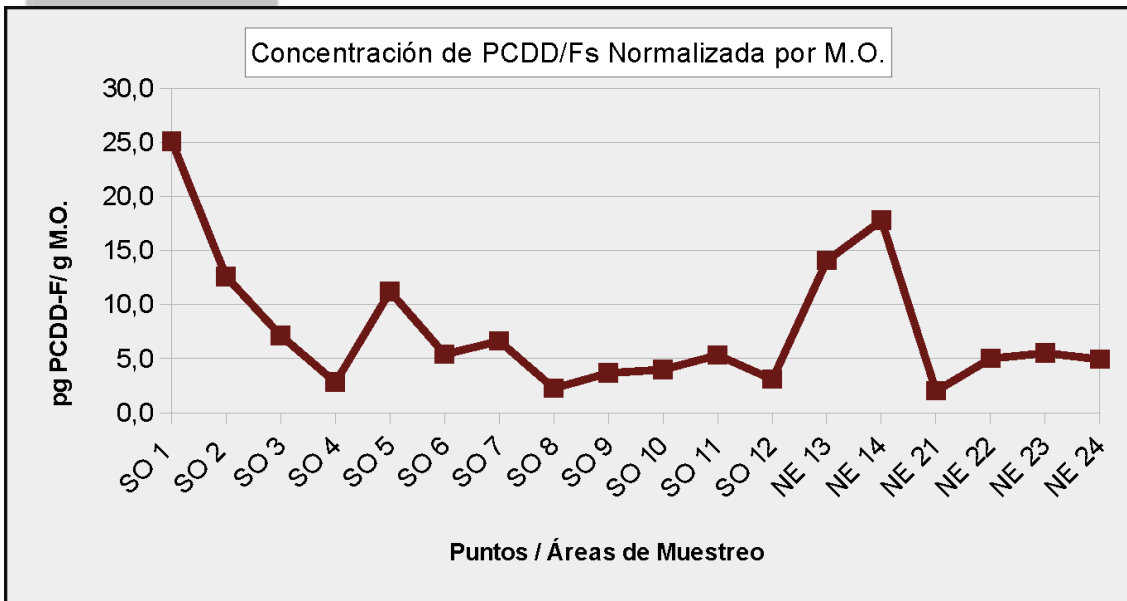


Figura 43. Concentración de PCDD/Fs normalizada por materia orgánica (en pg PCDD-F/g M.O.), en los distintos puntos de muestreo analizados



Figura 44. Contenido de PCDD/Fs normalizado por materia orgánica (en pg PCDD-F/g M.O.) en los distintos puntos muestreados graduado por colores. Las circunferencias naranjas indican distancias cada 250 m desde la planta

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El área seleccionada para realizar este trabajo responde al objetivo de cuantificar los impactos ambientales en suelos de una zona emblemática de la provincia y del país, como lo es el sector costero del partido de Avellaneda, específicamente aquella en donde se encuentra asentado el Polo Petroquímico Dock Sud.

El diseño de muestreo tuvo como objetivo contemplar las características del terreno y la forma de transporte de los contaminantes estudiados para poder optimizar los esfuerzos y recursos utilizados. En este estudio se priorizó la forma de transporte de los contaminantes por aire, por lo que fue necesario considerar la distribución de vientos y la distancia a la zona industrial.

El área perteneciente a la reserva municipal (Eco Área) fue la que presentó mayor contenido de materia orgánica, superior al 25%, respecto al resto de los sectores considerados, lo cual era esperable ya que es un entorno selvático con abundante vegetación. En cuanto al contenido de humedad los resultados fueron similares en todos los sectores considerados con porcentajes entre 13 y 18%.

Respecto a los contaminantes analizados, la concentración de hidrocarburos totales fue de 1141 ± 1175 mg/Kg peso seco con valores dispersos en toda la zona muestreada y con un máximo que supera la normativa holandesa ubicado en la Eco Área.

La concentración de bifenilos policlorados (PCBs) fue de $13,4 \pm 23,8$ ng/g peso seco, si bien inferior a lo establecido a la normativa nacional de 500 ng/g peso seco para suelos agrícolas, con un gradiente de concentración al ir acercándose a la planta que se mantiene al considerar las concentraciones normalizadas por la materia orgánica contenida en los suelos.

Respecto a dioxinas y furanos (PCDD/Fs) la concentración promedio fue de $1,0 \pm 0,6$ pg/g peso seco inferior al límite más estricto de la normativa nacional que establece un valor de 10 pg/g peso seco para un uso de suelo agrícola. Los promedios de concentración más elevados de este contaminante se encontraron en las distancias entre 750 y 1000 m tanto al NE como al SO, es decir, a mayor distancia de la planta, aunque hubo un pico de concentración elevado entre 250 y 500 m al NE, al considerar los resultados normalizados por la materia orgánica presente en los suelos.

El diseño de muestreo de la presente tesina de grado podría utilizarse en otras circunstancias para estudios similares sobre monitoreo de contaminantes cuyo transporte sea por vía atmosférica y alcancen el suelo por deposición seca y húmeda. Si bien en este trabajo se intentó cumplir con un muestreo representativo, no se logró tomar la totalidad de

las muestras debido a la inaccesibilidad de ciertos sitios y la existencia de desvíos de los puntos planificados, cuestiones que deberían considerarse para futuros trabajos a realizar en el área.

Asimismo, para completar la correcta caracterización e información del área se recomendaría realizar el estudio granulométrico (porcentajes de arena, limo y arcilla), comprobar si existe un gradiente en alguna otra dirección y ampliar los radios considerados, realizar muestreos de vegetación y de suelos a mayor profundidad, y por último, intensificar los análisis en los puntos y sectores en donde las concentraciones en relación con la materia orgánica fueron elevadas como en los puntos 13 y 14.



Repositorio Digital de Trabajos finales y Tesinas

11. BIBLIOGRAFÍA

- ACUMAR (2010).** PLAN INTEGRAL DE SANEAMIENTO AMBIENTAL DE LA CUENCA MATANZA RIACHUELO.
- ACUMAR & JMB AMBIENTAL (2014).** INVENTARIO DE FUENTES FIJAS DE EMISIONES GASEOSAS: MEDICIÓN Y ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN CUENCA MATANZA RIACHUELO.
- ACUMAR (2017).** MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE. INFORME TRIMESTRAL MARZO-MAYO DE 2017. Dirección General Técnica – Coordinación de Calidad Ambiental, ACUMAR.
- ACUMAR (2018).** BASE DE DATOS ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE. <http://jmb.acumar.gov.ar/calidad/historicos.php> [Fecha de consulta: noviembre de 2018].
- ACUÑA, A.; PUCCI, G.; MORALES, M. J. Y PUCCI, O. (2010).** “BIODEGRADACIÓN DE PETRÓLEO Y SUS DERIVADOS POR LA COMUNIDAD BACTERIANA EN UN SUELO DE LA PATAGONIA ARGENTINA” en Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología. Vol 30, núm 1, págs 29-36.
- ANDRADE, V. F.; DURÃES, A. F. S.; CASSIMIRO, D. L.; DE PINHO, G. P. & SILVÉRIO, F. (2017).** “FAST EXTRACTION OF POLYCHLORINATED DIBENZO-P-DIOXIN AND POLYCHLORINATED DIBENZOFURAN IN SEWAGE SLUDGE AND SOIL SAMPLES” en Journal of Environmental Science and Health, Part B. Vol 0, núm 0, págs 1-7.
- ARGEMI, F.; CIANNI, N. & PORTA, A. (2005).** “DISRUPCIÓN ENDOCRINA: PERSPECTIVAS AMBIENTALES Y SALUD PÚBLICA” en Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana. Vol 39, núm 3, págs 291-300.
- BRIGDEN, K., LABUNSKA, I., STRINGER, R., JOHNSTON, P. SANTILLO, D. & ASHTON, J (2000).** IDENTIFICACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y METALES PESADOS EN MUESTRAS RECOLECTADAS DEL INCINERADOR DE DESECHOS PELIGROSOS Y HOSPITALARIOS TRIECO, PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA 2000. Laboratorios de Investigación de *Greenpeace*, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de Exeter, Exeter, Reino Unido.
- CALABRESE, E. J.; STANEK, E. J.; JAMES, E. J. & ROBERTS, S. M. (1997).** SOIL INGESTION: A CONCERN FOR ACUTE TOXICITY IN CHILDREN en Environmental Health Perspectives. Vol 105, págs 1354-1358.
- CAPPANINI, D. & MAURIÑO M. (1966).** “SUELOS DE LA ZONA LITORAL ESTUÁRICA COMPRENDIDA ENTRE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES AL NORTE Y LA PLATA AL SUR”. Publicación del INTA. Buenos Aires, Argentina.
- CAPPELLETTI, N; ASTOVIZA, M. J.; SKORUPKA, C.; MORRONE M.; MIGOYA, M. C. & COLOMBO, J. C. (2016).** PCDD/F EN SUELOS RURALES Y URBANOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. VI Congreso Argentino de la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC).

- CAPPELLETTI, N.; TATONE, L & ASTOVIZA, M. (2017).** RIESGO PARA LA SALUD ASOCIADO A LAS PARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES. PROIMCA – PRODECA 2017.
- CAPPELLETTI, N.; ASTOVIZA, M.; MORRONE M. & TATONE, L. (2019).** “URBAN GEOCHEMISTRY AND POTENTIAL HUMAN HEALTH RISKS IN THE METROPOLITAN AREA OF BUENOS AIRES: PAHs AND PCBs IN SOIL, STREET DUST, AND BULK DEPOSITION” en Environmental Geochemistry and Health. Vol 41, núm 2, págs 699-713.
- CONSTITUCIÓN DE LA NACIÓN ARGENTINA.** Reformada en el año 1994. Artículo 41.
- CONSTITUCIÓN DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA.** Artículo 28.
- DECRETO N° 450/1994.** PROVINCIA DE BUENOS AIRES. REGLAMENTACIÓN DE LA LEY 11.347. RESIDUOS PATOGENICOS. Publicada en el B.O. el 10/03/1994.
- DECRETO N° 4371/1995.** PROVINCIA DE BUENOS AIRES. REGLAMENTACIÓN DE LA LEY 11.723. PROTECCIÓN, CONSERVACIÓN, MEJORAMIENTO Y RESTAURACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL MEDIO AMBIENTE EN GENERAL. Publicada en el B.O. el 22/12/1995.
- DECRETO N° 403/1997.** PROVINCIA DE BUENOS AIRES. MODIFICACIÓN DEL DECRETO 450/1994 SOBRE REGLAMENTACIÓN DE LA LEY 11.347. RESIDUOS PATOGENICOS. Publicada en el B.O. el 14/03/1997.
- DECRETO N° 806/1997.** PROVINCIA DE BUENOS AIRES. REGLAMENTACIÓN DE LA LEY 11.720. RESIDUOS ESPECIALES. Publicada en el B.O. el 22/04/1997.
- DECRETO N° 650/2011.** PROVINCIA DE BUENOS AIRES. MODIFICACIÓN DEL DECRETO 806/1997 SOBRE REGLAMENTACIÓN DE LA LEY 11.720. RESIDUOS ESPECIALES. Publicada en el B.O. el 08/08/2011.
- DECRETO N° 831/1993.** REGLAMENTACIÓN DE LA LEY N° 24.051 DE RESIDUOS PELIGROSOS. Publicada en el B.O. el 03/05/1993.
- DECRETO N° 1343/2002.** REGLAMENTACIÓN DE LA LEY N° 25.612 DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES. Publicada en el B.O. el 29/07/2002.
- DECRETO N° 853/2007** REGLAMENTACIÓN DE LA LEY N° 25.670. GESTIÓN Y ELIMINACIÓN DE PCBs. Publicada en el B.O. el 06/07/2007.
- FRENGUELLI, J. (1950).** "RASGOS GENERALES DE LA MORFOLOGÍA Y LA GEOLOGÍA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES." en LEMIT. Serie II, Núm 33. La Plata.
- GARCÍA-PÉREZ, J.; FERNÁNDEZ-NAVARRO, P.; CASTELLÓ, A.; LÓPEZ-CIMA, M. F.; RAMIS, R.; BOLDO, E. & LÓPEZ-ABENTE, G. (2013).** “CANCER MORTALITY IN TOWNS IN THE VICINITY OF INCINERATORS AND INSTALLATIONS FOR THE RECOVERY OR DISPOSAL OF HAZARDOUS WASTE” en Environment International. Vol. 51, págs 31–44.
- GREENPEACE (2015).** POLO PETROQUÍMICO DOCK SUD: LA CONTAMINACIÓN QUE NO SE VE. AGUAS SUBTERRÁNEAS EN RIESGO. CAMPAÑA RIACHUELO. Buenos Aires, Argentina.
- HANANO, A.; AMMOUNEH, H.; ALMOUSALLY, I.; ALORR, A.; SHABAN M.; ABU ALNASER, A. & GHANEM, I. (2014).** “TRACEABILITY OF POLYCHLORINATED DIBENZO-DIOXINS/FURANS

POLLUTANTS IN SOIL AND THEIR ECOTOXICOLOGICAL EFFECTS ON GENETICS, FUNCTIONS AND COMPOSITION OF BACTERIAL COMMUNITY” en Chemosphere. Vol. 108, págs 326-333.

HURTADO, M. A. (1987). PROBLEMAS AMBIENTALES RELACIONADOS A SUELOS Y PLANIFICACIÓN URBANA. CONSIDERACIONES SOBRE DIFERENTES TIPOS DE DEGRADACIÓN DE SUELOS. Primeras Jornadas Regionales sobre Medio Ambiente Natural. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. La Plata.

JIMÉNEZ, B.; ELJARRAT, E.; HERNÁNDEZ, L. M.; RIVERA, J. & GONZÁLEZ, M. J. (1996). “POLYCHLORINATED DIBENZO-P-DIOXINS AND DIBENZOFURANS IN SOILS NEAR A CLINICAL WASTE INCINERATOR IN MADRID, SPAIN. CHEMOMETRIC COMPARISON WITH OTHER POLLUTION SOURCES AND SOILS” en Chemosphere. Vol 32, núm 7, págs 1327-1348.

LEY Nº 11.347. PROVINCIA DE BUENOS AIRES. RESIDUOS PATOGENICOS. Publicada en el B.O. el 18/11/1992.

LEY Nº 11.720. PROVINCIA DE BUENOS AIRES. RESIDUOS ESPECIALES. Publicada en el B.O. el 13/12/1995.

LEY Nº 11.723. PROVINCIA DE BUENOS AIRES. PROTECCIÓN, CONSERVACIÓN, MEJORAMIENTO Y RESTAURACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL MEDIO AMBIENTE EN GENERAL. Publicada en el B.O. el 22/12/1995.

LEY Nº 23.922. APROBACIÓN DEL CONVENIO DE BASILEA SOBRE EL CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE LOS DESECHOS PELIGROSOS Y SU ELIMINACIÓN. Publicada en el B.O. el 24/04/1991.

LEY Nº 24.051. RESIDUOS PELIGROSOS. Publicada en el B.O. el 17/01/1992.

LEY Nº 25.278. APROBACIÓN DEL CONVENIO DE ROTTERDAM SOBRE EL PROCEDIMIENTO DE CONSENTIMIENTO FUNDAMENTADO PREVIO APLICABLE A CIERTOS PLAGUICIDAS Y PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS OBJETO DE COMERCIO INTERNACIONAL. Publicada en el B.O. el 03/08/2000.

LEY Nº 25.612. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES. Publicada en el B.O. el 29/07/2002.

LEY Nº 25.670. GESTIÓN Y ELIMINACIÓN DE PCBs. Publicada en el B.O. el 19/11/2002.

LEY Nº 25.675. POLÍTICA AMBIENTAL NACIONAL. Publicada en el B.O. el 28/11/2002.

LEY Nº 26.011. APROBACIÓN DEL CONVENIO DE ESTOCOLMO SOBRE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES. Publicada en el B.O. el 17/01/2005.

LO, C.; BUAN, E.; LI, J. & ZHANG, W. (2015). “OPTIMIZED EFFICIENCY OF MAPPING A SITE CONTAMINATED WITH DIOXINS BY IMMUNOASSAY COMPARED TO GAS CHROMATOGRAPHY-HIGH RESOLUTION MASS SPECTROMETRY” en Analytical and Bioanalytical Chemistry. Vol 408, núm 4, págs 1095-1105.

MALPARTIDA, A. R. (2003). LA CUENCA DEL RIO MATANZA RIACHUELO. REVISIÓN DE ANTECEDENTES DE RECURSOS NATURALES. COMPUESTOS XENOBIÓTICOS Y OTROS POLUTANTES EN LA CUENCA. Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

- MARTINEZ, J. (2005).** GUÍA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS: FICHAS TEMÁTICAS, TOMO II. Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay.
- MEIJER, S. N.; STEINNES, E.; OCKENDEN, W. A. & JONES, K. C. (2002).** "INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL VARIABLES ON THE SPATIAL DISTRIBUTION OF PCBS IN NORWEGIAN AND U.K. SOILS: IMPLICATIONS FOR GLOBAL CYCLING" en *Environmental Science & Technology*. Vol 36, núm 10, págs 2146-2153.
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE (2016).** INFORME DEL ESTADO DEL AMBIENTE. Argentina.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2011).** MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES DE REFERENCIA EUROPEA PARA INCINERACIÓN DE RESIDUOS. Madrid, España.
- ODRIOZOLA, V.; SCHVARTZMAN, M. & COSTNER, P. (COLABORADORES) (2001).** FÁBRICAS DE CÁNCER: LOS INCINERADORES DE RESIDUOS ENFERMAN. *Greenpeace Argentina*.
- ODRIOZOLA, V. (2003).** LA INCINERACIÓN ENFERMA BUENOS AIRES: LA NECESIDAD DE PROHIBIR LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS PATOGENICOS EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES. *Greenpeace Argentina*.
- OKPARANMA, R. Y MOUAZEN, A. (2013).** "DETERMINATION OF TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON (TPH) AND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBON (PAH) IN SOILS: A REVIEW OF SPECTROSCOPIC AND NON-SPECTROSCOPIC TECHNIQUES" en *Applied Spectroscopy Reviews*. Vol 48, núm 6, págs 458-486.
- PEREYRA, F. X. (2004).** "GEOLOGÍA URBANA DEL ÁREA METROPOLITANA BONAERENSE Y SU INFLUENCIA EN LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL" en *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Vol 59, núm 3, págs 394-410.
- PEREYRA, F. X. (2012).** SUELOS DE LA ARGENTINA: GEOGRAFÍA DE SUELOS, FACTORES Y PROCESOS FORMADORES. Cap 4: Taxonomía de los suelos argentinos. *Anales N° 50*. Editado por SEGEMAR – AACS – GAEA.
- PRIANO, M. E. (2007).** ANÁLISIS AMBIENTAL URBANO DEL PARTIDO DE AVELLANEDA. Tesis de grado. Universidad de Flores.
- RESOLUCIÓN OPDS (EX SPA) N° 374/1998.**
- RESOLUCIÓN OPDS (EX SPA) N° 447/1999.**
- RESOLUCIÓN OPDS (EX SPA) N° 323/2000.**
- RESOLUCIÓN OPDS (EX SPA) N° 2131/2001.**
- RESOLUCIÓN OPDS (EX SPA) N° 1118/2002.**
- RESOLUCIÓN OPDS (EX SPA) N° 964/2003.**
- RESOLUCIÓN OPDS (EX SPA) N° 550/2004.**
- RESOLUCIÓN OPDS (EX SPA) N° 350/2010.**
- RESOLUCIÓN OPDS (EX SPA) N° 376/2018.**
- SCHUHMACHER, M.; GRANERO, S.; XIFRÓ, A.; DOMINGO, J. L.; RIVERA, J. & ELJARRAT, E.**

- (1998). "LEVELS OF PCDD/FS IN SOIL SAMPLES IN THE VICINITY OF A MUNICIPAL SOLID WASTE INCINERATOR" en *Chemosphere*. Vol 37, núms 9-12, págs 2127-2137.
- SCHWAB, A. P.; SU, J.; WETZEL, S.; PEKAREK, S. & BANKS, M. K. (1999)**. "EXTRACTION OF PETROLEUM HYDROCARBONS FROM SOIL BY MECHANICAL SHAKING". *Environmental Science and Technology*. Vol 33, núm 11, págs 1940-1945.
- SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE (2007)**. PLAN NACIONAL DE APLICACIÓN DEL CONVENIO DE ESTOCOLMO: ARGENTINA – 2007. Argentina.
- SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE (2017)**. INFORME DEL ESTADO DEL AMBIENTE. Argentina.
- SOIL REMEDIATION CIRCULAR (2009)**. GOBIERNO DE HOLANDA. Valores de Intervención, tabla 1, pág 19.
- STANEK, E. J. & CALABRESE, E. J. (1992)**. "SOIL INGESTION IN CHILDREN: OUTDOOR SOIL OR INDOOR DUST?" en *Soil and Sediment Contamination*. Vol 1, págs 1-28.
- TCHERNITCHIN, A. N. (2005)**. "INCINERACIÓN DE RESIDUOS HOSPITALARIOS, FARMACÉUTICOS Y PELIGROSOS. RIESGOS PARA LA SALUD." en *Cuadernos Médico Sociales (Chile)*. Vol 45, págs 269-284.
- THORNTON, J. (1993)**. INCINERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS, IMPACTOS EN LA AGRICULTURA. Campaña de Tóxicos de *Greenpeace*. *Greenpeace* Argentina.
- VILLALOBOS, M.; AVILA-FORCADA, A. P. & GUTIERREZ-RUIZ, M. E. (2008)**. "AN IMPROVED GRAVIMETRIC METHOD TO DETERMINE TOTAL PETROLEUM HYDROCARBONS IN CONTAMINATED SOILS" en *Water, Air, & Soil Pollution*. Vol 194, págs 151-161.
- ZEHR, A.; EQANI, S. A. M. A. S.; KATSOYIANNIS, A., SCHUSTER, J. K.; MOECKEL, C.; JONES, K. C. & MALIK, R. N. (2015)**. "Environmental monitoring of organo-halogenated contaminants (OHCs) in surface soils from Pakistan" en *Science of the Total Environment*. Núms 506-507, págs 344-352.

ANEXO I. INVENTARIOS DE DIOXINAS, FURANOS Y PCBs

Respecto al Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo, que fuera realizado en Argentina, además de cumplir con el objetivo principal del Convenio, se establecieron como objetivos específicos, entre otros, el de desarrollar las capacidades en laboratorios sumando equipamiento apropiado para la realización de ensayos COPs en diferentes matrices. Además, como acciones recomendadas se mencionan:

- fortalecer acciones en investigación y desarrollo, generando bases de datos estadísticas dinámicas (salud-ambiente), realizando estudios epidemiológicos y toxicológicos, apoyando la innovación en tecnologías limpias.
- Formular y desarrollar un programa de identificación, evaluación y remediación de sitios contaminados por COPs y la disposición de desechos peligrosos.
- Realizar programas de monitoreo ambiental, vigilancia epidemiológica, evaluación de riesgos y de investigación en salud y ambiente, así como investigaciones para el desarrollo de alternativas a los plaguicidas COPs. Desarrollar capacidad de laboratorio de análisis de todos los COPs para poder cumplimentar con este punto.

A. DIOXINAS Y FURANOS (PCDD/Fs)

En el marco del Plan Nacional se realizaron los inventarios de dioxinas y furanos, cumpliendo lo estipulado en el artículo 5 del Convenio de Estocolmo, utilizando estimaciones basadas en el relevamiento de fuentes de estos contaminantes y la aplicación de factores de emisión por defecto, provenientes de mediciones reales en diversos países, lo que permitió evitar costos de determinaciones analíticas. Esto se realizó para las distintas clases de fuentes, según categorías y subcategorías. Por esta razón, tales estimaciones pueden resultar en exceso o defecto para algunas categorías sin embargo el fin es poner en evidencia las emisiones existentes en la Argentina y compararlas con otros países signatarios del Convenio de Estocolmo, utilizándose para ese fin los factores de emisión (SAyDS, 2007). Las fuentes utilizadas para realizar el inventario fueron censos de producción, relevamientos industriales, aportes de algunas cámaras empresariales, información regional y centralizada de actividades. A continuación se muestra un resumen de los resultados globales (Tabla A1), así como los resultados relativos a la incineración de residuos y los procesos de combustión no controlados (Tablas A2 y A3, respectivamente).

Tabla A1. Resultados del Inventario de Dioxinas y Furanos realizado al año 2003. Extraído de SAYDS (2007)

Inventario Nacional de Liberación de PCDD/Fs (2003)		Liberaciones anuales					Total por Categoría	% por Categoría
Fuentes Principales de Evaluación		Aire	Agua	Suelos	Prod.	Residuos		
Categoría 1	Incineración de desechos	25,86				27,05	52,91	2,5
Categoría 2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos	62,65				143,04	205,69	9,6
Categoría 3	Generación de energía eléctrica y calefacción	35,51				45,04	80,55	3,8
Categoría 4	Producción de productos minerales	6,6				0,04	6,64	0,3
Categoría 5	Transportes	4,8	0,19			0	4,99	0,2
Categoría 6	Procesos de combustión no controlados	559,85		162,08		706,49	1428,42	67,0
Categoría 7	Producción y uso de sustancias químicas Y bienes de consumo	0,01	1,49		26,41	73,55	101,46	4,8
Categoría 8	Varios	10,78					10,78	0,5
Categoría 9	Evacuación/ terraplén		219,13		0,36	22,3	241,79	11,3
Categoría 10	Identificación de posibles puntos peligrosos						0	0,0
Total		706,06	220,81	162,08	26,77	1017,51	2133,23	100

Tabla A2. Detalle de la Categoría 1 relativa a incineración de desechos. Extraído de SAYDS (2007)

Categoría	Subcategorías	Clase	Subcategorías de fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT / t)			Liberación anual			
				Aire	Residuos		Producción			
					Cenizas	Escorias	Tn/anuales	gEQT/a Aire	gEQT/a Cenizas	gEQT/a Escorias
1			Incineración de desechos				52.279	25,86	26,92	0,13
	a		Incineración de desechos Sólidos municipales	-	-		-	-	-	-
		b		Incineración de desechos Peligrosos				37.920	2,33	19,66
	1		Tecnología simple de combustión, Sin sistema de CCA	35.000	9.000	-		0	0	0
	2		Combustión controlada, Mínimo CCA	350	900	-	5.734	2,01	5,16	0
	3	Combustión controlada, Buen CCA	10	450	-	32.186	0,32	14,50	0	
	4	Alta tecnología de combustión, CCA perfeccionada	0,75	30	-		0	0	0	
	c		Incineración de desechos médicos/ Hospitalarios				14.359	23,53	7,26	0,13
		1	Tecnología simple de combustión por lotes, Sin CCA	40.000	-	200	-	-	-	-
		2	Combustión controlada por lotes, Mínimo CCA	3.000	-	20	6.463	19,39	-	0,13
		3	Combustión controlada por lotes, Buen CCA	525	920	-	7.896	4,14	7,26	-
	4	Alta tecnología de combustión, CCA perfeccionada	1	150						

Tabla A3. Detalle de la Categoría 6 relativa a procesos de combustión no controlados. Extraído de SAyDS (2007)

Categoría	Subcategorías	Clase	Subcategorías de fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT / t)			Material Consumido Tn/anales	Liberación anual		
				Aire	Suelo	Res.		gEQT/a Aire	gEQT/a Suelo	gEQT/a Residuos
6	a		Procesos de Combustión Incontrolados				41.702.326,8	559,85	162,08	706,49
			Quema de biomasa virgen				40.524.836,8	206,6	162,08	
6	b	1	Incendios Forestales	5	4		23.463.039,68	117,3	93,84	
		2	Incendios de Praderas y Brezos	5	4		17.061.797,12	85,3	68,24	
			Quema de Desechos e Incendios Accidentales				1.177.490	353,25		706,49
	3	Quema no controlada de Desechos Domésticos	300		600	1.177.490	353,25		706,49	

Las liberaciones provenientes de quemas incontroladas (Categoría 6) resultan cuantitativamente las más relevantes en la Argentina, lo que justificaría dedicar el mayor esfuerzo en esta categoría a fin de lograr la minimización de las liberaciones de dioxinas y furanos. Otro factor a tener en cuenta es la quema a cielo abierto de envases vacíos de productos fitosanitarios, cuyos plásticos provocan la emisión a la atmósfera de dioxinas y furanos. Sin embargo, las liberaciones de la incineración de desechos (Categoría 1) por más que muestren una menor relevancia cuantitativa, provocan un impacto mayor ya que abarcan áreas de menores dimensiones y con mayor densidad poblacional. Por lo que la realización de trabajos y estudios del medio posiblemente afectados son muy necesarios, ya que es muy probable el impacto a seres humanos de forma directa o indirecta.

B. BIFENILOS POLICLORADOS (PCBs)

Dado que el mayor porcentaje de las existencias de PCBs se concentra en el sector eléctrico (entre un 70% y un 80%), la Coordinación del Proyecto se abocó a reunir la mayor cantidad de información posible proveniente de aquél. En el mercado eléctrico de nuestro país se identifican tres áreas: generación, distribución y transporte. El Inventario preliminar de PCBs se ha realizado parcialmente en el sector de distribución de la energía eléctrica, quedando a futuro la realización del inventario completo para este sector y los restantes sectores eléctricos e industriales. Por lo tanto, se recabó información de las empresas distribuidoras (por ejemplo EDENOR, EDESUR, EDELAP, entre las más importantes de Buenos Aires), del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) y de la Secretaría de

Energía hasta el año de elaboración del Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo (2007). El relevamiento preliminar de equipos y material conteniendo PCBs reúne información de las provincias de: Córdoba, Entre Ríos, Formosa, Santa Fe, San Juan, Ciudad Autónoma de Buenos Aires y zonas de la provincia de Buenos Aires. El total de información relevada, en las jurisdicciones señaladas, corresponde a una cobertura en habitantes de 21.529.773, es decir al 59,38 % de la población del país (considerando para la Prov. De Buenos Aires sólo el Gran Buenos Aires) y a una cobertura en superficie de 864.575 Km², es decir al 31,09 % del total país (sin incluir en la superficie total del país los territorios de la Antártida e Islas del Atlántico Sur). Se resumen los resultados a continuación (Tabla A4):

Tabla A4. Resultados preliminares del inventario parcial de PCBs. Extraído de SAYDS (2007)

Jurisdicción	<= 50 ppm	> 50 ppm y < 500 ppm	>= 500 ppm	Sin datos	En laboratorio	TOTAL PROVINCIA
Prov. de Buenos Aires (concesión federal y provincial)	41.180	1.905	131	907	58	44.181
Prov. de Córdoba (sin cooperativas)	6.439	397	34	1	-	6.871
Prov. de Entre Ríos	24.536	878	78	-	-	25.492
Prov. de Santa Fé	7.516	290	48	4.156	-	12.010
Prov. de San Juan	3.526	961	100	-	-	4.587
Ciudad Autónoma de Buenos Aires	7.925	1.072	102	48	-	9.147
TOTAL	91.122	5.503	493	5.112	58	102.288
PORCENTAJES (%)	89,08	5,38	0,48	5,00	0,06	-----

ANEXO II. INVENTARIO DE FUENTES FIJAS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA (ACUMAR)



El estudio tuvo en cuenta tanto las fuentes puntuales (chimeneas o conductos) como las difusas (almacenamiento y movimiento de sustancias y/o materiales), por medio de relevamientos de las áreas de estudio y búsqueda bibliográfica realizados en 2010. Se consideraron las actividades prioritarias para la calidad de aire local de forma consensuada entre ACUMAR y OPDS. En consecuencia, y a los fines del presente trabajo, el inventario tuvo en cuenta el 52% de las 29 actividades identificadas en el Polo Petroquímico Dock Sud (Avellaneda) y el 30% de las instaladas en el Parque Industrial Lanús Este e industrias aledañas (ACUMAR & JMB Ambiental, 2014). Entre dichas actividades prioritarias se encuentra la incineración de residuos especiales y patogénicos, contando con dos plantas de este tipo radicadas en la cuenca baja del Río Matanza Riachuelo (Tabla A5).

Su metodología de trabajo consistió en los siguientes puntos:

- Generación de información primaria: relevamiento de las zonas de estudio a pie o en vehículo ayudado por datos brindados por los Municipios e imágenes satelitales, se georreferenciaron las empresas y se registraron las actividades desarrolladas por medio de una ficha en donde se incluyeron también fotos.
- Recopilación de información secundaria: se relevó la información volcada en las Declaraciones Juradas por parte de las empresas estudiadas por medio de un trabajo conjunto entre ACUMAR y OPDS, siendo este último el encargado de aprobar y entregar los Permisos de Descarga de Efluentes Gaseosos a la atmósfera.
- Procesamiento final de datos: elaborándose en consecuencia una caracterización de las áreas de estudio y una descripción de cada industria analizada.

A. BREVE CARACTERIZACIÓN DE LAS PLANTAS DE INCINERACIÓN PRESENTES EN LA CUENCA MATANZA RIACHUELO

El área del Polo Petroquímico Dock Sud contiene industrias dedicadas a la destilación de petróleo y otras que manufacturan subproductos como hormigoneras y químicas, además de las que se dedican al almacenamiento de sustancias químicas e hidrocarburos. También cuenta con una planta de incineración de residuos peligrosos (especiales y patogénicos) y una planta termoeléctrica.

La ubicación de la planta incineradora en la zona de estudio está dada por las coordenadas 34°39'57,39" S y 58°19'31,58" O, en plena zona industrial ya que se encuentra dentro del

área denominada Polo Petroquímico Dock Sud. La misma se encarga del tratamiento de residuos especiales y patogénicos por medio de incineración, estabilización y solidificación de materiales, tratamiento de aerosoles, procesamiento y purificación de productos químicos. Entre las corrientes de residuos a las que brinda tratamiento se encuentran Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7, Y8, Y9, Y11, Y12, Y13, Y16, Y17, Y18, Y20, Y21, Y22, Y23, Y25, Y31 (sólo baterías plomo-ácido a relleno de seguridad, no incinerable), Y32, Y33, Y34, Y35, Y37, Y38, Y39, Y40, Y41, Y42 (ACUMAR & JMB Ambiental, 2014). El expediente en OPDS es el N° 2145-4751/98. Declara la existencia y funcionamiento de dos hornos (ambos funcionan a gas natural), uno estático y otro rotativo con emisiones de Benceno, HCl y PM10 (del horno estático), así como un sistema de tratamiento que consiste en una torre de absorción y enfriamiento adiabático.

Otra planta de incineración se encuentra en Lanús Este, cuyas coordenadas son 34°42'44,81" S y 58°21'36,19" O. La zona también es industrial y la empresa se encarga tanto del tratamiento de residuos patogénicos como de residuos especiales e industriales no especiales. En el primer caso se ocupa de la recolección, transporte y tratamiento de residuos patogénicos generados por los centros de salud, investigación e industria farmacéutica por autoclavado e incineración. En el otro caso su labor consiste en la recolección, transporte y tratamiento de residuos sólidos y líquidos mediante termodestrucción controlada por incineración en horno de doble cámara. Las corrientes de residuos especiales tratados son: Y2, Y3, Y6, Y7, Y8, Y9, Y11, Y13, Y16, Y17, Y18, Y19, Y38, Y40, Y42 y residuos patogénicos. Además fabrican sebo vacuno. Declara en el Expediente OPDS N° 2145-05910/98 la existencia de un horno para la incineración de residuos especiales que funciona a gas natural y cuyos posibles contaminantes asociados a las emisiones de este centro de tratamiento serían: gases de combustión (CO_2 , SO_2 , NO_x), cloruro de hidrógeno (HCl), fluoruro de hidrógeno (HF), metales pesados (Cd, Pb, Hg, Zn), material particulado, productos de combustión incompleta (CO), dioxinas y furanos (estos últimos no por constatación, sino por bibliografía). También la existencia de un horno para la incineración de residuos patogénicos (tres en total pero uno en funcionamiento) y de una caldera que genera vapor para el funcionamiento del autoclave que emite CO, NO_x (NO_2) y SO_2 , gases típicos de combustión. Aclaran que las mediciones de las emisiones del horno se realizan de forma continua para gases de combustión y de forma trimestral para el HCl.

Tabla A5. Características de los hornos incineradores utilizados en la CMR. Elaboración en base a datos de ACUMAR & JMB Ambiental (2014). NOTA: Con “-” se mencionan las variables de las cuales no se ofrecen datos en el informe citado

	Incinerador Especiales Avellaneda	Incinerador Esp. y Patogénicos Avellaneda	Incinerador Especiales Lanus	Incinerador Esp. y Patogénicos Lanus	
Tipo de Horno	Rotativo	Estático marca Hoval	Estático	Marca Hoval, no especifica el tipo	
Funcionamiento (mesxdiáxhora)	-	12x7x24	12x6x16	12x7x24	
Sección (m2)	-	0,78	1,1	0,196	
Características Técnicas	Altura (m)	20	15	15	
del	Diámetro Equivalente (m)	1	1,2	0,5	
Conducto	Temperatura (K)	358,1	342,6	340	
	Velocidad de salida (m/s)	7,3	12,9	13	
	Caudal (m3/s)	5,69	14,19	2,55	
Contaminantes Emitidos – Caudal Másico (mg/s)	NOX (NO2)	-	358,1	-	
	SO2	-	0	11,66	
	CO	-	145,3	16,08	
	PM10	43,86	-	-	
	PM Total	-	1145,1	6,22	
	SO3	-	0	-	
	H2S	-	-	-	
	H2SO4	-	-	-	
	HCl	-	-	0	0,28
	Humedad	-	-	-	-
	VOCs	-	-	-	
Tratamiento de Gases	-	-	Torre de lavado y Neutralización	Torre scrubber y filtros: Tren en cascada más Filtrado en lecho de arena	

El hecho de no contar con gran cantidad de datos de emisión por parte de la empresa ubicada en el área de estudio justifica la necesidad de analizar el área circundante para comprobar la existencia de contaminantes, los cuales en parte podrían provenir de la misma, ya que otras fuentes posibles podrían ser las distintas empresas radicadas en el Polo Petroquímico Dock Sud y el tráfico vehicular.