



26-6-2023

Informe Final del programa de
Implementación de Contaminantes
Orgánicos Persistentes – COP en Aire y
en Leche Materna – Segunda Fase
Informe de evaluación de las concentraciones
encontradas



Informe elaborado por: Bióloga Soledad Osorio Alva, Mg.

INFORME FINAL DEL PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES -COP EN LECHE MATERNA Y EN AIRE EN EL PERU 2a Fase

**DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL E INOCUIDAD ALIMENTARIA –
DIGESA
MINISTERIO DE SALUD - PERÚ**

Elaborado por: Bióloga Soledad Osorio Alva, Mg.

INDICE

Abreviaciones y Acrónimos	3
Resumen Ejecutivo	4
1. Introducción	5
1.1. Objetivos:	5
1.2. Desafíos	5
2. Organización	6
3. Actividad Nacional	6
3.1. Muestreo de aire	6
3.1.1. Metodología	7
3.1.2. Coordenadas del Muestreo de aire	9
3.1.3. Resultados obtenidos en muestras de aire	11
3.1.4. Comparación de Datos y Análisis de Tendencias en muestras de aire	2122
3.2. Muestreo de leche materna	3233
3.2.1. Coordinación	3233
3.2.2. Metodología	3334
3.2.3. Muestreo de leche	3334
3.2.4. Resultados de la encuesta a las madres donantes de muestras de leche	3435
3.2.5. Resultados comparativos de los análisis de leche materna en el 2010 y 2019 ..	3940
3.2.6. Comparación de Datos y Análisis de Tendencias en leche materna	4344
4. Construyendo Capacidades	5253
5. Participación en otras actividades y redes de seguimiento	5253
6. Plan de Sostenibilidad	5253
7. Resultados y Logros	5354
8. Conclusiones	5354
9. Recomendaciones	5455
10. Anexos	56

Abreviaciones y Acrónimos

fg – Femptogramo
GEF – Global Environment Facility; (FMA: Fondo Mundial para el Medio Ambiente)
LB – Lower Bound (L.I. Límite Inferior)
MOU – Memorandum of Understanding (Memorando de Entendimiento)
ng - Nanogramo
NEMS – National Environment Management Strategy (ENGA, Estrategia Nacional de Gestión Ambiental)
NGO's – Non-Government Agencies (ONGs, Agencias no gubernamentales)
NIP – National Implementation Plan (PNI, Plan Nacional de Implementación)
NPC – National Project Coordinator (CNP, Coordinadora Nacional de Proyectos)
PCBs – Polychlorinated biphenyls (BPCs, Bifenilos Policlorados)
pg – Picogram
POPs – Persistent Organic Pollutants (COP, Compuestos Orgánicos Persistentes)
PUF – Polyurethane foam (Espuma de Poliuretano)
SOP – Standard Operating Procedure (POE, Procedimiento Operativo Estándar)
TEF – Toxic Equivalent Factor (FET, Factor Equivalente Tóxico)
TEQ – Toxic Equivalent (ET, Equivalente tóxico)
UB – Upper Bound (L.S. Límite Superior)
UNEP – United Nation Environment Programme, (PNUMA, Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente).

Resumen Ejecutivo

El objetivo principal del Convenio, tal como se establece en su artículo 1, es “proteger la salud humana y el ambiente de los contaminantes orgánicos persistentes- COP”. El presente informe es para la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria -DIGESA, Ministerio de Salud del Perú, en términos de actividades e interpretación de datos de concentraciones de COP recolectadas en el Perú para la segunda fase de este proyecto, financiado por el PNUMA-GEF del Plan de Monitoreo Global de Contaminantes Orgánicos Persistentes (PNUMA/GEF GMP COP).

El Plan de Monitoreo Global de COP tiene como principal objetivo proporcionar un marco organizacional armonizado para la recopilación de datos de monitoreo comparable sobre la presencia de los COP enumerados en los Anexos A, B y C del Convenio, a fin de identificar las tendencias en niveles a lo largo del tiempo, así como también para proporcionar información, con la finalidad de formular propuestas alternativas de soluciones y medidas para reducir y eliminar estos contaminantes.

La DIGESA participó en el “Programa de Apoyo a la Implementación del Monitoreo Global de COP en los países de América Latina y el Caribe” en su primera fase del año 2009 al 2012. Tras el éxito obtenido en la primera fase de este proyecto, el Centro Coordinador del Convenio de Basilea y el Centro Regional del Convenio de Estocolmo para América Latina y el Caribe (BCCC-SCRC) – Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) enviaron un memorando de entendimiento a la DIGESA para establecer las pautas e iniciar la segunda fase del proyecto (2016-2019), para lo cual el LATU mediante su carta de marzo 2013, dirigida al Punto Focal Operacional del GEF en el Perú: Ministerio del Ambiente -MINAM, comunicó sobre la continuación de la segunda fase de dicho proyecto.

La Dirección de Control y Vigilancia -DCOVI de la DIGESA del Ministerio de Salud, en colaboración con la Coordinadora Nacional del Proyecto GMP de COP de la segunda fase, realizó las gestiones y actividades para el muestreo de aire durante los años 2018 y 2019; luego estas muestras de aire fueron analizadas en los laboratorios del Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua en el IDAEA del CSIC de España.

Para el muestreo de leche materna humana se solicitó el apoyo del Instituto Nacional Materno Perinatal (INMP) de Lima, en el cual se recolectó un total de 51 muestras hasta el mes de marzo de 2019; estas muestras se mezclaron con las 12 muestras de 3 regiones del Perú: La Libertad, Ucayali y Tacna, obteniéndose una muestra compuesta de 63 muestras simples; la muestra compuesta fue analizada en los laboratorios de química y veterinaria de Freiburg, en Alemania.

Las muestras duplicadas de aire y de leche tendrán que ser analizadas en los laboratorios de la DIGESA.

1. Introducción

El Perú suscribió el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes – COP el 22 de mayo del 2001 en la ciudad de Estocolmo, Reino de Suecia. Este Convenio Internacional fue ratificado el 10 de octubre del 2005 mediante el Decreto Supremo N°067-2005-RE por ser conveniente a los intereses del Perú, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 57° y 118° inciso 11 de la Constitución Política del Perú y el artículo 2° de la ley N°26647.

A partir de la suscripción de este Convenio, nuestro país se vio comprometido en la participación de los monitoreos globales en cuanto a la incidencia de los COP, monitoreo del cual se viene participando desde el año 2009. La DIGESA ha venido colaborando con estos estudios desde ese entonces, siendo en esta ocasión el segundo estudio de monitoreo (2018 al 2019), para las matrices de aire y de leche materna humana.

En la región existen dos programas de vigilancia mundial de COP: 1) El estudio de leche humana de la Organización Mundial de la Salud – OMS y 2) El Programa Mundial de Muestreo Atmosférico Pasivo (GAPS por sus siglas en inglés); ambos programas nos indican cuál es el estado actual de la salud humana y de la propagación de estos compuestos orgánicos persistentes y contaminantes del ambiente e indirectamente nos indican el avance que tenemos en la gestión del control de estos contaminantes orgánicos persistentes.

1.1. Objetivos:

El principal objetivo de esta Convención es asegurar que la salud humana y el ambiente estén protegidos de los COP; por lo tanto, el objetivo principal de este informe es presentar el estado y la tendencia actual de los COP en el Perú hasta el año 2019.

- Identificar la tendencia o el nivel de concentración de COP en el Perú
- Cuántos COP están presentes en el país.
- Identificar qué grupos de COP tienen altas concentraciones.
- Comparar los resultados de la primera y la segunda fase de este proyecto.

1.2. Desafíos

Debido a la diversidad de actividades requeridas por el proyecto GMP2 COP del PNUMA/FMAM hubo desafíos y dificultades que fuimos superando, reactivando el área de cromatografía del laboratorio, después de un tiempo de inoperatividad por la pandemia mundial.

En este periodo no se logró realizar los ensayos espejos debido a las razones expuestas en el párrafo anterior, pero sin embargo se logró realizar algunas pruebas preliminares, que para una próxima participación se realizarán los ensayos con su respectivo reporte en tiempo oportuno.

2. Organización

La DIGESA participó en el “Programa de Apoyo a la Implementación del Monitoreo Global de COP en los países de América Latina y el Caribe” del año 2009 al 2012 en la primera fase, designándose a la Bióloga Soledad Osorio Alva como Coordinadora Nacional del Proyecto, mediante el Oficio N°3832-2009-DG/DIGESA dirigido a la Dirección General de Medio Ambiente del Ministerio de Relaciones Exteriores del Perú.

Luego del éxito de la primera fase de este proyecto, la DIGESA recibió el Memorando de Entendimiento del Centro Coordinador del Convenio de Basilea y del Centro Regional del Convenio de Estocolmo para América Latina y el Caribe (BCCC-SCRC) - Laboratorio Tecnológico del Uruguay -LATU a fin de establecer las pautas para iniciar la segunda fase del proyecto 2016 – 2019. El Viceministro de Gestión Ambiental del MINAM mediante Oficio N°002-2015-MINAM/VMGA del 06.01.2015 hizo de conocimiento al Sr. Viceministro de Salud Pública del MINSa que el Fondo Mundial del Ambiente (GEF) aprobó la segunda fase del Proyecto y la “Continuación del apoyo regional para el Plan de Monitoreo Mundial de COP” en la Región de América Latina y El Caribe” de la cual la DIGESA fue también partícipe en esta segunda etapa, designando como coordinadora nacional a la Bióloga Soledad Osorio Alva, hasta marzo del 2022; luego fue reemplazada por el Blgo. Elmer Quichiz Romero, Jefe del Laboratorio de Control Ambiental de la DIGESA.

Así mismo, con el apoyo de este Proyecto se contrató profesionales y técnicos que apoyaron en la toma de muestras de leche materna, realización de las encuestas respectivas para la selección de las madres donantes de muestras de leche que cumplieran con los requisitos de este proyecto, con información sobre sus hábitos alimenticios, variación de su peso e interacciones con el DDT en algún momento de sus vidas y otros datos de interés del proyecto, así como también se contó con el apoyo de un técnico para el procesamiento de datos estadísticos de dichas encuestas y el apoyo de un especialista químico en análisis de contaminantes orgánicos para actualizar los ensayos analíticos de los COP básicos en muestras de leche y de aire.

Para el muestreo en aire, se tuvo la colaboración del personal de laboratorio y de la Dirección de Control y Vigilancia -DCOVI de la DIGESA.

3. Actividad Nacional

3.1. Muestreo de aire

El objetivo principal de este procedimiento de muestreadores pasivos de aire -PAS para el monitoreo de aire durante un año, es “describir el manejo de los muestreadores pasivos de aire para la recolección de contaminantes, utilizando espuma de poliuretano (PUF) como adsorbente principal, incluidos los pasos principales para el ensamblaje y el desmontaje de muestreadores pasivos de aire, así como su mantenimiento.

En esta actividad, los contaminantes que se esperaba monitorear durante un año con PAS fueron:

- **COP Básicos:** aldrin, dieldrin, endrin, clordano (incluido cis clordano, trans-clordano, cis-nonaclor, trans-nonaclor, oxyclordano), endosulfan, heptaclor (incluido cis-heptaclor epóxido, trans-heptaclor epóxido), DDTs (incluido p,p'-DDT, o,p'-DDT, p,p'-DDE, p,p'-DDD, o,p'-DDD), hexaclorobenceno, mirex, pentaclorobenceno, toxafeno (incluyendo Parlar 26, 50 y 62) y los bifenilos policlorados (PCB indicadores, PCB 28, 52, 101, 138, 153 y 180)
- **Retardantes de flama, Polibrominados.:** Polibrominados difenil éter (incluyendo PBDE 17, 28, 47, 49, 99, 100, 153, 154 y 183), hexabromo bifenilo (HxBB), y hexabromocyclododecano (HBCD incluido a-HBCD, b-HBCD, y-HBCD).
- **Dioxinas, Furanos y PCB similares:** Dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD, 7 congéneres asignados un TEF por la OMS), dibenzofuranos policlorados (PCDF, 10 congéneres asignados un TEF por la OMS) y bifenilos policlorados (dl-PCB, 12 congéneres asignados un TEF por la OMS)

3.1.1. Metodología

3.1.1.1 Equipos, Materiales y Reactivos

- tazón superior e inferior: el tazón superior es más grande que el tazón inferior (imagen. N°1)
- 1 eje de rosca
- tubos de distancia: un tubo corto de 7 cm y un tubo largo de 10 cm
- 4 arandelas planas
- 2 tuercas
- 1 tuerca de mariposa
- 1 gancho para colgar
- 1 adaptador de gancho
- 1 disco de espuma de poliuretano
- papel de aluminio
- 2 pinzas
- cutter/tijeras
- lámina de plástico para sellar
- guantes
- acetona y/o etanol para limpiar partes del muestreador (alternativamente, hexano o isopropanol)
- bolsa para residuos
- bolígrafo y libreta de apuntes
- Vaso precipitado de 500 mL
- Sistema Soxhlet de 250 mL
- Diclorometado grado plaguicida o similar
- etanol



Imagen N° 1. Materiales usados para el muestreo de aire proporcionados por el proyecto

3.1.1.2 Métodos de acondicionamiento para el PUF

- 1) Se colocó un disco de espuma de poliuretano PUF en el vaso de precipitados con 200 mL de agua ultrapura
- 2) Se exprimió el PUF para asegurarse que esté completamente húmedo. Se añadió agua ultrapura en el caso de no estar totalmente sumergido.
- 3) A continuación, se colocó el vaso de precipitados en el baño ultrasónico durante 15 minutos.
- 4) Luego se vertió el agua y se repitieron los pasos 1 y 2.
- 5) Se escurrió el PUF y se colocó en el Soxhlet para realizar la extracción con acetona durante 24 horas.
- 6) Después de la extracción Soxhlet, se eliminó el exceso de acetona en el PUF y se procedió a realizar la segunda extracción, con un solvente diferente, pero durante el mismo tiempo y en las mismas condiciones que se aplicó para la extracción con acetona. El solvente utilizado en la segunda extracción dependía de los COP que se capturaban y analizaban en el PUF: Diclorometano, para la recolección y análisis de COP básicos, Tolueno, para la recolección y análisis de PCDD, PCDF y PCB similares a las dioxinas, así como para compuestos polibromados (PBDE, HBCD y HxBB). Metanol para recoger y analizar compuestos fluorados (PFOS y precursores).

- 7) Después de la segunda extracción, el exceso de solvente del PUF se eliminó manualmente y luego el PUF se colocó en un desecador al vacío. El proceso terminó cuando el PUF estuvo completamente seco.
- 8) Una vez seco el PUF, se envolvió con papel aluminio para su conservación.
- 9) El papel de aluminio que contenía los PUFs se rotuló con fecha de limpieza y caducidad; se mantuvo en un lugar protegido de la luz hasta el momento de su uso.

3.1.2. Coordenadas del Muestreo de aire

Tabla N° 1. Coordenadas del Punto de muestreo en la ciudad de Lima:

Nombre del lugar	Este Zona 18L	Norte Zona 18L	País	Red de Vigilancia	Año	Inicio del muestreo	Fin del muestreo	Tipo de muestreo
Centro de Salud Santa Luzmila, Carabayllo, Lima	27527 8.62 mE	867904 6 mS	Perú	AIRE – UNEP/GEF	2011 - 2012	02/07/2010	04/07/2011	Pasivo
			Perú	AIRE – UNEP/GEF	2018 - 2019	15/05/2018	15/05/2019	Pasivo

El lugar está alejado de rellenos sanitarios, botaderos o cualquier punto de acopio de residuos sólidos, alejado de incineradores, distante de vías de alto tránsito vehicular, distante de zonas agrícolas. La población residente cuenta por lo menos con una antigüedad mínima de tres años y el lugar cuenta con información meteorológica.

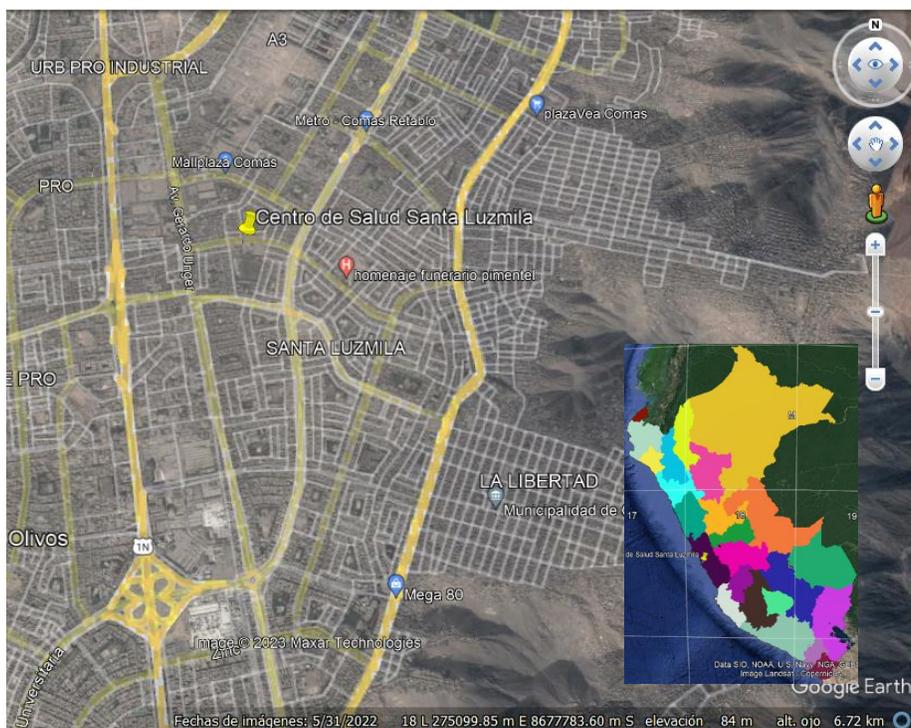


Imagen N° 02. Ubicación del lugar de muestreo

Según la información meteorológica de este punto de muestreo, hay antecedentes de anteriores estudios de saturación (Lima y Callao), en sus conclusiones se describe “que el principal contaminante presente en Lima y Callao, sigue siendo el material particulado PM 10 y PM 2.5 el mismo que se dispersa del sur al nor-este por acción de los vientos”.¹



Imagen N° 03



Imagen N° 4. Muestreadores de COP en aire

Tabla N° 2. Relación de muestras pasivas de aire, recolectadas en los años 2011 – 2012 y 2018 – 2019, para comparar resultados de los dos muestreos del proyecto COP.

Nombres de las Muestras de aire	Periodo	Fecha de inicio	Fecha término	Tiempo de Exposición (días)
PER-1-I al PER-8-I	I	02/07/2010	02/10/2010	92
PER-1-II al PER-8-II	II	02/10/2010	03/01/2010	93

¹ <http://www.digesa.minsa.gob.pe/DCOVI/Estudio%20de%20Saturacion%202011.pdf>

PER-1-III al PER-8-III	III	03/01/2011	04/04/2011	91
PER-1-IV al PER-8-IV	IV	04/04/2011	04/07/2011	91
2018-III	III	15/05/2018	15/08/2018	92
2018-IV	IV	27/09/2018	03/01/2019	98
2019-I	I	03/01/2019	03/04/2019	90
2019-II	II	03/04/2019	02/07/2019	90

3.1.3. Resultados obtenidos en muestras de aire

Los datos obtenidos provienen del Laboratorio de Dioxinas del IDAEA – CSIC de Barcelona, España, en donde se analizaron las muestras de aire colectadas en las esponjas de poliuretano (PUF). Todas las muestras analizadas fueron reportadas en nanogramos por PUF (ng/PUF) para todos los compuestos, a excepción de las dioxinas, furanos y dl-PCBs que se expresan en picogramos por PUF (pg/PUF).

La metodología analítica usada en el IDAEA se ha basado en un análisis mediante la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas de alta resolución (GC-HRMS), utilizando la dilución isotópica como método de cuantificación. Previo a este análisis fue necesaria una etapa de extracción, realizada con ayuda de un extractor Soxhlet y posterior purificación del extracto. La purificación se basó en cromatografía de adsorción sólido-líquido, empleando columnas abiertas eluidas por gravedad, con diferentes adsorbentes, como sílice modificada, alúmina, florisil o carbón activado.

En los reportes se incluyen valores suma para las diferentes familias de compuestos, siguiendo la aproximación del “valor inferior” o “lowerbound” (LB), es decir considerando igual a 0 la contribución de aquellos compuestos con valores inferiores al límite de cuantificación.

Para los COP básicos, se muestra la suma de algunas familias de sustancias (ejemplo: DDTs, heptaclor, clordanos, etc). La identificación de los compuestos pertenecientes a las distintas familias se realiza mediante diferentes colores de relleno de las celdas.

Para el caso de los PBDE, solo se analizó en el segundo muestreo (2018 – 2019), donde se incluyeron 10 PBDEs. En rojo se indican los 2 compuestos añadidos a los 8 PBDEs, que son los nuevos COP analizados en este segundo muestreo. (ver en la tabla N° 9).

En los reportes realizados en los dos muestreos, se ha analizado las dioxinas, furanos y PCBs similares a las dioxinas (dl-PCBs); en estos reportes se incluyen resultados de equivalencia tóxica, calculados con los factores de referencia de la OMS (WHO-TEQ) y se ha estimado también el límite inferior “lowerbound” de estos mencionados compuestos.

Cabe indicar que en la primera etapa del estudio realizado entre el 2010 al 2011 sólo se analizaron tres periodos trimestrales (PER1 I – PER-8 I, PER1 II – PER8 II, PER1 III – PER8 III) de los cuatro muestreos. Las muestras del cuarto periodo no llegaron a su destino final por problemas en la aduana, sin embargo, el análisis de los tres trimestres sirvió de referencia para nuestros primeros datos de COP.

A continuación, se muestran los valores reportados por el laboratorio de dioxinas del CSIC de España en los dos periodos de muestreo el 2010 - 2011 y el 2018 - 2019.

a) *Resultados de los filtros de Poliuretano – PUF con muestras de aire en Lima. Periodo 2010 – 2011.*

Tabla N° 3. Resultados de COP básicos en muestras de aire en muestreos realizados entre el 2010 y el 2011. **Extracto en 100 uL**

Región	GRULAC	GRULAC	GRULAC	GRULAC
Matrix	PUF	PUF	PUF	PUF
Tiempo de Exposición	quarterly	quarterly	quarterly	quarterly
Muestra Original-ID	PER-1 (2010-I)	PER-1 (2010-II)	PER - 1 (2011-III)	PER - 1 (2011-IV)
País	PERÚ	PERÚ	PERÚ	PERÚ
Nombre Abreviado	PER	PER	PER	PER
Ident., de la muestra	PER 1-I	PER 1-II	PER 1-III	PER 1-IV
Unidad	ng/PUF	ng/PUF	ng/PUF	ng/PUF
OCPs	PER 1-I	PER 1-II	PER 1- III	PER 1-IV
Pentaclorobenceno	-----	-----	-----	-----
a-HCH	0,0004	0,008	0,0004	-----
Hexaclorobenceno	0,092	0,032	0,047	-----
g-HCH	0,0004	0,062	0,113	-----
b-HCH	0,0004	0,0004	0,0004	-----
d-HCH	-----	-----	-----	-----
Heptaclor	0,081	0,039	0,048	-----
Aldrin + pico desconocido	0,245	0,027	0,102	-----
Oxyclordano	0,0004	0,0004	0,0004	-----
cis-Heptaclor Epoxido	0,0004	0,0004	0,0004	-----
trans-Heptaclor Epoxido	0,0004	0,0004	0,0004	-----
o,p'-DDE	0,0004	0,043	0,016	-----
p,p'-DDE	0,176	0,006	0,068	-----
trans-Clordano	0,0004	0,0004	0,0004	-----
cis-Clordano	0,0004	0,0004	0,0020	-----
a-Endosulfan	-----	-----	-----	-----
trans-Nonaclor	0,0004	0,0004	0,0004	-----
Dieldrin	0,013	0,013	0,005	-----
Endrin	0,0004	0,0004	0,004	-----
o,p'-DDD	0,026	0,006	0,0012	-----
o,p'-DDT	0,0004	0,0004	0,0004	-----
p,p'-DDD	0,0004	0,206	0,077	-----
p,p'-DDT	0,124	0,136	0,097	-----
cis-Nonaclor + Clordecona	0,0004	0,0004	0,0004	-----

Región	GRULAC	GRULAC	GRULAC	GRULAC
Matrix	PUF	PUF	PUF	PUF
Tiempo de Exposición	quarterly	quarterly	quarterly	quarterly
Muestra Original-ID	PER-1 (2010-I)	PER-1 (2010-II)	PER - 1 (2011-III)	PER - 1 (2011-IV)
País	PERÚ	PERÚ	PERÚ	PERÚ
Nombre Abreviado	PER	PER	PER	PER
Ident., de la muestra	PER 1-I	PER 1-II	PER 1-III	PER 1-IV
Unidad	ng/PUF	ng/PUF	ng/PUF	ng/PUF
OCPs	PER 1-I	PER 1-II	PER 1- III	PER 1-IV
b-Endosulfan	-----	-----	-----	-----
Endosulfan sulfato	-----	-----	-----	-----
Mirex	0,369	0,503	0,327	-----
OCPs	PER 1-I	PER 1-II	PER 1-III	PER 1-IV
Sum HCHs (α , β , γ , δ)	0.0012	0,0704	0,1138	-----
Sum Heptachlors	0,082	0,040	0,049	-----
Sum Chlordanes	0,056	0,002	0,022	-----
Sum Drins	0.258	0,039	0,111	-----
Sum DDTs	0.327	0,0397	0,270	-----

Tabla N° 4. Resultados de PCBs básicos en muestras de aire en muestreo del 2010 al 2011.

Región	GRULAC	GRULAC	GRULAC	GRULAC
Matrix	PUF	PUF	PUF	PUF
Tiempo de Exposición	quarterly	quarterly	quarterly	quarterly
Muestra Original-ID	PER-1 (2010-I)	PER-1 (2010-II)	PER - 1 (2011-III)	PER - 1 (2011-IV)
País	PERÚ	PERÚ	PERÚ	PERÚ
Nombre Abreviad	PER	PER	PER	PER
Ident., de la Muestra	PER 1-I	PER 1-II	PER 1-III	PER 1-IV
Unidad	ng/PUF	ng/PUF	ng/PUF	ng/PUF
Indicador PCB	PER 1-I	PER 1-II	PER 1- III	PER 1-IV
PCB 28	14,46	22,93	10,88	-----
PCB 52	7,48	13,78	10,51	-----
PCB 101	7,10	9,07	11,41	-----
PCB 118	4,53	5,26	7,77	-----
PCB 153	6,91	8,00	11,91	-----
PCB 138	5,46	10,45	9,14	-----
PCB 180	3,76	5,33	5,54	-----
Suma Indicador PCB (LB)	49,72	74,82	67,17	-----

Tabla N 5. Resultados de PCDD/PCDFs en muestras de aire ambiente anual correspondiente a 2010 – 2011.

Región	GRULAC	GRULAC	GRULAC
Matrix	AIR	AIR	AIR
Muestra	PUFs	PUFs	PUFs
Lab	CSIC	CSIC	CSIC
Año de muestreo	2010	2010	2011
Código de sesión	I	II	III
periodo	I	II	III
Tiempo de exposición	quarterly	quarterly	quarterly
Identificación de la muestra	PER-7-1	PER-7-2	PER-7-3
País	PERÚ	PERÚ	PERÚ
Nombre abreviado	PER	PER	PER
Ident., de la muestra	PER-7-1	PER-7-2	PER-7-3
Unidad	pg/ PUF	pg/ PUF	pg/ PUF
PCDD/PCDF	PER 7-1	PER 7-2	PER 7-3
2378-CI4DD	4,06	5,58	6,88
12378-CI5DD	8,11	9,33	17,46
123478-CI6DD	4,07	4,70	7,85
123678-CI6DD	8,45	9,93	17,19
123789-CI6DD	5,94	7,06	11,64
1234678-CI7DD	42,78	48,67	72,57
CI8DD	200,14	188,15	209,89
2378-CI4DF	31,87	44,97	64,24
12378-CI5DF	20,74	0	52,37
23478-CI5DF	24,27	29,75	58,23
123478-CI6DF	14,92	16,30	37,05
123678-CI6DF	14,05	16,57	35,31
123789-CI6DF	14,54	15,68	6,27
234678-CI6DF	0	0	34,13
1234678-CI7DF	31,15	33,36	68,21
1234789-CI7DF	0	0	4,40
CI8DF	13,65	13,29	21,07
WHO ₁₉₉₈ -TEQ _{PCDD}	14,46	17,59	28,75
WHO ₁₉₉₈ -TEQ _{PCDD/PCDF}	35,48	42,15	78,92
dI-PCB	PER 7-1	PER 7-2	PER 7-3

Región	GRULAC	GRULAC	GRULAC
Matrix	AIR	AIR	AIR
Muestra	PUFs	PUFs	PUFs
Lab	CSIC	CSIC	CSIC
Año de muestreo	2010	2010	2011
Código de sesión	I	II	III
periodo	I	II	III
Tiempo de exposición	quarterly	quarterly	quarterly
Identificación de la muestra	PER-7-1	PER-7-2	PER-7-3
País	PERÚ	PERÚ	PERÚ
Nombre abreviado	PER	PER	PER
Ident., de la muestra	PER-7-1	PER-7-2	PER-7-3
Unidad	pg/ PUF	pg/ PUF	pg/ PUF
PCB 77	990,80	1512,67	1447,25
PCB 81	92,37	120,51	148,28
PCB 126	147,08	177,38	262,16
PCB 169	35,60	27,68	42,19
PCB 105	1831,28	2217,86	3285,82
PCB 114	127,80	152,80	252,79
PCB 118	4192,41	4943,77	1129,69
PCB 123	485,76	547,56	792,73
PCB 156	427,81	505,40	807,91
PCB 157	94,90	116,05	186,61
PCB 167	242,76	306,26	452,33
PCB 189	69,88	78,81	111,03
WHO ₁₉₉₈ -TEQ _{PCB}	15,17	18,18	26,80
WHO ₁₉₉₈ -TEQ _{total}	51,64	61,49	106,87

b) *Resultados de los Filtros de Poliuretano – PUF con muestras de aire en Lima.
Periodo 2018 – 2019.*

Tabla N° 6. Resultados de COP básicos en muestras de aire en muestreos realizados del 2018 al 2019.

Región	GRULAC	GRULAC	GRULAC	GRULAC
Matrix	PUF	PUF	PUF	PUF
Tiempo de Exposición	trimestral	trimestral	trimestral	trimestral
Identificación de la muestra original	PER-1 (2018-III)	PER-1 (2018-IV)	PER - 1 (2019-I)	PER - 1 (2019-II)
Nombre del País	PERÚ	PERÚ	PERÚ	PERÚ
Nombre Abreviado	PER	PER	PER	PER
Identificación de la muestra	PER (2018-III)	PER (2018-IV)	PER (2019-I)	PER (2019-II)
unidad	ng/PUF	ng/PUF	ng/PUF	ng/PUF
OCPs	PER (2018-III)	PER (2018-IV)	PER (2019-I)	PER (2019-II)
Pentaclorobenceno	5,1	3,5	4,2	6
a-HCH	1,7	0,89	1,8	2,1
Hexaclorobenceno	12	7,3	6,2	11
g-HCH	7,5	3,5	5,3	5,6
b-HCH	1,7	0,74	2	1,9
d-HCH	0,77	0,39	1,3	1,3
Heptaclor	0,6	0,38	0,64	0,67
Aldrin + pico desconocido	1,2	0,57	1	1
Oxyclordano	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40
cis-Heptaclor Epóxido	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40
trans-Heptaclor Epóxido	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
o,p'-DDE	1,7	0,7	1,9	1,8
p,p'-DDE	26	11,3	34	32
trans-Clordano	0,92	0,5	1,3	1,1
cis-Clordano	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40
a-Endosulfan	3,2	<1,00	1	1,5
trans-Nonaclor	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40
Dieldrin	1,8	0,8	1,9	1,8
Endrin	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40
o,p'-DDD	0,65	0,3	1,1	1,2
o,p'-DDT	4,7	2,1	6,8	6,6
p,p'-DDD	1	0,4	1,9	2,4
p,p'-DDT	8,3	4,3	16	15
cis-Nonaclor + Clordecona	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40

Región	GRULAC	GRULAC	GRULAC	GRULAC
Matrix	PUF	PUF	PUF	PUF
Tiempo de Exposición	trimestral	trimestral	trimestral	trimestral
Identificación de la muestra original	PER-1 (2018-III)	PER-1 (2018-IV)	PER - 1 (2019-I)	PER - 1 (2019-II)
Nombre del País	PERÚ	PERÚ	PERÚ	PERÚ
Nombre Abreviado	PER	PER	PER	PER
Identificación de la muestra	PER (2018-III)	PER (2018-IV)	PER (2019-I)	PER (2019-II)
unidad	ng/PUF	ng/PUF	ng/PUF	ng/PUF
OCPs	PER (2018-III)	PER (2018-IV)	PER (2019-I)	PER (2019-II)
b-Endosulfan	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Endosulfan sulfato	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Mirex	<0,08	<0,08	<0,08	0,11
OCPs	PER (2018-III)	PER (2018-IV)	PER (2019-I)	PER (2019-II)
Sum HCHs (α , β , γ , δ)	11,67	5,52	10,4	10,9
Sum Heptachlors	0,6	0,38	0,64	0,67
Sum Chlordanes	0,92	0,50	1,30	1,10
Sum Drins	3	1,37	2,9	2,8
Sum DDTs	42,35	19,1	61,7	59

Tabla N° 7. Resultados de COP básicos en muestras de aire en campañas realizadas entre el 2018 y el 2020.

Región	GRULAC	GRULAC	GRULAC	GRULAC
Matrix	PUF	PUF	PUF	PUF
Tiempo de Exposición	quarterly	quarterly	quarterly	quarterly
Identificación de la muestra	PER-1 (2018-III)	PER-1 (2018-IV)	PER - 1 (2019-I)	PER - 1 (2019-II)
Nombre del País	PERÚ	PERÚ	PERÚ	PERÚ
Nombre Abreviado	PER	PER	PER	PER
Ident., de la muestra	PER (2018-III)	PER (2018-IV)	PER (2019-I)	PER (2019-II)
unidad	ng/PUF	ng/PUF	ng/PUF	ng/PUF
PCB indicador	PER (2018-III)	PER (2018-IV)	PER (2019-I)	PER (2019-II)
PCB 28	4,9	5,3	7,8	5,6
PCB 52	4	5,3	5,5	4,9
PCB 101	3,1	5,5	3,9	3,7
PCB 153	3,1	3,6	3,6	3,5
PCB 138	2,4	3,3	2,9	2,8
PCB 180	1,7	1,3	1,7	1,7
Suma Indicador PCB (LB)	19,2	24,3	25,4	22,2

Tabla N°8. Resultados de PCDD/PCDFs en muestras de aire ambiente anual correspondiente a los años 2018 – 2019.

Región	GRULAC
Matrix	PUF
muestras	5 (4 PUFs)
Laboratorio	CSIC
Año de muestreo	2018 - 19
Códigos	III + IV + I + II
Periodos	2018-19-III+IV+I+II
Tiempo de Exposición	quarterly x 4
Código de muestreo	PER-5 (4 PUFs) (2018-19-III+IV+I+II)
Nombre del País	PERÚ
Nombre Abreviado	PER
Identificación de la muestra	PER (2018-19-III+IV+I+II)
Unidades	pg/ 4 PUF
PCDD/PCDF	PER (2018-19-III+IV+I+II)
2378-CI4DD	7,2
12378-CI5DD	18,8
123478-CI6DD	7,4
123678-CI6DD	19,5
123789-CI6DD	13,6
1234678-CI7DD	112,7
CI8DD	418,9
2378-CI4DF	111,3
12378-CI5DF	52,5
23478-CI5DF	67
123478-CI6DF	41,3
123678-CI6DF	39,9
123789-CI6DF	3,8
234678-CI6DF	38,5
1234678-CI7DF	86,7
1234789-CI7DF	6,1
CI8DF	36,2
WHO ₂₀₀₅ - TEQ _{PCDD/PCDF}	77
dl-PCB	PER (2018-19-III+IV+I+II)
PCB 77	2423,6
PCB 81	218,4

Región	GRULAC
Matrix	PUF
muestras	5 (4 PUFs)
Laboratorio	CSIC
Año de muestreo	2018 - 19
Códigos	III + IV + I + II
Periodos	2018-19-III+IV+I+II
Tiempo de Exposición	quarterly x 4
Código de muestreo	PER-5 (4 PUFs) (2018-19-III+IV+I+II)
Nombre del País	PERÚ
Nombre Abreviado	PER
Identificación de la muestra	PER (2018-19-III+IV+I+II)
Unidades	pg/ 4 PUF
PCDD/PCDF	PER (2018-19-III+IV+I+II)
PCB 126	404,9
PCB 169	70,4
PCB 105	9416,5
PCB 114	585,3
PCB 118	17279,2
PCB 123	351,4
PCB 156	1546,1
PCB 157	397,8
PCB 167	703,5
PCB 189	141,4
WHO ₂₀₀₅ -TEQ _{PCB}	44
WHO ₂₀₀₅ -TEQ _{total}	121

Tabla N° 9. Resultados de PBDEs y polibromobifenilo (PBB#153) en muestras de aire ambiente en el muestreo anual realizado entre 2018 y el 2019.

Región	GRULAC	GRULAC	GRULAC
Matrix	PUF	PUF	PUF
Muestra	9	9	9
Laboratorio	CSIC	CSIC	CSIC
Año de muestreo	2018	2019	2019
Código de Periodo	IV	I	II
Periodo	2018-IV	2019-I	2019-II
Tiempo de muestreo	trimestral	trimestral	trimestral
Identificación de la muestra	PER-1 (2018-IV)	PER - 1 (2019-I)	PER - 1 (2019-II)
País	PERÚ	PERÚ	PERÚ
Nombre Abreviado	PER	PER	PER
Ident., de la muestra	PER (2018-IV)	PER (2019-I)	PER (2019-II)
Unidad	ng/PUF	ng/PUF	ng/PUF
PBDEs	PER (2018-IV)	PER (2019-I)	PER (2019-II)
BDE-17	0,08	0,09	0,09
BDE-28	0,15	0,21	0,2
BDE-47	0,59	0,87	0,7
BDE-66	0,08	0,12	0,11
BDE-100	0,08	0,12	0,09
BDE-99	0,39	0,53	0,37
BDE-85	<0,07	<0,07	<0,07
BDE-154	<0,16	<0,16	<0,16
BDE-153	<0,50	<0,50	<0,50
BDE-183	<1,00	<1,00	<1,00
Sum 10 PBDEs (LB)	1,37	1,94	1,56
Sum 8 PBDEs (LB)	1,29	1,82	1,45

En la tabla 3, 4, 5 se describe los grupos de parámetros analizados en aire durante el periodo 2010 al 2011, datos proporcionados por el Instituto de Diagnóstico Ambiental (IDAEA) – Laboratorio de Dioxinas de CSIC de España, los parámetros son los siguientes:

Grupo de COP analizados en las muestras tomadas del 2010 al 2011

- a) Plaguicidas Organoclorados (POCs) básicos
- b) Diclorodifeniltricloroetano (DDT) y sus isómeros
- c) Hexaclorobenceno (HCB)
- d) Hexaclorociclohexanos (HCH) y sus isómeros
- e) Bifenilos Policlorados (PCBs) y sus congéneres
- f) Dibenzo-p-dioxinas (PCDDs) y dibenzofuranos (PCDFs) y
- g) Los PCBs parecidos a las dioxinas con su factor equivalente tóxico (TEFs) y congéneres

En las tablas 6, 7, 8 y 9 se describen los grupos de parámetros en aire durante el periodo 2018 al 2019, estos datos son proporcionados por el Instituto de Diagnóstico Ambiental (IDAEA) – Laboratorio de Dioxinas del CSIC de España, los parámetros son los siguientes:

Grupo de COP analizados en las muestras de aire tomadas del 2018 al 2019

- a) Plaguicidas Organoclorados (POCs) básicos
- b) Diclorodifeniltricloroetano (DDT) y sus isómeros
- c) Hexabromociclododecano (HBCD)
- d) Hexaclorobenceno (HCB)
- e) Hexaclorociclohexanos (HCH) y sus isómeros
- f) Endosulfan y endosulfansufato
- g) Pentaclorobenceno (PeCB)
- h) Bifenilos Policlorados (PCBs) y sus congéneres
- i) Dibenzop-dioxinas (PCDDs) y dibenzofuranos (PCDFs)
- j) Los PCBs parecidos a las dioxinas con su factor equivalente tóxico (TEFs) y congéneres

Como se puede apreciar, hay una diferencia de 3 grupos de compuestos COP mayor entre lo analizado en el 2011 con lo analizado en el 2019.

3.1.4. Comparación de Datos y Análisis de Tendencias en muestras de aire

Para un mejor análisis de tendencias en comparación con los diferentes años de estudio, se realizaron comparaciones de concentraciones promedios entre los tres trimestres de los años 2010 - 2011 y cuatro trimestres entre los años 2018 – 2019, con el objetivo de ver cómo va la propagación o disminución de estos compuestos en el tiempo.

a) Grupo de COP – Plaguicidas Organoclorados-básicos.

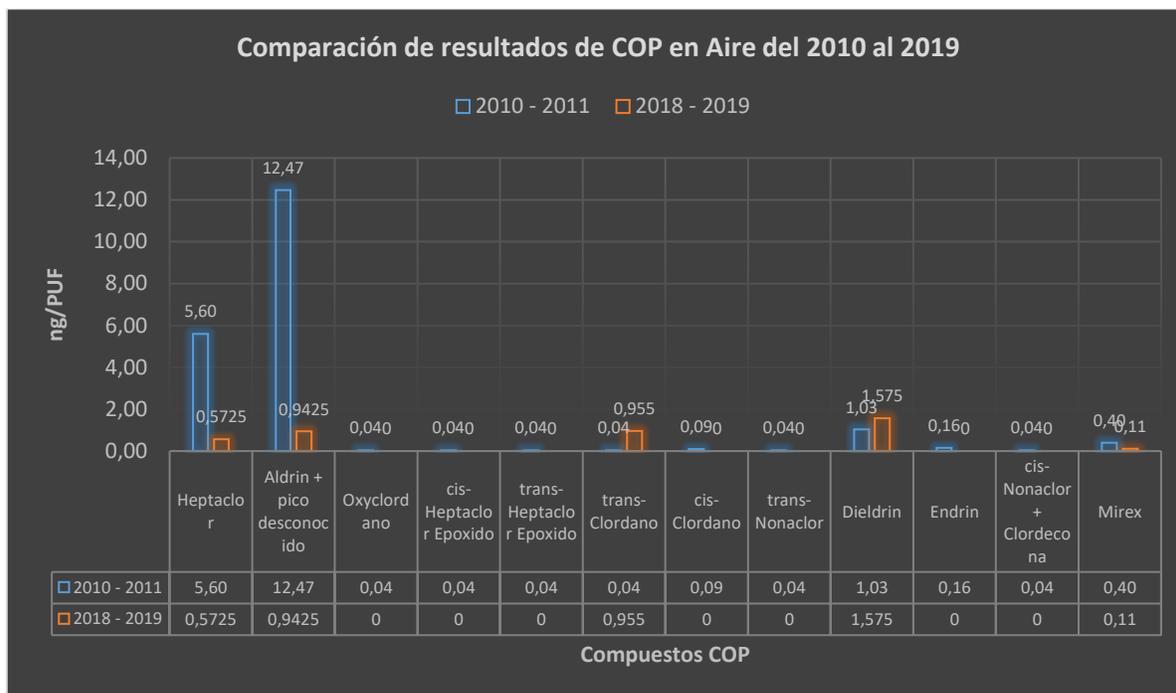


Figura N° 1

Como se puede apreciar en la comparación de los datos de los estudios realizados del 2010 y del 2018, hay una tendencia a la disminución de la presencia de COP, tal como se muestra en la **figura 1**, por ejemplo con la ausencia de oxiclordano, heptaclo epóxido, clordano, Endrin y Nonaclor, en los últimos estudios realizados en el 2018 y con la disminución de la concentración del Heptaclo y del Aldrin. Sin embargo, se registra un incremento de la concentración del trans-clordano y del dieldrin.

b) *Diclorodifeniltricloroetano (DDT) y sus isómeros*

En la **figura 2**, Se muestra datos de las concentraciones promedio trimestral de diclorodifeniltricloroetano (DDTs) e isómeros en ng/PUF de los dos estudios antes descritos, se puede apreciar un aumento significativo en los congéneres de los DDT's, específicamente en el p,p'- DDE, y en o,p'- DDT, cuya suma total de estos congéneres representa un incremento de más del 130% de las concentraciones que se encontraron en el 2010; lo que indicaría que el uso de este plaguicida aún continúa en nuestro país, en consecuencia los residuos de este plaguicida aún se sigue propagando en nuestro ambiente.

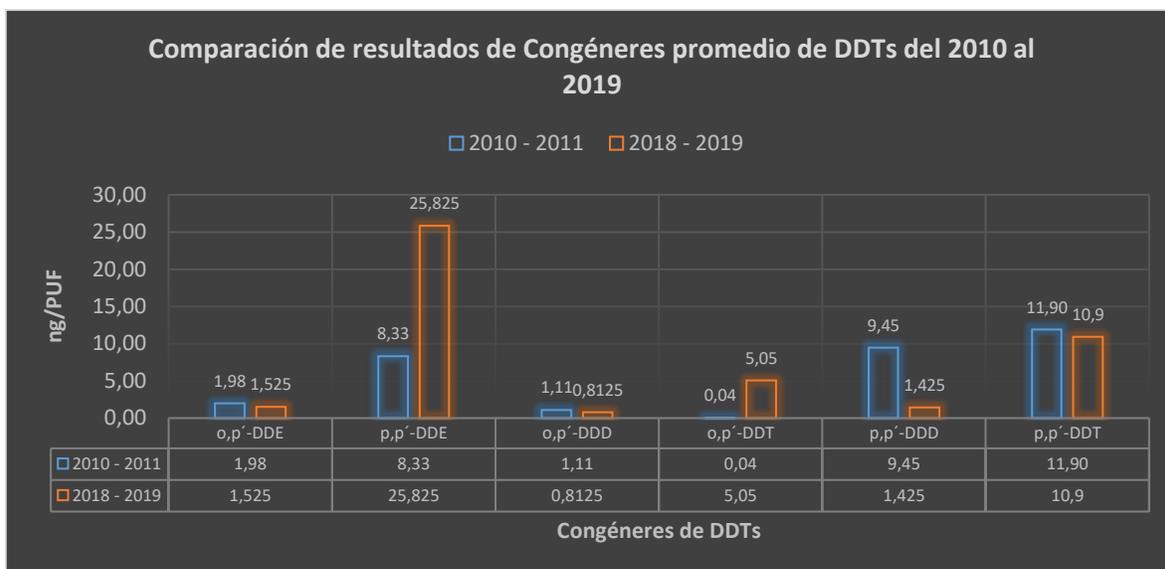


Figura 2.

c) Hexabromociclododecano (HBCD ó BDE)

En la **figura 4**. Describe las concentraciones los BDE (familia de los compuestos bromados) reportados sólo en los tres períodos (PER (2018 – IV), PER (2019 – I) y PER (2019 – II)) de la segunda campaña 2018 – 2019. Estos son los primeros datos para el país sobre estos compuestos.

Las concentraciones halladas son menores a los 2 ng/PUF, tanto en cada congénere como en la suma total de estos compuestos. En los resultados expuestos por el laboratorio del CSIC de España, de los 10 congéneres sólo 6 muestran valores hallados durante los tres períodos, de los cuales son BDE -17, BDE-18, BDE -47, BDE-66, BDE-100, y BDE-99, el resto de congéneres reportaron valores por debajo de sus límites de detección.

A pesar de los valores bajos reportados, en el gráfico se puede apreciar un comportamiento característico que se repite en cada congénere y por consecuencia en su suma, hay una mayor concentración en el periodo PER (2019 –I), que corresponde a los meses de enero a marzo del 2019; podría ser que en el verano de Lima “época seca” estos compuestos alcanzan una mayor concentración, según lo clasificado por el SENAMHI² época en que las precipitaciones son mínimas en esos meses. (ver Figura 3) y es que la existencia de precipitación en época lluviosa hace precipitar estos compuestos, evitándose su expansión.

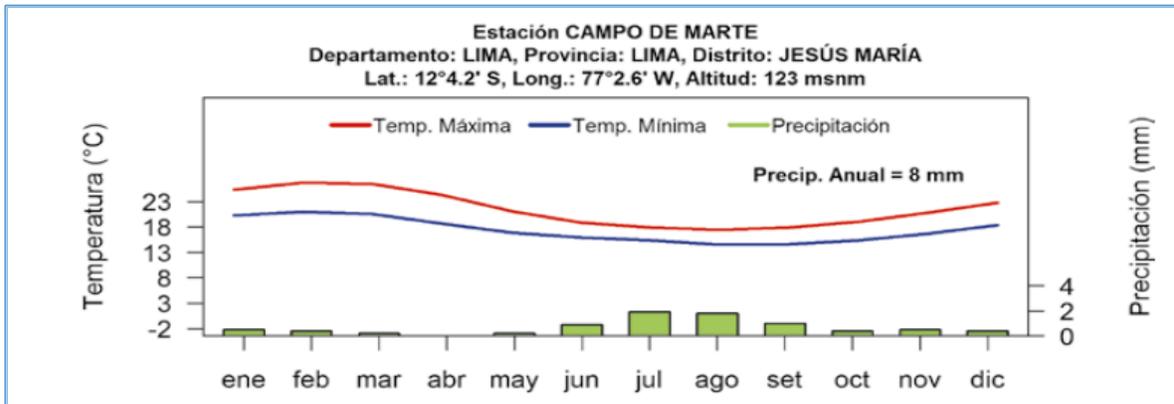


Figura 3. Climas del Perú. Mapa de Clasificación Climática Nacional. Bicentenario Perú 2021 SENAMI. MINISTERIO DEL AMBIENTE

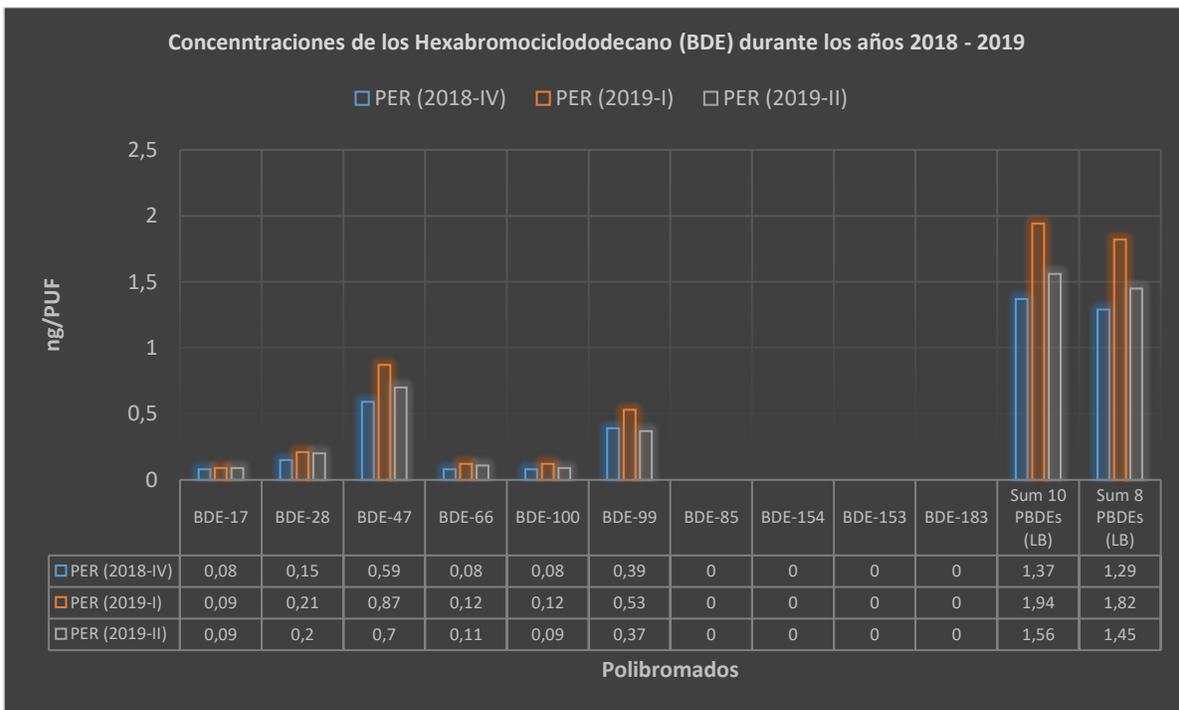


Figura 4.

d) *Hexaclorobenceno (HCB)*

En la **figura 5** muestra una comparación de resultados promedios de hexaclorobenceno calculados a partir de los resultados de los tres (03) trimestres del periodo 2010 – 2011 y los cuatro (04) trimestres del periodo 2018 – 2019, de los cuales se puede apreciar un aumento de la concentración promedio en un 60,08 % al primer valor promedio obtenido en el primer monitoreo del 2010 – 2011.

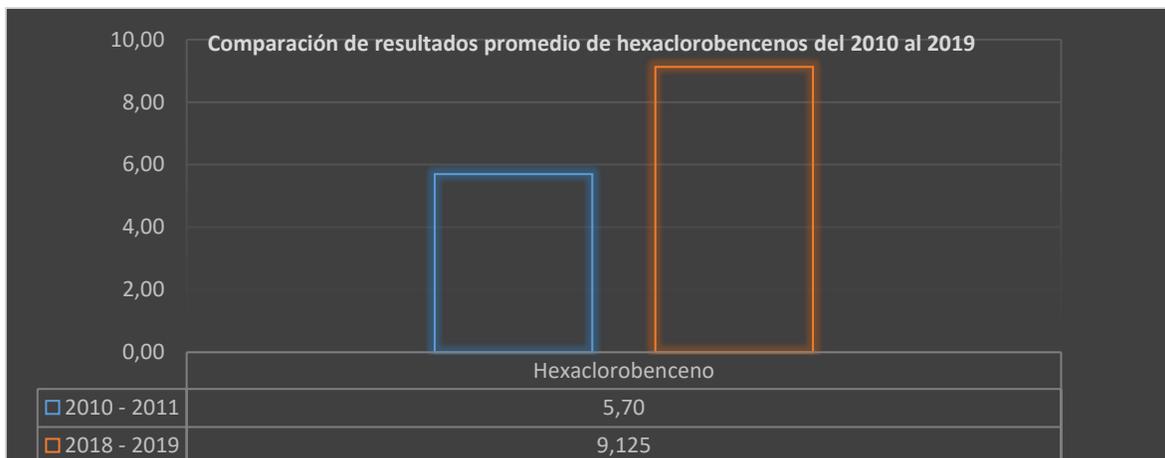


Figura 5.

e) *Hexaclorociclohexanos (HCH) y sus isómeros*

En la **figura 6** se muestra las comparaciones de los resultados promedios de isómeros de hexaclorociclohexanos calculado de los reportes realizados de los tres trimestres en los periodos 2010 – 2011 y los cuatro trimestres de los periodos de 2018 – 2019, en la que muestra una tendencia al incremento de estos valores para los isómeros alfa – HCH, beta – HCH, y delta – HCH. En el primer período se ha reportado valores muy cercanos a sus límites de detección y en el segundo periodo sus incrementos estuvieron entre 94% y 150% aproximadamente. El isómero gamma - HCH se ha mantenido relativamente en el tiempo.

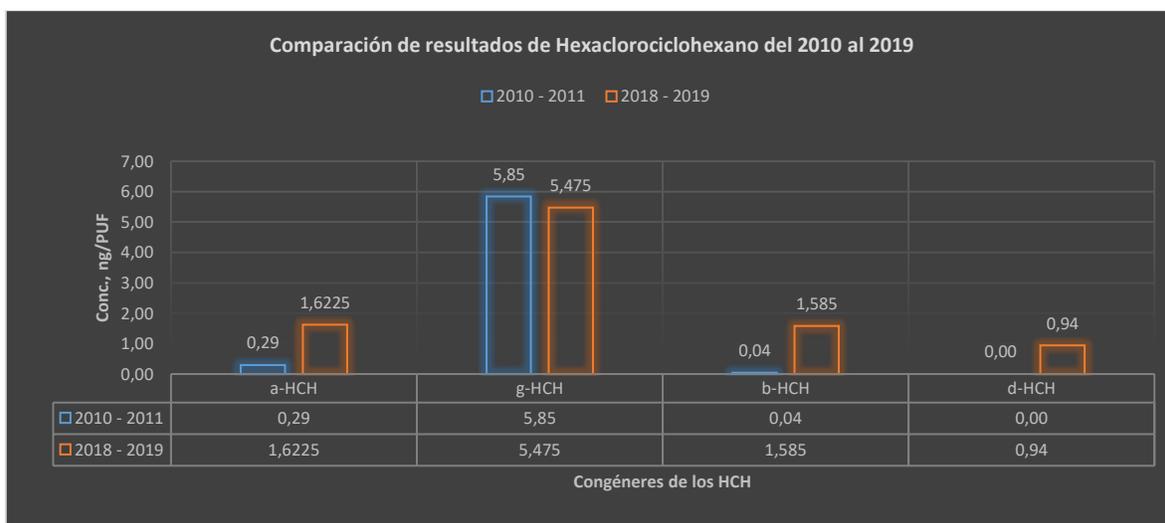


Figura 6

f) Endosulfan y endosulfan sulfato

En la **figura 7**, se muestra los resultados de los congéneres de endosulfan, en la primera jornada de muestreo realizado entre el 2010 y 2011 no se ha realizado el análisis de congéneres de endosulfan, pero sí se ha realizado en la segunda jornada de muestreo (2018 – 2019), en el análisis de congéneres de endosulfan se detectó la presencia de trazas (en un promedio de 1,9 ng/PUF) específicamente en el alfa-endosulfan.

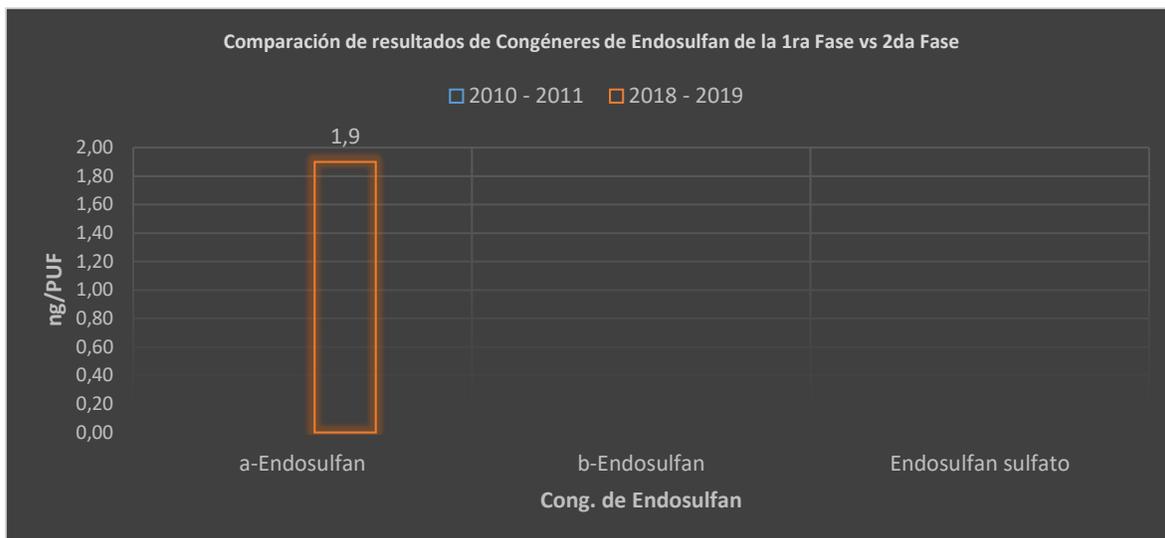


Figura 7

g) Pentaclorobenceno (PeCB)

En la **figura 8**, se muestra los resultados de los congéneres del Pentaclorobenceno, éste es otro de los compuestos organoclorados persistentes nuevos que el Convenio de Estocolmo ha creído conveniente incluirlo en estos últimos años, por lo que no se reporta este compuesto durante la primera jornada del monitoreo realizado del 2010 al 2011 y es durante la segunda jornada de monitoreo (2018- 2019) que se ha detectado trazas de este compuesto, aproximadamente un promedio 4.7 ng/PUF, siendo el primer dato promedio registrado en el país.

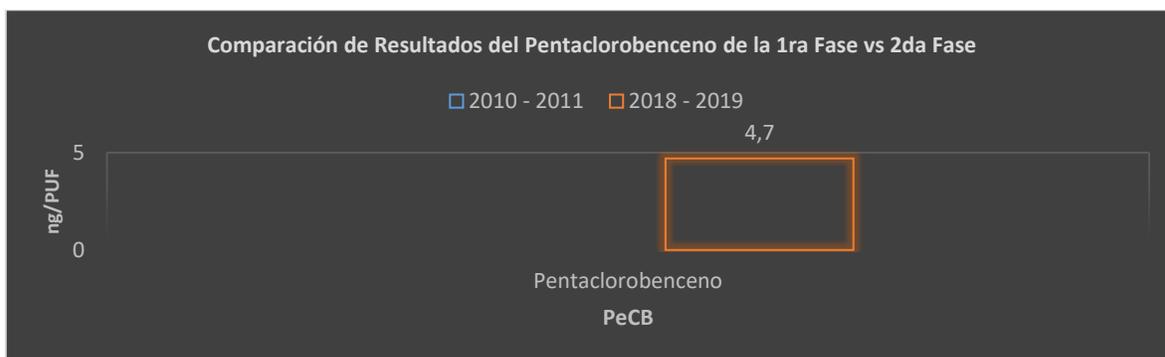


Figura 8

h) Bifenilos Policlorados (PCBs) y sus congéneres

En la **figura 9**, se muestra las comparaciones de los valores promedios de los PCB indicadores de los reportes de la primera jornada (2010 – 2011) versus la segunda jornada del monitoreo en aire (2018 – 2019), en el presente gráfico se puede apreciar un descenso significativo en todas las concentraciones de los congéneres. El descenso de la concentración de la suma de los PCBs indicadores es más del 50% de la concentración inicial reportada en Perú.

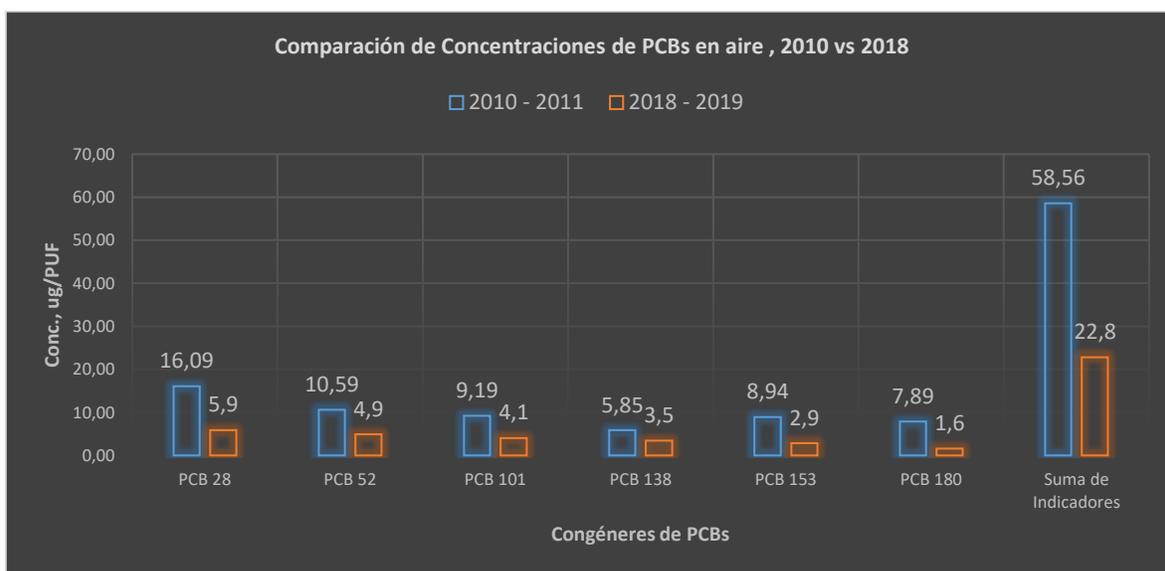


Figura 9

i) Policlorodibenzo-p-dioxinas (PCDDs) y policlorodibenzofuranos (PCDFs)

Las **figuras 10 y 11** muestran las comparaciones de los resultados promedio de las Dioxinas y Furanos, obtenidos desde los años 2010 – 2011 hasta los años 2018 – 2019. En la primera jornada se muestran el promedio de los resultados de los tres trimestres reportados y la segunda proviene de la división entre 4 de los resultados reportados de los 4 PUFs juntos, en la cual según el reporte del laboratorio de Dioxinas de CSIC de España³ dice “ *que deben dividirse por el número de PUFs correspondiente si se quiere normalizar los datos a pg/PUF*”, en la cual estos datos normalizados se aproximarían a un promedio trimestral.

Los resultados de estos análisis están en el orden de pg, estos análisis son realizados solo por espectrometría de masas de alta resolución (HRMS), instrumentos que no disponemos actualmente, además es necesario contar con un área exclusiva de pretratamiento para estos

³ Informe de Resultados. Resultados del análisis de COP en muestras de aire ambiente PUFs de Perú. Barcelona, miércoles 30 de septiembre de 2020.

análisis. Para futuras evaluaciones, es recomendable seguir contando con el apoyo del Convenio de Estocolmo, a fin de obtener las nuevas tendencias con datos actualizados.

Según la evaluación de tendencia de estos compuestos (Dioxinas y Furanos), se observa un descenso en las últimas concentraciones en comparación con los resultados obtenidos durante los primeros muestreos realizados los años 2010 al 2011 y esto ocurre en casi la mayoría de los congéneres para los compuestos en mención. El único congénere que se ha mantenido casi igual en el tiempo corresponde al heptaclorodibenzofurano (Cl₇DF).

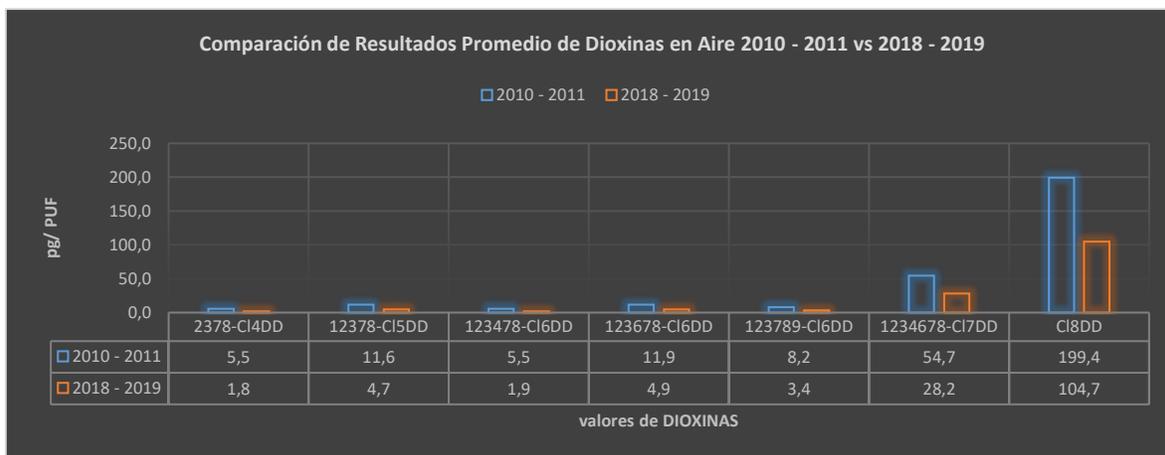


Figura 10



Figura 11

j) Los PCBs parecidos a las dioxinas con su factor equivalente tóxico (TEFs) y congéneres

Las dioxinas (PCDD), Furanos (PCDF) y policlorobifenilos (PCBs “similares a dioxinas”), son un grupo de compuestos orgánicos persistentes en el ambiente, es decir no se degradan fácilmente

y pueden permanecer durante años. Son muy tóxicos para los seres humanos y activos fisiológicamente en dosis extremadamente pequeñas. Las dioxinas son más tóxicas que los PCBs, pero las cantidades de PCBs emitidas al ambiente son varias veces superior⁴, como se puede apreciar en los valores promedios encontrados en el aire en las figuras 12 y 13.

Estos contaminantes son arrastrados a grandes distancias por las corrientes atmosféricas y corrientes oceánicas. Al depositarse en el suelo contaminan los vegetales, los cuales sirven de alimento a los animales⁴. Es de importancia evaluar estos compuestos en el aire, para evaluar su propagación en nuestro ambiente y detectar si existe algún efecto nocivo en la salud humana.

En la **figura 12**, se muestran los valores comparativos promedios trimestrales de los PCBs similares a las dioxinas, estas cantidades son muy superiores a los valores promedios trimestrales de las Dioxinas y furanos (figura 10 y 11), alcanzando a valores superiores a los 2000 pg para el caso del PCB 105 y PCB 118, siendo éste último el congénere de mayor valor reportado, registrándose un incremento en comparación a los valores obtenidos en la primera jornada del muestreo (2010 – 2011). Sin embargo, los valores totales de estos PCBs similares a las Dioxinas han disminuido en estos últimos años del 2018 al 2019, bajando un 12.8% de su concentración promedio anterior encontrado los años 2010 – 2011.

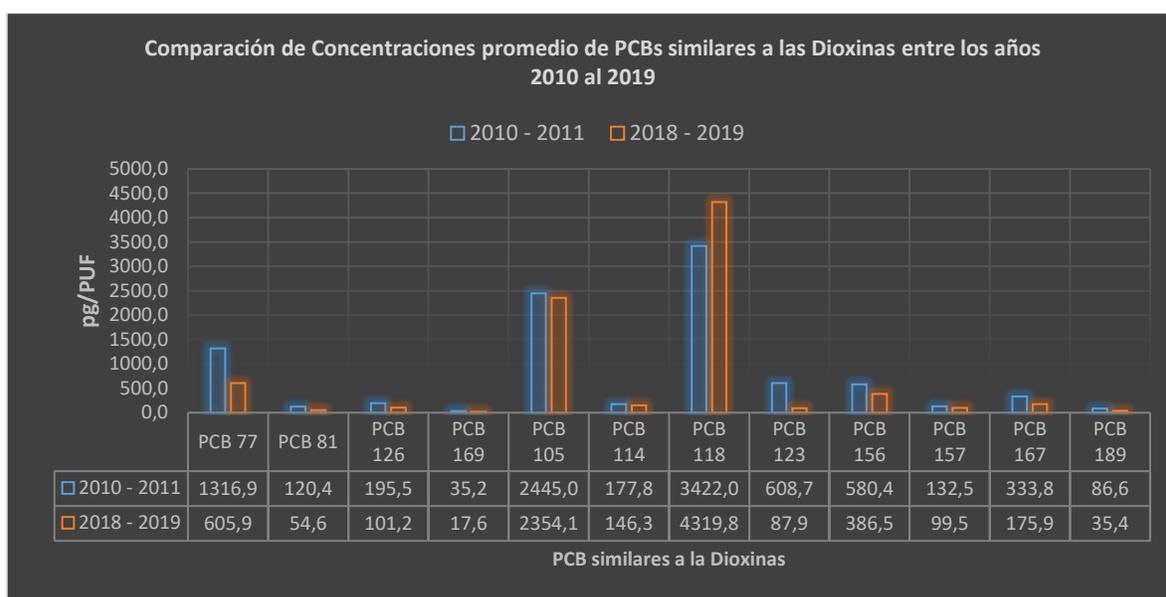


Figura 12

⁴ Trabajos Originales. Porqué controlar dioxinas, furanos y PCB en los alimentos de origen animal destinados a la Población humana. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias – Universidad de Chile.

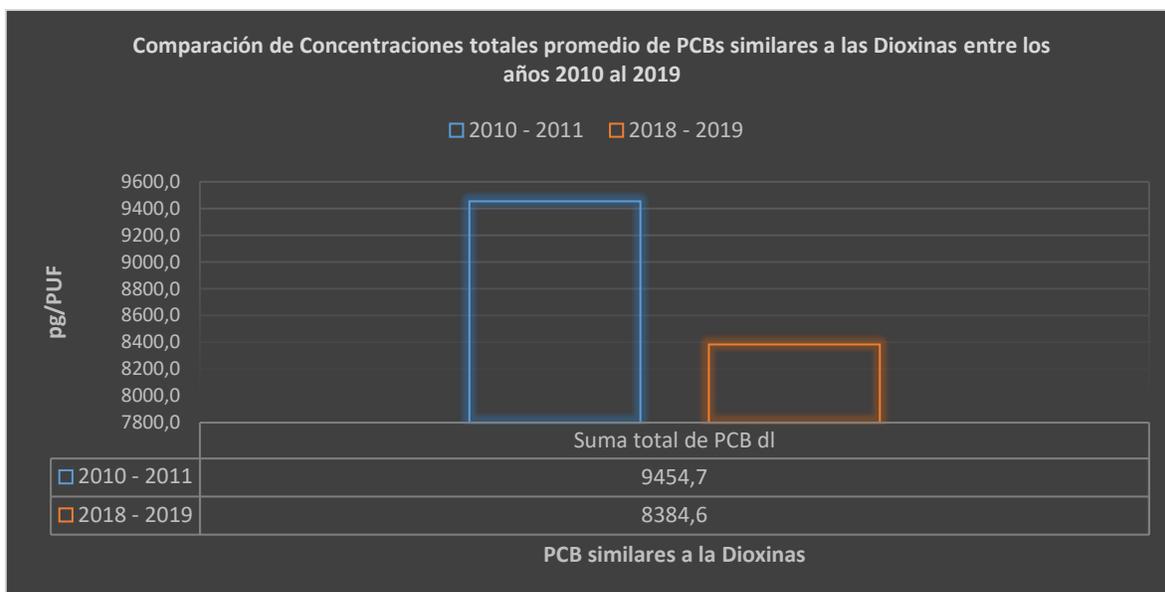


Figura 14

Significado del Factor de Equivalente Tóxico.

Las dioxinas y furanos abarcan un grupo de 210 congéneres diferentes, de los cuales 17 tienen riesgos toxicológicos. Los PCBs son un grupo de 209 congéneres, doce de ellos presentan propiedades toxicológicas semejantes a las dioxinas, por lo que se les conoce generalmente con el nombre de “PCB similares a las dioxinas” y el resto de congéneres tienen un perfil toxicológico diferente.

Como cada congénere presenta un nivel de toxicidad diferente y con el fin de homologar la toxicidad de estas sustancias, se introdujo el concepto de “factor de equivalencia tóxica” (por sus siglas en inglés TEF). Los TEF miden la diferencia en el poder tóxico de cada congénere, respecto al más tóxico de todos ellos: la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina, a la cual se le ha asignado un valor igual a 1 y al resto de los congéneres se le asignaron valores entre 1 y 0,0001, según su toxicidad si es igual o diez mil veces inferior al de la primera. Estos “factores de equivalencia tóxica” fueron definidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), basándose en las conclusiones de la reunión celebrada en Estocolmo en junio de 1997. En el año 2005 la OMS realizó una modificación de estos TEF (Tabla 10).

Tabla N°10. Valores de Factores Equivalentes Tóxicos: TEF

Compuesto	OMS 2005 TEF	OMS 1998 TEF
Dibenzo-p-dioxinas Cloradas		
2,3,7,8-TCDD	1	1
1,2,3,7,8-PeCDD	1	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01	0,01
OCDD	0,0003	0,0001

Compuesto	OMS 2005 TEF	OMS 1998 TEF
Dibenzofuranos Clorados		
2,3,7,8-TCDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,03	0,05
2,3,4,7,8-PeCDF	0,3	0,5
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01	0,01
OCDF	0,0003	0,0001
PCBs Substituidos-No-Orto		
3,3',4,4'-tetraCB (PCB 77)	0,0001	0,0001
3,4,4',5 – tetraCB (PCB 81)	0,0003	0,0001
3,3',4,4',5-pentaCB (PCB 126)	0,1	0,1
3,3',4,4',5,5'-hexaCB (PCB 169)	0,03	0,01
PCBs Substituidos – Mono-Orto		
2,3,3',4,4'-pentaCB (PCB 105)	0,00003	0,00001
2,3,4,4',5-pentaCB (PCB 114)	0,00003	0,00005
2,3',4,4'- pentaCB (PCB 118)	0,00003	0,00001
2',3,4,4',5- pentaCB (PCB 123)	0,00003	0,00001
2,3,3',4,4',5-hexaCB (PCB 156)	0,00003	0,00005
2,3,3',4,4',5'-hexaCB (PCB 157)	0,00003	0,00005
2,3',4,4',5,5'-hexaCB (PCB 167)	0,00003	0,000001
2,3,3',4,4',5,5'-heptaCB (PCB 189)	0,00003	0,00001

En la **figura 15**, se muestra la comparación de la sumatoria de la equivalencia toxicológica promedio de los congéneres de PCBs similares a las dioxinas, entre los dos periodos de estudio (2010- 2011 y 2018 – 2019), en la que se aprecia un descenso en su equivalencia tóxica para los PCBs, de igual manera para las TEF de Dioxinas y Furanos descendieron en más de un 50% en comparación al primer muestreo 2010 - 2011, como consecuencia de esta disminución significativa de los PCBs, Dioxinas y Furanos en el aire, disminuyendo de esta manera la exposición a estos compuestos, tanto en los compartimentos ambientales, como en los seres humanos.

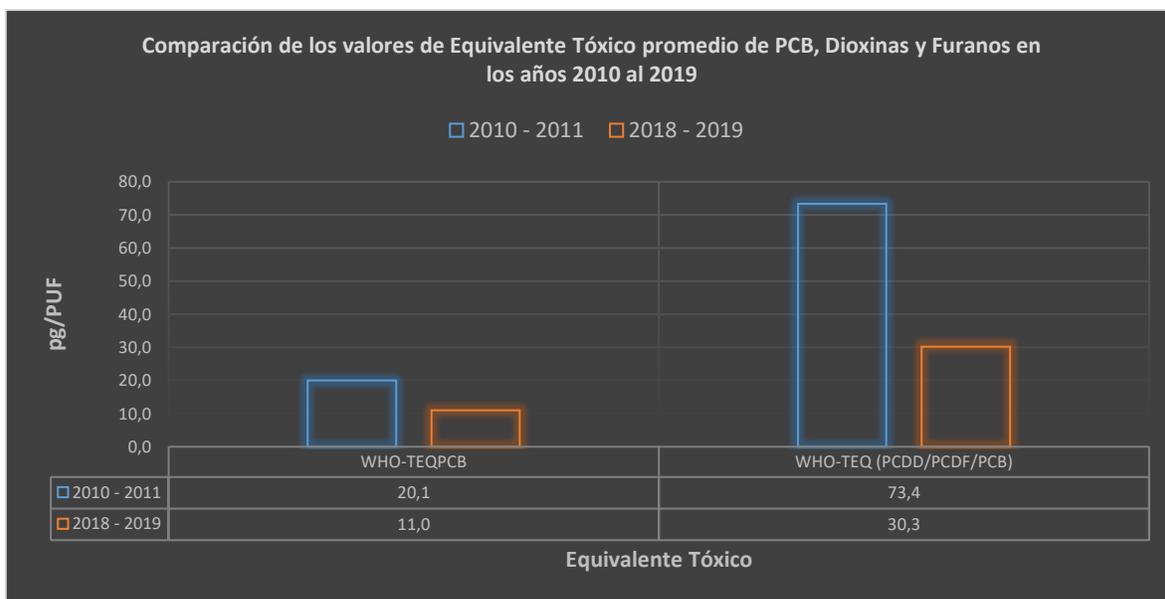


Figura 15

3.2. Muestreo de leche materna

Teniendo en cuenta que los COP pueden ser movilizados desde el tejido graso en determinadas situaciones fisiológicas; como, por ejemplo, en períodos de desnutrición y lactancia. Durante la gestación los COP son movilizados desde el tejido graso al torrente sanguíneo, su excreción es por la leche materna, transfiriéndose a los bebés durante la lactancia; por estas razones los seres humanos, están expuestos a los niveles más elevados de estos contaminantes en el período más vulnerable de su desarrollo desde el útero y durante la infancia; etapas donde el sistema nervioso e inmunológico se encuentra en el delicado proceso de desarrollo.

Con referencia al objetivo del Convenio de Estocolmo, es vital proteger la salud humana de la exposición a los COP, por lo cual se priorizó a la leche materna humana como una de las matrices más adecuadas para monitorear, analizar y medir los niveles de COP's. Este monitoreo se hizo en el Perú el 2010 y se continuó dicho estudio en el 2018, a fin de conocer los niveles de COP en el país para tomar las medidas necesarias para reducir y eliminar los COP (artículo 3 del Convenio de Estocolmo).

3.2.1. Coordinación

La coordinación del muestreo de leche materna estuvo a cargo de la Blga Mg. Soledad Osorio Alva de la DIGESA quién coordinó en el Instituto Nacional Materno Perinatal – INMP de Lima, con el médico Dr. Luis López y la Lic. Enfermera Marlene Cristóbal Vernal, jefa del servicio de Alojamiento Conjunto.

Las muestras de leche en Lima se tomaron en el Instituto Nacional Materno Perinatal de Lima. También se tomaron muestras de leche en las regiones de La Libertad, Ucayali y Tacna.

3.2.2. Metodología

Los criterios de selección de madres donantes de leche humana, según las recomendaciones de la OMS, fueron los siguientes.

- a) Ser primeriza
- b) Tener entre 20 – 30 años de edad
- c) Madre e hijo aparentemente saludables (embarazo normal, parto único y natural)
- d) Haber vivido por lo menos los últimos diez años en la zona
- e) No vivir en proximidades de incineradores, fábricas de papel, fábricas de metal o fábricas de productos químicos
- f) Disponibilidad para la toma de muestra de leche entre la tercera y la octava semana después del parto.

Uno de los inconvenientes que se tuvo en las dos jornadas del monitoreo global GMP1 y GMP2 fue con las madres primerizas, ya que varias de ellas eran menores de 20 años, lo cual se consultó a la Dra. Heidelore Fiedler funcionaria de la UNEP, quien nos sugirió incluir madres en el rango de 18 a 20 años de edad.

3.2.3. Muestreo de leche

En Lima se escogió al Instituto Nacional Materno Perinatal, donde nos reunimos con el director y sus directores ejecutivos para presentarles el proyecto, sus objetivos, la importancia del proyecto y el compromiso internacional que se tenía como Ministerio de Salud con dicho proyecto. En esta primera gestión el objetivo era pedirles la aprobación de desarrollar este proyecto con el apoyo de dicha institución.

Luego de contar con la aprobación de dichas autoridades, se coordinó con el servicio de neonatología y el área de púerperas, donde nos proporcionaron una lista de posibles madres donantes de muestras de leche humana y que cumplían con los criterios de selección del proyecto.

Seleccionamos a aquellas madres que cumplieron con los requisitos del proyecto, luego se les entrevistó y se les informó en qué consistía el proyecto, siendo la información personalizada, dando la oportunidad a las madres que pregunten o que se les explique los aspectos de su interés en este muestreo. Si la madre donante de la muestra de leche estaba de acuerdo en participar, se le solicitaba su firma del consentimiento informado y su identificación digital.

La Licenciada Enfermera Débora Ysabel Guillén López apoyó en la selección de madres donantes que cumplían con los requisitos del proyecto y en el muestreo de leche en Lima.

Se realizó la coordinación con el médico jefe Dr. Luis López y la Lic. Enfermera Marlene Cristóbal Vernal, jefa del servicio de Alojamiento Conjunto del Instituto Nacional Materno Perinatal – INMP, para la captación de madres puérperas que cumplieran con los requisitos del Proyecto COP.

El médico Dr. Alejandro Ferrer Cruz de la Dirección de DCOVI de la DIGESA apoyó en la revisión de las historias clínicas de las madres que cumplieran con los requisitos necesarios para la toma de muestras de leche para este proyecto, así como también apoyó en el taller informativo de este proyecto, que realizamos para el personal de salud, profesional y técnico, del Instituto Nacional Materno Perinatal en Lima.

Se elaboró 81 encuestas a madres puérperas que cumplieran con los requisitos del proyecto COP. Se entregó citas médicas para la toma de muestras de leche a las 3 semanas post parto en los consultorios externos en pediatría, en coordinación con el médico jefe del servicio Dr. Rafael Páucar, especialista en pediatría del INMP. Se elaboró el registro de madres para la toma de muestras de leche en las fechas establecidas. El Dr. Rafael Páucar realizó la evaluación pediátrica de los recién nacidos e informó a los padres sobre el estado de salud del bebé y su desarrollo psicomotor.

En esta etapa se tomaron las muestras de leche humana a las madres puérperas que cumplieron con los requisitos del Proyecto COP.

Se encuestó a las madres hasta el mes de diciembre del 2018, de las cuales 51 cumplieron con los requisitos establecidos por la OMS, aceptando donar 60 mL de su leche.

Coordinamos también con las Direcciones de Salud de las regiones de la Libertad (costa norte del Perú), de Ucayali (selva del Perú), del Cusco (sierra sur del Perú) y de Tacna (costa sur del Perú), Direcciones que nos enviaron 12 muestras de leche materna para este proyecto.

Se tomaron 51 muestras de leche en Lima hasta marzo del 2019. Otro grupo de 12 muestras de leche fueron tomadas en las regiones de La Libertad, Ucayali y Tacna, muestras que fueron enviadas a la DIGESA, posteriormente se preparó una muestra compuesta de leche con 63 muestras, la que se envió al laboratorio Referencial de Freiburg en Alemania para su análisis de COP.

3.2.4. Resultados de la encuesta a las madres donantes de muestras de leche

a) Trabajo antes del Embarazo.

Se ha incrementado en un 13% de madres que trabajaron antes del embarazo para este muestreo.

Figura 16. Encuesta de madres que trabajaron antes del embarazo en el 2010 y el 2019.

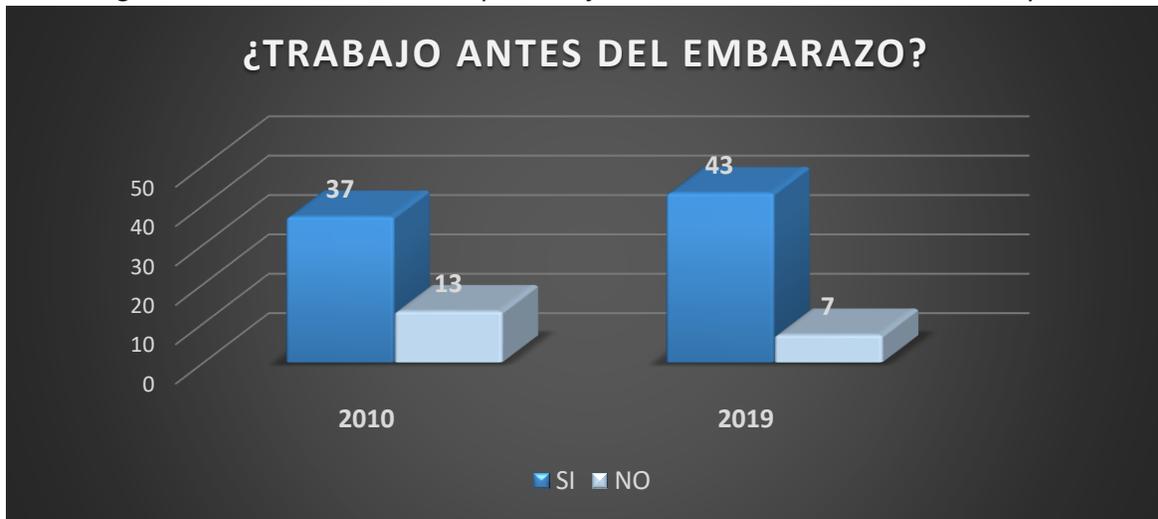
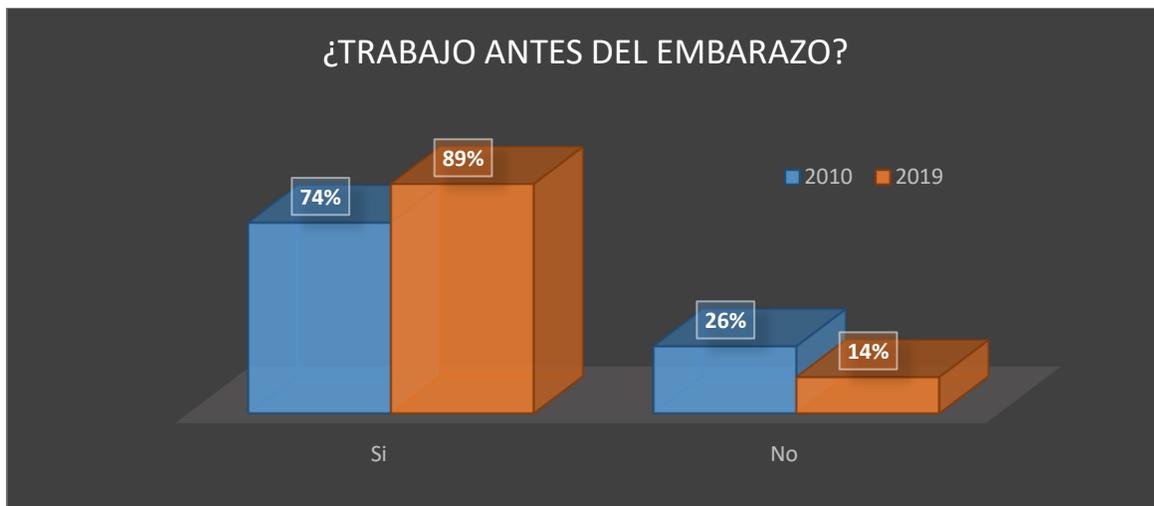


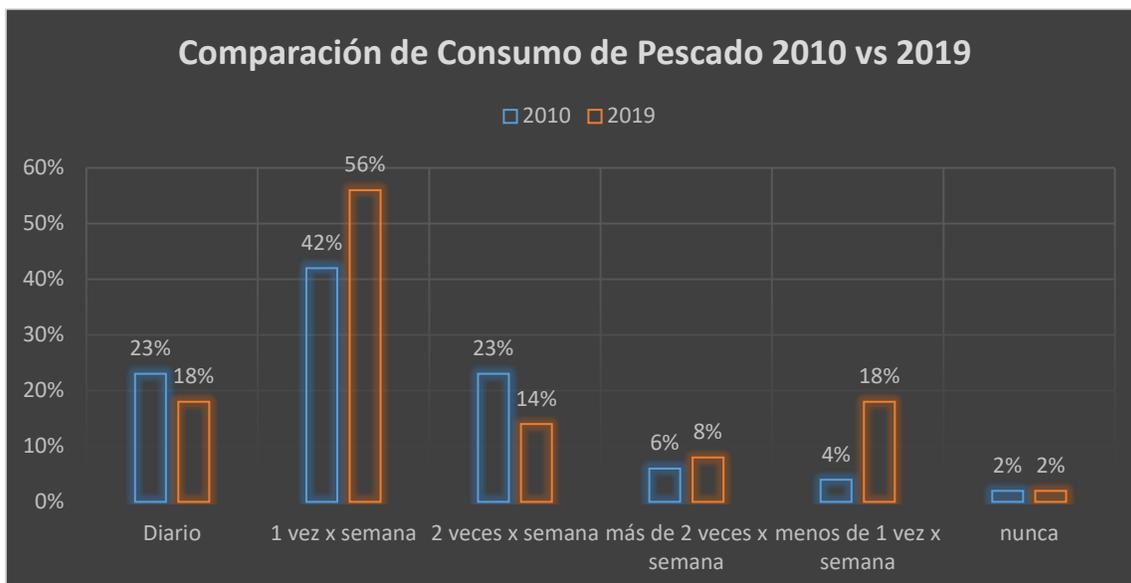
Figura 17. Comparación de la encuesta de madres que trabajaron antes del embarazo año 2010 vs año 2019.



b) Frecuencia de consumo de pescado

Hay una predominancia del consumo semanal de pescado en el 2019, con respecto al 2010. Sin embargo, en el promedio de la frecuencia de consumo de pescado por las madres, hubo un descenso en el 2019 tal como lo muestra la figura N #.19, sobre el consumo diario y dos veces por semana de las madres que los consumen.

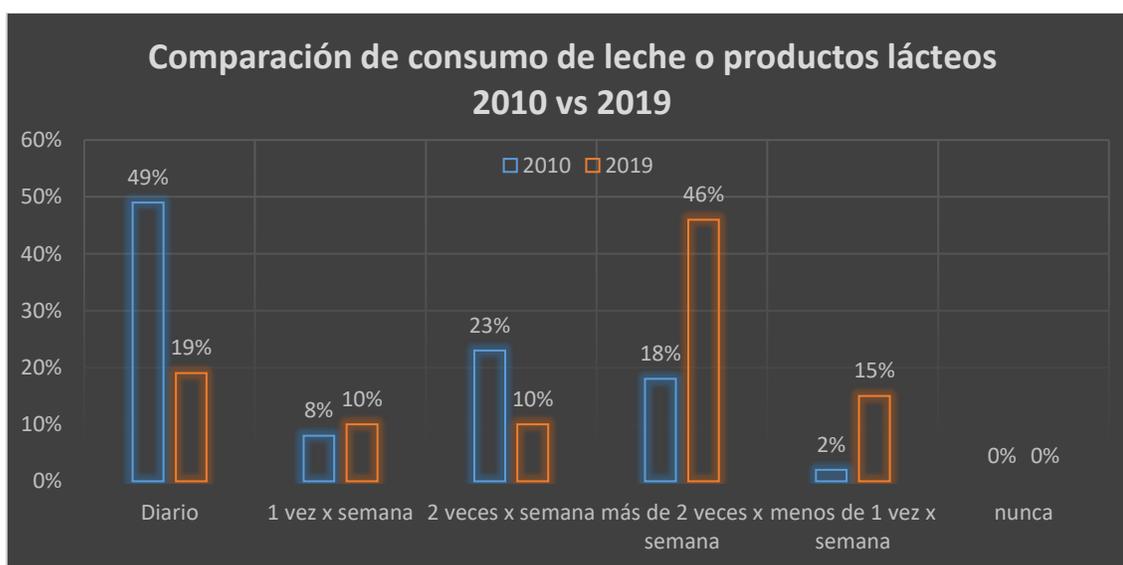
Figura N°19 Gráfico comparativo de frecuencia de consumo de pescado 2010 vs 2019



c) Consumo de leche antes del embarazo

En el 2019, se ha incrementado de 18% a 46% el consumo de leche y productos lácteos en dos veces por semana con respecto a las dos fechas de muestreo, sin embargo, se puede apreciar que el consumo diario disminuyó significativamente con respecto al año 2010

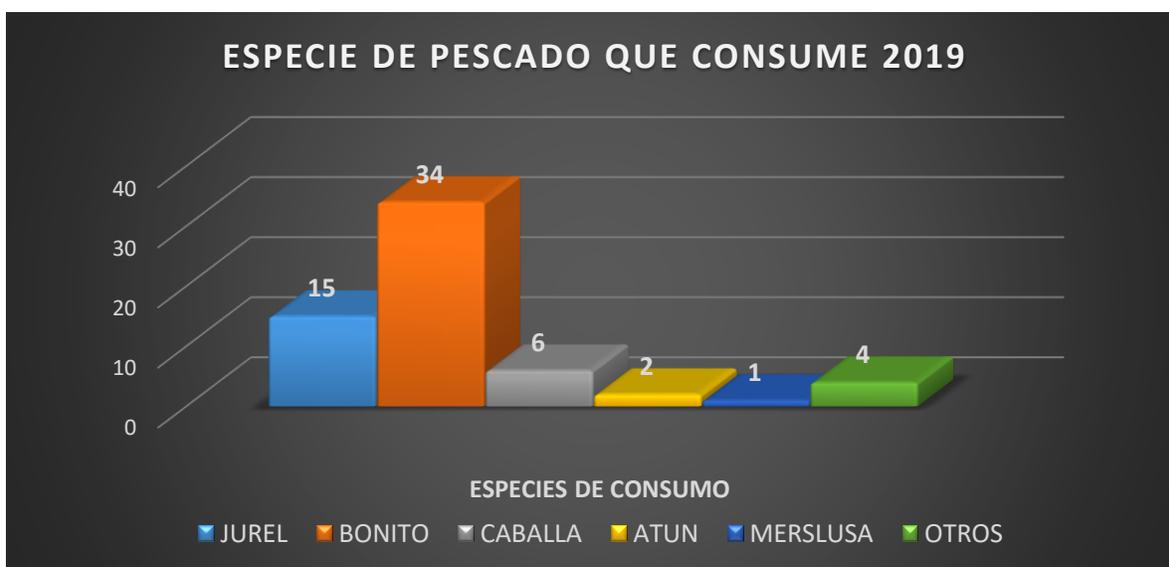
Figura 20. Gráfico comparativo de la frecuencia del consumo de leche o productos lácteos – 2010 vs 2019



d) *Especie de pescado que consume*

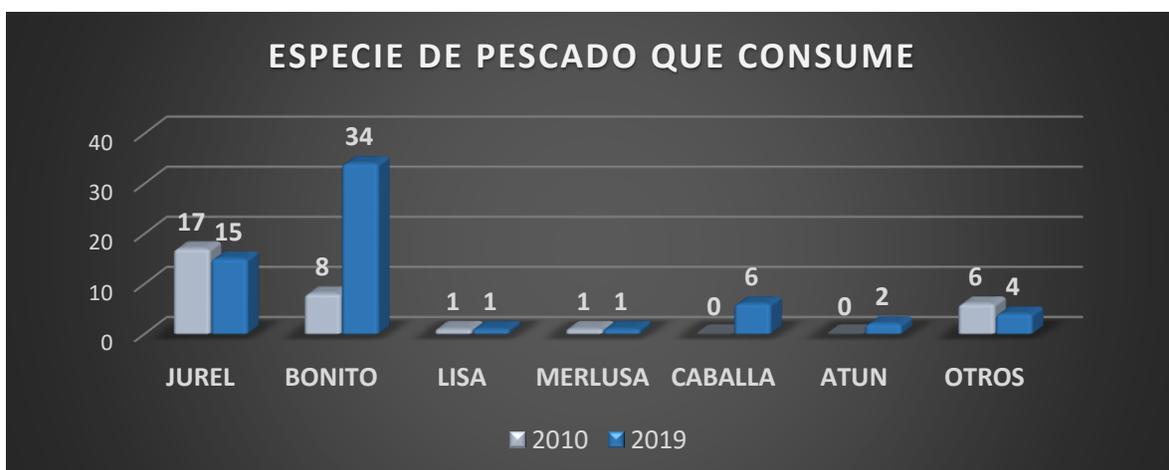
El pescado de mayor consumo es el bonito: *Sarda chilensis* y el menos consumido es la merlusa: *Merluccius gayii* y el atún: *Thunnus albacora*.

Figura 21. Gráfico de consumo por especie de pescado - 2019



En el segundo muestreo de leche materna del 2019, se pudo corroborar el incremento del consumo de pescado bonito, frente a otras especies.

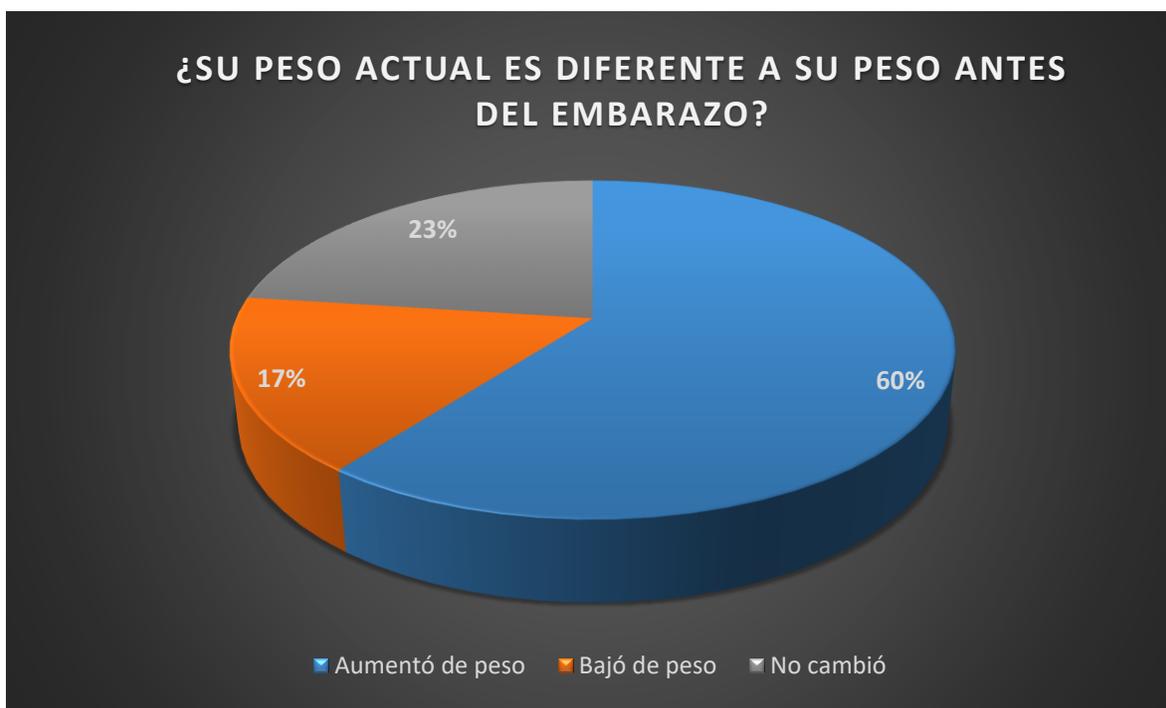
Figura 22. Gráfico de comparación consumo por especie de pescado – 2019 vs 2010



jurel: *Trachurus murphyi*, bonito: *Sarda chilensis*, merlusa: *Merluccius gayii*, caballa: *Scomber japonicus*, atún: *Tunnus albacora*

e) ¿Su peso actual es diferente a su peso antes del embarazo?

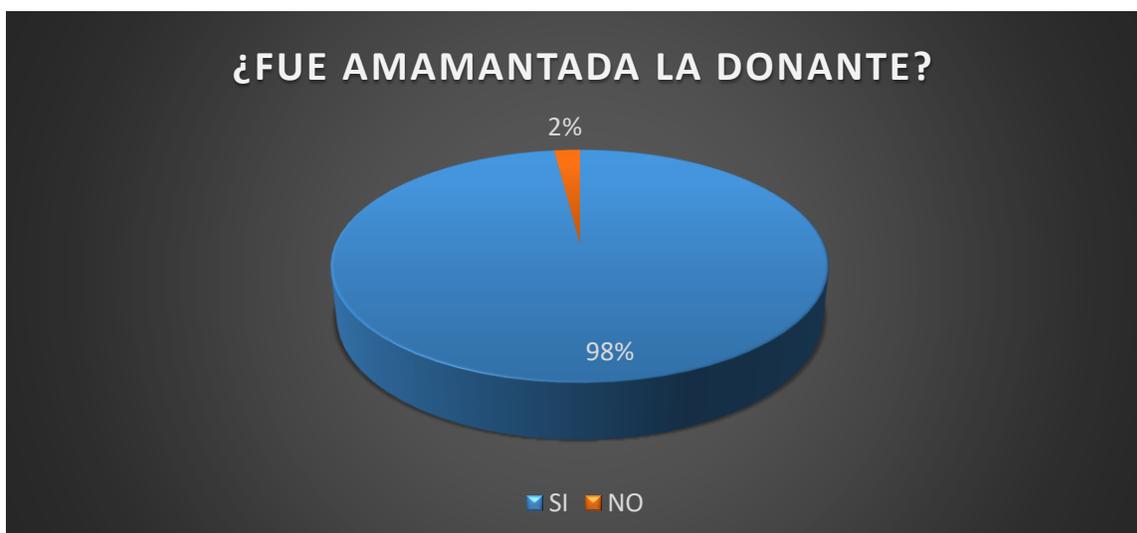
Figura 23. Gráfico del peso corporal de las donantes año 2019



f) ¿Fue amamantada la donante?

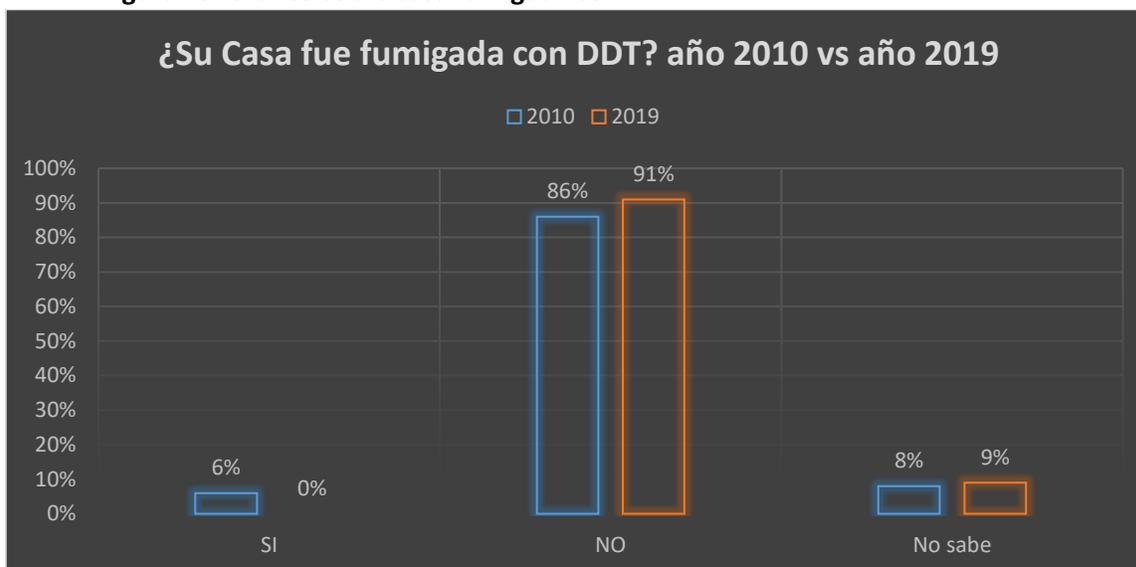
El 98% de las donantes de leche fueron amantadas.

Figura 24. Gráfico sobre madres amamantadas 2019



g) ¿Su casa fue fumigada con DDT? (las respuestas “sí” incluirlas en “no” y “no sabe”)

Figura 25. Gráfico sobre casa fumigada con DDT.



3.2.5. Resultados comparativos de los análisis de leche materna en el 2010 y 2019.

La metodología analítica se ha basado en un análisis mediante el acoplamiento de la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas de alta resolución (GC-HRMS) y utilizando la dilución isotópica como método de cuantificación.

Los resultados se han expresado en unidades de **ng/g de grasa** para los **COP básicos, PCB indicador, Mono-ortho PCB, Non-ortho PCB** y en unidades de **pg/g de grasa** para **Dioxinas y Furanos**.

Tabla 11. Resultados de Plaguicidas Organoclorados en Leche materna:

	Leche Materna Humana	Leche Materna Humana
Tipo de muestra:	Perú	Perú
País:	11064209	190303995
Muestra N°:	13/05/2011	23/08/2019
Fecha:	2011	2019
Año:	Conc., ng/g peso en lípidos	Conc., ng/g peso en lípidos
COP básicos		
Aldrin	nn	nd
Grupo de Clordano 1)	1,5	0,56
alfa-Clordano	nn	nd

Tipo de muestra:	Leche Materna Humana	Leche Materna Humana
País:	Perú	Perú
Muestra N°:	11064209	190303995
Fecha:	13/05/2011	23/08/2019
Año:	2011	2019

COP básicos	Conc., ng/g peso en lípidos	Conc., ng/g peso en lípidos
Gamma-Clordano	nn	nd
Oxy-Clordano	1,6	0,58
Trans-nonaclor	0,6
Dieldrin	2,4	1,97
Grupos de DDT 2)	347,4	208,64
o,p'-DDD	nd	nd
p,p'-DDD	nd	nd
o,p'-DDE	nd	nd
p,p'-DDE	300,8	184,01
o,p'-DDT	1,2	nd
p,p'-DDT	10,9	3,47
Grupo Endrin 3)	nd	nd
Endrin	nd	nd
Endrin Cetona	nd	nd
Grupo Heptacloro 4)	0,7	0,7
Heptacloro	nd	nd
Heptacloro-epóxido cis	0,8	0,73
Heptacloro-epóxido trans	nd	nd
Hexaclorobenceno	4,1	3,1
Grupo Hexaclorocyclohexano (HCH) group		
alfa-HCH	nd	nd
beta-HCH	22,2	7,96
gamma-HCH	nd	nd
Parlar (Toxafeno) grupo 5)	nd	
Parlar 26	nd	nd
Parlar 50	nd	nd
Parlar 62	nd	nd
Mirex	1	nd

Tabla 12. Resultados de PCB indicadores**Reporte de Resultados:****PCB**

	Leche Materna	
Tipo de muestra	Humana	Leche Materna Humana
País	Perú	Perú
Muestra N°	11064209	190303995
Fecha	13/05/2011	7/08/2019
PCB indicadores	Conc, (ng/g lípidos)	Conc, ng/g peso en lípidos
PCB 28	0,643	0,3
PCB 52	0,0848	0,081
PCB 101	0,138	0,12
PCB 138	5,78	3,55
PCB 153	8,52	5,34
PCB 180	5,33	3,29
Suma de Indicadores PCB	20,496	12,681

Tabla 13. Resultados de PCB mono – orto. PCB similares a las Dioxinas

	Conc, (pg/g lípidos) 13/05/2011	Conc, pg/g peso en lípidos 7/08/2019
Mono-ortho PCB		
PCB 105	1100	942
PCB 114	109	147
PCB 118	2840	2530
PCB 123	41,9	40,5
PCB 156	1010	666
PCB 157	179	129
PCB 167	365	217
PCB 189	101	54,8

Tabla 14. Resultados de PCB no-orto. PCB similares a las Dioxinas

	Conc, (pg/g lípidos) 13/05/2011	Conc., pg/g peso en lípidos 7/08/2019
Non-ortho PCB		
PCB 77	3,66	3,85
PCB 81	1,71	0,95
PCB 126	28,09	13
PCB 169	8,24	4,33

Tabla 15. Resultados de WHO – TEQ de PCB mono y non – orto.

	Conc, (ng/g lípidos)	Conc, pg/g peso en lípidos
Who-mono-ortho PCB-TEQ	1,06	0,14
WHO-non-ortho PCB-TEQ	2,89	1,43

Tabla 16. Resultados de Dioxinas y Furanos en Leche materna del año 2011 y 2019

Report of Results	PCDD/Furanos	
	human milk	Breast Milk
Sample type	Perú	Perú
Country	Perú	Perú
Sample N°	11064209	190303995
Date	13/05/2011	7/08/2019
Lipid content (%)	3,3	5,2
2,3,7,8-substituted PCDF/PCDD	Conc., pg/g en lípidos	Conc., pg/g en lípidos
2,3,7,8-TCDF	0,433	0,54
1,2,3,7,8-PeCDF	0,344	0,28
2,3,4,7,8-PeCDF	2,56	1,98
1,2,3,4,7,8-HxCDF	1,05	0,92
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,956	0,79
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,474	0,34
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,0352	0,041
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,954	0,49
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,0452	0,029
OCDF	0,132	0,12
2,3,7,8-TCDD	0,352	0,28
1,2,3,7,8-PeCDD	1,05	0,77
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,618	0,3
1,2,3,6,7,8-HxCDD	2,48	1,46
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,778	0,41
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	6,41	3,34
OCDD	31,3	15,9

3.2.6. Comparación de Datos y Análisis de Tendencias en leche materna

A continuación, presentamos una lista de grupos de COP analizados en dos muestras compuestas de leche materna.

Grupo de COP analizados en las muestras de leche materna tomadas el 2010 y el 2019

- A. Plaguicidas Organoclorados (POCs) básicos
- B. Diclorodifeniltricloroetano (DDT) y sus isómeros
- C. Éter de Polibromodifenilo (PBDE)
- D. Hexaclorobenceno (HCB)
- E. Hexaclorociclohexanos (HCH) y sus isómeros
- F. Endosulfan y ensodulfansufato
- G. Pentaclorobenceno (PeCB)
- H. Bifenilos Policlorados (PCBs) y sus congéneres
- I. Dibenzo-p-dioxinas (PCDDs) y dibenzofuranos (PCDFs)
- J. Los PCBs parecidos a las dioxinas con su factor equivalente tóxico (TEFs) y congéneres

A. Plaguicidas Organoclorados (POCs) Básicos

En los COP básicos se encontró el Oxiclordano y el Dieldrin en las dos jornadas de muestreo (2011 y 2019), siguiendo una tendencia a la disminución de la concentración de los mencionados compuestos, ya que solo el Mirex se encontró en el primer muestreo, como se puede ver en las figuras 26, 27 y 28.



Figura 26

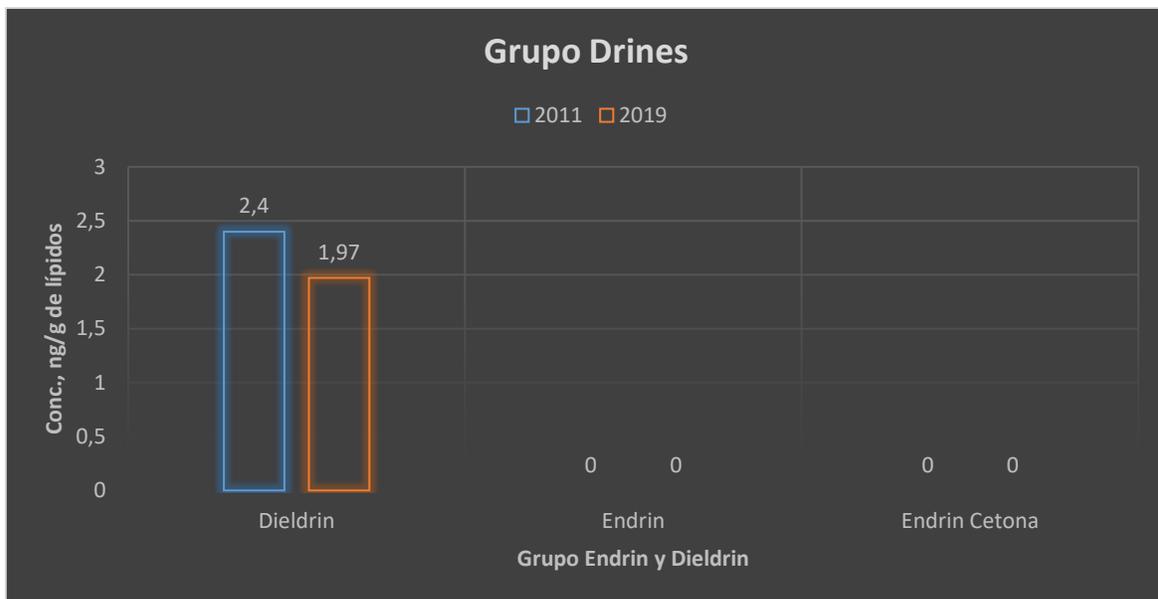


Figura 27

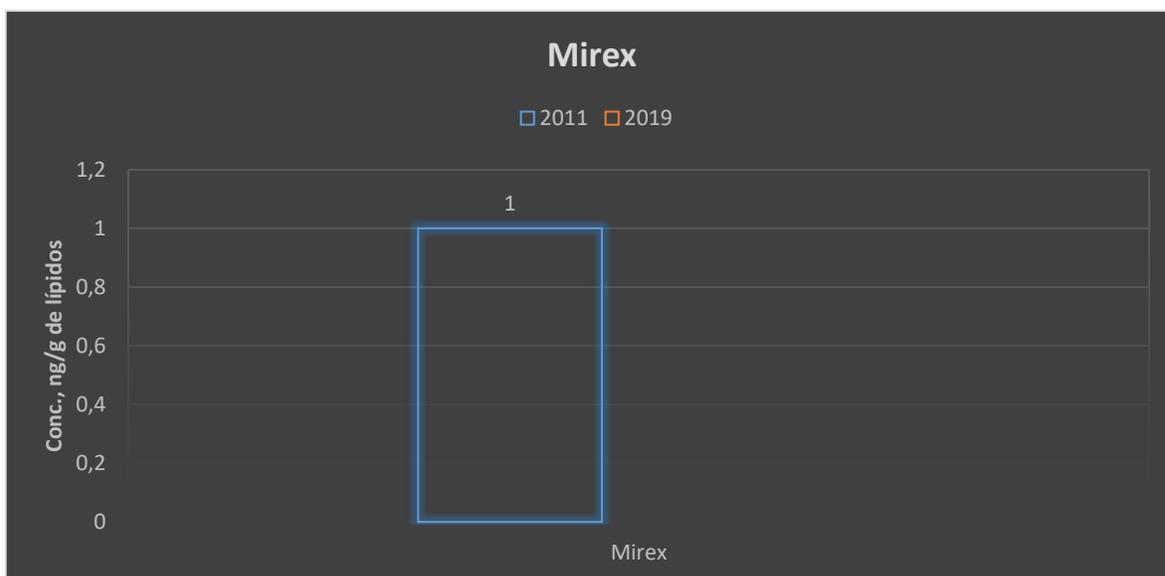


Figura 28

B. Diclorodifeniltricloroetano (DDT) y sus isómeros

Con respecto a los DDTs, se ha encontrado en una mayor concentración el DDT metabolizado (conocido como el DDE), que indicaría la presencia y biomagnificación de DDT durante varios años, desde una concentración de 300,8 ng/g de lípidos hallados en el 2011, hasta una concentración de 184,01 ng/n de lípidos en el 2019, ambas muestras representativas de una

mezcla de alícuotas a nivel nacional. En 8 años las concentraciones halladas del grupo de DDTs tienden a una disminución en el tiempo.

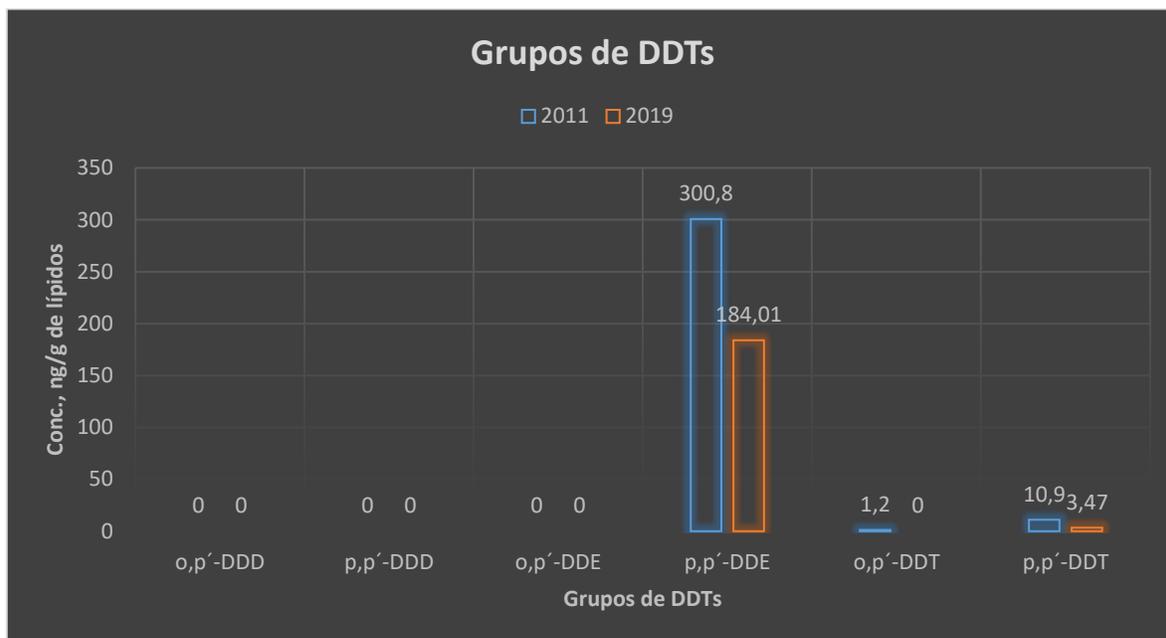


Figura 29

C. Éteres de Polibromodifenilos (PBDE)

Para los PBDE, sólo se analizó en la muestra compuesta de leche del año 2019, reportando al BDE 47 como el de mayor concentración (1 ng/g de lípidos) correspondientes a la familia de los éteres tetrabromadosdifenílos y además se detectaron otros PBDE menores a 0,37 ng/g de lípidos, de esta manera se registra por primera la vez la presencia de estos compuestos en la leche materna peruana (figura 20).

Los PBDEs son sustancias químicas que se agregan a los plásticos, productos de espuma y en cubiertas de artículos electrónicos para hacer más difícil que ardan (retardantes de flama), se trata de una familia de compuestos con 209 congéneres posibles. En los Estados Unidos, la manufactura e importación de PBDEs se suspendieron a fines del 2013. Sin embargo, se ha detectado la presencia de estos compuestos en la leche materna peruana a fines del 2019, lo cual se comprueba su incursión y su durabilidad en el ambiente.

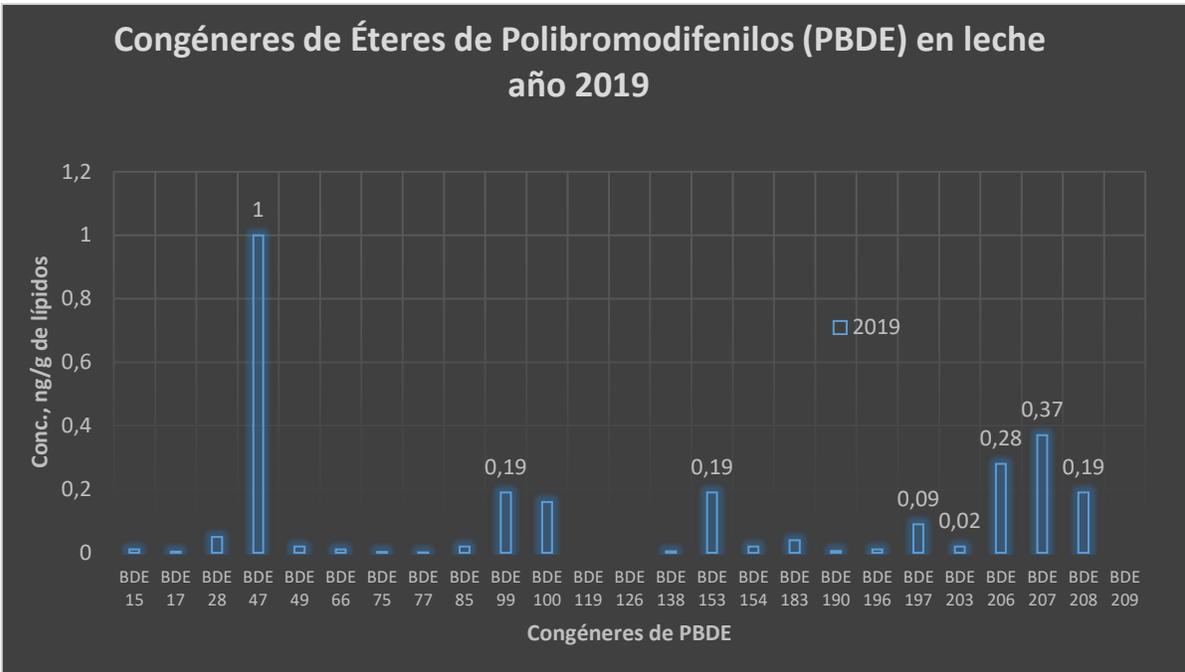


Figura 30

D. Hexaclorobenceno (HCB)

En los dos estudios realizados en el 2011 y el 2019, se encontraron trazas de Hexaclorobenceno, 4.1 y 3.1 ng/g de lípidos respectivamente, también con una tendencia relativa a la disminución. Este plaguicida organoclorado, cuya importación estaba prohibida desde año 1991 a través de decretos gubernamentales específicos N° 09 -91 y N° 014 -99.

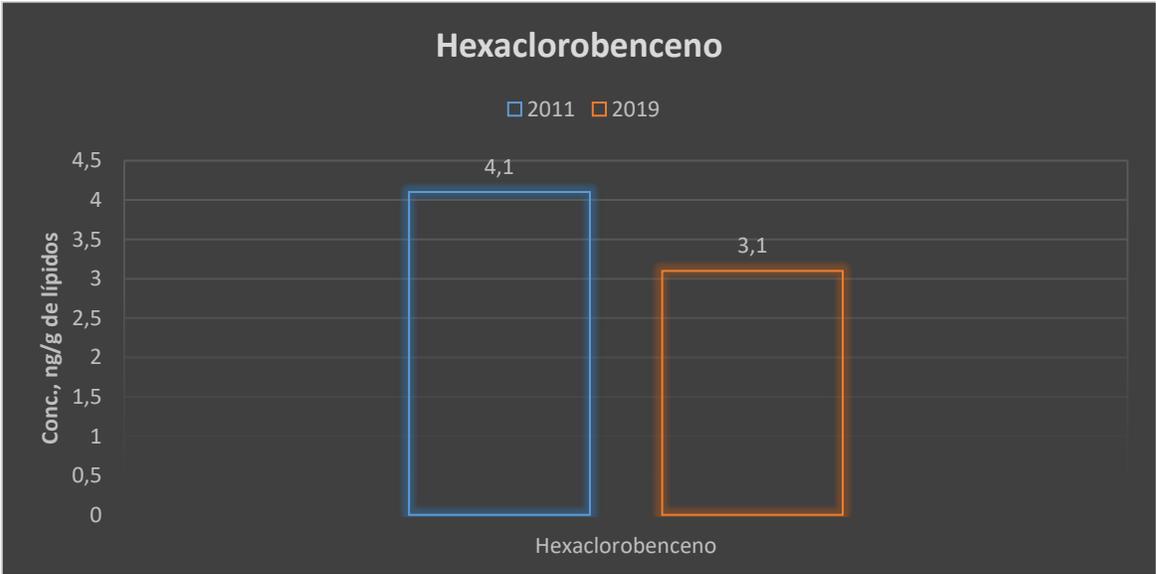


Figura 31

E. Hexaclorociclohexano

De los tres isómeros analizados sólo se encontró el beta-HCH en las dos oportunidades en que se realizaron los análisis, con una tendencia significativa a la disminución, tal como se muestra en la figura 32. Este compuesto ha sido prohibido también desde el año 1991⁵, han pasado más de 30 años desde su prohibición y aún se encuentra presente en la población humana.

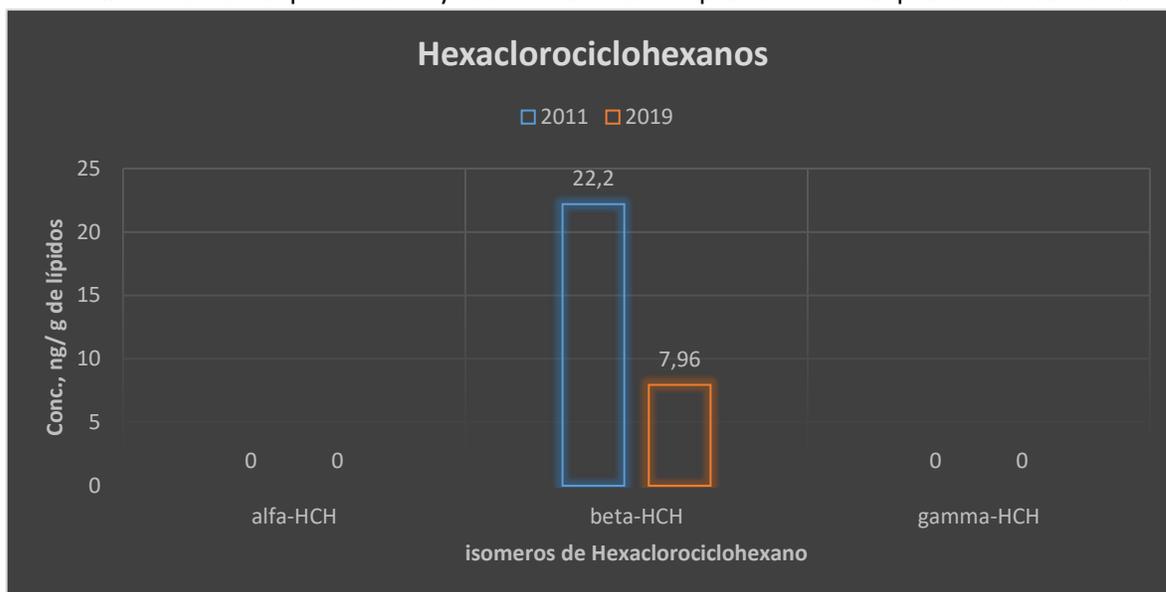


Figura 32

F. Endosulfan

No se halló ninguno de estos compuestos en las dos jornadas de análisis en leche materna durante el 2010 y el 2019.

G. Pentaclorobenceno

No se halló este compuesto en las dos jornadas de análisis en leche materna durante el 2010 y el 2019.

H. Bifenilos Policlorados (PCBs) indicadores

En la figura 33 como se puede apreciar, se analizaron seis congéneres PCB denominados PCB indicadores, en las dos jornadas de muestreo (2011 y 2019) se detectó la presencia de los seis congéneres en el rango de nanogramo por gramo de lípidos (ng/g de Lípidos), con

⁵ [PLAGUICIDAS RESTRINGIDOS Y/O PROHIBIDOS EN EL PERU \(www.gob.pe\)](http://www.gob.pe)

predominio en los congéneres de PCB 138, PCB 153 y PCB 180, concentraciones que varían entre 3,55 a 8,52 ng/g de lípidos.

En el análisis de la tendencia de estos resultados durante los dos estudios realizados el 2011 y 2019, muestran también una disminución en el tiempo.

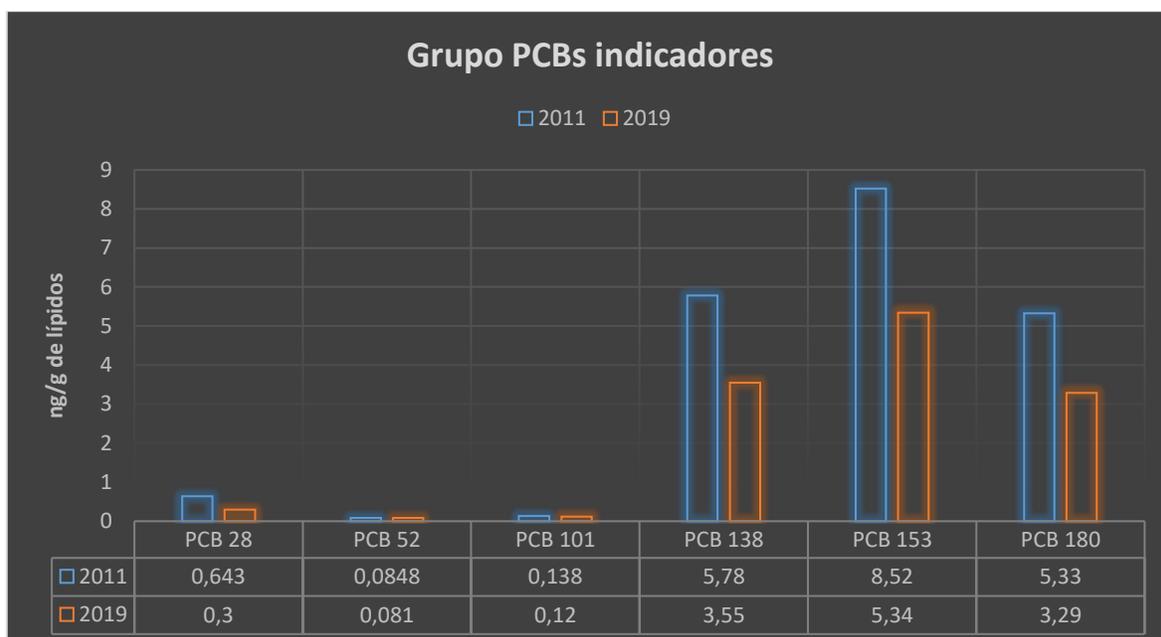


Figura 33

I. Dibenzo-p-dioxinas (PCDDs) y dibenzofuranos (PCDFs)

En el análisis de Dioxinas y Furanos, las concentraciones de dichos compuestos están en el orden de los picogramos por gramo de lípidos, concentraciones mucho más pequeñas que los PCB indicadores. Estos análisis fueron realizados en equipo de masas de alta resolución, equipos con mayor sensibilidad analítica, equipo que no tenemos.

En la figura 34 se presentan concentraciones de congéneres de furanos por debajo de 2.56 pg/g de lípidos, la predominancia de estos furanos están en los compuestos penta y hexa – cloro - dibenzofuranos, mostrando una tendencia a la disminución de su presencia en la comparación de sus concentraciones en los dos años de estudio en el 2011 y el 2019.

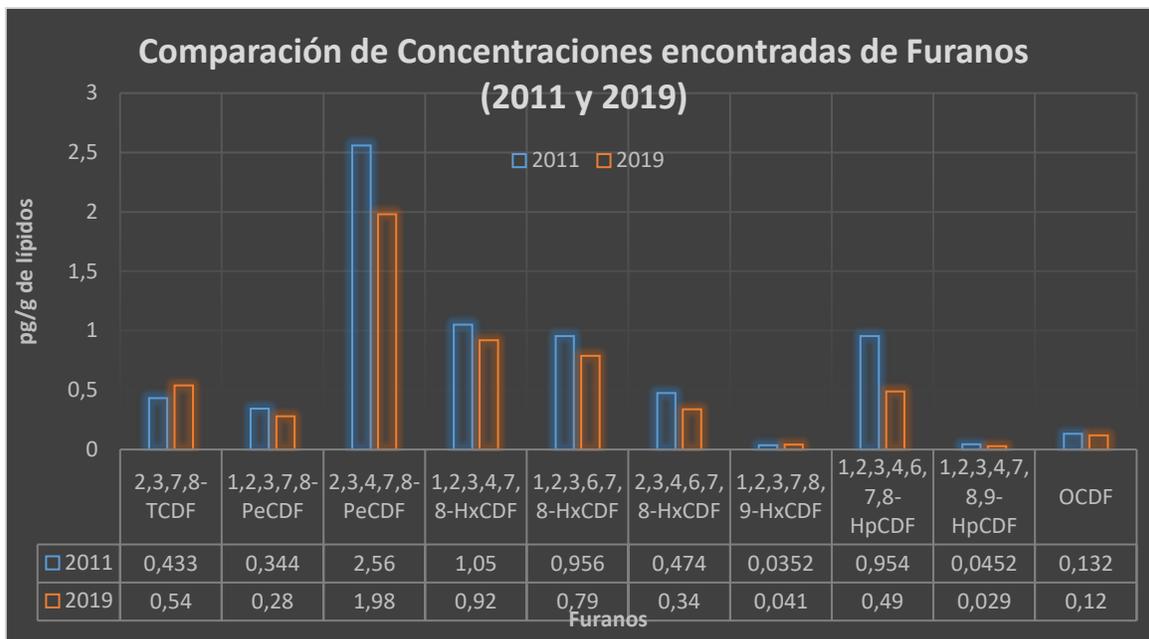


Figura 34

En la figura 35 y 36, se muestran concentraciones de congéneres de dioxinas en mayor concentración con respecto a los furanos; la mayor concentración encontrada es el octacloro – dibenzo – p – dioxina (31.3 pg/g de lípidos) hallada en el año 2011 y los demás congéneres de dioxina están por debajo de 7 pg/g de lípidos, con la más baja concentración de la dioxina más nociva que es la 2,3,7,8- tetracloro-dibenzo-p-dioxina con una concentración de 0.28 pg/g de lípidos reportada en el 2019, con una tendencia relativamente a la disminución, en comparación con los resultados del año 2011.

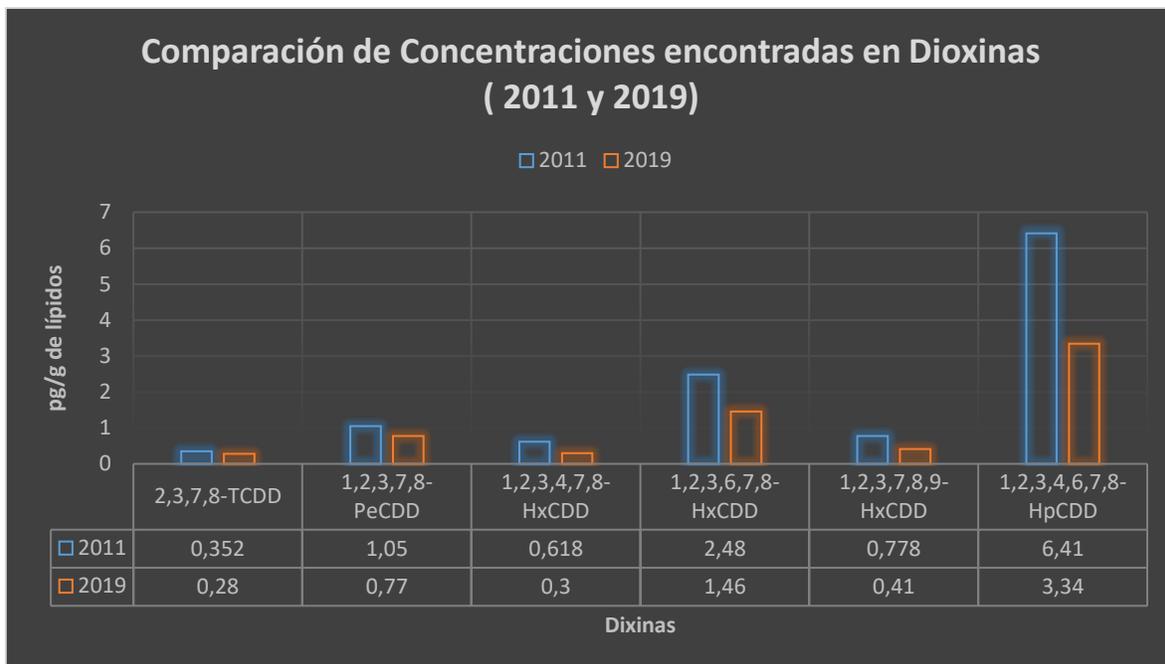


Figura 35

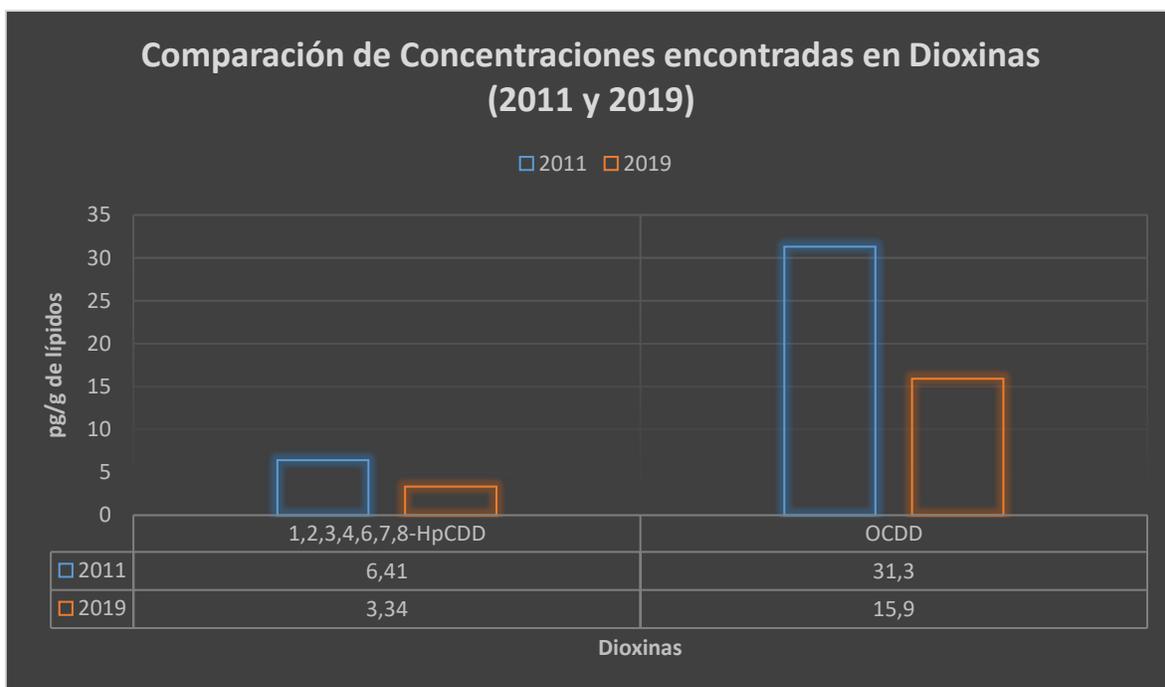


Figura 36

J. Los PCBs parecidos a las dioxinas y congéneres

En la figura 37, y 38, se muestran los resultados de los PCB análogos a las dioxinas, se les denomina así porque tienen propiedades toxicológicas similares a las dioxinas, de los cuales se han identificado aproximadamente unos 419 congéneres, pero se han considerado 12 por su importancia toxicológica (los PCB mono –orto y los PCB non-orto).

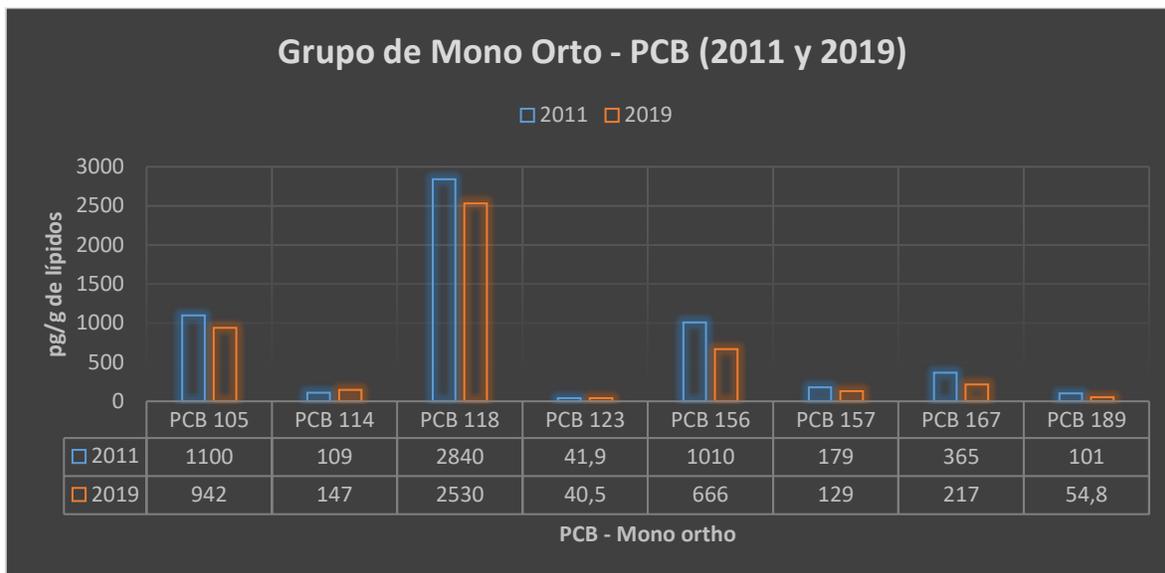


Figura 37

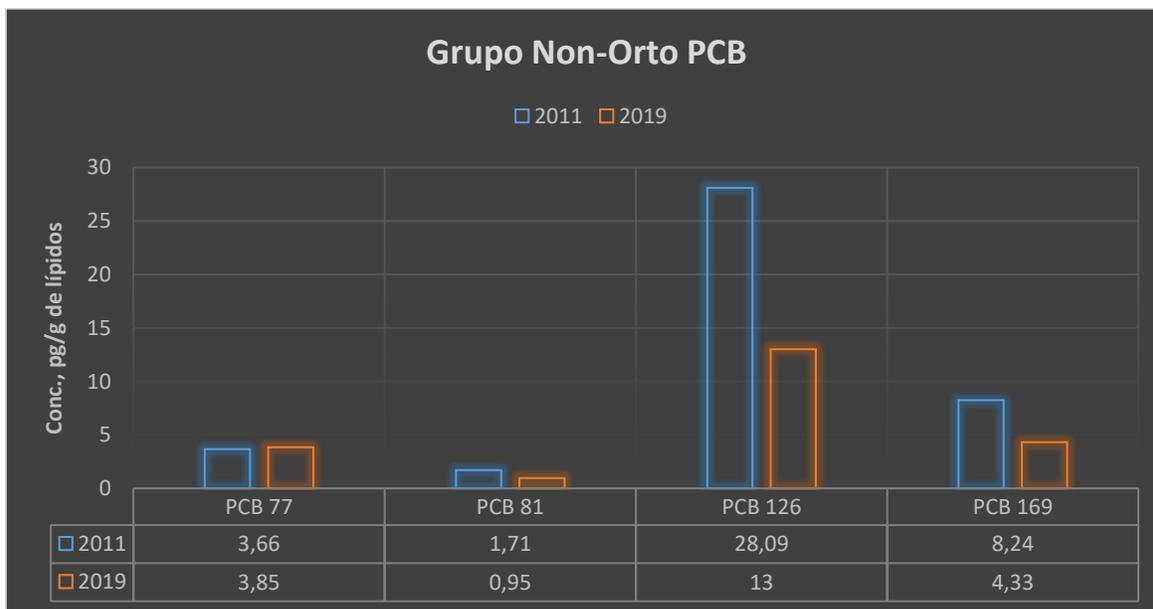


Figura 38

4. Construyendo Capacidades

Existe antecedente, de este proyecto en la primera fase el 2010, en el desarrollo de capacidades analíticas en los análisis de COP básicos en dos matrices aire y leche, con la previa capacitación de expertos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas -CSIC de España, en donde también se participó en los análisis de comparación con las muestras espejo analizadas en los laboratorios de **CSIC de España** para muestras de aire y el **laboratorio de Investigación Química y Veterinaria en Freiburg, Alemania** para muestras de leche materna. El éxito obtenido en la primera fase del programa ejecutado en el 2010 permitió que el Fondo para el Ambiente Mundial- GEF apruebe la ejecución de la segunda fase del proyecto “Programa de Apoyo a la Implementación del Monitoreo Global de COP en los países de América Latina y el Caribe” el 2018 y 2019.

En esta segunda fase, tuvimos algunos inconvenientes con la adquisición de los insumos químicos, gases, materiales, trámites realizados con el Ministerio de Salud, durante los años 2018 y 2019, seguido de la Pandemia por el COVID-19, más de dos años en que tuvimos que aislarnos; así mismo tuvimos dificultades en implementar los ensayos COP; sin embargo, en estos últimos meses se ha logrado reactivar el área analítica dando el mantenimiento preventivo a los cromatógrafos de gases con su respectiva verificación operacional con la ayuda del financiamiento del proyecto, lográndose la implementación instrumental necesaria para estos análisis.

5. Participación en otras actividades y redes de seguimiento

Se ha participado en las capacitaciones y reuniones virtuales coordinadas por el CSIC a través de este proyecto, así como también se ha mantenido comunicación virtual permanente con la Dra. Virginia Santana del LATU, nuestra coordinadora regional para Latino América y el Caribe de este proyecto.

6. Plan de Sostenibilidad

Con la implementación de la metodología analítica de los contaminantes orgánicos persistentes -COP en nuestro laboratorio y con nuestro personal de laboratorio entrenado a través de este proyecto; esperamos seguir participando en los próximos monitoreos globales, así como también ampliar este monitoreo en las regiones del Perú, tanto en muestras de aire, como en muestras de leche humana y agua, a fin de evaluar estos contaminantes orgánicos persistentes para su respectivo control, en coordinación con las entidades involucradas en su vigilancia y control.

Así mismo recibimos una donación de equipos⁶ por parte del Centro Coordinador de Convenio de Basilea, Centro Regional del Convenio de Estocolmo, para América Latina y Caribe (BCCC-SCRC), como son:

- ✓ una (01) MUFLA de 15 L,
- ✓ un (01) Concentrador de Muestras,
- ✓ un (01) sistema de alimentación ininterrumpida (iniciales en inglés UPS) y
- ✓ seis (06) unidades de mantas de calentamiento,

Estos equipos y materiales nos permitirán continuar realizando los análisis COP en las matrices mencionadas.

7. Resultados y Logros

Nuestra participación en este proyecto ha facilitado la implementación de nuestro laboratorio en los análisis de contaminantes orgánicos persistentes -COP en muestras de aire y de leche materna humana, así como también nuestro personal de laboratorio ha recibido la capacitación en estos análisis de COP.

Con el apoyo de este proyecto se ha podido comparar los resultados de COP en muestras de leche y de aire del año 2011 y del año 2019 a fin de tomar las medidas correctivas, preventivas para mejorar el análisis de COP en nuestro laboratorio.

8. Conclusiones

Se logró participar en la primera y en la segunda fase de este proyecto en el 2010 y el 2018 respectivamente. Se cuenta con dos resultados de COP en muestras de aire de la ciudad de Lima y con dos resultados de COP de muestras compuestas de leche humana.

Se ha capacitado en el análisis de COP al personal de nuestro laboratorio de ensayos químicos en muestras de aire y leche. Se ha contribuido a la implementación del laboratorio en el análisis de COP en muestras de aire y de leche con apoyo de este proyecto.

AIRE

La comparación de los datos de los estudios realizados el 2010 y el 2018 en muestras de aire, identificamos una tendencia a la disminución de la presencia de COP, tal como se muestra en la figura 1, por ejemplo, con la ausencia de oxiclordano, heptacloro epóxido, clordano, Endrin y Nonaclor, en los últimos estudios realizados en el 2018 y con la disminución de la concentración del Heptacloro y del Aldrin. Sin embargo, se registra un incremento de la concentración del trans-clordano y el dieldrin. También se evidenció la presencia de los nuevos COP en esta

⁶ Carta de Donación de equipos para el laboratorio de DIGESA en el marco del proyecto GMP2

segunda ronda, como es el alfa-endosulfan y el pentaclorobenceno, los cuales se tomarán en cuenta para su próxima evaluación.

En la figura 2, las concentraciones promedio trimestral de diclorodifeniltricloroetano (DDTs) e isómeros en ng/PUF en los dos estudios se aprecia un aumento significativo en los congéneres de los DDT's, específicamente en el p,p'- DDE, y en o,p'- DDT, cuya suma total de estos congéneres representa un incremento de más del 130% de las concentraciones que se encontraron en el 2010, lo cual evidencia que se sigue usando este plaguicida (**DDT**) en nuestro país y que los residuos de este plaguicida aún siguen propagándose en el ambiente.

En los PCB indicadores y la equivalencia toxicológica promedio de los congéneres de PCBs similares a las dioxinas, se aprecia un descenso entre los dos periodos de estudio (2010- 2011 y 2018 – 2019), de igual manera para las Equivalencias Tóxicas de Dioxinas y Furanos en más de un 50% en comparación al primer muestreo 2010 - 2011, como consecuencia de la disminución significativa de los PCBs, Dioxinas y Furanos en el aire, disminuyendo de esta manera la exposición a estos compuestos tóxicos tanto en los compartimientos ambientales, como en los seres humanos.

Existe una diferencia de 3 grupos de compuestos COP, entre lo analizado en el 2011 con lo analizado en el 2019, correspondiendo a los grupos de Hexabromociclododecano (HBCD), endosulfanes y pentaclorobenceno, de los cuales las concentraciones encontradas son aún bajas en comparación a las encontradas con los isómeros de DDT.

LECHE MATERNA

Se ha registrado un descenso relativo de COPs en aire y también en la matriz de leche materna pues hubo un descenso relativo en la mayoría de los COPs (Hexaclorobenceno, Drines, clordanos, PCB indicadores, PCB, Dioxinas y Furanos) y algunos bastante significativos como el DDT y sus isómeros, Hexaclorociclohexano y Mirex, éste último no reportado, con respecto a lo reportado en la primera fase de este proyecto el 2010.

Cabe mencionar que estos descensos tienen alguna relación en la frecuencia del consumo de leche y pescado, donde el consumo diario de estos alimentos ha disminuido significativamente en el año del 2019, tal como se puede ver en los gráficos de las encuestas de las madres donantes de leche humana (ver Figuras 19 y 20).

Existe una diferencia de 3 grupos de compuestos COP, entre lo analizado en el 2011 con lo analizado en el 2019, correspondiendo a los grupos de éteres de polibromodifenilo (PBDE), endosulfanes y pentaclorobenceno, de los cuales las concentraciones encontradas son aún bajas en comparación a las encontradas con los isómeros del DDT.

9. Recomendaciones

9.1.-Articular con las autoridades competentes del país, para la evaluación de nuevas matrices a implementar y elaborar el Plan de Monitoreo Nacional de COPS.

Realizar actividades estratégicas de coordinación nacional con las universidades e instituciones públicas a fin identificar sus capacidades analíticas de COP y conocer su tecnología analítica de estos compuestos, para identificar los puntos de riesgo por exposición a COPs, en las diversas actividades productivas en todas las regiones del país.

9.2.- Realizar un diagnóstico sobre la capacidad analítica del país, teniendo en cuenta las universidades u otras entidades públicas o privadas.

Evaluar a través de encuestas en las regiones, instituciones y universidades del Perú, sobre la capacidad analítica de sus especialistas y equipos de laboratorio de alta tecnología, necesarios para los análisis de nuevos COP (HCDB, PDBE, PFOS, parafinas policloradas)

9.3.- Evaluar la implementación de nuevas técnicas analíticas, tomando en cuenta la aparición de nuevos COPS

Incrementar a nuestra tecnología analítica actual (GC-uECD, GC-MSD), las tecnologías de más alta resolución: Espectrometría de masas – masas, MSMS, QTRAP, TOF, HRMS y otras, para la adecuada identificación de nuevos COP industriales (HCDB-bromados cíclicos-, PDBE – polibromados , PFOS, parafinas policloradas) que han incrementado su presencia en el ambiente en muchos países del mundo y probablemente en nuestro país.

9.4.- Continuar con el monitoreo de leche materna y aire para obtener información y evaluar la tendencia de los COPS en el país.

9.5.- Tener Continuamente Coordinaciones con los países de la Región GRULAC para elegir un Centro Regional Referencial en Latino América que ejecute ensayos COPs y brinde capacitación en el análisis de COPS.

9.6.- Realizar un primer monitoreo de COP en aire, leche materna y agua de consumo humano en todas las regiones del país, en coordinación con las Direcciones Regionales de Salud.

Lima, 26 de junio de 2023

10. Anexos