

CAPITULO VIII

“EVALUACIÓN DEL RIESGO”



CAPÍTULO VIII: EVALUACIÓN DEL RIESGO

La posibilidad de que aparezcan efectos adversos crónicos, ya sea a nivel preclínico o enfermedades evidentes en poblaciones humanas por exposición prolongada a plaguicidas organoclorados, PCBs, dioxinas y furanos, puede ser explorada bajo diversos criterios.

Primero: Para el caso de los POCs y siempre que se disponga de información confiable, una modalidad consiste en elaborar algunos indicadores sobre uso, distribución y consumo de los plaguicidas, que permitan diseñar mapas de riesgo, en función de las poblaciones expuestas, sean éstas generales o laborales. Algunos indicadores que se han creado en países que han usado plaguicidas agrícolas más intensamente que Chile, son los siguientes:

- Proporción (porcentaje), según áreas geográficas, de plaguicidas (ya sean restringidos, prohibidos, de alta toxicidad aguda, carcinogénicos, etc) sobre el total de plaguicidas usados en dichas áreas, durante tiempos determinados.
- Clasificación, mediante la aplicación de una escala de riesgo, de las condiciones laborales de higiene y seguridad.
- Tendencias en el número de hectáreas rociadas con POCs bajo estudio por unidad de tiempo (estaciones, años, décadas, etc.), según regiones, localidades, etc.
- Indicadores respecto a la cantidad de plaguicidas aplicados según diversos parámetros:
 - kg/hectárea/número de cosechas en unidad de tiempo
 - kg/población/unidad de tiempo, pudiendo ser la población total del área estudiada o, mejor aun, la población agrícola económicamente activa
 - kg/trabajador agrícola/tipo de cultivo

Algunas cifras de los tres últimos indicadores en países latinoamericanos, se encuentran en algunas publicaciones; por ejemplo, los kilogramos de plaguicidas anuales por trabajador agrícola en Guatemala a fines de los años 1980s fue de 1,7 y en Costa Rica de 14; según tipo de cultivo este índice en Brasil en 1980 fue de 1,6 kg para el trabajador del maíz y de 418 kg para el del trigo, cifras extremas éstas que denotan indirectamente un diferente riesgo potencial de desarrollar intoxicaciones agudas y crónicas (García et al. 1991, Henao et al. 1993). Desafortunadamente, en el caso de Chile, no se han identificado publicaciones que presenten este tipo de cálculos para los POCs; además, es difícil elaborar retrospectivamente mapas de riesgo dado que la información sobre cantidades y distribución de POCs en las décadas de 1970 y 1980 es de muy compleja recopilación, más aun si se quiere trabajar con plaguicidas específicos; las publicaciones que muestran algunas cantidades anuales de POCs las presentan restringidas a un número reducido de años, se presentan para el total de POCs sin individualizarlos y se refieren para el total del país si precisar las regiones en donde se usaron (Gallardo 1979).

Segundo: Una modalidad útil y relativamente fácil de usar es confrontar las concentraciones de los COPs medidas en un medio dado (agua, aire, alimentos, humanos, etc.), con los valores límites máximos permitidos (LMR) establecidos para cada COP en dichos medios. Esta modalidad aparece en gran parte de las

publicaciones nacionales sobre COPs. Generalmente estos valores han sido fijados para fines de prevenir la aparición de efectos crónicos de tipo sistémico sin carácter carcinogénico, ya que el LMR no está concebido primariamente para prevenir el desarrollo de cáncer. El planteamiento teórico es que si las concentraciones de un COP se mantienen permanentemente y por largo tiempo por debajo de los LMRs recomendados por organismos internacionales o establecidos como normas nacionales, las probabilidades de que el COP cause daño de tipo no cáncer en la población son mínimas o nulas. En cambio, mientras más ampliamente se sobrepasen los LMRs mayores son el peligro y el riesgo asociado.

Respecto a la información nacional, en las primeras publicaciones registradas los niveles promedios tanto en ambiente como en humanos sobrepasaban frecuentemente los LMRs. Después de las prohibiciones parte de los plaguicidas presentó un notorio descenso en sus concentraciones promedio por debajo de los límites, como sucedió con el DDT; no obstante, con cierta frecuencia una proporción de las concentraciones máximas detectadas han estado por encima del LMR, o sea, continuaban representando un peligro para aquella parte de la población que ha estado expuesta al medio que presenta este extremo en sus muestras. No ocurrió así con clordano, dieldrín y heptacloro, cuyos promedios sobrepasaron con amplitud los respectivos LMRs después de las fechas de restricción y de prohibición (Tabla N° 14). En el estudio de PCBs en leche humana (Tamayo et al. 1994), el promedio de 7 ppm encontrado en 33 madres, sobrepasó en 5 veces el valor recomendado por la FDA.

En algunos trabajos de POCs en alimentos se recurrió en ocasiones a presentar los valores de la dosis letal 50 de los diversos plaguicidas bajo estudio, para denotar la magnitud de un riesgo latente de intoxicación aguda ante la eventual ingesta exagerada de los alimentos que mostraban altas concentraciones de los plaguicidas.

En principio, se puede asumir que el riesgo no carcinogénico asociado al consumo de alimentos que mostraron concentraciones de POCs muy bajas y muy por debajo de los LMRs, es mínimo o casi inexistente. No obstante, se debe tener en cuenta que estas concentraciones pueden representar un riesgo a largo plazo en lo que a cáncer se refiere, debido al proceso acumulativo y aditivo de los COPs en el organismo.

Tercero: Se puede usar los valores recomendados para cada COP del ingreso o ingesta diaria admisible (IDA) o, lo que es lo mismo para fines prácticos, de la dosis de referencia (DRf) propuesta por la EPA.

Para conocer el riesgo local con esta modalidad se requiere calcular la dosis de exposición de la población y ver si la dosis medida localmente sobrepasa o no tales valores; mientras mayor sea el número de veces que se sobrepase más cercana está la exposición medida de niveles peligrosos. Al igual que los LMRs, los valores IDA o DRf están fijados para prevenir la aparición de efectos crónicos de tipo sistémico sin carácter carcinogénico. En principio, el ingreso diario admisible de una sustancia se refiere a la dosis total formada por la sumatoria de su ingreso al organismo a través de todas la vías de exposición, pero comúnmente los valores de IDA se fijan por separado y de modo específico para la vía respiratoria y para la vía digestiva, es en este último caso que se le denomina ingesta diaria admisible.

Algunos investigadores nacionales ha aplicado este enfoque a sus resultados, estimando el riesgo en niños recién nacidos y en general menores de 6 meses de edad por exposición a las concentraciones de COPs encontradas en el alimento. Además de ser los infantes un grupo de muy alto riesgo ante el contacto con estos compuestos, la estimación del riesgo se facilita en su interpretación debido a que están expuestos por la vía oral a un solo alimento, la leche materna.

En un primer estudio en recién nacidos entre 1977 y 1978 en Santiago (Dimitroff 1978), se encontró que el 83% (44/53) de los niños recibía una dosis de DDT que estaba más de tres veces por encima del valor de la IDA de 0,01 mg/kg/día recomendado por FAO/OMS para esa fecha; cabe destacar que el nivel de DDT en la leche materna en este estudio estuvo en un 94% sobre el LMR de 0,05 ppm que recomendaba la FAO/OMS.

En el estudio en Santiago de 1979 (Triviño 1982), se evaluó la exposición en los casos extremos de exposición según las concentraciones de DDT en leche materna. Un RN de 3 kg de peso que consumió en promedio 500 cc de leche al día con nivel de DDT de 1,319 ppm, ingresó una dosis de 0,22 mg/kg/día, valor que fue 44 veces más alto que el límite de la IDA de 0,005 mg/kg/día recomendado por FAO/OMS en ese año. Por otro lado, el recién nacido que estuvo expuesto a la concentración más baja de DDT encontrada en este estudio (0,105 ppm) ingresó una dosis de 0,0175 mg/kg/día, valor que está tres veces por encima de la IDA. Vale el mismo comentario anterior en el sentido que si aplicamos retrospectivamente el valor IDA de 0,02 mg/kg/día establecido por el Ministerio de Salud en 1999, un 89% (17/19) de los niños de las madres estudiadas por Triviño recibió dosis de DDT por encima de este valor.

Dos reconocidos factores de riesgo en la exposición infantil a COPs vía

leche materna, son la lactancia durante los primeros días y la edad de la madre (Anexo 4). Las concentraciones de los compuestos en leche son máximas en los primeros días y descienden según avanzan las semanas. Respecto a la edad materna, las concentraciones se incrementan con la edad (bioacumulación). Por tanto, recién nacidos amamantados por madres de edades superiores, tienen más posibilidades de mayores dosis de POCs. En algunos países incluso se recomienda según los valores encontrados, limitar la ingesta diaria en los niños de estas leches de riesgo. Los estudios de COPs hechos en leche materna en Chile, estudiaron escasamente el riesgo infantil asociado a estas variables.

El estudio de Ñuble (Torres et al. 1992) también efectuó estimaciones indirectas de riesgo. Una primera exploración utilizó las concentraciones de DDT, dieldrín y heptacloro en leche de vaca informadas en 1985 para la provincia por el programa nacional de vigilancia del ISP. Se comparó las concentraciones con los LMR vigentes para cada sustancia y se calculó la ingesta diaria estimada (IDE) para niños de 3 kg de peso que consumen 500 cc diarios de dichas leches, la cual se comparó con los valores de IDA recomendados por FAO/OMS para ese momento, valores que luego el Ministerio de Salud asume en 1999 como norma. Las cifras se muestran en la siguiente tabla.

TABLA Nº 26: NIVELES DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN LECHE DE VACA EN 1985 Y EXPOSICIÓN ESTIMADA PARA RECIÉN NACIDOS, PROVINCIA DE ÑUBLE

Plaguicida	Concentración promedio (mg/L base grasa)	LMR (Minsal 1982) (mg/L base grasa)	IDE en RN Ñuble 1985 (mg/kg/día)	IDA 1990 FAO/OMS (mg/kg/día)
DDT	0,227	1,250	0,037	0,020
Dieldrín	0,204	0,150	0,034	0,0001
Heptacloro	0,180	0,150	0,030	0,0005

La dosis de los tres plaguicidas en el recién nacido está sobre el valor máximo recomendado por FAO/OMS, siendo muy elevado el IDE para dieldrín ($0,034/0,0001 = 340$ veces) y para el heptacloro ($0,030/0,0005 = 60$ veces).

Una segunda exploración calculó las IDE en los niños en tres diferentes momentos de la lactancia por la exposición a plaguicidas medidos en la leche materna en Chillán en 1990 y las comparó con los valores IDA de FAO/OMS, lo que se muestra en la siguiente tabla.

TABLA Nº 27: INGRESO DIARIO ESTIMADO (IDE) EN LACTANTES, EN FUNCIÓN DEL PROMEDIO Y DE LOS VALORES EXTREMOS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS PRESENTES EN LECHE MATERNA, SEGÚN TRES MOMENTOS DE LA LACTANCIA; CHILLÁN 1990. VALORES EXPRESADOS EN $\mu\text{g/kg/día}$

Plaguicida	IDE día 3 Promedio (rango)	IDE día 30 Promedio (rango)	IDE día 60 Promedio (rango)	IDA FAO/OMS
DDT	19,0 (39,2-8,9)	3,3 (5,5-0,6)	2,1 (3,7-0,4)	20,0
Dieldrín	9,3 (14,4-5,0)	1,9 (5,2-0,5)	1,2 (3,6-0,4)	0,1

Como se adelantó, el recién nacido al tercer día de vida presenta la situación más desventajosa respecto del dieldrín, ya que su IDE promedio es 93 veces superior a la IDA recomendada como límite. Además, todas las concentraciones de dieldrín, incluso las más bajas, generaron una IDE superior a la IDA. El niño que consumió la leche materna con la mayor concentración de DDT tuvo al tercer día un IDE del doble de la IDA.

El estudio en leche materna en la Provincia de Valdivia (Wistuba 1991), encontró en las comunas rurales niveles muy altos de DDT y otros POCs. Los LMR con gran frecuencia (30-70%) se sobrepasaron entre 2,5 y 10 veces (DDT y heptacloro, respectivamente). Con este antecedente, los cálculos de IDE para recién nacidos de 3 kg de peso sobrepasaron el valor IDA recomendado de FAO/OMS en tres veces (DDT) y en 27 veces (aldrín y dieldrín). Este estudio exploró la relación de la concentración de plaguicidas con edad de la madre y número de lactancias, pero los resultados no resultaron estadísticamente significativos. Hay que destacar que el número de madres estudiadas fue de 18 y el margen de edades fue estrecho, entre 18 y 34 años.

El estudio que determinó PCBs en leche materna en la Región X (Tamayo et al. 1994), encontró resultados positivos a PCBs en 33 madres, cuyas leches dieron un promedio de PCBs de 7 ppm (0,09-84,9 ppm). Para estimar el riesgo del recién nacido, los autores usaron criterios propuestos por dos grupos de autores. El primero (Wickizer 1981) establece un límite de PCBs en leche materna de 2,5 ppm y por tanto se concluyó que el 42% de las 33 madres presentó valores por encima de este límite. El segundo criterio (Cordle 1982) establece para el lactante una dosis límite de 0,01 mgPCB/kg/día y así se encontró que en 10 de los 33 niños (30%) se sobrepasó esta dosis. No se observó correlación entre concentraciones de PCBs en leche y la edad de las madres.

Del análisis de los estudios en leche es llamativo constatar la inconsistencia entre el hallazgo de concentraciones de POCs que en general tienden a estar dentro de los límites de los LMR y los niveles de exposición en niños habitualmente ubicados en niveles peligrosos al calcularlos con tales concentraciones consideradas seguras. La explicación que cabría es que cuando se fijan estos límites se toma en cuenta sólo la exposición de adultos dejando de lado el riesgo para los niños, los que de hecho necesitan más protección que los adultos. Además, no existen estudios recientes sobre POCs en leche materna para poder comparar las variaciones de estos indicadores de exposición y riesgo ocurridas 15 años después.

Es muy difícil establecer las consecuencias específicas en la salud a largo plazo en los lactantes que ingieren una cantidad variable de COPs que se encuentran en concentraciones altas en la leche materna, tanto por la gran diversidad de posibles efectos adversos asociados como por la exposición simultánea de los niños a numerosos otros factores ambientales de riesgo de tipo químico y físico. Sólo se puede efectuar una estimación cuantitativa de la posibilidad de desarrollar algún cáncer usando los factores de riesgo carcinogénico de los COPs, como se ve a continuación.

Cuarto: Respecto a la exposición a sustancias cancerígenas, en general se ha recomendado que la autoridad en salud establezca un valor límite de exposición para cada sustancia de este tipo, que se denomina nivel de riesgo aceptable. Dado que en general los carcinógenos no presentan un límite umbral a partir del cual pudieran manifestar el efecto sino que lo hacen a concentraciones extremadamente bajas, a menudo fuera de los límites de detección analítica, y dado que para no tener casos de cáncer asociados a estas sustancias su concentración ambiental en principio debiera ser cero, el valor del límite de riesgo aceptable es producto de una decisión política generalmente basada en una combinación de criterios científicos y económicos, entre otros, que establece un nivel de exposición que va a reflejar una cierta frecuencia de cáncer que se acepta asumir socialmente. Por ejemplo, si la autoridad decide aceptar no más de un caso de un cáncer dado por 100 mil expuestos a una sustancia determinada, se calcula la concentración ambiental precisa de la sustancia que se va a expresar en esta incidencia decidida para el cáncer. En general, los países industrializados adoptan como límite un caso de cáncer por un millón de expuestos, los países en desarrollo cuando asumen este tipo de valores fluctúan entre un caso por 10 mil y un caso por 100 mil, según sus realidades. En Chile no se han establecido normas con valores de riesgo aceptable para los COPs.

Cuando interesa conocer a nivel local el riesgo real de cáncer asociado a un determinado nivel de contaminación con un carcinógeno, se puede recurrir al uso de dos indicadores específicos previamente establecidos para la sustancia. El valor de la unidad de riesgo (UR), siempre que se disponga de mediciones representativas y confiables del nivel de concentración en aire o en agua con el COP de interés, o bien, el valor del factor de potencia carcinogénica (FPC), si se ha logrado establecer una dosis de exposición en la comunidad expuesta. Los valores de la UR son para cada $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o $\mu\text{g}/\text{L}$ del contaminante medido en aire o en agua respectivamente y los valores de la FPC son por cada $\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$ estimado localmente.

Los valores de la UR y el FPC reflejan el potencial carcinogénico de las sustancias, en función de la capacidad de generar casos cáncer en las poblaciones expuestas de por vida a una concentración determinada, ya sea en agua o en aire. Ambos indicadores en general ya han sido establecidos para gran parte de los COPs, pero la UR sólo se ha estimado para la presencia del COP en aire y en agua. Desafortunadamente no se han fijado valores UR para alimentos, lo cual es una gran limitante para evaluar de modo rápido y fácil la exposición crónica a los COPs, que en la población general es predominantemente por vía alimentaria. Se debe recurrir alternativamente a efectuar un estimado de la exposición mediante mecanismos más complejos como encuestas alimentarias y medición de las concentraciones de COPs en los alimentos mayormente involucrados en la dieta tipo (FAO/OMS 1990).

Los plaguicidas presentan valores de FPCs para la vía oral que varían ampliamente. El valor más bajo es del DDT con FPC de 0,34 y el más alto lo presenta el aldrín con FPC de 17, valor éste que refleja una capacidad carcinogénica del aldrín 50 veces mayor que la del DDT. Igualmente, la UR para vía respiratoria del DDT es de 0,000097 y de 0,0013 para el heptacloro, lo que lo hace 13 veces más potente que el DDT. Los FPCs para vía oral de HCB y dieldrín son de 1,6 y 16 respectivamente. A igual concentración ambiental o en igualdad de dosis de exposición, aldrín y dieldrín son los más peligrosos, dado que en poblaciones comparables prolongadamente expuestas generan a largo plazo una mayor incidencia de los cánceres asociados a ellos.

Con las concentraciones de POCs encontradas en aguas por los diversos estudios nacionales, es posible ejercitar estimaciones de riesgo de cáncer para las poblaciones que pudieron estar expuestas al consumo de dichas aguas. Igualmente, aplicar los FPCs a las IDEs de los plaguicidas detectados en leches maternas, permitiría estimar el riesgo de cáncer que tuvieron los lactantes en ese periodo.

Los PCBs disponen de valores de FPC para vía oral que se han establecido para mezclas comerciales en vez de hacerlos para algunos de los 209 congéneres en particular. Según el nivel de riesgo establecido para cada mezcla de acuerdo a la toxicidad del conjunto y según el grado de persistencia (que se incrementa de los monoCBs hacia los decaCBs), se conocen los valores de 2,0, 0,4 y 0,07 por $\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$ (ATSDR 2000)

La peligrosidad de la dioxinas es máxima en el conjunto de COPs. A tal extremo que el ingreso diario permisible o recomendado por kg de peso se expresa en picogramos (pg) y no en mg . El TDI (total

daily intake) o TEQ total de 2,3,7,8 TCDD establecido por OMS es de 1 a 4 pg/kg/día; la National Academy of Sciences (EUA) establece una IDA de 0,1 ng/kg/día. La dosis para riesgo específico para TEQ total establecida por EPA es de 0,057 pg/kg/día. Las HxCDD tienen establecidas UR para agua de 0,18 por cada $\mu\text{g/L}$ y UR para aire de 1,3 por cada $\mu\text{g/m}^3$, ambos valores 1.385 veces y 1.000 veces más altos que los respectivos valores del POC carcinogénicamente más potente, el heptacloro (ATSDR 1998).

Los conceptos de LMR, IDA, UR y FPC se desarrollan como ejemplos de cálculos en dos casos en el Anexo 10.

Quinto: Otro indicador de riesgo que a menudo aparece en la publicaciones es la peligrosidad y toxicidad comparativa entre sustancias que pertenecen a una misma familia; tal es el caso de DDT y DDE, aldrín y dieldrín, congéneres de PCBs y compuestos de los grupos de dioxinas y furanos.

Al interior del organismo humano el pp` DDE en general corresponde a un metabolito producto de la biotransformación del pp` DDT. El dieldrín es también el producto de transformación del aldrín (además de ser un plaguicida *per se*). Las investigaciones nacionales han explorado moderadamente la proporción entre el pp` DDE y el pp` DDT así como la de aldrín y dieldrín; los estudios mencionan la mayor ocurrencia de pp` DDE y dieldrín pero no destacan suficientemente que son más peligrosos que los compuestos de donde derivan.

Los factores que hacen más peligrosos al pp` DDE y al dieldrín tienen que ver con la mayor persistencia al interior del organismo que sus compuestos originarios. También al interior del organismo presentan mayor resistencia a la acción enzimática, mayor afinidad por tejidos grasos y mayor tasa de depósito y acumulación en ellos, valores más bajos del log K_{ow} y vida media más larga. El pp` DDE en su cadena de biotransformación puede derivar hacia un compuesto epóxido altamente electrofílico. Todo ello ha llevado a considerar como indicador de exposición antigua versus reciente al DDT a la razón entre pp` DDE sobre el pp` DDT, que cuando más alta resulta sobre el valor de uno, refleja su acumulación prolongada y una exposición antigua al DDT. Cuando tienden a predominar el pp` DDE o el dieldrín en las razones encontradas, la situación es de mayor riesgo que si el predominio fuera del pp` DDT o del aldrín. Algunos ejemplos de la razón DDE/DDT se muestran en el Anexo 11.

En cambio, las investigaciones nacionales sobre PCBs, habitualmente señalan el perfil de peligrosidad de los congéneres detec-

tados, especialmente en el caso de los PCBs coplanares -de estructura molecular muy similar a las dioxinas- usando una comparación con la máxima toxicidad de que se dispone que es de la 2,3,7,8 TCDD a través del uso de los factores de equivalencia de toxicidad (TEF).

Sexto: La acumulación de contaminantes químicos en sitios o lugares confinados representa un peligro potencial y se puede evaluar respecto del riesgo para poblaciones humanas ubicadas sobre ellos, vecinas a ellos o a distancia. En esencia se identifica las sustancias presentes, sus niveles de concentración y las posibilidades de exposición humana y el riesgo de sufrir daño en la salud. Hay disponibles metodologías para este abordamiento (ATSDR 1995, CEPIS 1999, WHO 2000). Los criterios para evaluar riesgo ya mencionados se pueden incorporar en gran medida al análisis de los de sitios contaminados. No se detectó en la literatura nacional publicaciones relacionadas con la evaluación de sitios contaminados con COPs y sus efectos en salud.

Séptimo: Se recomienda comparar frecuencias de un mismo fenómeno entre dos o más situaciones que lo presentan. En epidemiología esta comparación se denomina **riesgo relativo**, o bien, razón de riesgos (RR). Se compara la ocurrencia de un fenómeno en un área determinada con la ocurrencia del mismo fenómeno en otra área y se estima la magnitud que en que el hecho es más frecuente en una parte que en la otra. A modo de ejemplo, en el estudio de mediciones de PCBs en aire en Santiago en el año 2001 (CENMA 2001), al usar un enfoque de riesgo relativo para comparar la concentración promedio detectada en el sector de La Reina ($1,44 \text{ ng/m}^3$) con la de Los Cerrillos ($0,63 \text{ ng/m}^3$), los residentes de La Reina están expuestos a una concentración del total de PCBs en su sector del orden de 2,3 veces mayor que la de los residentes de Los Cerrillos: $1,44 / 0,63 = 2,3$. Si se efectúa una comparación de la dosis respiratoria que estas concentraciones producen, se encontrará un riesgo relativo similar, con la advertencia que este riesgo debe analizarse en función de los diferentes grupos de congéneres que se detectaron entre ambos sectores. Para tener una mejor imagen del riesgo es necesario incluir en el análisis la peligrosidad tóxica de los congéneres predominantes en cada sector mediante el uso de los TEF y el cálculo de un TEQ total para las mezclas, ya que los congéneres varían entre ambos sectores e incluso se presentan en proporciones diferentes.

Otro ejemplo surge del estudio de plaguicidas en trabajadores (Oyanguren et al. 1984). Se encontró un promedio de 0,103 ppm de DDT

en suero sanguíneo en trabajadores agrícolas de la Región VI y un promedio de 0,026 ppm de DDT en trabajadores no agrícolas de la RM. El riesgo asociado al nivel de concentración del DDT en sangre en los primeros es 4 veces mayor que en los de la RM ($0,103/0,026 = 3,96$).

Octavo: Otra modalidad para describir riesgos es la investigación epidemiológica, que puede asociar o correlacionar estadísticamente las concentraciones de COPs en alguna matriz ambiental o humana con la frecuencia y distribución de algún efecto adverso en la población. A modo de ejemplo, un estudio recomendable de efectuar por la oportunidad que representa en estos momentos, sería evaluar clínicamente a los hijos de aproximadamente 14 años de edad de las 33 madres que presentaron PCBs en leche en el año 1990 en el estudio hecho por Tamayo et al. en la Región X. Una veintena de estudios en madres lactantes de la población general hechos en países desarrollados entre 1984 y 2000, han identificado efectos adversos en niños que han estado asociados a niveles de PCBs en leche materna que han variado entre 0,025 y 1,8 ppm (ATSDR 2000). Las 38 muestras de leche que resultaron positivas en Valdivia en 1990 se distribuyeron entre 0,29 y 254,5 ppm de PCBs, la mayor parte de ellas se ubica por debajo de 7 ppm. Esta cohorte de adolescentes podría ser estudiada en función del nivel de PCBs que alcanzó la leche materna.

En resumen: No es fácil reconstruir algunos indicadores de riesgo para la exposición prolongada ocurrida en el pasado a plaguicidas organoclorados, para conocer el riesgo actual se requiere efectuar nuevos estudios que midan concentraciones ambientales y corporales de residuos persistentes de POCs y estimen el nivel de exposición actual de la población. Dados los antecedentes recopilados, se adelanta que debiera ser significativamente menor que lo que fue hace 20-30 años. La situación actual respecto al riesgo asociado con los PCBs sería más fácil de evaluar dado que los procesos de exposición de las poblaciones son hechos que están ocurriendo contemporáneamente, lo que crea variadas opciones en la manera de desarrollar los estudios. La situación con dioxinas y furanos es diferente, ya que los datos ambientales son extremadamente escasos y prácticamente no existen datos de exposición humana. Además, hasta la fecha no existen normas nacionales relativas a límites ambientales ni a límites de exposición para dioxinas y furanos. No existen estudios de estimación del riesgo de cáncer por exposición a COPs en Chile, es un área deficitaria de la investigación nacional en salud pública. Los inventarios de PCBs y de dioxinas/furanos son un valioso aporte para delimitar las poblaciones y los estudios de exposición en humanos.