

Proyecto nº 2169201

22.03.2017

**ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS ASOCIADO A LAS
CONCENTRACIONES DE PLOMO DETECTADAS EN VARIOS HUERTOS
DE LA LOCALIDAD DE LEMONA (BIZKAIA)**



Cliente: AYUNTAMIENTO DE LEMONA



ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS ASOCIADO A LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO DETECTADAS EN VARIOS HUERTOS DE LA LOCALIDAD DE LEMONA (BIZKAIA)

Cliente: **AYUNTAMIENTO DE LEMONA**

Estudio realizado por GEYSER HPC, S.A.U. (Leioa).

Empresa acreditada por Gobierno Vasco como entidad de investigación y recuperación de la calidad del suelo en el marco de lo establecido en el Decreto 199/2006, de 10 de octubre por el que se establece el sistema de acreditación de dichas entidades mediante la Resolución de 25 de junio de 2007, Resolución de 26 de julio de 2012, Resolución de 13 de enero de 2015 y Resolución 25 de abril de 2016.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	3
2. OBJETO Y ALCANCE	5
3. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE RIESGOS.....	6
3.1. Elaboración del modelo conceptual del emplazamiento en términos de riesgo.....	6
3.2. Proceso del análisis.....	8
<i>3.2.1. Análisis de la toxicidad.....</i>	<i>8</i>
3.2.1.1. Contaminantes y concentraciones consideradas	8
3.2.1.2. Efectos asociados y características toxicológicas de los contaminantes	9
3.2.1.3. Evaluación de la incertidumbre de los datos toxicológicos	12
<i>3.2.2. Análisis de la exposición.....</i>	<i>12</i>
3.2.2.1. Escenarios analizados	12
3.2.2.2. Rutas de exposición consideradas.....	12
3.2.2.3. Cálculo de concentraciones de exposición y modelos de transporte.....	13
3.2.2.4. Receptores potenciales.....	17
3.2.2.5. Parámetros de exposición introducidos en el modelo	17
3.3. Resultados y análisis de incertidumbre del análisis de riesgos.....	19
<i>3.3.1. Criterios para valorar el riesgo.....</i>	<i>19</i>
<i>3.3.2. Resultados del riesgo</i>	<i>19</i>
<i>3.3.3. Evaluación de los factores de incertidumbre</i>	<i>20</i>
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	26
4.1. Conclusiones.....	26
4.2. Recomendaciones.....	27

ANEXOS

- I. Datos de salida del software utilizado para el ACR

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El presente informe recoge el "Análisis cuantitativo de riesgos asociado a las concentraciones de plomo (en adelante Pb) detectadas en varios huertos de la localidad de Lemona (Bizkaia)". Los trabajos fueron encargados a GEYSER HPC por parte del Ayuntamiento de Lemona de acuerdo a la oferta económica de título "*Análisis cuantitativo de riesgos asociado a las concentraciones de Pb detectadas en varios huertos de la localidad de Lemona (Bizkaia)*" con número de referencia 1169201 y fecha del 16 de noviembre de 2016.

A mediados de 2016 y tras las la preocupación mostrada por varios propietarios de huertas y terrenos de cultivo colindantes con las instalaciones de Cementos Lemona S.A. sobre el impacto que la presencia de polvo y partículas, así como de otras sustancias potencialmente contaminantes, provenientes de la citada actividad pudiera ocasionar sobre sus parcelas, el Ayuntamiento de Lemona encargó a GEYSER HPC la realización de un estudio de la calidad del suelo en dichas parcelas para valorar la presencia o no de sustancias contaminantes. El trabajo resultante de dichas labores se recoge en el informe titulado "*Estudio del impacto provocado por las emisiones atmosféricas de Cementos Lemona S.A. en los huertos de la localidad de Lemona (Bizkaia)*" con fecha de 8 de noviembre de 2016.

Como resultado de dicho trabajo, se identificaron concentraciones de Pb en el suelo superficial (0-10 cm de profundidad) superiores al valor de referencia (120 mg/kg) establecido en la legislación (Valores Indicativos de Evaluación B "otros usos" para la protección de la salud humana recogidos en el Anexo III de la Ley 4/2015, de 25 de junio, para la prevención y corrección de la contaminación del suelo) en los huertos denominados P-4, P8, P-10 y P15. Las concentraciones de Pb detectadas variaban entre 160 mg/kg y 180 mg/kg.

A pesar de que las concentraciones de Pb detectadas en el suelo no pudieron relacionarse con la actividad de emisiones atmosféricas de Cementos Lemona S.A., se consideró adecuado la realización de un Análisis Cuantitativo de Riesgos (en adelante ACR) con la finalidad de dar a conocer si los vegetales producidos en dichos huertos pudiesen tener efectos negativos sobre la salud humana.

El personal que ha participado en la elaboración del presente documento ha sido el que a continuación se enumera:

- **Inspector jefe, jefe de proyecto:** Mikel Orueetxebarria, Iñaki Ochoa
- **Director Técnico:** Fco. Javier Beraza

La totalidad del contenido del presente informe se encuentra fuera del alcance de la inspección medioambiental de suelos potencialmente contaminados y aguas subterráneas asociadas acreditable en base a la norma UNE/EN ISO IEC 17020, y por lo tanto ha sido realizado sin uso de la marca ENAC, si bien sí queda dentro de la acreditación otorgada por el Gobierno Vasco.

A continuación se recogen los resultados obtenidos durante la investigación realizada así como las conclusiones y recomendaciones derivadas de los mismos.

2. OBJETO Y ALCANCE

El objetivo básico de este ACR es la identificación y evaluación del riesgo potencial para la salud humana asociado a la presencia de Pb en el suelo de las parcelas investigadas con el objeto de confirmar o desechar la existencia de riesgos inadmisibles teniendo en cuenta su uso actual (huertas y zonas de cultivo).

El ACR suministra los niveles de riesgo para receptores en el emplazamiento y en el entorno, los cuales se comparan con niveles umbral a partir de los cuales se considera que el riesgo potencial no es aceptable. En estas parcelas, de acuerdo con lo establecido por el *Decreto 199/2006, de 10 de octubre, por el que se establece el sistema de acreditación de entidades de investigación y recuperación de la calidad del suelo y se determina el contenido y alcance de las investigaciones de la calidad del suelo a realizar por dichas entidades*, se asume como nivel de riesgo aceptable el de 10^{-5} para sustancias cancerígenas y de 1 para sustancias con efectos sistémicos tóxicos.

El presente ACR es específico para las parcelas investigadas, habiéndose basado la realización del mismo en los resultados de la investigación llevada a cabo previamente. La variación sustancial de las condiciones del emplazamiento bajo las cuales se ha realizado el análisis de riesgos puede provocar la pérdida de validez de los resultados obtenidos, haciéndose necesario en tal caso, proceder a realizar una nueva evaluación.

Para la realización de la evaluación del riesgo se ha empleado el software RISC 5 (Risk Integrated Software for Cleanups).

3. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE RIESGOS

3.1. Elaboración del modelo conceptual del emplazamiento en términos de riesgo

Para la realización del análisis de riesgos y de los distintos escenarios se tienen en cuenta los medios afectados, los potenciales receptores de la contaminación y las posibles vías de exposición a través de las cuales pueden entrar en contacto los receptores con la contaminación. Respecto a los receptores, según su distancia al foco de contaminación, se puede considerar que se encuentran "on-site" (en el propio foco de contaminación) u "off-site" (a una cierta distancia del mismo), y según su frecuencia de exposición, se les puede asignar un carácter industrial/comercial, residencial u otros más específicos.

En el presente estudio, teniendo en cuenta los medios afectados (suelo), las características de los contaminantes detectados (el Pb no es un compuesto volátil), las características de las parcelas investigadas (parcelas sin soleras, con ausencia de edificios y estructuras cerradas o elementos de cubrición etc.), el no aprovechamiento de las aguas subterráneas y el uso actual de las mismas (huertos y tierras de cultivo), se contemplan los siguientes escenarios de exposición:

Escenario en el que los usuarios de las huertas quedan expuestos a concentraciones de Pb a través de la inhalación de polvo y partículas de suelo suspendidas por la acción del viento, el contacto dérmico directo con el suelo, y la ingesta de suelo y de vegetales cultivados en la huertas.

En la *Figura 1* de la página siguiente, se refleja gráficamente el modelo conceptual de riesgos elaborado para el transporte y dispersión de la contaminación en el emplazamiento objeto de estudio y para los escenarios considerados.

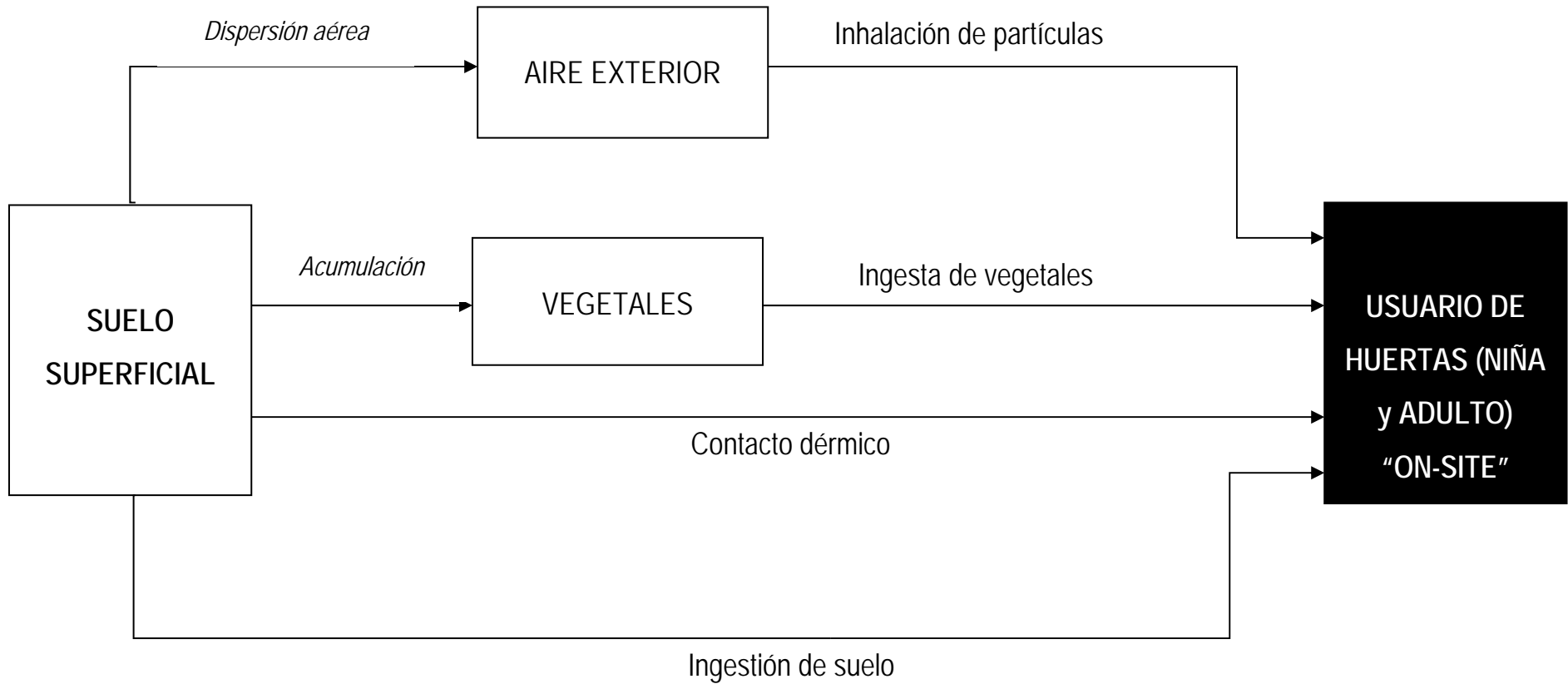


Figura 1: Modelo conceptual de riesgos del emplazamiento.

Así, en los escenarios considerados, la fuente primaria de contaminación sería el suelo superficial de las parcelas investigadas por su contenido en Pb que, o bien por contacto dérmico con el suelo (ruta de exposición) o por ingesta de suelo (ruta de exposición) podría entrar en contacto con los usuarios de las parcelas (receptores "on-site"). A su vez, el suelo superficial sin cubrición podría por acción del viento dispersarse y por inhalación de partículas de polvo con concentraciones de Pb (ruta de exposición) ponerse en contacto con los usuarios de las parcelas (receptores "on-site"). Asimismo, a través de la acumulación de Pb presente en el suelo por las raíces de las plantas y posterior traslocación hasta las superficies aéreas de la planta (fuente secundaria de contaminación), y tras el consumo de las mismas (ruta de exposición) podría ponerse en contacto con los usuarios de las parcelas (receptores "on-site").

3.2. Proceso del análisis

3.2.1. Análisis de la toxicidad

3.2.1.1. Contaminantes y concentraciones consideradas

El análisis de riesgos se ha centrado en los resultados analíticos obtenidos en las muestras de suelo analizadas en el emplazamiento.

Para el presente ACR se han tenido en cuenta las concentraciones máximas de Pb detectadas en las muestras en la investigación realizada.

En la *Tabla 1* se reflejan las concentraciones de Pb empleadas en el cálculo, junto con información sobre las muestras en que se ha detectado.

Contaminante	Concentración	Unidades	PDM	Muestra	Profundidad (m)
SUELO					
Plomo (Pb)	180	mg/kg	P-15	P-15 (0,00-0,10)	0,00-0,10

Tabla 1. Contaminantes y concentraciones empleadas en el análisis de riesgos.

Las propiedades físico-químicas del Pb se pueden consultar en el *Anexo I* de salida del software empleado.

3.2.1.2. Efectos asociados y características toxicológicas de los contaminantes

Según el efecto que puede tener un contaminante para la salud humana o los ecosistemas, se distingue entre compuestos con efectos cancerígenos y compuestos con efectos sistémicos o tóxicos. Los primeros son aquellos que causan un efecto adverso sobre órganos o tejidos originando alteraciones del material genético que provocan procesos tumorales o cáncer, y para los cuales no existe ningún umbral de exposición por debajo del cual no se produzcan dichos efectos. Los segundos son aquellos que causan un efecto adverso de cualquier tipo sobre órganos y tejidos, caracterizándose por existir un umbral de exposición por debajo del cual no se producen dichos efectos.

Así, de acuerdo con la clasificación EPA (United States Environmental Protection Agency) de 1986, el grado de evidencia del potencial cancerígeno de los contaminantes se evalúa de acuerdo a la siguiente escala:

- A. Cancerígenos en humanos. Pruebas suficientes, a partir de estudios epidemiológicos, demuestran una asociación causal entre la exposición a estos agentes y el cáncer.
- B. Probable cancerígeno en humanos. Se divide en dos subgrupos:
 - B.1. Pruebas limitadas de carcinogenicidad a partir de estudios epidemiológicos, que indican que una interpretación causal es probable, pero explicaciones alternativas, como azar, sesgo o confusión no pueden ser totalmente excluidas, y pruebas suficientes de carcinogenicidad a partir de estudios animales, los cuales indican que existe un incremento en la incidencia de tumores malignos, o combinación de tumores malignos y benignos distintos.
 - B.2. Pruebas suficientes a partir de estudios en animales y falta de información o pruebas inadecuadas a partir de estudios epidemiológicos.
- C. Posibles cancerígenos humanos. Pruebas limitadas de carcinogenicidad en animales y ausencia de información en humanos.
- D. No clasificable como cancerígeno humano. Pruebas inadecuadas de carcinogenicidad en humanos y animales, o para el que no hay información disponible.
- E. Pruebas de no carcinogenicidad para humanos. No hay pruebas de carcinogenicidad en, al menos, dos ensayos animales adecuados en distintas especies o en estudios epidemiológicos y estudios animales adecuados.

Igualmente, en el caso de la IARC (International Agency for Research on Cancer), los distintos compuestos se clasifican en función de su potencial carcinogénico de la siguiente forma:

- Grupo 1. El agente (o mezcla) es carcinogénico para el hombre. Las condiciones de la exposición conllevan exposiciones carcinogénicas para el hombre. Esta categoría se aplica cuando existen pruebas suficientes de carcinogenicidad en humanos.
- Grupo 2A. El agente (o mezcla) es probablemente carcinogénico para el hombre. Las condiciones de la exposición conllevan exposiciones probablemente carcinogénicas para el hombre.

- Grupo 2B. El agente (o mezcla) es posiblemente carcinogénico para el hombre. Las condiciones de la exposición conllevan exposiciones posiblemente carcinogénicas para el hombre.
- Grupo 3. El agente (mezcla o condición de exposición) no puede ser clasificado respecto a su carcinogenicidad para el hombre. Esta categoría es usada ampliamente para aquellos agentes, mezclas o condiciones de exposición para las que existen pruebas inadecuadas de carcinogenicidad en humanos e inadecuadas o limitadas en animales de experimentación. Se incluyen en esta categoría aquellos agentes, mezclas y condiciones de exposición que no puedan ser catalogados en otros grupos.
- Grupo 4. El agente (o mezcla) es probablemente no carcinogénico para el hombre. En esta categoría se incluyen los agentes o mezclas para los que existen pruebas que sugieren la ausencia de carcinogenicidad en humanos y en animales de experimentación.

Por otro lado, los datos toxicológicos de los contaminantes introducidos en el modelo de cálculo del programa RISC5 se han elegido según el siguiente criterio de prioridad:

1. US EPA (United States. Environmental Protection Agency) a partir de la base de datos IRIS (Integrated Risk Information System), desarrollada por el organismo National Center for Environmental Assessment.
2. RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu) report 711701023, Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/Sediment and Groundwater. Febrero 2001.
3. CalEPA (California Environmental Protection Agency).
4. Texas Risk Reduction Program, RG-366 TRRP-19, Toxicity Factors and Chemical/Physical Parameters, Junio 2001.
5. US EPA National Center for Environmental Assessment (NCEA).
6. US EPA Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST), Julio 1997.
7. Contaminated Land Exposure Assessment (CLEA) Model.
8. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) Minimal Risk Levels (MRL), 2006.

A continuación se describen las principales características carcinogénicas y toxicológicas del Pb:

- Los efectos del Pb son los mismos si se ingiere o inhala. El Pb puede afectar a casi todos los órganos y sistemas en el cuerpo. El más sensible es el sistema nervioso, tanto en niños como en adultos. La exposición prolongada puede causar un deterioro en el resultado de algunas pruebas que miden funciones del sistema nervioso, además de una debilidad en los dedos, las muñecas o los tobillos. La exposición al Pb también produce un pequeño aumento de la presión sanguínea, especialmente en personas de mediana edad y de edad avanzada, y puede causar anemia. La exposición a niveles altos puede dañar seriamente el cerebro y los riñones de niños y adultos y causar la muerte. En mujeres embarazadas, la exposición a niveles altos puede producir pérdida del embarazo. En hombres, la exposición a altos niveles puede alterar la producción de espermatozoides.

La exposición al Pb es más peligrosa para niños y el feto, que para adultos. Los niños pueden exponerse al ingerir trozos de pintura seca con plomo, chupando objetos pintados con pintura con plomo o tragando polvo o tierra que contienen Pb. Un niño que traga cantidades altas de Pb puede desarrollar anemia y sufrir serios dolores de estómago, debilidad muscular y daño cerebral. Si un niño tiene una exposición crónica a bajas concentraciones, el Pb puede afectar el desarrollo mental y físico de un niño. El feto puede estar expuesto al Pb a través de la madre. Efectos dañinos incluyen nacimientos prematuros, bebés de menor tamaño, disminución de la capacidad mental del niño, dificultades de aprendizaje, y retardo del crecimiento en niños pequeños. Algunos efectos pueden durar más allá de la infancia.

Los estudios sobre el potencial carcinogénico de compuestos inorgánicos de Pb no son conclusivos ya que dependen de la forma química y de otros factores. La US EPA (IRIS) clasifica el Pb inorgánico como “potencialmente carcinogénico” (grupo 2B), basándose en algunos resultados de estudios con animales donde se observaron un incremento de la formación de tumores renales luego de una exposición a concentraciones de 2000 mg/kg de sales solubles de Pb (Azar et al. 1973). Con respecto a compuestos orgánicos de Pb como el tetraetil de plomo, la Agencia Internacional de Investigación de Cáncer (IARC) ha determinado que los compuestos orgánicos de Pb no son clasificables en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos basado en evidencia inadecuada en estudios en seres humanos y en animales (ATSDR 2007). En el caso de los valores toxicológicos para riesgo cancerígeno, en la base de datos toxicológicos de US EPA (IRIS) así como en el RIVM 711701023 no se contemplan factores de pendiente o riesgo unitario para Pb y tetraetil plomo, sin embargo, CalEPA sí presenta valores de carcinogenicidad para el Pb, siendo su factor de pendiente oral de $8,5 \times 10^{-3} \text{ (mg/kg-d)}^{-1}$ y su riesgo unitario por inhalación de $1,2 \times 10^{-5} \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}^{-1}$.

En Europa, según la normativa REACH, el Pb y sus diferentes formas químicas no se consideran cancerígenos por falta de pruebas concluyentes en este sentido. No obstante, a efectos del cálculo se ha decidido incluir el valor referenciado por CalEPA.

En cuanto al Pb en forma de plomo tetraetilo, tanto el software RISC como el RBCA (Risk Based Corrective Action) presentan el mismo valor de toxicidad para la ruta de ingestión (10^{-7} mg/kg-d), que es el recomendado en IRIS, a fecha de redacción del presente documento. RISC no contiene un valor de toxicidad para la ruta de inhalación, mientras que RBCA sí presenta una dosis de referencia (RfC) de $7,5 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3$.

El resumen de las características, datos y referencias del Pb se exponen en el *Anexo I* de salida del software empleado.

¹ Texas Risk Reduction Program, RG-366 TRRP-19, Toxicity Factors and Chemical/Physical Parameters, June 2001; (toxicity and physical/chemical properties tables dated April 23, 2008.

3.2.1.3. Evaluación de la incertidumbre de los datos toxicológicos

La incertidumbre principal asociada a los datos toxicológicos empleados para el cálculo de los riesgos se centra sobre los efectos que el/los contaminantes considerados tienen sobre los objetos a proteger, motivados por carencias en los conocimientos científicos y técnicos suficientes. En cualquier caso, el programa ha empleado para el cálculo una base de datos toxicológicos totalmente actualizada, a partir de las fuentes de información más fiables (OMS, IRIS EPA, RIVM, CalEPA, CLEA, etc.).

3.2.2. Análisis de la exposición

3.2.2.1. Escenarios analizados

Como se ha indicado anteriormente se ha considerado el escenario en el que los usuarios de las huertas quedan expuestos "on site" a concentraciones de Pb a través de la inhalación de polvo y partículas de suelo suspendidas por la acción del viento, el contacto dérmico directo con el suelo, y la ingesta de suelo y de vegetales cultivados en la huertas.

3.2.2.2. Rutas de exposición consideradas

De acuerdo al modelo conceptual de riesgos anteriormente expuesto, las rutas de exposición consideradas en el análisis de riesgos son las siguientes:

On-site

- Inhalación polvo en exteriores.
- Ingesta de suelo.
- Contacto dérmico.
- Consumo de vegetales

Conviene destacar que en el presente análisis de riesgos y de acuerdo a estándares internacionales (*Science Report SC050021/SR3 Update technical background to the CLEA model (Environment Agency 2009)*) no se están considerando los siguientes aspectos:

- Exposición al suelo adherido a calzado tras las visitas a las parcelas (huertos particulares), y que pueden suponer una fuente de riesgo adicional una vez en el coche o en la vivienda.
- Exposición a polvo "on-site" proveniente de huertos adyacentes, o la exposición "off site" a polvo que alcanza otros huertos.
- Ingestión deliberada "pica" del suelo en niños (sujeto a análisis de riesgo específicos caso por caso).

- La ingesta del polvo depositado sobre las hojas.
- La ingesta de suelo adherido a las raíces una vez recolectados los vegetales.

3.2.2.3. Cálculo de concentraciones de exposición y modelos de transporte

Para determinar la concentración de un contaminante a las que el receptor se encuentra expuesto (punto de exposición), se utilizan modelos de exposición directa, en base a concentraciones medidas en el medio objeto de estudio y al cual se está expuesto, o bien a modelos de transporte que permiten visualizar la movilización de la contaminación y calcular las concentraciones de los contaminantes en el punto de exposición.

En el presente análisis de riesgo, y teniendo en cuenta los escenarios y las vías de exposición contempladas, se considera que, tanto la exposición a través de la ingesta de suelo y el contacto dérmico con el mismo, son vías de exposición directa y que las concentraciones de exposición son las medidas en la investigación de campo realizada (concentración máxima).

Por otro lado para determinar la concentración de Pb en las partículas en suspensión, existen tres aproximaciones posibles: la monitorización del aire en el punto de exposición mediante el uso de captadores y el posterior análisis del polvo, el empleo de valores bibliográficos contrastados y el uso de modelos de transporte. Igualmente, para determinar la concentración de Pb en las plantas se requiere, bien la medición de los niveles de Pb en las distintas partes de las plantas cultivadas en las parcelas o la utilización de modelos de transporte. En ambos casos, ante la usencia de resultados que permitan el cálculo como exposición directa, se ha optado por utilizar modelos de transporte para derivar las concentraciones.

El programa informático RISC5, en función de las vías de exposición consideradas, puede utilizar varios modelos de transporte. Estos modelos de transporte se pueden dividir entre los que suponen una transferencia de contaminantes entre dos medios distintos (por ejemplo, volatilización desde el suelo al aire) y los que simplemente suponen un transporte y dilución de un contaminante en el mismo medio (por ejemplo, el transporte de contaminantes en aire). En el primer caso, el modelo de transporte se emplea para el cálculo de un factor de transferencia entre los dos medios (llamado genéricamente "Cross-Media Transfer Factor") con el que calcular, posteriormente, la concentración de contaminantes en el punto de exposición a partir de la concentración en el medio. En el segundo caso, el modelo de transporte se emplea para el cálculo de un factor de transporte (llamado genéricamente "Lateral Transport Factor"), el cual se aplica a la concentración de contaminantes en punto dado, para predecir la concentración que habrá a una cierta distancia de dicho punto.

En el presente análisis de riesgos se ha empleado los siguientes modelos de transporte:

- Para estimar concentración de Pb en el aire exterior a la que el receptor estaría expuesto por inhalación a través de la dispersión de polvo, se ha utilizado un modelo basado en un factor de emisión de partículas (PEF) y su dilución en un modelo de "caja" atravesado por una corriente de aire constante. Este modelo considera parámetros del viento, fracción cubierta de la superficie, y emisión de partículas para estimar la concentración del contaminante en un volumen determinado de aire. El modelo asume en todo momento que el receptor se encuentra en el lado de la "caja" situada en la dirección del viento y que la intensidad de éste es constante a lo largo de la "caja". Este modelo es válido para calcular la tasa de emisión de partículas como resultado de un proceso de erosión natural del terreno. No es un modelo válido para emplazamientos donde se generen cantidades importantes de polvo tanto por las características del terreno como por las actividades que en él se lleven a cabo (tráfico intenso, deposición de materiales pulverulentos, etc.).
- Para estimar la concentración de Pb en los vegetales producidos en las parcelas, y al no disponer de resultados específicos para el emplazamiento (requiere la medición de los niveles de Pb en las distintas partes de las plantas más comúnmente cultivadas en las parcelas estudiadas), lo cual reflejaría de forma más realista las concentraciones a las que el receptor se encuentra expuesto para esta vía de exposición, se ha optado por utilizar factores de biotransferencia (en adelante BCF) suelo-planta para Pb publicados en la literatura científica.

La derivación de valores BCF para sustancias contaminantes no sujetos a un emplazamiento concreto y que permitan predecir la acumulación del metal en las distintas partes de la planta, al igual que para otros contaminantes, se realiza bien en base a resultados obtenidos en múltiples observaciones de campo, a resultados obtenidos en experimentos llevados a cabo en laboratorios o por último, en base a estimaciones y correlaciones con otros parámetros. Estos factores BCF se expresan como la razón de concentraciones entre peso seco planta (partes comestibles)/peso seco suelo y son claramente dependientes de factores tales como las características físico-químicas de la sustancia (en concreto en relación a la partición existente entre el suelo y agua intersticial), parámetros del suelo (pH, contenido en materia orgánica y arcilla) y al tipo de planta (tubérculos, vegetales, frutas etc.) y a sus características concretas (contenido de agua, lípidos, capacidad de traslocación -xylema, floema-, etc.).

En la literatura científica existen varios modelos para predecir la acumulación en la planta de compuestos contaminantes en el suelo: *Briggs et. al. (1982)*, *Chiou et.al (2001)*, *Trapp and Matthies, et. al. (1995)*, *Otte, et. al. (2001)*, *Baes, et. al. (1984)*. Muchos de ellos son los modelos en los que se basan los distintos softwares de cálculo de riesgos (CLEA, RISC, RBCA, RAM, UMS, VLIER-HUMAN, etc.) para la predicción de concentraciones para sustancias inorgánicas u orgánicas. Tal y como se especifica en la literatura científica, atendiendo a la complejidad del sistema suelo-planta y a la variedad de los parámetros de los que dependen estos modelos, todos ellos, tienen ventajas y desventajas.

Por lo tanto, y como cabe esperar, tras la revisión de la literatura, se ha identificado variabilidad en los BCF derivados para Pb.

Uno de los estudios de referencia utilizado, es el publicado por *Baes, C.F., Sharp, R.D., Sjoreen, A.L., and Shor, R.W. 1984. A review and analysis of parameters for assessing transport of environmentally released radionuclides. Compound data for organic solvents. Values used for further calculations through agriculture. Oak Ridge National Laboratory, USA.* En este estudio se describen y analizan distintos parámetros de los utilizados en el modelo desarrollado bajo el nombre TERRA. Se establecen factores de transferencia suelo-planta Bv (Hojas y tallo) y Br (frutas, semillas y tubérculos) para Pb en 3 categorías distintas de vegetales (con hojas expuestas, con pocas hojas expuestas y vegetales protegidos como tubérculos) teniendo en cuenta las referencias bibliográficas existentes, correlaciones con otros parámetros, comparaciones de concentraciones observadas y estimadas y cálculos de media geométrica. Los resultados que se reportan para Pb en peso seco (PS) son:

Bv: 0,045 (mg/kg en planta PS; mg/kg en suelo)²

Br: 0,009 (mg/kg en planta PS; mg/kg en suelo)³

En el *RIVM report 607711004 "Soil contamination and the uptake of lead by vegetable crops Risks of lead contaminated soil"* del Instituto nacional de Salud Pública y Medioambiente Holandés (2011), se derivan BCF para Pb para distintos vegetales teniendo en cuenta los resultados de campo establecidos en referencias bibliográficas. Se dividen en 3 modelos diferentes (Modelo I: donde únicamente se incluye la variable de la concentración inicial del suelo; Modelo II: donde para una concentración inicial en el suelo se incluye la variable de pH -7 o 5-; Modelo III: donde para una concentración inicial en el suelo se incluyen las variables de pH-6 o 5, % materia orgánica -10 o 2-, y % arcilla -25 o 2-). Las conclusiones de este estudio revelan que el valor de BCF de Pb decrece a medida que aumenta la concentración del metal en el suelo, siendo más acusado para concentraciones entre 50 y 300 mg/kg. En este estudio se concluye que los BCF derivados por *Baes et. al. (1984)* en algunos casos pueden sobreestimar o subestimar la acumulación del metal en la planta y en consecuencia el riesgo asociado.

En el *RIVM report 71170023 "Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groundwater Human and ecotoxicological risk assessment and derivation of risk limits for soil, aquatic sediment and groundwater"* del Instituto nacional de Salud Pública y Medioambiente Holandés (2001) se describe la actualización de los BCF para Pb utilizados para derivar los SRChuman (concentraciones límite de riesgo para humanos) a través del modelo CSOIL en base a nuevos datos y estudios (se considera que el 42% del riesgo total de Pb proviene del consumo de vegetales). Se comparan los modelos de *Bockting and Van den Berg approach (1992)* y el de *Otte, et.al (2001)*. Bien a

² Media geométrica de los resultados descritos en 9 referencias bibliográficas

³ Ratio 0.2 de los resultados descritos en 5 referencias bibliográficas

través de observaciones de campo (vegetales típicamente consumidos), derivaciones a partir de isotermas Freundlich o medias geométricas se derivan nuevos BCF para Pb para 2 tipos de suelos (estándar: pH 6, materia orgánica 10%, arcilla 25% y alternativo: pH 5, materia orgánica 5%, arcilla 15%). Los resultados reportados para Pb en peso seco (PS) son:

BCF anterior: 0,013 (mg/kg en planta PS; mg/kg en suelo)

BCF actual (suelo estándar): 0,017 (mg/kg en planta PS; mg/kg en suelo)

BCF actual (suelo alternativo): 0,020 (mg/kg en planta PS; mg/kg en suelo)

En la guía metodológica para la realización de análisis de riesgos para la salud humana y ecosistemas elaborado por IHOBE en 1998 se detallan los BCF de Pb para diferentes tipos de cultivos y plantas obtenidos en muestreos de campo de la CAPV y descritos en: *Cambra K., Alonso E y Martínez T. 1996. Análisis de riesgo de la contaminación del suelo en un área del Valle de Asua y de la contaminación derivada de hortalizas producidas en la zona. Departamento de Sanidad, Bilbao (Informe interno)* y los resultados obtenidos en trabajos experimentales de campo en la CAPV para pH 6.5, descritos en: *Ansorena J., Sanz E., Eceiza A. y Legorburu I. 1996. Biodisponibilidad y acumulación de metales pesados por hortalizas cultivadas en suelos contaminados. Memoria del proyecto nº 5012, IHOBE, S.A., Bilbao (Informe interno)*.

En la citada guía también se indica que en ausencia de datos empíricos se recomienda la utilización del modelo descrito por *Baes et. al. (1984)*. Los resultados obtenidos para Pb en peso seco (PS) y peso húmedo (PF) son:

BCF⁴: Entre 0,002 (puerros, pimientos, vainas) y 0,027 (acelgas). (mg/kg en planta PF; mg/kg en suelo)

BCF⁵: Entre 0,002 (puerros) y 0,009 (lechuga y repollo). (mg/kg en planta PS; mg/kg en suelo)

El software utilizado, RISC, utiliza el valor introducido para determinar tanto la concentración acumulada en las zonas de la planta protegidas como en las partes aéreas expuestas de la planta, por lo tanto, y teniendo en cuenta las diferencias encontradas en los valores de BCF reportados en la literatura científica y las incertidumbres asociadas a los valores reportados por *Baes et. al. (1984)* para el rango de concentraciones en suelo detectadas en las parcelas estudiadas, se ha decidido utilizar un valor intermedio y acorde con valores de materia orgánica propios de zonas de cultivo. El valor utilizado es el reportado en el RIVM report 71170023 (Holanda) para un suelo estándar (pH 6, materia orgánica 10%, arcilla 25%), 0,017 mg/kg en planta en peso seco (PS); mg/kg en suelo

4 *Cambra et. al. (1996)*

5 *Ansorena et. al. (1996)*

3.2.2.4. Receptores potenciales

Como receptores potenciales de la contaminación se han tenido en cuenta los siguientes:

- On-site.
 - Receptor-Usuario de las parcelas (huerta particular): Los receptores considerados serían los usuarios de las huertas particulares. En este caso a efectos cálculo se han utilizado como receptores a los adultos usuarios de las huertas y que ingieren alimentos cultivados en ellas. Así mismo, y por tratarse del receptor más sensible a las vías de exposición consideradas se ha considerado como receptor a una niña de 0 a 6 años que pasa cierto tiempo en las huertas y que ingiere alimentos cultivados en ellas. Para la definición de los receptores se han tenido en cuenta las indicaciones establecidas en el *Science Report SC050021/SR3 Update technical background to the CLEA model (Environment Agency 2009)*.

3.2.2.5. Parámetros de exposición introducidos en el modelo

Para el cálculo de los niveles de riesgo se han tenido en cuenta una serie de datos específicos del emplazamiento estudiado y de los escenarios de riesgos considerados, y en su defecto se han empleado los valores por defecto del modelo de cálculo, los cuales tienen un carácter conservador.

En el *Anexo I* de salida del software se incluye la totalidad de los parámetros de exposición empleados para el cálculo de los riesgos y en los apartados siguientes se resumen los datos específicos introducidos en el modelo.

- Factores de exposición

En la *Tabla 2* se incluyen los factores de exposición específicos considerados:

Parámetro	Receptor residencial (huertas particulares) NIÑA	Receptor residencial (huertas particulares) ADULTOS	Referencia
Peso corporal (kg)	16,7*	70	Ihobe
Tiempo promedio para agentes cancerígenos (años)	70	70	Ihobe, US EPA
Tiempo promedio para agentes no cancerígenos (años)	25	25	Ihobe, US EPA
Duración de la exposición (años)	6	25	CLEA
Frecuencia de la exposición al suelo(días año)	65	130	CLEA
Tiempo al día en la parcela (h)	3	3	CLEA
Tasa de ingestión de suelo (mg/día)	200	100	Ihobe

Parámetro	Receptor residencial (huertas particulares) NIÑA	Receptor residencial (huertas particulares) ADULTOS	Referencia
Superficie de la piel expuesta (cm ²)	2190**	4280**	Ihobe
Factor de adherencia a la piel (mg/cm ²)	0,5	0,5	Ihobe
Tasa de inhalación (m ³ /h)	2,4***	2,1***	Ihobe
Frecuencia de exposición a la ingesta de vegetales (días/año)	365	365	Ihobe, CLEA Agencia Medioambiental (UK)
Fracción de vegetales cultivados en suelos contaminados	0.25	0,25	EPA (valor por defecto en RISC)
Ingestión de vegetales sobre el suelo (g/día)	159****	159****	Ihobe
Ingestión de vegetales bajo el suelo (g/día)	90*****	90*****	Ihobe

*Media para las distintas franjas de edad comprendidas entre 2 y 6 años

**25 % del total correspondiente al percentil 95 en niños y media de superficies de cabeza, manos, antebrazos y pies según la guía ACR de Ihobe

***Correspondiente a una tasa de actividad intensa en niños de 6 años y moderada para adultos según la guía ACR de Ihobe

****Valor medio de ingesta de población adulta correspondiente a vegetales (Encuesta de nutrición de la CAPV, 1994)

*****Valor medio de ingesta de población adulta correspondiente a patata como representativo de vegetales no expuestos (Encuesta de nutrición de la CAPV, 1994)

Tabla 2. Factores de exposición

- Parámetros del suelo

En el modelo de cálculo se han introducido una serie de parámetros del suelo, los cuales se incluyen en el *Anexo I de salida del software empleado* y se resumen y justifican en la *Tabla 3*.

Parámetro	Receptor residencial (huertas particulares)	Referencia
Tipo de suelo	Limos y limos arenosos con tierra vegetal	Específico del emplazamiento
Longitud de la fuente (m)	50*	Específico del emplazamiento
Anchura de la fuente (m)	30*	Específico del emplazamiento
Cobertura vegetal	0**	Ihobe
Velocidad media del viento (km/h)	2,5	Valores medios 2010-2014 (Estación meteorológica de Derio)
BCF	0,017***	RIVM report 71170023

*Media de las huertas en la zona investigada

**La guía de ACR de Ihobe aconseja un valor <0.5

*** Valor intermedio referenciado en la literatura científica y acorde con valores de materia orgánica propios de zonas de cultivo

Tabla 3. Parámetros más relevantes empleados en el análisis de riesgos

3.3. Resultados y análisis de incertidumbre del análisis de riesgos

3.3.1. Criterios para valorar el riesgo

De acuerdo con las características del lugar analizado y la metodología descrita en el Decreto 199/2006, de 10 de octubre, en esta evaluación se considera como objeto de protección la salud humana de los receptores potenciales identificados en los diferentes escenarios considerados para el cálculo.

Para la cuantificación del riesgo, los valores de riesgo obtenidos mediante el modelo de cálculo se comparan con unos valores de referencia establecidos según se considere el riesgo derivado de sustancias cancerígenas o posiblemente cancerígenas, y sustancias tóxicas con efectos no cancerígenos. Para el primer caso se toma un valor límite de aceptabilidad de 10^{-5} , mientras que para el segundo caso el valor límite es 1 (índice de peligrosidad o cociente de riesgo).

En el caso de los contaminantes con efectos cancerígenos o posiblemente cancerígenos, el valor límite de aceptabilidad de 10^{-5} (1 entre 100.000) indica la probabilidad considerada natural de hallar un caso de cáncer en una población de cien mil personas. Un valor superior indicaría que dicha probabilidad aumenta por encima del límite natural, por lo que el riesgo se consideraría no aceptable.

En el caso de los contaminantes con efectos sistémicos / tóxicos el límite es un valor de 1, el cual indica la relación entre la dosis ingerida por un individuo con respecto a la dosis máxima que el individuo es capaz de tolerar sin sufrir ningún daño por ello. Un valor superior indicaría que se supera dicha dosis máxima, lo cual daría lugar a daños y supondría un riesgo no aceptable.

3.3.2. Resultados del riesgo

A partir de la información recogida en los apartados precedentes se ha realizado un cálculo de riesgo cancerígeno y del índice de riesgo sistémico para la salud humana para los receptores y rutas de exposición consideradas. Los resultados obtenidos tanto para receptores adultos como infantiles se adjuntan en el *Anexo I* de salida del software empleado, así como en la *Tabla 4* que se presenta a continuación. En la tabla se destaca en rojo aquellos valores que superan los criterios de aceptabilidad del riesgo.

RECEPTOR USUARIO DE HUERTAS/ADULTO. RIESGO CANCERÍGENO					
Parámetro	Ingesta suelo	Contacto dérmico	Consumo vegetales	Inhalación polvo	RIESGO TOTAL
Plomo (Pb)	2,8E-07	6,0E-08	1,7E-06	5,9E-21	2,1E-06
RECEPTOR USUARIO DE HUERTAS/ADULTO. RIESGO TÓXICO					
Parámetro	Ingesta suelo	Contacto dérmico	Consumo vegetales	Inhalación polvo	RIESGO TOTAL
Plomo (Pb)	2,5E-02	5,4E-03	1,5E-01	1,8E-14	1,8E-01

RECEPTOR USUARIO DE HUERTAS/NIÑA. RIESGO CANCERÍGENO					
Parámetro	Ingesta suelo	Contacto dérmico	Consumo vegetales	Inhalación polvo	RIESGO TOTAL
Plomo (Pb)	5,6E-07	3,1E-08	1,7E-06	1,4E-21	2,3E-06
RECEPTOR USUARIO DE HUERTAS/NIÑA. RIESGO TÓXICO					
Parámetro	Ingesta suelo	Contacto dérmico	Consumo vegetales	Inhalación polvo	RIESGO TOTAL
Plomo (Pb)	2,1E-01	1,2E-02	6,3E-01	1,8E-14	8,6E-01

Tabla 4. Resultados del riesgo

De acuerdo a los resultados obtenidos, considerando el efecto tóxico como carcinogénico del Pb, y para los escenarios considerados, se determina un riesgo carcinogénico y tóxico ACEPTABLE para los receptores considerados y según los criterios de valoración del riesgo establecidos.

Los resultados ponen de manifiesto que la principal vía de exposición a Pb para el receptor considerado es a través de la ingesta de vegetales, la cual representa entre el 73,91% y 83,30% del riesgo carcinogénico y el 73,26% y 83,15% del riesgo tóxico en niñas y en adultos respectivamente. La segunda vía de exposición principal sería la ingesta de suelo, la cual representa entre el 24,35% y 13,73% del riesgo carcinogénico y el 24,42% y 13,86% del riesgo tóxico en niñas y en adultos respectivamente, mientras que el riesgo derivado a través del contacto dérmico solo representa entre el 1,35% y 2,94% del riesgo carcinogénico y el 1,40% y 2,99% del riesgo tóxico en niñas y en adultos respectivamente. La vía de inhalación de polvo es despreciable frente a las demás vías, puesto que su aporte de riesgo es del 0,00%.

3.3.3. Evaluación de los factores de incertidumbre

Con el análisis de la incertidumbre asociada al proceso de evaluación de riesgos, se identifican y evalúan las asunciones y los aspectos relacionados con las hipótesis de los apartados anteriores, que introducen incertidumbre en los resultados de la evaluación. Del proceso de análisis de la incertidumbre se pueden reconocer las áreas en las que se puede realizar un esfuerzo adicional en la recogida de datos para afinar los resultados de riesgo.

De esta manera, es posible evitar o minimizar los problemas derivados de una evaluación errónea tanto por exceso, lo que podría suponer la obligación de adoptar medidas de recuperación excesivamente costosas, como por defecto, lo que podría suponer la aceptación de unas condiciones que implicaran un riesgo para los potenciales receptores.

Las principales incertidumbres relacionadas con la caracterización de la contaminación en el emplazamiento y el análisis de la exposición que se ha identificado son las siguientes:

- Existe una incertidumbre en el análisis de riesgos derivada de la ausencia de conocimientos científicos y técnicos suficientes sobre los efectos tóxicos concretos de los contaminantes. En este caso se han utilizado las principales fuentes bibliográficas con el fin de revisar la base de datos del software con referencias toxicológicas actualizadas. Se han considerado el factor unitario de riesgo por inhalación para Pb establecido en el Texas Risk Reduction Program. Asimismo, a pesar de falta de estudios concluyentes en relación a la carcinogenicidad del Pb y sus diferentes formas químicas, se ha optado por incluir el valor de la dosis de referencia establecida en el CalEPA.
- Una de las fuentes de incertidumbre se corresponde con los factores de exposición de los potenciales receptores considerados en el escenario de riesgos. En este caso además de considerar al adulto como receptor más probable, se ha modelizado la exposición de niñas de 0 a 6 años al ser el receptor más crítico de acuerdo a las fuentes bibliográficas y referencias reconocidas a nivel internacional.
- En el caso concreto de este análisis de riesgos, otra de las incertidumbres se deriva de los BCF calculados para Pb, debido a los múltiples parámetros que pueden afectar a su valor [geoquímica del metal, las formas en las que se encuentra presente y su partición en el sistema suelo-agua, pH del suelo, % materia orgánica, % arcilla, contenido de metal en el suelo, tipo de plantas (aéreas, tubérculos, frutas, etc.) y diferentes especies, mecanismos concretos de traslocación del metal en la planta (xilema, floema)]. En general para reducir la incertidumbre incluida por este valor se aconseja el cálculo específico para el emplazamiento a través de datos empíricos.

El software utilizado, RISC, utiliza el valor introducido para determinar tanto la concentración acumulada en las zonas de la planta protegidas como en las partes aéreas expuestas de la planta, por lo tanto, y teniendo en cuenta las diferencias encontradas en los valores de BCF reportados en la literatura científica y las incertidumbres asociadas a los valores reportados por *Baes et. al. (1984)* para el rango de concentraciones en suelo detectadas en las parcelas estudiadas, se ha decidido utilizar un valor intermedio y acorde con valores de materia orgánica propios de zonas de cultivo. El valor utilizado es el reportado en el RIVM report 71170023 (Holanda) para un suelo estándar (pH 6, materia orgánica 10%, arcilla 25%), 0,017 mg/kg en planta en peso seco (PS); mg/kg en suelo. Para el cálculo del BCF en peso húmedo de planta, el software realiza la conversión utilizando un valor de humedad de 80 %, valor medio para un gran número de especies vegetales.

- Otro factor que confiere incertidumbre al análisis de riesgos realizado es la ingesta total de productos vegetales. En este caso, ante la usencia de valores concretos para los rangos de edades consideradas (0-6 años) en la CAPV, se ha optado por utilizar los datos medios de la población general adulta de la Encuesta de Nutrición de la CAPV (Departamento de Sanidad, 1994). Para la ingesta media de vegetales protegidos se ha utilizado el valor medio de ingesta de patatas. Es importante no obstante, tener en cuenta que a pesar de que la cantidad ingerida por kg de peso

corporal suele ser mayor en niños que en adultos, con carácter general, la cantidad total ingerida suele ser inferior en niños.

- Asimismo, la determinación de la fracción de vegetales ingerida que corresponde con productos cultivados en suelo contaminado supone una fuente de incertidumbre importante. Ante la usencia de valores medios establecidos para la población de la CAPV o valores específicos del emplazamiento, se optado por utilizar el valor de 25% recomendado por la US EPA, aunque se indica que probablemente resulte algo elevado para los hábitos de EEUU en parcelas de cultivo particulares (aunque puede ser distinto en otras regiones del mundo).
- Debido a la voluntad de precisión del análisis de riesgos, el valor de algunos factores de exposición ha sido asignado de manera subjetiva, aunque conservadora y suficientemente razonada.

Por otro lado, existe un número importante de factores de peso que permiten compensar/reducir las incertidumbres citadas. Entre los mismos se pueden señalar los que se citan a continuación:

- Las concentraciones en Pb empleadas en el cálculo de los riesgos han sido las concentraciones más altas detectadas durante la fase de investigación. Por otro lado, se ha supuesto que estas concentraciones máximas en contaminantes son constantes a lo largo de la máxima alineación que puede trazarse en área afectada, lo cual es irreal, por lo conservativo.
- Algunos de los datos de los parámetros de exposición del suelo y aire se han tomado directamente de valores propios del emplazamiento y en su defecto, debido a la voluntad de precisión del análisis de riesgos, el valor de algunos parámetros de exposición han sido asignados de manera subjetiva, aunque conservadora y suficientemente razonada.

Como ejemplos de lo anterior cabe citar los siguientes:

- Con el objetivo de realizar un análisis conservador y ante la ausencia de estadísticas poblacionales para la estimación de las veces que se visita la huerta con niños en la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV), se ha optado por considerar los datos incluidos en el *Science Report SC050021/SR3 Update technical background to the CLEA model (Environment Agency 2009)* para niños entre de 6 años (65 días al año). El valor para niños de entre 2 y 4 años en la citada referencia pasa a ser de 130 días al año, considerado excesivamente conservador teniendo en cuenta que dicho valor coincide con la media de días que los adultos visitan las huertas según los datos poblacionales para la CAPV.
- De la misma forma, en relación a la superficie de piel expuesta, se ha optado por utilizar en niños el 25 % del percentil 95 de la estadística de la US-EPA incluida en la guía de ACR de lhobe, resultando un valor conservador. En cuanto a los adultos se ha utilizado el valor medio del sumatorio de cabeza, manos, antebrazos y pies tal y como se recomienda en la guía de ACR de lhobe.
- En cuanto a tasa de inhalación de partículas, se ha optado por considerar una tasa para una actividad intensa en niños de 6 años según la guía de ACR de lhobe, resultando un valor probablemente conservador. Para adultos se ha utilizado el valor para una tasa de actividad moderada.

- También se ha asumido a efectos del cálculo que la cobertura vegetal de las huertas es 0, que aunque pudiera darse en momentos puntuales, se considera como enfoque conservador.
- Finalmente, tal y como se indica en el apartado correspondiente, los modelos de transporte de contaminantes empleados en el presente análisis de riesgos son bastante conservativos como para garantizar la validez de las conclusiones extraídas.

A partir de la discusión anterior se puede establecer que las incertidumbres existentes en el análisis de riesgos realizado quedan compensadas por los supuestos y parámetros de exposición conservadores empleados en el cálculo, lo que permite soportar la validez de las conclusiones obtenidas en dicho cálculo.

No obstante lo anterior, se ha procedido a la realización de un análisis de sensibilidad para cuantificar la incertidumbre asociada a los resultados del análisis de riesgos y en concreto con los parámetros más sensibles. En el presente estudio, el análisis de sensibilidad se ha centrado en la vía de consumo de vegetales por ser la que vía principal de exposición, realizando un tanteo de la variación de los niveles de riesgo utilizando

Consumo de vegetales

- El valor del percentil 75 de la ingesta diaria de verduras y patatas para la población general adulta (verduras: 235 g/día; patatas: 150 g/día) según la encuesta poblacional incluida en la guía de ACR de Iñobe.
- Que la fracción de vegetales ingerida que corresponde con productos cultivados en suelo contaminado corresponde al 50%
- Igualmente, con objeto de valorar la influencia del valor de BCF para Pb en el riesgo derivado, se ha optado por utilizar el BCF en peso seco propuestos por *Baes et. al. (1984)* para partes expuestas de la planta (0,045) al ser el más elevado de los reportados en referencias bibliográficas reconocidas en la comunidad científica internacional.

En las *Tablas 5, 6 y 7* y en el *Anexo I* de salida del software empleado se reflejan los resultados del análisis de sensibilidad realizado para cuantificar la incertidumbre y sensibilidad del análisis. En las tablas se destaca en rojo aquellos valores que superan los criterios de aceptabilidad del riesgo.

Tanteo	Consumo de vegetales ADULTO	
Percentil 75 de la ingesta diaria de verduras y patatas en población adulta CAPV	Riesgo cancerígeno	Variación del riesgo Total
	2,9E-06	42,16%
	Riesgo Tóxico	Variación del riesgo Total
	3,3E-01	49,67%

Tanteo	Consumo de vegetales NIÑA	
Percentil 75 de la ingesta diaria de verduras y patatas en población adulta CAPV	Riesgo cancerígeno	Variación del riesgo Total
	2,9E-06	25,54%
	Riesgo Tóxico	Variación del riesgo Total
	1,1E+00	27,91%

Tabla 5. Resultados del análisis de sensibilidad para cuantificar la incertidumbre del ACR: Ingesta de vegetales

Tanteo	Consumo de vegetales ADULTO	
50% de vegetales ingeridos cultivados en suelo contaminado	Riesgo cancerígeno	Variación del riesgo Total
	3,6E-06	78,43%
	Riesgo Tóxico	Variación del riesgo Total
	3,3E-01	84,59%

Tanteo	Consumo de vegetales NIÑA	
50% de vegetales ingeridos cultivados en suelo contaminado	Riesgo cancerígeno	Variación del riesgo Total
	3,6E-06	58,26%
	Riesgo Tóxico	Variación del riesgo Total
	1,4E+00	62,79%

Tabla 6. Resultados del análisis de sensibilidad para cuantificar la incertidumbre del ACR: Ingesta de vegetales

Tanteo	Consumo de vegetales ADULTO	
BCF 0,045 (Baes et. al. 1984)	Riesgo cancerígeno	Variación del riesgo Total
	4,7E-06	130,88%
	Riesgo Tóxico	Variación del riesgo Total
	4,3E-01	138,91%

Tanteo	Consumo de vegetales NIÑA	
BCF 0,045 (Baes et. al. 1984)	Riesgo cancerígeno	Variación del riesgo Total
	4,7E-06	104,78%
	Riesgo Tóxico	Variación del riesgo Total
	1,8E+00	109,30%

Tabla 7. Resultados del análisis de sensibilidad para cuantificar la incertidumbre del ACR: Ingesta de vegetales

Como se puede observar, para la vía de ingestión de vegetales, existen diferentes parámetros con una alta sensibilidad y que aportan al análisis un elevada incertidumbre, pudiendo incluso producirse situaciones de riesgo inadmisibles en receptores infantiles, en función de los valores utilizados.

Si se considera que la cantidad de verduras ingeridas al día por los receptores considerados es el valor correspondiente al percentil 75 de la encuesta de población para adultos de la CAPV (por otro lado improbable), a pesar de que el riesgo carcinogénico y tóxico para adultos aumenta 42,16% y 49,67% respectivamente, en todo momento el riesgo es ACEPTABLE. Para receptores infantiles, el riesgo carcinogénico y tóxico aumenta 25,54% y 27,91% respectivamente, llegando a produciéndose una situación de riesgo tóxico INACEPTABLE.

El porcentaje de verduras y patatas ingeridas cultivadas en suelo contaminado con respecto de la ingesta total, es también un factor determinante. Al considerar que este porcentaje es de un 50%, a pesar de que el riesgo carcinogénico y tóxico para adultos aumenta 78,43% y 84,59% respectivamente, en todo momento el riesgo es ACEPTABLE. Para receptores infantiles, el riesgo carcinogénico y tóxico aumenta 58,26% y 62,79% respectivamente, llegando a produciéndose una situación de riesgo tóxico INACEPTABLE.

Por último, la concentración total de Pb en las diferentes partes de los vegetales ingeridos, en base a su capacidad de acumulación desde el suelo, resulta posiblemente el parámetro más determinante. Al considerar un BCF de 0,045 (el valor más elevado de los reportados en la literatura científica), a pesar de que el riesgo tanto carcinogénico como tóxico para adultos aumenta 130,88% y 138,91% respectivamente, en todo momento el riesgo es ACEPTABLE. De igual forma, para receptores infantiles, el riesgo carcinogénico y tóxico aumenta 104,78% y 109,30% respectivamente, llegando a produciéndose una situación de riesgo tóxico INACEPTABLE.

Cabe recordar no obstante, como se ha mencionado anteriormente, que aunque reconocidos internacionalmente, algunos de los valores de BCF reportados por *Baes et. al. (1984)* calculados a partir de medias geométricas, pueden llegar a sobreestimar el riesgo, en especial para concentraciones entre 50 y 300 mg/kg de Pb en suelo, donde se observa que la capacidad de acumulación de la planta decrece a medida que aumenta la concentración en suelo.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Los resultados del análisis de riesgos para la salud humana, basado en la información disponible sobre el emplazamiento, han demostrado que, teniendo en cuenta las condiciones actuales del emplazamiento, tanto el riesgo tóxico como el riesgo carcinogénico son ACEPTABLES para los receptores y vías de exposición consideradas, ya que los resultados son inferiores a los valores límite de aceptabilidad establecidos en el Decreto 199/2006, de 10 de octubre.

Los resultados ponen de manifiesto que la principal vía de exposición a Pb para receptores considerados es a través de la ingesta de vegetales, la cual representa aproximadamente el 73% y 83% del riesgo total en receptores infantiles y en adultos respectivamente. La segunda vía de exposición principal sería la ingesta de suelo con un aporte de aproximadamente 24 % y 13 % al riesgo total en receptores infantiles y en adultos respectivamente.

No obstante, se han identificado parámetros de gran sensibilidad y que aportan una elevada incertidumbre al análisis. Estos parámetros críticos son:

- La cantidad total de vegetales y patatas (utilizado como referencia para partes no expuestas de la planta) ingerida al día.
- El porcentaje de dicha cantidad que corresponde con productos cultivados en suelo contaminado.
- La concentración total de Pb en las diferentes partes de los vegetales ingeridos, en base a su capacidad de acumulación desde el suelo.

Se observa que al modificar estos valores, el porcentaje de variación del riesgo total aumenta de forma significativa y aunque improbable, podrían llegar a producirse situaciones de riesgo inaceptable en receptores infantiles.

Conviene indicar que las conclusiones que se presentan en este informe son opiniones profesionales basadas en los resultados de las distintas modelizaciones realizadas. Los algoritmos de evaluación de riesgos están basados en la legislación aplicable y en la bibliografía editada por organismos internacionales de reconocido prestigio (US EPA⁶, ASTM17⁷, etc.).

Este análisis debe tenerse en cuenta en su totalidad, puesto que se considera que ninguna de sus partes por separado es representativa.

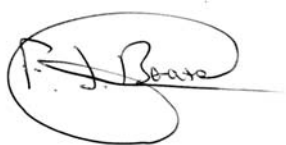
⁶ United States Environmental Protection Agency

⁷ American Society for Testing and Materials

4.2. Recomendaciones

Para reducir las incertidumbres asociadas a los parámetros indicados, se recomienda disponer de datos específicos de las concentraciones de Pb en las diferentes partes de las plantas más comúnmente cultivadas en las parcelas, a través de la medición directa de las mismas tras la toma de muestras.

Leioa, a 22 de marzo de 2017



Fco. Javier Beraza



Mikel Orueetxebarria



Iñaki Ochoa

NOTA. En virtud de las resoluciones por las que se concede a la empresa GEYSER HPC, S.A.U. la acreditación como entidad de investigación y recuperación de la calidad del suelo en el marco de lo establecido en el Decreto 199/2006, de 10 de octubre, por el que se establece el sistema de acreditación de dichas entidades, GEYSER HPC, S.A.U. informa que tienen la obligación de remitir de forma anual un informe que contenga las actuaciones en relación con la acreditación otorgada

ANEXOS

ANEXO I.

DATOS DE SALIDA DEL SOFTWARE UTILIZADO PARA EL ACR

Chemical Parameter Database

Parameter Name	Units	Lead
CAS number	-	7439-92-1
Molecular weight	g/mol	82
Solubility	mg/L	0
Henry's Law constant	-	0
Koc (ND for inorganics)	ml/g	ND
Kd (soil partition coeff.)	ml/g	45
log Kow -- octanol/ water partition coeff.	L/kg	NA
Diffusion coefficient in air	cm ² /s	ND
Diffusion coefficient in water	cm ² /s	ND
Degradation rate	1/day	ND
Uptake factor for plants	ng/kg)/(mg/kg-d)	0,017
Slope factor oral	1/(mg/kg-d)	8,50E-03
Inhalation Unit Risk (IUR)	per ug/m ³	1,20E-05
Slope factor inhalation	1/(mg/kg-d)	ND
Reference dose (RfD) oral	mg/kg-d	0,0036
Reference concentration (RfC)	mg/m ³	7,50E-05
Reference dose (RfD) inhalation	mg/kg-d	ND
Gastro-intestinal absorption factor	-	1
Dermal absorption factor	-	0,01
Skin permeability coefficient (water)	cm/hr	ND
USEPA MCL (Maximum Contaminant Level)	mg/l	0,015

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:
ADULTOS

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	2,8E-07	6,0E-08	1,7E-06	2,0E-06
TOTAL	2,8E-07	6,0E-08	1,7E-06	2,0E-06

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
14:57:36

Receptors:
ADULTOS

Routes:
Ingestion of Soil
Dermal Contact with Soil
Ingestion of Vegetables

Chemicals:
Lead

Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	ADULTOS
Body weight	kg	70
Averaging time for carcinogens	yr	70
Exposure duration	yr	25

Ingestion of Soil	Units	ADULTOS
Exposure frequency for soil	events/yr	130
Ingestion rate for soil	mg/d	100

Dermal Contact with Soil	Units	ADULTOS
Exposure frequency for soil	events/yr	130
Skin surface area exposed to soil	cm ²	4,28E+03
Soil/skin adherence factor	mg/cm ²	0,5

Ingestion of Vegetables	Units	ADULTOS
Exposure frequency for vegetable intake	events/yr	365
Ingestion rate for root vegetables	g/d	90
Ingestion rate for above ground vegetables	g/d	159
Fraction of vegetables grown in contaminated soil	-	0,25

Trapp and Matthies Plant Model Input Parameters	Units	Value
Fraction organic carbon	g/g	2,00E-02
Soil bulk density	g/cm ³	1,3
Water content in soil	cm ³ /cm ³	0,2
Water content in leaves (Wp)	g/g	0,8
Lipid content of leaves (Lp)	g/g	2,00E-02
Conductance	m/s	1,00E-03
b coefficient (bCoeff - plant lipids/octanol)	-	0,95
Leaf area	m ²	5
Leaf volume	m ³	2,00E-03
Transpiration rate	m ³ /s	1,15E-08
Metabolic rate (lambdaM)	1/d	0
Photodegradation rate (lambdaP)	1/d	0
Growth rate constant (lambdaG)	1/d	3,50E-02

Chemical Parameters	Units	Lead
Organic Carbon Partition Coefficient (Koc)	(mg/l)/mg/l)	ND
log Kow	-	ND
Vegetable Uptake Factor (if entered)	-	1,70E-02
Partition Coefficient (Kd)	(mg/L)/(mg/kg)	45

Absorption Adjustment Factors	Ingestion of Soil
	-
Lead	1

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Lead
Ingestion Slope Factor	1/(mg/kg-day)	8,50E-03
Ingestion Reference Dose	mg/kg-day	3,60E-03

Exposure Point Concentrations

--- Used to calculate risk and hazard index.

Concentrations in Surface Soil (mg/kg)	
Lead	180

Plant Concentrations Used in Risk Calculations for Lead	Units	Value
Concentration in plant root	mg/kg	0,612
Aboveground plant concentration	mg/kg	0,612

Ingestion of Vegetables	
Partition coefficient from water to root	(kg/m3 plant)/(kg/m3 water)
Lead	0,00E+00

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For carcinogenic risk:	ADULTOS mg/kg
Lead	0,612

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For hazard index:	ADULTOS mg/kg
Lead	0,612

Chemical	Transpiration Stream Concentration Factor (TSCF) (mg/kg)/(mg/l)
Lead	0,00E+00

Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For carcinogenic risk:	ADULTOS mg/kg
Lead	0,612

Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For hazard index:	ADULTOS mg/kg
Lead	0,612

Short Summary Plant Model Results for Lead

Inputs and Results	Units	Value
Concentration in soil (input)	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water (calculated)	mg/L	4,0E+00
User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	1,7E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	6,1E-01
Concentration in above ground parts	mg/kg	6,1E-01

Summary of Plant Model Results for Lead

Kd for Lead		
Soil/Water partitioning coefficient (user-entered) [Kd]	ml/g	4,5E+01

Media Concentrations	Units	Value
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water	mg/L	4,0E+00

User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	1,7E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	6,1E-01
Concentration in above ground parts	mg/kg	6,1E-01

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:
ADULTOS

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	2,5E-02	5,4E-03	1,5E-01	1,8E-01
TOTAL	2,5E-02	5,4E-03	1,5E-01	1,8E-01

Summary of Daily Doses (Intake) for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
14:57:36

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Soil	ADULTOS
CADD (mg/kd-d)	9,2E-05
LADD (mg/kd-d)	3,3E-05
Cancer Risk (-)	2,8E-07
Hazard Index (-)	2,5E-02

Daily Dose and Risk for: Lead	
Dermal Contact with Soil	ADULTOS
CADD (mg/kd-d)	2,0E-05
LADD (mg/kd-d)	7,0E-06
Cancer Risk (-)	6,0E-08
Hazard Index (-)	5,4E-03

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Vegetables	ADULTOS
CADD (mg/kd-d)	5,4E-04
LADD (mg/kd-d)	1,9E-04
Cancer Risk (-)	1,7E-06
Hazard Index (-)	1,5E-01

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:

ADULTO

Chemical	Inhalation of Particulates	TOTAL
Lead	5,9E-21	5,9E-21
TOTAL	5,9E-21	5,9E-21

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
16:24:20

Receptors:
ADULTO

Routes:
Inhalation of Particulates

Chemicals:
Lead

Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	ADULTO
Body weight	kg	70
Averaging time for carcinogens	yr	70
Exposure duration	yr	25

Inhalation of Particulates	Units	ADULTO
Exposure frequency for outdoor air	events/yr	130
Time outdoors	hr/d	3
Inhalation rate outdoors	m3/hr	2,1

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Lead
Unit risk factor	1/(ug/m3)	1,20E-05
Reference Concentration	mg/m3	7,50E-05

Exposure Point Concentrations for Modeled Media

Obtained from Fate and Transport Output

For carcinogenic risk, concentrations are averaged over the exposure duration (ED).

For non-carcinogenic risk, concentrations are averaged over the minimum of 7 years or the ED.

Modeled Concentrations for Particulates in Ai Exposure Point Concentration for Carcinogens		
Receptor Description	Exposure Duration yr	Lead mg/m3
Carcinogens ADULTO	2,50E+01	3,09E-17

Modeled Concentrations for Particulates in Ai Exposure Point Concentration for Non-Carcinogens		
Receptor Description	Exposure Duration yr	Lead mg/m3
Non-Carcinogens ADULTO	7,00E+00	3,06E-17

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:

ADULTO

Chemical	Inhalation of Particulates	TOTAL
Lead	1,8E-14	1,8E-14
TOTAL	1,8E-14	1,8E-14

Summary of Daily Doses (Intake) for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
16:24:20

Daily Dose and Risk for: Lead	
Inhalation of Particulates	ADULTO
CADD (mg/kd-d)	9,8E-19
LADD (mg/kd-d)	3,5E-19
Cancer Risk (-)	5,9E-21
Hazard Index (-)	1,8E-14

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:
Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	2,8E-07	1,5E-08	1,7E-06	2,0E-06
TOTAL	2,8E-07	1,5E-08	1,7E-06	2,0E-06

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
14:57:36

Receptors:
Child Resident - Mean

Routes:
Ingestion of Soil
Dermal Contact with Soil
Ingestion of Vegetables

Chemicals:
Lead

Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	Child Resident - Mean
Body weight	kg	16,7
Averaging time for carcinogens	yr	70
Exposure duration	yr	6

Ingestion of Soil	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for soil	events/yr	65
Ingestion rate for soil	mg/d	200

Dermal Contact with Soil	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for soil	events/yr	65
Skin surface area exposed to soil	cm ²	2,19E+03
Soil/skin adherence factor	mg/cm ²	0,5

Ingestion of Vegetables	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for vegetable intake	events/yr	365
Ingestion rate for root vegetables	g/d	90
Ingestion rate for above ground vegetables	g/d	159
Fraction of vegetables grown in contaminated soil	-	0,25

Trapp and Matthies Plant Model Input Parameters	Units	Value
Fraction organic carbon	g/g	2,00E-02
Soil bulk density	g/cm ³	1,3
Water content in soil	cm ³ /cm ³	0,2
Water content in leaves (Wp)	g/g	0,8
Lipid content of leaves (Lp)	g/g	2,00E-02
Conductance	m/s	1,00E-03
b coefficient (bCoeff - plant lipids/octanol)	-	0,95
Leaf area	m ²	5
Leaf volume	m ³	2,00E-03
Transpiration rate	m ³ /s	1,15E-08
Metabolic rate (lambdaM)	1/d	0
Photodegradation rate (lambdaP)	1/d	0
Growth rate constant (lambdaG)	1/d	3,50E-02

Chemical Parameters	Units	Lead
Organic Carbon Partition Coefficient (Koc)	(mg/l)/mg/l)	ND
log Kow	-	ND
Vegetable Uptake Factor (if entered)	-	1,70E-02
Partition Coefficient (Kd)	(mg/L)/(mg/kg)	45

Absorption Adjustment Factors	Ingestion of Soil
	-
Lead	1

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Lead
Ingestion Slope Factor	1/(mg/kg-day)	8,50E-03
Ingestion Reference Dose	mg/kg-day	3,60E-03

Exposure Point Concentrations

--- Used to calculate risk and hazard index.

Concentrations in Surface Soil (mg/kg)	
Lead	180

Plant Concentrations Used in Risk Calculations for Lead	Units	Value
Concentration in plant root	mg/kg	0,612
Aboveground plant concentration	mg/kg	0,612

Ingestion of Vegetables	
Partition coefficient from water to root	(kg/m ³ plant)/(kg/m ³ water)
Lead	0,00E+00

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For carcinogenic risk:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	0,612

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For hazard index:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	0,612

Chemical	Transpiration Stream Concentration Factor (TSCF) (mg/kg)/(mg/l)
Lead	0,00E+00

Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For carcinogenic risk:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	0,612

Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For hazard index:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	0,612

Short Summary Plant Model Results for Lead

Inputs and Results	Units	Value
Concentration in soil (input)	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water (calculated)	mg/L	4,0E+00
User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	1,7E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	6,1E-01
Concentration in above ground parts	mg/kg	6,1E-01

Summary of Plant Model Results for Lead

Kd for Lead		
Soil/Water partitioning coefficient (user-entered) [Kd]	ml/g	4,5E+01

Media Concentrations	Units	Value
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water	mg/L	4,0E+00

User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	1,7E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	6,1E-01
Concentration in above ground parts	mg/kg	6,1E-01

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:

Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	1,1E-01	5,8E-03	6,3E-01	7,5E-01
TOTAL	1,1E-01	5,8E-03	6,3E-01	7,5E-01

Summary of Daily Doses (Intake) for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
14:57:36

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Soil	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,8E-04
LADD (mg/kd-d)	3,3E-05
Cancer Risk (-)	2,8E-07
Hazard Index (-)	1,1E-01

Daily Dose and Risk for: Lead	
Dermal Contact with Soil	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,1E-05
LADD (mg/kd-d)	1,8E-06
Cancer Risk (-)	1,5E-08
Hazard Index (-)	5,8E-03

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Vegetables	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,3E-03
LADD (mg/kd-d)	2,0E-04
Cancer Risk (-)	1,7E-06
Hazard Index (-)	6,3E-01

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:

Child Resident - Mean

Chemical	Inhalation of Particulates	TOTAL
Lead	7,0E-22	7,0E-22
TOTAL	7,0E-22	7,0E-22

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
16:24:20

Receptors:
Child Resident - Mean

Routes:
Inhalation of Particulates

Chemicals:
Lead

Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	Child Resident - Mean
Body weight	kg	16,7
Averaging time for carcinogens	yr	70
Exposure duration	yr	6

Inhalation of Particulates	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for outdoor air	events/yr	65
Time outdoors	hr/d	3
Inhalation rate outdoors	m3/hr	2,4

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Lead
Unit risk factor	1/(ug/m3)	1,20E-05
Reference Concentration	mg/m3	7,50E-05

Exposure Point Concentrations for Modeled Media

Obtained from Fate and Transport Output

For carcinogenic risk, concentrations are averaged over the exposure duration (ED).

For non-carcinogenic risk, concentrations are averaged over the minimum of 7 years or the ED.

Modeled Concentrations for Particulates in Ai Exposure Point Concentration for Carcinogens		
Receptor Description	Exposure Duration yr	Lead mg/m3
Carcinogens Child Resident - Mean	6,00E+00	3,05E-17

Modeled Concentrations for Particulates in Ai Exposure Point Concentration for Non-Carcinogens		
Receptor Description	Exposure Duration yr	Lead mg/m3
Non-Carcinogens Child Resident - Mean	6,00E+00	3,05E-17

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:

Child Resident - Mean

Chemical	Inhalation of Particulates	TOTAL
Lead	9,1E-15	9,1E-15
TOTAL	9,1E-15	9,1E-15

Summary of Daily Doses (Intake) for Risk Calculation

Description:

Date:

02-24-2017

16:24:20

Daily Dose and Risk for: Lead	
Inhalation of Particulates	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,3E-18
LADD (mg/kd-d)	2,0E-19
Cancer Risk (-)	7,0E-22
Hazard Index (-)	9,1E-15

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:
ADULTO

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	2,8E-07	6,0E-08	2,6E-06	2,9E-06
TOTAL	2,8E-07	6,0E-08	2,6E-06	2,9E-06

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
15:43:52

Receptors:
ADULTO

Routes:
Ingestion of Soil
Dermal Contact with Soil
Ingestion of Vegetables

Chemicals:
Lead

Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	ADULTO
Body weight	kg	70
Averaging time for carcinogens	yr	70
Exposure duration	yr	25

Ingestion of Soil	Units	ADULTO
Exposure frequency for soil	events/yr	130
Ingestion rate for soil	mg/d	100

Dermal Contact with Soil	Units	ADULTO
Exposure frequency for soil	events/yr	130
Skin surface area exposed to soil	cm ²	4,28E+03
Soil/skin adherence factor	mg/cm ²	0,5

Ingestion of Vegetables	Units	ADULTO
Exposure frequency for vegetable intake	events/yr	365
Ingestion rate for root vegetables	g/d	150
Ingestion rate for above ground vegetables	g/d	235
Fraction of vegetables grown in contaminated soil	-	0,25

Trapp and Matthies Plant Model Input Parameters	Units	Value
Fraction organic carbon	g/g	2,00E-02
Soil bulk density	g/cm ³	1,3
Water content in soil	cm ³ /cm ³	0,2
Water content in leaves (Wp)	g/g	0,8
Lipid content of leaves (Lp)	g/g	2,00E-02
Conductance	m/s	1,00E-03
b coefficient (bCoeff - plant lipids/octanol)	-	0,95
Leaf area	m ²	5
Leaf volume	m ³	2,00E-03
Transpiration rate	m ³ /s	1,15E-08
Metabolic rate (lambdaM)	1/d	0
Photodegradation rate (lambdaP)	1/d	0
Growth rate constant (lambdaG)	1/d	3,50E-02

Chemical Parameters	Units	Lead
Organic Carbon Partition Coefficient (Koc)	(mg/l)/mg/l)	ND
log Kow	-	ND
Vegetable Uptake Factor (if entered)	-	1,70E-02
Partition Coefficient (Kd)	(mg/L)/(mg/kg)	45

Absorption Adjustment Factors	Ingestion of Soil
	-
Lead	1

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Lead
Ingestion Slope Factor	1/(mg/kg-day)	8,50E-03
Ingestion Reference Dose	mg/kg-day	3,60E-03

Exposure Point Concentrations

--- Used to calculate risk and hazard index.

Concentrations in Surface Soil (mg/kg)	
Lead	180

Plant Concentrations Used in Risk Calculations for Lead	Units	Value
Concentration in plant root	mg/kg	0,612
Aboveground plant concentration	mg/kg	0,612

Ingestion of Vegetables	
Partition coefficient from water to root	(kg/m ³ plant)/(kg/m ³ water)
Lead	0,00E+00

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For carcinogenic risk:	ADULTO mg/kg
Lead	0,612

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For hazard index:	ADULTO mg/kg
Lead	0,612

Chemical	Transpiration Stream Concentration Factor (TSCF) (mg/kg)/(mg/l)
Lead	0,00E+00
Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For carcinogenic risk:	ADULTO mg/kg
Lead	0,612

Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For hazard index:	ADULTO mg/kg
Lead	0,612

Short Summary Plant Model Results for Lead

Inputs and Results	Units	Value
Concentration in soil (input)	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water (calculated)	mg/L	4,0E+00
User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	1,7E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	6,1E-01
Concentration in above ground parts	mg/kg	6,1E-01

Summary of Plant Model Results for Lead

Kd for Lead		
Soil/Water partitioning coefficient (user-entered) [Kd]	ml/g	4,5E+01

Media Concentrations	Units	Value
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water	mg/L	4,0E+00

User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	1,7E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	6,1E-01
Concentration in above ground parts	mg/kg	6,1E-01

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:
ADULTO

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	2,5E-02	5,4E-03	2,3E-01	2,7E-01
TOTAL	2,5E-02	5,4E-03	2,3E-01	2,7E-01

Summary of Daily Doses (Intake) for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
15:43:52

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Soil	ADULTO
CADD (mg/kd-d)	9,2E-05
LADD (mg/kd-d)	3,3E-05
Cancer Risk (-)	2,8E-07
Hazard Index (-)	2,5E-02

Daily Dose and Risk for: Lead	
Dermal Contact with Soil	ADULTO
CADD (mg/kd-d)	2,0E-05
LADD (mg/kd-d)	7,0E-06
Cancer Risk (-)	6,0E-08
Hazard Index (-)	5,4E-03

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Vegetables	ADULTO
CADD (mg/kd-d)	8,4E-04
LADD (mg/kd-d)	3,0E-04
Cancer Risk (-)	2,6E-06
Hazard Index (-)	2,3E-01

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:
ADULTO

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	2,8E-07	6,0E-08	3,3E-06	3,6E-06
TOTAL	2,8E-07	6,0E-08	3,3E-06	3,6E-06

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
16:12:12

Receptors:
ADULTO

Routes:
Ingestion of Soil
Dermal Contact with Soil
Ingestion of Vegetables

Chemicals:
Lead

Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	ADULTO
Body weight	kg	70
Averaging time for carcinogens	yr	70
Exposure duration	yr	25

Ingestion of Soil	Units	ADULTO
Exposure frequency for soil	events/yr	130
Ingestion rate for soil	mg/d	100

Dermal Contact with Soil	Units	ADULTO
Exposure frequency for soil	events/yr	130
Skin surface area exposed to soil	cm ²	4,28E+03
Soil/skin adherence factor	mg/cm ²	0,5

Ingestion of Vegetables	Units	ADULTO
Exposure frequency for vegetable intake	events/yr	365
Ingestion rate for root vegetables	g/d	90
Ingestion rate for above ground vegetables	g/d	159
Fraction of vegetables grown in contaminated soil	-	0,5

Trapp and Matthies Plant Model Input Parameters	Units	Value
Fraction organic carbon	g/g	2,00E-02
Soil bulk density	g/cm ³	1,3
Water content in soil	cm ³ /cm ³	0,2
Water content in leaves (Wp)	g/g	0,8
Lipid content of leaves (Lp)	g/g	2,00E-02
Conductance	m/s	1,00E-03
b coefficient (bCoeff - plant lipids/octanol)	-	0,95
Leaf area	m ²	5
Leaf volume	m ³	2,00E-03
Transpiration rate	m ³ /s	1,15E-08
Metabolic rate (lambdaM)	1/d	0
Photodegradation rate (lambdaP)	1/d	0
Growth rate constant (lambdaG)	1/d	3,50E-02

Chemical Parameters	Units	Lead
Organic Carbon Partition Coefficient (Koc)	(mg/l)/mg/l)	ND
log Kow	-	ND
Vegetable Uptake Factor (if entered)	-	1,70E-02
Partition Coefficient (Kd)	(mg/L)/(mg/kg)	45

Absorption Adjustment Factors	Ingestion of Soil
	-
Lead	1

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Lead
Ingestion Slope Factor	1/(mg/kg-day)	8,50E-03
Ingestion Reference Dose	mg/kg-day	3,60E-03

Exposure Point Concentrations

--- Used to calculate risk and hazard index.

Concentrations in Surface Soil (mg/kg)	
Lead	180

Plant Concentrations Used in Risk Calculations for Lead	Units	Value
Concentration in plant root	mg/kg	0,612
Aboveground plant concentration	mg/kg	0,612

Ingestion of Vegetables	
Partition coefficient from water to root	(kg/m ³ plant)/(kg/m ³ water)
Lead	0,00E+00

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For carcinogenic risk:	ADULTO mg/kg
Lead	0,612

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For hazard index:	ADULTO mg/kg
Lead	0,612

Chemical	Transpiration Stream Concentration Factor (TSCF) (mg/kg)/(mg/l)
Lead	0,00E+00

Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For carcinogenic risk:	ADULTO mg/kg
Lead	0,612

Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For hazard index:	ADULTO mg/kg
Lead	0,612

Short Summary Plant Model Results for Lead

Inputs and Results	Units	Value
Concentration in soil (input)	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water (calculated)	mg/L	4,0E+00
User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	1,7E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	6,1E-01
Concentration in above ground parts	mg/kg	6,1E-01

Summary of Plant Model Results for Lead

Kd for Lead		
Soil/Water partitioning coefficient (user-entered) [Kd]	ml/g	4,5E+01

Media Concentrations	Units	Value
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water	mg/L	4,0E+00

User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	1,7E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	6,1E-01
Concentration in above ground parts	mg/kg	6,1E-01

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:
ADULTO

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	2,5E-02	5,4E-03	3,0E-01	3,3E-01
TOTAL	2,5E-02	5,4E-03	3,0E-01	3,3E-01

Summary of Daily Doses (Intake) for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
16:12:12

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Soil	ADULTO
CADD (mg/kd-d)	9,2E-05
LADD (mg/kd-d)	3,3E-05
Cancer Risk (-)	2,8E-07
Hazard Index (-)	2,5E-02

Daily Dose and Risk for: Lead	
Dermal Contact with Soil	ADULTO
CADD (mg/kd-d)	2,0E-05
LADD (mg/kd-d)	7,0E-06
Cancer Risk (-)	6,0E-08
Hazard Index (-)	5,4E-03

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Vegetables	ADULTO
CADD (mg/kd-d)	1,1E-03
LADD (mg/kd-d)	3,9E-04
Cancer Risk (-)	3,3E-06
Hazard Index (-)	3,0E-01

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:
Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	2,8E-07	6,0E-08	4,4E-06	4,7E-06
TOTAL	2,8E-07	6,0E-08	4,4E-06	4,7E-06

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
15:58:39

Receptors:
Child Resident - Mean

Routes:
Ingestion of Soil
Dermal Contact with Soil
Ingestion of Vegetables

Chemicals:
Lead

Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	Child Resident - Mean
Body weight	kg	70
Averaging time for carcinogens	yr	70
Exposure duration	yr	25

Ingestion of Soil	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for soil	events/yr	130
Ingestion rate for soil	mg/d	100

Dermal Contact with Soil	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for soil	events/yr	130
Skin surface area exposed to soil	cm ²	4,28E+03
Soil/skin adherence factor	mg/cm ²	0,5

Ingestion of Vegetables	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for vegetable intake	events/yr	365
Ingestion rate for root vegetables	g/d	90
Ingestion rate for above ground vegetables	g/d	159
Fraction of vegetables grown in contaminated soil	-	0,25

Trapp and Matthies Plant Model Input Parameters	Units	Value
Fraction organic carbon	g/g	2,00E-02
Soil bulk density	g/cm ³	1,3
Water content in soil	cm ³ /cm ³	0,2
Water content in leaves (Wp)	g/g	0,8
Lipid content of leaves (Lp)	g/g	2,00E-02
Conductance	m/s	1,00E-03
b coefficient (bCoeff - plant lipids/octanol)	-	0,95
Leaf area	m ²	5
Leaf volume	m ³	2,00E-03
Transpiration rate	m ³ /s	1,15E-08
Metabolic rate (lambdaM)	1/d	0
Photodegradation rate (lambdaP)	1/d	0
Growth rate constant (lambdaG)	1/d	3,50E-02

Chemical Parameters	Units	Lead
Organic Carbon Partition Coefficient (Koc)	(mg/l)/mg/l)	ND
log Kow	-	ND
Vegetable Uptake Factor (if entered)	-	4,50E-02
Partition Coefficient (Kd)	(mg/L)/(mg/kg)	45

Absorption Adjustment Factors	Ingestion of Soil
	-
Lead	1

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Lead
Ingestion Slope Factor	1/(mg/kg-day)	8,50E-03
Ingestion Reference Dose	mg/kg-day	3,60E-03

Exposure Point Concentrations

--- Used to calculate risk and hazard index.

Concentrations in Surface Soil (mg/kg)	
Lead	180

Plant Concentrations Used in Risk Calculations for Lead	Units	Value
Concentration in plant root	mg/kg	1,62
Aboveground plant concentration	mg/kg	1,62

Ingestion of Vegetables	
Partition coefficient from water to root	(kg/m ³ plant)/(kg/m ³ water)
Lead	0,00E+00

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For carcinogenic risk:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	1,62

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For hazard index:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	1,62

Chemical	Transpiration Stream Concentration Factor (TSCF) (mg/kg)/(mg/l)
Lead	0,00E+00

Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For carcinogenic risk:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	1,62

Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For hazard index:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	1,62

Short Summary Plant Model Results for Lead

Inputs and Results	Units	Value
Concentration in soil (input)	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water (calculated)	mg/L	4,0E+00
User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	4,5E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	1,6E+00
Concentration in above ground parts	mg/kg	1,6E+00

Summary of Plant Model Results for Lead

Kd for Lead		
Soil/Water partitioning coefficient (user-entered) [Kd]	ml/g	4,5E+01

Media Concentrations	Units	Value
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water	mg/L	4,0E+00

User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	4,5E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	1,6E+00
Concentration in above ground parts	mg/kg	1,6E+00

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:

Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	2,5E-02	5,4E-03	4,0E-01	4,3E-01
TOTAL	2,5E-02	5,4E-03	4,0E-01	4,3E-01

Summary of Daily Doses (Intake) for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
15:58:39

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Soil	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	9,2E-05
LADD (mg/kd-d)	3,3E-05
Cancer Risk (-)	2,8E-07
Hazard Index (-)	2,5E-02

Daily Dose and Risk for: Lead	
Dermal Contact with Soil	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,0E-05
LADD (mg/kd-d)	7,0E-06
Cancer Risk (-)	6,0E-08
Hazard Index (-)	5,4E-03

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Vegetables	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,4E-03
LADD (mg/kd-d)	5,2E-04
Cancer Risk (-)	4,4E-06
Hazard Index (-)	4,0E-01

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:

Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	2,8E-07	1,5E-08	2,6E-06	2,9E-06
TOTAL	2,8E-07	1,5E-08	2,6E-06	2,9E-06

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
15:43:52

Receptors:
Child Resident - Mean

Routes:
Ingestion of Soil
Dermal Contact with Soil
Ingestion of Vegetables

Chemicals:
Lead

Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	Child Resident - Mean
Body weight	kg	16,7
Averaging time for carcinogens	yr	70
Exposure duration	yr	6

Ingestion of Soil	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for soil	events/yr	65
Ingestion rate for soil	mg/d	200

Dermal Contact with Soil	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for soil	events/yr	65
Skin surface area exposed to soil	cm ²	2,19E+03
Soil/skin adherence factor	mg/cm ²	0,5

Ingestion of Vegetables	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for vegetable intake	events/yr	365
Ingestion rate for root vegetables	g/d	150
Ingestion rate for above ground vegetables	g/d	235
Fraction of vegetables grown in contaminated soil	-	0,25

Trapp and Matthies Plant Model Input Parameters	Units	Value
Fraction organic carbon	g/g	2,00E-02
Soil bulk density	g/cm ³	1,3
Water content in soil	cm ³ /cm ³	0,2
Water content in leaves (Wp)	g/g	0,8
Lipid content of leaves (Lp)	g/g	2,00E-02
Conductance	m/s	1,00E-03
b coefficient (bCoeff - plant lipids/octanol)	-	0,95
Leaf area	m ²	5
Leaf volume	m ³	2,00E-03
Transpiration rate	m ³ /s	1,15E-08
Metabolic rate (lambdaM)	1/d	0
Photodegradation rate (lambdaP)	1/d	0
Growth rate constant (lambdaG)	1/d	3,50E-02

Chemical Parameters	Units	Lead
Organic Carbon Partition Coefficient (Koc)	(mg/l)/mg/l)	ND
log Kow	-	ND
Vegetable Uptake Factor (if entered)	-	1,70E-02
Partition Coefficient (Kd)	(mg/L)/(mg/kg)	45

Absorption Adjustment Factors	Ingestion of Soil
	-
Lead	1

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Lead
Ingestion Slope Factor	1/(mg/kg-day)	8,50E-03
Ingestion Reference Dose	mg/kg-day	3,60E-03

Exposure Point Concentrations

--- Used to calculate risk and hazard index.

Concentrations in Surface Soil (mg/kg)	
Lead	180

Plant Concentrations Used in Risk Calculations for Lead	Units	Value
Concentration in plant root	mg/kg	0,612
Aboveground plant concentration	mg/kg	0,612

Ingestion of Vegetables	
Partition coefficient from water to root	(kg/m ³ plant)/(kg/m ³ water)
Lead	0,00E+00

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For carcinogenic risk:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	0,612

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For hazard index:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	0,612

Chemical	Transpiration Stream Concentration Factor (TSCF) (mg/kg)/(mg/l)
Lead	0,00E+00

Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For carcinogenic risk:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	0,612

Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For hazard index:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	0,612

Short Summary Plant Model Results for Lead

Inputs and Results	Units	Value
Concentration in soil (input)	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water (calculated)	mg/L	4,0E+00
User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	1,7E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	6,1E-01
Concentration in above ground parts	mg/kg	6,1E-01

Summary of Plant Model Results for Lead

Kd for Lead		
Soil/Water partitioning coefficient (user-entered) [Kd]	ml/g	4,5E+01

Media Concentrations	Units	Value
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water	mg/L	4,0E+00

User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	1,7E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	6,1E-01
Concentration in above ground parts	mg/kg	6,1E-01

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:

Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	1,1E-01	5,8E-03	9,8E-01	1,1E+00
TOTAL	1,1E-01	5,8E-03	9,8E-01	1,1E+00

Summary of Daily Doses (Intake) for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
15:43:52

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Soil	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,8E-04
LADD (mg/kd-d)	3,3E-05
Cancer Risk (-)	2,8E-07
Hazard Index (-)	1,1E-01

Daily Dose and Risk for: Lead	
Dermal Contact with Soil	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,1E-05
LADD (mg/kd-d)	1,8E-06
Cancer Risk (-)	1,5E-08
Hazard Index (-)	5,8E-03

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Vegetables	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,5E-03
LADD (mg/kd-d)	3,0E-04
Cancer Risk (-)	2,6E-06
Hazard Index (-)	9,8E-01

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:
Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	2,8E-07	1,5E-08	3,3E-06	3,6E-06
TOTAL	2,8E-07	1,5E-08	3,3E-06	3,6E-06

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
16:12:12

Receptors:
Child Resident - Mean

Routes:
Ingestion of Soil
Dermal Contact with Soil
Ingestion of Vegetables

Chemicals:
Lead

Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	Child Resident - Mean
Body weight	kg	16,7
Averaging time for carcinogens	yr	70
Exposure duration	yr	6

Ingestion of Soil	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for soil	events/yr	65
Ingestion rate for soil	mg/d	200

Dermal Contact with Soil	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for soil	events/yr	65
Skin surface area exposed to soil	cm ²	2,19E+03
Soil/skin adherence factor	mg/cm ²	0,5

Ingestion of Vegetables	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for vegetable intake	events/yr	365
Ingestion rate for root vegetables	g/d	90
Ingestion rate for above ground vegetables	g/d	159
Fraction of vegetables grown in contaminated soil	-	0,5

Trapp and Matthies Plant Model Input Parameters	Units	Value
Fraction organic carbon	g/g	2,00E-02
Soil bulk density	g/cm ³	1,3
Water content in soil	cm ³ /cm ³	0,2
Water content in leaves (Wp)	g/g	0,8
Lipid content of leaves (Lp)	g/g	2,00E-02
Conductance	m/s	1,00E-03
b coefficient (bCoeff - plant lipids/octanol)	-	0,95
Leaf area	m ²	5
Leaf volume	m ³	2,00E-03
Transpiration rate	m ³ /s	1,15E-08
Metabolic rate (lambdaM)	1/d	0
Photodegradation rate (lambdaP)	1/d	0
Growth rate constant (lambdaG)	1/d	3,50E-02

Chemical Parameters	Units	Lead
Organic Carbon Partition Coefficient (Koc)	(mg/l)/mg/l)	ND
log Kow	-	ND
Vegetable Uptake Factor (if entered)	-	1,70E-02
Partition Coefficient (Kd)	(mg/L)/(mg/kg)	45

Absorption Adjustment Factors	Ingestion of Soil
	-
Lead	1

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Lead
Ingestion Slope Factor	1/(mg/kg-day)	8,50E-03
Ingestion Reference Dose	mg/kg-day	3,60E-03

Exposure Point Concentrations

--- Used to calculate risk and hazard index.

Concentrations in Surface Soil (mg/kg)	
Lead	180

Plant Concentrations Used in Risk Calculations for Lead	Units	Value
Concentration in plant root	mg/kg	0,612
Aboveground plant concentration	mg/kg	0,612

Ingestion of Vegetables	
Partition coefficient from water to root	(kg/m ³ plant)/(kg/m ³ water)
Lead	0,00E+00

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For carcinogenic risk:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	0,612

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For hazard index:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	0,612

Chemical	Transpiration Stream Concentration Factor (TSCF) (mg/kg)/(mg/l)
Lead	0,00E+00

Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For carcinogenic risk:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	0,612

Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For hazard index:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	0,612

Short Summary Plant Model Results for Lead

Inputs and Results	Units	Value
Concentration in soil (input)	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water (calculated)	mg/L	4,0E+00
User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	1,7E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	6,1E-01
Concentration in above ground parts	mg/kg	6,1E-01

Summary of Plant Model Results for Lead

Kd for Lead		
Soil/Water partitioning coefficient (user-entered) [Kd]	ml/g	4,5E+01

Media Concentrations	Units	Value
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water	mg/L	4,0E+00

User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	1,7E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	6,1E-01
Concentration in above ground parts	mg/kg	6,1E-01

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:

Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	1,1E-01	5,8E-03	1,3E+00	1,4E+00
TOTAL	1,1E-01	5,8E-03	1,3E+00	1,4E+00

Summary of Daily Doses (Intake) for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
16:12:12

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Soil	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,8E-04
LADD (mg/kd-d)	3,3E-05
Cancer Risk (-)	2,8E-07
Hazard Index (-)	1,1E-01

Daily Dose and Risk for: Lead	
Dermal Contact with Soil	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,1E-05
LADD (mg/kd-d)	1,8E-06
Cancer Risk (-)	1,5E-08
Hazard Index (-)	5,8E-03

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Vegetables	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	4,6E-03
LADD (mg/kd-d)	3,9E-04
Cancer Risk (-)	3,3E-06
Hazard Index (-)	1,3E+00

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:

Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	2,8E-07	1,5E-08	4,4E-06	4,7E-06
TOTAL	2,8E-07	1,5E-08	4,4E-06	4,7E-06

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
15:58:39

Receptors:
Child Resident - Mean

Routes:
Ingestion of Soil
Dermal Contact with Soil
Ingestion of Vegetables

Chemicals:
Lead

Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	Child Resident - Mean
Body weight	kg	16,7
Averaging time for carcinogens	yr	70
Exposure duration	yr	6

Ingestion of Soil	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for soil	events/yr	65
Ingestion rate for soil	mg/d	200

Dermal Contact with Soil	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for soil	events/yr	65
Skin surface area exposed to soil	cm ²	2,19E+03
Soil/skin adherence factor	mg/cm ²	0,5

Ingestion of Vegetables	Units	Child Resident - Mean
Exposure frequency for vegetable intake	events/yr	365
Ingestion rate for root vegetables	g/d	90
Ingestion rate for above ground vegetables	g/d	159
Fraction of vegetables grown in contaminated soil	-	0,25

Trapp and Matthies Plant Model Input Parameters	Units	Value
Fraction organic carbon	g/g	2,00E-02
Soil bulk density	g/cm ³	1,3
Water content in soil	cm ³ /cm ³	0,2
Water content in leaves (Wp)	g/g	0,8
Lipid content of leaves (Lp)	g/g	2,00E-02
Conductance	m/s	1,00E-03
b coefficient (bCoeff - plant lipids/octanol)	-	0,95
Leaf area	m ²	5
Leaf volume	m ³	2,00E-03
Transpiration rate	m ³ /s	1,15E-08
Metabolic rate (lambdaM)	1/d	0
Photodegradation rate (lambdaP)	1/d	0
Growth rate constant (lambdaG)	1/d	3,50E-02

Chemical Parameters	Units	Lead
Organic Carbon Partition Coefficient (Koc)	(mg/l)/mg/l)	ND
log Kow	-	ND
Vegetable Uptake Factor (if entered)	-	4,50E-02
Partition Coefficient (Kd)	(mg/L)/(mg/kg)	45

Absorption Adjustment Factors	Ingestion of Soil
	-
Lead	1

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Lead
Ingestion Slope Factor	1/(mg/kg-day)	8,50E-03
Ingestion Reference Dose	mg/kg-day	3,60E-03

Exposure Point Concentrations

--- Used to calculate risk and hazard index.

Concentrations in Surface Soil (mg/kg)	
Lead	180

Plant Concentrations Used in Risk Calculations for Lead	Units	Value
Concentration in plant root	mg/kg	1,62
Aboveground plant concentration	mg/kg	1,62

Ingestion of Vegetables	
Partition coefficient from water to root	(kg/m ³ plant)/(kg/m ³ water)
Lead	0,00E+00

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For carcinogenic risk:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	1,62

Concentration in Plant Roots (wet weight) - For hazard index:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	1,62

Chemical	Transpiration Stream Concentration Factor (TSCF) (mg/kg)/(mg/l)
Lead	0,00E+00

Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For carcinogenic risk:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	1,62

Concentration in Plant Leaves (Aboveground parts) - For hazard index:	Child Resident - Mean mg/kg
Lead	1,62

Short Summary Plant Model Results for Lead

Inputs and Results	Units	Value
Concentration in soil (input)	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water (calculated)	mg/L	4,0E+00
User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	4,5E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	1,6E+00
Concentration in above ground parts	mg/kg	1,6E+00

Summary of Plant Model Results for Lead

Kd for Lead		
Soil/Water partitioning coefficient (user-entered) [Kd]	ml/g	4,5E+01

Media Concentrations	Units	Value
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in water	mg/L	4,0E+00

User-Entered Plant Uptake Factor for Lead		
Plant uptake factor entered by user [Bv]	g/g	4,5E-02
Water content of plant [Wp]	g/g	8,0E-01
Concentration in soil	mg/kg	1,8E+02
Concentration in roots	mg/kg	1,6E+00
Concentration in above ground parts	mg/kg	1,6E+00

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:

Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	Ingestion of Vegetables	TOTAL
Lead	1,1E-01	5,8E-03	1,7E+00	1,8E+00
TOTAL	1,1E-01	5,8E-03	1,7E+00	1,8E+00

Summary of Daily Doses (Intake) for Risk Calculation

Description:

Date: 02-24-2017
15:58:39

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Soil	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,8E-04
LADD (mg/kd-d)	3,3E-05
Cancer Risk (-)	2,8E-07
Hazard Index (-)	1,1E-01

Daily Dose and Risk for: Lead	
Dermal Contact with Soil	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,1E-05
LADD (mg/kd-d)	1,8E-06
Cancer Risk (-)	1,5E-08
Hazard Index (-)	5,8E-03

Daily Dose and Risk for: Lead	
Ingestion of Vegetables	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,0E-03
LADD (mg/kd-d)	5,2E-04
Cancer Risk (-)	4,4E-06
Hazard Index (-)	1,7E+00