



Memo N°: **OBB 059/2017**
ANT.: Expediente DFZ-2017-181-VIII-RCA-IA
MAT.: Solicita medida provisional del art. 48° a) de la LOSMA, para Piscicultura KETRUN RAYEN (PKR)

Concepción, 18 de Octubre de 2017

A: CRISTIAN FRANZ THORUD
SUPERINTENDENTE DEL MEDIO AMBIENTE

De: EMELINA ZAMORANO A.
Jefa Oficina Regional Biobío, SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE

De mi consideración:

En el marco de las actividades de fiscalización ambiental efectuadas entre marzo y agosto del año 2017 por personal de la Oficina Regional del Biobío en compañía de personal de Servicio Nacional de Pesca de la Región del Biobío, actividades tanto presenciales (21-03-2017) como de Gabinete, se procedió a inspeccionar la operación de la Unidad Fiscalizable denominada Piscicultura KETRUN RAYEN (en adelante PKR), cuyo titular es la empresa AUSTRALIS AGUA DULCE S.A. De las actividades mencionadas, se concluyó que el uso de sustancias químicas utilizadas para la desinfección antimicótica, específicamente respecto del químico denominado Formalina, se requiere adoptar una Medida Provisional pre-procedimental preventiva con base en el artículo 48° a) "**Medidas de corrección, seguridad o control que impidan la continuidad en la producción del riesgo (...)**" de la LOSMA dados los riesgos derivados de su sobreconsumo, según se propone en el **punto VI** del presente documento, sobre la base del análisis que se describe a continuación:

I. Antecedentes

La piscicultura PKR cuenta con la RCA N° 241/2008 de la COREMA del Biobío que calificó favorablemente el proyecto "*Piscicultura Ketrún Rayén*", modificada mediante la Resolución Exenta N° 098/2013 de la CEA Biobío. Esta última resolución exenta del 2013 resolvió una consulta de pertinencia de ingreso presentada por el titular de la época, respecto de una modificación en el sistema de tratamiento de riles.

El proyecto se encuentra ubicado en el sector Caliboro, Lote A1 del Fundo El Álamo, comuna de Los Ángeles (en las coordenadas UTM 750152 mE; 5869847 mS; WGS84; 18H), y fue diseñado para las etapas de:

- *hatchery*,
- *nursery*
- alevinaje de salmones hasta el estado de smolt.

Esta piscicultura se encuentra aguas abajo de una serie de otras actividades productivas dentro de la microcuenca del Río Caliboro, como son:

- Piscicultura STH
- Agroindustrial Leche del Bio Bío
- Piscicultura SEA SALMON
- Actividades agrícolas varias, dispersas al norte y al sur del río Caliboro
- Actividades forestales, dispersas al norte y al sur del río Caliboro
- Central Hidroeléctrica de Pasada Caliboro

A continuación se presenta una serie de imágenes explicativas del sector:

IMAGEN 1: La primera imagen satelital, corresponden a parte de la comuna de Los Ángeles, donde se muestra en rojo el cauce del Río Caliboro, y la localización de la Piscicultura Ketrún Rayén.

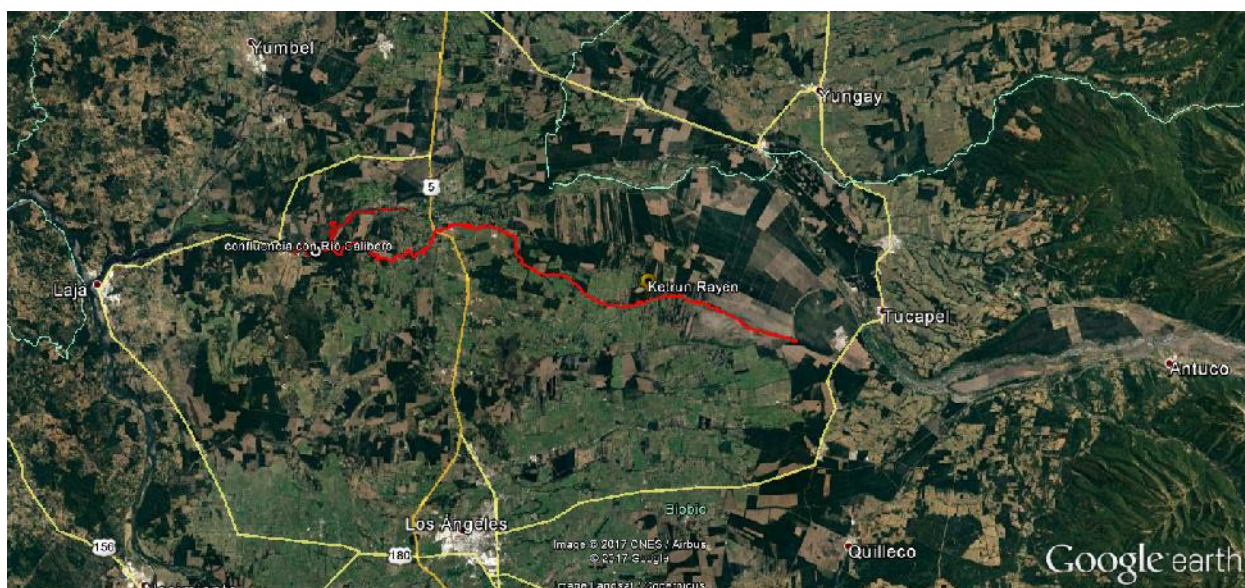


IMAGEN 2: La segunda imagen satelital, muestra en rojo el cauce del Río Caliboro, y la localización de las diversas actividades productivas existentes en este tramo de la microcuenca del Río Caliboro, incluida la Piscicultura Ketrún Rayén.

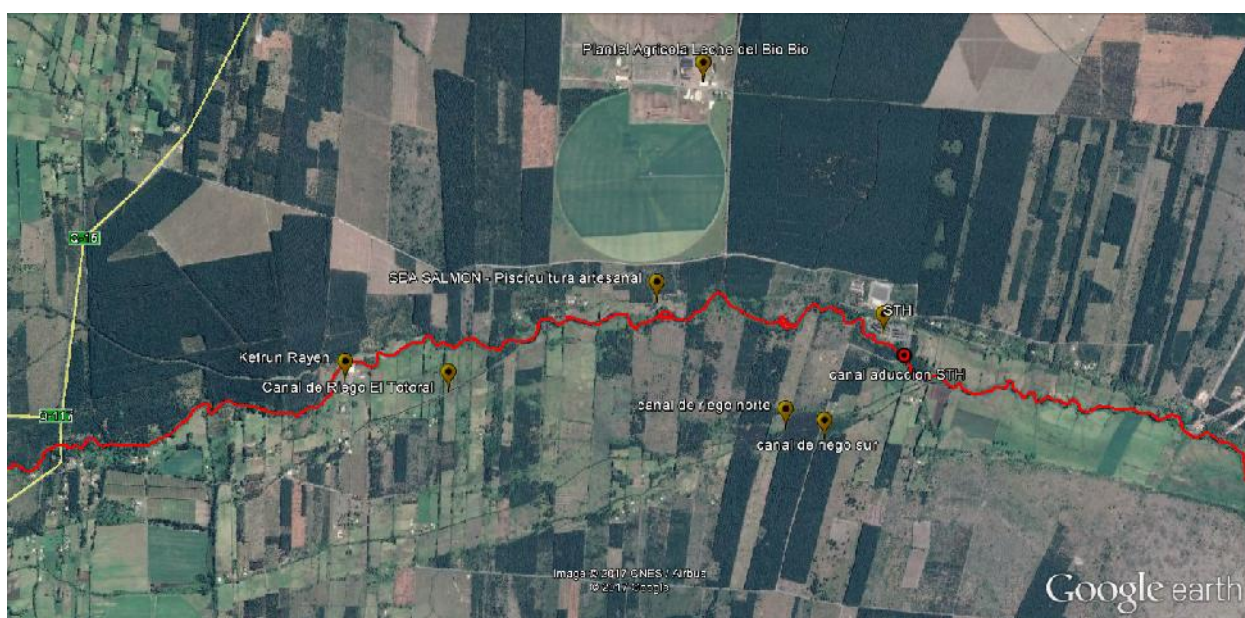


IMAGEN 3: La tercera imagen satelital, muestra en rojo el cauce del Río Caliboro, y la localización de la Piscicultura Ketrún Rayén, respecto del canal de Riego El Totoral.



Asociadas a esta microcuenca del río Caliboro, existen una serie de denuncias presentadas entre los años 2013 y 2016, vinculadas con todas las actividades acuícolas desarrolladas en el sector, por posible contaminación de las aguas del río Caliboro, denunciando vertimiento de residuos químicos, alteración grave de ecosistemas, malos olores, y la afectación de la calidad de vida de los vecinos. Estas denuncias se encuentran identificadas en SIPROS bajo los ID: 924-1; 924-2; 353-2016; 497-2016; 498-2016.

Si bien las otras pisciculturas presentes en el sector también usan este mismo químico en menores cantidades, los riesgos generados deben ser analizados individualmente, pues aunque los eventuales efectos (daños) puedan identificarse espacialmente, podrían tener un origen sinérgico.

El proyecto, desde el punto de vista operacional, debe dar cumplimiento a las exigencias contenidas en la Ley N° 18.892 de Pesca y Acuicultura y sus reglamentos, en particular el Decreto Supremo N° 320/2001 del MINECON **Reglamento Ambiental para la Acuicultura** (RAMA) y sus modificaciones, y el Decreto Supremo N° 319/2001 del MINECON **Reglamento de protección y Control de Enfermedades de alto Riesgo y especies que constituyen Plagas** (RESA) y sus modificaciones, los cuales se encuentran señalados en el Considerando 4.1 de la RCA 241/2008 como Normativa Ambiental Aplicable al proyecto calificado ambientalmente.

En el caso del RAMA, en su artículo 4° letra a), éste establece la condición de adoptar las medidas para impedir el vertimiento de residuos y desechos sólidos y líquidos, originados por la actividad, incluidas las sustancias químicas, y en general materiales y sustancias de cualquier origen, que puedan afectar el fondo y la columna de agua, sin perjuicio de lo dispuesto por las normas de emisión dictadas en conformidad con el artículo 40 de la Ley N° 19.300 LBGMA. La disposición final deberá realizarse conforme los procedimientos establecidos por la autoridad competente.

En el caso del RESA, sus artículos 11° y 12° establecen la obligación de elaborar programas sanitarios, debiendo contar con resolución del SERNAPESCA, **siempre orientados a la sanidad de los recursos en cultivo**. El artículo 24° del RESA, establece la obligación para los centros de cultivo en tierra, de disponer de un sistema de tratamiento de afluentes o efluentes en los casos en que los programas sanitarios generales y específicos así lo requieran.

Por otro lado, sus artículos 55° y 57° establecen que solo podrán utilizarse productos farmacéuticos de uso exclusivamente veterinario, registrados o autorizados (i.e. Registro SAG) para su aplicación en especies hidrobiológicas, conforme a la normativa vigente (debiendo entenderse que este registro veterinario se orienta al uso sanitario, quedando excluidas otras sustancias industriales no registradas, como la formalina industrial), debiendo ser avalados dichos tratamientos, por la prescripción escrita de un médico veterinario.

Las investigaciones realizadas a esta piscicultura por la SMA, permitieron constatar que PKS cuenta con la obligación de monitorear la calidad de las aguas del Río Caliboro, resultados que no han sido informados por el titular a través del Sistema de Seguimiento Ambiental. Cabe destacar que el mencionado seguimiento realizado según Tabla 1 del DS 90/00, no contempla el monitoreo de la formalina ni sus efectos en el cuerpo receptor.

II. Obligaciones contenidas en el proceso de evaluación ambiental (RCA 241/2008 y su expediente)

RCA N° 241/2008, Considerandos 3.4. ETAPA DE OPERACIÓN, 3.4.1. Acciones de Proyecto, 3.4.1.1. Abastecimiento de Insumos y materias primas

“3.4.1.1. Abastecimiento de Insumos y materias primas

Las actividades serán en función de la necesidad para llevar a cabo normalmente el proceso productivo, serán adquiridos y transportados al centro de cultivos cumpliendo la normativa vigente aplicable.

En las siguientes tablas, se entrega un detalle de los productos que generará el proyecto de piscicultura, además de los insumos y suministros requeridos para el normal funcionamiento del mismo durante la etapa de operación.

Tabla. Insumos y Suministros Requeridos por Proyecto

INSUMOS		
Insumo	Unidad de Medida	Consumo Estimado
(...)	(...)	(...)

Desinfectantes	---	<p>Se consideran</p> <ul style="list-style-type: none"> • Persulfato de Potasio (Virkons) 45 k/año • Yodóforos (50 l/año) • Sal (70 ton/año) • Aldehídos (100 litros/año) • Agua ozonificada (3,0 ppm) <p>En relación al uso de Yodóforos y su cantidad (50 lt/año), se debe destacar que su uso se encontrará enmarcado solo para desinfección de ovas; debido a que las superficies, equipos y vehículos utilizarán agua ozonificada; para lo cual se cuenta con dos unidades generadoras de ozono de una capacidad de generación por unidad de 10 gr. O₃/hr y 2 m³ de capacidad de flujo a 3 ppm. de O₃ de concentración (Descripción en ANEXO B.6. "Equipo de Ozono", de la Adenda N°1). Cabe recordar que el ozono es 1000 veces más efectivo que el cloro en agua, es amigable con el medio ambiente, no genera residuos luego de ser utilizado, se transforma en oxígeno al descomponerse, no requiere de almacenamiento ni fletes y se genera in situ.</p>
(...)	(...)	(...)

(...)"

Declaración de Impacto Ambiental. Capítulo II.4.1.1 Abastecimiento de Insumos y materias primas

"Capítulo II.4.1.1 Abastecimiento de Insumos y materias primas

Las actividades serán en función de la necesidad para llevar a cabo normalmente el proceso productivo, serán adquiridos y transportados al centro de cultivos cumpliendo la normativa vigente aplicable.

En las siguientes tablas, se entrega un detalle de los productos que generará el proyecto de piscicultura, además de los insumos y suministros requeridos para el normal funcionamiento del mismo durante la etapa de operación.

Tabla 2.9. Insumos y Suministros Requeridos por Proyecto

INSUMOS		
Insumo	Unidad de Medida	Consumo Estimado
(...)	(...)	(...)
Desinfectantes	---	<p>Se consideran</p> <ul style="list-style-type: none"> • Persulfato de Potasio (Virkons) 45 k/año • Yodóforos (50 l/año) • Sal (70 ton/año) • Aldehídos (100 litros/año) • Agua ozonificada (3,0 ppm)
(...)	(...)	(...)

(...)"

III. Hallazgos detectados en Actividades de Fiscalización Ambiental

Durante actividades de fiscalización mediante INSPECCIÓN AMBIENTAL se verificó que:

- Los fiscalizadores inspeccionaron la bodega de insumos químicos, donde observaron la presencia de 6 tambores de 220 litros c/u con **FORMALINA al 37%**, además de tambores con BROMOPOL y otros desinfectantes como BIOGEL, SILICATO DE SODIO, GLUTARCLEAN PLUS y ÁCIDO FÓRMICO. Todos los contenedores se encontraban rotulados.
- Los fiscalizadores observaron además bidones con Hipoclorito de sodio al 10%. El área de la bodega se encontraba con su acceso controlado y cerrado.
- Durante reunión de cierre, se deja establecido en el punto 9.4 del Acta de Inspección, el requerimiento de información asociado a los registros de aplicaciones de **FORMALINA**, Bronopol y Cloramina T de los últimos 6 meses, por aplicación, y los registros de caudal y pH (los parámetros de caudal y pH son relevantes para determinar la eventual dilución y la condición de acidez o neutralidad del ril).

Durante las actividades de fiscalización mediante EXAMEN DE INFORMACION, se constató que:

- **Registro de mediciones continuas en punto de descarga (pH y caudal) correspondientes a datos crudos del Logger**

Se establece que para el periodo solicitado, el caudal promedio instantáneo registrado en el logger fue de 1.727,75 litros/segundo, equivalente a un caudal promedio afluente de 1,669 m³/segundo. El pH se encontró siempre en rangos cercanos a 7, no detectándose variaciones o fluctuaciones ácidas en su descarga.

Este valor del logger (caudal) equivale un caudal promedio de descarga de 6.008,4 m³/hora o 144.201,6 m³/día. Comparado con los valores de caudal reportados en los autocontroles de Diciembre 2016, y Enero y Febrero 2017, los datos del Datalogger son en promedio hasta del doble de los valores de los autocontroles.

Las diferencias entre los valores máximos de caudal registrados por el logger, y los valores medidos durante los autocontroles, no fueron explicados por el titular.

- **Registros de aplicaciones de FORMALINA, Bronopol y Cloramina T de los últimos 6 meses, por aplicación**
Revisados los reportes, se identifica el uso regular de formalina mediante tratamiento de baños por inmersión, en diferentes especies de salmones, para el control de MICOSIS.

Las cantidades reportadas por el titular para aplicaciones de los compuestos AQUALIFE FORMALINA 37% y BRONOPOL 50% durante los últimos 6 meses por aplicación, corresponden tanto en litros como en toneladas (considerando la densidad de 1,089 kg/litro de la Formalina), a las siguientes cantidades por mes:

Año	Mes	Compuesto aplicado	Cantidad administrada de AQUALIFE 37% y CRESS 50% (litros/aplicación)	Concentración aplicación en estanque (ppm)	Cantidad administrada de AQUALIFE 37% (litros/mes)	Cantidad administrada de AQUALIFE 37% (Toneladas/mes)
2016	Septiembre	AQUALIFE Formalina 37%	4062	150	6812 litros	7,419 toneladas
		AQUALIFE Formalina 37%	1950	150		
		BRONOPOL-CRESS 50%	144	40		
		AQUALIFE Formalina 37%	800	150		
		BRONOPOL-CRESS 50%	81	40		
		BRONOPOL-CRESS 50%	43,2	40		
2016	Octubre	AQUALIFE Formalina 37%	1975	150	2683 litros	2,922 toneladas
		AQUALIFE Formalina 37%	600	200		
		AQUALIFE Formalina 37%	108	100		
		BRONOPOL-CRESS 50%	63	30		
		BRONOPOL-CRESS 50%	96	60		
		BRONOPOL-CRESS 50%	211	20		
2016	Noviembre	AQUALIFE Formalina 37%	1951	200	3269 litros	3,559 toneladas
		AQUALIFE Formalina 37%	288	100		
		AQUALIFE Formalina 37%	1030	200		
2016	Diciembre	BRONOPOL-CRESS 50%	66	60	5685,5 litros	6,191 toneladas
		AQUALIFE Formalina 37%	2857,5	200		
		BRONOPOL-CRESS 50%	84	60		
		AQUALIFE Formalina 37%	1168	200		
		BRONOPOL-CRESS 50%	384	60		
		AQUALIFE Formalina 37%	1660	200		
2017	Enero	BRONOPOL-CRESS 50%	70	60	5287 litros	5,757 toneladas
		BRONOPOL-CRESS 50%	190	60		
		AQUALIFE Formalina 37%	1629	200		

Año	Mes	Compuesto aplicado	Cantidad administrada de AQUALIFE 37% y CRESS 50% (litros/aplicación)	Concentración aplicación en estanque (ppm)	Cantidad administrada de AQUALIFE 37% (litros/mes)	Cantidad administrada de AQUALIFE 37% (Toneladas/mes)
		AQUALIFE 37% Formalina	2394	200		
		AQUALIFE 37% Formalina	1264	200		
2017	Febrero	BRNOPOL-CRESS 50%	168	60	3736,5 litros	4,069 toneladas
		AQUALIFE 37% Formalina	1178	200		
		AQUALIFE 37% Formalina	160	200		
		AQUALIFE 37% Formalina	2	100		
		AQUALIFE 37% Formalina	62	150		
		AQUALIFE 37% Formalina	1943	200		
		BRNOPOL-CRESS 50%	42	60		
		BRNOPOL-CRESS 50%	6,6	21		
		BRNOPOL-CRESS 50%	5,85	60		
		AQUALIFE 37% Formalina	391,5	200		
		BRNOPOL-CRESS 50%	15,55	60		

La formalina empleada en dosis de **100, 150 y 200 ppm**, luego de finalizado su uso, sería descargada junto con los restantes residuos líquidos, hacia el cuerpo de agua superficial. Dichas aplicaciones han sido notificadas al SERNAPESCA según dan cuenta los reportes remitidos por el titular.

Sin perjuicio de lo anterior, si bien puede ser un procedimiento sectorialmente conocido por el SERNAPESCA, **el uso de la Formalina (o formaldehído) como antimicótico por inmersión en las cantidades reportadas, no fue evaluado ambientalmente.** Es importante señalar que **la única mención del uso de un ALDEHÍDO como el Formaldehído en medio acuoso (conocido como Formalina) en la RCA 241/2008, consideró un consumo ANUAL de 100 litros/año.**

Por lo anterior, a modo de antecedente, se procedió a revisar los registros de ambos compuestos (AQUA LIFE y CRESS 50%), además de una tercera forma de antimicótico en formalina empleada en Chile (de nombre comercial PLASMICEL). La información obtenida se encuentra disponible en el link oficial del Servicio Agrícola y Ganadero de Chile: http://medicamentos.sag.gob.cl/ConsultaUsrPublico/BusquedaMedicamentos_1.asp

Las fichas de antifúngicos referenciados, se pueden encontrar utilizando la siguiente información técnica oficial:

Número de Registro SAG	Nombre genérico del compuesto	Nombre comercial	Link registro del compuesto en registro oficial del SAG
2254	Formalina 37%	Aqua Life Formalina	http://medicamentos.sag.gob.cl/ConsultaUsrPublico/FichaProducto_1.asp?Txt_Numero=2254
1751	Bronopol 50%	CRESS 50%	http://medicamentos.sag.gob.cl/ConsultaUsrPublico/FichaProducto_1.asp?Txt_Numero=1751
1746	Cloruro de Benzalconio en Formaldehído	Plasmicel	http://medicamentos.sag.gob.cl/ConsultaUsrPublico/FichaProducto_1.asp?Txt_Numero=1746

El examen de información de la ficha del producto AQUA LIFE FORMALINA 37%, de la empresa *Western Chemical, Inc.*, elaborado por *Georgia-Pacific Chemicals* e importado a Chile por *CENTROVET Ltda.*, permitió constatar lo siguiente:

- Se trata de un producto fungicida y antiparasitario destinado a Peces (salmones y truchas arcoíris) y huevos de peces, que debe ser utilizado sólo en estanques.
- Como fungicida en peces salmonídeos, su administración en estanques por hasta 1 hora, se debe realizar en concentraciones de hasta 150 ppm (mg/litro)

- Al aplicar en estanques, se debe controlar la concentración de oxígeno de disuelto, diluyendo completa y adecuadamente, tratando por hasta una hora los peces, para luego drenar¹ la solución y rellenar el estanque con agua fresca y bien aireada.
- Mientras el estanque con peces esté en tratamiento, debe estar presente una adecuada fuente de oxígeno para mantener a los peces. Si es necesario, la aireación debe ser producida para prevenir una disminución² de oxígeno. El tratamiento debe ser repetido diariamente hasta que sea obtenido el control del parásito.
- Contraindicaciones: No debe ser aplicado en especies de peces diferentes a las indicadas (salmones y truchas arcoíris), puede ser tóxico.
- Advertencias y precauciones especiales de uso: *Aqua Life Formalina 37%* puede matar fitoplancton y puede causar disminución del oxígeno disuelto.

La revisión de su ficha SAG permite identificar que el Servicio Agrícola y Ganadero realizó una revisión sanitaria/veterinaria del documento, analizando con base en las especies objetivo (salmonídeos) y la información entregada por el importador, las concentraciones y tiempos máximos de aplicación. Respecto de un análisis ambiental en la ficha SAG, no existe referencias de éste, o de sus recomendaciones en materia de inactivación post-tratamiento.

De acuerdo a los procedimientos del SAG para productos farmacéuticos de uso veterinario, se procede en estos casos con una revisión mediante árbol de decisiones, para luego realizar un análisis de riesgo ambiental, si se determina su pertinencia, realizando una revisión de los valores de referencia de LC50 y EC50 disponibles para algunas especies criterio con concentraciones y tiempos de exposición predeterminados. No se revisan las interacciones con otras especies acuáticas, los efectos de sus metabolitos secundarios, o efectos crónicos en la biota o en la química del agua. Sólo se analizaría la situación aguda o crónica de corto plazo al establecer los valores de PEC y NOEC. Solo se realizarían recomendaciones de tratamiento o inactivación cuando las referencias utilizadas así lo sugieren.

Ahora bien, de acuerdo a la información recabada y el examen de la información remitida por el titular, se constata que luego de ser aplicado el producto a los estanques con peces en tratamiento por inmersión, las aguas con formalina son descargadas al sistema de descarga de residuos líquidos de la empresa, y de ahí al río Caliboro, sin un tratamiento de inactivación.

IV. Principales riesgos derivados de la gestión de residuos líquidos con Formalina descargados al Río Caliboro

El examen de la ficha proporcionada por el laboratorio y utilizada en los registros del SAG, permitió constatar que el enfoque dado es prioritariamente sanitario (control de enfermedades en peces), sin mención a restricciones ambientales asociadas a sus descargas reiteradas y periódicas (i.e. una concentración de descarga) a cuerpos receptores cuyas capacidades de dilución pueden ser variadas, recomendaciones que si se indican en otras fichas como la del CRESS 50% y el PLASMICEL, con variaciones de acuerdo a la información disponible.

En el caso del CRESS 50%, su ficha SAG señala que sus compuestos presentan toxicidad media en invertebrados de agua dulce a ligeramente tóxico para peces de agua dulce (dependiendo del medio receptor), no registrando persistencia o bioacumulación en caso de descargas por infiltración que puedan afectar los acuíferos subterráneos. Se indica que la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (USEPA) no espera ninguna exposición preocupante en peces y vida silvestre, **si los productos con Bronopol son descargados al ambiente cumpliendo con los requisitos de permisos para descargas de sistemas de eliminación de residuos líquidos (NPDES, National Pollution Discharges Elimination System) y otras leyes federales de los Estados Unidos.**

En el caso del PLASMICEL, su utilización también se realiza mediante baños de inmersión en agua dulce, en estanques cuyos afluentes deben ser tratados, por los que sus residuos no son vertidos directamente al ambiente acuático. Por otra parte, recordemos que la Tabla N° 1 del D.S. N° 90/00 del MINSEGPRES, no considera la formalina (o la solución de formaldehído diluido en agua) como un parámetro a ser monitoreado por defecto en las descargas de residuos líquidos a cuerpos de agua dulce continentales. En lo particular, el río Caliboro corresponde a un cuerpo de agua dulce superficial de caudal variable, que actualmente nace desde un canal de regadío procedente del río Laja (originalmente era un brazo aflorado del río Laja). Adicionalmente, desde su curso se extrae agua para múltiples canales de regadío sin restitución por lo que su caudal sufre fuertes variaciones entre el periodo estival e invernal, hasta su confluencia con el río Laja, en el sector del embalse de la Central Hidroeléctrica Laja.

Por tal motivo, dadas la referencias a normativas norteamericanas y las características del cuerpo receptor utilizado, se procedió a realizar una búsqueda de información en diferentes revistas de divulgación científica internacionales,

¹ Nota 1: El uso del verbo “drenar”, en este caso, implica **descargar** el agua fuera del estanque como residuo líquido.

² Nota 2: La disminución en el oxígeno disuelto se produce por la acción oxido-reductora de la misma formalina, además de un aumento en la demanda biológica de oxígeno producto de la descomposición de la materia orgánica afectada por el compuesto activo.

en particular respecto de información asociada al uso de formalina en centros de cultivos de peces, que descarguen a cuerpos de agua dulce, y sus posibles impactos en los cursos receptores y su biota.

Dicho examen de información, se presenta y comenta a continuación.

- **BENOIT A. LALONDE, Wiliam Ernst & Christine Garron (2015).** *Formaldehyde Concentration in Discharge from Land Based Aquaculture Facilities in Atlantic Canada*. In: Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. February 2015. Vol 94 (4). DOI: 10.1007/s00128-015-1493-9 https://www.researchgate.net/publication/272503542_Formaldehyde_Concentration_in_Discharge_from_Land_Based_Aquaculture_Facilities_in_Atlantic_Canada

La traducción al castellano del título de la publicación es “*Concentración de formaldehído en descargas desde instalaciones de acuicultura en tierra en el sector atlántico del Canadá*”. En dicho documento se indica que:

- Si bien en el sector Este de Canadá denominado “*Maritimes*” existen más de 50 instalaciones de agua dulce en tierra dedicadas al cultivo de huevos y *smolts* localizadas en las cabeceras de cuerpos de agua dulce, la mayor parte de dichas instalaciones cuentan con algún tipo de sistema de tratamiento para los residuos líquidos antes de su descarga a cuerpos de agua receptores, como son estanques de sedimentación, sistemas de aireación, filtros rotatorios, separadores por centrifugado, piscinas de sedimentación, filtros de diferentes tamaño de abertura, luz ultravioleta (UV) y sistemas de recirculación y reutilización del agua (Walker et al. 2003). Sin embargo, en las instalaciones más antiguas, la descarga aún se realiza sin ningún tipo de tratamiento, cuando los peces se mantienen en bajas densidades.
- La mayor parte de los estudios de impacto ambiental relacionados con este tipo de centro de cultivo en tierra han focalizado los estudios en los *inputs* de nutrientes, por lo que pocos estudios han explorado los efectos en el ambiente receptor de otros químicos que pueden formar parte de sus efluentes, tales como detergentes, sanitizantes, desinfectantes, anestésicos, antibióticos y pesticidas, incluyendo antiparasitarios como el formaldehído.
- La utilización del formaldehído en acuicultura como antiparasitario y fungicida mediante tratamiento de baños por inmersión en piscinas circulares para peces, con inyección de oxígeno adicional, se realiza en concentraciones que pueden variar desde los 167 a 250 µl/l (ppm) por 1 hora, dependiendo de la especie, de su talla, de su condición y de la temperatura del agua. La vida media del formaldehído calculada para agua dulce es de 36 horas (según la FDA. 1995), oxidándose a la forma de ácido fórmico y finalmente a CO₂(d) en agua. Si bien se indica (FDA. 1995) que diversos sistemas de mitigación incluyen la dilución para mitigar sus efectos en el ambiente, no se han realizado estudios de sus concentraciones en los reservorios receptores luego de las descargas de los tratamientos.
- Los resultados del estudio muestran en el efluente durante los tratamientos, concentraciones de formaldehído en rangos de concentración entre 1,8 a 7,1 mg/l (ppm), y en la pluma de mezcla en el cuerpo receptor (post-descarga) en rangos entre 0,9 a 1,9 mg/l (ppm). Muestras compuestas tomadas 3 horas después de finalizado el tratamiento, mostraron concentraciones de 1,7 ppm en el efluente y 1,8 ppm en el cuerpo receptor, en tanto una muestra tomada a las 72 horas post-tratamiento en un punto (D) mostró una concentración de 0,2 ppm. La concentración más alta de formaldehído detectada previamente en Canadá, correspondió a un promedio de 1 día (muestra compuesta de 24 horas) medido en el efluente o descarga de una industria, que había sido de 0,325 ppm. El valor de 7,1 ppm registrado fue más de 20 veces más alto que dicho valor. Adicionalmente, el formaldehído no se monitorea regularmente en las descargas de los centros de cultivo en agua dulce del Canadá.
- Los umbrales de toxicidad (LC₅₀/EC₅₀) así como la toxicidad aguda y crónica en agua se encuentran listados en la Tabla 2 del documento en comento, con sus referencias bibliográficas, para diversas taxas, transcrita a continuación.

Table 2 Toxicity threshold (LC₅₀/EC₅₀) and water quality criteria for formaldehyde

Species	Duration	Effect concentration (mg/L)	References
Range of threshold for three Taxa (based on species mean acute values)			
Fish	96 h LC ₅₀	16.94–69.78	Hohreiter and Rigg (2001)
Amphibians	96 h LC ₅₀	8.70–18.63	Hohreiter and Rigg (2001)
Invertebrates	96 h LC ₅₀	10.14–450	Hohreiter and Rigg (2001)
Species specific threshold			
<i>Morone saxatilis</i>	96 h LC ₅₀	6.7	Wellborn (1969)
<i>Rana pipiens</i>	72 h LC ₅₀	8.7	Helms (1967)
<i>Daphnia pulex</i>	48 h LC ₅₀	5.8	Tisler and Zagorc-Koncan (1997)
<i>Cypridopsis vidua</i>	96 h EC ₅₀	54.4–68.6	Cooney and Bourgoin (2001)
Aquatic life water quality criterion			
Acute		4.58	Hohreiter and Rigg (2001)
Chronic		1.61	Hohreiter and Rigg (2001)
Environmental no effect value	0.036	EC and HC (2001)	

- Si bien una de las recomendaciones de Heerden et al. (1995) de diluir 10 veces las aguas de tratamiento antes de su descarga, fue seguida por todas las instalaciones muestreadas en dicho estudio, **todas las concentraciones medidas en los efluentes mostraron un potencial riesgo para la vida acuática al ser**

comparadas con los límites ambientales canadienses EC₅₀. Es más, basándose en el criterio de calidad del agua para efectos crónicos para la vida acuática (de 1,61 mg/l), **todas salvo dos (2) muestras se encontraron en rangos considerados como tóxicos para la vida acuática**. Estos resultados conducen a *Lalonde et al.*, a la hipótesis que las descargas de formaldehído desde pisciculturas de agua dulce en tierra pueden ocasionar impactos adversos crónicos en los cuerpos receptores.

- JOANA F. LEAL, Maria Graça P.M.S. Neves, Eduarda B.H. Santos & Valdemar I. Esteves (2016). *Use of formalin in intensive aquaculture: properties, application and effects on fish and water quality*. In: REVIEWS IN Aquaculture. 16-June-2016. N° 0, pages 1-15. DOI: 10.1111/raq.12160
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/raq.12160/full>

La traducción al castellano del título de la publicación es “Uso de formalina en la acuicultura intensiva: propiedades, su aplicación y efectos en peces y la calidad del agua”. En dicho documento se indica que:

- La formalina (solución acuosa de formaldehído estabilizado con metanol) es uno de los desinfectantes más usados en la acuicultura de circuitos abiertos, semi cerrados y cerrados, para eliminar agentes infecciosos; pero puede también ser responsable por efectos negativos en peces y otras especies acuáticas, incluido el phyto y zooplankton, y en una afectación de la calidad del agua. El efecto sobre la baja de oxígeno disuelto es aún más preocupante en cuerpos de agua de bajo movimiento y alta temperatura.
- Esta investigación se focalizó en las propiedades físico-químicas de la formalina, en sus reacciones y en su uso intensivo en la acuicultura y en el ambiente. Los tipos de tratamientos con formalina y su modo de acción también fueron descritos. También consideró revisar los riesgos asociados al uso de metanol como estabilizante de la formalina comercial (pues el metanol presenta su propia toxicidad para especies acuáticas), como también la formación de paraformaldehído (compuesto resultante de la interacción de la formalina hidratada con el metanol, que presenta una alta toxicidad en peces) y sus procedimientos de control aplicables a su almacenamiento en la bodega de la piscicultura.
- Las consecuencias principales de la exposición a la formalina en peces son los daños en las agallas y alteraciones en las células de mucus. La formalina también interactúa con algunos sistemas de tratamiento utilizados en establecimientos acuícolas, como por ejemplo los filtros biológicos, donde la los procesos de nitrificación parecen ser fuertemente afectados.
- Ahora bien, determinar su toxicidad *in situ* (LC₅₀ o EC₅₀) en peces no salmonídeos es muy complejo porque depende de varios factores, por ejemplo temperatura, pH, dureza, materia orgánica, presencia de algunos compuestos específicos, tiempo de exposición, tamaño y estado de desarrollo de los peces. Esto hace que sea muy difícil determinar *a priori* una concentración de toxicidad para un cuerpo de agua en particular. Sin perjuicio de lo anterior, se presenta una revisión de valores de LC₅₀ en la Tabla 1 del estudio, para diferentes especies acuáticas, mostrando los niveles más altos de resistencia en salmonídeos y bagres.

Use of formalin in intensive aquaculture

Table 1 Median lethal concentrations (LC₅₀) of formalin (36–38% formaldehyde) for some aquatic species produced in aquaculture

Aquatic species (size/weight)	LC ₅₀ †	Reference
American eel <i>Anguilla rostrata</i>	224.49 mg L ⁻¹ at 96 h, at 22°C	(Hinton & Eversole 1979)
Atlantic Salmon (0.60 g)	1049–1896 µL L ⁻¹ at 3 h, 12°C	(Bills et al. 1977)
<i>Salmo salar</i>	751–939 µL L ⁻¹ at 6 h, 12°C 333–455 µL L ⁻¹ at 24 h, 12°C 149–201 µL L ⁻¹ at 96 h, 12°C	
Bullseye puffer fish (75 mm, 15.8 g)	1095 mg L ⁻¹ at 30 min	(Fajer-Avila et al. 2003)
<i>Sphoeroides annulatus</i>	972 mg L ⁻¹ at 60 min 79 mg L ⁻¹ at 72 h	
Channel catfish (0.40 g)	430–570 µL L ⁻¹ at 3 h, 12°C	(Bills et al. 1977)
<i>Ictalurus punctatus</i>	178–303 µL L ⁻¹ at 6 h, 12°C 102–145 µL L ⁻¹ at 24 h, 12°C 58.1–74.5 µL L ⁻¹ at 96 h, 12°C	
Channel catfish (25–51 mm)	780 µL L ⁻¹ at 1 h, 12°C	Marking et al. 1972 (in Kitchens et al. 1976)
<i>Ictalurus punctatus</i>	460 µL L ⁻¹ at 3 h, 12°C 145 µL L ⁻¹ at 24 h, 12°C 66 µL L ⁻¹ at 96 h, 12°C	
Channel catfish (53–56 mm)	137 µL L ⁻¹ at 24 h, 17°C	Willford 1967 (in Kitchens et al. 1976)
<i>Ictalurus punctatus</i>	96 µL L ⁻¹ at 48 h, 17°C	
Common carp (25–51 mm)	880 µL L ⁻¹ at 3 h, 12°C	Marking et al. 1972 (in Kitchens et al. 1976)
<i>Cyprinus carpio</i>	640 µL L ⁻¹ at 6 h, 12°C 262 µL L ⁻¹ at 24 h, 12°C 71 µL L ⁻¹ at 96 h, 12°C	
Lake Trout (0.50 g)	444–819 µL L ⁻¹ at 6 h, 12°C	(Bills et al. 1977)
<i>Salvelinus namaycush</i>	114–174 µL L ⁻¹ at 24 h, 12°C 78.2–128 µL L ⁻¹ at 96 h, 12°C	
Olive flounder fingerlings (06 ± 0.2 g)	209 mg L ⁻¹ at 24 h	(Jung & Kim 1998)
<i>Paralichthys olivaceus</i>	182 mg L ⁻¹ at 48 h 141 mg L ⁻¹ at 96 h	

Rainbow Trout (38.46 mm) <i>Oncorhynchus mykiss</i>	207 $\mu\text{L L}^{-1}$ at 24 h, 12°C	Willford, 1967 (in Kitchens <i>et al.</i> 1976)
Rainbow Trout (0.63 g) <i>Oncorhynchus mykiss</i>	957–1581 $\mu\text{L L}^{-1}$ at 3 h, 12°C 580–740 $\mu\text{L L}^{-1}$ at 6 h, 12°C 237–380 $\mu\text{L L}^{-1}$ at 24 h, 12°C 99.7–140 $\mu\text{L L}^{-1}$ at 96 h, 12°C	(Bills <i>et al.</i> 1977)
Striped Bass (juvenile, 1 g) <i>Morone saxatilis</i>	760 (681–948) mg L^{-1} at 6 h, 12°C 455 (385–538) mg L^{-1} at 6 h, 17°C 210 (160–276) mg L^{-1} at 6 h, 22°C 56 (45.2–69.3) mg L^{-1} at 96 h, 12°C 48 (36.7–62.8) mg L^{-1} at 96 h, 17°C 30 (24.9–36.1) mg L^{-1} at 96 h, 22°C	(Bills <i>et al.</i> 1993; FDA 2002)
Striped Bass (60 mm) <i>Morone saxatilis</i>	86 $\mu\text{L L}^{-1}$ at 24 h, 21°C 32 $\mu\text{L L}^{-1}$ at 48 h, 21°C 18 $\mu\text{L L}^{-1}$ at 96 h, 21°C	Wellborn, 1969 (in Kitchens <i>et al.</i> 1976)
Striped Bass (30–52 mm) <i>Morone saxatilis</i>	35 $\mu\text{L L}^{-1}$ at 24 h, 21°C 15 $\mu\text{L L}^{-1}$ at 48 h, 21°C 15 $\mu\text{L L}^{-1}$ at 96 h, 21°C	Hughes, 1969 (in Kitchens <i>et al.</i> 1976)
Tilapia (76 mm) Zebra fish <i>Danio rerio</i> ‡	100 $\mu\text{L L}^{-1}$ at 72 h, 21°C 30 mg L^{-1} at 96 h	Helms, 1967 (in Kitchens <i>et al.</i> 1976); (FDA 1995) (Mohammed <i>et al.</i> 2012)

†The range of values presented in the table corresponds to the 95% confidence interval.

‡Zebra fish *Danio rerio* is not produced in aquaculture. It is a tropical freshwater fish commonly used as model organism for studies on vertebrate.

- La formalina disminuye la cantidad de O_2 disuelto al reaccionar formando ácido fórmico, por lo que puede generar mortalidad de organismos por asfixia al reducir el oxígeno disuelto. Este efecto es fácil de determinar porque basta con medir el O_2 disuelto; sin embargo no permite explicar la mortalidad de algas (fitoplancton), efecto que debiera estar más asociada a su toxicidad. La mortalidad de algas y microalgas también reduce el oxígeno disuelto en el agua, puesto que se pierde la capacidad de fotosíntesis a largo plazo (*i.e.* caso de descargas continuas).
- En las pisciculturas cerradas o semi-cerradas con recirculación de agua tratada, los sistemas generalmente utilizados del tipo biofiltrado, aireación, u ozonización son afectados negativamente por la formalina descargada.
- Con respecto a la inactivación de la formalina, el formaldehído en el efluente puede ser diluido con agua o un tratamiento específico debe ser desarrollado para disminuir los niveles de concentración antes de su descarga al ambiente, como el tratamiento biológico, o la ozonificación, que transforman la formalina en CO_2 y agua. Las metodologías comúnmente aplicadas en la acuicultura no son completamente eficientes en la remoción de la formalina del agua, y los procesos de oxidación avanzada o los filtros de carbón activado podrían ser buenas alternativas para su inactivación. Se recoge como referencia, una recomendación de la FDA³ del año 1995, donde se evaluó ambientalmente sus posibles efectos letales, recomendándose como límite de concentración previo a su descarga, una concentración máxima de 1 mg/l (ó 1 ppm), cuando no se realicé ningún tipo de tratamiento de inactivación previo.

Finalmente, la revisión del Sistema de Evaluación Impacto Ambiental de este proyecto permitió constatar que no existen consultas de pertinencia asociadas a una modificación en el uso (cantidad/año) de compuestos desinfectantes del tipo aldehídos, que haya sido resuelta por la CONAMA o el SEA Biobío. De igual forma se revisó el sistema de RCAs de la SMA:

http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2657289

La única referencia a una respuesta a una modificación, se encuentra asociada a la Resolución Exenta N° 098/2013 del SEA Biobío, que resuelve modificaciones vinculadas con la oxigenación del afluente, modificación de los filtros rotatorios y la eliminación de otros sistemas de tratamiento.

http://seia.sea.gob.cl/pertinencia/archivos/res_ketrun_rayen.pdf

V. Conclusiones

Con base en los antecedentes recabados en terreno, el examen de información de los documentos remitidos por el titular, y de los documentos de referencia analizados, se constata que la empresa titular realizó una modificación significativa en el uso de desinfectantes químicos con base en Formaldehído/Formalina, cuyo consumo evaluado ambientalmente es hasta 100 litros/año, equivalente a 0,109 ton/año, utilizando durante el periodo controlado por la SMA, entre 2,94 y 7,48 toneladas/mes de Formalina al 37% para su uso como desinfectante antiparasitario y

³ FDA (1995) *Environmental Impact Assessment for the Use of Formalin in the Control of External Parasites on Fish*. Environmental Assessments. Food and Drug Administration FDA, Washington, DC, USA

fungicida. Esta modificación no evaluada ambientalmente considera el uso de concentraciones verificadas de hasta 200 ppm de formalina en estanques cerrados, con descargas discontinuas y periódicas según los requerimientos sanitarios de los peces en cultivo.

Dicho incremento en el uso mediante baños de inmersión en concentraciones que incluso superaron el valor máximo establecido en la Ficha de Registro de la sustancia del SAG (que establece 150 ppm), no fue evaluado ambientalmente, con base a que el químico, luego de utilizado, es descargado como residuo líquido sin tratamiento de inactivación al río Caliboro. Su aplicación como tratamiento antimicótico, de acuerdo a información verbal comunicada por el SERNAPESCA, incluso llegaría a 250 ppm, siendo su efecto en los peces en cultivo (salmonídeos) supervisado sanitariamente por un veterinario de la empresa, sin realizar ningún control o vigilancia en el cuerpo de agua receptor luego de su vaciado.

De acuerdo a las referencias bibliográficas revisadas, el Formaldehído como sustancia química veterinaria presenta posibles efectos negativos en peces y otras especies acuáticas en los medios receptores, incluido el phyto y zooplankton, además de una posible afectación de la calidad del agua. La formalina disminuye la cantidad de O₂ disuelto al reaccionar con éste, formando ácido fórmico, por lo que puede generar mortalidad de organismos por asfixia al reducir el oxígeno disuelto, o causar la mortalidad de algas y microalgas reduciendo de igual forma el oxígeno disuelto en el agua al perderse la capacidad de fotosíntesis. En consecuencia, se puede establecer que existe un riesgo ambiental de causar impactos adversos crónicos en los cuerpos receptores.

En el caso del río Caliboro, dicho cuerpo de agua superficial se caracteriza por tener su origen actual en un canal de regadío que nace del río Laja, siendo utilizado intensivamente por regantes como fuente de agua sin restitución, por lo que presenta importantes fluctuaciones de caudal entre el periodo estival e invernal, siendo un curso de agua de bajo movimiento y alta temperatura en el sector de la descarga.

Para efectos de la norma de emisión de residuos líquidos a cuerpos de agua superficiales (DS 90/00 del MINSEGPRES, Tabla N° 1), esta sustancia (formalina o formaldehído) no se encuentra considerada para su regulación.

Sin perjuicio de lo anterior, existen 5 denuncias ante la SMA, relativas al deterioro experimentado por el río Caliboro, con el vertimiento de químicos, la muerte de vegetación, malos olores y descomposición de materia orgánica asociadas al funcionamiento de las pisciculturas existentes en la micro cuenca. Por lo anterior, existe actualmente una mesa de trabajo público privada, coordinada por el Gobernador Provincial del Biobío, que trata de gestionar esta microcuenca y sus problemas.

De acuerdo a lo anterior, dada la existencia de otras fuentes en el área, tales como otras 2 pisciculturas, un plantel lechero y diversas áreas ribereñas con plantaciones agrícolas, es posible establecer la ocurrencia de un riesgo de daño ambiental, y no de un daño o deterioro propiamente tal, el cual podría tener un origen sinérgico.

VI. Medida provisional propuesta

Atendida la magnitud de los hechos descritos previamente, se propone la siguiente medida correctiva de tipo provisional preventiva, orientada a maximizar la seguridad y control operacional de la descarga de residuos líquidos no regulada por el DS 90/00 del MINSEGPRES, con base en el artículo 48° a) "**Medidas de corrección, seguridad o control que impidan la continuidad en la producción del riesgo (...)**" de la LOSMA, evitando así la ocurrencia de los riesgos antes descritos por el periodo máximo de 21 días corridos.

Esta medida es:

- i. Requerir que la descarga de residuos líquidos con formalina utilizada en tratamientos de desinfección antimicótica mediante baños de inmersión, no sobrepase en todo momento una concentración máxima de 1 ppm (o 1 mg/litro, de acuerdo a recomendación de la FDA de 1995⁴), en el punto de muestreo del canal abierto, previo a su descarga al río Caliboro.

Se sugiere que esta medida sea considerada para el periodo de octubre de 2017, pudiendo ser considerada dentro de una eventual formalización de cargos posterior, en el entendido que el informe de fiscalización se encuentra derivado a la DSC.

⁴ FDA (1995) *Environmental Impact Assessment for the Use of Formalin in the Control of External Parasites on Fish*. Environmental Assessments. Food and Drug Administration FDA, Washington, DC, USA.

Para verificar esta medida, se deberá monitorear la concentración de Formalina en la descarga de residuos líquidos de la unidad fiscalizable, durante el vaciado de cada estanque con formalina mientras se realice dicho procedimiento de desinfección (baño con formalina), mediante un balance de masa hidráulico que estime la dilución lograda en el punto de descarga, además de controles químicos paralelos en punto de descarga, todos reportes elaborados por una ETFA. Dichos medios de verificación deberán ser remitidos a la SMA de forma semanal (cada 7 días).

Sin otro particular, y atento a sus comentarios, se despide



A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Emelina".

EMELINA ZAMORANO AVALOS
JEFA REGIONAL DEL BIOBIO
Superintendencia del Medio Ambiente.

Handwritten initials "VGD/JPG" in blue ink.

VGD/JPG
CC:

- Expediente DFZ-2017-181-VIII-RCA-IA
- Oficina de Partes, OBB SMA.

FORMALIN 40

(Extract from full WISER GUIDE file)

KEY INFO

Substance: Formaldehyde

FLAMMABLE LIQUID – CORROSIVE

- Flammable/combustible material
- CAS RN: 50-00-0

Shipping Name/Number:

- UN 1198; Formaldehyde, solutions, flammable
- UN 2209; Formaldehyde, solutions, with not less than 25% formaldehyde

STCC:

- 49 131 68; Formaldehyde solution (liquid) or formalin (flash point more than 141 deg F, in containers over 110 gal)
- 49 403 64; Formaldehyde solution (liquid) or formalin (flash point more than 141 deg F, in containers of 110 gal or less)
- 49 131 69; Formaldehyde solution (paste) or formalin (flash point more than 141 deg F, in containers over 110 gal)
- 49 403 65; Formaldehyde solution (paste) or formalin (flash point more than 141 deg F, in containers of 110 gal or less)
- 49 131 44; Formaldehyde solution (liquid) or formalin (flash point not more than 141 deg F, in containers over 110 gal)
- 49 403 41; Formaldehyde solution (liquid) or formalin (flash point not more than 141 deg F, in containers of 110 gal or less)
- 49 131 45; Formaldehyde solution (paste) or formalin (flash point not more than 141 deg F, in containers over 110 gal)
- 49 403 42; Formaldehyde solution (paste) or formalin (flash point not more than 141 deg F, in containers of 110 gal or less)

Chemical Features:

State:

- Liquid
- Gas

Color:

- Colorless

Clarity:

- Clear

Odor:

- other odor

pH:

- acid (0-6)
- strong acid (<3)
- mod. acid (3-5)

Specific Gravity:

- floats in water (< 1)

Vapor Density:

- settles in air (> 1)

Physical effects:

Neurological:

- lowered mental state
- unresponsive
- fatigue/weakness
- dizziness
- headache

Eyes:

- eye irritation/redness
- tearing
- impaired vision
- vision loss

Nose:

- runny nose
- nasal irritation

Mouth/Throat:

- coughing/choking
- mouth irritation
- throat irritation

Cardiovascular:

- arrhythmia
- tachycardia
- hypotension/shock
- hypoxia/cyanosis

Respiratory:

- irregular breathing
- slow breathing
- rapid breathing
- shortness of breath
- wheezing
- resp burning/irritation
- pulmonary edema
- chest discomfort
- coughing/choking
- hypoxia/cyanosis

Gastro/Urinary:

- abdom. Discomfort
- nausea
- vomiting
- vomiting blood

Skin:

- itching
- skin burns/burning
- skin swelling
- blistering
- rash
- skin redness

NFPA DATA

NFPA704-Health:

- 3 – Serious

NFPA704-Flammability:

- 2 – Moderate
- 4 – Extreme

NFPA704-Instability:

- 0 – Minimal

NFPA704-Special Hazards:

- Not Applicable

Miscellaneous Categories:

- Not Applicable

DOT Hazard Classifications:

- Class 3 - Flammable liquids (and Combustible liquids [U.S.])
- Class 8 - Corrosive substances

WMDs:

- Not Applicable

Placard:

- Dangerous - mixed load/undefined cargo
- Class 3 - Liquids, flammable/combustible
- Class 8 - Corrosive substances

Rail Car:

- Low Pressure Tank Car
- Box Car

Road Trailer:

- DOT406, TC406, SCT306, MC306, TC306
- DOT407, TC407, SCT307, MC307, TC307
- DOT412, TC412, SCT312, MC312, TC312
- Mixed Cargo
- Intermodal Tank
- Vacuum Tanker

Printed by WISER for Windows (Version 5.0.8, Database Version 5.0.2)
HHS/NIH, National Library of Medicine

HAZMAT**Cleanup Methods**

Use fluorocarbon water spray, Cellosize and Hycar to diminish vapors. Sodium carbonate, ammonium hydroxide, or sodium sulfite can neutralize the spill.

Use universal gel, fly ash, universal sorbent material, or cement powder to absorb the spill.

Environmental considerations-land spill: Dig a pit, pond, lagoon, holding area to contain liquid or solid material. /SRP: If time permits, pits, ponds, lagoons, soak holes, or holding areas should be sealed with an impermeable flexible membrane liner./ Dike surface flow using soil, sand bags, foamed polyurethane, or foamed concrete. Absorb bulk liquid with fly ash or cement powder. Add sodium bisulfite (NaHSO₃).

Environmental considerations-air spill: Apply water spray or mist to knock down vapors. Combustion products include corrosive or toxic vapors.

PRECAUTIONS FOR "CARCINOGENS": A high-efficiency particulate arrestor (HEPA) or charcoal filters can be used to minimize amt of carcinogen in exhausted air ventilated safety cabinets, lab hoods, glove boxes or animal rooms ... Filter housing that is designed so that used filters can be transferred into plastic bag without contaminating maintenance staff is avail commercially. Filters should be placed in plastic bags immediately after removal ... The plastic bag should be sealed immediately ... The sealed bag should be labelled properly ... Waste liquids ... should be placed or collected in proper containers for disposal. The lid should be secured & the bottles properly labelled. Once filled, bottles should be placed in plastic bag, so that outer surface ... is not contaminated ... The plastic bag should also be sealed & labelled. ... Broken glassware ... should be decontaminated by solvent extraction, by chemical destruction, or in specially designed incinerators. /Chemical Carcinogens/

Environmental considerations:

Water spill: Use natural barriers or oil spill control booms to limit spill travel. Use surface active agent (eg detergent, soaps, alcohols), if approved by USEPA. Inject "universal" gelling agent to solidify encircled spill and increase effectiveness of booms. Add sodium bisulfite (NaHSO₃). If dissolved, in region of 10 ppm or greater concentration, apply activated carbon at ten times the spilled amount. Use mechanical dredges or lifts to remove immobilized masses of pollutants and precipitates.

Approach release from upwind. Use water spray to cool and disperse vapors, protect personnel, and dilute spills to form nonflammable mixtures. Stop or control the leak, if this can be done without undue risk. Control runoff and isolate discharged material for proper disposal.

Accidental Release Measures: Personal precautions, protective equipment and emergency procedures: Wear respiratory protection. Avoid breathing vapors, mist or gas. Ensure adequate ventilation. Remove all sources of ignition. Evacuate personnel to safe areas. Beware of vapors accumulating to form explosive concentrations. Vapors can accumulate in low areas. Environmental precautions: Prevent further leakage or spillage if safe to do so. Do not let product enter drains. Discharge into the environment must be avoided. Methods and materials for containment and cleaning up: Contain spillage, and then collect with an electrically protected vacuum cleaner or by wet-brushing and place in container for disposal according to local regulations. Keep in suitable, closed containers for disposal. /Formaldehyde solution, 36.5-38%/

Printed by WISER for Windows (Version 5.0.8, Database Version 5.0.2)
HHS/NIH, National Library of Medicine

ENVIRONMENT DATA

Exposure Summary

Formaldehyde is ubiquitous in the environment; it is a chemical that occurs in most life forms, including humans. It is formed naturally in the troposphere during the oxidation of hydrocarbons. Formaldehyde's production and use in the manufacture of a wide range of chemicals, such as resins, finding a variety of end uses such as wood products, plastics, and coatings may result in its release to the environment through various waste streams.

Its use as a fumigant in agricultural premises and as a surface disinfectant in commercial premises and its use as a corrosion inhibitor in oil wells and release from slow-release fertilizers result in its direct release to the environment.

If released to air, a vapor pressure of 3,890 mm Hg at 25 deg C indicates formaldehyde will exist solely as a gas in the atmosphere. Gas-phase formaldehyde will be degraded in the atmosphere by reaction with photochemically-produced hydroxyl radicals; the half-life for this reaction in air is 45 hrs. Formaldehyde absorbs ultraviolet radiation at wavelengths of >360 nm and is susceptible to direct

photolysis. Formaldehyde has a direct photolysis half-life of 4.1 hours measured at sea-level and 40 degrees latitude. Formaldehyde has been detected in rainwater and adsorbed to atmospheric particulates indicating it may be removed from the air by wet and dry deposition.

If released to soil, formaldehyde is expected to have very high mobility based upon an estimated Koc of 8. In soil, formaldehyde gas can adsorb to clay minerals and interact with humic substances resulting in decreased mobility. Volatilization from moist soil surfaces is not expected to be an important fate process based upon a Henry's Law constant of 3.37×10^{-7} atm-cu m/mole. Formaldehyde will volatilize from dry soil surfaces based upon its vapor pressure. Formaldehyde has been found to be readily biodegradable in various screening tests.

Utilizing the Japanese MITI test, 91% of the Theoretical BOD was reached in 2 weeks indicating that biodegradation is an important environmental fate process in soil and water. If released into water, formaldehyde is not expected to adsorb to suspended solids and sediment based upon the estimated Koc. In a die-away test using water from a stagnant lake, degradation was complete in 30 and 40 hrs under aerobic and anaerobic conditions, respectively.

The half-life of formaldehyde has been reported between 1-7 days in surface water and 2-14 days in groundwater, based on estimated aqueous aerobic biodegradation half lives. Volatilization from water surfaces is not expected to be an important fate process based upon this compound's Henry's Law constant.

An estimated BCF of 3 suggests the potential for bioconcentration in aquatic organisms is low. Formaldehyde is not expected to undergo hydrolysis in the environment because of the lack of hydrolyzable functional groups.

Occupational exposure to formaldehyde may occur through inhalation and dermal contact with this compound at workplaces where formaldehyde is produced or used. Monitoring data indicate that the general population may be exposed to formaldehyde via inhalation of ambient air (indoor and outdoor), inhalation of cigarette smoke, ingestion of food and possibly drinking water, and dermal contact with cosmetics, aerosol products and other consumer products containing formaldehyde. Concentrations of formaldehyde in outdoor and indoor air range from about 1 to 20 ug/cu m and 25 to 100 ug/cu m, respectively. (SRC)

Printed by WISER for Windows (Version 5.0.8, Database Version 5.0.2)
HHS/NIH, National Library of Medicine

Environmental Fate

TERRESTRIAL FATE:

Based on a classification scheme(1), an estimated Koc value of 8(SRC), determined from a log Kow of 0.35(2) and a regression-derived equation(3), indicates that formaldehyde is expected to have very high mobility in soil(SRC). In soil, formaldehyde gas can adsorb to clay minerals(4) and interact with humic substances(5) resulting in decreased mobility. Volatilization of formaldehyde from moist soil surfaces is not expected to be an important fate process(SRC) given a Henry's Law constant of 3.37×10^{-7} atm-cu m/mole(6). Formaldehyde is expected to volatilize from dry soil surfaces(SRC) based upon a vapor pressure of 3,890 mm Hg at 25 deg C(7). Formaldehyde has been found to be readily biodegradable in various screening tests(8). Utilizing the Japanese MITI test, 91% of the Theoretical BOD was reached in 2 weeks(9) indicating that biodegradation is an important environmental fate process in soil(SRC).

AQUATIC FATE:

Based on a classification scheme(1), an estimated Koc value of 8(SRC), determined from a log Kow of 0.35(2) and a regression-derived equation(3), indicates that formaldehyde is not expected to adsorb to suspended solids and sediment(SRC). Volatilization from water surfaces is not expected(3) based upon a Henry's Law constant of 3.37×10^{-7} atm-cu m/mole(4). According to a classification scheme(5), an estimated BCF of 3(SRC), from its log Kow(2) and a regression-derived equation(3), suggests the potential for bioconcentration in aquatic organisms is low(SRC). Experiments performed on a variety of fish and shrimp show no bioconcentration of formaldehyde(6,7). Formaldehyde has been found to be readily biodegradable in various screening tests(8). Utilizing the Japanese MITI test,

91% of the Theoretical BOD was reached in 2 weeks(9) indicating that biodegradation is an important environmental fate process in water(SRC). In a die-away test using water from a stagnant lake, degradation was complete in 30 and 40 hrs under aerobic and anaerobic conditions, respectively(10). The half-life of formaldehyde has been reported between 1-7 days in surface water and 2-14 days in groundwater, based on estimated aqueous aerobic biodegradation half lives(11). In water, formaldehyde undergoes essentially complete hydration to yield the gem-diol, methylene glycol(8). This hydrate does not have a chromophore that is capable of absorbing sunlight and photolytically decomposing(12). Hydrated formaldehyde is not expected to undergo hydrolysis in the environment due to the lack of functional groups that hydrolyze under environmental conditions(13).

ATMOSPHERIC FATE:

According to a model of gas/particle partitioning of semivolatile organic compounds in the atmosphere(1), formaldehyde, which has a vapor pressure of 3,890 mm Hg at 25 deg C(2), will exist in the gas phase in the ambient atmosphere(SRC). Gas-phase formaldehyde is degraded in the atmosphere by reaction with photochemically-produced hydroxyl radicals(SRC); the half-life for this reaction in air is 45 hrs(SRC), calculated from its rate constant of 8.50×10^{-12} cu cm/molecule-sec at 25 deg C(3). The hydroxy radical initiated oxidation of formaldehyde also occurs in cloud droplets to form formic acid, a component of acid rain(4). Formaldehyde absorbs ultraviolet radiation at wavelengths of >360 nm(5); therefore, formaldehyde may be susceptible to direct photolysis by sunlight(SRC). Direct photolysis half-lives of 1 to 4.1 hours have been measured using sunlight(6); the 4.1 hour half-life was measured at sea-level and 40 degrees latitude(6). Gas-phase formaldehyde is also degraded in the atmosphere by reaction with atmospheric nitrate radicals(SRC); the half-life for this reaction in air is about 57 days(SRC), calculated from its rate constant of 5.60×10^{-16} cu cm/molecule-sec at 25 deg C(7). Formaldehyde has been detected in rainwater(8), therefore, it may be removed from the air by wet deposition(SRC). In addition, in a study of the formaldehyde content of atmospheric aerosol, it was demonstrated that up to 5% of the total atmospheric content of formaldehyde can be associated with particulate matter due to vapor adsorption to particulates(9); therefore, particulate-phase formaldehyde may be removed from the air by wet and dry deposition(SRC).

Printed by WISER for Windows (Version 5.0.8, Database Version 5.0.2)
HHS/NIH, National Library of Medicine

CERCLA Quantities

Persons in charge of vessels or facilities **are required to notify the National Response Center (NRC) immediately, when there is a release of this designated hazardous substance, in an amount equal to or greater than its reportable quantity of 100 lb or 45.4 kg.** The toll free number of the NRC is (800) 424-8802. The rule for determining when notification is required is stated in 40 CFR 302.4 (section IV. D.3.b).

Releases of CERCLA hazardous substances are subject to the release reporting requirement of CERCLA section 103, codified at 40 CFR part 302, in addition to the requirements of 40 CFR part 355. Formaldehyde is an extremely hazardous substance (EHS) subject to reporting requirements when stored in amounts in excess of its threshold planning quantity (TPQ) of 500 lbs.

Printed by WISER for Windows (Version 5.0.8, Database Version 5.0.2)
HHS/NIH, National Library of Medicine

Non-Human Toxicity Values

LD50 Rat oral 100 mg/kg /SRP: percent solution not specified/

LD50 Rat (albino) oral 2020 mg/kg /From table/ /SRP: percent solution not specified/

LD50 Rat oral 800 mg/kg /from table/

LD50 Rat sc 420 mg/kg

LC50 Rat inhalation 0.82 mg/L (1/2 hour)

LC50 Rat inhalation 0.48 mg/L/4 hr

LD50 Rat iv 87 mg/kg /Source contains no data on purity of the compound/

LD50 Mouse oral 42 mg/kg /Source contains no data on purity of the compound/

LD50 Mouse sc 300 mg/kg /Source contains no data on purity of the compound/

LC50 Mouse inhalation 400 mg/cu m/2 hr /Source contains no data on purity of the compound/

LC50 Mouse inhalation 0.414 mg/L/4 hr

LD50 Mouse ip 16 mg/kg /From table/

LD50 Guinea pig oral 260 mg/kg /Source contains no data on purity of the compound/

LD50 Rabbit percutaneous 270 mg/kg /Formalin/

LD50 Rabbit sc 240 mg/kg /From table/

LD50 Dog sc 550 mg/kg /From table/

Printed by WISER for Windows (Version 5.0.8, Database Version 5.0.2)
HHS/NIH, National Library of Medicine

Ecotoxicity Values (Northamerican species)

LC50; Species: *Morone saxatilis* (Striped bass) larvae; Conditions: static bioassay; Concentration: 10 mg/L for 48-96 hr

LC50; Species: *Oncorhynchus mykiss* (Rainbow trout) weight 0.63 g; Conditions: static; Concentration: 118 ppm for 96 hr (95% confidence limit: 99.7-140 ppm) /37% AI formulated product/

LC50; Species: *Oncorhynchus mykiss* (Rainbow trout) weight 0.81 g; Conditions: static; Concentration: >100 ppm for 96 hr /18.8% AI formulated product/

LC50; Species: *Oncorhynchus mykiss* (Rainbow trout) average length 1.5-1.8 in, average weight 0.5-0.9 g; Conditions: static, 12 deg C, total hardness 42 ppm CaCO₃; Concentration: 207 mg/L for 24 hr (95% confidence interval: 182-236 mg/L) /Formalin, 37% formaldehyde gas in water/

LC50; Species: *Oncorhynchus mykiss* (Rainbow trout) average length 1.5-1.8 in, average weight 0.5-0.9 g; Conditions: static, 12 deg C, total hardness 42 ppm CaCO₃; Concentration: 168 mg/L for 48 hr (95% confidence interval: 154-183 mg/L) /Formalin, 37% formaldehyde gas in water/

LC50; Species: *Oncorhynchus mykiss* (Rainbow trout); Concentration: 50 mg/L for 48 hr (95% confidence limit: 42.3-86.0 mg/L) /Conditions of bioassay not specified in source examined/

LC50; Species: *Salmo salar* (Atlantic salmon); Conditions: static; Concentration: 156 mg/L for 24 hr (95% confidence limit: 133-182 mg/L) /Formalin/

LC50; Species: *Salmo salar* (Atlantic salmon); Conditions: static; Concentration: 69.2 mg/L for 96 hr (95% confidence limit: 59.6-80.4 mg/L) /Formalin/

LC50; Species: *Salmo salar* (Atlantic salmon) weight 0.6 g; Conditions: static; Concentration: 173 ppm for 96 hr (95% confidence limit: 149-201 ppm) /37% AI formulated product/

LC50; Species: *Salvelinus namaycush* (Lake trout) average length: 4.0 in, average weight 2.5-3.2 g; Conditions: static, total hardness 42 ppm CaCO₃, temp 12 deg C; Concentration: 220 mg/L for 24 hr (95% confidence interval: 200-242 mg/L) /Formalin, 37% formaldehyde gas in water/

LC50; Species: *Salvelinus namaycush* (Lake trout) average length: 4.0 in, average weight 2.5-3.2 g; Conditions: static, total hardness 42 ppm CaCO₃, temp 12 deg C; Concentration: 167 mg/L for 48 hr (95% confidence interval: 160-174 mg/L) /Formalin, 37% formaldehyde gas in water/

LC50; Species: *Salvelinus namaycush* (Lake trout) weight 0.5 g; Conditions: static; Concentration: 100 ppm for 96 hr (95% confidence limit: 78.2-128 ppm) /37% AI formulated product/

LC50; Species: *Ameiurus melas* (Black bullhead); Conditions: static; Concentration: 69.2 mg/L for 24 hr (95% confidence limit: 49.2-97.2 mg/L) /Formalin/

LC50; Species: *Ameiurus melas* (Black bullhead); Conditions: static; Concentration: 24.8 mg/L for 96 hr (95% confidence limit: 20.4-30.3 mg/L) /Formalin/

LC50; Species: *Lepomis cyanellus* (Green sunfish) weight 0.7 g; Conditions: static; Concentration: 173 ppm for 96 hr (95% confidence limit: 123-243 ppm) /37% AI formulated product/

LC50; Species: *Lepomis macrochirus* (Bluegill) weight 0.5 g; Conditions: static; Concentration: 100 ppm for 96 hr (95% confidence limit: 80-125 ppm) /37% AI formulated product/

LC50; Species: *Lepomis macrochirus* (Bluegill) weight 0.71 g; Conditions: static; Concentration: 80.8 ppm for 96 hr (95% confidence limit: 69.5-94.1 ppm) /37% AI formulated product/

LC50; Species: *Lepomis macrochirus* (Bluegill) average length: 1.4-1.7 in, average weight 0.7-1.1 g; Conditions: static, total hardness 42 ppm CaCO₃, temp 12 deg C; Concentration: 185 mg/L for 24 hr (95% confidence interval: 156-220 mg/L) /Formalin, 37% formaldehyde gas in water/

LC50; Species: *Lepomis macrochirus* (Bluegill) average length: 1.4-1.7 in, average weight 0.7-1.1 g; Conditions: static, total hardness 42 ppm CaCO₃, temp 12 deg C; Concentration: 140 mg/L for 48 hr (95% confidence interval: 127-154 mg/L) /Formalin, 37% formaldehyde gas in water/

LC50; Species: *Menidia menidia* (Atlantic silverside) weight 0.22 g; Conditions: static; Concentration: 69 ppm for 96 hr (95% confidence limit: 52-86 ppm) /37% AI formulated product/

LC50; Species: *Micropterus dolomieu* (Smallmouth bass); Conditions: static; Concentration: 88.8 mg/L for 24 hr (95% confidence limit: 68.4-91.2 mg/L) /Formalin/

LC50; Species: *Micropterus dolomieu* (Smallmouth bass); Conditions: static; Concentration: 54.4 mg/L for 96 hr (95% confidence limit: 36.1-82.0 mg/L) /Formalin/

LC50; Species: *Micropterus dolomieu* (Smallmouth bass) weight 0.68 g; Conditions: static; Concentration: 136 ppm for 96 hr (95% confidence limit: 90-205 ppm) /37% AI formulated product/

LC50; Species: *Micropterus salmoides* (Largemouth bass); Conditions: static; Concentration: 412 mg/L for 6 hr (95% confidence limit: 371-456 mg/L) /Formalin/

LC50; Species: *Micropterus salmoides* (Largemouth bass); Conditions: static; Concentration: 113 mg/L for 24 hr (95% confidence limit: 91.6-140 mg/L) /Formalin/

LC50; Species: *Micropterus salmoides* (Largemouth bass); Conditions: static; Concentration: 57.2 mg/L for 96 hr (95% confidence limit: 51.6-63.6 mg/L) /Formalin/

LC50; Species: *Micropterus salmoides* (Largemouth bass) weight 1.0 g; Conditions: static; Concentration: 143 ppm for 96 hr (95% confidence limit: 129-159 ppm) /37% AI formulated product/

LC50; Species: *Pimephales promelas* (Fathead minnow); Conditions: flow-through bioassay with measured concentrations, 21.7 deg C, dissolved oxygen 7.4 mg/L, hardness 50.8 mg/L calcium carbonate, alkalinity 37.0 mg/L calcium carbonate, and pH 6.8; Concentration: 24.1 mg/L for 96 hr (confidence limit: 22.6-25.7 mg/L)

LC50; Species: *Salmo trutta* (Brown trout) average length: 1.7-1.9 in, average weight 0.8-1.2 g; Conditions: static, total hardness 42 ppm CaCO₃, temp 12 deg C; Concentration: 325 mg/L for 24 hr (95% confidence interval: 304-348 mg/L) /Formalin, 37% formaldehyde gas in water/

LC50; Species: *Salmo trutta* (Brown trout) average length: 1.7-1.9 in, average weight 0.8-1.2 g; Conditions: static, total hardness 42 ppm CaCO₃, temp 12 deg C; Concentration: 185 mg/L for 48 hr (95% confidence interval: 160-208 mg/L) /Formalin, 37% formaldehyde gas in water/

LC50; Species: *Salvelinus fontinalis* (Brook trout) average length: 1.5-1.6 in, average weight 0.4-0.6 g; Conditions: static, total hardness 42 ppm CaCO₃, temp 12 deg C; Concentration: 196 mg/L for 24 hr (95% confidence interval: 187-206 mg/L) /Formalin, 37% formaldehyde gas in water/

LC50; Species: *Salvelinus fontinalis* (Brook trout) average length: 1.5-1.6 in, average weight 0.4-0.6 g; Conditions: static, total hardness 42 ppm CaCO₃, temp 12 deg C; Concentration: 157 mg/L for 48 hr (95% confidence interval: 143-173 mg/L) /Formalin, 37% formaldehyde gas in water/

LC50; Species: *Anguilla rostrata* (American eel) yellow phase eels; Conditions: static; Concentration: 329.65 mg/L for 96 hr (95% confidence limit: 257.18-402.93 mg/L)

LC50; Species: *Anguilla rostrata* (American eel) black eel stage; Conditions: static; Concentration: 224.49 mg/L for 96 hr (95% confidence limit: 179.65-320.92 mg/L)

LC50; Species: *Brachydanio rerio* (Zebra danio); Conditions: static; Concentration: 41 mg/L for 96 hr

LC50; Species: *Rasbora heteromorpha* (Harlequin); Conditions: static; Concentration: 76 mg/L for 24 hr

LC50; Species: *Rasbora heteromorpha* (Harlequin); Conditions: static; Concentration: 50 mg/L for 48 hr

LC50; Species: *Anas platyrhynchos* (Mallard duck) age 6 days; dietary >5000 ppm for 8 days

LC50; Species: *Colinus virginianus* (Bobwhite quail) age 14 days; dietary >5000 ppm for 8 days

LD50; Species: *Colinus virginianus* (Bobwhite quail) age 72 weeks; oral 790 mg/kg (95% confidence limit: 681-916 mg/kg)

LC50; Species: *Chanos chanos* (Milkfish) fingerlings; Conditions: static; Concentration: 322 ppm for 24 hr (95% confidence limit: 222-359 ppm) /Formalin/

LC50; Species: *Chanos chanos* (Milkfish) fingerlings; Conditions: static; Concentration: 260 ppm for 48 hr (95% confidence limit: 181-410 ppm) /Formalin/

LC50; Species: *Chanos chanos* (Milkfish) fingerlings; Conditions: static; Concentration: 241 ppm for 72 hr (95% confidence limit: 163-431 ppm) /Formalin/

LC50; Species: *Chanos chanos* (Milkfish) fingerlings; Conditions: static; Concentration: 232 ppm for 96 hr (95% confidence limit: 154-422 ppm) /Formalin/

LC50; Species: *Ictalurus punctatus* (Channel catfish) weight 0.4 g; Conditions: static; Concentration: 65.8 ppm for 96 hr (58.1-74.5 ppm) /37% AI formulated product/

LC50; Species: *Penaeus duorarum* (Pink shrimp) weight 1.44 g; Conditions: static; Concentration: 143 ppm for 96 hr (95% confidence limit: 91-291 ppm) /37% AI formulated product/

LC50; Species: *Trachinotus carolinus* (Florida pompano) weight 0.25 g; Conditions: static; Concentration: 69.1 ppm for 96 hr (95% confidence limit: 61.8-77.8 ppm) /37% AI formulated product/

EC50; Species: *Scenedesmus subspicatus* (Green Algae); Conditions: freshwater, static; Concentration: 211000 ug/L for 49-79 min; Effect: population, decreased photosynthesis /formulation/

EC50; Species: *Pseudokirchneriella subcapitata* (Green Algae) exponential growth phase, 15000 cells/mL; Conditions: static, 24 deg C, dissolved oxygen 1-2 mg/L; Concentration: 2627 ug/L for 48 hr; Effect: physiology, decreased photosynthesis

EC50; Species: *Pseudokirchneriella subcapitata* (Green Algae) exponential growth phase, 15000 cells/mL; Conditions: static, 24 deg C, dissolved oxygen 1-2 mg/L; Concentration: 4249 ug/L for 48 hr; Effect: population, decreased population growth rate

EC50; Species: *Artemia salina* (Brine Shrimp) age 2-3 instar nauplii; Conditions: saltwater, static, 25 deg C; Concentration: 2671000 ug/L for 24 hr (95% confidence interval: 1744000-3597000 ug/L); Effect: intoxication, immobilization /formulation/

EC50; Species: *Daphnia magna* (Water Flea) age <24 hr; Conditions: freshwater, static; Concentration: 14600 ug/L for 48 hr (95% confidence interval: 11300-18000 ug/L); Effect: intoxication, immobilization /37% purity/

LC50; Species: *Penaeus duorarum* (Northern Pink Shrimp) weight 1.44 g; Conditions: saltwater, static; Concentration: 143000 ug/L for 96 hr (95% confidence interval: 91000-291000 ug/L) /37% purity/

LC50; Species: *Penaeus duorarum* (Northern Pink Shrimp); Conditions: saltwater, static; Concentration: 358000 ug/L for 96 hr (95% confidence interval: 209000-610000 ug/L) /25.9% purity/

LC50; Species: *Penaeus duorarum* (Northern Pink Shrimp); Conditions: saltwater, static; Concentration: 7600 ug/L for 96 hr (95% confidence interval: 5800-10000 ug/L) /27.75% purity/

LC50; Species: *Crassostrea virginica* (American Or Virginia Oyster) embryo; Conditions: saltwater, static; Concentration: 1800 ug/L for 48 hr (95% confidence interval: 1400-2300 ug/L) /37% purity/

LC50; Species: *Crassostrea virginica* (American Or Virginia Oyster) embryo; Conditions: saltwater, static; Concentration: 2900 ug/L for 48 hr (95% confidence interval: 2100-3700 ug/L) /25.9% purity/

LC50; Species: *Crassostrea virginica* (American Or Virginia Oyster) embryo; Conditions: saltwater, static; Concentration: 300 ug/L for 48 hr (95% confidence interval: 180-510 ug/L) /27.75% purity/

**Printed by WISER for Windows (Version 5.0.8, Database Version 5.0.2)
HHS/NIH, National Library of Medicine**

**Reference: WISER (Wireless Information System for Emergency Responders) User's Guide
(<http://wiser.nlm.nih.gov>)**