

## LOS RSD: ¿UNA AMENAZA O UNA OPORTUNIDAD?

### RESUMEN

Ing. M Sc Jose Alberto Ochoa D.

Los Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) son el segundo problema ambiental más importante del mundo, después del aire. Ello porque cada persona que habita la tierra genera un poco más de 1kg de RSD/día. Esto implica miles de toneladas diarias que en general “se acumulan en alguna parte” formando un gigantesco pasivo ambiental que crece día a día.

Muchos ambientalistas reclaman por una tecnología que resuelva el problema. Partiendo de un paradigma diferente se presenta una tecnología que lo enfrenta y lo resuelve.

### 1.- EL PROBLEMA

El aumento de la población en los centros urbanos genera inexorablemente un aumento creciente en la producción de residuos sólidos domiciliarios, situación que trae consigo el problema de cómo tratarlos y donde depositarlos para que produzcan el menor daño sanitario y ambiental posible.

Durante décadas los RSD se han depositado en centros de acopio como vertederos, autorizados o no autorizados, y posteriormente, en rellenos sanitarios, los que son una fuente de emanación de olores molestos, multiplicación de vectores y emanación de gases efecto invernadero. A esta situación de riesgo potencial de transmisión de enfermedades y deterioro del medio ambiente se suma la pérdida de valor de los bienes inmobiliarios circundantes concluyendo en un serio deterioro de la calidad de vida de quienes viven en su entorno.

La localización geográfica de estos espacios es altamente conflictiva y por lo mismo limitada. Se deben ubicar lejos de cursos de aguas superficiales y de centros poblados por el rechazo de la población a la instalación de todo tipo de relleno en las cercanías de su comunidad.

Por otra parte, la relocalización de un relleno sanitario es un proceso largo y costoso; si es a gran distancia conlleva además altos costos de transporte. Esto deja a la extensión de la vida útil del relleno como la alternativa más ventajosa para su operador para lo cual es necesario que enfrente tres desafíos fundamentales:

a) disminuir el volumen de los RSD, especialmente de su componente orgánico,

- b) reducir la generación de gases efecto invernadero (GEI) y
- c) lograr una disposición adecuada para los líquidos percolados.

Esta ha sido la tarea tradicional del relleno sanitario donde los RSD son compactados y cubiertos, degradándose la fracción orgánica durante un periodo de tiempo que puede tomar entre 20 a 25 años, al cabo de cuyo plazo ese suelo solo podrá ser usado como área verde.

También es posible mirar los residuos sólidos domiciliarios desde un paradigma diferente que los visualice en su conjunto como un insumo para la elaboración de un nuevo producto. Desde esta nueva perspectiva el problema que se plantea, como se verá más adelante, es como transformar los RSD en un producto útil, de fácil manejo, durable y que pueda ser usado o dispuesto sin producir daño sanitario ni ambiental.

## **2.- ESTADO DEL ARTE**

En la actualidad existen diversas tecnologías que se enfrentan a los desafíos antes mencionados, y que utilizan tanto el reciclaje de elementos de interés económico como el tratamiento parcial de los residuos propiamente tal.

En general las propuestas tecnológicas se orientan a la maximización de las cuotas de recuperación y reciclaje, de manera de disponer en los rellenos sanitarios únicamente desechos que no puedan seguir siendo utilizados, para luego aplicarles tratamientos biológicos, químicos o térmicos con los cuales obtener, por lo general, humus, biogás o energía eléctrica.

Dado que en su gran mayoría las tecnologías alternativas disponibles no eliminan el 100% de los RSD, en algunos países más desarrollados se postula que todos los residuos producidos reciban un tratamiento de estabilización previo a su disposición en un vertedero. En estos países es un principio, aceptado por la comunidad, que quien genera contaminación deberá pagar por ello, lo que ha posibilitado la instalación de tecnologías más eficientes pero también de mayor costo, como la incineración. Sin embargo, esta situación no es lo habitual.

En términos de política pública, la incineración de residuos es mejor solución que el relleno sanitario, pero en la práctica no ha sido implementada de manera importante por varios factores, entre los que destacan el alto costo de abatimiento de los humus y los bajos costos relativos de los rellenos sanitarios haciendo menos rentable esta opción.

La situación en los países del tercer mundo es diferente, la forma de disposición de los residuos sólidos municipales depende fuertemente de los costos asociados a cada tratamiento. Tradicionalmente la opción más económica y posible de financiar, dejando de lado los basurales y vertederos, ha sido el relleno sanitario.

En Chile para la disposición final de RSD se utilizan vertederos y rellenos sanitarios. En la actualidad existe un generalizado colapso de estos a nivel nacional, a pesar del creciente interés por el reciclaje previo impulsado por grupos ambientalistas y apoyados por las autoridades competentes.

La responsabilidad de la gestión de los residuos sólidos urbanos recae en los municipios, lo que no ha garantizado una mayor eficiencia técnica en términos de menores costos de producción y de mejores alternativas de manejo de los RSD, operándose más bien con criterios discrecionales. La situación se hace crítica por la resistencia de la población circundante cada vez que se estudia el emplazamiento de un nuevo relleno sanitario y por el alto costo de las tecnologías alternativas disponibles.

### **3.- LA TECNOLOGÍA TI/RSD**

TI/RSD es una tecnología de tratamiento industrial e inertización del 100% de los residuos sólidos domiciliarios, inventada por cuatro ingenieros chilenos (1), que resuelve, a través de un procedimiento físico químico, el problema ambiental de su disposición final sin generar gases efecto invernadero, ni líquidos percolados y reduciendo su volumen en un 25% . Convierte todos los contenidos de los RSD en un material diferente (drux), estabilizado, inerte y apto para su utilización en áreas como la industria de la construcción y otros. Es compatible con la etapa previa de extracción de elementos inorgánicos de valor comercial contenidos en los residuos domiciliarios.

Los RSD se procesan de inmediato y en frío, del camión recolector a la tolva de recepción. Estas características de no acumular y procesar en frío evitan los vectores y la eventual necesidad de abatir gases y/o humo.

La tecnología TI/RSD es una alternativa beneficiosa para los países donde la regulación en términos de disposición de residuos sólidos domiciliarios o su equivalente todavía no ha sido ampliamente implementada y/o para situaciones particulares tales como la disposición de desechos de buques y cruceros, o el aislamiento en el continente Antártico.

(1) Daniel Zamudio Fevrier; Eduardo Masalleras Tasara; José Alberto Ochoa Disselkoen y Jaime Santa Cruz Negri.

### **3.1 EL PROYECTO EXPERIMENTAL**

- **Instalación planta piloto y construcción de prototipos**

Para la construcción del prototipo y efectuar las pruebas de validación técnica de la tecnología y posteriores demostraciones, se monto, en 2004, una planta piloto (2) en el relleno sanitario de la comuna de Villarrica a unos 700 Km al sur de Santiago. Este relleno sanitario recibe alrededor de 35 Ton/día de basura desde Marzo a Diciembre. En temporada de verano (Enero - Febrero) recibe alrededor de 60 Ton/día.

La superficie total que ocupa la planta, incluyendo los espacios de circulación y lavado de camiones es de 5.000 m<sup>2</sup>, en cambio la actual superficie del relleno sanitario es de 10 hectáreas. Se dispone de un galpón de 120 m<sup>2</sup> con las maquinarias de molienda, mezclado y secado requeridas. Tiene capacidad para procesar 1,5 ton/hr de RSD, suficiente para la producción usual de RSD de una comuna como Villarrica de 40.000 habitantes, trabajando a un turno en la temporada baja y a dos turnos en la temporada alta.

Concentrar 4 o 5 comunas en una sola planta conseguiría reducir significativamente las superficies de terreno destinadas a la disposición final de RSD. Esto es posible implementando dos líneas más de producción. Una segunda línea en el mismo galpón y una tercera en una ampliación lateral del galpón. La planta entonces estaría dimensionada para tratar 6,5 ton/hr, equivalentes a: 50 ton/turno, u 85 m<sup>3</sup>/turno de 8 hrs de trabajo, en un galpón de 180 m<sup>2</sup> asegurando el ininterrumpido funcionamiento de la planta para 4 o 5 comunas aledañas.

El año 2005 se terminaron los diseños del sistema de trituración y post tratamiento y posteriormente el diseño final del prototipo móvil que contempla dos unidades, molino y mezcladora, que en conjunto ejecutan el proceso. El equipo seleccionado para desarrollar el proceso de trituración es un molino triturador, mientras que el equipo utilizado para el post tratamiento del material triturado es una mezcladora donde se le agregan los reactivos necesarios para tratar químicamente el residuo e inertizarlo.

En rasgos generales, el molino triturador tiene una capacidad de 50 kg/hr, con una criba de 8 mm y de 100 kg/hr con una criba de 12 mm. Está construido de acero al carbono, sus dimensiones principales son 190 cm de alto y 90 cm de ancho. La mezcladora tiene una capacidad de carga de 50 Kg., construida de acero inoxidable. Las dimensiones principales son 1 m de alto y 80 cm de ancho.

(2) Empresa Tryger Ltda. PROYECTO COFINANCIADO POR INNOVACHILE DE CORFO. 2015

- **El proceso de transformación de los RSD y producción de drux**

El proceso de transformación de los RSD y la elaboración final del drux se divide en dos etapas.

1ª etapa: Tratamiento de los RSD desde la recepción y molienda hasta su transformación en drux.

Consiste en la recepción y trituración de residuos sólidos, pueden retirarse previamente los materiales reciclables que tienen un valor comercial, si no han sido extraídos anteriormente. Luego, todo el resto de los materiales se trituran y mezclan con agua y con sustancias sanitizadoras, endurecedoras y aglomeradoras.

El producto final de esta fase es el drux, una argamasa homogénea y semipastosa inerte.

2ª etapa: moldeo, secado y armado del drux

El producto final de esta segunda fase es el drux transformado en un nuevo material de construcción. A la fecha el drux ha sido utilizado exitosamente como reemplazo del polvo de roca en la capa de rodado de carreteras de asfalto.

Se ha experimentado también vertiéndola en moldes prefabricados de concreto o metal, con la forma y el volumen deseados, inerte y neutralizado, o bien, se han llenan encofrados armados, con o sin alambón, a modo de tabique, para posteriormente al sacarse el encofrado, tratar las caras con enlucidos o estucos de yeso o concreto, o por último, ladrillos o briquetas hechos en moldes en serie, con estuco exterior. Se puede usar también como estabilizado en veredas y radieres que después se finalizan con una capa de mortero de cemento.

Puede ser utilizado como elemento volumétrico mezclado con resinas o plásticos. Este campo está abierto a futuras investigaciones.

### **3.2 VALIDACION**

Los desafíos resueltos con el prototipo para el tratamiento de los RSD están en torno a la composición de la basura la cual generalmente es estándar entre regiones, por lo que deben ajustarse las concentraciones de aditivos, el nivel de molienda y el tipo de molinos.

- **VALIDACIÓN DEL PROCESO: Parámetros físico – químicos**

Se llevaron a cabo experiencias para ajustar el funcionamiento del proceso y evaluar el rendimiento. Se midieron las variables críticas que influyen directamente en la calidad

del tratamiento de los RSD, tales como olor, humedad, pH y volumen de basura, como asimismo la obtención de bloques de drux.

### **Resumen de las principales variables y parámetros físico-químicos de operación medidos en la prueba final**

<b>Variable</b>	<b>Condición inicial</b>	<b>Condición final</b>
Masa tratada	1050Kg de basura	505 Kg de DRUX seco
Volumen tratado	2.1 m <sup>3</sup> de basura	0.5 m <sup>3</sup> de DRUX seco
Olor/Sensación	Olor fuerte /desagradable, olor a basura)	Olor neutro/no desagradable, olor a humedad
Aspecto físico de la masa tratada	Mezcla heterogénea (vidrio, plásticos, metales, orgánicos, etc)	Mezcla homogénea de color gris
% de Humedad	41%	<1%
pH	9.2	8.1
Temperatura	16°C	16°C
Inflamabilidad	Inflamable	No inflamable
Bloques DRUX producidos	-----	32

- **VALIDACIÓN DEL PRODUCTO: Análisis orgánico , inorgánico y microbiológico**

Los análisis realizados en primera instancia por el Centro de Estudios de Medición y Certificación de Calidad, CESMEC (3) y ratificados posteriormente por el Núcleo de Biotecnología de Curauma de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, dieron los siguientes resultados.

#### **Análisis orgánico**

Los resultados del TCLP orgánico indican que los contenidos de benceno, tetracloruro de carbono, clorobenceno, cloroformo, o---cresol, m---cresol, p---cresol, 2,4---D, 1,4---diclorobenceno, 1,2--dicloroetano, 1,1'dicloroetileno, endrin, 2,4--dinitrotolueno, heptacor y su epóxido, hexaclorobenceno, hexaclorobutadieno, hexacloroetano, lindano, metoxiclor, metil etil cetona, nitrbenceno, pentaclorofenol, piridina, tetracloroetileno, toxafeno, tricloetileno, 2,4,5---triclorofenol, 2,4,6---triclorofenol, 2,4,5--- TP silbes y cloruro de vinilo, están bajo la concentración máxima permisible establecidas en el Decreto 148/2004.

(3) Análisis y certificación CESMEC. CESMEC es una organización privada dedicada a la prestación de Servicios de Ingeniería relacionados con certificación de productos, análisis de laboratorio, ensayos, calibraciones, inspecciones y certificación de sistemas de calidad. CESMEC es filial de Bureau Veritas ([www.cesmec.cl](http://www.cesmec.cl)).

## **Análisis inorgánico**

Los resultados del test TCLP inorgánico, dio como resultado que los contenidos de contaminantes de plomo, mercurio, cromo, bario, selenio, arsénico y plata están bajo el nivel de concentración máxima permitida.

Reactividad: los contenidos de ácido cianhídrico y ácido sulfhídrico están bajo el nivel de la norma EPA.

Inflamabilidad: no inflama de acuerdo a la tasa de propagación máxima establecida por EPA 1030 expresada en mm/seg.

Corrosividad: bajo la tasa máxima de corrosión establecida por EPA 1110 A expresada en mm/ año.

## **Análisis microbiológico**

El informe final de CESMEC señaló que el drux no es un residuo peligroso y que los contenidos y concentración de ciertos metales, que podrían ser lixiviados en forma natural o podrían migrar hacia napas subterráneas o al agua del mar, dependiendo

de las condiciones ambientales de almacenamiento, están bajo las concentraciones máximas permitidas por el DS 148, y asimismo están bajo los límites de detección de los instrumento y metodologías indicadas por la EPA 1311.

Conforme a los análisis realizados, se concluyó que el drux es inerte respecto de la contaminación microbiológica y de los minerales pesados. Además se observó que el proceso no genera gases invernadero, no genera líquidos percolados ni lixivia metales pesados.

- **VALIDACIÓN DE LA TECNOLOGÍA: Calificación ambiental y Propiedad intelectual**

### **Calificación ambiental**

De acuerdo con lo exigido por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Planta Piloto de Tratamiento Industrial de RSD de Villarrica debió someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

La Comisión Regional del Medio Ambiente (COREMA )realizó la evaluación en el 2005 y **CALIFICÓ FAVORABLEMENTE** el proyecto "Planta de Tratamiento Industrial" consistente en la transformación de los residuos sólidos domiciliarios en otro material denominado

druX y **CERTIFICÓ** que se cumplen con todos los requisitos ambientales aplicables, y que el proyecto "Planta de Tratamiento Industrial " cumple con todos los requisitos, incluidos los de carácter ambiental contenidos en el permiso ambiental sectorial que se señalan en el Artículo 93 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental; los requerimientos de concentración máxima autorizados y exigidos por el Ministerio de Salud de Chile y también con los parámetros de contenidos microbiológicos.

### **Propiedad intelectual**

De acuerdo a la Oficina Europea de Patentes (EPO, febrero 2010) existen patentes relacionadas cuyas reivindicaciones se refieren a procesos o tratamientos de residuos sólidos con algunas características similares de triturado de basura y compresión, pero difieren en el método y en el producto obtenido de la aplicación del mismo. Ninguna de ellas lleva a cabo el proceso como un todo integrado, es decir, el procesamiento de la basura sin previa separación selectiva.

En resumen la tecnología TI/RSD presenta ventajas y diferencias en relación a lo divulgado, principalmente porque se trata de un sistema que:

- Logra procesar toda clase de residuos, sin que sea necesario separar los tipos de materiales que ingresan al proceso,
- A partir de los RSD, obtiene una mezcla a la que se le incorpora sanitizantes, aglomerantes y agua con características de inocuidad y sustentabilidad certificadas, y
- El producto resultante del proceso (druX) presenta características que lo hacen un material disponible para ser utilizado en faenas de construcción u otras.

En la actualidad la tecnología tiene Patente de Invención (4) concedida en los siguientes países:

USA US 8,337,381 B2;

Alemania DE 602007046212.6:

Reino Unido EP(UK)2179801 y

Chile 200602530.

Está en trámite en Brasil BR 102012004884.

Patente Europea Nº 2179801

Si bien las patentes europeas hoy solo sirven para dar ingreso a las fases nacionales, se espera que en un corto plazo la OMPI logre un acuerdo con España y la patente europea tenga validez en los países de toda la comunidad.

(4) Las patentes son propiedad intelectual de Tryger Ltda y están licenciadas a Limpiamares SpA.



#### **4.- DRUX: EL VALOR AGREGADO AL TRATAMIENTO DE LOS RSD**

##### **Características del DRUX**

- Procesa todos los RSD sin separar y reduce sustancialmente su volumen posterior al tratamiento.
- Los costos de mantención y operación son bajos.
- El tiempo del proceso de tratamiento es breve: aproximadamente 25 minutos
- Cumple con la normativa medioambiental chilena (Decreto 148/04) así como con los estándares regulatorios de la EPA (Environmental Protection Agency---EE.UU).
- No emite líquidos percolados ni lixiviados peligrosos que contaminen el agua.
- Tiene una baja toxicidad que está muy por debajo de la concentración máxima permitida en la legislación nacional y los estándares de la EPA.
- Tiene igualmente una baja reactividad. Esta bajo las máximas aceptables a nivel nacional e internacional.
- No es inflamable de acuerdo a la Tasa de Propagación Máxima establecida en EPA.
- Impide la generación de microorganismos patógenos
- No genera gases efecto invernadero
- Elimina la presencia de vectores y su reproducción

##### **Disposición final**

El drux es un material de producción masiva que para su total aprovechamiento deberán producirse cambios culturales necesarios para su aceptación junto con la aparición de nuevas tecnologías para su mejor uso en materiales de construcción u otros. Durante un tiempo, mientras esto sucede, deberá compartirse su uso creciente en la industria junto con alguna forma inocua de disposición final del producto no utilizado.

En algunos casos podrá ser devuelto a un relleno sanitario obteniendo un considerable aprovechamiento en términos de eficiencia en el uso del espacio del relleno sanitario.

En su disposición en tierra este material también se podrá utilizar como relleno para modificar la micro geografía. Para ello se podrá disponer directamente el drux en capas de hasta 80 cm de altura, dejándolo fraguar antes de disponer otra capa y así sucesivamente hasta alcanzar una cota de 1 metro más baja que el nivel del terreno deseado. Una vez alcanzada dicha cota, una capa de tierra de 1 metro de alto, de características similares a las del entorno en términos de composición, granulometría y profundidad, integrará armónicamente este nuevo suelo al habitat al cual fue adosado.

El drux también puede ser depositado en el mar hasta 200 m de profundidad si es previamente encapsulado en cajones de mortero de cemento. En el fondo marino constituirá un nuevo hábitat de refugio para la fauna marina, particularmente si se elige un fondo arenoso y plano.

## **Aportes del drux: Donde antes había un PROBLEMA hoy surge una OPORTUNIDAD**

### **Impacto ambiental**

Resuelve el problema de la política pública sobre el impacto ambiental de la disposición de los residuos sólidos domiciliarios y rellenos sanitarios. Dispone de certificación por el cumplimiento de todos los requisitos ambientales aplicables.

### **Uso del suelo y sus consecuencias**

El proceso de tratamiento de los RSD con la tecnología TI/RSD no inutiliza el suelo donde se instala la planta y por lo tanto no altera su composición. La maquinaria se instala al interior de un galpón cerrado como cualquier otra industria. A diferencia de los vertederos o rellenos sanitarios no se necesita decretar una modificación especial sobre el uso del suelo ni se producen consecuencias a posteriori. Tampoco afecta al entorno donde está ubicada la planta de tratamiento y por ende, mejora la calidad de vida de la población que vive en su entorno. No genera mal olor, ni vectores u otros problemas sanitarios. Cuando la ciudad crece o es necesario trasladar la planta, esto se hace sin ninguna consecuencia para el lugar donde estuvo asentada.

### **Aceptabilidad**

Cabe esperar que el drux o los sub productos elaborados, encuentren una resistencia normal de los empresarios y de la población en general. Esto de construir con basura no es usual. Al principio gran parte deberá ser enterrado, pero luego en la medida que el producto entre en el mercado, crecientemente se enterrará cada vez menos y se utilizará cada vez más en la construcción. Esto requiere un cambio cultural progresivo como se mencionó anteriormente.

### **Rentabilidad**

El uso de la TI/RSD como mero tratamiento de residuos hoy no resulta rentable, comparado con un relleno sanitario. En el mediano plazo en la medida en que aumenten las exigencias ambientales y respecto de los líquidos percolados y lixiviados, la situación empezara a cambiar. En el largo plazo un análisis financiero, en el que se valoren todos

los costos e ingresos asociados al medio ambiente, la rentabilidad de la tecnología competirá favorablemente versus el manejo tradicional de residuos.

### **Gases de Efecto Invernadero (GEI) y la contaminación ambiental**

Un aporte adicional de la tecnología TI/RSD es la reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero producidos por los rellenos sanitarios y vertederos.

El año 2007 EcoSecurities Global Consulting Group hizo un estudio de: "Evaluación Preliminar de Elegibilidad CDM para la Planta de Tratamiento Industrial de Residuos Sólidos Municipales en Villarrica, usando Tecnología TI/RSD" En él se concluye que: *"El análisis presentado en este informe concluye que el proyecto reduce las emisiones de metano, uno de los gases incluidos en el Protocolo de Kyoto. Al momento, no se dispone de una metodología aprobada que explícitamente se aplique al proyecto. Sin embargo, al hacer una revisión de la metodología aprobada AM0025, ésta pareciera ser idónea para el proyecto. No obstante lo anterior, debido a los diferentes usos de Drux, esta certeza metodológica dependerá del proyecto. La cantidad de CER generadas por el proyecto es relativamente baja, ~14,000 tCO<sub>2</sub>/año. Sin embargo, la intención del desarrollador del proyecto es usar el financiamiento proveniente del carbono para promover y difundir la tecnología. Los proyectos en ciudades con un población relativamente mayor a la de Villarrica (su actual población es de alrededor de 40.000 habitantes) podrían generar mayores flujos de CER. Se recomienda desarrollar el proyecto durante un período de acreditación renovable de 21 años (7\*3), debido a que la generación progresiva de CERs, de acuerdo con el modelo estipulado por AM0025, generará más CERs en un período de tiempo mayor. El actual proyecto no debería enfrentar problemas para demostrar su adicionalidad, en términos financieros y en relación con las barreras que impiden su implementación. Aparentemente, el proyecto contribuye claramente a lograr las metas de desarrollo sustentable del país anfitrión y cumple con los criterios de la Autoridad Nacional Designada (DNA) de Chile. El proyecto no utiliza Asistencia Oficial para el Desarrollo (ODA)."*

El abatimiento de los GEI permitirá generar bonos de carbono, una vez que se retome responsablemente este tema por los países industrializados.

### **Usos industriales potenciales**

La naturaleza del drux lo hacen un material potencialmente muy interesante como aislante térmico y acústico, que además no inflama.

La utilización del drux como material de construcción ha sido probada en la producción de bloques y asfaltos. De estas dos opciones la más atractiva es su uso como reemplazo del polvo de roca en la carpeta de rodado de pavimentos asfálticos. Su uso masivo en asfaltos implica un Reciclaje Perfecto, puesto que la totalidad de los desechos urbanos (RSD) de la ciudad, se vuelven a usar en la misma ciudad o en sus carreteras.

Este tema será abordado específicamente en un próximo artículo.

## **5.- DESARROLLO ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA**

Teniendo en cuenta las dificultades presentadas por la tecnología TI/RSD para el tratamiento masivo de los RSD, tanto por su alto costo como por razones culturales, se ha volcado su desarrollo hacia la utilización en circunstancias particulares tales como la disposición de los RSD generados por buques y cruceros internacionales, que deben enfrentar una rigurosa legislación, tecnologías y protocolos para evitar el ingreso al país de plagas exóticas, que pueden afectar recursos, salud, actividades económicas, exportaciones y otros, con gran daño para el país y sus habitantes.

### **RSD Internacionales**

El tráfico marítimo nacional e internacional produce severos impactos ambientales. Uno de ellos es la disposición en el mar de los residuos orgánicos fuera de las 12 millas de la costa, generados al interior de buques y cruceros. La legislación internacional elaborada por la Organización Marítima Internacional de la Organización de las Naciones Unidas, OMI/ONU, prohíbe la disposición de cualquier tipo de desechos en el mar.

Tampoco pueden ser descargados directamente en los puertos porque se trata de desechos de productos adquiridos fuera del país que pueden contener, en particular los perecibles, plagas exóticas que generen problemas de la más diversa índole, como ya ha sucedido en el pasado. Ejemplos relativamente recientes de ello son la mosca de la fruta y el ISA virus.

Las tecnologías actualmente aceptadas para que estos residuos puedan ser desembarcados es la autoclavización y la incineración. En Chile, los RSD de los cruceros deben ser trasladados en contenedores herméticos desde el puerto de origen hasta las únicas plantas de tratamiento autorizadas existentes, al interior de las regiones de Valparaíso y Metropolitana. Para los puertos que no están ubicados en la Zona Central, estos procedimientos son lentos, engorrosos y de alto costo de transporte, lo que ubica a la tecnología TI/RSD en condiciones de competir incluso en mejores condiciones.

Esta circunstancia indujo el estudio de la adecuación de la tecnología a los residuos de los cruceros internacionales, asimilables a los RSD. Entre los años 2018 y 2020 se ha estudiado la basura de los cruceros internacionales que recalán en Punta Arenas. Primero se analizó su composición, demostrando ser asimilables a lo observado en los residuos sólidos domiciliarios, y luego se aplicó el mismo conjunto de análisis usados anteriormente, para determinar si el drux resultante cumplía con todas las normas del decreto supremo 148 del MINSAL y de EPA. Los resultados fueron positivos, y los residuos internacionales fueron inertizados. Se hizo una caracterización física, estabilidad biológica mediante respirometría y potencial metanogénico, análisis de metales pesados, análisis microbiológicos y presencia de virus, test orgánico, reactividad, corrosividad e inflamabilidad.

La conclusión del estudio (5) fue la siguiente: *“Los **residuos del Buque internacional** fueron tratados con la **tecnología TI/RSD** y posteriormente fueron analizados para determinar si este residuo cumple con el decreto supremo 148 del MINSAL. Estos análisis consistieron en caracterización física, estabilidad biológica, análisis orgánico e inorgánico, análisis biológicos, reactividad, inflamabilidad y corrosividad.*

*En cuanto a la **caracterización física** de las muestras del buque internacional, estas tienen un bajo porcentaje de humedad (menor al 3%) lo cual significa que las muestras tienen baja actividad de agua que podría afectar su estabilidad biológica y generar lixiviados (líquido producido por la descomposición de la materia orgánica). Además de acuerdo con la cantidad de sólidos volátiles y cenizas el porcentaje de materia orgánica es inferior a 50% lo que también determina una estabilidad biológica de la muestra.*

*Con respecto al **análisis de estabilidad biológica** aerobia medida respirometría, considerando la actividad del inóculo (adicionado para el análisis) las muestras 1 y 2 tanto a tiempo cero (T0) como a tiempo 5 (incubadas a 37°C por 5 días) presentan un consumo de oxígeno que se asemeja a la actividad del control con solo agua, por lo que se puede concluir que las muestras tienen una nula actividad biológica que se mantiene estable al incubar las muestras a 37°C por 5 días.*

*En cuanto al **análisis de potencial de metanización**, se puede concluir que las muestras tienen una nula actividad biológica que se mantiene estable al incubar las muestras a 37°C por 5 días. El potencial de metanización obtenido corresponde a 0 mL metano/g DQO alimentado por lo que se demuestra que la muestra no tiene potencial de inestabilidad biológica anaerobia.*

*De acuerdo con la **caracterización de metales pesados** de la muestra y en comparación con el DS 148/2004 del MINSAL, se determinó que la muestra tiene una baja y/o casi nula presencia de metales pesados por lo que la muestra no es un residuo peligroso.*

*La **caracterización microbiológica** determinó que la muestra es inocua, sin presencia de bacterias y virus.*

(5) Caracterización de residuos internacionales equivalentes a RSD de cruceros y grandes embarcaciones.  
NÚCLEO BIOTECNOLOGÍA CURAUMA. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO. Enero 2020

Con respecto a la **caracterización orgánica**, se determinó que la muestra no posee altas concentraciones de compuestos orgánicos en comparación con los máximos permisibles del DS 148/2004 MINSAL, en consecuencia, la muestra es considerada como no tóxica y no representa un riesgo para la salud de la población.

De acuerdo con la **caracterización de reactividad, inflamabilidad y corrosividad**, se determinó que la muestra no es reactiva, inflamable o corrosiva.

Por lo tanto, de acuerdo con los análisis presentados, el residuo del buque internacional, pesquero de bacalao y centolla inertizado no genera lixiviados, no posee microorganismos patógenos, es estable biológicamente en condiciones aerobias, no posee toxicidad aguda crónica ni extrínseca, no es inflamable, no es corrosiva, ni reactiva por lo que el residuo inertizado es un residuo no peligroso (artículo 11 del DS 148), además de ser estable e inocuo”.

El paso siguiente, actualmente en desarrollo, es la construcción de una Planta Prototipo a bordo de una embarcación para entregar un servicio de inertización de RSD in situ y descargar en puertos nacionales residuos inertes (drux).

#### **Próximo objetivo: La ANTARTICA**

La designación de la Antártica como Área de Conservación Especial y las medidas adoptadas con arreglo al sistema del Tratado Antártico para proteger el medio ambiente antártico y los ecosistemas dependientes y asociados, garantizan que todas las actividades que se desarrollen en esa región sean compatibles con los propósitos y principios del Tratado. Las bases antárticas (6) están obligadas, por este tratado, a llevar los RSD a sus países de origen, con todo lo que ello significa.

Dado que se ha demostrado que es posible inertizar residuos mediante la tecnología TI/RSD, es posible generar un procedimiento similar, flexible y modular que permita tratar, inertizar y disminuir los residuos antárticos sin generar efectos ambientales negativos sobre el agua, el suelo y el aire en el territorio antártico. Posteriormente el drux producido en las Bases Antárticas, tanto nacionales como internacionales, podrá ser dispuesto en territorio continental chileno o transportado a su país de origen como una carga cualquiera.

(6) 45 Bases de 20 países

## 7.- BIBLIOGRAFÍA

1. Astorga Hering, Rodrigo. Gobernanza e institucionalidad ambiental en Chile: Cómo inciden en el crecimiento económico. Mayo 2019  
[https://www.cieplan.org/wp-content/uploads/2019/09/ASTORGApaper\\_publicacio%CC%81n\\_01\\_FINAL.pdf](https://www.cieplan.org/wp-content/uploads/2019/09/ASTORGApaper_publicacio%CC%81n_01_FINAL.pdf)
2. Explora. Reciclaje, una solución al problema de la basura. Mayo 2019  
<https://www.explora.cl/rmnorte/reciclaje-una-solucion-al-problema-de-la-basura/>
3. Monasterio Blanco, Fernanda. Del basurero al vertedero: la ruta de los residuos. Febrero 2019  
<https://www.pauta.cl/calidad-de-vida/del-basurero-al-vertedero-la-ruta-de-los-residuos>
4. Hernández Flechas, Sandra; Corredor González, Luz Rocío. Reflexiones sobre la importancia económica y ambiental del manejo de residuos en el siglo XXI. Mayo 2017  
<https://www.researchgate.net/publication/316721252>
5. Chile desarrollo sustentable. El futuro de la basura: ¿qué hacer con los residuos? Febrero 2016  
<http://www.chiledesarrollosustentable.cl/noticias/noticia-pais/el-futuro-de-la-basura-que-hacer-con-los-residuos/>
6. Yevenes, A., Patricio. La realidad de los centros de acopio de basura. Julio 2012.  
<http://www.chiledesarrollosustentable.cl/noticias/el-68-de-los-vertederos-opera-al-margen-del-reglamento-sanitario/>
7. Fuenzalida, Manuel; Quiroz, Rodolfo. La dimensión espacial de los conflictos ambientales en Chile. Abril 2012  
[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-65682012000100009](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-65682012000100009)

## ESTUDIOS:

1. **NÚCLEO BIOTECNOLOGÍA CURAUMA. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO.** Caracterización de residuos internacionales equivalentes a RSD de cruceros y grandes embarcaciones. Enero 2020
2. **NÚCLEO BIOTECNOLOGÍA CURAUMA. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO** Demostración y Transferencia de la Tecnología Tratamiento Industrial de RSD en los mercados potenciales identificados en la valorización. Informe final Proyecto 14IDL4-30342. Junio 2017.

**3. INTANGIBLE CONSULTORÍA LTDA.** Informe final “Valoración de Mercado y de Propiedad Intelectual” (Tratamiento Industrial de Residuos Sólidos Domiciliarios (TI/RSD). TRYGER LTDA). Septiembre 2012.

**4. ECOSECURITIES GLOBAL CONSULTING GROUP.** Informe Evaluación Preliminar de Elegibilidad CDM para la Planta de Tratamiento Industrial de Residuos Sólidos Municipales en Villarrica, usando Tecnología Drux. Julio 2007

**5. COMISIÓN REGIONAL DEL MEDIO AMBIENTE** de la IX Región de la Araucanía. Resolución de calificación ambiental: Planta Villarrica, R. Exenta N° 58. República de Chile. 22 marzo 2006

**6. CENTRO DE ESTUDIOS DE MEDICIÓN Y CERTIFICACIÓN DE CALIDAD, CESMEC.** Análisis tecnología TI/RSD. 2006