



## Wastewater and hazardous waste management from mechanical workshops in Guasave city, Sinaloa, Mexico

### El manejo de aguas residuales y residuos peligrosos en talleres mecánicos en la ciudad de Guasave, Sinaloa, México

González-Cázares, G.\*, Ahumada-Cervantes, R., Ahumada-Cervantes, B.,  
González-Márquez, L., García-Urquidez, D.

Universidad Autónoma de Occidente. Doctorado en Sustentabilidad. Av. Universidad S/N,  
Jardines Universidad, Guasave, Sinaloa, México.

**Cite this paper/Como citar este artículo:** González-Cázares, G., Ahumada-Cervantes, R., Ahumada-Cervantes, B., González-Márquez, L., García-Urquidez, D. (2020). Wastewater and hazardous waste management from mechanical workshops in Guasave city, Sinaloa, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 7, e991. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e991>



#### ABSTRACT

Hazardous waste and wastewater management from mechanical workshops and its possible effects on the environment were analyzed, as well as the causes of their improper management. The study was carried out in Guasave city, Sinaloa, Mexico, which has 273 mechanical workshops in the urban sector. A survey-type multiple-choice questionnaire with 69 questions was applied to a random sample of owners and managers from 72 establishments to obtain information on the management of their waste and discharges and their knowledge about environmental regulations. Besides, the people in charge of the Municipal Environmental Department and the technical manager of the Drinking Water and Sewerage Board were interviewed to obtain a comprehensive vision regarding the compliance with

#### Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: June 06<sup>th</sup> 2020.

Accepted/Aceptado: October 28<sup>th</sup> 2020.

Available on line/Publicado: December 10<sup>th</sup> 2020.

#### RESUMEN

Se analiza el manejo de los residuos peligrosos y de las aguas residuales de los talleres de servicio mecánico y sus posibles afectaciones al ambiente, así como las causas del inadecuado manejo de éstos. El estudio se realizó en la ciudad de Guasave, Sinaloa, México, que cuenta con 273 talleres de servicio mecánico en el sector urbano; se aplicó un cuestionario con 69 preguntas de opción múltiple tipo encuesta a una muestra aleatoria de propietarios o encargados de 72 establecimientos, para obtener información del manejo de sus residuos y descargas y el conocimiento de la normatividad ambiental, además de entrevistas a la titular de la dependencia ambiental municipal y al encargado técnico de la Junta de Agua Potable y Alcantarillado para obtener una visión integral en torno al cumplimiento de las leyes, reglamentos y normas ambientales. Utilizando en ambos casos, entrevistas cara a cara con cuestionario elaborado con preguntas de tipo abierto. Los resultados indican que los propietarios de estos establecimientos incumplen con la normatividad ambiental en el manejo de sus descargas residuales y residuos peligrosos, principalmente por razones económicas ya que son micro

#### \*Corresponding Author:

Gabriel González Cázares. Programa de doctorado en Sustentabilidad. Universidad Autónoma de Occidente, Av. Universidad S/N, Jardines Universidad, Guasave, Sinaloa, México. E-mail.: [gabriel@agricolagonzalez.com](mailto:gabriel@agricolagonzalez.com)

environmental laws, regulations and standards. In both cases, face-to-face interviews with a questionnaire including open-ended questions were performed. The results indicated that the owners of these establishments did not comply with environmental regulations on residual discharges and hazardous waste management, mainly for economic reasons, for being micro and small companies concerned more with the survival of their businesses than with environmental care. Another cause of non-compliance is caused by poor inspection and surveillance by environmental authorities at all levels; actions that cause damage to the environment, as well as the health of the inhabitants and to the drainage and sewerage system of the city.

---

## KEY WORDS

---

Hazardous waste, wastewater, mechanical workshop, environmental pollution, environment.

---

## Introduction

A consequence of the increase in the number of vehicles and in the use of agricultural machinery has been the growing number of mechanical workshops (MWS), many of them with bodywork and painting services in Guasave city, Sinaloa, Mexico, causing diverse polluting waste with their operating processes, such as hazardous waste (HW) (Olajumoke, 2011; Akpakpavi, 2015; Chachorovski *et al.*, 2017) and wastewater discharges (WWD) as described by Nkwoada *et al.* (2018).

Of all substances used in this type of establishment, solvents from cleaning products used by mechanics are considered the most dangerous for the environment and for workers' health. However, there are some other substances, such as waste oils from vehicles, which contain compounds like lead, cadmium, barium and other potentially toxic metals as pointed out by Olajumoke (2011). The management of waste containing these heavy metals represents a serious concern because of their toxicity and accumulative behavior, since this waste is not easily degraded and is increasing in quantity and toxicity.

Waste oils represent the most dangerous waste generated in MWS, which use diverse types of these residues, being motor oils, standard and automatic transmission oils and

pequeñas empresas preocupadas más por la supervivencia de sus negocios, que por el cuidado del ambiente; otra causa del incumplimiento es ocasionada por la escasa inspección y vigilancia de parte de las autoridades ambientales de todos los niveles; acciones que provocan afectaciones tanto al medio ambiente, como a la salud de los pobladores y al sistema de drenaje y alcantarillado de la ciudad.

---

## PALABRAS CLAVE

---

Residuos peligrosos, aguas residuales, talleres de servicio mecánico, contaminación ambiental, medio ambiente.

---

## Introducción

Una consecuencia del crecimiento del parque vehicular y el aumento en el uso de maquinaria agrícola ha sido el incremento de talleres de servicio mecánico (MVS), muchos de ellos con servicio de carrocería y pintura en la ciudad de Guasave, Sinaloa, México, generando con sus procesos de operación diversos residuos contaminantes como son los residuos peligrosos (HW) (Olajumoke, 2011; Akpakpavi, 2015; Chachorovski *et al.*, 2017) y las descargas de aguas residuales (WWD) como lo describen Nkwoada *et al.* (2018).

De las sustancias usadas en este tipo de establecimientos, los solventes que provienen de los limpiadores de partes que usan los mecánicos, son considerados de los más peligrosos para el ambiente y la salud de los trabajadores, sin embargo existen otros como el aceite usado proveniente de los vehículos, el cual como lo señala Olajumoke (2011), contiene componentes como plomo, cadmio, bario y otros metales potencialmente tóxicos; el manejo de residuos que contienen estos metales pesados son motivo de preocupación ambiental por su toxicidad y comportamiento acumulativo, ya que estos residuos no se degradan fácilmente y van creciendo en cantidad y toxicidad.

El aceite usado es el residuo peligroso más generado en los MVS, los cuales manejan diversos tipos de este residuo, siendo los más utilizados los aceites para motor, para transmisión estándar, transmisión automática y para sistemas hidráulicos; su función es crucial para reducir el desgaste de las piezas del motor y mantener la temperatura adecuada de los componentes del vehículo. Este HW, sin un manejo adecuado, puede ser un contaminante del agua y el suelo con consecuencias graves para la salud de las personas y las plantas al interrumpir su crecimiento y

hydraulic systems oils the most used. Their function is crucial to reduce wear of motor pieces and to maintain components of the vehicle at an adequate temperature. Without a correct management, this HW can contaminate water and soil with serious consequences for people health and plants by interrupting their crop growth and flowering as well, making it necessary to establish adequate remediation measures and to implement better environmental practices in MVS (Nkwoada *et al.*, 2018).

Wastewater is produced during MWS operating, contaminated with chemical products occurring for repairing or painting vehicles, being the lubricants and fuels used for parts washing those of higher presence and presenting a higher contamination risk. Therefore, it is important that MWS have grease and solid waste traps, as stipulated by the General Law of Drinking Water of the State of Sinaloa (Spanish acronym LGAPES) (LGAPES, 2018).

It is important to use wastewater treatment systems prior to discharges, because one of the water uses is waste transport, as pointed out by Jimenez (2001), who mentioned that water as a waste transporter is done towards many water sources, limiting the possibility of using it for other purposes. Other authors, such as Galán (2014) and Bracho & Fernández (2018), have focused their studies on shallow water contamination, drainage and hygiene, as well as on the importance of solving this issue that affects global population health.

The potential environmental impact of these waste can be translated into soil, subterranean waters, shallow water sources and air contamination, causing risks on the health of animals, plants and people working and living close to these workshops (Chachorovski *et al.*, 2017; Nkwoada *et al.*, 2018). Another important aspect to point out is relative to workers' health, since they are exposed to high heavy metals concentrations, being lead (Pb) the major concern, since it can cause alterations in blood pressure, produce neurotic effects and affect calcium (Ca) levels in humans; clinically, the most important symptoms observed in lead intoxication are: headache, irritability, abdominal pain and others relative to the central nervous system in acute intoxication, as indicated by the study on the effects of heavy metals on humans from Nava & Mendez (2011); For the aforementioned, the present study aimed to analyze the management of these waste in the MWS of the urban zone of Guasave city, to determine its possible implications in the environment, as well as the causes originating its improper management.

floración, haciéndose necesario implementar medidas de remediación adecuadas y la implementación de las mejores prácticas ambientales en los MVS (Nkwoada *et al.*, 2018).

En la operación de los MVS se producen aguas residuales (WWD) contaminadas con los productos químicos que intervienen en la reparación o pintado de vehículos, siendo los lubricantes usados y combustibles que se usan en el lavado de partes, los de mayor presencia y que significan un alto riesgo de contaminación. Por esta razón es importante que los MVS cuenten con trampas de sólidos y grasas como lo establece la *Ley General de Agua Potable del Estado de Sinaloa* (LGAPES, 2018).

Es importante usar sistemas de tratamiento de aguas residuales previo a la descarga, porque uno de los usos del agua es el transporte de desechos, como lo señala Jiménez (2001), al mencionar que el agua como transporte de residuos se da hacia muchos cuerpos de agua, limitando la posibilidad de usarla para otros fines. Otros autores como Galán (2014) y Bracho y Fernández (2018), han enfocado sus estudios a la contaminación de las aguas superficiales, desagües e higiene, así como la importancia de resolver este problema que afecta la salud de la población mundial.

El impacto ambiental potencial de estos residuos se puede traducir en contaminación del suelo, aguas subterráneas, cuerpos de agua superficial y aire, provocando riesgos en la salud de animales, plantas y personas (Chachorovski *et al.*, 2017; Nkwoada *et al.*, 2018). Otro aspecto importante a señalar, es lo referente a la salud de los trabajadores, debido a que éstos se ven expuestos a concentraciones de metales pesados, siendo el plomo (Pb) el elemento de mayor preocupación, ya que puede provocar alteraciones de la presión sanguínea, producir efectos neuróticos y afectar los niveles de calcio (Ca) de los humanos; clínicamente los síntomas más importantes que se observan en la intoxicación por plomo son: dolor de cabeza, irritabilidad, dolor abdominal y otros relacionados con el sistema nervioso central en intoxicaciones agudas como lo señala el estudio de efectos de metales pesados en los humanos de Nava y Méndez (2011); por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue analizar el manejo de estos residuos en los MVS de la zona urbana de la ciudad de Guasave, determinar sus posibles implicaciones en el ambiente, así como las causas que originan su inadecuado manejo.

## Materiales y Métodos

### Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en la ciudad de Guasave,

## Material and Methods

### Study area

The study was realized in Guasave city, head of Guasave municipality, this city is the fourth in size and importance of the state of Sinaloa, Mexico, and is located at the northwest of the state by the coastal plain, with a population in 2015 of 74,200 inhabitants in the city and 295,353 in the municipality, according to data of the National Institute of Statistics and Geography (INEGI, 2015). The climate is warm, with an average temperature of 25.1 °C varying between a maximum temperature of 43 °C and a minimum temperature of 3 °C. It is located at an average altitude of 15 masl and its main economic activity is agriculture, with 52.40 % of the land destined to this activity, with more than 200,000 hectares of irrigation devoted to grain and vegetables crops (AARSP, 2017).

The study was performed in 72 MWS devoted to automotive service and agricultural machinery of diverse sizes and distributed in the urban zone of the city, with repairing and maintenance activities, as well as in some cases, bodywork and painting services. These workshops have been established in all the zones of the city, not only in trade corridors, but also in residential areas, which is not the most appropriate for people living in its neighborhood.

### Method

To perform the study, according to what was pointed out by Hernández *et al.* (2006), both quantitative and qualitative data were used to link all the information in a single study. Direct observation was one of the tools used to obtain the information, which consists of visiting a group of 10 MWS to obtain first-hand information, to know how they work and to take note of the type of installations they have, as well as all the residues produced while operating.

Interviews were performed with a questionnaire made of open-ended questions to the Municipal Environmental Authority, people in charge of Ecology and Environment of the municipality of Guasave (DECAMG), from 2017 to 2018, and to the people in charge of the technical area of the Drinking Water and Sewerage Municipal Board of Guasave municipality (JUMAPAG), to know their conduct in the face of this environmental issue; the function of inspection and monitoring of the first institution and wastewater discharges management of MWS in the municipal drainage system of the second institution.

cabecera del Municipio de Guasave, dicha ciudad es la cuarta en tamaño e importancia del estado de Sinaloa, México, y está situada al Noroeste del estado por la llanura costera, con una población según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2015 de 74200 habitantes en la ciudad y 295,353 en el municipio (INEGI, 2015). Su clima es caluroso, con una temperatura media de 25.1 °C que oscila entre una temperatura máxima de 43°C y una mínima de 3 °C. Se ubica a una altitud media de 15 metros sobre el nivel del mar y su principal actividad económica es la agricultura, con el 52.40 % del territorio dedicado a esta actividad, contando con más de 200,000 hectáreas de riego dedicadas a cultivos de granos y hortalizas (AARSP, 2017).

El estudio se realizó en 72 talleres mecánicos dedicados al servicio automotriz y de maquinaria agrícola de diversos tamaños y distribuidos en la zona urbana de la ciudad, con actividades de reparación y mantenimiento, así como en algunos casos servicios de carrocería y pintura. Estos talleres se han establecido en todas las zonas de la ciudad, no solo en corredores comerciales y de servicios, sino en áreas habitacionales, lo cual no es lo más apropiado para las personas que viven en sus cercanías.

### Descripción del método

Para la realización del estudio, según como lo señalan Hernández *et al.* (2006), se utilizaron datos tanto cuantitativos como cualitativos a fin de vincular dicha información en un solo estudio. Dentro de los instrumentos utilizados para obtener la información se cuentan la observación directa, la cual consistió en visitar un grupo de 10 MWS para obtener información de primera mano, conocer su funcionamiento y tomar nota del tipo de instalaciones con que cuentan, así como los residuos que producen en su operación.

Se realizaron entrevistas con un cuestionario de preguntas abiertas tanto a la autoridad ambiental municipal, directora de Ecología y Ambiente del Municipio de Guasave (DECAMG) del periodo 2017-2018, como al encargado del área técnica de la Junta Municipal de Agua potable y Alcantarillado del Municipio de Guasave (JUMAPAG), para conocer su actuación en la problemática ambiental; la función de inspección y vigilancia de la primera y el manejo de las descargas de aguas residuales de los MWS en el sistema de drenaje municipal de la segunda.

Se realizó también revisión documental de la reglamentación ambiental federal, estatal y municipal, (Leyes, reglamentos,

A documental review of the federal, state and municipal environmental regulation was performed (Laws, regulations and Mexican Official Standards) to validate the information and to contrast what happens in practice with what normativity dictates.

A multiple-choice questionnaire was applied to the MWS to know the situation of their HW and WWD management, with 69 questions elaborated for its easy answer, which was applied to 72 establishments devoted to general mechanical services and bodywork and painting services that accepted to answer the questions, from a sample of 160 MWS, since most of the people in charge of these establishments refused to give information relative to the management of their residues, from a universe of 279 MWS, delimited according to the National Statistic Directory of Economic Unities of the INEGI (INEGI, 2019).

For the calculation of sample size, the formula for sample size (n) of a finite population was used (Aguilar-Barojas, 2005).

$$n = \frac{N Z^2 pq}{d^2 (N - 1) + Z^2 pq}$$

Where:

N = Population size = 279

n = Sample size

Z = Value corresponding to the selected confidence level (95 % = 1.96)

d = Maximum error (5 % = 0.05)

p = Approximate proportion of the studied phenomenon = 0.5

q = Proportion of reference population which does not represent the studied phenomenon = 0.5

Visited establishments were randomly selected, trying to include all sectors of the urban frame of the city; a questionnaire was applied personally during working hours to obtain information as truthful as possible, considering the resistance of the owners and people in charge of the MWS to answer the questions, since some mistrust was generated at expounding information relative to their HW management, therefore they were warned that their results would be dealt with confidentially and only with academic purposes.

For data analysis, the "Statistical Package for the Social Sciences" (SPSS) version 24 of IBM was used;

y Normas Oficiales Mexicanas) para validar la información y contrastar lo que sucede en la práctica con lo que dicta la normatividad.

Se aplicó a los MVS un cuestionario de opción múltiple para conocer la situación del manejo de sus HW y WWD, con 69 preguntas elaboradas para su fácil respuesta, el cual se aplicó a 72 establecimientos dedicados al servicio de mecánica en general y de carrocería y pintura, que fueron los que aceptaron responder las preguntas, de una muestra de 160 MVS, ya que la mayoría de los encargados de estos establecimientos se negaban a dar información referente al manejo de sus residuos, de un universo de 279 MVS, delimitado en función del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas del INEGI (INEGI, 2019).

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó la fórmula para el tamaño de la muestra (n) de una población finita (Aguilar-Barojas, 2005).

$$n = \frac{N Z^2 pq}{d^2 (N - 1) + Z^2 pq}$$

Dónde:

N = Tamaño de la población = 279

n = Tamaño de la muestra

Z = Valor que corresponde al nivel de confianza elegido (95 % = 1.96)

d = Error máximo (5 % = 0.05)

p = Proporción aproximada del fenómeno de estudio = 0.5

q = Proporción de población de referencia que no representa el fenómeno de estudio = 0.5

Los establecimientos visitados fueron escogidos de manera aleatoria tratando de incluir todos los sectores del cuadro urbano de la ciudad; la aplicación del cuestionario se realizó de manera personal en el horario de trabajo para obtener la información lo más veraz posible considerando la resistencia de los propietarios y encargados a contestar las preguntas, debido a que les generaba cierta desconfianza manifestar información relacionada al manejo de sus residuos peligrosos, por lo se les indicó que sus resultados serían tratados de manera confidencial y sólo con fines académicos.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa "Statistical Package for the Social Sciences" (SPSS) versión 24 de IBM; el cálculo de frecuencias permitió conocer la incidencia en cada una de las actividades de

frequencies calculation allowed to know the incidence in each of the activities of the analyzed MWS and bar and pie charts were drawn to enable data assessment and comparison.

## Results and Discussion

### Hazardous waste (HW) management

According to the General Law for the Prevention and Integral Management of Waste (Spanish acronym LGPGIR), integral waste management is the reducing at the source, separating, reusing, recycling, treating, collecting, storing, transporting and regulating, in a proper way, fulfilling objectives on valuation and environmental, economic and social efficiency (LGPGIR, article 5 fraction XVII). According to what was established in article 2 fraction IV of LGPGIR, costs derived from waste management fall to whoever generated them. Based on articles 5 and 44 of regulations, three types of HW generators were identified: A big generator generates an equal or higher amount of waste than 10 tons (t) in total gross weight of HW per year (fraction XII), a small generator generates an equal or higher amount of waste than 400 kg and lower than 10 t (fraction XIX), and microgenerator is a commercial or services establishment generating an amount of waste up to 400 kg of HW per year (fraction XX).

HW are those having one of the following characteristics: corrosivity, reactivity, explosivity, toxicity, inflammability, as well as containers, recipients, packages and soils that have been contaminated when HW were transferred to another place (LGPGIR, article 5 fraction XXXII) (LGPGIR, 2018), they are regulated by the LGPGIR and its regulations, related to the General Law of Ecological Balance and Environmental Protection (LGEEPA) and Mexican Official Standards in this field, its control and regulation are responsibility of the federal environmental authority, the Ministry of the Environment and Natural Resources (SEMARNAT) and the Federal Attorney of Environmental Protection (PROFEPA (LGEEPA, 2017).

According to the information obtained in the surveys, for the case of the MWS of Guasave city, HW generated in maintenance and repairing service to vehicles and agricultural machinery, and in cleaning activities are used oils and lubricants, anti-freeze, oil and gasoline filters, absorbents contaminated with used oil, among others.

los MVS analizados y la realización de gráficos de barras y de sectores para facilitar la apreciación y comparación de los datos.

## Resultados y Discusión

### Manejo de residuos peligrosos

Según la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), el manejo integral de residuos es la reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, tratamiento, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final, de manera apropiada, cumpliendo objetivos de valorización y eficiencia ambiental, económica y social (LGPGIR, artículo 5 fracción XVII). De acuerdo a lo establecido en el artículo 2 fracción IV de la LGPGIR, corresponde a quien genere residuos, los costos derivados de su manejo. Con base en los artículos 5 y 44 del reglamento, se reconocen tres tipos de generadores de HW: Un gran generador es el que genere una cantidad igual o superior a 10 toneladas (t) en peso bruto total de HW al año (fracción XII); un pequeño generador es aquel que genere una cantidad igual o mayor a 400 kg y menor a 10 toneladas (fracción XIX), y un microgenerador es el establecimiento comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta 400 kg de HW al año (fracción XX).

Los HW son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio (LGPGIR, artículo 5 fracción XXXII) (LGPGIR, 2018), están regulados por la LGPGIR y su reglamento, en relación con la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y las Normas Oficiales Mexicanas en la materia; su control y regulación son competencia de la autoridad ambiental federal, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) (LGEEPA, 2017).

Según información obtenida en las encuestas, para el caso de los MVS de la ciudad de Guasave, los HW generados en el servicio de mantenimiento y reparación a vehículos y maquinaria agrícola, y en las actividades de limpieza son los aceites y lubricantes usados, el anticongelante, los filtros de aceite y gasolina, los absorbentes contaminados con aceite usado, entre otros.

According to article 31 fraction I of the LGPGIR, used lubricant oils are subject to a management program. The management program is the tool aiming to minimize HW generation and maximize HW valuation, considering actions, procedures and viable means as a whole (LGPGIR, article 5 fraction XXI).

Articles 46, 47 and 48 of the LGPGIR describe the obligatory nature of being registered as a HW generator and of reporting annually:

Big generators have to register at the SEMARNAT and to submit its management program for its consideration, as well as having a logbook and presenting an annual report on the generation and management modalities to which waste was submitted, as well as hiring environmental insurance, in compliance with LGEEPA. Small generators have to register at the SEMARNAT and having a logbook in which they will register HW annual volume they generate and their management modalities, as well as the record of cases in which they transferred HW to industries for them to use them as supplies or raw material in their processes.

Microgenerators have to register before state and municipal concerned authorities, as appropriate; apply for management programs on HW they generate and establish for this purpose; as well take their HW to authorized collection centers or send them through authorized transport.

Despite of being obligated to register as HW generators, only 14 % of the MWS have a register, being one of the reasons for which owners or managers of these establishments do not fulfill a HW proper management, since the authority does not have an updated register of MWS. Of all MWS generating HW, 62 % are microgenerators, 32 % are small generators and 4 % are considered as big generators, according to the terms established by the article 44 of the LGPGIR.

According to article 46 of the Regulations of the General Law for the Prevention and Integral Management of Waste (RLGPGIR), big and small generators have the obligation of managing HW comprehensively; identifying them and managing them separately and do not combine them with those mutually incompatible, or with those having a value for recycling, or with solid urban waste (SUW) or special handling waste (SHW); packaging

En términos del artículo 31 fracción I de la LGPGIR, están sujetos a un plan de manejo los aceites lubricantes usados. El plan de manejo es el instrumento que tiene por objetivo minimizar la generación y maximizar la valorización de los RP, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables (LGPGIR, artículo 5 fracción XXI).

Con base a los artículos 46, 47 y 48 de la LGPGIR se describe la obligatoriedad de registrarse como generador de HW e informar anualmente:

Los grandes generadores deben registrarse ante la SEMARNAT y someter a su consideración el plan de manejo, así como llevar una bitácora y presentar un informe anual acerca de la generación y modalidades de manejo a las que sujetaron sus residuos, así como contar con un seguro ambiental, de conformidad con la LGEEPA. Los pequeños generadores deben registrarse ante la SEMARNAT y contar con una bitácora en la que llevarán el registro del volumen anual de residuos peligrosos que generan y las modalidades de manejo, así como el registro de los casos en los que transfieran HW a industrias para que los utilicen como insumos o materia prima dentro de sus procesos.

Los microgeneradores se deben registrar ante las autoridades competentes de los gobiernos estatales o municipales, según corresponda; sujetar a los planes de manejo los HW que generen y que se establezcan para tal fin; así como llevar sus HW a los centros de acopio autorizados o enviarlos a través de transporte autorizado.

Los MVS a pesar de estar obligados a registrarse como generadores de HW, solo el 14 % de éstos cuentan con registro, siendo ésta una de las razones por las cuales los propietarios o encargados de estos establecimientos no cumplen con el manejo adecuado de los HW, ya que la autoridad no cuenta con un padrón actualizado de MVS. Por la cantidad de HW que generan los MVS, el 62 % son microgeneradores, el 32 % son pequeños generadores y el 4 % es considerado como gran generador, en términos de lo que establece el artículo 44 de la LGPGIR.

Los grandes y pequeños generadores de acuerdo al artículo 46 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR) deben llevar a cabo el manejo integral de los HW; identificarlos y manejarlos separadamente y no mezclarlos con aquéllos que sean incompatibles entre sí, o que tengan un valor para

them according to their physical state, in recipients that meet the proper safety conditions for its management; marking and labeling packages with marks indicating the name of the generator, characteristics of riskiness and arrival date at the storehouse; storing them properly; as well as transporting them through people authorized by SEMARNAT (RLGPGIR, 2016).

For the case of microgenerators, HW will be stored in places avoiding the transfer of environmental pollutants and ensuring the safety of people in identified containers, considering their characteristics of riskiness, as well as their incompatibility, preventing leaks, spillages, emissions, explosions and fires; once packaged, they have to be sent to the storehouse where they cannot stay for a period longer than six months (RLGPGIR, articles 83 and 84).

#### **Waste oil in MWS**

Regarding waste oil management in the MWS, 68 % of the establishments suffered accidental oil spillages in the working area, which has been observed while visiting performed for the interview. Although the rest of them declared not having suffered from this type of spillage, oil stains were observed in their working area. Thus, it follows that this type of accident is very common in the MWS and represents a source of soil and water contamination; as pointed out by Nkwoada *et al.* (2018), when mentioning that used fuels and lubricants spillages are the main sources of contaminants in the MWS.

Regarding temporal storage of these waste, only 14 % of the establishments fulfilled with a management program as indicated by the RLGRPIR, which consisted in packaging their HW according to their physical state, in duly labeled containers indicating the waste name, generator name, characteristics of riskiness and arrival date; proving to be big waste generators and some small waste generators. This situation could be observed through direct observation. The MWS that were considered as waste microgenerators were those that showed a higher unfulfillment by not presenting the HW management program.

Regarding used oil removal from the MWS, as shown in Figure 1, only 29 % of the establishments used an adequate final dumping for this HW, like companies authorized by SEMARNAT, as established by the

el reciclaje, o bien con residuos sólidos urbanos (SUW) o de manejo especial (SHW); envasarlos de acuerdo con su estado físico, en recipientes que reúnan las condiciones de seguridad para su manejo; marcar y etiquetar los envases con rótulos que señalen nombre del generador, nombre del HW, características de peligrosidad y fecha de ingreso al almacén; almacenarlos adecuadamente; así como transportarlos a través de personas autorizadas por la SEMARNAT (RLGPGIR, 2016).

Para el caso de los microgeneradores, el almacenamiento de HW se realizará en lugares que eviten la transferencia de contaminantes al ambiente y garantice la seguridad de las personas en recipientes identificados, considerando las características de su peligrosidad, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios; una vez envasados, deben ser remitidos al almacén donde no podrán permanecer por un periodo mayor a seis meses (RLGPGIR, artículos 83 y 84).

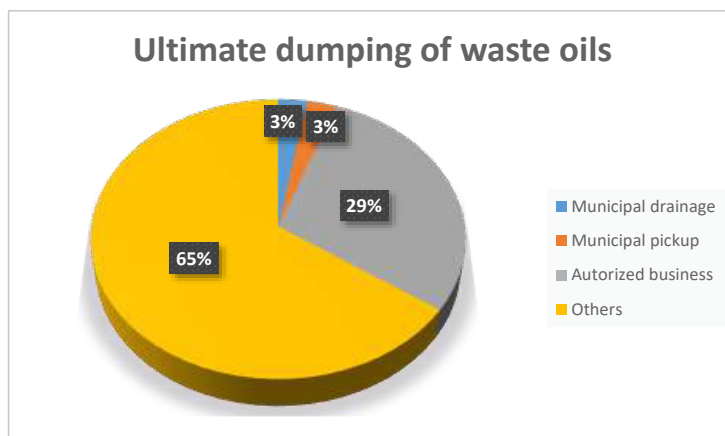
#### **Aceites residuales en MVS**

En lo referente al manejo del aceite usado en los MVS, el 68 % de los establecimientos ha sufrido derrames accidentales de aceites en el área de trabajo, lo cual se pudo constatar en las visitas efectuadas para la entrevista. El resto de ellos, aunque declaró no haber sufrido este tipo de derrames, se observaron manchas de aceite en su área de trabajo, por lo que se deduce que este tipo de accidentes son muy comunes en los MVS, acción que contamina el suelo y el agua; como lo señala Nkwoada *et al.* (2018), al mencionar que los derrames de combustibles y lubricantes usados son la principal fuente de contaminantes en los MVS.

En lo que respecta al almacenamiento temporal de estos residuos, solo el 14 % de los establecimientos cumple con un plan de manejo como lo señala el RLGRPIR, el cual consiste en envasar sus residuos peligrosos de acuerdo a su estado físico, en recipientes debidamente etiquetados que señalen el nombre del residuo, nombre del generador, característica de peligrosidad y fecha de ingreso; resultando ser grandes generadores y algunos pequeños generadores de residuos, situación que se pudo apreciar por medio de la observación directa. Los MVS que son considerados microgeneradores de residuos, son los que muestran un mayor incumplimiento al no presentar plan de manejo de HW.

En cuanto al retiro del aceite usado de los MVS, como lo muestra la Figura 1, solo el 29 % de los establecimientos utiliza un destino final adecuado para este





**Figure 1. Ultimate dumping of waste oils generated by MWS of Guasave, Sinaloa.**  
**Figura 1. Destino final del aceite usado generado por los MVS de la ciudad de Guasave, Sinaloa.**

article 42 of the LGPGIR. When collecting used oils, these companies removed residues contaminated by oils as filters, rags, towels, etc., in addition to delivering to the establishment an official document (manifest) authorized by SEMARNAT of the quantity of HW they removed, with no charge for the generator.

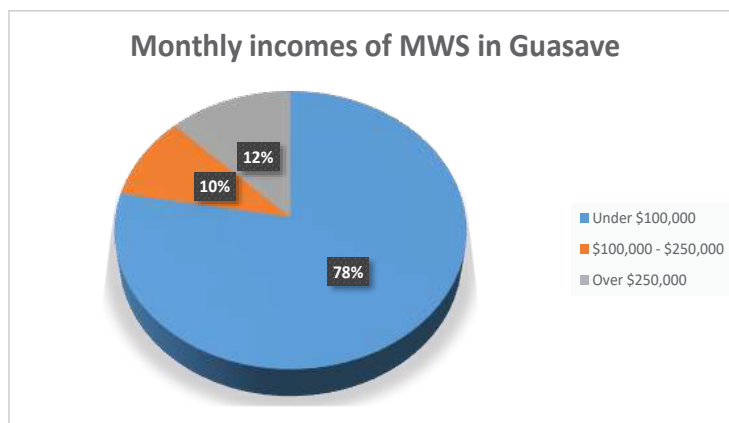
On the other hand, the MWS that deposited these HW in municipal garbage collection (68 %) caused the contamination of the rest of the SUW, which could be reduced to a large extent by advertising the list of authorized companies for HW removal by the municipal environmental authority.

It is important to indicate that MWS having a better fulfillment of environmental regulations are the biggest companies having higher resources of all types, and being small establishments with lower incomes, which represent most of the MWS as observed in Figure 2, those that do not have a proper HW management. This is in agreement with the study realized in Chicago city by Mir (2008), where micro-companies devoted to mechanical services were those causing higher damages to the environment, due to little or no training, lack of environmental awareness and low economic resources. This was as well coinciding with what was found by Olajumoke (2011) in Nigeria, who pointed out that MWS were the highest generators of small quantities of HW.

HW, como son las empresas autorizadas por SEMARNAT, como lo establece el artículo 42 de la LGPGIR. Estas empresas al recoger el aceite usado, retiran también los desechos contaminados por aceite como filtros, trapos, estopas, etc., además de entregar al establecimiento un manifiesto autorizado por SEMARNAT de la cantidad de HW que retiran, sin cobro alguno para el generador.

Por otra parte, los MVS que depositan estos HW en la recolección municipal (68 %), provocan la contaminación del resto de los SUW, situación que podría reducirse en gran medida con la promoción del listado de estas empresas autorizadas para retiro de HW, por parte de la autoridad ambiental municipal.

Es importante señalar que los MVS que observan un mayor cumplimiento de la normatividad ambiental son las empresas más grandes que cuentan con mayores recursos de todo tipo, siendo los pequeños establecimientos, con menores ingresos y que son la gran mayoría como se observa en la Figura 2, los que no tienen un manejo adecuado de sus HW, lo cual coincide con el estudio realizado en la ciudad de Chicago por Mir (2008) donde son las microempresas dedicadas al servicio mecánico las que provocan un mayor daño al medio ambiente, debido a su poca o nula capacitación, falta de conciencia ambiental y pocos recursos económicos; coincidiendo también con lo encontrado por Olajumoke (2011) en Nigeria, al señalar que los MVS son los más grandes generadores de pequeñas cantidades de HW.



**Figure 2. Monthly incomes (in Mexican pesos) of MWS in Guasave, Sinaloa.**  
**Figura 2. Estratificación por ingresos mensuales (pesos mexicanos), de los MVS de la ciudad de Guasave, Sinaloa.**

Regarding the final dumping of used oil, 65 % of the interviewed MWS mentioned selling it to unauthorized buyers. Brick manufacturers stood out among them, which use this waste as fuel for their brick kilns, since it delays lumber and firewood consumption. But this generated an environmental contamination issue, as the one focalized in the North of the city and documented in the *Atlas of Natural Risks of Guasave municipality, Sinaloa* (2014), as a highly risky place for the inhabitants health, caused by air contamination, due to the improper use of used oil by brick manufacturers.

Brick manufacturers periodically visit MWS that they have located as their used oil suppliers, they generally get close to the small establishments which do not use authorized companies for the final dumping of this HW, but it is a major concern, since these MWS represent the majority (78 %). It is important to point out that some owners of MWS expressed that they sometimes delivered used oil to an authorized company, but it stopped to attend them and they did not approach other companies.

There is a high coincidence in the way this HW was managed in the local MWS and with what is happening in other places of the world, as evidenced by the study of Akpakpavi (2015) in Ghana, and of Villavicencio (2018) in Ecuador, where most of the MWS of these countries do not use authorized companies for its final dumping, as well as deficiencies in warehouses

En relación al destino final del aceite usado, el 65 % mencionó venderlo a compradores no autorizados, entre los que destacan los fabricantes de ladrillo, los cuales usan este desecho como combustible para sus hornos, ya que retarda el consumo de maderos y leña, pero esto crea un problema de contaminación al ambiente como el que se focaliza en el norte de la ciudad y se documenta en el *Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guasave, Sinaloa* (2014), como un lugar de alto riesgo para la salud de sus habitantes, causado por la contaminación del aire debido al uso indebido del aceite usado por parte de los fabricantes de ladrillo.

Los fabricantes de ladrillo hacen visitas periódicas a los MVS que tienen ubicados como sus proveedores de aceite usado, se acercan por lo general a los pequeños establecimientos que no utilizan empresas autorizadas para el destino final de este HW, pero el problema es grande debido a que estos MVS representan la mayoría (78 %). Es importante señalar que algunos propietarios de MVS manifiestan que en algún momento entregaban el aceite usado a alguna empresa autorizada pero que dejó de atenderlos y no han tenido acercamiento con otra.

Existe una gran coincidencia en la manera de manejar este HW en los MVS locales con lo que sucede en otras partes del mundo, como lo demuestra el estudio de Akpakpavi (2015) en Ghana, y Villavicencio (2018) en Ecuador, donde la gran mayoría de los MVS de esos países no utilizan empresas autorizadas para su destino final, así como deficiencias en los depósitos para su almacenamiento temporal, contaminando

for its temporal storage, seriously contaminating the environment and in addition, suggesting the need to strengthen regulations of HW management.

On the other hand, and although it is a small percentage, it is still worrisome that 3 % of MWS throw used oil in the municipal drainage system, arguing that the amount they handle is small and only in sporadic cases. It denotes their little knowledge about the waste they discard, since as pointed out by Galán (2014), an amount however less is highly contaminating when modifying water characteristics, since it keeps contaminating the environment for a long time because of its slow degradation, being able to reach humans through the distinct links of the food chain, which will ingest all toxic substances accumulated by prior trophic levels.

Also, there is a high risk for MWS workers for the lack of knowledge of proper management of this HW, as pointed out by the same study realized by Akpakpavi (2015), where the owners of MWS do not care about training their workers to use oil management, which increases risks on workers' health as well as environmental risks.

For Guasave, only 25 % of the MWS were found to have accident prevention programs, turning out to be the biggest; while 75 % of the MWS, which are the small establishments, do not consider such programs. Regarding their personal protection, in 56 % of the MWS, workers use protective equipment to do their job, while in 44 %, no protective equipment was used, since it was not provided by owners or people in charge of these establishments.

According to the NOM-017-STPS-2008 standard, the boss has to "determine the personal protective equipment that workers must use depending on the working risks to which they can be exposed for the activities they perform or for the areas where they are. In the case that the risk analysis establishes the need to use work clothes with protective characteristics, this will be considered personal protective equipment".

The present study was performed in the urban zone of Guasave city, reason why no establishments were observed to throw used oil in streets or patios of the MWS. It remains the possibility of realizing posterior studies in the rural zone, where the development of MWS could be different, as indicated by a study

seriamente el medio ambiente, sugiriendo además la necesidad de reforzar la reglamentación en el manejo de HW.

Por otra parte, y aunque es un porcentaje pequeño, no deja de ser preocupante que un 3 % arroje el aceite usado en el drenaje municipal, argumentando que es poca la cantidad que manejan y solo en casos esporádicos, lo cual denota su poco conocimiento acerca de los residuos que desechan, ya que como lo señala Galán (2014), una cantidad por menor que sea es altamente contaminante al modificar las características del agua, ya que por su lenta degradación sigue contaminando el ambiente por un largo tiempo, pudiendo llegar al hombre a través de los distintos eslabones de la cadena alimenticia, el cual va a ingerir todos los tóxicos acumulados por los niveles tróficos anteriores.

Existe además un alto riesgo para los trabajadores de los MWS por la falta de conocimiento del manejo adecuado de este HW; como lo señala el mismo estudio realizado por Akpakpavi (2015) en donde los propietarios de MWS no se preocupan por capacitar a sus empleados en el manejo del aceite usado, lo cual incrementa los riesgos en la salud de los empleados así como los riesgos ambientales.

Para Guasave se encontró que solo el 25 % de los MWS cuenta con programas de prevención de accidentes resultando ser los más grandes; mientras que el 75 %, que son establecimientos pequeños, no cuenta con dichos programas. En cuanto a su protección personal, en el 56 % utilizan los trabajadores equipo de protección para realizar su trabajo, mientras que el 44 % no usa equipos de protección, debido a que no se les proporciona por parte de los propietarios o encargados de estos establecimientos.

Según la NOM-017-STPS-2008 referente al equipo de protección personal, selección, uso y manejo en los centros de trabajo, el patrón debe "determinar el equipo de protección personal, que deben utilizar los trabajadores en función de los riesgos de trabajo a los que puedan estar expuestos por las actividades que desarrollan o por las áreas en donde se encuentran. En caso de que en el análisis de riesgo se establezca la necesidad de utilizar ropa de trabajo con características de protección, ésta será considerada equipo de protección personal".

El presente estudio se realizó en la zona urbana de la ciudad de Guasave, razón por la cual no se observaron establecimientos que arrojaran el aceite usado en las calles o patios de los MWS, quedando la posibilidad de realizar

performed in El Fuerte municipality, Sinaloa, where 44.32 % of the MWS spills used oil on the ground, causing considerable alterations of the environment (Manzanarez & Ibarra, 2012). The same occurred in a study realized in Ecuador by Villavicencio (2018) where 62 % of the interviewed MWS indicated throwing used oil on the ground.

#### **Waste antifreeze in MWS**

Used antifreeze is a product not classified as risky for the environment, but in the HW list of the NOM-052-SEMARNAT-2005 standard, it is pointed out as a chronic toxicity waste, to which little attention has been paid in studies as a waste; its main compound is chemically named as ethylene glycol, however, according to the safety data sheet of the product, its discharge has to be managed carefully to avoid spillage, since it is a product classified as risky for health for its physicochemical properties.

Workers of the MWS can be exposed to ethylene glycol through skin contact when handling the antifreeze or for accidental ingestion. According to the Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) of the United States of North America, a big part of ingested ethylene glycol is quickly absorbed, but can also go through the blood across the skin, if it is in direct contact with this substance and is not removed on time. Small quantities do not affect health, but high quantities can damage kidneys, nervous system and heart (ATSDR, 2020).

Sixty-five percent of the MWS dumps antifreeze to the ground, 25 % dumps it directly to the drainage system, since they considered it as a smaller amount and little risky, but this waste is going directly to the subsoil and to the municipal drainage network, increasing the contamination in the discharges of establishments; the remaining 10 % do not have any relation in its operation with antifreeze since they do not work with cooling systems. It is important to point out that anticorrosive and general protective properties of the antifreeze are damaged with time, tending to ruin pieces of the cooling system and to increase waste toxicity (Bocanegra, 2019).

#### **Contaminated rags, tows and sawdust**

Rags, tows and sawdust soaked with oils and fuels are considered HW, the reason why they must have different management from the one of SUW. However, in

estudios posteriores en la zona rural, donde el desempeño de los MVS pudiera ser diferente, como lo indica un estudio realizado en el municipio de El Fuerte, Sinaloa, en donde el 44.32 % de MVS vierten el aceite usado en el piso, provocando alteraciones considerables al ambiente (Manzanarez e Ibarra, 2012); igual ocurre en el estudio realizado en Ecuador por Villavicencio (2018) donde el 62 % de los MVS entrevistados señaló arrojar el aceite usado al piso.

#### **Anticongelantes residuales en TSM**

El anticongelante usado es un producto no clasificado como peligroso para el medio ambiente, pero en el listado de HW de la Norma Oficial Mexicana acerca de las características, procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos (NOM-052-SEMARNAT-2005), se señala como residuo de toxicidad crónica, al cual se le ha prestado poca atención en estudios como residuo; su componente principal es denominado químicamente como etilenglicol, sin embargo según lo indica la hoja de datos de seguridad del producto, es preciso manejar con precaución su vertido para evitar derrames ya que es un producto clasificado como peligroso para la salud por sus propiedades físico-químicas.

Los trabajadores de los MVS pueden exponerse al etilenglicol a través del contacto con la piel cuando manejan el anticongelante o por ingesta accidental. Según informa la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) de los Estados Unidos de Norte América, una gran parte del etilenglicol que se ingiere es absorbida rápidamente, pero también puede pasar a la sangre a través de la piel, si se entra en contacto directo con esta sustancia y no es removido a tiempo. Cantidades pequeñas no afectan la salud, pero cantidades altas pueden dañar los riñones, el sistema nervioso y el corazón (ATSDR, 2020).

El 65 % de los MVS vierte el anticongelante al suelo, el 25 % lo vierte directamente al drenaje, ya que considera que es una cantidad menor y de poca peligrosidad, pero este residuo va directamente al subsuelo y a la red de drenaje municipal, incrementando la contaminación en las descargas de los establecimientos; el 10 % restante no tiene relación en su operación con el anticongelante debido a que no trabaja el sistema de enfriamiento; es importante señalar que las propiedades anticorrosivas y en general de protección del anticongelante se deterioran con el tiempo tendiendo a estropear piezas del sistema de refrigeración y aumentar la toxicidad del residuo (Bocanegra, 2019).

the MWS, no separation of these waste was performed. Regarding the final disposition of this type of HW, 68 % of the establishments uses the municipal recollection, thus contaminating the rest of the SUW; only 22 % revealed delivering them to authorized companies, being the big and formal MWS.

#### **Storage battery in MWS**

In the case of used batteries which are highly toxic HW and require a special management, according to the list of classification of the NOM-052-SEMARNAT-2005 standard, handling them to substitute them for a new one is considered risky because they contain acids that should not be in contact with the eyes or the skin. For this reason, they must be handled carefully, avoiding liquids leaks, as well as a carefully selected place for its temporal storage (Lara, 2013).

For the final dumping of used car accumulators, a control has been successfully implemented for 15 years by the most important national manufacturers; used accumulator has a value ranging between 20 and 30 % of the new one, which is discounted from the total price by the supplier when receiving the used one in exchange. In turn, the supplier recovers the cost when delivering it to the distributor, who takes charge of removing it from the trade and of sending it to its final dumping by means of authorized companies. This self-monitoring system works for all types of accumulators and users, showing a clear example that similar measures can be implemented in other types of products and waste, which is called waste valorization.

Waste valorization is defined by SEMARNAT as the “principle and ensemble of associated actions which objective is to recover the remaining value or calorific power of materials which constitute waste, through their reincorporation in productive processes, under criteria of shared responsibility, comprehensive management and environmental, technological and economic efficiency” (SEMARNAT, 2020b); this situation happens in the case of accumulators.

#### **Wastewater discharges (WWD) in MWS**

Regarding WWD, as observed in Figure 3, 96 % of the MWS has the municipal sanitary sewage system as a final dumping, while 4 % uses septic tanks. The main issue is that only 22 % has grease and oil waste traps, which is an unfulfillment of the article 30 of the LGAPES, as

#### **Trapos, estopas y aserrín contaminados**

Los trapos, estopas y aserrín impregnado de aceites y combustibles se consideran HW, razón por la que deben tener un manejo diferente al de los SUW; no obstante, en los MVS no se realiza la separación de estos. En cuanto a la disposición final de este tipo de HW, el 68 % de los establecimientos utiliza la recolección municipal contaminando de esta manera el resto de los SUW; solo el 22 % manifiesta entregarlos a empresas autorizadas, siendo los MVS más grandes y formales.

#### **Acumuladores en MVS**

En el caso de los acumuladores usados que son HW de alta toxicidad que requieren manejo especial, según el listado de clasificación de la NOM-052-SEMARNAT-2005, existe un riesgo al manejarlos para sustituirlos por un acumulador nuevo porque contienen ácidos que no deben tener contacto con ojos y piel, por esta razón deben manejarse con cuidado evitando las fugas de los líquidos, así como para su almacenamiento temporal debe existir un sitio escogido cuidadosamente para ello (Lara, 2013).

Para el destino final de acumuladores usados, existe un control implementado hace más de 15 años con éxito por parte de los más importantes fabricantes nacionales; el casco, como llaman comúnmente al acumulador usado tiene un valor que oscila entre el 20 y 30 % del nuevo, el cual es descontado por el proveedor del precio total al recibir a cambio el usado; a su vez el proveedor recupera el costo al entregarlo al distribuidor, el cual se encarga de retirarlo del comercio y enviarlo a su destino final por medio de empresas autorizadas. Este sistema de autocontrol funciona para todo tipo de acumuladores y usuarios, claro ejemplo de que se pueden implementar medidas similares en otro tipo de productos y desechos, la llamada valorización de los residuos.

La Valorización de los residuos es definida por SEMARNAT como el “principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica” (SEMARNAT, 2020b); situación que se presenta en el caso de los acumuladores.

#### **Descargas de aguas residuales (WWD) en MVS**

En lo referente a WWD, como se observa en la Figura 3, el 96 % de los MVS tiene como destino final el sistema de alcantarillado sanitario municipal, mientras el 4 % utiliza fosas sépticas; el problema principal de esto es que solo el 22 % cuenta con trampas para grasas y aceites, lo

well as the article 77 of the Regulation for Biodiversity and Sustainable Development of Guasave municipality, Sinaloa (RBDSMGS, 2018). On the other hand, there is a huge lack of awareness of the MWS about the NOM-002-SEMARNAT-1996 standard, which indicates maximum allowed values of WWD contaminants (50 milligrams per average monthly liter). Fifty eight percent of the MWS has not any knowledge of the standard, reason why in many cases, no treatment measures were applied to their discharges.

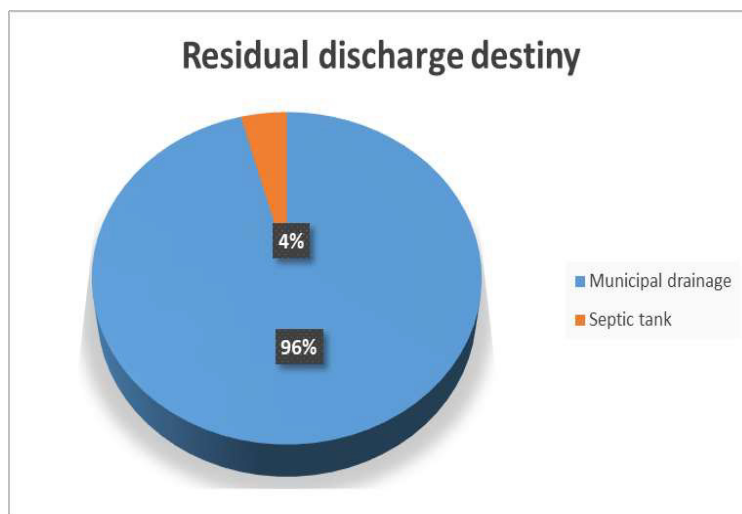
In a study performed in Nigeria by Nkwoada *et al.* (2018) about contamination caused by the MWS with their WWD, heavy metals were found in groundwaters and water bodies destined for human consumption, which has caused considerable damages to population health, due to little regulation of this matter.

One of the reasons influencing the unfulfillment of the MWS is that 89 % has no register for dumping WWD into the sanitary sewage system, as stipulated by the article 61 of the RBDSMGS. Therefore, there is no trustful census of MWS that could be inspected by the municipal environmental authority. Regarding discharges analysis, only 1 % proved to JUMAPAG performing them, which is the operating organism authorized by the LGAPES in its article 30, indicating a lack of awareness

cual es un incumplimiento al artículo 30 de la LGAPES, así como al artículo 77 del Reglamento para la Biodiversidad y Desarrollo Sostenible del Municipio de Guasave, Sinaloa (RBDSMGS, 2018). Por otra parte, existe un gran desconocimiento de los MVS acerca de la existencia de la NOM-002-SEMARNAT-1996, que indica los valores máximos permitidos de contaminantes de las WWD (50 miligramos por litro promedio mensual), siendo el 58 % los que no tiene conocimiento de la norma, razón por la cual en muchos casos no se aplican medidas de tratamiento a sus descargas.

En un estudio realizado en Nigeria por Nkwoada *et al.* (2018), sobre la contaminación que provocan los MVS con sus WWD, se encontró presencia de metales pesados en aguas subterráneas y cuerpos de agua destinada a consumo humano, lo cual ha ocasionado considerables daños en la salud de la población por causa de la poca regulación en esta materia.

Una de las razones que influye en el incumplimiento de los MVS es que el 89 % no cuenta con el registro para WWD al alcantarillado sanitario, como lo dispone el artículo 61 del RBDSMGS, por lo que no existe un padrón confiable de MVS que puedan ser inspeccionados por parte de la autoridad ambiental municipal. En lo referente a análisis de descargas, solo el 1 % manifestó llevarlos a cabo, ante la JUMAPAG, el organismo operador facultado por la



**Figure 3. Ultimate dumping of wastewater discharges from MWS in Guasave, Sinaloa.**  
**Figura 3. Destino de descargas de aguas residuales de los MVS de la ciudad de Guasave, Sinaloa.**

about concentrations and types of contaminants sent to the municipal sanitary sewage network, by ignoring whether they fulfill maximum authorized levels indicated by NOM-002-SEMARNAT-1996 standard (50 milligrams per average monthly liter). For the aforementioned, it can be deduced that an important amount of contaminant liquid waste of the MWS is incorporated into the municipal drainage and sewage system, which causes obstruction and damages to this system.

According to JUMAPAG data, WWD of Guasave city are conducted, by means of a drainage network, to a sewage treatment plant (PTAR in Spanish) located at 22 km of the city, towards the coast, as indicated in Figure 4, where it receives a treatment prior to its dumping to the Gulf of California.

LGAPES en su artículo 30, lo que indica un desconocimiento de las concentraciones y tipos de contaminantes que son enviados a la red de drenaje sanitario municipal, al ignorarse si cumplen con los niveles máximos permitidos que indica la NOM-002-SEMARNAT-1996 (50 miligramos por litro, promedio mensual). Por lo anterior se puede deducir que una importante cantidad de residuos líquidos contaminantes de los MVS se incorporan al sistema de drenaje y alcantarillado municipal, lo cual ocasiona taponamientos y daños a dicho sistema.

Las WWD de la ciudad de Guasave, según información de la JUMAPAG, son conducidas por medio de una red de drenes hacia una planta tratadora de aguas residuales (PTAR) ubicada a 22 km. de la ciudad en dirección a la costa, como lo indica la Figura 4, en donde recibe tratamiento previo a su descarga al Golfo de California.



**Figure 4. Sewage treatment plant (PTAR in Spanish) that receives WWD of Guasave city and exit point in the Gulf of California.**

**Figura 4. Planta Tratadora de Aguas Residuales (PTAR) que recibe las WWD de la ciudad de Guasave y el punto de salida al Golfo de California.** Tiene de base una imagen del satélite Sentinel-2 de la European Space Agency.

### **Mechanical workshops regulation**

Regarding inspection, a very important factor influencing MWS for not implementing eco-friendly measures is the little vigilance of the authorities. Forty percent of the MWS received inspection visits from DECAMG, 5 % from PROFEPA and 55 % did not receive inspections of any environmental authority, allowing them to operate without fulfilling their legal obligations. This was in agreement with the study realized by Mir (2008) in The United States of America, where the MWS only fulfills environmental standards when specific rules are established and are demanded to be fulfilled by the authority.

Regarding the environmental authority, in an interview made to the people in charge of DECAMG, the public servant mentioned not having enough resources in terms of personal and vehicles to realize its inspection and vigilance work, as established by the article 152 of the RBDSMGS. So, they act only when receiving some complaint or report, promoting MWS to operate in little environmentally favorable conditions, since they feel it will be unlikely inspected by the authority.

The lack of economic resources for public departments in charge of fostering environmental development of the country contrasts with environmental difficulties exhibited in the national territory; such reduction in the budget has been noticeable in recent years, and worsened with the current federal administration, with what Madrid (2020) names as institutional dismantling of the environmental sector, by reducing of 56.36 % the budget for SEMARNAT from 2015 to 2019, with a continuous decrease and a reduction of 3.7 % for 2020 (SEMARNAT, 2020).

### **Conclusions**

Most of the MWS of Guasave city, Sinaloa, are realizing improper management of their HW and WWD, mainly by micro-generators. The unfulfillment of the environmental legislation causes environmental contamination issues damaging the health of the inhabitants of the region, as well as of the workers of these MWS. The few companies that have a higher fulfillment of the environmental legislation and therefore a more adequate management of their HW, are automotive service and agricultural machinery

### **Regulación de los talleres de servicio mecánico**

En lo referente a la inspección, un factor muy importante que influye para que los MVS no implementen medidas amigables con el ambiente, es la poca vigilancia que existe por parte de las autoridades; el 40 % ha recibido visitas de inspección por parte de la DECAMG, el 5 % por parte de PROFEPA y el 55 % no ha tenido inspecciones de ninguna autoridad ambiental, lo cual permite que realicen su operación sin cumplir sus obligaciones legales; se encuentra coincidencia con el estudio realizado por Mir (2008) en los Estados Unidos, donde los MVS solo cumplen con las normas ambientales cuando existen reglas específicas y son exigidos por la autoridad a su cumplimiento.

Por parte de la autoridad ambiental, en entrevista realizada a la titular de la DECAMG, la funcionaria menciona no contar con los recursos suficientes en cuanto a personal y vehículos para realizar su trabajo de inspección y vigilancia, como lo establece el artículo 152 del RBDSMGS, así que solo actúan cuando hay alguna queja o denuncia de por medio, lo cual provoca que los MVS operen en condiciones poco favorables al ambiente, ya que sienten que es poco probable que sean inspeccionados por la autoridad.

La falta de recursos económicos para las dependencias encargadas de promover el desarrollo ambiental del país, contrasta con la problemática ambiental que se manifiesta en el territorio nacional; dicha reducción en el presupuesto se ha acentuado en los últimos años, agravándose la situación con la actual administración federal, con lo que Madrid (2020) denomina como desmantelamiento institucional del sector ambiental, al reducirse el presupuesto para SEMARNAT en un 56.36 % desde el año 2015 al 2019, continuando a la baja, con una reducción del 3.7 % para el 2020 (SEMARNAT, 2020).

### **Conclusiones**

En la mayoría de los MVS de la ciudad de Guasave, Sinaloa se realiza un manejo inadecuado de sus HW, así como de sus WWD, principalmente por parte de los microgeneradores; el incumplimiento de la legislación ambiental, provoca problemas de contaminación al ambiente que perjudican la salud de los pobladores de la región, así como la de los trabajadores de estos MVS. Las pocas empresas que tienen un mayor cumplimiento de la legislación ambiental y por lo tanto un manejo más adecuado de sus HW, son las agencias automotrices y de maquinaria agrícola clasificadas como grandes generadoras, las cuales cuentan



classified as big generators, which have higher financial resources and with formal operating systems.

One of the main problems in HW management is the absence of recruitment of companies authorized by SEMARNAT for final disposition. This situation is occurring with most of them regarding used oil, since it is badly used by third parties, as is the case of brick manufacturers. As well as in the case of used filters, contaminated rags and towels, waste sent to municipal recollection, getting mixed up with other waste and increasing its contamination level.

Regarding WWD management, most of the MWS use municipal drainage and sewage network for its final dumping, but very little (22 %) has mud, grease and lubricant traps before discharging, to which they are obligated for the type of wastewater they generate; as well as realizing analysis of their discharges, that only a minimum of MWS fulfills with. In addition, this situation of unfulfillment is stimulated by the scarce inspection and vigilance from the municipal environmental authority and from the drinking water and sewage operating organism. This scenario appears because of the absence of departments with an updated census of WWD generators, causing possible health issues in the population for its excessive load of contaminants in the sanitary sewage network, as well as damages to the pipe and collector system caused by obstruction by greases and oils.

The inspection and vigilance by environmental authorities are essential but currently deficient since they have not enough resources to fulfill their work and act regularly only in case of some complaint, provoking that the MWS show little concern to fulfill with environmental legislation.

con mayores recursos financieros y con sistemas formales de operación.

Uno de los principales problemas en el manejo de HW, es el no contratar empresas autorizadas por la SEMARNAT para la disposición final; situación que ocurre con la mayor parte de ellas en relación con el aceite usado, porque es mal utilizado por parte de terceros, como es el caso de los fabricantes de ladrillo. Así como en el caso de filtros utilizados, trapos y estopas contaminadas, residuos que son enviados a la recolección municipal mezclándose con otros desechos e incrementando su nivel de contaminación.

En lo referente al manejo de WWD, la mayoría de los MVS utiliza la red municipal de drenaje y alcantarillado para su destino final, pero muy pocos (22 %) cuentan con trampas para lodos, grasas y lubricantes antes de su descarga, a lo cual están obligados por el tipo de aguas residuales que generan; así como a realizar análisis en sus descargas, que solo un mínimo de los MVS cumple. Además, esta situación de incumplimiento es incentivada por la escasa inspección y vigilancia por parte de la autoridad ambiental municipal y del organismo operador de agua potable y alcantarillado, escenario que se presenta al no contar estas dependencias con un padrón actualizado de generadores de WWD; causando posibles problemas de salud en la población por su excesiva carga de contaminantes en la red de drenaje sanitario, así como daños al sistema de tuberías y colectores que el bloqueo de grasas y aceites provocan.

La inspección y vigilancia por parte de las autoridades ambientales es crucial, sin embargo es muy deficiente debido a que no cuentan con los recursos suficientes para el cumplimiento de su trabajo y regularmente actúan solamente en caso de alguna denuncia, lo cual provoca que los MVS muestren poca preocupación por cumplir con la legislación ambiental.

## References

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR]. (2020). Etilenglicol (Ethylene Glycol). U.S. Department of Health and Human Services. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs96.html#:~:text=La%20ingesti%C3%B3n%20accidental%20o%20intencional.salud%20o%20causar%20la%20muerte.&text=Cuando%20el%20etilenglicol%20es%20degradado.afectar%20la%20funci%C3%B3n%20del%20ri%C3%B1%C3%B3n.](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs96.html#:~:text=La%20ingesti%C3%B3n%20accidental%20o%20intencional.salud%20o%20causar%20la%20muerte.&text=Cuando%20el%20etilenglicol%20es%20degradado.afectar%20la%20funci%C3%B3n%20del%20ri%C3%B1%C3%B3n.) [Last checked: July 19<sup>th</sup> 2020].
- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11 (1-2): 333-338 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>
- Akpakpavi, M. (2015). Used oil storage and disposal practices in automobile repair garages in Ghana. *Science PG*, 3(4). *International Journal of Science, Technology and Society*: 3 (4): 191-201. <http://article.sciencepublishinggroup.>

- [com/html/10.11648.j.ijsts.20150304.23.html](http://com/html/10.11648.j.ijsts.20150304.23.html)
- Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guasave, Sinaloa. (2014). [www.implanguasave.gob.mx](http://www.implanguasave.gob.mx). [Last checked: April 20<sup>th</sup> 2018].
- Asociación de Agricultores del Río Sinaloa Poniente [AARSP]. (2017). Portal oficial AARSP. <http://www.aarsp.com/cms/jl25/final/>. [Last Checked: April 14<sup>th</sup> 2017].
- Bracho, I. & Fernández, M. (2017). Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad venezolana de San Valentín, Maracaibo. *Minería y Geología*, 33 (3): 339-349. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1993-80122017000300007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122017000300007)
- Bocanegra, E. (2019). ¿Quieres saberlo todo sobre el líquido anticongelante o refrigerante? <https://www.autonocion.com/anticongelante-coche-refrigerante-g12/> [Last checked: April 10<sup>th</sup> 2020].
- Chachorovski, S., Atanasoski, D., Apostolov, M. & Stojanovska, A. (2017). South Sudan Vehicle Workshop Hazardous Waste Management. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 5: 157-169. <https://doi.org/10.17265/2328-2142/2017.03.004>
- Galán, P. (2014). *Contaminación Petrolera*. Ambiente Ecológico WWW. <http://www.ambiente-ecologico.com/revist30/contpe30.htm>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México DF: McGraw-Hill. Cuarta edición.
- Instituto Nacional de Estadística y geografía. [INEGI]. (2015). [www.inegi.org](http://www.inegi.org). [Last checked: March 6<sup>th</sup> 2015]
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [INEGI]. (2019). [www.inegi.org](http://www.inegi.org). [Last checked: October 9<sup>th</sup> 2019].
- Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México. Causas, efectos y tecnología apropiada*. Editorial Limusa. México.
- Lara, C. (2013). Propuesta de un plan de gestión para la adecuada manipulación de los residuos contaminantes producidos en los talleres automotrices de la ciudad de Azogues. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6279>
- Ley General de Agua Potable del Estado de Sinaloa [LGAPES]. (2018). P.O. [http://legismex.mty.itesm.mx/estados/ley-sin/SIN-L-AguaPotAlc2018\\_09.pdf](http://legismex.mty.itesm.mx/estados/ley-sin/SIN-L-AguaPotAlc2018_09.pdf)
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente [LGEEPA]. (2017). DOF. <https://www.gob.mx/profepa/documentos/ley-general-del-equilibrio-ecologico-y-la-proteccion-al-ambiente-63043>
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [LGPGIR]. (2018). DOF. <http://www.sema.gob.mx/descargas/legal/leyes/LEYGRALPGIRES.pdf>
- Madrid, L. (2020). El desmantelamiento institucional del sector ambiental: un balazo en el pie. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible. <https://www.ccmss.org.mx/acervo/el-desmantelamiento-del-sector-ambiental-un-balazo-en-el-pie/>
- Manzanarez, L & Ibarra, M. (2012). Diagnóstico del uso y manejo de los residuos de aceite automotriz en el municipio del Fuerte. Sinaloa. *Revista Ra Ximhai*. 8, (2): 129-137. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46123333013> :
- Mir, D. (2008). Environmental Behaviour in Chicago Automotive Repair Micro-Enterprises (MEPs). *Business Strategy and the Environment Bus. Strat. Env.* 17, 194–207. <https://doi.org/10.1002/bse.517>
- Nava-Ruiz, C. & Méndez-Armenta, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Arch Neurocién.* 16 (3): 140-147. <https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2011/ane113f.pdf>
- Nkwoada, A., Ualisa, C. & Amakon, C. (2018). Pollution in Nigerian Auto-Mechanic Villages: A Review. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 12 (7): 43-54. <https://www.iosrjournals.org/iosr-jestft/papers/Vol12-%20Issue%207/Version-1/E1207014354.pdf>
- NOM-002-SEMARNAT-1996. [Norma Oficial Mexicana]. (1996). Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. DOF. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ecol/semarnat002.pdf>
- NOM-017-STPS-2008. [Norma Oficial Mexicana]. (2018). Equipo de protección personal, selección, uso y manejo en los centros de trabajo. DOF. <https://www.gob.mx/stps/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-017-stps-2008-equipo-de-proteccion-personal-seleccion-uso-y-manejo-en-los-centros-de-trabajo>
- NOM-052-SEMARNAT-2005 [Norma Oficial Mexicana]. (2002). Características, procedimiento de identificación, clasificación

- y los listados de los residuos peligrosos. DOF. [NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasifica \(dof.gob.mx\)](#)
- Olajumoke, O. (2011). Levels of Pb, Fe, Cd and Co in Soils of Automobile Workshop in Osun State, Nigeria. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.*, 15(2): 279-282. [www.bioline.org.br/ja](http://www.bioline.org.br/ja)
- Reglamento de Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [RLGPGIR]. (2016). DOF. <https://www.gob.mx/profepa/documentos/reglamento-de-la-ley-general-para-la-prevencion-y-gestion-integral-de-los-residuos>
- Reglamento para la Biodiversidad y Desarrollo Sostenible del Municipio de Guasave, Sinaloa [RBDSMGS]. (2018). P.O. [Periódico Oficial del Estado de Sinaloa del 29 de Agosto de 2018 - Parte 1 - 29 de Agosto de 2018 - Periódico Oficial del Estado de Sinaloa - Legislación - VLEX 737893849](#)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2020). Presupuesto asignado a la SEMARNAT por unidad administrativa. [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D4\\_GASTOS01\\_03&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce&NOMBREANIO=\\*](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D4_GASTOS01_03&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREANIO=*) [Last checked: June 03<sup>th</sup> 2020].
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2020b). La valorización de los residuos. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/clasificacion-reciclaje-y-valoracion-de-los-rsu#:~:text=Valorizaci%C3%B3n%3A%20Principio%20y%20conjunto%20de,integral%20y%20eficiencia%20ambiental%2C%20tecnol%C3%B3gica>. [Last checked: July 20<sup>th</sup> 2020].
- Villavicencio, F. (2018). La contaminación por hidrocarburos en los talleres mecánicos del área urbana en el cantón Jipijapa. (Tesis Licenciatura Ingeniería en Medio Ambiente). Universidad Estatal de Manabí. Ecuador. 1-99 <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1081>