

# RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE DESECHOS INDUSTRIALES DE HIDROGENADORAS EN MORELIA, MICHOACÁN, COMO CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO ECONÓMICO Y REDUCIR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

*Delia Moreno Juárez  
Jerjes Ixcoatl Aguirre Ochoa  
Esthela Corona Moreno  
Miguel Angel Mora Herrández  
Marta Corona MOreno*

## Resumen

Los catalizadores gastados presentes en los desechos industriales de hidrogenadoras contaminan y son considerados residuos sólidos peligrosos, pero contienen materiales valiosos que resulta atractivo reciclar, el recuperar el níquel y la grasa presente, para reutilizarlo en aplicaciones industriales es el objetivo de este proyecto, consistente primero en recuperar el material graso, por diferentes métodos, por arrastre con vapor, por saponificación y posteriormente con extracción con solvente para utilizarlo en jabones tanto de tocador como de lavandería y una vez separado, se pretende recuperar el níquel, bien sea para reactivarlo o para aplicaciones diversas. La metodología aplicada nos permite valorar que resulta más sencillo y atractivo el proceso por saponificación, la metodología aplicada nos indica que el proceso seleccionado consiste en saponificar la muestra con NaOH al 50% en paila llevando a ebullición hasta saponificación completa, para posteriormente acidular con  $H_2SO_4$  al 20 % para recuperar la grasa en forma de ácido graso con un rendimiento del 44.76%. Las muestras se sometieron a extracción con solvente para retirar toda la grasa presente, en el sólido exento de grasa se analizó el contenido de níquel así como el contenido de los componentes en el equipo de difracción de rayos X (DRX) en el microscopio electrónico de barrido.

**Abstract:** A deactivated catalysts used in hydrogenation of fats is treated in other to recover nickel and valuable compounds, which otherwise might contribute to environmental pollution and there are solid waste dangerous, but contain valuable materials. The first step was to separate fats covering the spent catalyst by saponification with a caustic solution at 50% to form soap, and further treatment with a sulfuric acid solution to 20% to form fatty acids, with yield of 44.76%. The samples were treated with solvent for the extraction of all fat present. The fat-free catalyst was characterized by X ray diffraction and scanning electron microscopy. The aim of the present project is to propose a simple method to re-use valuable compounds present on a spent catalyst.

**Palabras clave:** solid waste industrial, re-use valuable compounds.

## Introducción

El problema en torno a los residuos es antes que nada un problema ambiental. Es un problema que afecta el entorno y la calidad de vida de la población. También es problema de origen principalmente urbano, ya que son el hombre y las grandes aglomeraciones sociales las que generan puntualmente la mayor cantidad de residuos en el territorio. El término residuo incluye a los desechos que pueden ser reutilizables, recuperables o reciclables por alguna vía y en las grandes ciudades se han diseñado tecnologías y estrategias para solucionar el problema de la gestión de los residuos generalmente la de las cuatro erres (Reducir, Reutilizar, Recuperar y Reciclar). Que son la esencia de este trabajo de investigación y al cual nos enfocaremos para establecer la metodología de reciclaje.

Ya sea por su origen, naturaleza, toxicidad, reactividad o alguna característica particular para su tratamiento o confinamiento se pueden hacer diversas clasificaciones de los residuos, sin embargo dado que los residuos sólidos orgánicos derivados de los residuos sólidos urbanos, sólidos industriales y residuos sólidos domiciliarios representan el principal soporte para la producción de gas en los tiraderos de basura y lixiviados que percolan, el presente trabajo fija su atención en ellos por significar la materia prima en la etapa de biodigestión en el proceso de degradación y la contaminación de los efluentes. Es decir, atacar el problema que genera el deficiente manejo de los residuos en el tiradero de basura y la contaminación de los mantos acuíferos.

Los residuos orgánicos ocupan en el mundo un lugar prioritario desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo. Constituyen entre el 30 y el 65 % de los residuos domiciliarios, según lugar y clima, más del 85% de los residuos considerados agrícolas y un porcentaje no despreciable de residuos industriales.

En la clasificación de desechos y residuos como punto de partida es conveniente dejar claros varios conceptos comenzando por definir *desecho*: En función de los recursos disponibles, los desechos son materiales fuera de lugar y desde el punto de vista económico son el producto del uso ineficiente de los recursos en la producción de bienes y servicios demandados por la sociedad (Instituto Mexicano de Tecnologías Apropriadas, 1982)., Ahora bien *residuo*: de acuerdo con la OCDE, lo define como aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no alcanzan en el contexto que son producidas ningún valor económico; ello puede ser debido tanto a la falta de tecnología adecuada para su aprovechamiento como a la inexistencia de un mercado para los productos recuperados. En su acepción más sencilla y en general los residuos son partes que quedan de un todo, de un cuerpo, luego que han sufrido un proceso de transformación natural o artificial que puede modificar o no sus características físico-químicas y estructurales iniciales. En términos estrictamente físicos, los residuos son consecuencia de la transformación de la materia y la energía (Pravia, M.A., Sztern, D., 1996).

Los residuos por su naturaleza los podemos clasificar como *inorgánicos* y *orgánicos*; cuando se trata de residuos inorgánicos se incluyen aquellos residuos de origen mineral y materiales o sustancias sintetizadas por el hombre; ejemplo de esta categoría son: metales, plásticos, vidrios, agroquímicos, etc. Dentro de los residuos orgánicos están incluidos aquellos que tienen su origen en los seres vivos animales o vegetales, contempla una gran diversidad de

residuos que se originan durante el ciclo vital o son producto derivado de la explotación de los recursos bióticos por el hombre.

Hasta ahora se han definido los conceptos en base a su naturaleza, aunque se pueden abordar desde otra perspectiva basada en la fuente generadora, de este modo se pueden clasificar los residuos generados por cualquier actividad en los centros urbanos y en zonas de influencia como Residuos Sólidos Urbanos. Otra clasificación que cabe mencionar es la de Residuos Sólidos Domiciliarios que incluye aquellos residuos sólidos generados en las actividades que se realizan en un domicilio particular.

Empresas ubicadas en la zona urbana de la ciudad de Morelia, Michoacán, para la fabricación de la línea de productos que comercializan utilizan el proceso de la hidrogenación de grasas o ácidos resínicos, el cual utiliza como materia prima dichas grasas y catalizador de níquel para acelerar el proceso de reacción, tierras ayudafiltro y de blanqueo que al desecharlas en el proceso, llevan importantes cantidades de grasa, catalizador y tierras diatomáceas que constituyen desechos o basura la cual crea un problema para estas empresas, les demandan desembolsos importantes para su manejo y desalojo de las instalaciones, además de formar parte de residuos contaminantes en los tiraderos municipales.

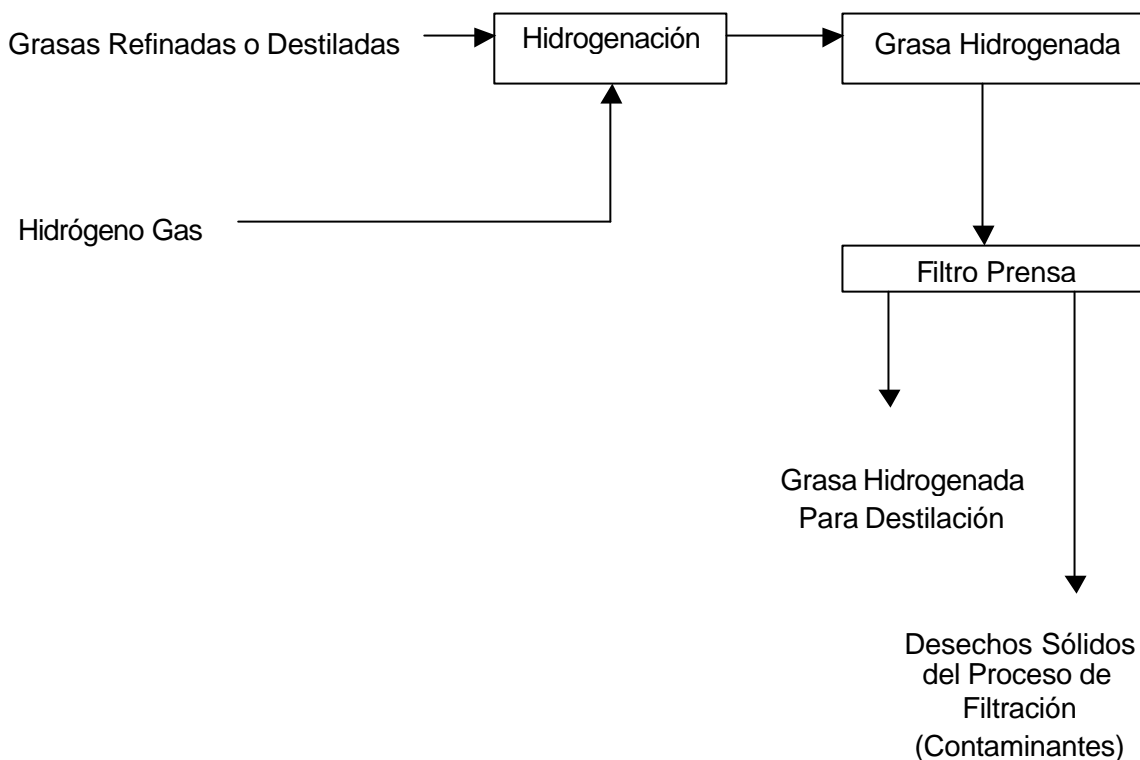
## LA HIDROGENACION

La hidrogenación catalítica de materiales orgánicos no es una novedad y resulta comercialmente atractivo utilizar níquel para activar la reacción que permite modificar las propiedades físicas y químicas de los materiales en proceso sujetos a condiciones de presión y temperaturas elevadas para lograrlo en un recipiente sujeto a presión que técnicamente se le denomina reactor que no es otra cosa que un cilindro con tapas semiesféricas, con serpentines que tienen la doble función de proporcionar calentamiento o enfriamiento en determinado momento y también agitador de turbina, con equipo de sistema de vacío. El reactor se llena con una mezcla de ácidos grasos que son esencia como están constituidas las grasas, hasta  $\frac{3}{4}$  de su capacidad sin importar el tamaño pues existen desde un 1 kg a nivel piloto, de 10, 20 o más toneladas dependiendo de la capacidad instalada y se calienta con los serpentines que para este efecto llevan en su interior vapor de agua, al tiempo que se hace vacío en el sistema para evaporar el agua que se encuentre presente en la materia prima a hidrogenar, ya que de estar presente ésta, constituye un veneno para el catalizador de níquel que tiene la función de activar y acelerar la reacción de hidrogenación. Cuando se alcanza la temperatura deseada para iniciar la reacción se bombea al reactor el catalizador – disuelto en un poco de grasa que se va a hidrogenar – y se inyecta el hidrógeno por el fondo a una presión que oscila entre 4 y 8 kg/cm<sup>2</sup>. Este proceso es de tipo exotérmico lo que provoca desprendimiento de calor y el hecho de que los controles y graficas del proceso señalen el incremento de temperatura es un indicativo de que la reacción se está llevando a cabo. Mientras dura la reacción se mantiene una intensa agitación para disolver las pequeñas burbujas de hidrógeno en la grasa y que al entrar en contacto con el catalizador se produzca la adición molecular del hidrógeno en las dobles ligaduras de la grasa, saturándose así las moléculas y modificándose las propiedades físicas de las grasas. Solo es necesario aplicar calor al principio del proceso, pues la propia reacción exotérmica proporciona la energía de activación necesaria para proseguir el proceso. Con algunos materiales altamente insaturados, por el hecho de contar con muchas dobles y triples ligaduras, se hace necesario aplicar enfriamiento para evitar que se dispare la reacción con disipación excesiva de calor. Las condiciones de reacción varían ampliamente dependiendo del material a hidrogenar y el producto a obtener, utilizándose

presiones de trabajo que van desde 10 hasta 35 bares y temperaturas en el rango de 180 a 220 ° C.

Una peculiaridad de la reacción de hidrogenación de ácidos grasos es que el níquel no actúa exclusivamente como catalizador, pues también reacciona con los ácidos grasos para formar jabones de níquel (denominados estearatos de níquel) que no presentan actividad como catalizador. Por lo tanto ésta y otras reacciones competitivas convierten la hidrogenación de las grasas en una carrera para completar la reacción antes de que el níquel quede completamente desactivado, requiriéndose con frecuencia el uso de cantidades mayores lo que eleva los costos de fabricación e incremento en los desechos del proceso.

A continuación se presenta un diagrama simplificado del flujo esquemático del proceso de hidrogenación de grasas:



Estos desechos sólidos constituyen basura para las empresas y un desembolso para su manejo y desalojo en tambores de 200 kg donde se van acumulando, que para importancia de este proyecto de investigación constituyen la materia prima para recuperar el material valioso y la contribución para reducir la contaminación ambiental. Cabe señalar que la composición de este material consta esencialmente de: grasa, catalizador de níquel gastado, tierras diatomáceas, silicatos y metal níquel factibles de recuperarse para ser utilizados en la fabricación de jabones, la utilización del metal níquel recuperado para diversos usos, pues se trata de un metal caro, la reactivación del catalizador para su rehúso.

## ESTIMACIÓN GLOBAL DE DESECHOS DEL PROCESO DE HIDROGENACION EN LA ZONA URBANA DE MORELIA

ORIGEN	ESTIMACION 2004	CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL EN %
Empresa 1	2.5 ton/mes	10
Empresa 2	2.5 ton/mes	15
Empresa 3	10 ton/mes	10
Empresa 4	3 ton/mes	10
Total 4 empresas	10 ton/mes	

Es importante resaltar que conforme se van desechando del proceso se acumulan en tambores de lámina de 200 kg., acumulándose hasta 40 o 50 tambores lo que representa un problema de espacio para las actividades normales y también para los recolectores de basura.

## LA DISPOSICIÓN DE DESECHOS URBANOS Y DOMICILIARIOS

Consideremos cuales son las formas básicas más habituales de disposición final de residuos hoy en nuestro planeta:

- i. Vertedero sin control o semicontrolado.
- ii. Relleno sanitario.

En el primer caso resultan obvios los problemas ambientales que se generan al no existir total o parcial control de lixiviados, gases ni elementos arrastrables por el viento (plásticos u otros). El segundo método, presenta menores problemas ambientales y permite la recuperación de energía mediante el aprovechamiento del biogás, mezcla de gases generados durante la descomposición anaerobia de los residuos, constituido básicamente por metano. Además de tener control de lixiviados enviándolos a una laguna de tratamiento.

## DESARROLLO SUSTENTABLE

De acuerdo con la Comisión Mundial para el Medio Ambiente de la ONU: la sociedad que encuentra equilibradas en desarrollo global la dimensión *económica, ambiental, tecnológica y humana* se encuentra en un proceso de progreso simultáneo. Lo que se refiere a la dimensión humana es el progreso significativo hacia el logro de poblaciones estables. Por su parte la dimensión ambiental se refiere a la protección de recursos naturales requeridos para la producción alimentaria y de combustibles, sin dejar de expandir la producción para satisfacer a poblaciones en aumento.

Un desarrollo sustentable en una sociedad tiene equilibradas las 4 dimensiones: económica, ambiental, humana y tecnológica; de acuerdo a ello el presente proyecto además de resolver un problema ambiental, sin romper con el equilibrio de éste tiene el propósito de participar en la actividad económica de la localidad ya que al industrializar la operación ésta requiere la

presencia de la mano de obra para su operación de tal forma que abra las puertas a la generación de una nueva fuente de empleo. Y desde luego generar ganancias de la comercialización de sus productos.

Consistentemente con lo anterior resolver un problema ambiental como es aprovechar los desechos sólidos orgánicos para un desarrollo sustentable al recuperar materiales que pueden reutilizarse en los procesos de hidrogenación o en la fabricación de jabones u otros productos sin tener que consumir algún recurso natural que afecte el equilibrio biótico y que además favorezca la generación de empleos, resulta altamente atractivo.

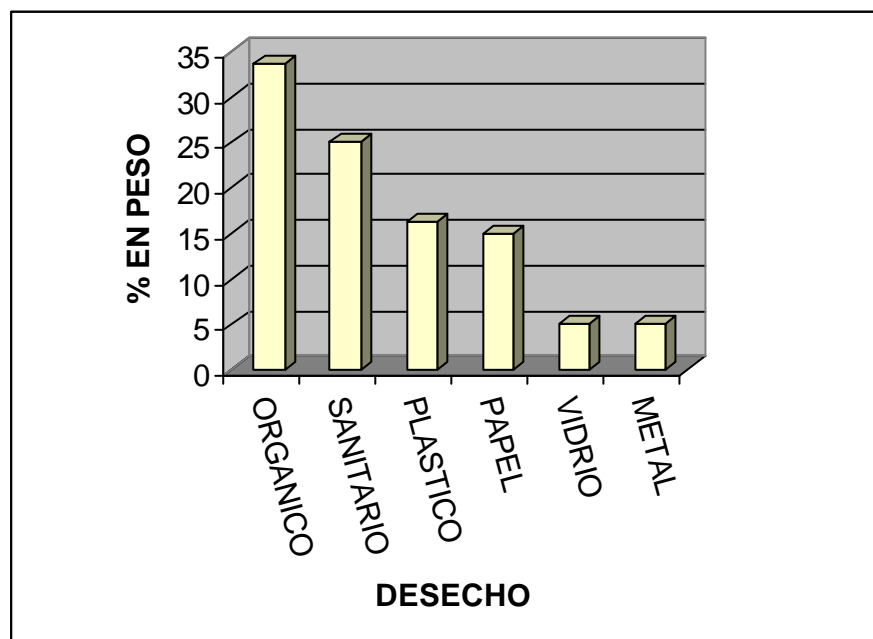
#### LA COMPOSICION DE LOS RESIDUOS URBANOS EN MORELIA.

En Morelia se generan alrededor de 800 toneladas diariamente las cuales se encuentran en la siguiente proporción:

33.75%	Materia orgánica	5%	Vidrio
15%	Papel y cartón	5%	Metales
16.25%	Plásticos	25%	Sanitarios

**Tabla 1.1.- Distribución de los componentes de la basura  
(Aseo Público Morelia 2005)**

El crecimiento urbano trae consigo un aumento en la producción de basura, sin dejar de lado los desechos líquidos y gaseosos. Fijando la atención sobre los tiraderos de basura y particularmente sobre el tiradero municipal de la ciudad de Morelia en este no ha existido control sobre la emisión de gas invernadero ni de lixiviados, si bien es cierto que con la construcción de un relleno sanitario se puede tener control de lixiviados y la emisión de gas invernadero producida por los desechos sanitarios se puede controlar como lo especifica la NOM-083-ECO



**Figura 1.1.- Distribución de los componentes de la basura  
(Fuente: Aseo Público Morelia 2005.)**

## PROBLEMÁTICA ACTUAL SOBRE BASUREROS EN MORELIA.

A pesar de que existe normatividad para el manejo y disposición de los residuos sólidos peligrosos el sistema municipal de recolección los maneja de manera cotidiana y los deposita en los tiraderos municipales, pasando a formar parte de los rellenos sanitarios que a continuación indicamos y cuyos riesgos indicamos de manera clara lo que conlleva a efectos nocivos en la salud y el bienestar de la comunidad, efectuándose desplazamientos de los contaminantes en los lixiviados que percolan hacia los mantos acuíferos y en las emanaciones gaseosas que afectan la esperanza de vida de la población y al cambio climático.



**Figura 2.3. -Tiradero de basura de la ciudad de Morelia.-2005.**

La producción diaria de basura es de 800 toneladas aproximadamente, el tiradero municipal cuenta con un área de 16 hectáreas, puesto que la producción de basura se incrementa al paso del tiempo con el crecimiento demográfico, la vida de este tiradero es corta lo que provocara la saturación de su capacidad en poco tiempo. Continuando así con el deterioro ambiental sobre el suelo, agua y aire.

En vista del grave impacto ecológico que provoca tener un tiradero de basura en tales condiciones el municipio de Morelia ha hecho estudios con ayuda de un Consejo conformado por la comunidad científica para plantear posibles soluciones al respecto, una propuesta consiste en primer lugar en separar la basura en tres grupos: orgánicos, inorgánicos y sanitarios; para destinar solo los desechos sanitarios a un depósito que cumpla con las especificaciones de un *relleno sanitario* conforme a la *Norma Oficial Mexicana Ecológica 083*. Sobre la base de la norma fundamentalmente tal relleno sanitario consiste de una celda con un fondo vulcanizado con espesor de 20 cm. para recuperación de lixiviados, además deberá estar provista de un sistema de captación de gases. Sobre la base de las necesidades actuales de producción de basura la ciudad necesita una celda de este tipo con una superficie de 4 hectáreas y maquinaria especializada para compactar los desechos, esto

representa una inversión de alrededor de 350 millones de pesos con una vida útil de entre 15 y 20 años.

En la ciudad de Morelia se han realizado programas que intentan corregir la situación actual sobre el manejo de la basura sin embargo se han visto truncados por la escasa participación de la ciudadanía y una equivocada participación politizada de los mismos grupos recolectores de basura adicional a esto no se cuenta con la infraestructura apropiada para la disposición final de basura. Para atender a esta problemática el *Departamento de Aseo Público de Morelia* ha solicitado construir una celda que cumpla con las especificaciones de la norma y así tener control sobre la disposición final de basura donde sean depositados solo los desechos sanitarios, esto implica de inicio que la basura sea separada desde la fuente generadora en base a su naturaleza: orgánica, inorgánica y sanitaria, de este modo se destinarían los desechos inorgánicos a sus respectivos centros de reciclado; por otro lado, los desechos orgánicos serían enviados a un centro de composteo.

A pesar de la mediana respuesta que la ciudadanía ha demostrado en campañas anteriores sobre la separación de basura, además de que en primer lugar se debería contar con el área y las especificaciones apropiadas para un relleno sanitario, a fin de tener control sobre la disposición final, actualmente esta en marcha una campaña que invita a la sociedad de Morelia a separar sus desechos domiciliarios en base a su naturaleza. Con ello se pretende crear una conciencia colectiva que trascienda a las siguientes generaciones sobre como manejar sus desechos domiciliarios.

## EMISION DE GAS DE INVERNADERO

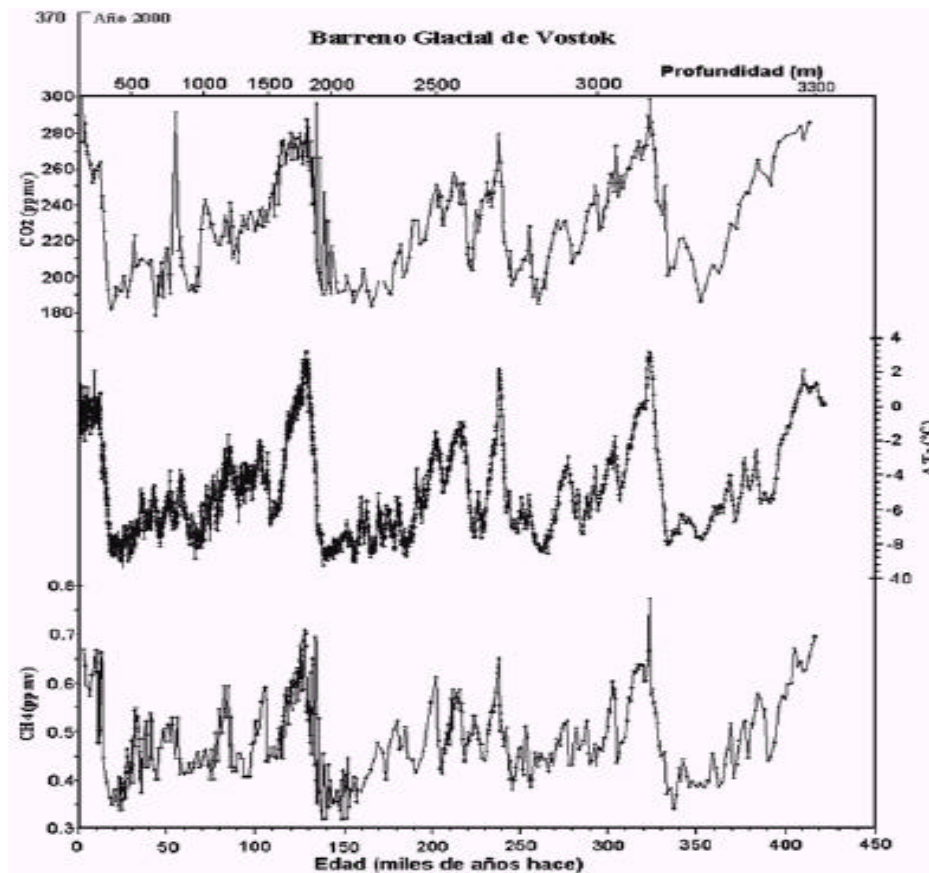
Al conjunto de gases que se encuentran en la atmósfera encargados de retornar a la tierra la radiación emitida por ésta se denominan gases de invernadero constituido por aquellos gases de tres o más átomos como: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y vapor de H<sub>2</sub>O principalmente; los cuales se encuentran en la troposfera, la capa más baja de la atmósfera. Se le ha llamado gas de invernadero por hacerse una comparación con el efecto que tiene la radiación solar que penetra en un invernadero para elevar la temperatura en la atmósfera de éste al intervenir la cubierta de la cámara en el paso de la radiación saliente haciéndola reincidir al interior, efecto similar sucede en la atmósfera provocado por los gases mencionados haciendo la vez de la cubierta de la cámara.

De hecho son estos gases quienes precisamente se han encargado de mantener la condición climática en la superficie terrestre aunque a lo largo de la historia humana no han estado los que actualmente se encuentran en la atmósfera ni en la concentración que ahora presentan. Son estos factores, la concentración y la presencia de nuevos gases los que se han encargado de desplazar la condición climática que se ha traducido en el deshielo de los ejes polares, el aumento del nivel del mar, desplazamiento del máximo de temperatura en verano así como el mínimo de temperatura en invierno y en general del cambio climático global.

El interés por el cambio climático esta en crecimiento en todo el mundo. La actividad antropogénica debida principalmente al uso de combustible fósil esta relacionada con miles de millones de toneladas del gas invernadero arrojado a la atmósfera. La cuestión es que todos los gases de invernadero en la atmósfera modifican el clima terrestre, desequilibrando la biosfera la cual mantiene la vida como actualmente la conocemos.



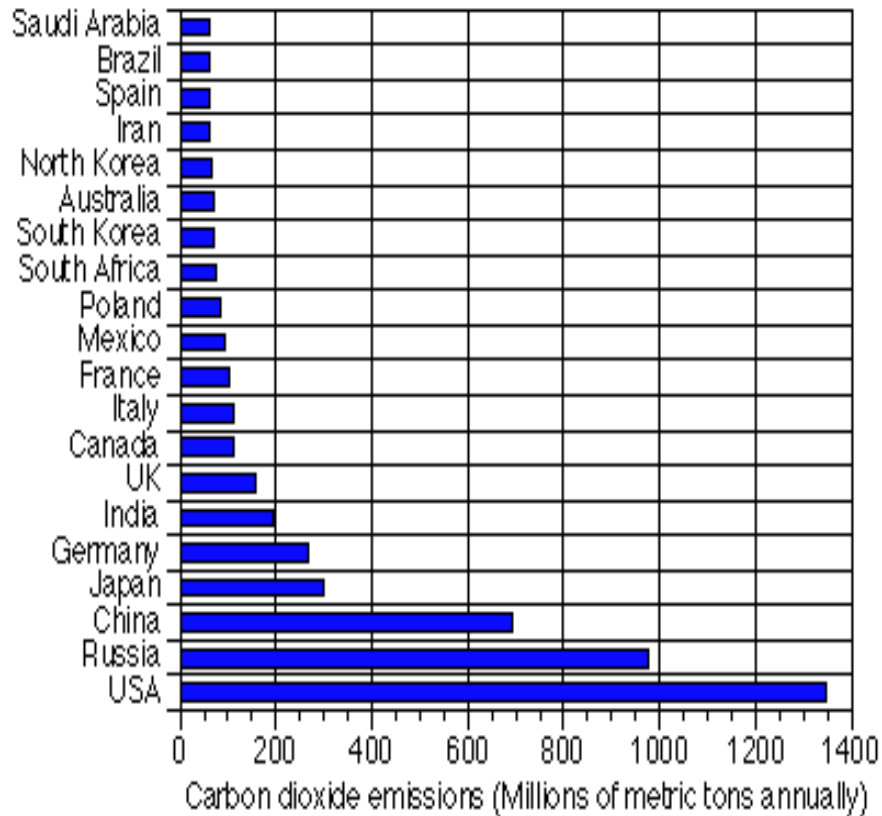
La aplicación de tecnología para generar energía a partir de biomasa puede ayudar a minimizar esta cuestión. Si bien el metano y el dióxido de carbono representan una amenaza considerable como gas invernadero. El metano es 20 veces más potente que el dióxido de carbono aunque su tiempo de vida es menor en la atmósfera.



**Figura 2.3. -Evidencia del cambio de temperatura asociado a la concentración de CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>**

En la figura 2.3 (Cambio Climático: Una visión desde México pp. 36) se observa la asociación del cambio de temperatura con la presencia de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> en diferentes concentraciones a lo largo del tiempo, lo más relevante que podemos discutir son los picos máximos y mínimos que presentan con regularidad a ciertos intervalos de tiempo y que nunca fueron ampliamente rebasados comparados frente a los picos de otros periodos, de aquí surge una interrogante acompañada de una respuesta anticipada; ¿Qué se espera del cambio de temperatura y lo que esto desencadena en la condición climática cuando en nuestro tiempo hemos rebasado esos límites máximos tanto de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>? Basta observar lo que es tan obvio en el cambio climático global para dar respuesta a esta pregunta sin embargo no llega hasta este punto el análisis de este problema sino a donde nos llevara si continua incrementándose la concentración de estos y los demás gases de invernadero. Ahora bien esta situación demanda una urgente disminución de emisiones gaseosas lo que nos dirige a identificar la fuente generadora, valorar y tomar decisiones que participen en el cuidado del medio ambiente.

Esta es una de las razones que motivan el presente trabajo para la disminución de metano como gas invernadero arrojado a la atmósfera producido en el tiradero de basura de la ciudad de Morelia.



**Figura 2.4. - Contribución de los principales países en la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.**

Ahora veamos las estadísticas de la Figura 2.4 que nos muestran la contribución de los principales países con mayor emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera debida al uso de combustible fósil. Para enfatizar sobre la magnitud del problema que enfrenta la comunidad global.

Podemos observar que: E. U., Rusia, China y Japón son los países con mayor emisión de CO<sub>2</sub>. (fuente: EIA y ORNL), Sin embargo en E.U. 15 de los mayores productores de energía producen más CO<sub>2</sub> que toda Rusia. Los estados del sur de E.U. emiten más CO<sub>2</sub> que todo Canadá. Minnesota, Wisconsin, Michigan, Illinois, Iowa e Indiana tienen emisiones de CO<sub>2</sub> comparables a las de Japón. Las emisiones de CO<sub>2</sub> de New York y New Jersey son mayores a las que produce todo el Continente Australiano. Si Indiana, Pennsylvania, Ohio, Illinois, New York y Michigan fueran un país independiente ocuparía el 3er lugar en la contribución mundial de emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera solo detrás de Rusia y China. Florida y Georgia producen más CO<sub>2</sub> que México.

Por otro lado están las estadísticas que muestran la concentración de otros gases de invernadero antes y después de la industrialización:

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CHC-11 (Clorofluoro- carbono-11)	HFC-23 (Hidrofluoro- carbono-23)	CF <sub>4</sub> (Perfluoro- metano)
Conc. industrial Pre-	Cerca de 380 ppm	Cerca de 700 ppb	Cerca de 270 ppm	Cero	Cero	40 ppt
Conc. en 1998	365 ppm	1745 ppb	314 ppb	268ppt	14ppt	80 ppt
Incremento de concentración	1.5 ppm/año	2.0 ppb/año	0.8 ppb/año	1.4 ppt/año	.55 ppt/año	1ppt/año
Tiempo de vida atmosférico	5 a 200 años	12	14	45	260	>50000 años

**Notas:**

- La relación ppm/año a fluctuado entre 0.9 y 2.8 ppm/año para el CO<sub>2</sub> y entre 0 y 13 ppm/año para CH<sub>4</sub>, entre el periodo de 1990 a 1999.
- La relación ppm/año se calculó para el periodo de 1990 a 1999.
- El tiempo de vida particular para el CO<sub>2</sub> no se puede calcular debido al distinto ritmo de respuesta por diversos procesos de eliminación.
- El tiempo de vida ha sido definido como un ajuste de tiempo que toma en cuenta el efecto indirecto del gas en su propio tiempo de residencia

**Tabla 2.1.- Efecto de la actividad humana sobre la emisión de gases de invernadero. (Climate Change 2001, The Scientific Basis)**

## OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN

En la ciudad de Morelia la disposición final de basura se hace en un "tiradero municipal" donde se concentra toda variedad de desechos de vidrio, papel, plástico, metal, orgánicos y sanitarios. De los cuales solo aquellos que pueden representar un valor económico son rescatados para reciclarlos, tal es el caso del cartón, vidrio, metal y plástico pero solo desechos de plástico y vidrio es separado dentro del tiradero; Así, principalmente desechos orgánicos y sanitarios quedan sepultados en el tiradero municipal donde no se tiene control de lixiviados y emisiones de gas invernadero.

Sin embargo no hay antecedentes de acciones encaminadas a recuperar residuos sólidos peligrosos que son desechados por empresas aceiteras e hidrogenadoras y por ello cobra gran importancia este proyecto porque es un proyecto innovador que nos permitirá reutilizar materiales que pueden recuperarse de estos residuos sólidos y que representan una oportunidad de contribuir con este proceso que a su vez será generador de empleos en la región urbana de Morelia en el estado de Michoacán y que puede aplicarse a otras áreas que cuenten con este tipo de residuos sólidos.

La recuperación total del material graso y del metal contenido en el catalizador gastado representa una cantidad importante del desecho y muy significativo lo cual es atractivo para reutilizarlo en la fabricación de jabones y otras aplicaciones posibles al igual que el níquel, para reactivar el catalizador, lo cual contribuirá a reducir la contaminación por desechos sólidos.

## METODOLOGÍA

Se prepararán diferentes muestras de residuos sólidos industriales de hidrogenadoras, con la finalidad de proceder a aplicar los métodos para separar los componentes presentes y valorar la composición.

### METODO DE SAPONIFICACIÓN

Para este fin se tomarán muestras de 10 gr, 20 gr, 50 gr y 100gr las cuales se disolverán en agua y se les adicionará Hidróxido de sodio de 26 ° Be de concentración con la finalidad de saponificar las muestras y convertir la grasa en jabón, las cuales se calentarán hasta ebullición por un periodo de una hora, tiempo en el cual se considera que la saponificación será completa, durante el proceso se verificará el  $p^h$  para constatar que la reacción podrá llevarse a cabo totalmente, es recomendable que la cantidad de sosa cáustica que se adicione sea en exceso de la estequiométricamente necesaria para garantizar la eficiencia del proceso. Cada una de las muestras se correrán bajo condiciones similares, cambiando únicamente la cantidad de hidróxido de sodio a adicionar. Este método de saponificación es uno de los más utilizados para separar la porción grasosa de los materiales.

### METODO DE EXTRACCIÓN CON SOLVENTE

Otro método que suele utilizar es el de extracción con solvente, siendo generalmente el más recomendable el hexano, en un equipo de extracción, sin embargo, lo dejaremos como una segunda e inclusive última opción, pues requiere la utilización de un equipo más sofisticado, que entre otras cosas encarecería el proceso.

### METODO CON ARRASTRE DE VAPOR VIVO

También se realizarán pruebas con muestras de 10, 20, 30, 40 y 100 gr como las indicadas al principio para ser tratadas en un método con arrastre de vapor, sometidos por espacio de una hora para cuantificar el grado de separación de material graso, evaluando así el método que resulte más sencillo y menos costoso, pero sobre todo que nos permita mayores rendimientos.

Una vez concluida esta primer etapa, procederemos a valorar mediante análisis químico para determinar si logró extraérsele toda la grasa presente a las muestras preparadas y si aún tiene presencia de material graso, a este sólido se le procederá a aplicar el proceso de extracción soxhlet para eliminar totalmente la presencia de grasa en las muestras. El proceso consiste en someter la muestra durante una hora a la extracción con solvente hexano en el equipo de extracción soxhlet, concluido este tiempo y después de innumerables reflujos se procederá a determinar la cantidad de grasa extraída a la muestra y finalmente el contenido de sólido ya exento de ésta.

## ANÁLISIS DEL SÓLIDO RESULTANTE DE LA SEPARACIÓN DE LA GRASA PRESENTE

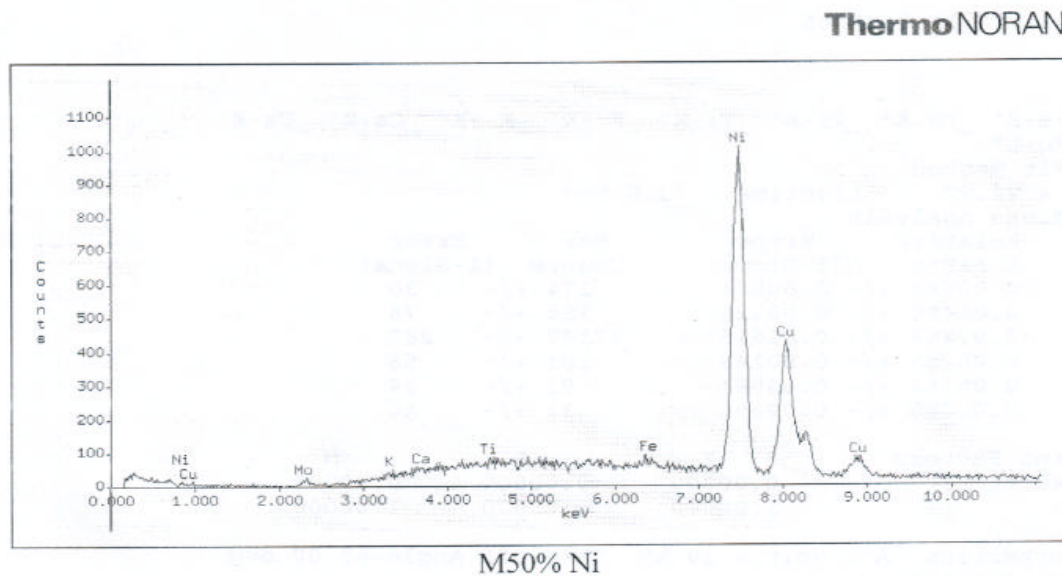
Al sólido exento de grasa se le determinará el contenido de los componentes presentes, entre ellos las pruebas de contenido de níquel, de contenido de silicatos y demás componentes, así como un análisis de rayos X, en un equipo con barrido electrónico, para identificar el níquel presente.

### RESULTADOS Y ANÁLISIS

Corrida	NaOH % W	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ml al 20 % W)	Contenido grasa(gr)
1	5	50	25.0056
2	20	50	30.4752
3	30	50	38.8136
4	40	50	40.5019
5	50	50	44.7553

Cabe señalar que por resultados obtenidos el método seleccionado será el de saponificación con álcali al 50% w.

Valoración del metal níquel método gravimétrico tanto de la solución como del sólido, siendo de 9.5581 gr. Y por el microscopio electrónico de barrido que se tiene en el Instituto de Investigaciones Metalúrgicas de la Universidad Michoacana, se muestran a continuación los resultados:



Accelerating Voltage: 20 KeV  
Live Time: 13.57 seconds

Take Off Angle: 40°  
Dead Time: 36.488

Mon Jan 31 17:11:16 2005

M50% Ni

Refit \_Fe-K' \_Fe-K" \_Ti-K' \_Ti-K" \_K -K' \_K -K" \_Ca-K' \_Ca-K"

Refit \_Mo-L"

Filter Fit Method

Chi-sqd = 22.22 Livetime = 13.6 Sec.

Standardless Analysis

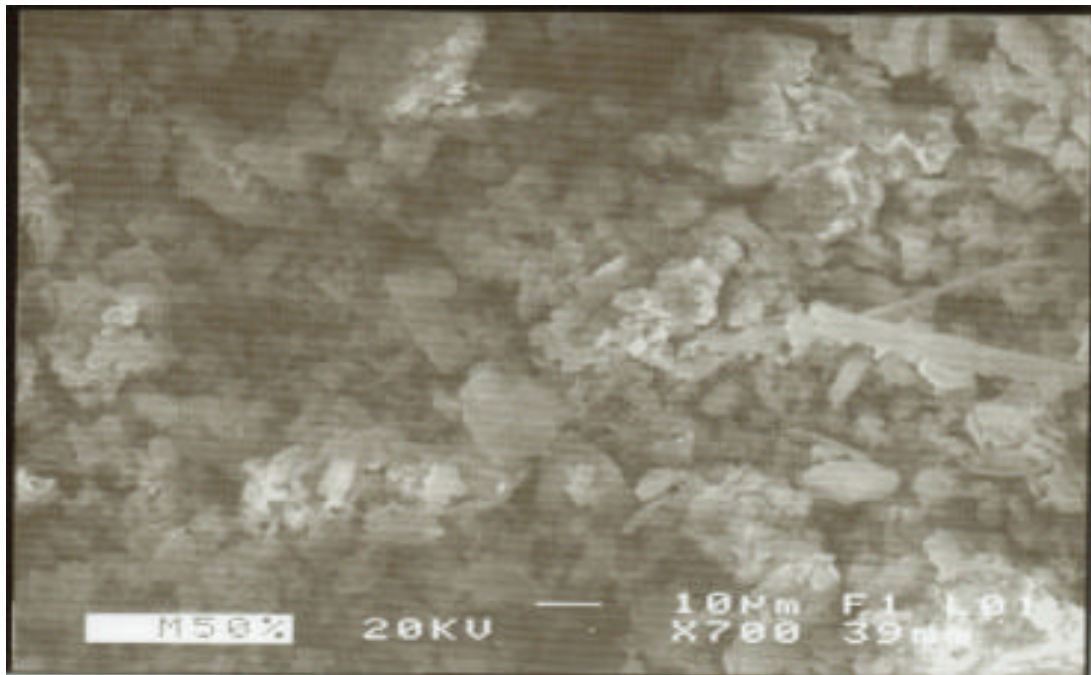
Element	Relative k-ratio	Error (1-Sigma)	Net Counts	Error (1-Sigma)
Mo-L	0.00583 +/-	0.00064	274 +/-	30
Fe-K	0.01480 +/-	0.00326	354 +/-	78
Ni-K	0.97454 +/-	0.01628	17177 +/-	287
Ti-K	0.00255 +/-	0.00143	101 +/-	56
K -K	0.00167 +/-	0.00061	93 +/-	34
Ca-K	0.00060 +/-	0.00090	31 +/-	46

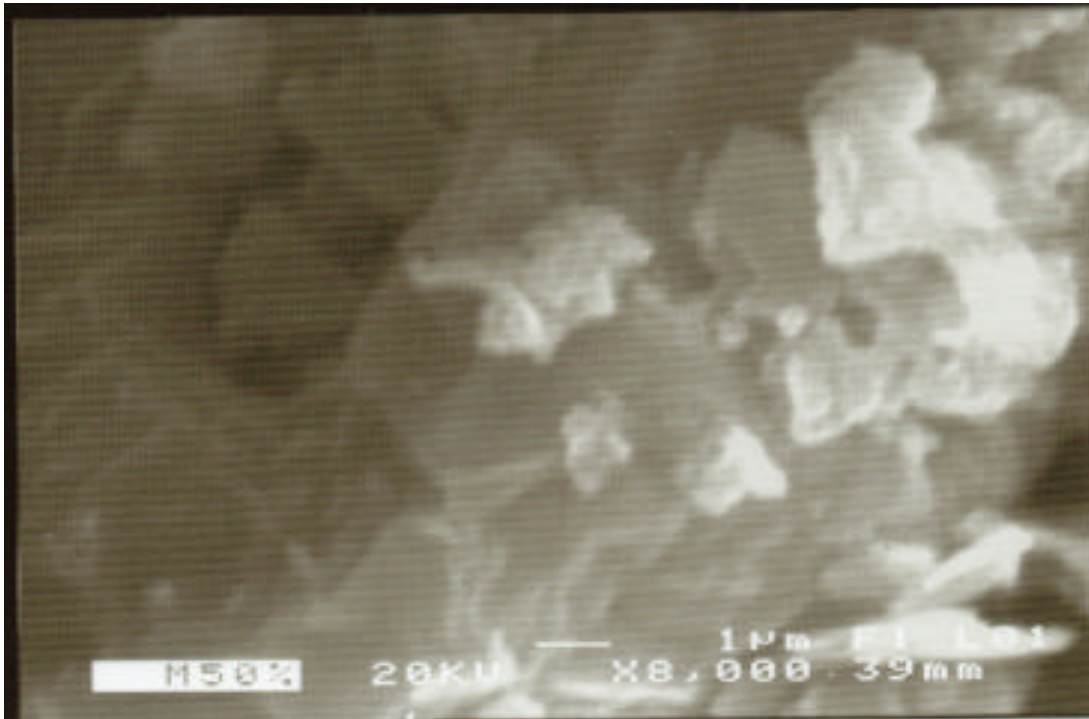
Adjustment Factors

	K	L	M
Z-Balance:	0.00000	0.00000	0.00000
Shell:	1.00000	1.00000	1.00000

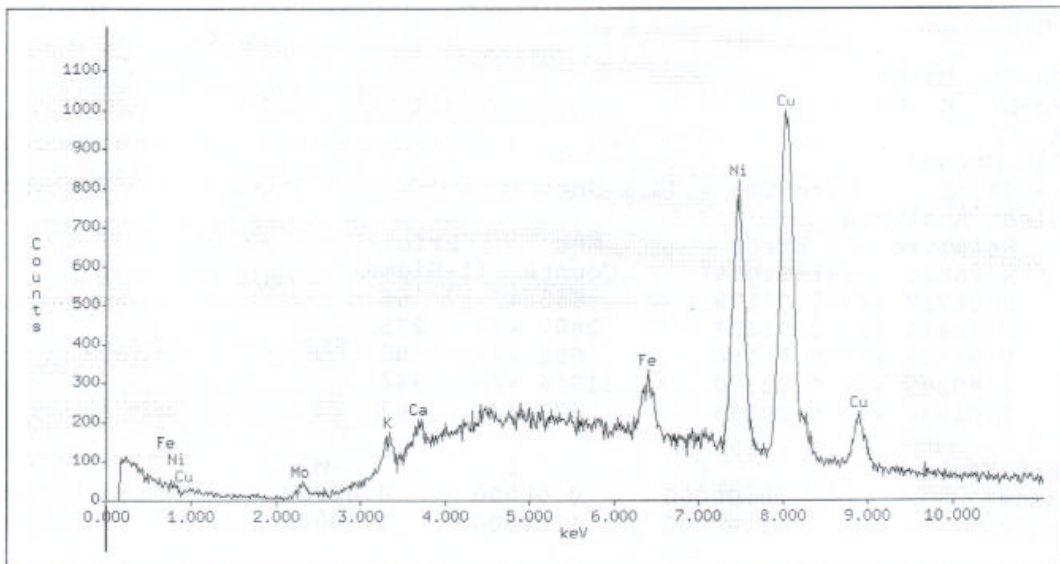
PROZA Correction Acc.Volt.= 20 kV Take-off Angle=40.00 deg  
Number of Iterations = 3

Element	k-ratio (calc.)	ZAF	Atom %	Element Wt %	Wt % Err. (1-Sigma)
Mo-L	0.0058	1.528	0.55	0.89	+/- 0.10
Fe-K	0.0148	0.759	1.18	1.12	+/- 0.25
Ni-K	0.9739	1.001	97.59	97.49	+/- 1.63
Ti-K	0.0026	1.009	0.32	0.26	+/- 0.14
K -K	0.0017	1.102	0.28	0.18	+/- 0.07
Ca-K	0.0006	1.014	0.09	0.06	+/- 0.09
Total			100.00	100.00	





ThermoNORAN



M50% general

Accelerating Voltage: 20 KeV  
Live Time: 78.13 seconds

Take Off Angle: 40°  
Dead Time: 150.852

## CONCLUSIONES

El proceso seleccionado es el de saponificación con álcali, por la sencillez del mismo y el bajo costo que implica para lo cual se diseñaron los equipos para la recuperación del material graso, consistente en paila de acero al carbón y los tanques requeridos, así como la caldera y demás equipos auxiliares necesarios, el análisis de rayos X nos muestran claramente la importante presencia del metal Níquel y, pequeñas cantidades de fierro, calcio y potasio que en la continuación del proceso de extracción del níquel y la reactivación del catalizador corresponden a la siguiente etapa de este proyecto.

El diseño de la paila y los equipos requeridos para la recuperación de los materiales valiosos están diseñados para tratar los residuos sólidos industriales que se recaban de las industrias hidrogenadoras de la ciudad de Morelia y evitar contaminar a los residuos sólidos urbanos que se recolectan diariamente, contribuyendo así a un manejo adecuado de los residuos sólidos peligrosos que se desechan en las industrias y que forman parte de los residuos sólidos que se arrojan al tiradero municipal, a la vez reducir los metales presentes en los lixiviados del tiradero que contaminan los mantos acuíferos que dotan a la región poniente de la ciudad y para lo cual se están probando arcillas de adsorción de metales como el cromo, níquel, cadmio y otros metales que en la continuación de este proyecto se detallarán.

El análisis de costos realizado para el proceso seleccionado implica poca inversión y recuperación de la misma en el corto plazo, aunado a que la generación de empleo contribuirá al desarrollo de la región.

## BIBLIOGRAFÍA

- CEPAL. Globalización y Sostenibilidad Ambiental. Edit. CEPAL. (2002)
- Dr. Ludwing Mayer-Hermulheim. Métodos de la Industria Química. Ed. Reventé S.A. Ed. 1992
- E. Brown Weiss. Our Rights and obligations to future generations for the environment. Am. J. Int. Law 84.1 (1990) p. 190-212
- Espinoza Martínez Eugenio (1996) "Globalización e integración: desafíos y oportunidades para América Latina, Caribe y Cuba, en: Economía y Desarrollo1, Facultad de Economía, Universidad de la Habana".
- Harold A. Wittcoff. PhD and Bryan G. Reuben, M.A. D Phil. Productos Químicos Orgánicos Industriales. Ed. 2001
- Hawley, Gessner G. The Condensed Chemical Dictionary. Van Nostrandt Reinhold Company. Eighth edition.
- Heinen, J.T. and B. S Low 1992, Human behavior ecology and environmental conservation. In Penn, D. and Mysterud (eds) Evolutionary perspectives on environmental problems. p 105-116
- H. J. McCloskey, Ética y política de la Ecología. México. FCE 1988 (Ed. Ingl.1983)



- Inclusion of Carbon in MoS<sub>2</sub> Catalysts Structural and Morphological Consecuenses. G. Berhault Ontario Canada. Jun.38.2001.
- John H. Perry. Ph. D. tomo I y II Manual del Ingeniero Químico. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana. ED. 2000.
- Johnson Robert, Fritz, Earle. Fatty Acid in industry. Properties, derivates, applications. Marcel Dekker Inc. New York. 1986.
- López Granados E. M. Bocco G, y M. E. Mendoza Cantú. (1999). Predicción del cambio de uso de suelo: El caso de Morelia, Instituto de Ecología de la UNAM. Campus Morelia, Mich., México.
- Mark Herman F, Othmer, Donlad F y otros. Kirk Othmer encyclopedic of chemical technology. Volume 20. A Wiley Intercience publication. Third Edition. (1982)
- N. Sosa. Ética ecológica. Madrid. Ed. Libertarias.1990
- Nelson Villarreal. "La comunidad y la generación de políticas para el desarrollo sustentable". NIKAN. 10 al 14 de sep. 1997. Jonquiere, Québec, Canada.
- Stanley M. Walas. Betterwhorh-Hernemann. Chemical Process Equipment Selection And Design. Series in Chemical Engineering.
- American Oil Chemist Society. Official Method. (1983)
- Cristina Cortinas de Nava, "Manuales para regular los residuos con sentido común", Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM, (2002).
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). *El Desarrollo Sustentable: Transformación Productiva, Equidad y Medio Ambiente*. Naciones Unidas, Santiago de Chile, (1991).
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). *Evaluación del Impacto Ambiental en América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas, Santiago de Chile, (1991).
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). *Transformación Productiva con Equidad*. Naciones Unidas, Santiago de Chile, (1990).
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, Nuestro futuro común. Madrid. Alianza, 19.
- Secretaría de Desarrollo y Medio Ambiente (SDUMA). 2003. H. Ayuntamiento de Morelia, Mich.