

# REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN LA REFINACIÓN DEL ACEITE

Ing. José Legua Cárdenas\*

---

## RESUMEN

El presente trabajo es un esfuerzo por alcanzar un eco-eficiencia industrial reduciendo los impactos directos e indirectos ambientales presentes en la refinación industrial del aceite de soya, se propone la utilización del agente neutralizante de hidróxido de potasio en lugar que se viene utilizando actualmente que es el hidróxido de sodio, y de esta forma eliminar el afluente líquido que se vierte a la red pública ocasionando un impacto ambiental negativo en los cuerpos de agua y sistema de alcantarillado; esta situación adversa para el ambiente se revertirá en algo favorable para el ecosistema para ello se dirá un tratamiento fisicoquímico al afluente transformándose en un fertilizante líquido que se puede aprovechar para aportar nutrientes a los suelos de cultivo; otras ventajas ambientales que se lograrían son las siguientes un aceite de soya para uso comestible mejor calidad al salir de ésta etapa de refinación y utilización de menor cantidad de agua tratada menor cantidad de arcilla ácido-activada en el blanqueo del aceite por lo que tendría menos residuo sólido que se vierte en el ambiente; reduciéndose por lo tanto los gastos de producción de aceite refinado por el método propuesto.

*Palabras clave: Contaminación industrial, prevención de la contaminación, tecnología limpia.*

## ABSTRACT

The present work is an effort to reach an industrial echo-efficiency reducing the impacts direct and indirect environmental present in the industrial Refinement of the soya oil, he/she intends the agent's hydroxide neutralizing potassium use instead of which one comes using at the moment that it is the sodium hydroxide, and of this form to eliminate the liquid effluent that spills to the public net causing a negative environmental impact in the bodies of water and sewer system; this adverse situation for the atmosphere will be reverted in something favorable for the ecosystem for it will be given it a physical-chemical treatment to the effluent , becoming a liquid fertilizer that can take advantage to contribute nutritious to the cultivation floors; other environmental advantages that would be achieved are the following ones: a soya oil for eatable use of better quality when leaving this refinement stage and use of smaller quantity of treated water, smaller quantity of clay acid-activated in the I whiten of the oil for what would have less solid residual than he/she spills to the atmosphere, decreasing the expenses of production of oil refined by the proposed method therefore.

*Words key: Industrial Contamination, prevention of the contamination, clean technology*

---

## INTRODUCCIÓN

Según Acosta [1] la evolución de las técnicas ha permitido ampliar la variedad de recursos que se puede extraer de la naturaleza, modificaciones genéticas, nuevos usos etc. La aplicación de las tecnologías que modifican los recursos naturales, pueden generar impactos positivos o negativos al ambiente, por lo cual deben manejarse cuidadosamente. El tránsito hacia un estilo de desarrollo sostenible implica un cambio en el estilo de vida dominante. Hay demasiadas contradicciones en el sistema que hacen necesario un cambio en los sistemas de producción y consumo. Aún cuando en algunos países se está avanzando en la reducción de ciertas presiones sobre el ambiente, esto es insuficiente. Para conseguir una mejora en la calidad ambiental y mucho menos para avanzar en el proceso de desarrollo sostenible, sino se trabaja en forma integral.

Enkerlin et al [11] sostiene que la transición hacia el desarrollo sostenible exigirá cambios importantes, y tal vez sacrificios en el corto plazo. Estos cambios y sacrificios se podrán justificar por el sólo hecho de revertir tendencias que preocupan a los líderes del mundo, y que en realidad deberían preocuparnos a todos, sobre todo a los jóvenes, los futuros líderes quienes deben delegar que se actúe con responsabilidad hacia las generaciones que recibirán éste compromiso con el ambiente. Hoy en día el desarrollo sostenible se ha caracterizado por predominio de la tendencia hacia la máxima rentabilidad en cuanto al uso de los recursos naturales. Field [14] señala que esto se debe, en parte, al marco de referencia actual, representado por los sistemas económicos que premian la rentabilidad a corto plazo, mientras que la planeación a largo plazo es castigada por análisis costo/beneficio en el que la tasa de descuento, y el valor de oportunidad de dinero, por lo general, es muy alto y muchos recursos naturales ni siquiera son valorados. Lo anterior provoca que la planeación se haga a corto plazo, porque el costo de oportunidad es demasiado grande como para esperar. Estamos minando los recursos, no los usamos aplicando un criterio de visión de largo plazo. Deben darse cambios que consideren todos los costos, y con ello ayuden a la transición hacia el desarrollo sostenible.

Freeman [15] explica que la problemática se plantea con el establecimiento de un sistema de prevención que puede influenciar en la reducción o eliminación de los residuos contaminantes.

- Mejorar el resultado final de la empresa.
- Cumplir con mayor facilidad con los reglamentos ambientales.
- Demostrar un compromiso proactivo que aspire a tener un programa de prevención de la contaminación.

Actualmente la inadecuada disposición de los efluentes de la industria es uno de los mayores problemas que las autoridades estatales deben afrontar, pues ocasionan efectos; negativos; en la salud, suelo, subsuelo y red alcantarillado, debido principalmente a los insumos utilizados en los procesos.

CEPIS [7] destaca tres actividades en la reducción de residuos: Reducción en la fuente, reaprovechamiento y tratamiento.

Ludevid [19] define al derecho ambiental como un derecho fundamentalmente público, es decir, se impone a los sujetos y doblega sus voluntades. Es lógico, porque se orienta a poner remedio a una situación generada por el funcionamiento autónomo de la economía. Supone una reacción colectiva frente a la apropiación de patrimonios comunes, como pueden ser el aire y el agua, a través de la contaminación en este caso.

Frente a la problemática de la contaminación ambiental se están formando nuevas concepciones en torno a la conservación de nuestro ecosistema siempre con la idea base del principio de desarrollo sostenible que se planteó en Río de Janeiro el año 1992 en la Agenda 21.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La metodología de trabajo comprende las siguientes fases:

- Toma de muestras de aceite.
- Evaluación de las dos alternativas de refinación de aceite, con prueba posterior de blanqueado del aceite.
- Análisis físico-químico comparativo de las muestras de aceite, al término de las pruebas de refinación y blanqueado del aceite.
- Tratamiento y análisis de efluentes líquidos de la refinación del aceite.
- Prueba experimental de Respuesta de Plantas tales como: rabanito, lechuga y acelga, con diferentes concentraciones del fertilizante líquido obtenido.
- Presentación de datos y resultados del trabajo experimental.
- Discusión de resultados y conclusiones.

La evaluación de las alternativas de refinación con sus respectivos análisis físico-químico comparativos del aceite de soya consistieron en realizar las pruebas de laboratorio con el propósito de evaluar el parámetro de interés, en forma paralela para ambas alternativas de refinación se ha utilizado las mismas condiciones de trabajo para cada prueba.

Las pruebas de laboratorio consistieron en la preparación de las muestras para el ensayo de refinación, pruebas de análisis y pruebas de blanqueado del aceite, pruebas de análisis por instrumentación y pruebas de Respuesta de la Planta con el fertilizante líquido obtenido, las que se realizaron en las siguientes instituciones: Unidad de Servicio de Análisis Químicos USAQ de la UNMSM, Centro de investigación y Capacitación Hortícola "Kiyotada Miyagawa"-Huaral, Laboratorio de la Empresa Aceitera donde se realiza parte del trabajo de investigación y en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Nacional "José Faustino Sánchez Carrión" de Huacho. También se hizo consultas y/o solicitó asesoría en las instituciones mencionadas y otras como: Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), Dirección General de Salud Ambiental

(DIGESA), Sociedad Peruana de Derecho Ambiental y de la Dirección General de Protección Ambiental de la Municipalidad Provincial del Callao.

## RESULTADOS

Los resultados de Análisis Químico y Balance de Materia de los aceites refinados y blanqueados, realizados en el Laboratorio de la Fábrica de Aceite se presentan en las Tablas 1, 2 y 7.

Los resultados de Análisis Químico de los aceites refinados y blanqueados y del agua de lavado del aceite tratada, realizados en el Laboratorio de Análisis Químico de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, se presentan en las Tablas 3 y 4.

Los Resultados de Análisis Físico Químico del agua de lavado de aceite tratado y del agua de lavado sin tratar o efluente, realizados en el Centro Experimental de investigación y Capacitación Hortícola del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) Huaral, se muestran en las Tablas 5 y 6.

Los Resultados de estudio experimental de Evaluación de la Respuesta de la Planta con el fertilizante obtenido con diferentes tratamientos se presentan en las Tablas 8, 9 y 10.

## DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se observa una ventaja porcentual de 7,14% de presencia de jabón libre para el aceite refinado con hidróxido de potasio con respecto al aceite desacidificado con NaOH para una misma cantidad de agua de lavado utilizada que fue de 1750 ml, la cual resulta mucho mayor a la que se utiliza a nivel de planta en procesos discontinuos, en este caso se utiliza el 50% del peso de aceite a refinar, inclusive puede ser menos si se utiliza para la depuración agua de lavado y la tierra adsorbadora sílica gel, dependiendo ésta decisión de la empresa. En cualquiera de los casos se va obtener un ahorro de agua tratada para el lavado, o también disminuir los consumos de sílica gel o tierra arcilla activada, o también ahorro de horas-obrero.

**Tabla 1.** Aceite refinado con hidróxido de sodio y potasio

<b>Aceite refinado con solución de:</b>	<b>Jabón libre en el aceite refinado</b>	<b>perdida de aceite neutro</b>
NaOH	17.06	11,25
KOH	9,92	9,0

*Fuente: Laboratorio de Empresa aceitera*

**Tabla 2.** Aceite refinado y Blanqueado

	<b>COLOR ROJO</b>	<b>COOR AMARRILLO LOVIBOND</b>
Aceite refinado con solución NaOH	3,5	30
Aceite refinado con NaOH	3,1	30

*Fuente: Laboratorio en Empresa Aceitera*

**Tabla 3.** Resultado de Análisis Químico de aceite refinado y blanqueado

	<b>mg(ppm)%</b>	<b>Ca (ppm) %</b>	<b>P2O5(ppm)</b>
Aceite neutralizante con KOH y blanqueado	0,15	1,16	0
Aceite neutralizante con NaOH y blanqueado	0,17	0,66	0

*Fuente: Laboratorio de USAQ de UNMSM*

**Tabla 4.** Agua de lavado de aceite y ácido y graso ( Procedente de neutralización con "KOH" y NaOH")

<b>Propiedades</b>	<b>Agua "A"</b>	<b>Agua "B"</b>
Fósforo como P2 O5	0,0251	1,32
Potasio como K2O	0,0653	0,0380
Nitrógeno como N2	0,89	0,14

*Fuente: Laboratorio de ISAQ de UNMSM*

**Tabla 5.** Análisis de agua tratada procedente de la neutralización de aceite de soya con "KOH"

<b>Determinaciones</b>	<b>Agua de lavado de aceite de soya</b>
C.E. Ms/cm a 25° c	132,00
PH	8,8
Ca <sup>++</sup> meq/l	0,61
Mg <sup>++</sup> meq/l	2,31
Na <sup>+</sup> meq/l	68,26
K <sup>+</sup> meq/l	323,49
CO <sub>3</sub> meq/l	11,20
HCO <sub>3</sub> meq/l	60,00
Cl meq/l	18,00
SO <sub>4</sub> = meq/l	305,47
N-NH <sub>4</sub> %	2,28
N-NH <sub>3</sub> %	0,04
B ppm	1,85
Fe ppm	2,82
Zn ppm	0,968
Cu ppm	0,151
<i>Fuente: Laboratorio de INIA. Huaral</i>	

**Tabla 6.** Análisis de agua tratada procedente de la neutralización del aceite con "KOH"

<b>Determinaciones</b>	<b>Agua de lavado de aceite de soya</b>
C.E. mS/ cm a 25°C	132, 00
Na <sup>+</sup>	4,20
K <sup>+</sup>	215,44
<i>Fuente: Laboratorio de INIA. Huaral</i>	

**Tabla 7.** Análisis de efluentes acuoso resultante del

tratamiento de refinación con NaOH

<b>Determinaciones</b>	<b>Efluente acuoso</b>
Sólidos suspendidos sedimentables	30-35 mg/l
Grasas	200-300 mg/l
Demanda Bioquímica de oxígeno (5 días a 20°C)	3000-3500 ppm
Temperatura	50 - 60° C
PH	9,0 - 11, 0
Na+ meq/l	642,16
K+ meq/l	5,62

*Fuente: laboratorio de empresa aceitera*

**Tabla 8.** Evaluación de crecimiento y desarrollo del rabanito

<b>Muestra de rabanito</b>	<b>Relación de dilución</b>	<b>Altura de la planta (cm)</b>	<b>Peso fresco de hojas y tallos (gr)</b>	<b>Peso fresco de raíces. (gr)</b>
M1	1:22	6,9	1,9	0,15
M2	1:22	9,8	6,6	3,9
M13	1:44	7,5	4,7	2,5
M14	1:44	6,6	3,8	3,0
M25	1:88	9,5	4,9	2,1
M26	1:88	12,0	5,0	2,5
M37	1:176	9,6	2,1	0,8
M38	1:176	7,5	1,85	0,13
M49(Testigo)	sin fertilizante	7,8	0,5	0,5
M50(Testigo)	sin fertilizante	6,9	1,5	2,1

*Fuente: Laboratorio de Ing. Química de Universidad Nac. de Huacho*

**Tabla 9.** Evaluación de crecimiento y desarrollo de la lechuga

Número de muestra de lechuga	Relación de dilución	Altura de la planta (cm)	Peso fresco de hojas y tallos (gr)	Peso fresco de raíces. (gr)
M9	1:22	10,1	6,2	0,25
M10	1:22	13,4	6,8	3,9
M21	1:44	10,0	4,7	2,5
M22	1:44	11,5	5,5	3,0
M33	1:88	12,0	8,9	2,1
M34	1:88	11,0	3,7	2,5
M35	1:176	9,0	3,7	0,8
M45	1:176	9,0	2,6	0,13
M46	1:176	11,5	3,5	8,6
M57(testigo)	Sin fertilizante	No germinó		
M58(testigo)	Sin fertilizante	8,0	2,3	0,9

*Fuente: Laboratorio de Ing. Química de Universidad Nac. de Huacho*

**Tabla 10.** Evaluación de crecimiento y desarrollo de la acelga

Muestra de acelga	Relación de dilución	Altura de la planta	Peso fresco de hojas y tallos(gr)	Peso fresco de raíces(gr)
M5	1:22	13,0	4,5	2,5
M6	1:22	18,0	13,0	7,5
M17	1:44	14,0	4,7	7,0
M18	1:44	16,0	5,5	3,1
M29	1:88	13,0	3,8	1,8
M30	1:88	18,0	5,3	2,0
M41	1:176	11,0	3,7	1,1
M42	1:176	13,0	5,5	1,2
M53(testigo)	Sin fertilizante	11,0	5,8	1,5
M54(testigo)	Sin fertilizante	14,0	8,9	2,0

Fuente: Laboratorio de Ing. Química de Universidad Nac. de Huacho

**Tabla 11.** Análisis de la conductividad eléctrica de las soluciones fertilizantes diluidas

<b>Relación de dilución (Volumen de solución fertilizante/volumen de agua)</b>	<b>Conductividad eléctrica MS/cm a °25 C</b>
1:22	13,8
1:44	8,1
1:88	5,2
1:176	3,8

*Fuente: Laboratorio de INIA- Huaral*

En el caso de pérdida de aceite neutro se encontró un exceso porcentual de 2,25% en el caso del aceite donde se utilizó hidróxido de sodio, con respecto a la pérdida de aceite neutro presentada en la neutralización del aceite con KOH; para ambas pruebas se verificó mayor eficiencia en la utilización del KOH, que se refleja en la obtención de un aceite de mayor calidad y con menor pérdida de aceite neutro. Esta última ventaja de la neutralización del aceite de soja con KOH se podría explicar por la menor oclusión (atrapamiento de aceite neutro entre los flóculos de jabón) de aceite neutro que sucede por la formación de flóculos más grandes y más pesados que se justifica por la diferencia de peso molecular, en esta refinación y no así en la misma operación con NaOH donde los flóculos de borra (jabón de soja) son más pequeños dando lugar a una mayor Área superficial de éstos y por tanto mayor arrastre y oclusión de aceite neutro, aparte de la mayor reactividad del NaOH respecto al KOH, lo que ocasiona también que el NaOH reaccione con aceite neutro, siendo este efecto minimizado o grave según como se conduzca la neutralización.

Por otro lado en el lavado de los aceites refinados con agua desionizada caliente, que si bien se utilizó cantidades iguales de agua caliente para realizar la operación de lavado, se observó para el caso de la refinación del aceite de soja con KOH, una rápida formación de flóculos de jabón que precipitaban al fondo del vaso y otros flóculos de jabón se mantenían flotantes en la masa del aceite, en el caso de la refinación del aceite con NaOH la formación de flóculos fue más lenta que en la refinación anterior, y los flóculos de jabón fueron más pequeños y los que se mantuvieron flotantes constituían un porcentaje mayor al observado en la refinación con la que se está contrastando. De esta observación se deduce fácilmente que para la eliminación de flóculos de jabón flotantes en el aceite y los restos de jabón dispersos en toda la masa de aceite refinado, la operación de lavado para el caso de la neutralización del aceite con KOH va a ser más eficaz y se va a requerir menos agua caliente respecto a la desacidificación con NaOH, esta deducción se sostiene en la diferencia significativa de presencia de restos jabón libre presentes en los aceites refinados con los agentes neutralizantes que se está

comparando, que se muestra en la Tabla 1 y también por el hecho de que se utilizó más agua de la requerida en el lavado del aceite refinado con KOH, pues ya en el quinto lavado se habla eliminado todo el jabón visible en el aceite.

Del aceite refinado (con NaOH y KOH) y blanqueado se tomó muestras y se realizó los siguientes análisis químicos: Fósforo COMO P2O5 Magnesio y Calcio, obteniéndose la Tabla 3 en la que se aprecia contenidos comparable en el elemento químico Magnesio, y un mayor contenido del elemento químico Calcio, para el aceite refinado con KOH, lo cual es una desventaja desde el punto de vista de calidad del aceite específicamente en el sabor insípido que debe tener el aceite final, el cual se vería afectado por presencia del elemento químico Ca y/o Mg en el aceite, aunque desde el punto de vista nutricional puede ser ventajoso.

No se encontró presencia de Fósforo en el aceite, es por el eficiente desgomado, refinado y blanqueado realizados y por la naturaleza particular y ocasional del aceite crudo del aceite de soya utilizado.

Respecto al color final, tal COMO ilustra en la Tabla 2, se consiguió un mejor resultado en el color rojo con el aceite neutralizado con hidróxido de potasio respecto a la alternativa actual de neutralización, lo cual nos da indicación que se ahorraría tierra arcillo activada para el blanqueo del aceite y por consiguiente también se produciría menos residuo sólido en los filtros prensa que se arroja al medio ambiente. Respecto al color amarillo los niveles de este color son poco relevantes en razón a que esta fuente de color amarillo es eliminada totalmente por la corriente de vapor directo en la etapa de deodorización en el procesamiento del aceite de soya.

Es importante señalar que los resultados obtenidos a nivel laboratorio para las pruebas de refinación con ambos agentes neutralizantes y su posterior operación de decoloración con tierra arcilla ácido activada, se ha conseguido mermas y rendimientos que van a diferir obviamente de los que resultan a nivel de una planta industrial, en procesos discontinuos o continuos, sin embargo la tendencia favorable en los resultados se va a mantener con la propuesta de refinación con hidróxido de potasio. Esta diferencia obvia en los resultados a nivel laboratorio con los de nivel de Planta industrial se explica por la mayor eficacia en los procesos de transferencia de calor y de masa de las sustancias reactantes, donde por ejemplo se utiliza agitadores controlados por motor-reductores con diseños apropiados para hacer una eficiente operación de mezclado.

De la observación de la Tabla 7, del análisis del efluente acuoso resultante del tratamiento de refinación con NaOH, es evidente que este vertimiento líquido contaminante sobrepasa los niveles permisibles que se indican en el Reglamento de Desagües Industriales, y la situación es más grave en el caso de los límites fijados por la Ley General de Aguas, para proteger a los cuerpos de agua, esta situación se revierte favorablemente para el ambiente al utilizar este efluente propuesto como fertilizante líquido para nutrir diferentes plantas, faltando al respecto la norma legal adecuada de incentivo que canalice estas propuesta como otras, en beneficio del medio ambiente.

En la Tabla 4 donde se ilustra el análisis del agua de lavado de aceite y Ácidos grasos procedente de la neutralización con NaOH y KOH, se aprecia la concentración interesante en los macronutrientes N2, P2O5 y K2O, siendo los porcentajes más elevados de N2 y K2O den el agua resultante de la refinación con KOH respecto al agua de refinación de

NaOH, una situación inversa se presenta en el contenido P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sin embargo se presentó el problema de la presencia de un alto contenido en la concentración de sodio, según se muestra en la Tabla 5, situación que es superada al no utilizar salmuera para la remoción de la borra flotante y jabón disperso de la masa de aceite con fines de acelerar esta operación de separación, la concentración mejorada de sodio se muestra en la Tabla 6, donde también se comprueba la favorable concentración de iones potasio.

Los resultados anteriores dan lugar a hacer un análisis más completo que se muestra en la Tabla 5, donde se advierte la favorable composición en minerales del efluente obtenido, por su contenido importante en los macronutriente y micronutrientes requeridos por una planta para su crecimiento y desarrollo. Las plantas [6] toman elementos minerales del suelo, nunca productos orgánicos, es decir que cuando se incorpora al suelo materia orgánica, las raíces sólo tomarán los elementos de ellas cuando hayan sido mineralizados.

Los resultados obtenidos en las características de la solución fertilizante hizo propicio desarrollar ensayos con medios de cultivos fertilizados con la solución fertilizante donde se sembró semillas como: rabanito, lechuga y acelga. El medio cultivo utilizado fue arena a fin de evitar la interferencia de nutrientes al utilizar un suelo fértil. En razón a la elevada conductividad eléctrica de la solución resultante se hizo cuatro diluciones de ésta según se ilustra en la Tabla 11. Los resultados de la evaluación de crecimiento y desarrollo del rabanito, lechuga y acelga se ilustran en las Tablas 8, 9 y 10, donde se llevó a contrastación los medios de cultivos fertilizados con soluciones nutrientes a diferente relación dilución, según la Tabla 11 y al medio de cultivo testigo sin fertilización, en todos los medios de cultivo se deposita semillas para observar su germinación y crecimiento. La respuesta de las plantas rabanito, lechuga y acelga es evidentemente favorable en los medios de cultivo que fueron fertilizados mas no así en el medio de cultivo testigo, los resultados favorables son más marcados en el caso del rabanito y lechuga. Por otro lado se observa también un mejor resultado en el tamaño de la planta y peso fresco de tallos, hojas y ralles. Para la relación de dilución 1:22, al menos esto es evidente en el caso del rabanito y lechuga. Jara & Suni [17] sostienen que las plantas responde de Una manera más diferencial en la etapa de floración y fructificación que respecto a la etapa vegetativa.

## CONCLUSIONES

- Quedó demostrada la viabilidad de la eliminación de los impactos ambientales negativos con la propuesta de mejoras en el proceso de refinación.
- Se adaptó la técnica de refinación para el aceite de soya utilizando como agente neutralizante al hidróxido de potasio, a nivel laboratorio.
- A futuro se recomienda realizar las pruebas a escala de Planta Piloto.
- Las mermas, eficiencias y niveles de concentración de elementos químicos positivos y/o negativos en los aceites finales obtenidos en la refinación, en casi todos los casos dieron mejores resultados utilizando el agente neutralizante de hidróxido de potasio, en lo respecta a la calidad del aceite refinado obtenido.
- Luego de analizar el agua de lavado de refinación y agua de la separación de los ácidos grasos, se encontró un potencial de macronutrientes y micronutrientes, observándose la viabilidad de utilización como solución fertilizante.

- Se evaluó la respuesta a las semillas de plantas como el rabanito, lechuga y acelga en medio de cultivo arenoso, obteniéndose un resultado positivo tanto en el rendimiento como la apariencia, cuando se utilizó la solución fertilizante obtenida, con respecto a la muestra testigo.
- Se recomienda profundizar el estudio con planta(s) específica(s) y tipo suelo, a fin de optimizar la efectividad de la solución fertilizante, además se ha de realizar análisis de suelo y foliar.
- Realizar un estudio similar al ejecutado para evaluar la respuesta de la planta, utilizando métodos estadísticos.
- Estudiar la opción del líquido fertilizante como solución hidropónica.
- Realizar mayores análisis de elementos químicos y de mono y diglicéridos en los aceites evaluados para obtener más resultados en la calidad del aceite obtenido.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1]. Acosta A. 1999. Propuestas de la Tecnología Limpia en la industrialización de los Recursos Naturales. En: Primer simposium Internacional de Industrialización de los Recursos Naturales para el Desarrollo Nacional. Ed. Colegio de Ingenieros; del Perú, Capítulo de Ingeniería Química. Lima.
- [2] Andersen, A. 1956. Refinación de Aceites y Grasas para usos alimenticios. Ed. José Monteso. Barcelona.
- [3]. Aquino, R. 1998. V Jornada Técnica: Manejo de Residuos industriales-Municipales y la Conservación del Medio, Ambiente.Organizado por. A as Activadas Andinas S.A.
- [4] Bailey, A. 1951.Aceites y grasas industriales. Ed. Reverte, Argentina.
- [5]. Bemandini E. 1973. Tecnología de Aceites y Grasas. Ed. Alhambra S.A. España.
- [6] Biblioteca de la Agricultura. 1995. Idea Books, S.A. Ed. Lerus.
- [7]. CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería. de Ingeniería Sanitarias y Ciencias del Ambiente). 1995. Informe Técnico sobre Minimización de Residuos en la Industria Textil. Lima, CEPIS.
- [8]. CONSEJO DEL MEDIO AMBIENTE. 1998. Sistema Nacional de Evaluación Ambiental. Ed. Programa Fortalecimiento de la Gestión Ambiental (Convenio de Cooperación Técnica CONAN BID ATN/JF-5123-PE).
- [9]. De Smet S.A.I.C. 1997. Efluentes líquidos en la industria aceitera. Ed. Desmet Baires. Argentina.
- [10]. Diario oficial de la República de Chile.1998. Normas de emisión para la regulación de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado.

D.E.: <http://www.ceda.unitpr.it/servize/leon>

[11]. Enkerlin, E., Rodríguez, S. & Cano, G. 1997. El desarrollo sostenible ¿un nuevo paradigma?. En: Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. Ed. International Thomson Editores, México.

[12] EPA (Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos).1995. Centro de Información para la Investigación Ambiental, Cincinnati, Ohio.

[13] Erickson, D. 1981. Aspectos Críticos en la Refinación del aceite de soya. Ed. Asociación Americana de soya. ASA México CAT No49.

[14]. Field, B. 1995. Economía Ambiental. Ed. Mc Graw-Hill, México.

[15]. Freeman, H. 1995. Manual de prevención de la contaminación industrial. Ed. Mc Graw-Hill, México.

[16]. Givovich, A. 1996. Análisis de residuos industriales líquidos. Chile: Medio ambiente y Ecología. Norma chilena 22809. D.E.: <http://www.usach.el/ima/givovich.htm>

[17]. Jara, E & Suni, M. 1999. Evaluación de soluciones nutritivas para el cultivo hidropónico de "Fresa" *Fragaria x ananassa*.

[18] León M. 1998. Normatividad Nacional Relacionada con las aguas Residuales Industriales. En Curso Internacional: Métodos para tratamiento de aguas residuales industriales. CLB Tecnológica S.A.

[19]. Ludevid A. 1997. El cambio global en el medio ambiente. Ed. Marcombo Boixareu Editores. Barcelona.

[20]. Maturana,C. 1967. Producción de Ácido Esteárico a partir de Borra de Aceite de Pescado. Tesis para optar el Grado de Ingeniero Químico. UNMSM. Lima.

[21]. McKinney, R 1998. Seminario-Salud-Nutrición-Procesos-Aceite sin Grasas. The Daniels Process: Soap Stock Technology For the 21 st Century. Ed. Química Sumex D.F., México.

[22] Mondragón Corporación Cooperativa. 1999. Medio Ambiente. Ed. Manu Amozarrain. Naciones Unidas sobre el agua. Comité de Recursos Naturales. Ginebra.

[23]. Mulero, A. 1998. Residuos sólidos urbanos e. industriales: situación y gestión en España. Estudios Geográficos. Tomo, LIX No 232. España.

[24] Naciones Unidas Consejo Económico y Social. 1977. informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el agua. Comité de Recursos Naturales. Ginebra.

[25]. Rainer, S. 1996. La contaminación ambiental social. En busca del equilibrio perdido. En Panorama Ambiental. (1,7).

[26]. Remy P. 1997. Marco Estructural de Gestión Ambiental. En: ECODIALOGO 97-Agenda al 2000. Arequipa.

[27]. Rodríguez, J. 1996. Estudio de los parámetros de operación en la hidrogenación del aceite de pescado y su influencia en diversos tipos de productos. Tesis para optar el Grado Ingeniero Químico. UNMSM. Lima

[28]. Rojas, C. 1997. Desarrollo sostenible, Una visión crítica desde el Perú. En: Salud Ambiental, Aportes al manejo del ambiente para una salud de calidad en el Perú. Ed. Mérida Aliaga Santa María. Lima.