



**CENTRO DE ESTUDIOS DE TECNOLOGÍAS
ENERGÉTICAS RENOVABLES**



Grupo de Fibras Naturales y Tensioactivos



**Jugo de henequén, Producto para el desengrase
de superficies metálicas**

Autoras:

MSc. Martha Mazorra Mestre

Lic. Cándida Ferrer Serrano

Dra. Beatriz Zumalacárregui de Cárdenas

Noviembre 2011

El aprovechamiento total de las fibras naturales por un futuro sustentable

Las Autoras

INTRODUCCIÓN	1
DESARROLLO	3
1. Generalidades sobre grasas y desengrase	3
1.1. Características generales de los productos desengrasantes	3
1.1.1. Clasificación de los desengrasantes.....	4
1.1.2. Desengrasantes Químicos.....	5
1.1.3. Desengrasantes Naturales	7
1.2. Moléculas Grasas	7
1.2.1. Lípidos.....	7
1.2.2. Clasificación de lípidos.....	8
1.2.3. Lípidos simples	8
1.2.4. Características estructurales	9
1.2.5. Isomería de los ácidos grasos de los lípidos simples	11
1.3. Grasas y desengrase.....	11
1.3.1. Tipos de grasas.....	12
1.3.2. La oxidación biológica de las grasas.....	13
1.3.3. Grasas como preservos.....	15
1.3.4. Engrase general de mecanismos.....	15
1.3.5. Ensayos de desengrase.....	17
1.3.6. Degradación de grasas	18
1.4. Emulsiones.....	19
1.4.1. Formación de emulsión.....	19
1.4.2. Proceso de emulsificación	19
1.5. Saponificación.....	20
1.6. Enzimas	21
1.6.1. Clasificación y nomenclatura de enzimas	23
1.6.2. Acción enzimática.....	25
1.6.3. Mecanismos de control de la actividad enzimática	27
1.6.4. Estructuras y mecanismos.....	31
1.6.5. Dinámica y función.	34
1.6.6. Cofactores y coenzimas.....	35
1.6.7. Termodinámica	36
1.6.8. Cinética.....	36
1.7. Glicéridos y la hidrólisis enzimática	39
1.7.1. Reacciones de los glicéridos	39
1.7.2. Reacciones químicas de los glicéridos no saturados.	40
2. Aplicación del Jugo de henequén como agente desengrasante natural.....	42
2.1. Jugo de henequén como agente desengrasante de superficies sólidas.	42
2.1.1. Residuos agroindustriales del Henequén.....	43
2.1.2. Caracterización de Agaves.....	43
2.1.3. Propiedades de los Agaves. Características del jugo de henequén	45
2.2. Aplicaciones de los Agaves	47
2.2.1. Generalidades del Jugo residual de henequén.....	48
2.2.2. Composición del jugo de henequén.....	51
2.2.3. Evaluación de la actividad enzimática.....	52
2.2.4. Determinación de la formación de glicerina	52
2.3. Pruebas de desengrase de superficies sólidas con jugo de henequén.....	54
2.3.1. Determinación de la formación de glicerina.....	55

2.3.2. Comprobación de glicerina libre en las muestras por la formación de acroleína.....	55
2.3.3. Evaluación de glicerina libre en las muestras por el método de absorciometría visible.....	57
2.3.4. Máquinas Herramientas.....	64
2.3.5. Maquinas a desengrasar.....	64
CONCLUSIONES.....	67
REFERENCIAS.....	68
BIBLIOGRAFIA.....	72

INTRODUCCIÓN

La industria del henequén en Cuba tiene sus orígenes en un periodo de más de 60 años. Su desarrollo ha sido lento a pesar de la facilidad con que se cultiva, no requiere de atenciones agrotécnicas, ya que los terrenos en que se cultiva son pedregosos y la recolección de sus hojas es difícil por las características propias del cultivo.

El desfibrado del henequén o *Agave Fourcroydes Lem.*, produce anualmente miles de toneladas de residuales, cuya alta carga orgánica contamina el agua en las zonas costeras o se acumula en terrenos de la periferia de las industrias, afectando el manto freático u otros sistemas, situación que está presente en todas las henequeneras del país.

La industria henequenera en general aprovecha la fibra, desechando el jugo y la pulpa o bagazo, los cuales fermentan rápidamente creando una situación verdaderamente difícil, sin que se avizore una solución inmediata para esta problemática, para que se logre la disposición adecuada de los residuos o se aproveche el valor agregado de estos en otras producciones.

A principios de los años noventa, el país enfrentó uno de sus peores períodos, el llamado Período Especial, ese momento económicamente histórico para el pueblo cubano trajo consigo el desarrollo de la inventiva.

Muchas investigaciones sobre el jugo de henequén, sus propiedades y funciones fueron llevadas a cabo en el país, sin embargo, el poco aprovechamiento de los residuales que produce el henequén hace que el sector muestre impactos negativos en los ecosistemas de las fábricas.

A pesar de la caída de la producción henequenera en las dos últimas décadas, en Cuba, el henequén sigue siendo una de las fibras naturales de mayor calidad en el mundo y un cultivo altamente productivo en áreas ecológicas con limitaciones de agua y suelo.

La producción de fibras para cordeles, sogas, etc., es de interés mundial, para las áreas agrícolas, al igual que en otros sectores de la práctica productiva, estas fibras se obtienen fundamentalmente de plantas como los Agaves, cuya calidad está determinada por factores de tipo local, variedad de cultivo, suelos, edad de la planta, entre otros, por lo que los residuos que se obtienen con el desfibrado de las hojas condicionan a su vez su calidad a estos factores y a otros como tiempo de corte de las hojas, tratamientos para el aprovechamiento de residuales, etc.

En Cuba, el Agave *Fourcroydes Lem.*, es el más difundido, siendo el más empleado en la producción de sogas y cordeles. El proceso industrial de desfibración maneja considerables volúmenes de residuales que superan el 90% de la producción diaria, lo cual es una razón para tomar en cuenta el aprovechamiento integral de las plantaciones para hacer del proceso productivo un frente donde aplicar buenas prácticas, en el caso particular del residual líquido éste ha sido ampliamente estudiado por investigadores del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” CUJAE y otras instituciones del país.

Una de las aplicaciones encontradas para el jugo estabilizado es su capacidad como desengrasante de superficies sólidas y en el Taller Metal Mecánico de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la CUJAE se ha validado esta aplicación por más de 4 años, de cuyos resultados se ha observado que es más competitivo frente a derivados de la explotación de los crudos como el petróleo, considerando la comparación desde una dimensión ambiental y ecológica.

DESARROLLO

1. Generalidades sobre grasas y desengrase.

1.1. Características generales de los productos desengrasantes

Los desengrasantes son sustancias que sirven como limpiadores o removedores de grasas pesadas y suciedades incrustadas en cualquier superficie sólida, éstas pueden actuar con o sin necesidad de acciones mecánicas.

Los jabones y detergentes, son los desengrasantes por excelencia más conocidos y en su función eliminan la grasa y otras suciedades debido a que algunos de sus componentes son agentes activos en superficie, los cuales son denominados agentes tensioactivos.

Éstos agentes tienen una estructura molecular que actúa como un enlace entre el agua y las partículas grasas de la suciedad. La molécula produce este efecto porque uno de sus extremos es hidrófilo (atrae el agua) y el otro es hidrófobo (atraído por las sustancias no solubles en agua). El extremo hidrófilo es similar en su estructura a las sales solubles en agua. La parte hidrófoba de la molécula está formada por lo general por una cadena hidrocarbonada, que es similar en su estructura al aceite y a muchas grasas. El resultado global de esta peculiar estructura permite al jabón y al detergente reducir la tensión superficial del agua (incrementando la humectación), adherir y hacer solubles en agua, sustancias que normalmente no lo son.

Existen otros productos extraídos de fuentes frutales ó vegetales renovables que realizan una limpieza coloidal reinvirtiendo la polaridad de la superficie tratada (madera, piedra, metal, etc.); debido a la composición a base de coloides, su inhalación no produce ningún efecto nocivo además de las ventajas medioambientales que tiene. Estos productos tienen la ventaja de que al ser vertidos al alcantarillado, reactivan el proceso biológico de las depuradoras. Su aparición se fundamenta en la sustitución de los ya existentes en el mercado,

fabricados con compuestos de butil, ácidos fosfóricos y demás componentes tóxicos, nocivos para la salud y el medio ambiente, es decir, el asunto referido a la contaminación del medio ambiente ha hecho que se promueva la búsqueda de nuevos productos desengrasantes cuyas garantías ambientales sean evidentes.

La actuación de los desengrasantes sobre las grasas como sustratos a remover tiene que cumplir con eficiencia esta función se conoce que las grasas son compuestos orgánicos de estructura compleja, difíciles de eliminar sin la aplicación de productos que la remuevan, se utilizan en equipos de la industria para su conservación temporal, las que se deben eliminar al realizar las actividades de explotación para las que son diseñados estos equipos, como es el caso de las máquinas herramientas, además, durante algunos procesos de corte es necesario disponer de estas grasas para garantizar la vida útil de los mismos, la presencia de grasas en equipos y superficies metálicas tienen un fundamento desde el funcionamiento y hasta la conservación de éstos.

1.1.1. Clasificación de los desengrasantes

- Atendiendo al uso

Ligero: Para limpieza de cristales, cromo, linolium y limpiezas ligeras.

Medio: Para azulejos, acero inoxidable, maquinaria, neumáticos, puertas, ventanas, tapicería, alfombras.

Concentrado: Para limpieza de estructuras metálicas y de equipos mecánicos con rociadores de alta presión, pisos de trabajo pesado, pintura fresca, hornos.

Acción Total: Lavado de suelos y maleza contaminada con hidrocarburos, es efectivo en aceites viejos o frescos, fosas de crudo intemperizado y superficies con aceite impregnado.

El producto puede ser empleado desde su forma concentrada o en diluciones hasta de 1:30-40, dependiendo del material a eliminar o actividad a realizar.

- Según su naturaleza

1- Desengrasantes químicos

2- Desengrasantes naturales

1.1.2. Desengrasantes Químicos.

La efectividad en la limpieza y el desengrase de metales es vital para todas las industrias en las que el proceso de producción incluye la fabricación o el montaje de piezas metálicas—principalmente, las industrias de automoción, aviación, electrodomésticas y ferroviarias. Durante los diversos pasos del proceso de producción, deben limpiarse el aceite, fluidos y grasas de las piezas metálicas.

Si bien se han desarrollado y comercializado nuevos productos de limpieza, en la mayoría de los casos, los disolventes clorados que se suministran en sistemas de circuito cerrado ofrecen la mejor opción.

- **Disolventes clorados.**

Los disolventes clorados, además de su superioridad técnica, son también insuperables en términos de seguridad del lugar de trabajo, protección del medio ambiente y economía. Las emisiones pueden minimizarse mediante su utilización en sistemas de circuito cerrado.

Algunas ventajas y características:

- Elevada capacidad de disolución
- No inflamables
- Compatibles con numerosos contaminantes diferentes, como aceites, virutas metálicas y polvos metálicos.

- Resultados demostrados
- Limpieza eficiente
- Secado rápido y sin residuos
- Facilidad de recuperación
- Sistema de circuito cerrado establecido
- Bajas temperaturas de operación

Los disolventes clorados siguientes son altamente eficientes y no producen corrosión en las aplicaciones de limpieza de metales, incluida la mayoría de los equipos de aluminio.

-Disolvente de percloroetileno DOWPER™ MC. (Para la limpieza de superficies muy sucias y el desengrase de metales, incluyendo metales ligeros).

-Disolvente de percloroetileno DOWPER N°. (Calidad y alto rendimiento para equipos de limpieza cerrados, incluyendo metales ligeros).

-Disolvente de tricloroetileno HI-TRI™ SMG.(Diversas aplicaciones).

-CLORURO DE METILENO SVG-N°. (Para la limpieza de metales, incluyendo metales ligeros).

-Disolvente de tricloroetileno NEU-TRI™ E°. (Para la limpieza de metales, incluyendo metales ligeros).

-Disolvente de tricloroetileno NEU-TRI L°. (Estabilizado especialmente para el desengrase de metales ligeros).

- **Disolventes no clorados**

-Agente de limpieza y desengrase DOWCLENÉ™ 1601

1.1.3. Desengrasantes Naturales

Al realizar una amplia búsqueda de productos de este tipo a través de la literatura especializada, los reportes arrojan que no se encuentran registrados por que esta monografía centra la atención en desengrasantes de origen natural, al presentar como el jugo de henequén es capaz de remover la grasa en superficies de maquinas herramientas en un Taller Metal-Mecánico.

Se debe distinguir que en un proceso de desengrase, éste está determinado por varios factores:

1- La superficie a desengrasar

2- La grasa a eliminar

3- El producto a emplear

En epígrafe aparte se exponen la caracterización y aspectos destacables del jugo de henequén en relación con la capacidad como desengrasante natural.

1.2. Moléculas Grasas

1.2.1. Lípidos

Los lípidos son aquellas moléculas orgánicas, denominadas también biomoléculas, presentes en el tejido de los animales y las plantas. El análisis de estas fracciones ha demostrado que se encuentran diferentes tipos de compuestos orgánicos como son: Ácidos de alta masa molecular (denominados ácidos grasos), Ceras, Triglicéridos, Fosfolípidos, Glucolípidos, Terpenos, Terpenoides, Esteroles y Esteroides.

1.2.2. Clasificación de lípidos

Los lípidos pueden clasificarse de acuerdo a su estructura química, aquellos que presentan enlaces éster y pueden ser hidrolizados, tales como ceras, glicéridos se denominan lípidos hidrolizables y los que no presentan enlaces ésteres, denominados no hidrolizables en los que se encuentran los esteroides, esteroides, terpenos y terpenoides.

Los lípidos hidrolizables, se clasifican en: lípidos simples, compuestos. Los lípidos no hidrolizables se clasifican en isoprenoides y esteroides.

Los lípidos se clasifican en dependencia de las reacciones químicas que experimentan, de esta manera aquellos que reaccionan con disolución de NaOH al 40%, originando sales, se denominan lípidos saponificables, y los que no experimentan este tipo de reacción se consideran lípidos no saponificables.

1.2.3. Lípidos simples

Los lípidos simples se caracterizan por presentar la función éster, observe que producto de los efectos electrónicos presentes en el carbono, el mismo constituye un centro de baja densidad de electrones, lo que favorece las reacciones de sustitución nucleofílica.

Estas reacciones presentan un mayor grado de complejidad, debido a que los lípidos simples son compuestos que presentan varios grupos funcionales, los lípidos simples son abundantes en las plantas y animales. En las plantas superiores lignificadas se encuentran en el follaje, la corteza, ramas, semillas, flores, frutos y madera, ésta última presenta bajos contenidos de ceras y glicéridos.

1.2.4. Características estructurales

Los lípidos simples son abundantes en la naturaleza en forma de: ceras y glicéridos. Los glicéridos a su vez se encuentran en forma de grasas y aceites.

Los glicéridos están constituidos por ácidos grasos de alta masa molecular y alcoholes trihidroxilados como el propanotriol, glicerol o glicerina. Pueden presentar un grupo hidroxilo esterificado, denominados monoacilglicérido, diacilglicérido cuando presentan dos grupos hidroxilos esterificados y triacilglicérido, cuando se esterificaron los tres grupos hidroxilos.

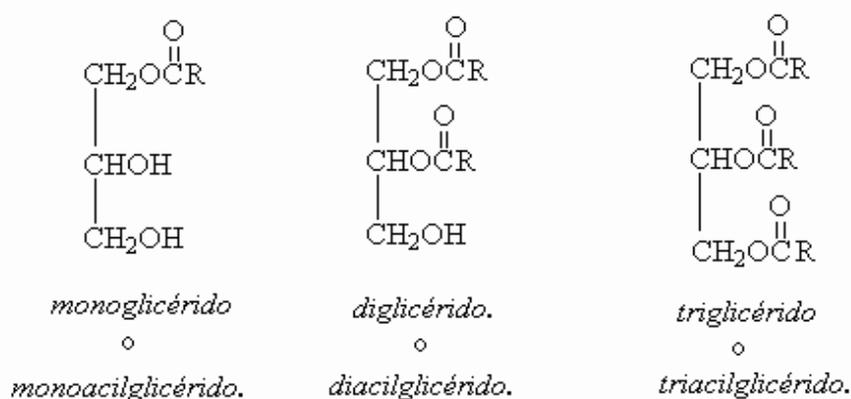


Fig. 1 Ejemplos de grupos hidroxilo esterificados.

Los glicéridos cuando presentan cadenas carbonadas saturadas reciben la denominación de grasas, todos los átomos de carbono presentan hibridación sp^3 , excepto el carbono del grupo funcional (éster), por lo que se deduce que los ácidos grasos presentes en estas estructuras son de cadenas saturadas.

Los aceites se caracterizan por presentar insaturaciones o sea la presencia de dobles o triples enlaces en las cadenas de los ácidos grasos que forman la estructura del glicérido, por tanto no todos los átomos de carbono presentan hibridación sp^3 , aparece una nueva funcionalidad, donde los átomos de carbono presentan hibridación sp^2 y diferente reactividad química, los ácidos grasos presentes son no saturados, observe que los ácidos grasos saturados presentan un empaquetamiento u ordenamiento específico en las moléculas de triglicérido lo que explica que las grasas sean sustancias sólidas, mientras que la

estereoquímica particular de los ácidos grasos que constituyen los aceites (ácidos grasos no saturados) con isomería geométrica, siendo más abundante el isómero cis, proporciona un ordenamiento espacial diferente.

Los lípidos simples son sustancias neutras, solubles en solventes orgánicos de baja polaridad, insolubles en agua, con olores característicos, su consistencia varía desde líquidos oleaginosos hasta sustancias semi-sólidas a sólidas.

Sus propiedades tales como acidez y grado de saturación, facilidad de saponificación están relacionadas con su estructura química.

Estas propiedades se pueden determinar mediante los siguientes índices:

- ✓ **Índice de yodo:** gramos de yodo que se adicionan a 100g de grasa o aceite, mide el grado de saturación de la grasa o aceite.
- ✓ **Índice de acidez:** es el número de miligramos de hidróxido de potasio que se necesitan para neutralizar 1g de grasa o aceite, es una medida de la acidez de los lípidos simples.
- ✓ **Índice de saponificación:** miligramos de hidróxido de potasio que se necesitan para saponificar 1g de grasa o aceite.

Los ácidos presentes en la estructura de los lípidos simples, son ácidos monocarboxílicos, presentando un grupo carboxilo y cadenas que varían en longitud desde 4 hasta 40 átomos de carbono, siendo los más abundantes en la naturaleza los ácidos de 16 a 18 átomos de carbono. Los ácidos se clasifican en saturados y no saturados, son abundantes en el grano del maíz, frijol de soya, grasa humana y animal.

1.2.5. Isomería de los ácidos grasos de los lípidos simples

Los ácidos grasos no saturados, pueden presentarse en la naturaleza con una insaturación, con dos o más insaturaciones e inclusive pueden presentar otros grupos funcionales tales como el grupo hidroxilo.

Los ácidos grasos no saturados presentan un doble enlace entre los átomos de carbono 9 y 10, y esta insaturación es responsable de la presencia de isómeros geométricos (*cis-trans*). Encontrándose estos ácidos en dos formas diasterómeras diferentes.

En la naturaleza se pueden encontrar con dos y tres dobles enlaces y los mismos presentan este tipo de estereoisomería con un mayor grado de complejidad.

Los ácidos carboxílicos, que se presentan en la naturaleza, como constituyente de las ceras y los glicéridos pueden presentar diferentes longitudes de las cadenas y grupos funcionales diferentes al grupo carboxilo.

1.3. Grasas y desengrase

El tipo más común de grasa es aquél en que tres ácidos grasos están unidos a la molécula de glicerina, recibiendo el nombre de triglicéridos o triacilglicéridos.

Los triglicéridos sólidos a temperatura ambiente son denominados grasas, mientras que los que son líquidos son conocidos como aceites. Mediante un proceso tecnológico denominado *hidrogenación catalítica*, los aceites se tratan para obtener mantecas o grasas hidrogenadas. Aunque actualmente se han reducido los efectos indeseables de este proceso, dicho proceso tecnológico aún tiene como inconveniente la formación de ácidos grasos cuyas insaturaciones (dobles enlaces) son de configuración *trans*. Químicamente, las grasas son generalmente triésteres del glicerol y ácidos grasos.

Las grasas pueden ser sólidas o líquidas a temperatura ambiente, dependiendo de su estructura y composición, ellas forman una categoría de lípidos, que se distingue de otros lípidos por su estructura química y propiedades físicas. Esta categoría de moléculas es importante para muchas formas de vida, cumpliendo funciones tanto estructurales como metabólicas. Estos constituyen una parte muy importante de la dieta de la mayoría de los heterótrofos (incluyendo los humanos).

1.3.1. Tipos de grasas

En función del tipo de ácidos grasos que formen predominantemente las grasas, y en particular por el grado de insaturación (número de enlaces dobles o triples) de los ácidos grasos, podemos distinguir:

- **Grasas saturadas:** formadas mayoritariamente por ácidos grasos saturados. Este tipo de grasas es sólida a temperatura ambiente. Las grasas formadas por ácidos grasos de cadena larga (más de 8 átomos de carbono), como los ácidos láurico, mirístico y palmítico, se consideran que elevan los niveles plasmáticos de colesterol asociado a las lipoproteínas LDL. Sin embargo, las grasas saturadas basadas en el esteárico tienen un efecto neutro. Ejemplos: sebos y mantecas.

- **Grasas insaturadas:** formadas principalmente por ácidos grasos insaturados como el oleico o el palmitoleico. Son líquidas a temperatura ambiente y comúnmente se les conoce como *aceites*. Pueden ser por ejemplo el aceite de oliva, de girasol, de maíz. Las grasas insaturadas pueden subdividirse en:
 - Grasas monoinsaturadas: Se encuentran en el aceite de oliva, el aguacate, y algunos frutos secos.

- Grasas poliinsaturadas: formadas por ácidos grasos de las series omega-3, omega-6. Se encuentran en la mayoría de los pescados azules (bonito, atún, salmón, etc.), semillas oleaginosas y algunos frutos secos (nuez, almendra, avellana, etc.).
- **Grasas trans:** Se obtienen a partir de la hidrogenación de los aceites vegetales, por lo cual pasan de ser insaturadas a saturadas, y a poseer la forma espacial de trans, por eso se llaman ácidos grasos trans.

1.3.2. La oxidación biológica de las grasas.

Es un proceso que se produce en las plantas y animales en la cual se obtiene energía metabólicamente aprovechable para los procesos que se requieren en el organismo animal o vegetal, la misma se diferencia de las reacciones que se practican en el laboratorio es una reacción bioquímica que ocurre a nivel celular. Por tanto se entenderá que los catalizadores usuales en estas transformaciones, son catalizadores biológicos denominados enzimas, para reconocer que se trata de una enzima observe que presenta la terminación asa.

El proceso de degradación u oxidación biológica, también conocido como β -oxidación, se reconoce en bioquímica como el proceso de catabolismo.

El catabolismo de las grasas y aceites (triglicéridos), comienza con la hidrólisis para formar glicerol y ácidos grasos. Los ácidos grasos son catabolizados mediante el proceso de la β - oxidación que consta de cuatro etapas y este proceso se produce repetitivamente hasta degradación total de la molécula.

Etapas de la β - oxidación:

- A. Dos átomos de hidrógeno provenientes de los carbonos 2 y 3 son removidos para formar el éster α , β -insaturado. Esta es una reacción de deshidrogenación u oxidación.

- B. Se produce la adición de agua al doble enlace carbono- carbono, para producir el éster β -hidroxilado.
- C. Ocurre una oxidación del grupo hidroxilo del carbono β , obteniéndose el β -cetoacilCoA.
- D. La ruptura de la cadena, que se produce por átomo de carbono β , origina el acetilCoA y un ácido de dos átomos de carbono menos el cual origina acilCoA cuando interviene otra molécula de la CoA.

El proceso de degradación u oxidación biológica, también conocido como β -oxidación, se reconoce en bioquímica como el proceso de catabolismo.

El catabolismo de las grasas y aceites (triglicéridos), comienza con la hidrólisis para formar glicerol y ácidos grasos. Los ácidos grasos son catabolizados mediante el proceso de la β - oxidación que consta de cuatro etapas y este proceso se produce repetitivamente hasta degradación total de la molécula.

La degradación de los ácidos grasos es la degradación de los triglicéridos porque es así como se almacenan las mismas, transcurre mediante un mecanismo que consta de tres pasos, las vías posibles para que este proceso degradativo de la grasa tenga lugar se puede encaminar por diferentes vías, las que no absolutizando pueden ser las responsables de la descomposición o encapsulación de las grasas:

1. Movilización de triglicéridos.
2. Introducción de los ácidos grasos en el orgánulo donde se degradarán.
3. Degradación de la molécula de ácidos grasos (β -oxidación de los ácidos grasos).

1.3.3. Grasas como preservos

Normalmente los mecanismos de la mayoría de las maquinarias se engrasan o lubrican para disminuir las fricciones y en consecuencia la rotura de los mismos, ocasionando que en las superficies de estas máquinas se depositen restos de grasa que por la propia actividad productiva impregna la superficie metálica.

1.3.4. Engrase general de mecanismos

La industria y su mercado convencional disponen de un amplio surtido de grasas lubricantes para diversos usos, como ejemplo se cita a **Celen Química** porque dispone de una amplia gama de grasas lubricantes que cubren la mayoría de necesidades de la industria moderna, con el propósito de conservar las diferentes piezas y maquinarias que deben mantener durante su explotación las características que le permiten continuar en uso o en espera de ser usadas.

PQL LI GREASE. (Grasa lítica multifuncional para aplicaciones de engrase en general).

PQL LI GREASE EP. (Grasa lítica multifuncional con aditivos de Extrema Presión. Indicada para mecanismos sometidos a fuertes cargas, buena resistencia al agua. Disponible en diversas consistencias NLGI).

PQL Mobi GREASE EP. (Grasa lítica con aditivos de Extrema Presión y Bisulfuro de Molibdeno. Excelentes propiedades lubricantes, indicada para elementos sometidos a fuertes cargas y esfuerzos. Disponible en diversas consistencias NLGI).

PQL SEA GREASE. (Grasa con aceite semisintético muy adherente, alto poder anticorrosivo y alta resistencia al agua. Adecuada en ambientes marinos. Recomendada para velocidades de trabajo medias/bajas. Disponible en diversas consistencias NLGI).

PQL SIL GREASE. (Grasa de silicona para la lubricación de metales en contacto con plásticos. Indicada para trabajar a diversas temperaturas de entre -40 C° a 200 C°. Disponible en diversas consistencias NLGI).

- **Líquidos para el desengrase de máquinas herramientas.**

ZAKA PERCLO. (Desengrasante grado alimentario base solvente, no clorado, para máquinas, herramientas y piezas mecánicas).

ZAKA ROCA BOOM. (Abrillantador y desincrustante de Aluminio, acero inoxidable y metales blancos. Contiene inhibidores de corrosión).

M. P. (Desengrasante MUY POTENTE para grasas pesadas).

M. P. LIMÓN. (Desengrasante MUY POTENTE para acero inoxidable, Aluminio y otras superficies).

TRANS CLEAN. (Desengrasante pesado para motores. Para motores, transmisiones y otras partes mecánicas automotrices (quinta rueda, baleros, etc.).

TRANS CLEAN ORANGE. (Desengrasante orgánico para motores con aroma a naranja. Para motores, transmisiones y otras partes mecánicas automotrices (quinta rueda, baleros, etc.).

ECO SURE. (Desengrasante ecológico para motores y pisos de talleres mecánicos).

M .P. METAL. (Desengrasante alcalino MUY POTENTE para piezas metálicas manual y por inmersión. Elimina todo tipo de grasas y aceites en la industria Metalmecánica).

ZAKA LUMI. (Desengrasante, desincrustante y abrillantador de acero inoxidable, Aluminio y metales blancos. Devuelve el brillo natural a las superficies metálicas).

DIELIL. (Desengrasante dieléctrico sin Flash Point para limpieza en máquinas, motores y piezas mecánicas).

ZAKADIEL. (Desengrasante dieléctrico de 20,000 v).

ZAKAELECTRIC 35. (Desengrasante dieléctrico de 35,000 v).

ZAKA MORO. (Desengrasante y descabonizante dieléctrico de 45 Kv).

ZAKA TRONIK. (Desengrasante dielectrónico de 35,000 v).

1.3.5. Ensayos de desengrase

Los ensayos de desengrase en piezas, mecanismos, maquinarias, etc., dentro de su etapa de mantenimiento está prevista la limpieza y desengrase de la superficie metálica, por lo que se han ensayado diversas formas de realizar la acción y procedimiento para los desengrases con el empleo de productos auxiliares como los desengrasantes, en ciertos casos llegan a ser métodos específicos en función de la acción esperada entre el desengrasante y la grasa a remover durante la ejecución del proceso de limpieza, sin embargo, esta operación de desengrase que se expone a continuación es una metodología sencilla y generalizada pero no es la única recomendada, ni menos aún reportada.

- 1- Se aplica el desengrasante en la superficie a limpiar y su selección dependerá del grado de complejidad de la grasa a remover (ligera como los aceites lubricantes, media o semi sólida, gruesa o de solidez extrema).
- 2- Se coloca por un corto tiempo según especificaciones del fabricante.
- 3- Se remueve la grasa por acción mecánica utilizando estopas o paños.

4- Se lava la superficie con agua clara y se observa si la humectación de la superficie contiene restos de la grasa.

Este procedimiento se ha propuesto al revisar múltiples documentos para esta actividad encontrados en Internet. No resulta una guía estricta, pues puede incorporar o eliminar pasos de los orientados dependiendo de la superficie a limpiar, tipo de grasa a eliminar o degradar y producto desengrasante empleado.

1.3.6. Degradación de grasas

Para degradar una grasa se pueden encontrar diferentes mecanismos de actuación, entre los que se destacan los procesos dominados por emulsificación mediante encapsulación durante la formación de emulsiones de acuerdo con el sistema disperso en cuestión, saponificación de grasas en un medio fuertemente alcalino o la acción enzimática, y/o la vía enzimática cuando se hace referencia a un desengrasante natural en cuya composición esté demostrada la presencia de enzimas, según la función específica, esta vía es un recurso apropiado para la degradación de ciertas grasas; cada una de estas vías tiene especificidades para lograr una degradación de las grasas convenientemente, pueden existir otras explicaciones en este sentido, en la literatura consultada aunque no se integran estas vías, es oportuno mencionarlas como posibles para explicar el fenómeno.: Formación de emulsiones que constituye un encapsulamiento de la moléculas grasas, saponificación, responde este mecanismo mediante transformaciones químicas y degradación enzimática, proceso físico-químico-bioquímico, en este documento se aborda más detalladamente la degradación de las grasas por la vía enzimática.

1.4. Emulsiones

1.4.1. Formación de emulsión

Una emulsión es una mezcla de dos fases, puede tratarse de dos líquidos, hidrófilo e hidrófobo, con uno de los líquidos disperso dentro del segundo líquido, o bien, un sistema disperso sólido- líquido, gas-líquido, gas-sólido.

Ejemplo de emulsiones

1. Cosméticos: cremas, desodorantes, etc.
2. Farmacéuticos: diferentes productos, especialmente los que orientan "agite antes de usar".
3. Alimentos: mayonesa, mostaza, margarina.
4. Agricultura: pesticidas
5. Industria de Pinturas
6. Industria de Adhesivos
7. Detergentes limpiadores
8. Industria textil: acabado y teñido

1.4.2. Proceso de emulsificación

La emulsificación es un procedimiento de reducción de tamaño en el cual se mezclan íntimamente dos o más líquidos mutuamente insolubles, uno de ellos

como fase dispersa o discontinua, constituida por pequeñas gotas finamente divididas y el otro siendo el medio dispersante o continuo, que forma la matriz en la cual se suspenden las gotas; donde casi siempre una de las fases inmiscibles suelen ser de naturaleza acuosa.

En la facilidad de reducción de tamaños de la emulsificación y en el mantenimiento o conservación de este estado (estabilidad) influyen en gran proporción diversos factores, entre los que se pueden citar:

- * Tensión interfase Líquido-Líquido
- * Carga eléctrica sobre los diferentes glóbulos
- * Viscosidad de la película en la cara de separación o interfase Líquido-Líquido

Existen en general dos vías por las que se puede conseguir la emulsificación:

- a. **Fuerza bruta:** Es la más práctica en la mayor parte de las emulsiones considerándose una mezcla vigorosa. En este caso existen diferentes métodos para conseguir la emulsión, agitación ultrasónica es la más utilizada en las últimas décadas.
- b. **Persuasión:** Se piensa que las mejores emulsiones se puedan hacer por este método. Esta se corresponde con una vía espontánea de ahí que se alcance la mayor estabilidad en la emulsión formada.

1.5. Saponificación

El término saponificación significa la hidrólisis de un éster para dar el correspondiente alcohol y ácido o sal.



Aplicado a las grasas, denota la reacción entre álcali y grasa, dando como resultado la formación de jabón (*sal alcalina de ácidos grasos*) y glicerina.

El índice de saponificación se expresa como miligramos de hidróxido de potasio necesario para saponificar un gramo de grasa, y es una evaluación directa de la cantidad de ácidos grasos tanto en forma de ésteres como ácidos grasos libres. En la obtención de este índice se hidrolizan los ésteres en medio alcalino, lo que se denomina saponificación⁹.

Es importante tomar todas las precauciones necesarias para tener la seguridad de que la reacción de saponificación ha sido completa. Esto suele ocurrir particularmente cuando se analizan muestras sin tener un conocimiento previo del índice de saponificación de las mismas.

Puesto que no hay camino conocido por el que pueda juzgarse con certeza que la reacción ha sido total, es esencial que las condiciones sean las suficientes para asegurar la totalidad de la reacción. Son esenciales una completa claridad y homogeneidad de la solución y, tanto la una como la otra, sirven como indicadores parciales de una saponificación completa. Se juzga que la reacción ha sido completa cuando no hay aumento en los índices de saponificación entre dos porciones sucesivas.

Aún así, esto no es un criterio absoluto de precisión, porque con unos alcoholes se obtienen valores más altos que con otros. La presencia de cantidades excepcionalmente grandes de materia insaponificable, retarda la reacción.

1.6. Enzimas

Para entender el mecanismo de la acción enzimática, primeramente hay que saber qué es un enzima.

Las enzimas son proteínas altamente especializadas que tienen como función la catálisis o regulación de la velocidad de las reacciones químicas que se llevan a cabo en los seres vivos, sin embargo, en productos naturales su presencia tiene lugar, y muchas veces intervienen en las reacciones químicas puesto que productos de este tipo sufren transformaciones químicas y/o bioquímicas en función de factores inherentes a la composición de éste.

Las enzimas catalizan reacciones químicas, siempre que sea termodinámicamente posible (si bien pueden hacer que el proceso sea más termodinámicamente favorable) ^{[1][2]}. En estas reacciones, las enzimas actúan sobre unas moléculas denominadas sustratos, las cuales se convierten en moléculas diferentes denominadas productos, y a estas reacciones se les denomina reacciones enzimáticas.

Como todos los catalizadores, las enzimas funcionan disminuyendo la energía de activación (ΔG^+) de una reacción, de forma que se acelera sustancialmente la tasa de reacción.

Las enzimas no alteran el balance energético de las reacciones en que intervienen, ni modifican el equilibrio de la reacción, pero consiguen acelerar el proceso incluso millones de veces. Una reacción que se produce bajo el control de una enzima, o de un catalizador en general, alcanza el equilibrio mucho más deprisa que la correspondiente reacción no catalizada.

Al igual que ocurre con otros catalizadores, las enzimas no son consumidas por las reacciones que catalizan, ni alteran su equilibrio químico. Sin embargo, las enzimas difieren de otros catalizadores por ser más específicas. Las enzimas catalizan alrededor de 4.000 reacciones bioquímicas distintas ^[3]. No todos los catalizadores bioquímicos son proteínas. También cabe nombrar unas moléculas sintéticas denominadas enzimas artificiales capaces de catalizar reacciones químicas como las enzimas clásicas ^[4].

1.6.1. Clasificación y nomenclatura de enzimas

Cien años atrás solo se conocían enzimas, muchas de estas, catalizaban la hidrólisis de enlaces covalentes. Algunas enzimas, de manera especial las que fueron descubiertas en un principio, recibieron nombres ligados más bien a su sitio de procedencia anatómica que no siguen ninguna regla ni sistema.

Al descubrir nuevas enzimas y proceder a su caracterización estricta se aplicaron reglas de nomenclatura basadas en el nombre del sustrato atacado, o en el tipo general de sustrato, o en la reacción catalizada y se ha añadido convencionalmente, la terminación -asa.

Actualmente al nombrar una enzima se enfatiza en la reacción química catalizada que es la propiedad específica que caracteriza a cada enzima, las cuales se agrupan en clases, porque catalizan procesos semejantes, y en subclases que especifican con mayor exactitud la reacción particular considerada. En general, las enzimas reciben un nombre de acuerdo con el sustrato o los sustratos que participan en la reacción seguido por el tipo de reacción catalizada, y por fin, la terminación -asa. A menudo los nombres así obtenidos resultan largos y complejos, por lo que es muy difícil que en la práctica se pueda excluir el uso de los nombres triviales, consagrados por la costumbre. Sin embargo, con fines de sistematización, se reconoce la necesidad de aceptar el nuevo sistema. Aunque su claridad y carencia de ambigüedad recomiendan al sistema de nomenclatura IUB (Unión Internacional de Bioquímica), para trabajos de investigación, nombres más ambiguos. Por esta razón, a continuación solo se presenta principios generales del sistema IUB:

1- *Oxido-reductasas*: Son las enzimas relacionadas con las oxidaciones y las reducciones biológicas que intervienen de modo fundamental en los procesos de respiración y fermentación. Las oxidoreductasas son importantes a nivel de algunas cadenas metabólicas, como la escisión enzimática de la glucosa, fabricando también el ATP, verdadero almacén de energía. En esta clase se encuentran las subclases *Deshidrogenasas* y *Oxidasas*.

2- Las *Transferasas*: Estas enzimas catalizan la transferencia de una parte de la molécula (dadora) a otra (aceptora). Su clasificación se basa en la naturaleza química del sustrato atacado y en la del aceptor. También este grupo de enzimas actúan sobre los sustratos mas diversos, transfiriendo grupos metilo, aldehído, glucosilo, amina, sulfató, sulfúrico, etc.

3- Las *Hidrolasas*: Esta clase de enzimas actúan normalmente sobre las grandes moléculas del protoplasma, como son la de glicógeno, las grasas y las proteínas. La acción catalítica se expresa en la escisión de los enlaces entre átomos de carbono y nitrógeno (C-N) o carbono oxígeno (C-O); simultáneamente se obtiene la hidrólisis (reacción de un compuesto con el agua) de una molécula de agua. La clasificación de estas enzimas se realiza en función del tipo de enlace químico sobre el que actúan.

4- Las *Isomerasas*: Transforman ciertas sustancias en otras isómeras, es decir, de idéntica fórmula empírica pero con distinto desarrollo. Son las enzimas que catalizan diversos tipos de isomerización, sea óptica, geométrica, funcional, de posición, etc. Se dividen en varias subclases.

5- Las *Liasas*: Estas enzimas escinden (raramente construyen) enlaces entre átomos de carbono, o bien entre carbono y oxígeno, carbono y nitrógeno, y carbono y azufre. Los grupos separados de las moléculas que de sustrato son casi el agua, el anhídrido carbónico, y el amoníaco. Algunas liasa actúan sobre compuestos orgánicos fosforados muy tóxicos, escindiéndolos; otros separan el carbono de numerosos sustratos.

6- Las *Ligasas*: Es un grupo de enzimas que permite la unión de dos moléculas, lo cual sucede simultáneamente a la degradación del ATP, que, en rigor, libera la energía necesaria para llevar a cabo la unión de las primeras. La acción de estas enzimas se manifiesta con la formación de enlaces entre átomos de carbono y oxígeno de diversas moléculas, bien entre carbono y azufre, carbono y nitrógeno y carbono y carbono. Las ligasas utilizan siempre, para el proceso de reacción, la energía proporcionada por el ATP o compuestos homólogos que son

degradados, Por consiguiente las enzimas de esta clase son los únicos que intervienen en reacción no espontánea desde un punto de vista termodinámico.

Dentro de este gran grupo de enzimas las únicas capaces de degradar u oxidar las grasas son las *Hidrolasas*, enzimas encargadas de la hidrolización de los lípidos; y dentro de esta clase específicamente las *lipasas* que son las que actúan sobre los enlaces lipídicos que unen a los ácidos grasos constituyentes de los triglicéridos.

1.6.2. Acción enzimática

La actividad de las enzimas puede ser afectada por otras moléculas. Los inhibidores enzimáticos son moléculas que disminuyen o impiden la actividad de las enzimas, mientras que los activadores son moléculas que incrementan dicha actividad. Asimismo, gran cantidad de enzimas requieren de cofactores para su actividad. Igualmente, la actividad es afectada por la temperatura, el pH, la concentración de la propia enzima y del sustrato, y otros factores físico-químicos.

Algunas enzimas son usadas comercialmente, por ejemplo, en la síntesis de antibióticos y productos domésticos de limpieza. Además, son ampliamente utilizadas en diversos procesos industriales, como son la fabricación de alimentos, tejidos elastizados, producción de Biocombustible, entre otras.

Una enzima, por sí misma, no puede llevar a cabo una reacción, su función es modificar la velocidad de la reacción, entendiéndose como tal **la cantidad de producto formado por unidad de tiempo**. Tal variación se debe a la disminución de la energía de activación **E_a**; en una reacción química, la **E_a** es la energía necesaria para convertir los reactivos en formas moleculares inestables denominadas especies en estado de transición, que poseen mayor energía libre que los reactivos y los productos.

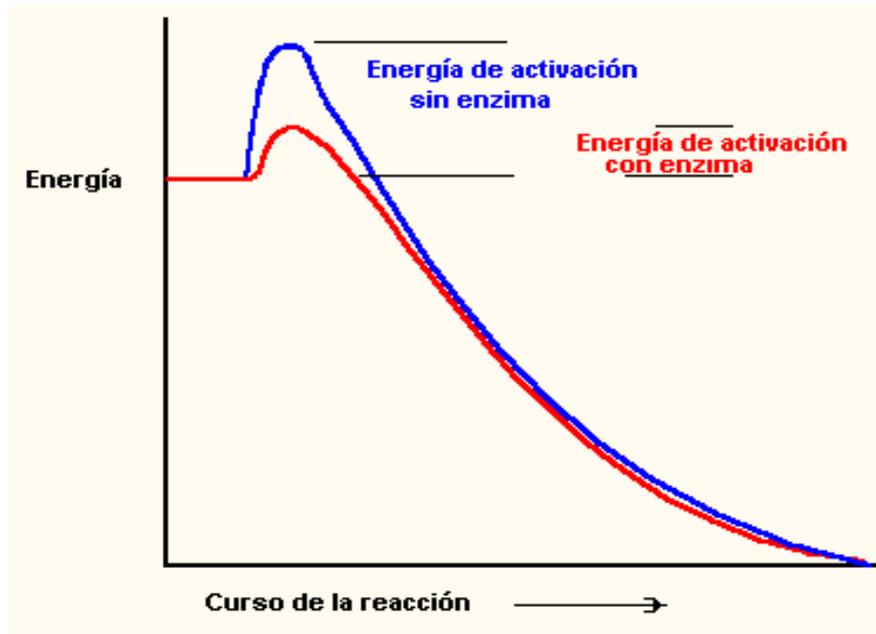
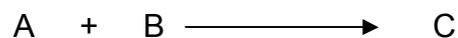


Fig. 2 Cinética de reacción modificada por una enzima

En la **Fig. 2**, están representados los niveles de energía, durante el curso de la reacción, de moléculas que intervienen en una reacción tipo:



La **curva azul** muestra el curso de la reacción en ausencia de una enzima que facilite la reacción, mientras que **la curva roja** la muestra en presencia de la enzima específica de la reacción.

La diferencia en el nivel de energía entre el estado inicial y la necesaria para iniciar la reacción (**picos de las curvas**) es la energía de activación. Tal como se observa la presencia de enzima baja la energía de activación.

El complejo Enzima- sustrato posee menor energía de activación que las especies en estado de transición que la correspondiente reacción no catalizada.

- **Cómo realiza la acción una enzima?**

- **Orienta a los sustratos:** parte de la energía de activación se utiliza para que los sustratos roten y se enfrenten con los átomos correctos para formar los enlaces.

- **Agregan cargas a los sustratos:** las cadenas laterales (R) de los aminoácidos de las enzimas pueden participar directamente haciendo a los sustratos químicamente más reactivos.

- **Inducen la deformación en el sustrato:** cuando una sustancia se une al sitio activo, la enzima puede causar que los enlaces se estiren, poniéndolo en un estado de transición inestable.

- **Cambio de forma de la enzima al unirse al sustrato:** el modelo de llave-cerradura de Fisher fue actualizado cuando se descubrió que las enzimas son flexibles y sus sitios activos pueden cambiar (expandirse) para acomodarse a sus sustratos. Este cambio de forma causado por la unión al sustrato se denomina **ajuste inducido**.

1.6.3. Mecanismos de control de la actividad enzimática

Temperatura: Si se suministra a una reacción enzimática energía en forma de calor, al ser captada por las moléculas es transformada en energía cinética. Ello favorece la movilidad de estas moléculas y por tanto el número de encuentros se incrementa.

Si la temperatura es excesiva, la enzima, cuya estructura es proteínica, se desnaturaliza perdiendo totalmente sus propiedades, de forma que la actividad enzimática cesa.

pH: Todas las enzimas tienen dos valores límite de pH entre los cuales son efectivas. Traspasados estos valores, la enzima se desnaturaliza y deja de actuar. Entre estos dos valores extremos se sitúa un pH en el cual la enzima alcanza una efectividad máxima: Es el llamado pH óptimo. Este es independiente del punto isoeléctrico de la molécula enzimática, es decir, cuando ésta no tiene carga global, ya que hay tantos radicales ácidos como básicos.

El pH óptimo está condicionado por el tipo de enzima y de sustrato, debido a que el pH influye en el grado de ionización de los radicales del sustrato.

Concentración salina: al igual que en los casos anteriormente mencionados, la concentración de sales del medio es crucial para una óptima actividad enzimática. Una elevada concentración o una ausencia de sales en el medio pueden impedir la actividad enzimática, ya que las enzimas precisan de una adecuada concentración de iones para mantener su carga y su estructura.

Concentración del sustrato: En toda reacción enzimática, si se incrementa la concentración del sustrato se produce un aumento de la velocidad de formación del producto, tendente a restablecer el equilibrio químico entre la concentración del sustrato y la del producto.

En este proceso la enzima no varía. Se puede explicar considerando que, al abundar más las moléculas del sustrato, son más probables los encuentros o choques entre estas moléculas y la enzima. Si la concentración del sustrato es excesiva, la velocidad de reacción no aumentará, debido a que todas las enzimas están en forma de complejo (E-S).

En ciertos casos se producirá un tipo de inhibición enzimática en la que dos sustratos se unen a la vez a la enzima, inutilizándola.

Activadores: Algunos iones favorecen la unión de la enzima con el sustrato; por ejemplo, la enzima fosforilasa, que regula la formación de ATP a partir de ADP y un grupo fosfato (H_3PO_4) y que se suele representar como P_i (Fosfato orgánico), se ve activada por la presencia de iones magnesio Mg^{+2} .

Inhibidores: Los inhibidores son moléculas que regulan la actividad enzimática, inhibiendo su actividad.

A grandes rasgos, pueden clasificarse en reversibles e irreversibles. Las irreversibles se unen covalentemente a la enzima sin posibilidad de revertir la modificación, siendo útiles en farmacología.

Las reversibles se unen de forma reversible a la enzima, pudiendo clasificarse a su vez, según la forma en que intervienen en la reacción, en competitivas, acompetitivas y mixtas.

Habitualmente, por su amplia presencia en multitud de procesos, se habla también de inhibición no competitiva, que en realidad no es más que una variante de la ya mencionada inhibición mixta. Sin embargo, por sus características se suele presentar como opuesta a la competitiva, con la que es comparada frecuentemente.

- **Inhibición competitiva:** el sustrato y el inhibidor no se pueden unir a la misma enzima al mismo tiempo. Esto generalmente ocurre cuando el inhibidor tiene afinidad por el sitio activo de una enzima en el cual también se une el sustrato; el sustrato y el inhibidor *compiten* para el acceso al sitio activo de la enzima. Este tipo de inhibición se puede superar con concentraciones suficientemente altas del sustrato, es decir, dejando fuera de competición al inhibidor.

En la inhibición competitiva la velocidad máxima de la reacción no varía, pero se necesitan concentraciones más elevadas de sustrato para alcanzar una determinada velocidad, incrementándose así la K_m aparente.

- **Inhibición acompetitiva:** el inhibidor no puede unirse a la enzima libre, sino únicamente al complejo enzima-sustrato (ES). Una vez formado el complejo con el inhibidor (EIS) la enzima queda inactiva. Este tipo de inhibición es poco común, pero puede darse en enzimas multiméricas.
- **Inhibición no competitiva:** es una forma de inhibición mixta donde la unión del inhibidor con la enzima reduce su actividad pero no afecta la unión con el sustrato. Como resultado, el grado de inhibición depende solamente de la concentración de inhibidor, independientemente de la concentración de sustrato, con lo que varía el valor de la V_{max} aparente. Sin embargo, como el sustrato aún puede unirse a la enzima, el valor de K_m no varía.
- **Inhibición mixta:** el inhibidor se puede unir a la enzima al mismo tiempo que el sustrato. Sin embargo, la unión del inhibidor afecta la unión del sustrato, y viceversa.

Este tipo de inhibición se puede reducir, pero no superar al aumentar las concentraciones del sustrato. Aunque es posible que los inhibidores de tipo mixto se unan en el sitio activo, este tipo de inhibición resulta generalmente de un efecto alostérico donde el inhibidor se une a otro sitio que no es el sitio activo de la enzima. La unión del inhibidor con el sitio alostérico (zonas de la enzima con capacidad de reconocer y unir determinadas moléculas en la célula; las uniones a las que dan lugar son débiles y no covalentes, y generan un cambio en la conformación estructural de la enzima que repercute en el sitio activo, afectando así a la velocidad de reacción de la enzima; y estas interacciones pueden tanto inhibir como activar enzimas) cambia la conformación (es decir, la estructura terciaria) de la enzima de modo que la afinidad del sustrato por el sitio activo se reduce.

En muchos organismos, los inhibidores pueden actuar como parte de un mecanismo de realimentación. Si una enzima produce una sustancia en demasiada cantidad en el organismo, esta misma sustancia podría actuar como un inhibidor de la enzima al inicio de la ruta que lo produce, deteniendo así dicha producción cuando haya una cantidad suficiente de la sustancia en cuestión. Este sería una forma de realimentación negativa.

Las enzimas que se encuentran sujetas a este tipo de regulación suelen ser multiméricas y poseer sitios alostéricos donde se unen sustancias reguladoras. Hay inhibición cuando disminuye la actividad y la eficacia de una enzima. Las sustancias distintas del sustrato que tienen este efecto se denominan inhibidores (*I*). La inhibición irreversible o envenenamiento de la enzima tiene lugar cuando el inhibidor se fija permanentemente al centro activo inutilizándolo al alterar su estructura. La inhibición reversible tiene lugar cuando no se inutiliza el centro activo, sino que solo se impide su normal funcionamiento.

1.6.4. Estructuras y mecanismos

Las enzimas son generalmente proteínas globulares que pueden presentar tamaños muy variables, desde 62 aminoácidos como en el caso del monómero de la 4-oxalocrotonato tautomerasa ^[5], hasta los 2.500 presentes en la sintasa de ácidos grasos ^[6].

Las actividades de las enzimas vienen determinadas por su estructura tridimensional, la cual viene a su vez determinada por la secuencia de aminoácidos ^[7]. Sin embargo, aunque la estructura determina la función, predecir una nueva actividad enzimática basándose únicamente en la estructura de una proteína es muy difícil, y un problema aún no resuelto ^[8].

Casi todas las enzimas son mucho más grandes que los sustratos sobre los que actúan, y solo una pequeña parte de la enzima (alrededor de 3 a 4 aminoácidos) está directamente involucrada en la catálisis ^[9]. La región que contiene estos residuos encargados de catalizar la reacción es denominada *centro activo*.

Las enzimas también pueden contener sitios con la capacidad de unir cofactores, necesarios a veces en el proceso de catálisis, o de unir pequeñas moléculas, como los sustratos o productos (directos o indirectos) de la reacción catalizada. Estas uniones de la enzima con sus propios sustratos o productos pueden incrementar o disminuir la actividad enzimática, dando lugar así a una regulación por retroalimentación positiva o negativa, según el caso.

La mayoría de las enzimas, al igual que el resto de las proteínas, pueden ser desnaturalizadas si se ven sometidas a agentes desnaturalizantes como el calor, los pH extremos o ciertos compuestos. Estos agentes destruyen la estructura terciaria de las proteínas de forma reversible o irreversible, dependiendo de la enzima y de la condición.

- Especificidad

Las enzimas suelen ser muy específicas tanto del tipo de reacción que catalizan como del sustrato involucrado en la reacción. La forma, la carga y las características hidrofílicas/hidrofóbicas de las enzimas y los sustratos son los responsables de dicha especificidad. Las enzimas también pueden mostrar un elevado grado de estereoespecificidad, regioselectividad y quimioselectividad^[10].

- **Modelo de la "llave-cerradura"**

Las enzimas son muy específicas, como sugirió Emil Fisher en 1894. Con base a sus resultados dedujo que ambas moléculas, enzima y sustrato, poseen complementariedad geométrica, es decir, sus estructuras encajan exactamente una en la otra^[11], por lo que ha sido denominado como modelo de la "llave-cerradura", refiriéndose a la enzima como a una especie de cerradura y al sustrato como a una llave que encaja de forma perfecta en dicha cerradura. Sin embargo, si bien este modelo explica la especificidad de las enzimas, falla al intentar explicar la estabilización del estado de transición que logran adquirir las enzimas.

- **Modelo del encaje inducido**

En 1958 Daniel Koshland sugiere una modificación al modelo de la llave-cerradura: las enzimas son estructuras bastante flexibles y así el sitio activo podría cambiar su conformación estructural por la interacción con el sustrato.^[12] Como resultado de ello, la cadena aminoacídica que compone el sitio activo es moldeada en posiciones precisas, lo que permite a la enzima llevar a cabo su función catalítica.

En algunos casos el sustrato cambia ligeramente de forma para entrar en el sitio activo ^[13]. El sitio activo continúa dicho cambio hasta que el sustrato está completamente unido, momento en el cual queda determinada la forma y la carga final ^[14].

- Mecanismos

Las enzimas pueden actuar de diversas formas, aunque, como se verá a continuación, siempre dando lugar a una disminución del valor de ΔG^+ ^[15]:

- Reducción de la energía de activación mediante la creación de un ambiente en el cual el estado de transición es estabilizado (por ejemplo, forzando la forma de un sustrato: la enzima produce un cambio de conformación del sustrato unido el cual pasa a un estado de transición, de modo que se reduce la cantidad de energía que precisa para completar la transición).
- Reduciendo la energía del estado de transición, sin afectar la forma del sustrato, mediante la creación de un ambiente con una distribución de carga óptima para que se genere dicho estado de transición.
- Proporcionando una ruta alternativa. Por ejemplo, reaccionando temporalmente con el sustrato para formar un complejo intermedio enzima/sustrato (ES), que no sería factible en ausencia de enzima.

- Reduciendo la variación de entropía necesaria para alcanzar el estado de transición (energía de activación) de la reacción mediante la acción de orientar correctamente los sustratos, favoreciendo así que se produzca dicha reacción.
- Incrementando la velocidad de la enzima mediante un aumento de temperatura. El incremento de temperatura facilita la acción de la enzima y permite que se incremente su velocidad de reacción. Sin embargo, si la temperatura se eleva demasiado, la conformación estructural de la enzima puede verse afectada, reduciendo así su velocidad de reacción, y sólo recuperando su actividad óptima cuando la temperatura se reduce. No obstante, algunas enzimas son termolábiles y trabajan mejor a bajas temperaturas.

1.6.5. Dinámica y función.

La dinámica interna de las enzimas está relacionada con sus mecanismos de catálisis ^{[16] [17] [18]}. La dinámica interna se define como el movimiento de diferentes partes de la estructura de la enzima, desde residuos individuales de aminoácidos, hasta grupos de aminoácidos o incluso un dominio proteico entero. Estos movimientos se producen a diferentes escalas de tiempo que van desde femtosegundos hasta segundos. Casi cualquier residuo de la estructura de la enzima puede contribuir en el proceso de catálisis por medio de movimientos dinámicos ^{[19] [20] [21] [22]}.

Los movimientos de las proteínas son vitales en muchas enzimas. Dichos movimientos podrán ser más o menos importantes según si los cambios conformacionales se producen por vibraciones pequeñas y rápidas o grandes y lentas, y dicha importancia dependerá del tipo de reacción que lleve a cabo la enzima. Sin embargo, aunque estos movimientos son importantes en el proceso de unión y liberación de sustratos y productos, aún no está claro si estos movimientos ayudan a acelerar los pasos químicos de las reacciones enzimáticas ^[23].

1.6.6. Cofactores y coenzimas

- **Cofactores**

Algunas enzimas no precisan ningún componente adicional para mostrar una total actividad. Sin embargo, otras enzimas requieren la unión de moléculas no proteicas denominadas cofactores para poder ejercer su actividad ^[24]. Los cofactores pueden ser compuestos inorgánicos, como los iones metálicos y los complejos ferrosulfurosos, o compuestos orgánicos, como la flavina o el grupo hemo. Los cofactores orgánicos pueden ser a su vez grupos prostéticos, que se unen fuertemente a la enzima, o coenzimas, que son liberados del sitio activo de la enzima durante la reacción ^[25].

La mayoría de los cofactores no se unen covalentemente a sus enzimas, pero sí lo hacen fuertemente. Sin embargo, los grupos prostéticos pueden estar covalentemente unidos. El término "holoenzima" (unión cofactor-enzima) también puede ser aplicado a aquellas enzimas que contienen múltiples subunidades, donde la holoenzima es el complejo con todas las subunidades necesarias para llevar a cabo la actividad enzimática.

- **Coenzimas**

Las coenzimas son pequeñas moléculas orgánicas que transportan grupos químicos de una enzima a otra ^[26]. Debido a que las coenzimas sufren una modificación química como consecuencia de la actividad enzimática, es útil considerar a las coenzimas como una clase especial de sustratos, o como segundos sustratos, que son comunes a muchas enzimas diferentes.

Las coenzimas suelen estar continuamente regenerándose y sus concentraciones suelen mantenerse a unos niveles fijos en el interior de la célula. Esta regeneración continua significa que incluso pequeñas cantidades de coenzimas son utilizadas intensivamente.

1.6.7. Termodinámica

Los sustratos precisan mucha energía para alcanzar el estado de transición, pero una vez alcanzado, se transforman en productos. La enzima estabiliza el estado de transición, reduciendo la energía necesaria para formar los productos.

Al igual que sucede con todos los catalizadores, las enzimas no alteran el equilibrio químico de la reacción. Generalmente, en presencia de una enzima, la reacción avanza en la misma dirección en la que lo haría en ausencia de enzima, sólo que más rápido. Sin embargo, en ausencia de enzima, podría producirse una reacción espontánea que generase un producto diferente debido a que en esas condiciones, dicho producto diferente se forma más rápidamente.

Además, las enzimas pueden acoplar dos o más reacciones, por lo que una reacción termodinámicamente favorable puede ser utilizada para favorecer otra reacción termodinámicamente desfavorable. Las enzimas catalizan reacciones químicas tanto en un sentido como en el contrario. Nunca alteran el equilibrio, sino únicamente la velocidad a la que es alcanzado.

Si el equilibrio se ve muy desplazado en un sentido de la reacción, es decir, se convierte en una reacción muy exergónica, la reacción se hace efectivamente irreversible. Bajo estas condiciones, la enzima únicamente catalizará la reacción en la dirección permitida desde un punto de vista termodinámico.

1.6.8. Cinética

La cinética enzimática es el estudio de cómo las enzimas se unen a sus sustratos y los transforman en productos. Los datos de equilibrios utilizados en los estudios cinéticos son obtenidos mediante ensayos enzimáticos.

En 1902, Victor Henri^[27] propuso una teoría cuantitativa sobre la cinética enzimática, pero sus datos experimentales no fueron muy útiles debido a que la importancia de la concentración del ión de hidrógeno aún no era considerada.

Después de que Peter Lauritz Sorensen definiera la escala logarítmica del pH e introdujera el concepto de "tampón" (*buffer*) en 1909^[28], el químico alemán Leonor Michaelis y su postdoctoral canadiense Maud Leonora Menten repitieron los experimentos de Henri confirmando su ecuación, que actualmente es conocida como cinética de Henri-Michaelis-Menten (o simplemente cinética de Michaelis-Menten)^[29](Fig. 3). Su trabajo fue desarrollado más en profundidad por George Edward Briggs y J. B. S. Haldane, quienes obtuvieron las ecuaciones cinéticas que se encuentran tan ampliamente extendidas en la actualidad ^[30].

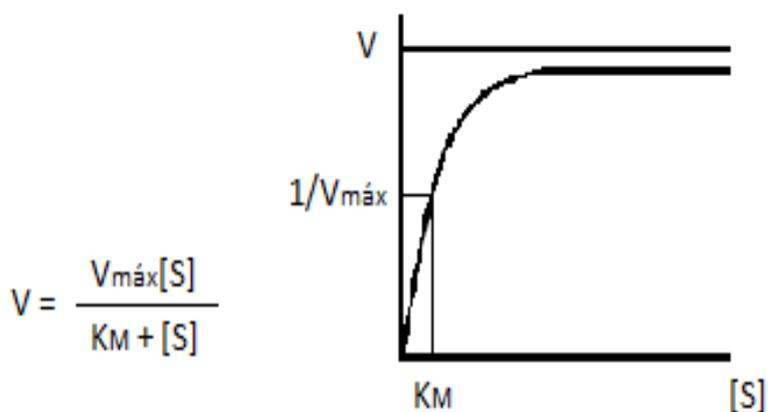


Fig. 3 Ecuación de Michaelis-Menten.

La mayor contribución de Henri fue la idea de dividir las reacciones enzimáticas en dos etapas:

En la primera, el sustrato se une reversiblemente a la enzima, formando el complejo enzima-sustrato (también denominado complejo Michaelis). En la segunda, la enzima cataliza la reacción y libera el producto.

Las enzimas pueden catalizar hasta varios millones de reacciones por segundo. Sus velocidades dependen de las condiciones de la solución y de la concentración de sustrato. Aquellas condiciones que desnaturalizan una proteína, como temperaturas elevadas, pH extremo o altas concentraciones de sal, dificultan o impiden la actividad enzimática, mientras que elevadas concentraciones de sustrato tienden a incrementar la actividad.

Para encontrar la máxima velocidad de una reacción enzimática, la concentración de sustrato se incrementa hasta que se obtiene una tasa constante de formación de producto.

La saturación ocurre porque, cuando la concentración de sustrato aumenta, disminuye la concentración de enzima libre, que se convierte en la forma con sustrato unido (ES). A la máxima velocidad (V_{max}) de la enzima, todos los sitios activos de dicha enzima tienen sustrato unido, y la cantidad de complejos "ES" es igual a la cantidad total de enzima. Sin embargo, V_{max} es sólo una de las constantes cinéticas de la enzima. La cantidad de sustrato necesario para obtener una determinada velocidad de reacción también es importante. Este parámetro viene dado por la constante de Michaelis-Menten (K_m), que viene a ser la concentración de sustrato necesaria para que una enzima alcance la mitad de su velocidad máxima.

Cada enzima tiene un valor de K_m característico para un determinado sustrato, el cual puede decirnos cómo de afín es la unión entre el sustrato y la enzima. Otra constante útil es k_{cat} , que es el número de moléculas de sustrato procesadas por cada sitio activo por segundo.

La eficiencia de una enzima puede ser expresada en términos de k_{cat}/K_m , en lo que se denomina constante de especificidad, que incorpora la constante de velocidad de todas las fases de la reacción.

Debido a que la constante de especificidad contempla tanto la afinidad como la capacidad catalítica, es un parámetro muy útil para comparar diferentes enzimas o la misma enzima con diferentes sustratos. El valor máximo teórico de la constante de especificidad es denominado límite de difusión tiene un valor de 10^8 - 10^9 ($M^{-1}s^{-1}$). Llegados a este punto, cada colisión de la enzima con su sustrato da lugar a la catálisis, con lo que la velocidad de formación de producto no se ve limitada por la velocidad de reacción, sino por la velocidad de difusión.

Las enzimas que poseen esta propiedad son llamadas *enzimas catalíticamente perfectas* o *cinéticamente perfectas*.

La cinética de Michaelis-Menten depende de la ley de acción de masas, que se deriva partiendo de los supuestos de difusión libre y colisión al azar. Sin embargo, muchos procesos bioquímicos o celulares se desvían significativamente de estas condiciones, a causa de fenómenos como el crowding macromolecular (sobrepoblación macromolecular), la separación de etapas entre enzima-sustrato-producto, o los movimientos moleculares uni- o bidimensionales ^[31]. No obstante, en estas situaciones se puede aplicar una cinética de Michaelis-Menten fractal ^[32] ^[33] ^[34] ^[35].

1.7. Glicéridos y la hidrólisis enzimática

Las reacciones químicas en que participan los glicéridos han sido ampliamente estudiadas debido a que presentan un gran valor para la industria y la civilización humana.

1.7.1. Reacciones de los glicéridos

La hidrólisis de los triglicéridos se produce mediante la escisión del enlace éster, y la formación de ácidos y glicerina.

✓ *Hidrólisis ácida de un triglicérido*

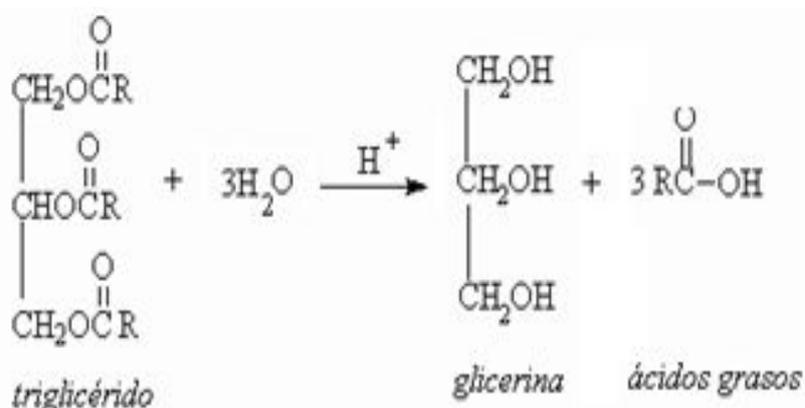


Fig. 4 Ecuación general de hidrólisis ácida de un triglicérido.

La hidrólisis enzimática se produce en presencia de catalizadores biológicos (enzimas lipasas). En los animales se producen en el estómago y el intestino. En los vegetales y plantas superiores lignificadas, las enzimas lipasas tienen su máxima actividad en el proceso de germinación de las semillas oleaginosas.

Hidrólisis enzimática de un triglicérido

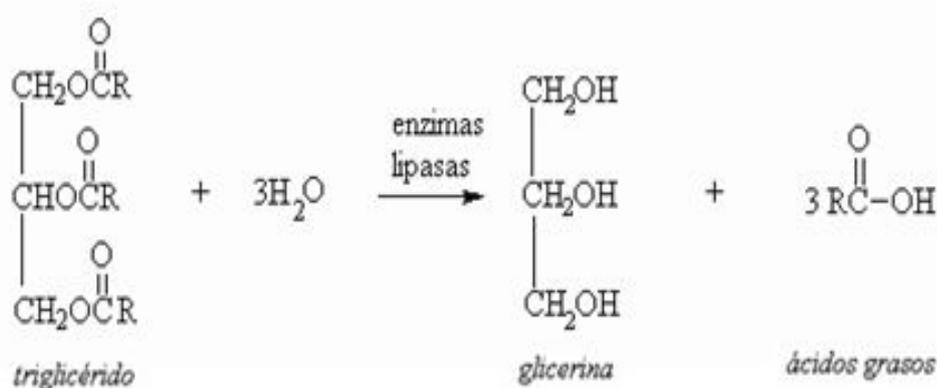


Fig. 5 Ecuación general de la hidrólisis enzimática de un triglicérido.

1.7.2. Reacciones químicas de los glicéridos no saturados.

Los aceites experimentan los mismos tipos de reacción que las grasas, excepto la hidrogenación catalítica al doble enlace carbono-carbono para producir grasas. Esta reacción presenta gran importancia desde el punto industrial debido a la conversión de aceites en grasas, proceso conocido como endurecimiento de los aceites, lo que permite el mejor almacenaje y transportación.

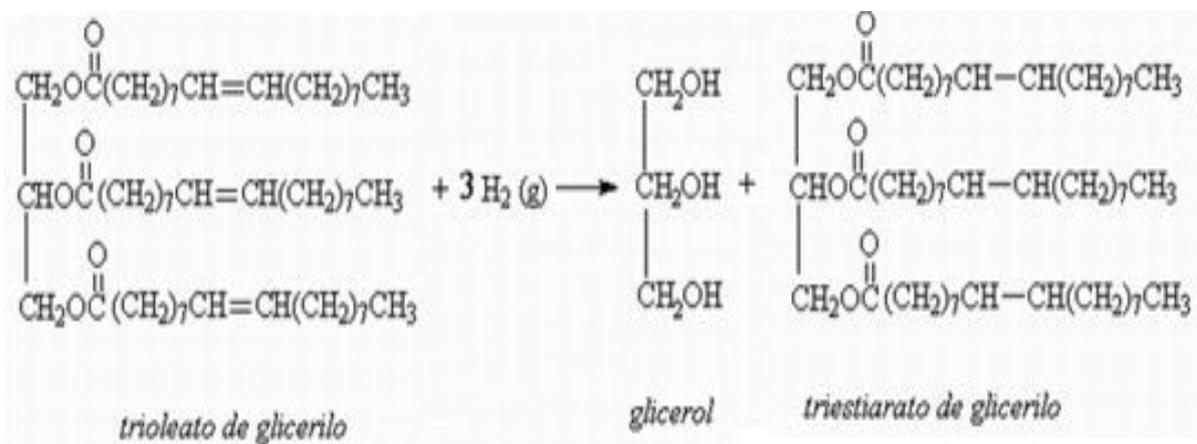


Fig. 6 Ecuación general de la hidrólisis ácida de un glicérido no saturado.

La hidrólisis de un triglicérido no saturado origina la formación de glicerol y ácidos grasos no saturados, cuando se produce la reacción en medio básico en presencia de NaOH o KOH, entonces se produce la formación de sales de ácidos grasos no saturados o jabones.

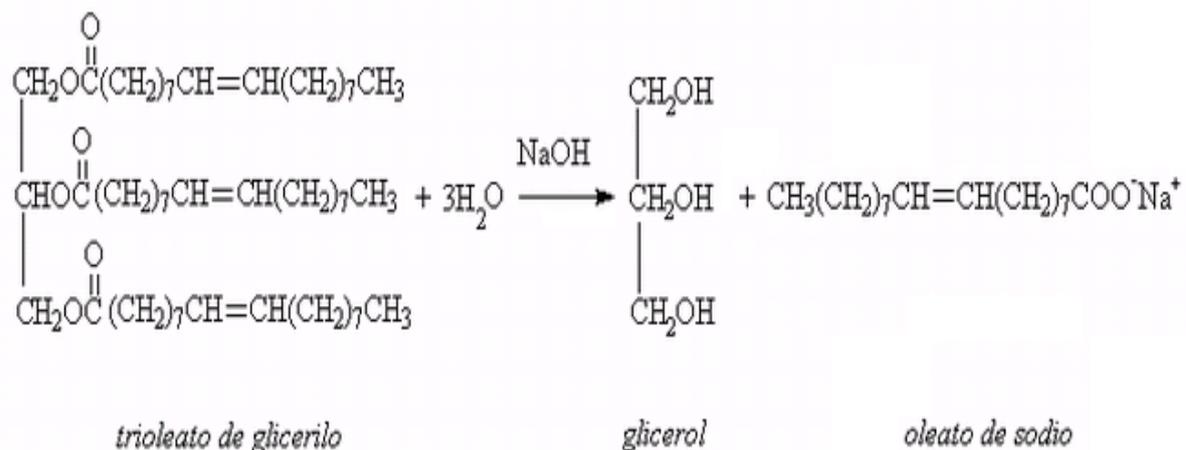


Fig. 7 Ecuación general de la hidrólisis básica de un glicérido no saturado.

2. Aplicación del Jugo de henequén como agente desengrasante natural.

2.1. Jugo de henequén como agente desengrasante de superficies sólidas.

Cuando se inició el estudio de las propiedades detergentes del jugo de henequén, en un informe emitido por especialistas del Laboratorio de Investigación de Cosmética de la Unión de Empresas de Jabonería y Perfumería SUCHEL, actual JAYPER, en La Habana, Cuba, se planteó que en las pruebas y ensayos de lavados de platos realizados, no hay reposición de grasas sobre los platos después de un tiempo de fregado, es decir, la grasa se desprende pero ocurre que el agua de enjuague se impregna de grasas, por lo que fue necesario cambiarla, tal cualidad llevó a la conclusión de que el producto tiene propiedades deterativas y desengrasantes recomendables para el lavado de vajillas.

En estudio preliminar realizado en la CUJAE para evaluar desengrase de superficies metálicas se comprobó que cuando el contenido de sólidos disueltos (expresado como $^{\circ}\text{Bx}$) es menor de 7% el desengrase es cuestionable, ya que no hay desengrase porque se dificulta eliminar la grasa aún aplicando acción mecánica, esto indica que para estas condiciones la efectividad del jugo estabilizado no cumple las expectativas que se esperan del producto debido a que es insuficiente la materia presente capaz de actuar frente a las grasas acumuladas en la superficie metálica y por demás el alto contenido de agua en el producto resulta otro inconveniente potencial.

Para las concentraciones con sólidos disueltos $^{\circ}\text{Bx} \geq 7\%$ el arrastre de la grasa se logra inmediatamente, sin la necesidad de frotaciones en la superficie, esto demuestra que la condición de 7% $^{\circ}\text{Bx}$ constituye el límite inferior para la acción en el desengrase de superficies metálicas, además de acentuar la estabilidad del producto en el tiempo.

2.1.1. Residuos agroindustriales del Henequén.

El desfibrado del henequén genera residuos sólidos y líquidos.

Residuos sólidos: se genera en el proceso de desfibrado donde se produce la pulpa húmeda y la fibrilla.

Residuos líquidos: se generan en el proceso de desfibrado más la incorporación del agua de enfriamiento de las cuchillas raspadoras.

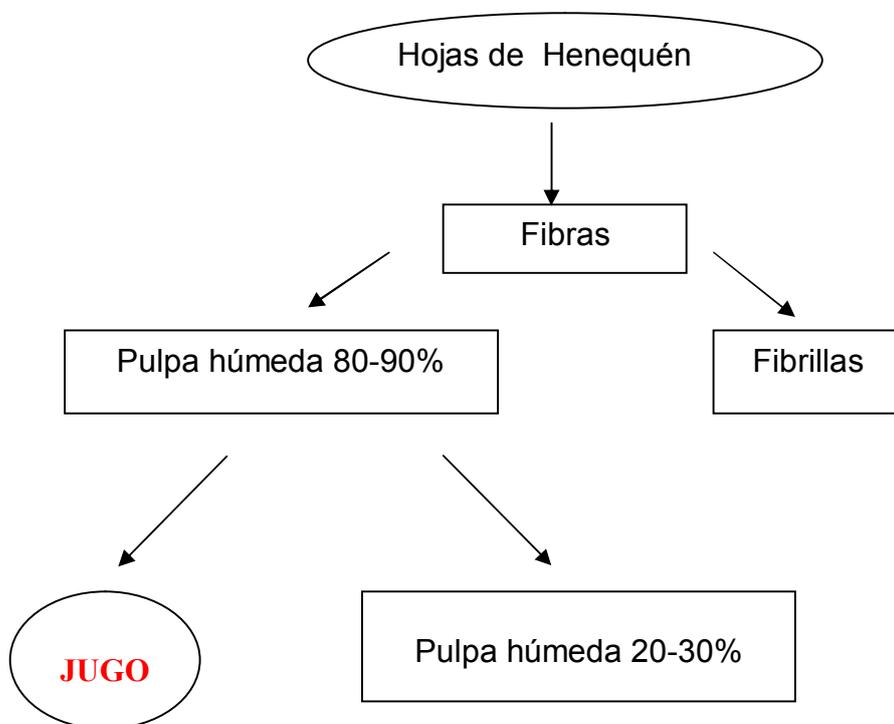


Fig. 8 Proceso henequenero

2.1.2. Caracterización de Agaves.

El henequén pertenece al género Agave, este comprende 274 especies en su mayoría originarias de la altiplanicie mexicana. El Agave *Fourcroydes Lem.*, así

nombrado científicamente, es originario de Yucatán donde se cultiva a gran escala.



Fig. 9 Planta de henequén

Las plantas de este género son monocotiledóneas del orden de las liliiflorales y de la familia de las Agaváceas. Estas plantas florecen solo una vez durante su período de vida, algo que las hace muy peculiares, después mueren; su raíz es fibrosa y el tallo es grueso, de este salen las hojas o pencas que presentan espinas en los bordes y una púa terminal. La epidermis es apergaminada y muy resistente lo que le permite subsistir en climas con escasez de agua. Es una planta que se desarrolla en suelos calcáreos o derivados de rocas calizas, de hojas rígidas, planas y grisáceas que miden de 8 -12cm de ancho y de 1,25 - 2,50m de largo.

Las hojas se hallan dispuestas alrededor de un tronco que mide de 20 - 30cm de diámetro y hasta 2m de altura. El ciclo de vida en condiciones adecuadas de cultivo de explotación, del henequén puede durar entre 14 - 17 años, la planta solo es aprovechable después de los 7 primeros años de cultivada, etapa a partir de la cual brinda sus mayores pencas para que de ellas se extraiga la fibra blanca.

Los hijos o vástagos nacen a un lado de la mata, estos aseguran la preservación del Agave. Las plantas se reproducen por semillas o bulbillos que germinan en el escapo o por los chupones que es el método más rápido. Una planta puede producir entre 25 - 30 hojas anuales.

En Cuba se cultiva el *Agave fourcroydes* (henequén), en la Provincia Artemisa: Henequenera “René Arcay”, del Municipio de Mariel; en la Provincia de Matanzas: Empresa Henequera “Eladio Hernández”, la mayor en la provincia, una Granja en Limonar, cuya producción industrial es la mejor en todas las plantas de su tipo; en la Provincia de Cienfuegos: Empresa Henequera “Francisco del Sol”, con una Planta Desfibradora y Plantaciones en el Municipio Juraguá; en la provincia Holguín: en el Municipio Gibara existen 3 Plantas Desfibradoras Portátiles. El henequén en esta última región presenta mejores características morfológicas en cuanto a tamaño con respecto al resto de las regiones del país.



Fig. 10 Plantaciones de henequén en áreas cercanas a la Henequenera de Mariel, Provincia Artemisa.

La Empresa Matancera utiliza gran parte de la pulpa residual fresca como alimento animal, aunque sin ningún tratamiento previo, a su vez los tallos resultantes de las plantas al concluir el ciclo de vida no tienen una aplicación concreta para su aprovechamiento.

2.1.3. Propiedades de los Agaves. Características del jugo de henequén

❖ TENSIOACTIVIDAD

En la CUJAE y el Centro de Investigaciones Textiles, CITEX, varios investigadores se han dedicado a estudiar diversas cuestiones relacionadas con las propiedades tensioactivas del jugo de henequén, como resultado han demostrado que este jugo residual presenta estas propiedades en medio ácido, neutro y alcalino (2).

Se plantea que las propiedades tensioactivas son suministradas por las saponinas presentes en él, ya que ellas son sustancias de acción tensioactiva muy marcada, formadas por una porción hidrófoba y otra hidrófila, aunque también el aporte a esta propiedad de los ácidos grasos, proteínas, ceras o combinaciones de todos puede influir positivamente en este sentido; por ello continúan realizándose estudios para delimitar la acción de cada componente (2).

❖ HUMECTABILIDAD

La Humectabilidad de un agente tensioactivo se evalúa a partir de las condiciones que determinan los distintos sistemas que interactúan, en el caso del jugo de henequén durante la humectación de tejidos el tiempo establecido para las fibras textiles en cuanto a la mojabilidad de las disoluciones tensioactivas y a diferentes concentraciones del producto no ofreció resultados que evidenciaran una alta Humectabilidad, bajo estas condiciones, aunque en la práctica se sabe que para períodos extremadamente altos con respecto a los que indica la Norma Cubana NC: 27-18 las disoluciones de jugo en virtud de una acción sinérgica garantizan la humectación de la superficie y la eliminación de suciedades. (2)

Los tensioactivos, agregados al agua, reducen la tensión superficial de esta y promueven la humectación haciendo que el agua penetre más fácilmente en otro material o se extienda más fácilmente sobre su superficie, como ej. Se conocen los jabones y alcoholes como principales agentes humectantes.

En el procesamiento de películas, los agentes humectantes se usan después de lavarla para acelerar el escurrimiento de agua en su superficie, acelerando así el proceso de secado.

❖ DETERGENCIA Y DESENGRASE

En el año 1991, cuando se inició el estudio de las propiedades detergentes del jugo de henequén, se demostró que el producto posee propiedades recomendables para el lavado de vajillas.

El método de lavado de platos consiste en preparar una grasa especial con la cual son ensuciados los mismos, después se lavan con disolución del agente tensioactivo y se realiza el conteo del número de platos lavados en un volumen dado de la disolución, observando visualmente y al tacto que no quedan residuos de grasa sobre la superficie de los platos ni en las manos del operador, de modo que dicha grasa quede sobrenadando en el baño.

Desde que comienza el uso del jugo de henequén como detergente, se han realizado pruebas para evaluar su poder detergente y desengrasante a partir de lavados de platos; observándose que no hay reposición de grasas sobre los platos pasado un tiempo de fregados, o sea, que la grasa se desprende, pero el agua de enjuague se impregna de grasas, por la que es necesario cambiarla, esta cualidad demuestra que el producto tiene buenas propiedades deterativas y desengrasantes para el lavado de vajillas.

❖ ACCION EMULSIONANTE

Desde hace algún tiempo se viene utilizando el jugo de henequén alcalizado en la formación de emulsiones agua – gas oil, si bien la estabilidad lograda en las mismas alcanza periodos de tiempo superiores a los siete días, es necesario seguir trabajando en este sentido con el fin de alargar el tiempo de vida estable de las emulsiones, observado este aspecto por la aparición de sedimentos o el fenómeno de la coalescencia que no es otra cosa que la separación de la fase dispersa del medio dispersante.

2.2. Aplicaciones de los Agaves

Los agaves se han aprovechado entre otras cosas para producir: [Aga09]

- Licor, del cual se hace tequila (*Agave tequilana*), vino, vinagre, miel y azúcar.
- Fibras de las hojas, usadas en hilaturas para tejidos, hamacas y empaques, sobre todo del henequén (*Agave fourcroydes Lem.*) y de *Agave sisalana*.
- Papel.

- Cepillos de *Agave Americana*, fundamentalmente en Argentina.
- Tejas en techumbres hechas de las pencas (hojas).
- Vigas del quiote (tallo).
- Clavos, punzones, y agujas con las espinas de las pencas.
- Vallas o cercas con las plantas en hilera para guardar las heredades.
- Como inhibidor de la corrosión en la industria galvánica.
- Como agente tensioactivo en medio ácido, neutro y alcalino.
- Como aditivo del hormigón, en función de agente fluidificante o reductor de agua en el sector de la construcción.
- Como detergente universal, en la limpieza de superficies sólidas, como cocinas, azulejos, losas, lavado de textiles, etc.
- Como base de líquido refrigerante ecológico (fluido de corte) en la Industria mecánica.
- La fibrilla se utiliza para la obtención de cera.
- Obtención de Hecogenina.
- Estimulación ácida para extracción de petróleo frente a rocas calizas.
- Desengrase en Talleres Mecánicos.

La mayor parte de estas aplicaciones han sido objeto de estudio de investigadores de la CUJAE. En particular, el jugo de clones de Agaves y de henequén constituye el centro de este trabajo para evaluar y comparar el poder desengrasante de superficies en máquinas herramientas en la CUJAE.

2.2.1. Generalidades del Jugo residual de henequén.

El jugo residual posee un alto contenido de sólidos sedimentables y suspendidos así como un alto contenido de materia orgánica esto unido al pH tan bajo que tiene el jugo (4 o menos) propicia que se inicie la fermentación del mismo desde el instante mismo de su obtención.



Fig. 11 Desfibrado manual, provincia Holguín.

El desfibrado de la hoja de henequén se puede realizar en máquinas de tipo industrial o portátil, en la figura anterior se muestra desfibrado manual en maquina portátil.



Fig. 12 Desfibrado industrial, Henequenera de Mariel.



Fig. 13 Henequenera de Mariel, Provincia Artemisa, proceso de producción.

El jugo residual se obtiene al exprimir la pulpa húmeda (Humedad entre 80-90%) en una Prensa tornillo que elimina la parte líquida de esta pulpa en casi un 60-70%, este jugo por sus características de producto natural debe ser estabilizado para garantizar su posterior uso.



Fig. 14 Extracción de Jugo de henequén a partir de pulpa húmeda, Mariel.

El proceso de fermentación espontánea del jugo de henequén trae consigo cambios en la composición del mismo, pues se efectúan una serie de reacciones de transformación que conllevan a un crecimiento de biomasa, el resultado es que los componentes iniciales del jugo varían, sin embargo, se ha demostrado por especialistas de la CUJAE que se conservan las propiedades tensioactivas del mismo, aún en estado de fermentación; bajo su estado fermentado se hace imposible el aprovechamiento de este jugo, por falta de condiciones de asepsia requeridas en su manejo y conservación a largo plazo, condición importante para el uso posterior en las distintas aplicaciones en que se emplee.



Fig. 15 Jugo de henequén desengrasante obtenido de hojas de la región Mariel.

2.2.2. Composición del jugo de henequén

El jugo de las hojas del henequén es un subproducto industrial en el proceso de fabricación de fibras que presenta una composición química variada, entre otros compuestos se encuentra: (16)

- Clorofila
- Carotenos
- Flavonoides
- Lipoides
- Ceras
- Resinas
- Ácidos orgánicos
- Ligninas
- Azúcares
- Complejos orgánicos del hierro
- Saponinas
- Agua

Además presenta diversos iones y otras sustancias combinadas, entre estos iones se pueden citar los siguientes (16):

Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}

En Cuba, se ha sometido al *Agave fourcroydes Lem.*, a procesos de mejoramiento genético lo que ha dado por resultado planta con características superiores, fibra blanca de calidad similar al Agave de origen, de ahí que sus jugos conserven propiedades similares a los que se obtienen del *Agave fourcroydes Lem.*, En estudios realizados se pudo demostrar que el desengrase conserva la efectividad de los productos originarios de su tipo.

2.2.3. Evaluación de la actividad enzimática.

Las corridas experimentales para la evaluación de la actividad enzimática del jugo de henequén consiste en la determinación la glicerina (glicerol componente que se forma cuando ocurre la ruptura de los enlaces lipídicos en los triglicéridos por la acción de enzimas; principalmente enzimas hidrolasas; que intervienen en la hidrólisis de las grasas o triglicéridos, como es la actuación de la lipasa.

Particularmente para el desarrollo de este trabajo se comprobara la formación del glicerol (glicerina).

2.2.4. Determinación de la formación de glicerina por el método químico.

Al ser calentadas las grasas en presencia de agentes deshidratantes, en particular, de hidrosulfatos de potasio o sodio, se desprende fácilmente de la glicerina, dos moléculas de agua, y ellas se convierten en acroleína, que es un aldehído no saturado.

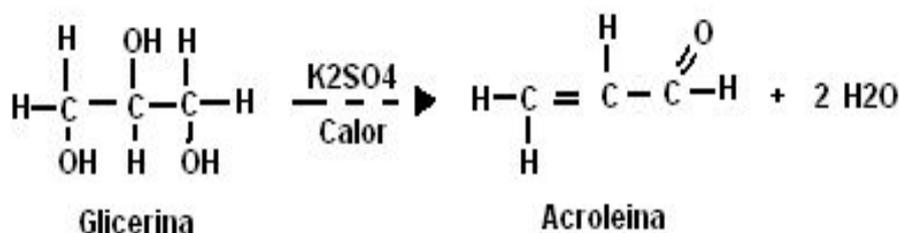


Fig.16 Ecuación general de la formación de acroleína.

La reacción de formación de la acroleína se hace con el propósito de reconocer la glicerina libre o ligada en la molécula del glicérido.

Los lípidos que no contienen glicerina (ceras, esterinas, etc.) no dan reacción positiva de la acroleína.

1. Se toma una placa petri y se pesa en una balanza analítica la dosis de grasa correspondiente según el diseño experimental.

2. Se añade con pipeta el volumen indicado en el diseño experimental para esa masa de grasa.
3. Se deja reposar por una hora a temperatura ambiente.
4. Se toma un mililitro del jugo y se deposita en un tubo de ensayo.
5. Se pesa 1g de K_2SO_4 o Na_2SO_4 y se añade en el tubo de ensayo.
6. Calentar en mechero con cuidado; pero fuertemente hasta que se desprenda un olor acre intenso producto de la formación de la acroleína.

Determinación de la formación de glicerina por absorciometría visible.

Se comienza con la confección de una curva patrón a partir de las lecturas de absorbancia utilizando Glicerina pura a diferentes concentraciones, la cual posteriormente nos ayudara a determinar las concentraciones de dicho componente en el jugo una vez que haya sido empleado en el desengrase.

I. Confección de la Curva patrón.

1. Se toman 10mL de glicerina y se homogeniza con agua destilada en un matraz aforado de 50mL.
2. Se toma de esta dilución patrón alícuotas de 2, 4, 6 y 8mL respectivamente, y se añade en un tubo de ensayo.
3. Se añade agua destilada hasta completar 10mL de solución.
4. Se va al espectrofotómetro y se lee la absorbancia a los 205nm.

Con los valores de absorbancia y las concentraciones se construye la curva patrón.

II. Determinación de glicerina en jugo.

1. De las mismas placas petri se toman 2mL de cada jugo y se embazan en tubos de ensayos.
2. Se añaden a cada uno de los tubos de ensayo 10ml de agua destilada y se homogeniza.
3. Se lee en el espectrofotómetro la absorbancia a 205nm.
4. Se va a la curva patrón con el valor de absorbancia y se determina la concentración.

2.3. Pruebas de desengrase de superficies sólidas con jugo de henequén.

Las pruebas de desengrase se realizaron en la Facultad de Ingeniería Química de la CUJAE. Se tomaron varias planchuelas metálicas de 10x10cm y se aplicó sobre la superficie la grasa según cada ensayo: Grasa A o B; posteriormente en la zona engrasada se vertió jugo en volúmenes de 5mL, 10mL y 15mL, de cada jugo. Pasado diez minutos se procedió a la limpieza manual de las planchuelas para luego comprobar visualmente si aun existía resto de grasa en la superficie.

❖ Diseño Experimental

Para procesar los datos obtenidos en este estudio se realiza un diseño experimental Factorial Multinivel, con 4 factores experimentales; 3 bloques y 72 corridas.

Esta información se muestra a continuación en la **Tabla 1.**, el orden de los experimentos ha sido completamente aleatorio. Esto aportará protección contra el efecto de variables ocultas.

El criterio de selección de masa de grasa y volumen empleados en el estudio responde a los resultados obtenidos por Idania Rojo en su tesis en opción al Grado de Ingeniero Químico, (2009-2010).

Tabla 1. Diseño Factorial Multinivel

Factores	Niveles		
	Inferior	Intermedio	Superior
Tipo de Jugo	J25 (-1)	J30 (0)	J35 (1)
Temperatura (°C)	22 (-1)	-	50 (1)
Pureza (%)	50 (-1)	-	100 (1)
Tipo de Grasa (H)	A (-1)	-	B (1)
Variable Respuesta	Concentración de Glicerina (V/V)		

El diseño experimental se realiza en el Software STAGRAPHICS Centurión.

2.3.1. Determinación de la formación de glicerina.

De acuerdo al diseño experimental en forma de screening se tomaron las dosis de jugo y grasa correspondientes y se dejaron en reposo por un periodo de una hora, para luego tomar muestras de los diferentes sistemas jugo-grasa.

La comprobación de la formación de glicerina en los sistemas jugo-grasa se realizó por dos vías. Una primera vía donde se buscaba la formación de acroleína a partir de la interacción de glicerina libre en las muestras con Na_2SO_4 , y una segunda vía que consistía en la lectura de la absorbancia de las muestras a 205nm (longitud de onda donde la glicerina tiene su máxima absorbancia).

2.3.2. Comprobación de glicerina libre en las muestras por la formación de acroleína.

Este procedimiento se realizó primeramente con 1mL de glicerina pura, para marcar el momento en que se desprendía el olor acre fuerte característico. Se pudo detectar que segundos antes de comenzar el desprendimiento de dicho olor hubo un cambio de color, tomando la solución una coloración marrón.

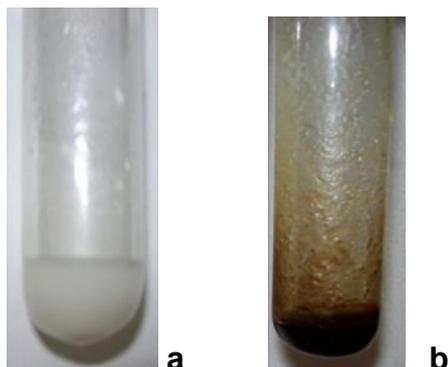


Fig. 17 a y b Reacción entre Glicerina y Na_2SO_4

a) antes de calentar en el mechero

b) después de calentar en el mechero.

Una vez determinado estos dos indicadores se realizó el experimento con las muestras tomadas de los sistemas Jugo/Grasa. Todas las muestras dieron positiva a la formación de acroleína, dado que se hicieron presente los dos indicadores marcados con la glicerina pura. Lo que asegura que en las muestras de jugo tomadas de los sistemas Jugo/Grasa contenían glicerina libre en ellos.

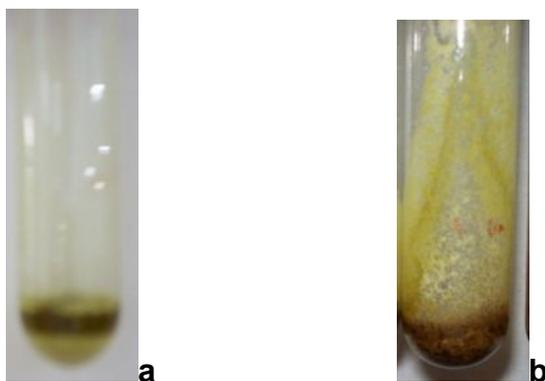


Fig. 18 a y b Determinación de glicerina libre en las muestras de los sistemas jugo-grasa (general):

a) inicios de la reacción

b) final de la reacción.

2.3.3. Evaluación de glicerina libre en las muestras por el método de absorciometría visible.

Con este método no solo se confirma la presencia de glicerina libre en las muestras, sino que también permite cuantificar la glicerina libre en las muestras tomadas de los sistemas Jugo/Grasa.

Lo primero que se realiza es una patrón de glicerina a partir de valores de absorbancia medidos a 205nm y valores de concentración. Con estos valores se confecciona una curva en Microsoft Excel, la cual fue ajustada posteriormente en el mismo programa obteniéndose un modelo matemático que describe el comportamiento de la absorbancia con respecto a la variación de la concentración de glicerina [$C_3H_6(OH)_3$].

Dicha curva patrón se muestra a continuación conjuntamente con los valores de absorbancia y concentración con que fue confeccionada.

Este modelo matemático se obtuvo para errores menores que un 10%.

Tabla 2. Valores de Absorbancia a 205nm y de $c(C_3H_6(OH)_3)$.

$c(C_3H_6(OH)_3)$ (V/V)	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2
Abs (UC/mL)	0,308	0,330	0,523	0,756	0,807

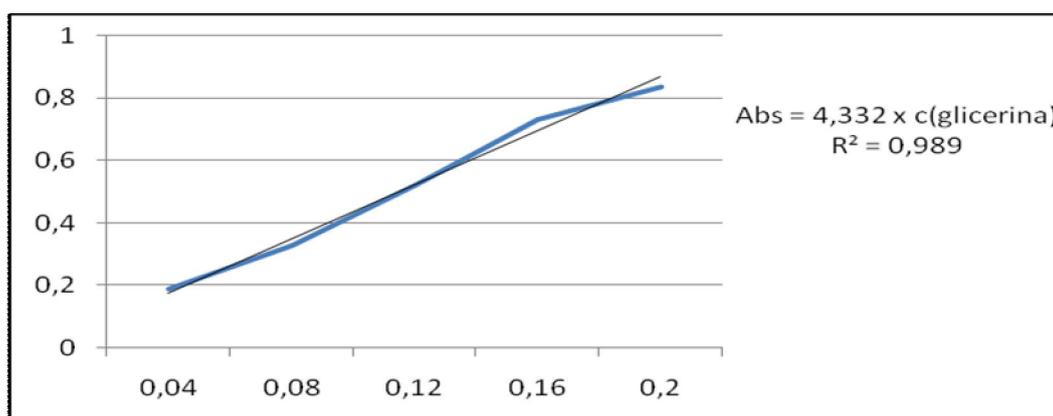


Fig. 19 Curva patrón de la Glicerina ajustada en Microsoft Excel.

Realizada la curva patrón de glicerina se realizaron las lecturas de absorbancia para las muestras tomadas; las cuales tuvieron que ser diluidas en una proporción de 1ml de jugo en 10mL de agua destilada, para un factor de dilución de 10 (fd=10). Los valores que a continuación aparecen en la **Tabla 3.** y **Fig. 20;** **Tabla 4.** y **Fig.21;** **Tabla 5.** y **Fig. 22,** corresponden a la lecturas para las muestras ensayadas, a una absorbancia de 205nm y a las concentraciones de glicerina libre calculadas como se plantea a continuación.

Calculando la concentración de glicerina libre en las muestras a partir de la ecuación del modelo ajustado obtenido en la curva patrón, se puede determinar la variación de la formación de glicerina con la variación de la temperatura, la dilución y el tipo de grasa. Dichos valores se expresan a continuación.

Ecuación que describe la curva de Absorbancia vs c(Glicerina):

$$Abs = 4,332 * c(Glicerina)$$

Ecuación para determinar la concentración de glicerina libre:

$$c(Glicerina) = \frac{Abs}{4,332} * fd$$

Tabla 3. Concentraciones de glicerina libre en ensayos con jugo J25.

Condiciones	Ensayos			σ	\bar{X}
	1	2	3		
TPA1	8,287	8,264	8,276	0,012	8,276
TPA2	1,708	1,720	1,743	0,018	1,724
TPA3	4,201	4,224	4,213	0,012	4,213
TPA4	2,805	2,793	2,828	0,018	2,809
TPB1	7,929	7,918	7,952	0,018	7,933
TPB2	2,308	2,331	2,355	0,023	2,331
TPB3	5,205	5,194	5,182	0,012	5,194
TPB4	4,109	4,097	4,132	0,018	4,113

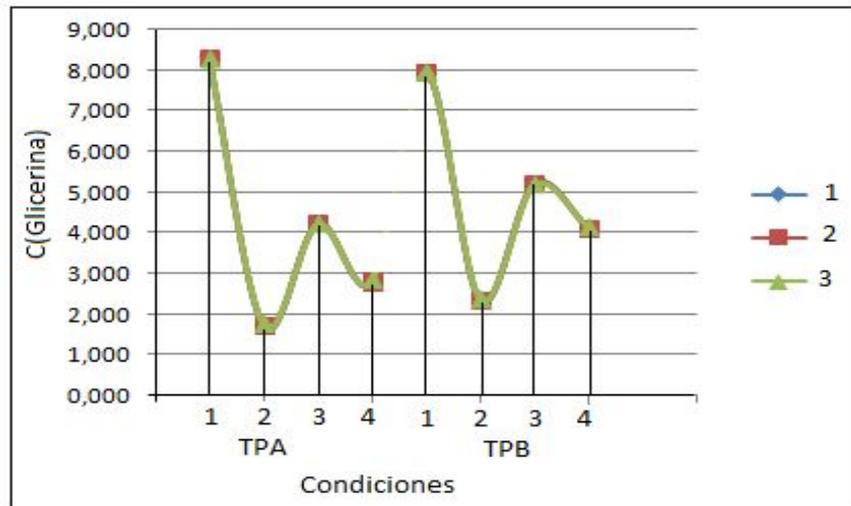


Fig. 20 Comportamiento de la c(Glicerina) con respecto a las condiciones de cada experimento con jugo J25.

Tabla 4. Concentraciones de glicerina libre en ensayos con jugo J30.

Condiciones	Ensayos			σ	\bar{X}
	1	2	3		
TPA1	8,287	8,310	8,276	0,018	8,291
TPA2	1,708	1,697	1,674	0,018	1,693
TPA3	4,097	4,086	4,063	0,018	4,082
TPA4	2,539	2,551	2,574	0,018	2,555
TPB1	7,514	7,525	7,548	0,018	7,529
TPB2	1,731	1,743	1,720	0,012	1,731
TPB3	4,917	4,928	4,905	0,012	4,917
TPB4	3,797	3,740	3,763	0,029	3,766

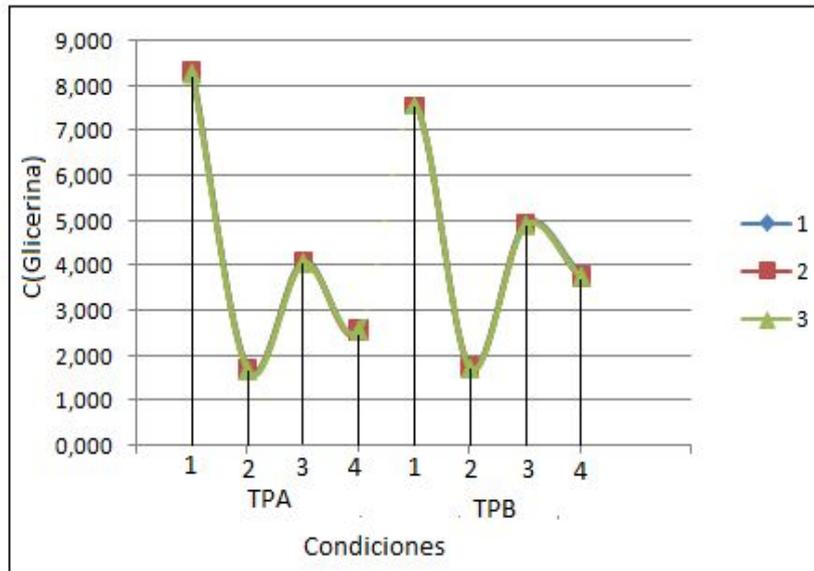


Fig. 21 Comportamiento de la c(Glicerina) con respecto a las condiciones de cada experimento con jugo J30.

Tabla 5. Concentraciones de glicerina libre en ensayos con jugo J35.

Condiciones	Ensayos			σ	\bar{x}
	1	2	3		
TPA1	6,394	6,406	6,371	0,018	6,390
TPA2	1,570	1,593	1,581	0,012	1,581
TPA3	4,097	4,074	4,109	0,018	4,094
TPA4	2,747	2,759	2,724	0,018	2,743
TPB1	6,417	6,394	6,440	0,023	6,417
TPB2	1,754	1,743	1,731	0,012	1,743
TPB3	2,966	2,989	2,978	0,012	2,978
TPB4	2,158	2,193	2,170	0,018	2,174

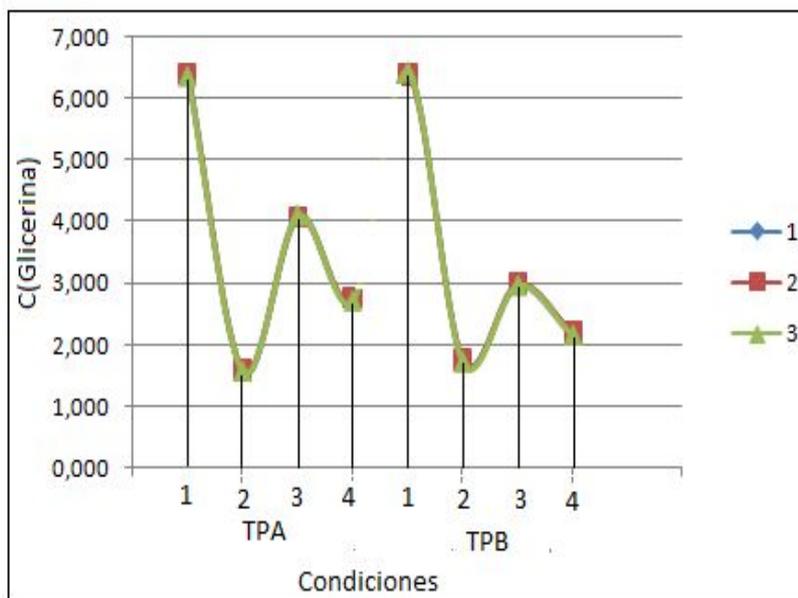


Fig. 22 Comportamiento de la c(Glicerina) con respecto a las condiciones de cada experimento con jugo J35.

Tabla 6. Valores medios de la concentración de glicerina libre en los jugos ensayados.

Condiciones	Medias por Muestras		
	J25	J30	J35
TPA1	8,276	8,291	6,390
TPA2	1,724	1,693	1,581
TPA3	4,213	4,082	4,094
TPA4	2,809	2,555	2,743
TPB1	7,933	7,529	6,417
TPB2	2,331	1,731	1,743
TPB3	5,194	4,917	2,978
TPB4	4,113	3,766	2,174

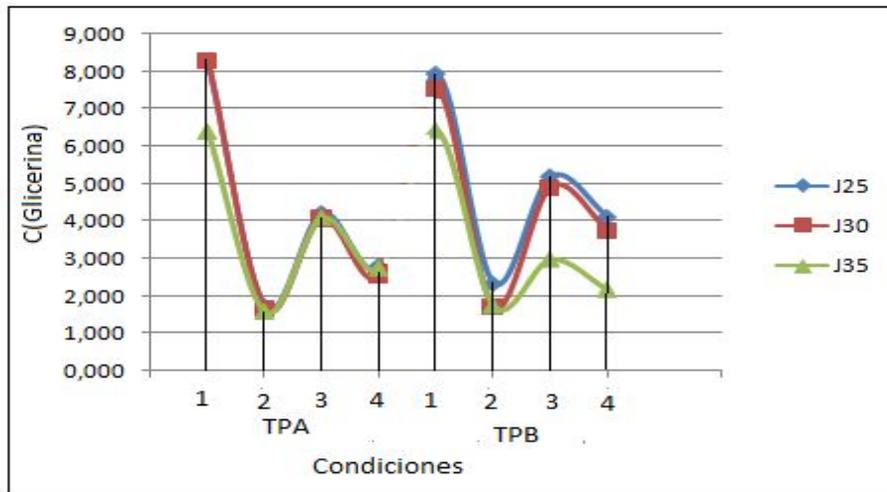


Fig. 23 Comportamiento de la c(Glicerina) media, en los experimentos con los jugos ensayados.

Con el objetivo de definir un modelo matemático capaz de predecir la concentración de glicerina formada durante la acción desengrasante de los jugos; así como la acción de factores tales como Tipo de Jugo, Temperatura, Pureza de los Jugos y Tipo de Grasa en la misma, se realizó el diseño experimental tipo Factorial Multinivel.

Los valores fijados de volumen de jugo, masa de grasa, pureza de los jugos y temperaturas corresponden a resultados obtenidos en estudios similares con anterioridad. En el caso de las dos grasas, el criterio de selección estuvo determinado por su frecuente utilización en la protección contra la corrosión de equipos militares.

Utilizando la grasa A para ensayar y variando las concentraciones de jugo en cada ensayo a continuación se muestra el resultado de la evaluación cualitativa del desengrase. Los resultados obtenidos en las pruebas de desengrase corresponden a ensayos en planchuelas metálicas de dimensiones 2x5cm, que aparecen en la **Tabla 7** a continuación.

Tabla 7. Resultados de la prueba cualitativa de desengrase.

Jugo	Dosis (mL)	Observaciones	Observaciones Generales
J25	5	Transcurrido los diez minutos de prueba la grasa se había suavizado y su arrastre mecánico fue fácil. No quedaron restos notables de grasa en la placa; solo con el tacto se podía sentir la superficie aun engrasada.	Al añadir el jugo se observó dispersión de la grasa. Su acción desengrasante fue efectiva por ser el que menos presencia de grasa quedó en la superficie metálica luego de retirar la grasa de las planchuelas.
	10	Después de los diez minutos fue fácil retirar de la placa la grasa; no se observó restos de grasa y la superficie presentaba, al tacto, menos grasa que la anterior.	
	15	Pasado los diez minutos no se pudo detectar visualmente presencia de grasa sobre la plancha, tampoco se detectó mediante el tacto.	
J30	5	Una vez terminado los diez minutos de prueba se retiró la grasa de la plancha y se observó la presencia aun de zonas engrasadas.	No se observó una buena dispersión de la grasa. Al retirar la grasa se detectó la presencia de restos de ésta sobre algunas zonas de las planchuelas.
	10	A los diez minutos de prueba se retiró la grasa de la planchuela, se observó la presencia aún de zonas engrasadas en menor grado que el con el jugo J25; solo detectable con el tacto.	
	15	Con respecto a las dos planchuelas anteriores fue la que menor zona engrasada presentó luego de retirar la grasa; se pudo detectar al tacto presencia de escasos restos de grasa.	
J35	5	Retirada la grasa luego de los diez minutos se detectó grasa aún sobre la superficie de las planchas.	La efectividad del jugo, fue comparable con el J25.
	10	En este ensayo los restos de grasas transcurrido el tiempo de prueba era menos de la que se detectó en la planchuela anterior.	
	15	No queda prácticamente nada de grasa sobre la superficie de la plancha una vez retirada ésta al finalizar el tiempo de prueba.	

El mejor desengrase se logró con J25 para dosis de 15mL durante 10 minutos de exposición.

2.3.4. Máquinas Herramientas

En los Talleres Mecánicos, en general se dispone de un conjunto de máquinas para el corte y preparación de materiales metálicos, las cuales se encuentran la mayor parte del tiempo impregnadas de grasas sólidas o líquidas, partículas como las limallas y/o virutas de los cortes de metales, polvo y algunas otras impurezas. El Taller de este tipo que se encuentra en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la CUJAE no está exento de esta situación, por lo que es una preocupación de los directivos del mismo la limpieza de estos equipos cada cierto período de tiempo durante las etapas de mantenimiento y limpieza.

2.3.5. Maquinas a desengrasar

Las pruebas para el desengrase fueron realizadas en el Taller Metal Mecánico de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la CUJAE en las máquinas que a continuación se describen:

Máquina # 1 → Dentadora (Superficie rugosa)

Se utiliza para hacer dientes.

Máquina # 2 → Rectificadora plana (Superficie plana)

Se utiliza para rectificar las ranuras realizadas en la fresadora para dar mejor acabado en superficies planas.

Además de estas dos máquinas existen otros equipos en este taller que tienen múltiples funciones como por ejemplo:

- Rectificadora cilíndrica: Se utiliza para rectificar las ranuras realizadas en la fresadora para dar mejor acabado en superficies cilíndricas.

- Tornos: Se usan para torneear piezas de metal.

- Fresadora: Se utiliza para ranurar superficies.

- Amortajadora de dientes: Es utilizada para elaborar dientes.
- Recortadoras: Se utiliza para rebajas de bordes y recorte de piezas.
- Segueta mecánica: Se utiliza para corte de metales.
- Prensas: Se utiliza para comprimir superficies.
- Taladradora radial: Es utilizada para elaborar agujeros.
- Cizalla: Su función es cortar chapas metálicas.

Seguidamente se muestran los resultados del desengrase realizado en máquinas herramienta con información fotográfica, donde aparece la superficie engrasada y con jugo sobre ella, debajo una vista superior y lateral de la propia superficie desengrasada. En todos los casos pasado 10min se retiró el jugo con un algodón húmedo:



Fig. 24 Superficie engrasada y desengrase con jugo de henequén.



Fig. 25 Superficie engrasada y zonas desengrasadas con los jugos, (foto).

CONCLUSIONES

- El jugo de henequén como producto desengrasante de procedencia nacional constituye una alternativa para la limpieza de máquinas herramienta en Talleres Metal-Mecánico.
- El aprovechamiento del jugo residual del henequén permite hacer más sostenible el proceso de producción de sogas y cordeles desde la propia henequenera.

REFERENCIAS

1. Smith AL (Ed) et al. (1997). Oxford dictionary of biochemistry and molecular biology. Oxford [Oxfordshire]: Oxford University Press. ISBN 0-19-854768-4.
2. Grisham, Charles M.; Reginald H. Garrett (1999). Biochemistry. Philadelphia: Saunders College Pub. pp. 426–7. ISBN 0-03-022318-0.
3. Bairoch A. (2000). «The ENZYME database in 2000». Nucleic Acids Res **28**: pp. 304-305. PMID 10592255. <http://www.expasy.org/NAR/enz00.pdf>.
4. Groves JT (1997). «Artificial enzymes. The importance of being selective». Nature **389** (6649): pp. 329–30. doi:10.1038/38602. PMID 9311771.
5. Chen LH, Kenyon GL, Curtin F, Harayama S, Bembenek ME, Hajipour G, Whitman CP (1992). «4-Oxalocrotonate tautomerase, an enzyme composed of 62 amino acid residues per monomer». J. Biol. Chem. **267** (25): pp. 17716-21. PMID 1339435.
6. Smith S (1994). «The animal fatty acid synthase: one gene, one polypeptide, seven enzymes». FASEB J. **8** (15): pp. 1248–59. PMID 8001737. <http://www.fasebj.org/cgi/reprint/8/15/1248>.
7. Anfinsen C.B. (1973). «Principles that Govern the Folding of Protein Chains». Science: pp. 223-230. PMID 4124164.
8. Dunaway-Mariano D (noviembre 2008). «Enzyme function discovery». Structure **16** (11): pp. 1599–600. doi:10.1016/j.str.2008.10.001. PMID 19000810.
9. «The Catalytic Site Atlas at The European Bioinformatics Institute». Consultado: 6 de abril de 2011.
10. Jaeger KE, Eggert T. (2004). «Enantioselective biocatalysis optimized by directed evolution.». Curr Opin Biotechnol. **15**(4): pp. 305-313. PMID 15358000.
11. Fischer E. (1894). «Einfluss der Configuration auf die Wirkung der Enzyme». Ber. Dt. Chem. Ges. **27**: pp. 2985-2993. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k90736r/f364.chemindefer>.

12. Koshland D. E. (1958). «Application of a Theory of Enzyme Specificity to Protein Synthesis». *Proc. Natl. Acad. Sci.* **44** (2): pp. 98-104. PMID 16590179. <http://www.pnas.org/cgi/reprint/44/2/98>.
13. Vasella A, Davies GJ, Bohm M. (2002). «Glycosidase mechanisms.». *Curr Opin Chem Biol.* **6** (5): pp. 619-629. PMID 12413546.
14. Boyer, Rodney (2002) [2002]. «6». *Concepts in Biochemistry* (2nd edición). New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto.: John Wiley & Sons, Inc..pp. 137–8. ISBN 0-470-00379-0. OCLC 51720783.
15. Fersht, Alan (1985). *Enzyme structure and mechanism*. San Francisco: W.H. Freeman. pp. 50–2. ISBN 0-7167-1615-1.
16. Eisenmesser EZ, Bosco DA, Akke M, Kern D (febrero 2002). «Enzyme dynamics during catalysis». *Science* **295** (5559): pp. 1520–3. doi:10.1126/science.1066176. PMID 11859194.
17. Agarwal PK (noviembre 2005). «Role of protein dynamics in reaction rate enhancement by enzymes». *J. Am. Chem. Soc.* **127** (43): pp. 15248–56. doi:10.1021/ja055251s. PMID 16248667.
18. Eisenmesser EZ, Millet O, Labeikovsky W (noviembre 2005). «Intrinsic dynamics of an enzyme underlies catalysis». *Nature* **438** (7064): pp. 117–21. doi:10.1038/nature04105. PMID 16267559.
19. Yang LW, Bahar I (5 de junio de 2005). «Coupling between catalytic site and collective dynamics: A requirement for mechanochemical activity of enzymes». *Structure* **13** (6): pp. 893–904. doi:10.1016/j.str.2005.03.015. PMID 15939021. PMC 1489920. <http://www.cell.com/structure/abstract/S0969-2126%2805%2900167-X>.
20. Agarwal PK, Billeter SR, Rajagopalan PT, Benkovic SJ, Hammes-Schiffer S. (5 de marzo de 2002). «Network of coupled promoting motions in enzyme catalysis». *Proc Natl Acad Sci USA.* **99** (5): pp. 2794–9. doi:10.1073/pnas.052005999. PMID 11867722.
21. Agarwal PK, Geist A, Gorin A (agosto 2004). «Protein dynamics and enzymatic catalysis: investigating the peptidyl-prolyl cis-trans isomerization activity of cyclophilin A». *Biochemistry* **43** (33): pp. 10605–18. doi:10.1021/bi0495228. PMID 15311922.
22. Tousignant A, Pelletier JN. (agosto 2004). «Protein motions promote catalysis». *Chem Biol.* **11** (8): pp. 1037–42.

- doi:10.1016/j.chembiol.2004.06.007. PMID 15324804.
<http://www.sciencedirect.com/science>
23. Olsson MHM, Parson WW, Warshel A, MH; Parson, WW; Warshel, A (2006). «Dynamical Contributions to Enzyme Catalysis: Critical Tests of A Popular Hypothesis». *Chem. Rev.* **106** (5): pp. 1737–56. doi:10.1021/cr040427e. PMID 16683752.
 24. de Bolster, M.W.G. (1997). «Glossary of Terms Used in Bioinorganic Chemistry: Cofactor». International Union of Pure and Applied Chemistry. Consultado: 30-5-2011.
 25. de Bolster, M.W.G. (1997). «Glossary of Terms Used in Bioinorganic Chemistry: Coenzyme». International Union of Pure and Applied Chemistry. Consultado: 30-5-2011.
 26. Wagner, Arthur L. (1975). *Vitamins and Coenzymes*. Krieger Pub Co. ISBN 0-88275-258-8.
 27. Henri, V. (1902). «Theorie generale de l'action de quelques diastases». *Compt. Rend. Hebd. Acad. Sci. Paris* **135**: pp. 916–9.
 28. Sorensen, P.L. (1909). «Enzymstudien {II}. Über die Messung und Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration bei enzymatischen Prozessen». *Biochem. Z.* **21**: pp. 131–304.
 29. Michaelis L., Menten M. (1913). «Die Kinetik der Invertinwirkung». *Biochem. Z.* **49**: pp. 333–369. English translation. Consultado: 6 de abril de 2011.
 30. Briggs G. E., Haldane J. B. S. (1925). «A note on the kinetics of enzyme action». *Biochem. J.* **19** (2): pp. 339–339. PMID 16743508. PMC 1259181. <http://www.biochemj.org>
 31. Ellis RJ (2001). «Macromolecular crowding: obvious but underappreciated». *Trends Biochem. Sci.* **26** (10): pp. 597–604. doi:10.1016/S0968-0004(01)01938-7. PMID 11590012.
 32. Kopelman R (1988). «Fractal Reaction Kinetics». *Science* **241** (4873): pp. 1620–26. doi:10.1126/science.241.4873.1620. PMID 17820893.
 33. Savageau MA (1995). «Michaelis-Menten mechanism reconsidered: implications of fractal kinetics». *J. Theor. Biol.* **176** (1): pp. 115–24. doi:10.1006/jtbi.1995.0181. PMID 7475096.

34. Schnell S, Turner TE (2004). «Reaction kinetics in intracellular environments with macromolecular crowding: simulations and rate laws». *Prog. Biophys. Mol. Biol.* **85** (2–3): pp. 235–60. [doi:10.1016/j.pbiomolbio.2004.01.012](https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2004.01.012). PMID 15142746.
35. Xu F, Ding H (2007). «A new kinetic model for heterogeneous (or spatially confined) enzymatic catalysis: Contributions from the fractal and jamming (overcrowding) effects». *Appl. Catal. A: Gen.* **317** (1): pp. 70–81. [doi:10.1016/j.apcata.2006.10.014](https://doi.org/10.1016/j.apcata.2006.10.014).
36. Price, NC. (1979). «What is meant by ‘competitive inhibition’?». *Trends in Biochemical Sciences* **4**: pp. pN272.

BIBLIOGRAFIA

1. Bravo Álvarez, Mylay. (julio de 2004). "Estudio Preliminar de un Sistema de Gestión Ambiental en la Henequenera "René Arcay" de Mariel". Trabajo de Diploma. Ciudad de la Habana.
2. de Almeida Mandriz, Teresa Ivana. (junio de 2009). "Comportamiento de los clones de agave 54 y 97 como agente en la estimulación ácida de pozos de petróleo". Trabajo de Diploma. Ciudad de la Habana.
3. "Desengrasante biodegradable concentrado para uso industrial" <http://www.solostocks.com.mx> (4/05/2010)
4. "Desengrasante energético ecológico" <http://www.detergentes-ecologicos.com/desengrasantesecologicos.html> (4/05/2010)
5. "Ensayo de desengrase" <http://docs.google.com> (9/04/2010)
6. "Limpiadores Ecológicos Biodegradables" <http://www.soporte1.com/natura/productos.htm> (25/01/2010).
7. "Limpieza y Desengrase de metales con disolventes clorados y no clorados"
8. <http://www.dow.com/safechem/es/app/metal.htm> 18/06/2010
9. "Líquidos para el desengrase" <http://www.easyandeasy.com.mx/productos/> (4/05/2010)
10. Manrique Suárez, Raydel. (junio de 2007). "Estudio Preliminar de la Adición de Jugos de Agaves en el Tratamiento de Aguas Duras". Trabajo de Diploma. Ciudad de La Habana.
11. "Productos Desengrasantes" <http://www.proecoquimicas.com> (1/04/2010).
12. "Solvente Dieléctrico" <http://productosmasterplus.blogspot.com> (4/05/2010)