

“Programa Sub-Sectorial de Irrigaciones -
Ministerio de Agricultura”.

21 de Agosto, Lima-Perú



LER-FIA UNALM

“Biocombustibles en el Perú y su importancia”



BIODIESEL - UNALM

José L. Calle M., Ph.D.
Profesor Principal
Jefe Laboratorio Energías Renovables, LER
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Facultad de Ingeniería Agrícola

fagricola@lamolina.edu.pe
biodiesel@lamolina.edu.pe



Tendencia mundial energética

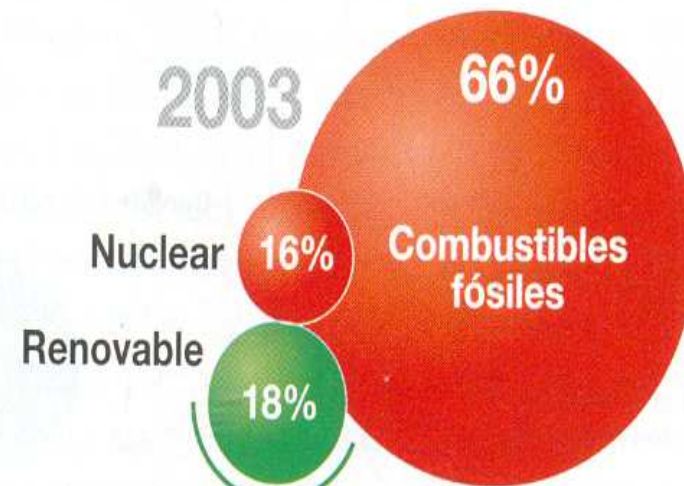
Producción mundial de electricidad

1993

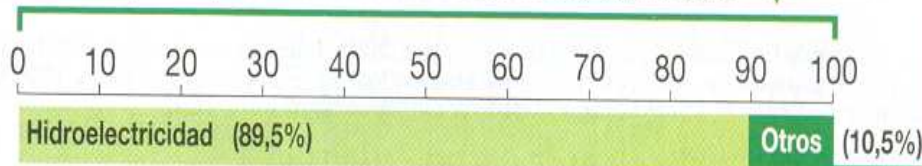


Porcentaje de la producción mundial de electricidad. La superficie de los círculos es proporcional a la producción total de electricidad.

2003

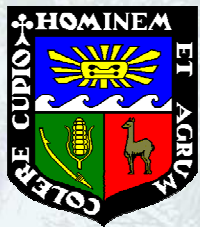


Porcentaje de la producción de electricidad de origen renovable



Biomasa y residuos (6,7%)
Eólica (2,1%)
Geotérmica (1,6%)
Solar (0,1%)

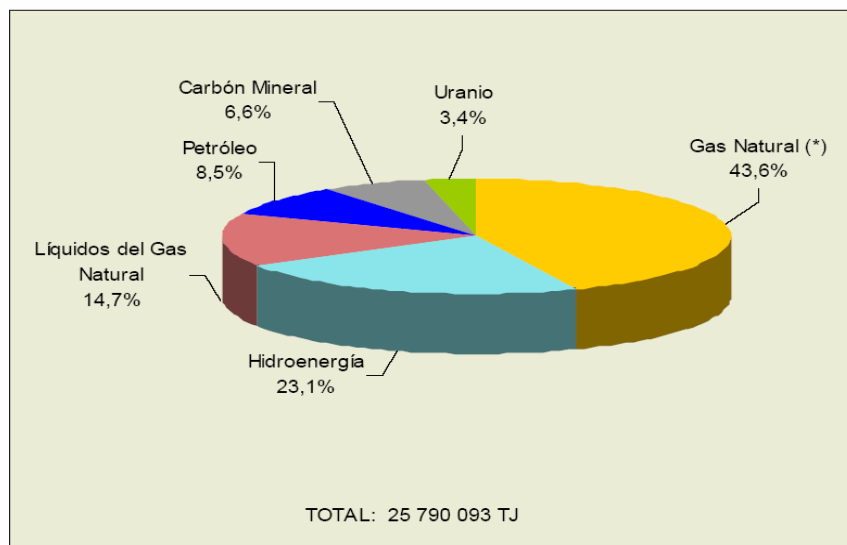
Fuente: *La production mondiale d'électricité d'origine renouvelable dans le monde, sixième inventaire*. Observatorio de Energías Renovables (Observ'ER)-EDF, 2004.



MATRIZ ENERGETICA PERUANA

(2004)

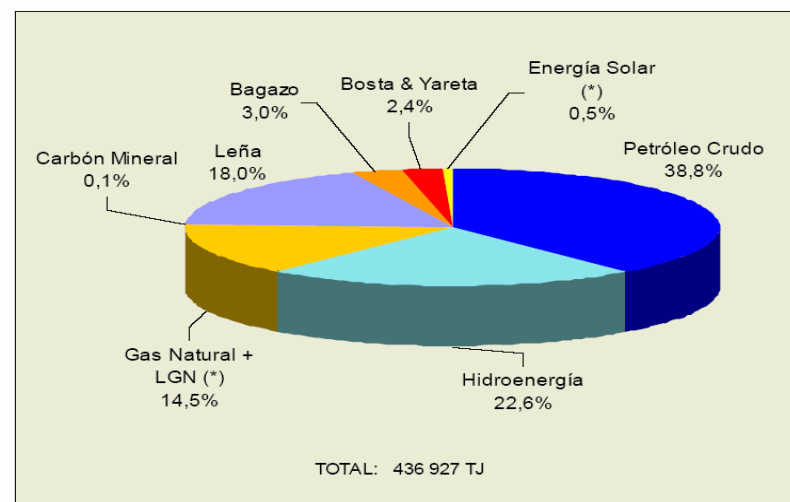
ESTRUCTURA DE LAS RESERVAS PROBADAS DE ENERGÍA COMERCIAL



(*) Reservas OGIP (Original Gas in Place)

Fuente: Balance Nacional de Energía 2004 - MEM

ESTRUCTURA DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA



(*) Producción Fiscalizada
(**) Estimado

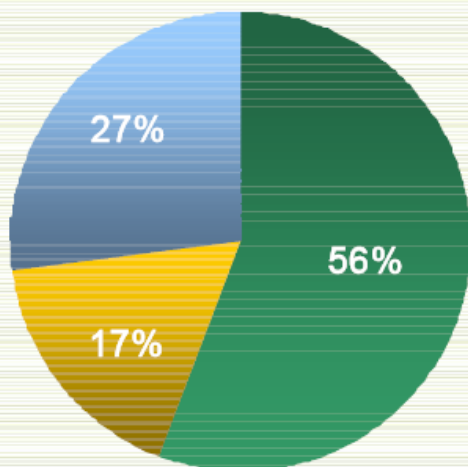
Fuente: Balance Nacional de Energía 2004 - MEM



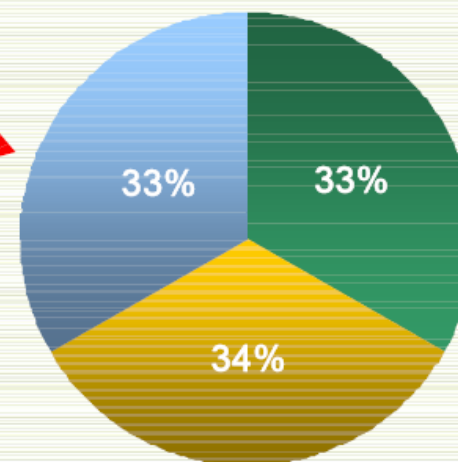
Tendencia Peruana

Cambio de la Matriz Energética

Situación 2005



Situación Futura



■ Petróleo

■ Gas Natural + LGN

■ Energías Renovables

- Hidroenergía
- Biocombustibles
- Energía no Convencionales



¿ ES POSIBLE LOS AGROCOMBUSTIBLES ?

- ⇒ **Competencia de cultivos energéticos** con cultivos para **consumo humano**, principalmente por **tierras y agua**.
 - ⇒ El subdirector general de la **FAO** ha alertado que *la creciente producción de biocombustibles podría complicar las metas de acabar con el hambre en los países en desarrollo*
- ⇒ **Monocultivos a gran escala** y **pérdida de bosques y biodiversidad**.
 - ⇒ En **Malasia** e **Indonesia** se han **devastado** inmensas áreas de **bosque tropical** para producir **palma aceitera**, y en **Brasil** la expansión de cultivos de **soya** amenaza parte de la Amazonía.
 - ⇒ Además de la pérdida de biodiversidad, el **cambio** en el **uso** del **suelo** implica enormes **emisiones** de **gases** de **efecto invernadero**.



¿ ES POSIBLE LOS AGROCOMBUSTIBLES ?

Balance de energía fósil bajo en algunos casos

Cantidad de energía contenida en el biocombustible por unidad de energía fósil utilizada en su producción.

Etanol:

- Maíz (USA): 1 a 2.
- Caña de azúcar (Brasil): ± 8 .

Biodiésel:

- Colza (UE): 2 a 3.
- Soya (USA): 3.
- Palma africana: 8.
- Jatropha (piñón) 5 a 6
- Aceites usados: 5 a 6.

La Comisión del Medio Ambiente de la UE, pide renuncie a su meta del 10% de biocarburantes para el 2010 sino 4% al 2015.

Finalmente: "No son una formula mágica pero es una oportunidad interesante"



¿Son los agrocombustibles los villanos causante del alza de precios?

- ⇒ Subida precio del petróleo: > \$110/barril
- ⇒ Uso de maíz para etanol, EEUU
- ⇒ Mayor consumo alimentario en países emergentes: China, India, ejm. cereales, trigo, etc.
- ⇒ Problemas climáticos: menores cosechas, ejm. EEUU, Argentina, etc
- ⇒ Inestabilidad política en países exportadores. Cierra fronteras, Ejm Bolivia, Argentina.
- ⇒ Mayores requerimientos alimentarios del mundo.
- ⇒ Acción especulativa de grandes corporaciones, brokers, etc

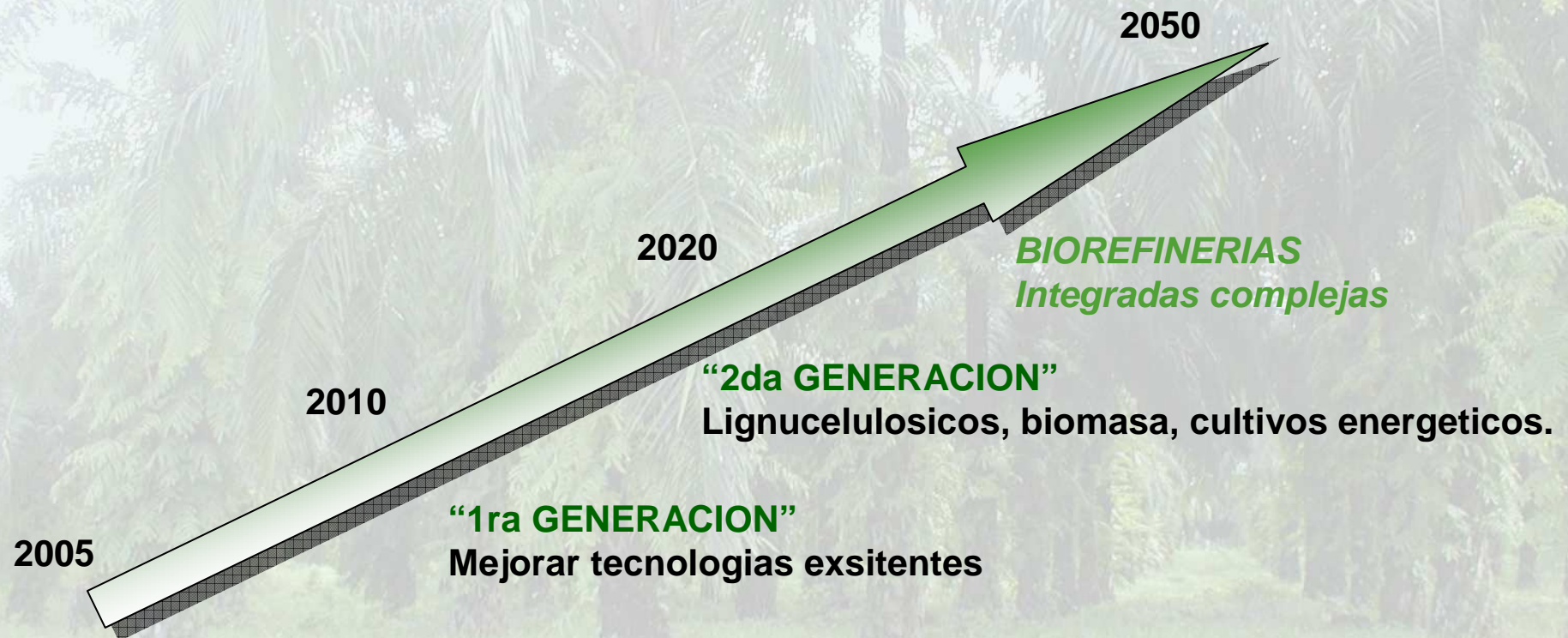


Futuro de los Agrocombustibles

- ⇒ Tendrá una continua expansión en los 3 a 4 años que desencadenaran cambio en el precio y suministro de producción agrícola.
- ⇒ Adicionalmente ocasionara un **REORDENAMIENTO** de la producción, un ordenamiento territorial, y zonificación agroecológica.
- ⇒ Finalmente, los precios dependerán mucho del precio del petróleo. Actualmente a >US\$110/barril
- ⇒ Será necesario una economía ecológica. Trade offs de aspectos sociales y ambientales, análisis de costo/beneficios
- ⇒ **Finalmente, no existe informaciones concluyentes, solo justificaciones y argumentos muy difusos.**



VISION FUTURA DE LOS BICOMBUSTIBLES

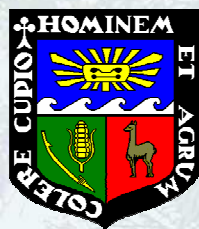




Crecimiento de cultivos para combustibles en América del Sur



Fuente: CLAES. Centro Latinoamericano de Ecología Social



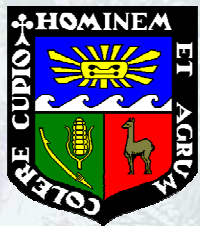
Principales cultivos potenciales para Agrocombustibles en América Latina y el Caribe

País	Cultivos actuales o en el futuro inmediato
Argentina	Caña azúcar, soja, maíz, colza, girasol, trigo
Bolivia	Caña azúcar, soja
Brasil	Caña azúcar, soja, palma, ricino, girasol, colza
Chile	Maíz, colza
Colombia	Caña azúcar, mandioca, palma, maíz
Costa Rica	Caña azúcar, palma
Cuba	Caña de azúcar
Dominicana, R.	Caña azúcar, palma
Ecuador	Caña de azúcar, palma
El Salvador	Caña azúcar
Guatemala	Caña azúcar, palma
Honduras	Caña azúcar, palma
México	Caña azúcar, sorgo, maíz
Nicaragua	Caña azúcar
Panamá	Caña azúcar
Paraguay	Caña de azúcar, soja, palma, colza, maíz, trigo
Perú	Caña azúcar, palma, sorgo
Uruguay	Caña azúcar, soja, maíz
Venezuela	Caña de azúcar, palma



Balance energético de algunos agrocombustibles

Combustible (insumo)	Balance de Energía Fósil (aprox.)	Fuentes de información
Etanol celulósico	2-36	(2.62) Lorenz and Morris (5+) DOE (10.31) Wang (35.7) Elsayed et al.
Biodiesel (aceite de palma)	~9	(8.66) Azevedo (~9) Kaltner (9.66) Azevedo
Etanol (caña de azúcar)	~8	(2.09) Gehua et al. (8.3) Macedo et al.
Biodiesel (residuo de aceite vegetal de cocina)	5-6	(4.85-5.88) Elsayed et al.
Biodiesel (soja)	~3	(1.43-3.4) Azevedo et al. (3.2) Sheehan et al.
Biodiesel (colza, UE)	~2.5	(1.2-1.9) Azevedo et al. (2.16-2.41) Elsayed et al. (2-3) Azevedo et al. (2.5-2.9) BABFO (1.82-3.71) Richards; depends on use of straw for energy and cake for fertilizer. (2.7) NTB (2.99) ADEME/DIREM
Etanol (trigo)	~2	(1.2) Richards (2.05) ADEME/DIREM (2.02-2.31) Elsayed et al. (2.81-4.25) Gehua
Etanol (remolacha)	~2	(1.18) NTB (1.85-2.21) Elsayed et al. (2.05) ADEME/DIREM
Etanol (maíz)	~1.5	(1.34) Shapouri 1995 (1.38) Wang 2005 (1.38) Lorenz and Morris (1.3-1.8) Richards
Diesel (petróleo)	0.8-0.9	(0.83) Sheehan et al. (0.83-0.85) Azevedo (0.88) ADEME/DIREM (0.92) ADEME/DIREM
Nafta (petróleo)	0.80	(0.84) Elsayed et al. (0.8) Andress (0.81) Wang
Nafta (alquitrán)	~0.75	Larsen et al.



PRECIOS DEL PETROLEO PARA VIABILIDAD DE LOS BIOCOMBUSTIBLES



PRECIO PUBLICADO DEL PETROLEO CRUDO WTI (US\$/Barril)



Fuente: www.oilenergy.com

sumado a los informes sobre Cambio Climático...

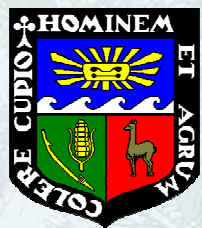
US\$ 110/barril	Etanol UE
US\$ 80/barril	Biodiesel UE
US\$ 60/barril	Etanol Estados Unidos
US\$ 30-35/barril	Etanol Brasil

Fuente: Banco Central Reserva, Peru



Viabilidad de Agrocombustibles en Perú

- ≡ Manejo eficiente del agua y suelos. Tratamiento de aguas residuales
- ≡ Producción en zonas agrícolas marginales: **zonas deforestadas** de selva (>7MM has, 10% de selva) o **áreas marginales** (PERU cuenta con 128 MM has de las cuales 5 MM son cultivadas y 3MM con baja producción).
- ≡ Buscar cultivos con **altos rendimientos**, que demanden **poca aplicación de agua y de agroquímicos**.
- ≡ **Inclusión social** con criterios ambientales y líneas de financiamiento claros
- ≡ **Apoyar la investigación** y desarrollar un ordenamiento territorial claro que defina las áreas y cultivos con potencial



LEGISLACION PERUANA EN BIOCOMBUSTIBLES



- ≡ Ley de Promoción de los Biocombustibles: 2003
- ≡ Reglamento de Promoción: 2005
 - ≡ Mezcla de gasolina con etanol al 7.8%
 - ≡ Mezcla de diésel con biodiésel al 2 y 5%
- ≡ Reglamento para su comercialización: 2007



Proyección de combustibles y agrocombustibles en PERU

(fuente "línea base de biocombustibles" SNV, ref plan hidrocarburos 2007-2016 MEM)

Proyección de la demanda de los combustibles en el Perú. Expresado en miles de barriles equivalentes de petróleo por día.

COMBUSTIBLES (MBPD)	AÑOS									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Diesel 2	60.70	61.80	62.80	64.10	65.50	67.00	68.50	70.10	71.8	73.60
Gasolinas	19.40	18.70	18.00	17.40	16.80	16.20	15.60	15.10	14.6	14.10

Fuente: Elaborado sobre la base estadísticas Plan Referencial de Hidrocarburos 2007-2016 MEM y Ley N° 28054

Proyección de la demanda de etanol (7.8%), equivalente a 13,000 has de caña de azúcar. (Millones de galones)

COMBUSTIBLE	AÑOS							
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gasolinas	310.26	323.08	311.54	296.15	289.74	285.90	282.05	278.21
Etanol Anhidro (7.8%)	24.20	25.20	24.30	23.10	22.60	22.30	22.00	21.70

Fuente: Elaborado sobre la base estadísticas Plan Referencial de Hidrocarburos 2007-2016 MEM y Ley N° 28054

Proyecciones de la demanda de Biodiesel. Para mezclas del 2% se necesitarán 16,000 has de palma y para el 5% 45,000 has. (millones de galones)

COMBUSTIBLE	AÑOS							
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Petroleo N° 2	905.00	925.00	965.00	1,060.00	1,090.00	1,138.00	1,168.00	1,212.00
Biodiesel (2%)	18.10	18.50	19.30	21.20	21.80	-	-	-
Biodiesel (5%)	-	-	-	-	-	56.90	58.40	60.60

Fuente: Elaborado sobre la base estadísticas Plan Referencial de Hidrocarburos 2007-2016 MEM y Ley N° 28054



Antecedentes del Proyecto Biodiesel



UNALM

- ≡ **1994** Inauguración del laboratorio de Energías Renovables
- ≡ **2000:** Primeras pruebas Biodiesel
- ≡ **2002:** Pasantía en la Universidad Nacional de Los Llanos (**UNILLANOS**)





Antecedentes del Proyecto Biodiesel



- ≡ **2003:**
 - ≡ **1er proyecto I+D, CONCYTEC**
 - ≡ **“Producción de Biodiesel a pequeña escala”**
 - ≡ **Mención honrosa CONAM**
- ≡ **2004: Biodiésel bus**
- ≡ **2005: Pasantía en Brasil**
 - ≡ **2do. Proyecto I+D CONCYTEC**
 - ≡ **“Desarrollo de un sistema sostenible para la amazonia peruana”**
- ≡ **2006:**
 - ≡ **Planta piloto (1 Ton/día) financiado por CONCYTEC**
 - ≡ **3er proyecto I+D de CONCYTEC**
 - ≡ **“Producción de etanol con tecnología intermedia para producción de etilesteres”**
 - ≡ **Panamericana2006 ProBiodiesel**
- ≡ **2007**
 - ≡ **Equipamiento de laboratorio de Energías Renovables para análisis de calidad del biodiesel, financiado por CONCYTEC**





Áreas de investigación de LER-FIA - UNALM



≡ Zonas Rurales aisladas amazónicas

≡ Diseño de sistemas de producción a pequeña escala

(>1,800 comunidades aisladas 15% población peruana selva):

- Fines **energéticos**: para producción y transformación y transporte **fluvial** . Autonomía energética.
- Usar **Especies oleaginosas amazónicas no comestibles** .
- **Diseño de reactores artesanales** . Uso de etanol.



≡ Zonas urbanas con residuales:

≡ Reciclar aceites comestibles usados y disminuir contaminación

≡ Reciclado de Grasas animales

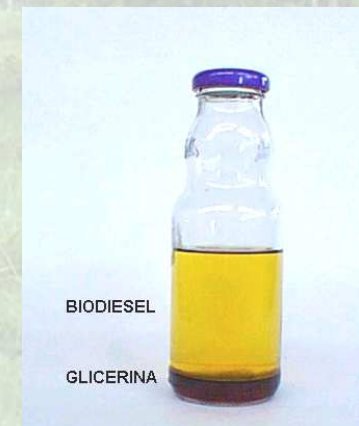
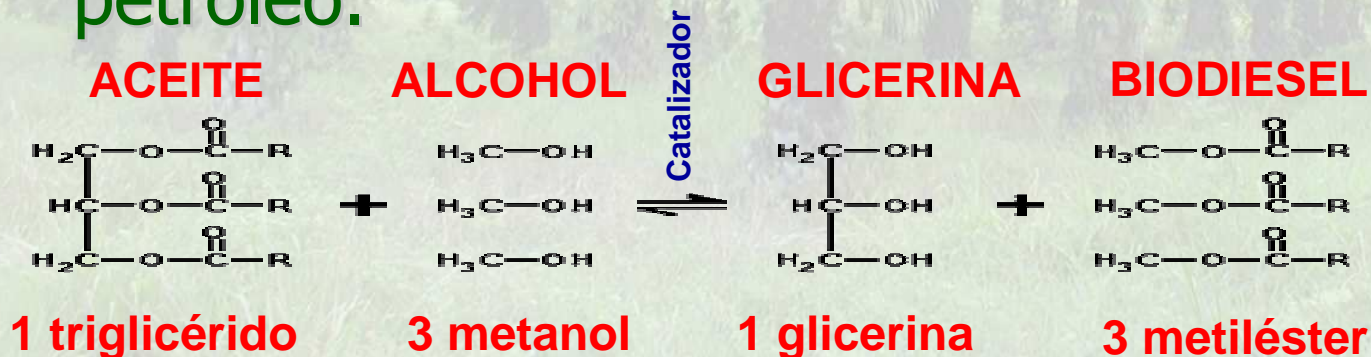
- Uso como combustible en motores, calderos, vehículos, etc.
- Fines **ambientales**: **reducción emisiones y reciclaje de aceites**.
- Promover buen uso de los aceites para calidad alimentaría, "evitar el excesivo reúso".
- Tecnología sencilla.





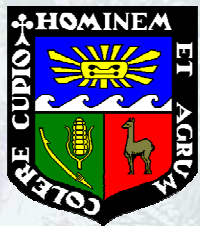
¿Qué es el biodiesel?

- ≡ Combustible renovable.
- ≡ Derivado de aceites vegetales o grasas animales.
- ≡ Se obtiene mediante el proceso de transesterificación, (ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables)
- ≡ Se usa como sustituto o como aditivo del diesel de petróleo.



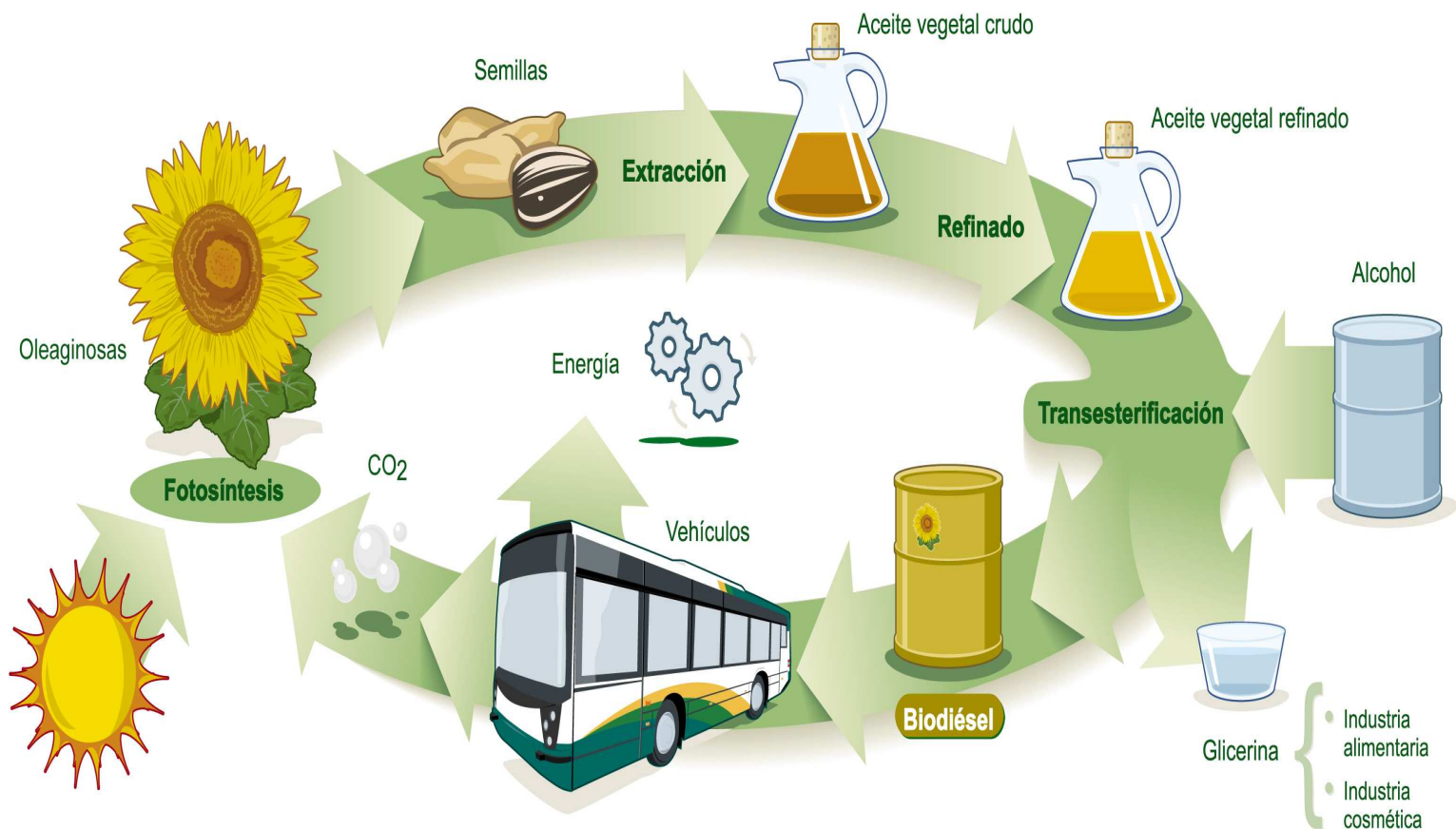
BIODIESEL

GLICERINA



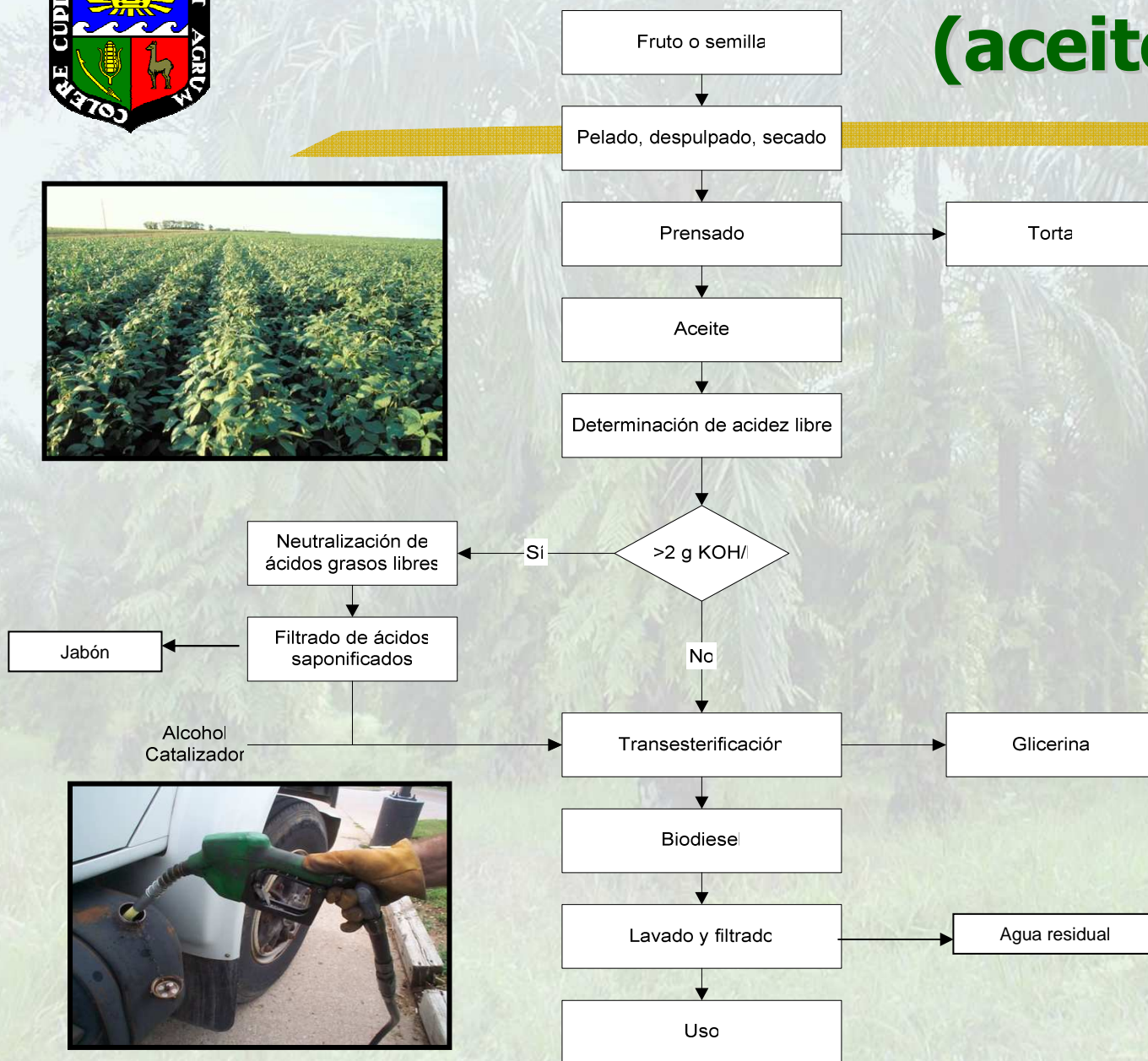
CICLO DEL BIODIESEL

EL CICLO DEL BIODIÉSEL



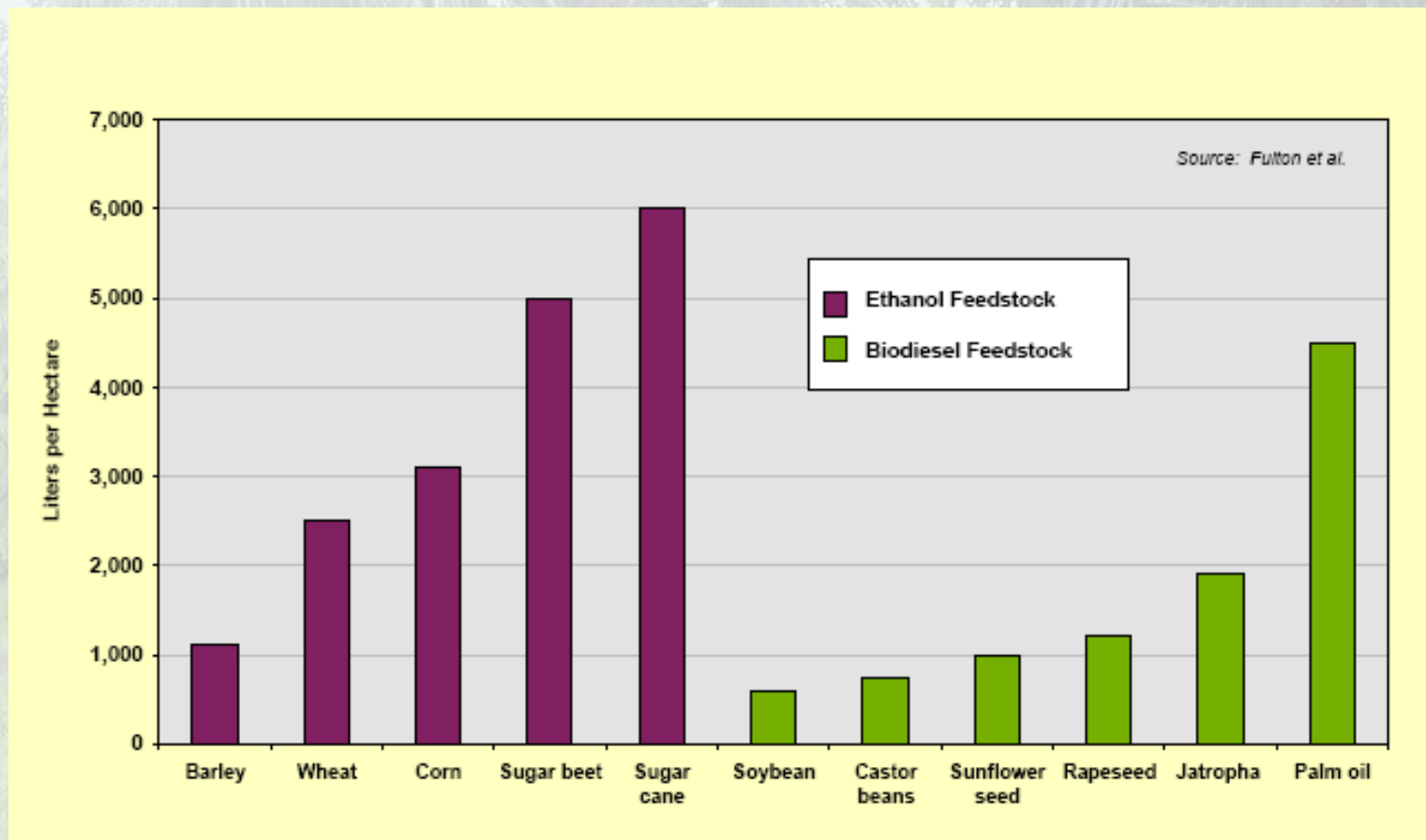


Proceso de elaboración (aceites vírgenes)





Rendimiento de algunos cultivos energéticos



RENDIMIENTOS EN ACEITE

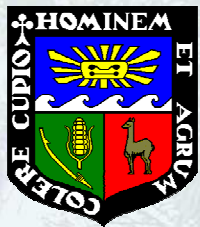
Rendimiento en aceite de algunos cultivos oleaginosos. Los litros de aceite dependen del cultivo, lugar, año y tratamientos culturales, en litros/(ha·año):

- **Colza (*Brassica napus*): 800-1100**
- **Girasol (*Helianthus annuus*), en secano: 800-1200**
- **Girasol (*Helia. annuus*), en regadío: 900-1550**
- **Soja (*Glicine max*): 420 - 580**

- **Palma (*Elaeis guineensis*): 3500- 5550**
- **Jatropha/tempate/piñon (*Jatropha curcas*): 1590 – 3500**
- **Ricino/tartago (*Ricinus communis*): 1200- 1700**

- **Arroz (*Oriza sativa*): 700-770**
- **Tung (*Aleurites fordii*): 880**
- **Maní (*Arachis hipogaea*): 990**
- **Aguacate, palta (*Persea americana*): 2460**
- **Coco (*Cocos nucifera*): 2000 - 2500**
- **Cocotero (*Acrocomia aculeata*): 3700 - 4200**





CULTIVOS: para etanol

Caña de azúcar:

Rendimientos más altos del mundo:

- 120 a 200 TM/Ha de caña (*fuentes: APPAB*).
 - 9600 lt/Ha de etanol.

Áreas disponibles:

- 63 mil Ha (*fuentes: APPAB*).
- 140 mil Ha (*fuentes: MINAG*).

Balance energético: ± 8.

Gremio: APPAB (www.appab.org).

1 Ha de caña genera tanto oxígeno como 4 Ha de bosque (*fuentes: MAPA*).

- 1 M3 de etanol de caña reduce 2.6 TM de CO2.





Caña de Azúcar – Brasil (7MM has)

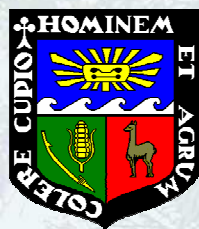
Output/Input Energia $\sim 8.2^*$



Produccion de etanol en 2006: 16 billiones litros



*Goldenberg, J.L.C Renewable Energies, Island Press, 1993



Comparación del sector Bioetanol en Brasil y EEUU.

Basado en Bundy (2007) y en Folha Sao pablo (4 Marzo 2007)

	Brasil	Estados Unidos
Principal cultivo	Caña azúcar	Maíz
Area cultivada (millones has)	6,4	31,6
Porcentaje dedicado al etanol	7,6	15,6
Producción (millones ton)	267	426
Porcentaje dedicado al etanol	20	48
Etanol producido (millones litros)	17 400	18 300
Productividad (lts / ha)	6 000	3 500
Consumo etanol sobre consumo total %	40	2
Usinas en 2007	336	114
Usinas proyectadas	73	78
Importaciones (millones lts)	-	2 800
Exportaciones (millones lts)	3 400	-
Costo de producción (US\$ por litro)	0,22	0,30



OTROS CULTIVOS: para etanol

/// **Sorgo azucarero:**

/// Rendimientos muy altos:

- 280 TM/Ha/año de tallo (*f fuente: Monder SAC*).
 - 4 campañas al año.
 - 18 mil lt/Ha de etanol.

/// Consume 1/3 de agua que la caña.

/// Empresa peruana investigando: Monder SAC (monder@terra.com.pe).



OTROS CULTIVOS: para etanol

/// Camote:

/// Rendimientos altos:

- 180 TM/Ha/año (*f fuente: Sweet Perú*).
 - 3 campañas al año: 60 TM/Ha.
 - 10000 lt/Ha de etanol.

/// Balance energético: ± 8 .

/// Consume 1/3 de agua (1/10 con riego por goteo) que la caña.

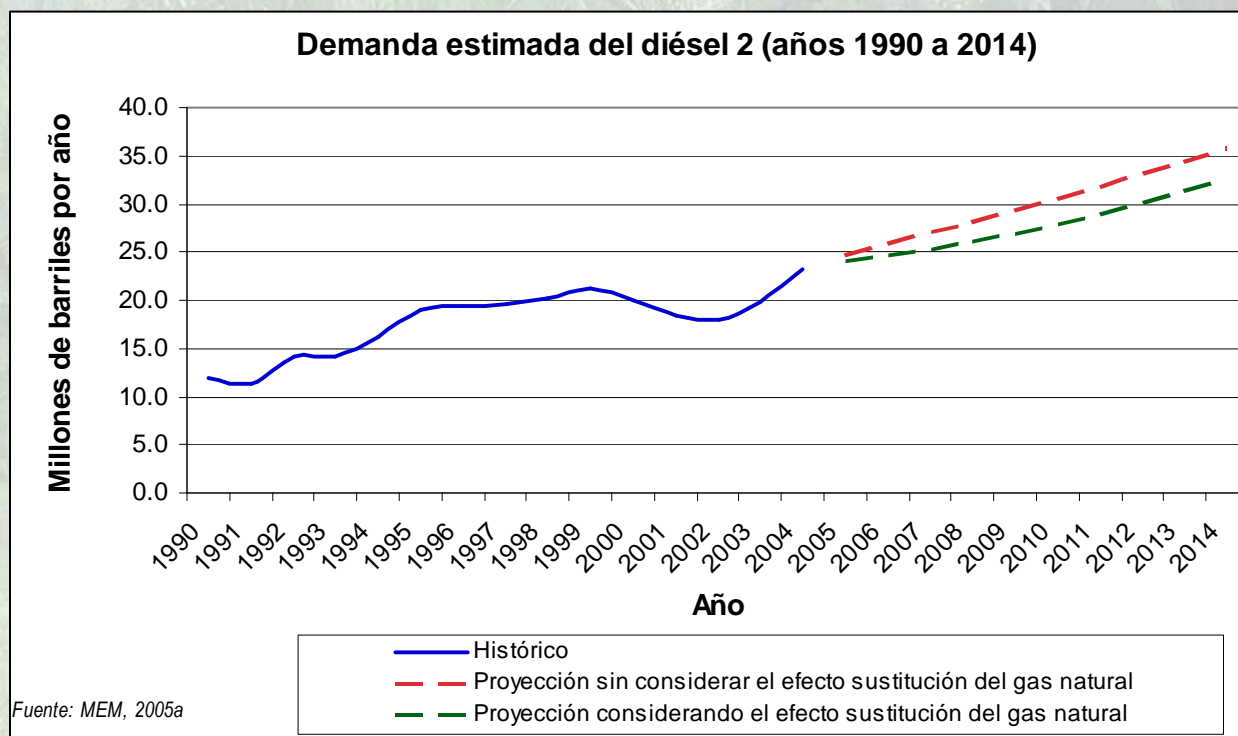
/// 1.5 trabajadores/Ha (15 veces más que la caña).

/// Empresa peruana investigando: Sweet Perú (zuloaga@sweetperu-bio.com).



PERSPECTIVAS: biodiésel

≡ Perú **importa** \pm 9 millones de barriles de **diesel** al año (\pm **38%** del consumo total):

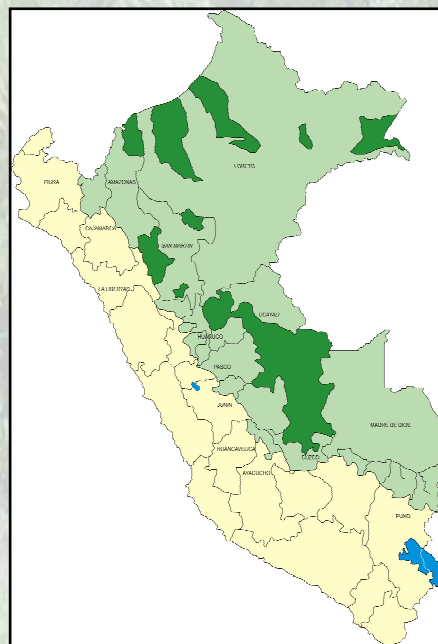




Proyecciones de palma en Perú para biodiésel

Palma aceitera africana: en selva

- En producción: 18 mil Ha. en siembra 140 mil has.
- Área potencial: 1,4 millones de Ha.



PALMA ACEITERA
de la cosmética al biodiésel

La colonización continúa

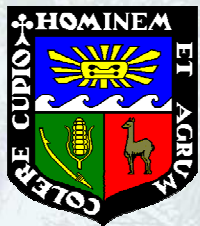
PALMA ACEITERA de la cosmética al biodiésel. La colonización continúa 57

- Perú: la Amazonia amenazada por proyectos de plantaciones de palma aceitera**

Las plantaciones de palma aceitera se expanden en América del Sur: Colombia, Ecuador, Venezuela y ahora Perú, que se suma al impulso comercial. Las empresas encuentran lucrativas oportunidades a costa de la invaluable selva amazónica y de la vida de los campesinos, quienes se ven desplazados de las tierras que trabajan para obtener su sustento.

En el año 2000 el **Ministerio de Agricultura** elaboró el Plan Nacional de Promoción de la Palma Aceitera 2000 - 2010. Con un enfoque de mercado, el plan busca promover "núcleos" productivos o "clusters" en los departamentos de **San Martín** y **Loreto**, hasta consolidar 50.000 hectáreas a establecerse en la región amazónica, la cual—según anunciaba el proyecto de Ley 9271— "cuenta con extensas y ricas tierras para desarrollar la industria del aceite de palma".

En este contexto, llegan denuncias de que en plena llanura amazónica y parte de la ceja de la selva, 30.000 hectáreas de bosques tropicales comprendidos en los valles de la subcuenca de los ríos de Caynarachi y Shanusi, en el distrito de Yurimaguas, región Loreto, serán destinados al cultivo e industrialización de la palma aceitera por el grupo Romaro, un poderoso conglomerado mixto al que pertenecen las empresas Industrias del Espino S.A. (INDESA) y Palmas del Esplendor y Subsidiarias (PALMESA). Antes de darse a conocer los resultados del estudio de impacto ambiental del proyecto, se informa que ya se ha iniciado la deforestación de 2.000 hectáreas en la zona de Shanusi.



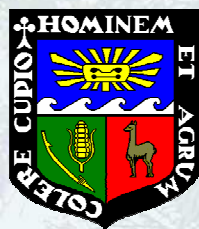
PALMA (Output/input energia ~ 8)*

- Costo de Producción de US\$ 240/ton de aceite
- Inversión agrícola de US\$ 2,400/ha
- Mínimo de 5.000 litros/ha
- Cultivo Peremne
- Palma cultivada en Costa Rica con productividad mínima de 7.500 litros/ha



Palma cultivada en Costa Rica

* Lor, E.E.S. et al, World Bioenergy <http://www.svebio.se/attachments/33/295.pdf>



CULTIVOS IMPORTADOS para biodiésel

/// **Colza canola:** en sierra (ideal 2,800 a 3,800 msnm)

/// Impulsado por Programa Sierra Exportadora.

- Articulación con empresas mineras.
- Instituto Altoandino del Biocombustible.
- Usado también como forraje, sobre los 4,000 msnm
- Aceite de consumo humano de alta calidad, omega 3.



Correo

Sierra Exportadora Invertirá \$1.90 millones

Y generará 50 mil empleos en todo el país

Lima, nov. 22 (Andina).-

El presidente ejecutivo de Sierra Exportadora, Gastón Benza Pflucker, informó hoy, que en el año 2007 se invertirán 90 millones de nuevos soles para ejecutar 100 proyectos que generarán empleo para 50.000 personas en promedio. Dijo que para el 2006 Sierra Exportadora debe desarrollar 42 proyectos con una inversión de 35 millones de soles beneficiando a más de 22.000 personas con nuevos puestos de trabajo. Mencionó, por ejemplo, que uno de los proyectos en marcha es la siembra de 10.000 hectáreas de durazno en los valles Interandinos que beneficiará a 6.000 personas. También se sigue impulsando la siembra de alcachofas en el valle del Mantaro, y se ha suscrito un **acuerdo importante con dos mineras para la siembra de canola, combustible vegetal para producir biodiésel.** Hemos suscrito un convenio con las mineras Yanacocha y Los Queñales para la producción de canola y se espera sembrar un millón de hectáreas, lo que significará un importante desarrollo para la sierra ya que este cultivo genera mucha mano de obra", comentó. Indicó que Sierra Exportadora ejecuta los proyectos teniendo en cuenta la altitud de los valles para identificar los cultivos que pueden desarrollarse. Por ejemplo, en los valles de hasta 2.000 metros de altitud se siembran papas, duraznos y guayabas, mientras que en los valles de hasta 3.000 metros se cultivan menestras, alcachofas, hortalizas y flores. **En los valles, ubicados a 4.500 metros de altitud se pueden desarrollar cultivos como la canola y la papa.** Benza Pflucker dijo que este viernes se suscribirá un convenio para la industrialización de la papa a fin de darle mayor valor agregado y que los productores tengan una mayor rentabilidad, incluso cuando el precio caiga por un exceso de oferta. Finalmente, señaló que Sierra Exportadora está trabajando conjuntamente con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para que los proyectos de carreteras no sólo den prioridad a la conexión de ciudades sino también de las zonas con proyectos agrícolas.

metro *beta*

Publicado 25-02-2007 18:05

Perú le apuesta a los biocombustibles pero le faltan tierras cultivables

Lima, 25 feb (EFE).- El Gobierno peruano ha apostado fuerte a la producción de biocombustibles como alternativa al petróleo y la gasolina, y para ello cuenta con una enorme riqueza natural, pero adolece de campos de cultivo suficientes.

El Gobierno peruano ha apostado fuerte a la producción de biocombustibles como alternativa al petróleo y la gasolina, y para ello cuenta con una enorme riqueza natural, pero adolece de campos de cultivo suficientes. En la imagen, un trabajador peruano camina al lado de un depósito de gas. EFE/Archivo

Perú dispone de 50 especies de oleaginosas en su territorio selvático que pueden ser utilizadas para la producción de biodiésel, mientras que la desértica costa peruana puede producir caña de azúcar, el insumo del etanol, prácticamente todo el año.

Sin embargo, los expertos se preguntan de dónde saldrán las **200.000 hectáreas que el Ejecutivo incentiva a cultivar con canola**, materia prima del biodiésel, o las cerca de 100.000 hectáreas que se necesitarían para atender la demanda nacional de etanol.

sierra

CANOLA

PLAN DE ACCIÓN

- 1. Identificación de futuros compradores de biodiesel, aceite crudo y aceite comestible.
- 2. Implementación de procesos de producción experimental de canola y girasol.
- 3. Desarrollo de paquete tecnológico agrícola para los cultivos de Canola y Girasol.
- 4. Desarrollo de mineras tecnológicas a grandes países productores (Canadá, Alemania, USA y Argentina).
- 5. Promoción de siembra de 10.000 Has de Canola.
- 6. Desarrollo de incubadoras financieras para asociaciones de productores en coordinación con AGROBANCO.
- 7. Institucionalización de la industria a través de la creación del Instituto Altoandino del Biocombustible.
- 8. Mapa del riesgo normativo, promoviendo la aprobación de la Ley del Biodiesel.
- 9. Desarrollo del mercado de semillas en coordinación con INE y SENASA para permitir importación de semillas.



BIODIESEL DE ACEITE DE SOYA (Output/input energy ~ 3)*

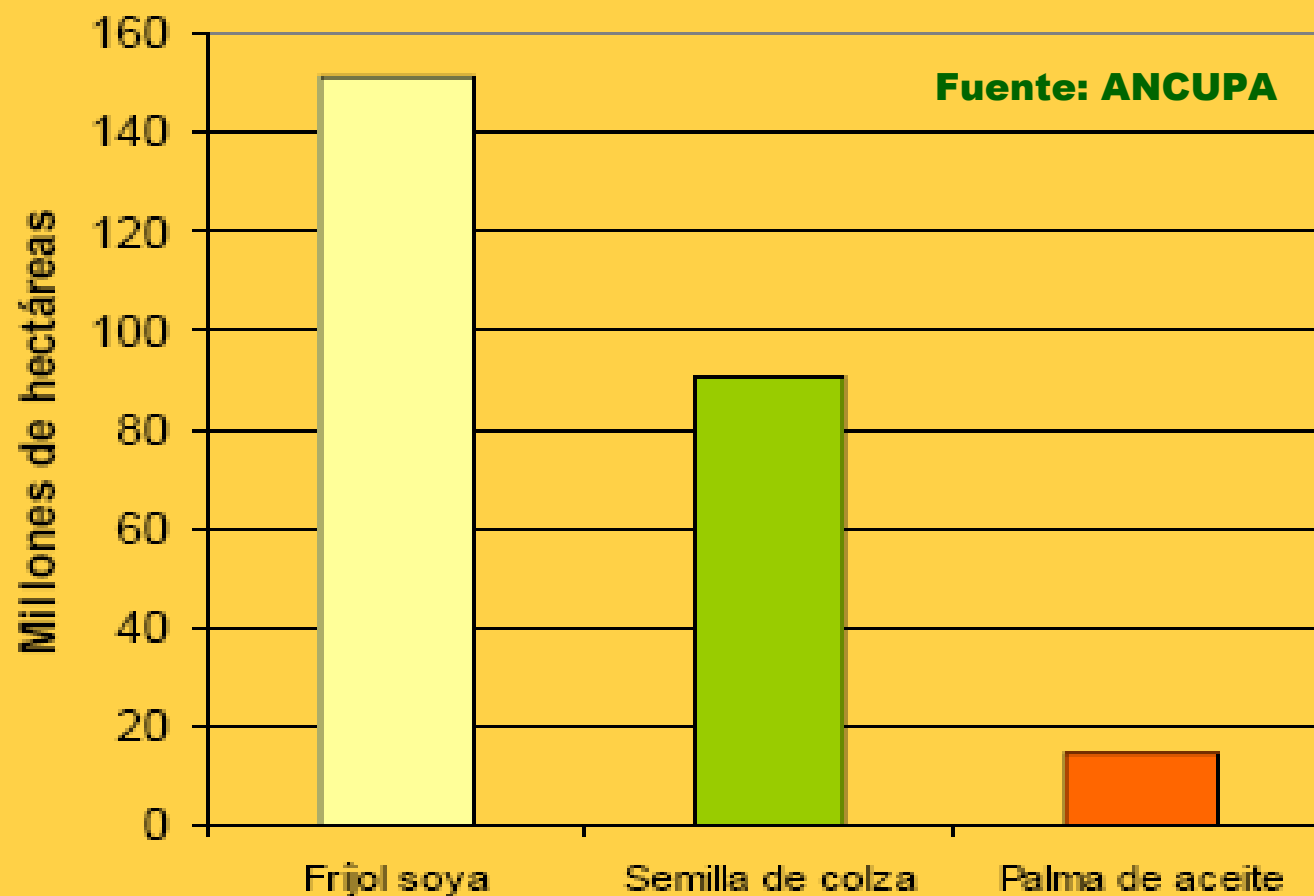


* NREL (USA) <http://www.nrel.gov/docs/legosti/fy98/24089.pdf>



Necesidades adicionales de tierras cultivables aptas para materias primas de biodiesel

(Sustituir 5% del mercado de diesel mundial: 5 tns de aceite)





OTROS CON POTENCIAL Y ALTERNATIVAS: PARA BIODIESEL

≡ **Piñón** (*Jatropha curcas*): en costa y selva.

- ≡ Iniciativas privadas y de la cooperación.
- ≡ Falta domesticarla ¿Variedades? genotipos

gtz

ded
Deutscher
Entwicklungsdienst



≡ **Aceites y grasas usadas**: en ciudades.

- ≡ Lima: 4 millones de litros anuales.
- ≡ Tienen precio de mercado: reutilizados informalmente para diversos fines.

≡ **Aceite de pescado**:

- ≡ Perú (2005): 290 mil Ton.
- ≡ Precio FOB en el Callao: USD 640 / Ton.

≡ **Grasa de Pollo**, consumo Perú: 27 MM kg mensual



Jatropha curcas (PIÑÓN) (Output/input energy \sim 5-6)*



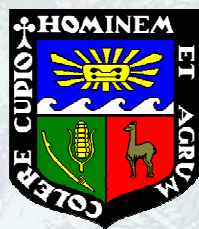
* Ouedraogo, 1991



Jatropha: Combate la Desertificación y Competencia con los Alimentos (Output/input energía \sim 5-6)*



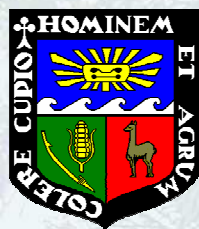
* Ouedraogo, 1991



Áreas de cultivo requeridas para Biodiesel a partir de Palma y Jatropha (piñón) para mezclas con Diesel al 2%, 5% y 100%

(fuente "línea base de biocombustibles" SNV, referencia plan hidrocarburos 2007-2016 MEM)

Años	Consumo de D2 (Millones de gal/año)	Consumo BIODIESEL 2% y 5% (Millones de gal/año)	Area de Palma Aceitera (Ha) para 2 % y 5% de Biodiesel Mercado Nacional	Area de Palma Aceitera (Ha) para 100 % de Biodiesel Mercado Nacional	Area de Piñón (Ha) para 2% y 5% de Biodiesel Mercado Nacional	Area de Piñón (Ha) 100% Biodiesel Mercado Nacional
2006	905.0	181	13,703.1	685,157.4	34,257.9	1,712,894
2007	925.0	185	14,006.0	700,299.0	35,015.0	1,750,748
2008	965.0	193	14,611.6	730,582.2	36,529.1	1,826,456
2009	1,060.0	212	16,050.1	802,504.8	40,125.2	2,006,262
2010	1,090.0	218	16,504.3	825,217.2	41,260.9	2,063,043
2011	1,138.0	56.9	43,077.9	861,557.0	107,694.6	2,153,893
2012	1,168.0	58.4	44,213.5	884,269.4	110,533.7	2,210,674
2013	1,212.0	60.6	45,879.0	917,581.0	114,697.6	2,293,952



Costos de producción y rendimientos de los cultivos potenciales para producción de biocombustibles en la selva amazónica Peruana.

PRODUCTO	Costos de producción (US\$/Ha)	Producción por hectarea (TM/Ha/año)	Rendimiento (lt/Ha/año) de Biocombustible	Rendimiento (gal/Ha/año) de Biocombustible	Precio Materia Prima (US\$/TM)	Presentación de la Materia Prima	Coefficiente de Conversión Cultivos
PALMA ACEITERA	2,324.7	20.0	5,000.0	1,320.9	100.0	RFF	1.0
CAÑA DE AZUCAR	2,140.4	150.0	9,750.0	2,575.7	16.7	TALLOS	0.5
PIÑON BLANCO**	800.0	7.0	2,000.0	528.3	180.0	GRANO SECO	2.5
HIGUERILLA**	420.0	3.2	1,300.0	343.4	200.0	GRANO SECO	3.8

** Costos estimados en la fase inicial de instalación de los cultivos

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de la información del Ministerio de Agricultura, INIA y empresas de agricultores de los departamentos de San Martín, Ucayali y Loreto

(fuente “línea base de biocombustibles” SNV, referencia plan hidrocarburos 2007-2016 MEM)



Composicion del Costo del Biodiesel



■ Óleo Vegetal - 83%

■ Metanol - 5%

■ Catalisadores, Aditivos, Mão-de-obra e Energia - 12%



Algunas Investigaciones en la Facultad de Ing. Agrícola UNALM



**Laboratorio de Energías Renovables
(LER)**



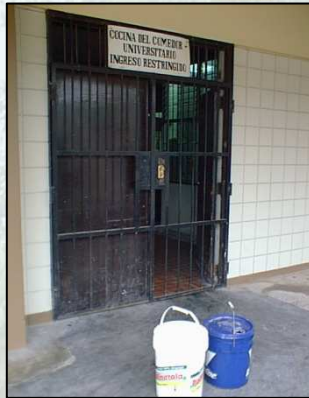
REACTOR EXPERIMENTAL a pequeña escala

Reactor piloto:

- Capacidad: 50 lt/batch.
- Resistencia: 1500 W.
- 2 motores eléctricos con agitador de 150 RPM.
- Condensador para recuperar alcohol.
- Termostato para controlar temperatura.
- Tanque de metóxido.
- Sistema de lavado por bombeo de aire.



Biodiesel a partir de aceites comestibles usados – buses UNALM (biodiesel bus)



Comedor universitario



US\$ 0,21 / lt

UNALM consume 1,000 gal/ mes diesel

Actualmente: 250 galones son biodiesel de aceites usados comedor universitario y donados

OBJETIVO: todos los buses con Biodiesel



Características de los aceites usados en algunos establecimientos de venta de comida en Lima

⇒ Caracterización de aceites y grasas comestibles residuales para la producción de biodiesel:

Parámetro	Fast food hamburguesa	Pollo broaster	Pollo a la brasa	Supermercado 1	Supermercado 2	Fábrica bocaditos fritos
% humedad	0.06	0.16	0.31	0.03	0.2	0.1
Índice de acidez	8.93	9.3	0.99	2.41	0.85	0.29
Índice de yodo	103.8	68.63	100.3	110.51	97.51	62.44
Índice de peróxido	2.43	1.62	12.35	2.43	17.41	2.16
Índice de refracción	1473	1468	1471	1474	1471	1466
Índice de saponificación	103.8	103.1	76.81	103.79	93.61	110.69
Composición de materia prima según proveedor	Aceite de maíz y soya	Manteca hidrogenada	Aceite			Manteca
Producto frito	Papas	Pollo y papas	Papas	Varios	Papas y varios	Snacks
Volumen generado	n.d.	2500 lts/sem	1800 lts/sem			900 lts/sem
Precio (US\$ / lt)	0.4	n.d.	0.24			0.36



POSIBILIDAD DE CULTIVOS NATIVOS para biodiésel

Oleaginosas amazónicas:

Nombre común	Nombre científico	Parte oleaginosa	Rendimiento estimado de aceite en plantaciones (kg/ha/año)	Contenido de aceite del fruto o semilla (%)
→ Aguaje	<i>Mauritia flexuosa</i>	Pulpa	2400	21,1
Almendo	<i>Caryocar villosum</i>	Pulpa y semilla	270	
Almendo colorado	<i>Caryocar glabrum</i>	Semilla		37
Babasu	<i>Orbignia phalerata</i>	Semilla	90 - 150	72
Bacuri	<i>Platonia insignis</i>	Semilla		46
Castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>	Semilla	1575	69,3
Chopé	<i>Gustavia longifolia</i>	Pulpa		30
Coco	<i>Cocos nucifera</i>	Endocarpio	610 - 732	66
Coposú	<i>Theobroma grandiflorum</i>	Semilla	482 - 808	
Hamaca Huayo	<i>Couepia dolycopoda</i>	Semilla		70 - 80
Huasái	<i>Euterpe precatoria</i>	Pulpa y semilla		
Inchi	<i>Caryodendron orinocense</i>			41 - 59
Macadamia	<i>Macadamia integrifolia</i>	Almendra		78
Marañón	<i>Anacardium occidentale</i>	Nuez		46,3
Olla de Mono	<i>Lecythis pisonis</i>	Almendra		
Palma aceitera	<i>Elaeis guineensis</i>	Pulpa y semilla	4000	
→ Pijuayo	<i>Bactris gasipaes</i>	Pulpa y semilla	2000	23
→ Piñon/ Tempate	<i>Jatropha curcas</i>	Semilla	1700	
→ Poloponta	<i>Elaeis oleifera</i>	Pulpa y semilla	1800	16,2
Sacha Inchi	<i>Plukenetia volubilis</i>	Almendra		51,4
Sacha Mangua	<i>Grias neuberthii</i>	Pulpa	165	
Sinamillo	<i>Oenocarpus mapora</i>	Pulpa		
Total	<i>Acrocomia totai</i>	Pulpa y semilla		12-15 (pulpa) 60 (almendra)
Tucuma	<i>Astrocaryum vulgare</i>	Pulpa y semilla		43,7
Umari	<i>Poraqueiba sericea</i>	Pulpa	530	21,2
Ungurahui	<i>Oenocarpus bataua</i>	Pulpa	240 - 525	19,3 (mesocarpo) 14,5 (epicarpo)
Uxi	<i>Dickesia verrucosa</i>	Pulpa		20,2

Fuentes: Coello et al, 2006; Tratado de Cooperación Amazónica, 1997; Villachica, 1996.

Proyecto
Bio
diesel
UNALM / Soluciones Prácticas-ITDG



Huicungo
(*Astrocaryum huicungo*)



Pijuayo
(*Bactris gasipaes*)



Sacha mangua
(*Grias sp.*)



Aguaje
(*Mauritia flexuosa*)



Sacha inchi
(*Plukenetia volubilis*)

Ungurahui
(*Oenocarpus bataua*)





Algunas especies oleaginosas amazónicas evaluadas



Aguaje
(*Mauritia flexuosa*)



Ricino o higuera
(*Ricinus vulgaris*)



Ungurahui
(*Oenocarpus bataua*)

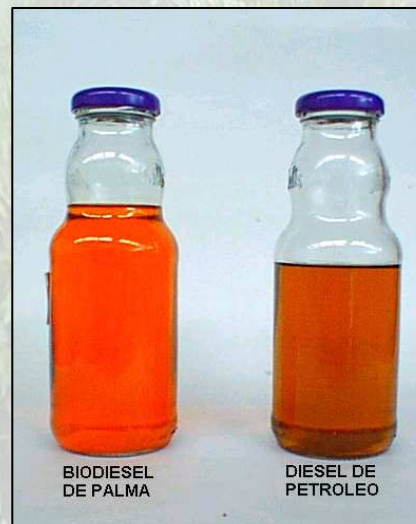


SELVA: producción de biodiésel



Palma

Tempate



Palma - Diesel



Aguaje

Sacha inchi





Resultados de rendimiento de algunas especies evaluadas

Insumo	Parte útil	Producción aceite en monocultivo (kg/ha)	Acidez del aceite (g NaOH / lt aceite)	Rendimiento biodiesel (% biodiesel/aceite)
Palma aceitera 1	Pulpa	4000	5,9	87,16%
Palma aceitera 2	Pulpa	4000	14,4	72,64%
Umari	Pulpa	2078	2	90,58%
Pijuayo	Pulpa	2000	-	-
Tempate	Semilla	1700	8	77,86%
Castaña	Semilla	1575	0,6	97,50%
Aguaje	Pulpa	800 - 1200	10	81,02%
Ricino	Semilla	1188	-	-
Girasol	Semilla	800	1,7	93,00%
Ungurahui	Pulpa	240 - 525	1,8	94,00%
Soya	Semilla	375	1,33	95,25%
Sacha inchi	Semilla	-	0,55	96,50%
Palmiste	Semilla	-	6,5	88,80%



Producción de briquetas (fibra residual)

Glicerina + Torta → Prensado → Secado





Torta residuo del proceso de extracción de aceites



Uso posible en la formulación de alimento balanceado para ganado, o como abono orgánico en suelos.

Aún en evaluación.



Reducción de impactos en Reserva de Pacaya Samiria

(disminución de la presión contaminante)

- ⇒ Evaluación forestal palmaceas
- ⇒ Pruebas con biodiesel (aserraderos, panaderías, etc)
- ⇒ Evaluación de destilerías en alcohol etílico





Investigaciones en Post tratamiento de Biodiesel

- ⇒ Evaluación del uso de adsorbentes en la purificación de biodiesel de soya y palma
- ⇒ Resultados: Los procesos de purificación con adsorbentes son mas eficientes y menos contaminantes que procesos de purificación con agua
- ⇒ Limitantes : Costos de procesamiento

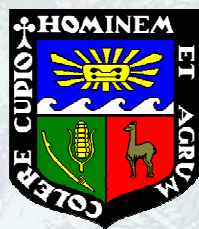




Procesos de purificación

- ≡ Adsorbentes fueron caracterizados y utilizados en las concentraciones de 2, 3 y 4%.
- ≡ Se realizó en paralelo los procesos de lavado convencionales .





Procesos de purificación de biodiesel de soya

Fig.03 Variación del glicerol total en BD Soya Cruda

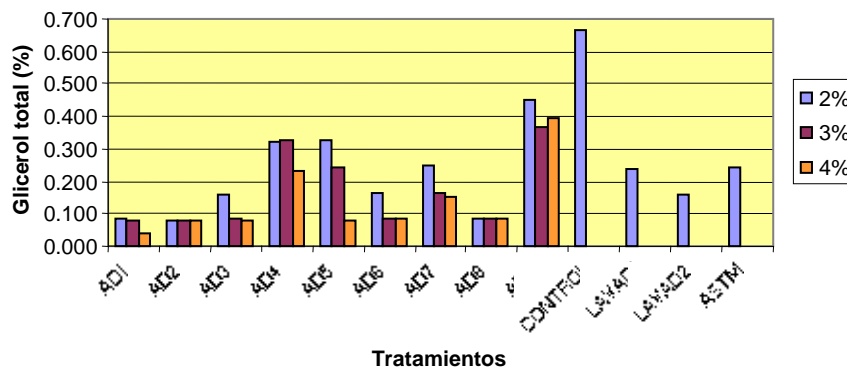


Fig.04 Variación del Glicerol libre en BD Soya cruda

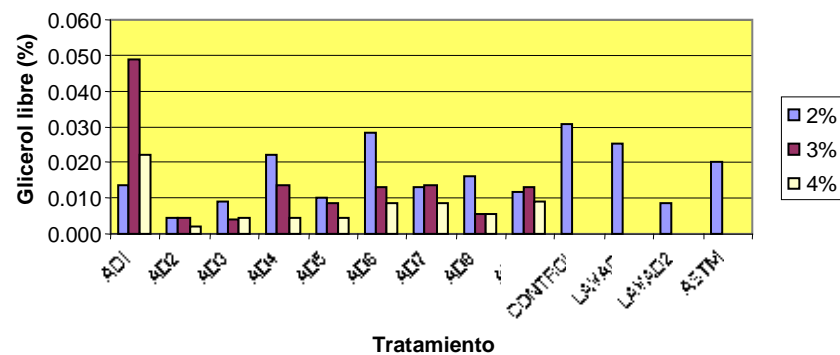


Fig.06 Variación del Glicerol total en BD Soya RBD

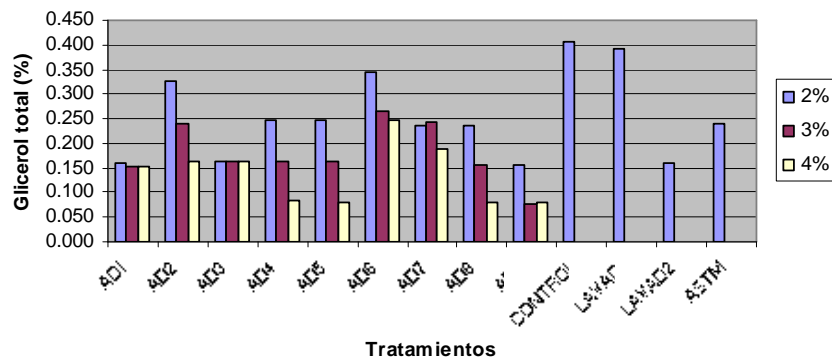
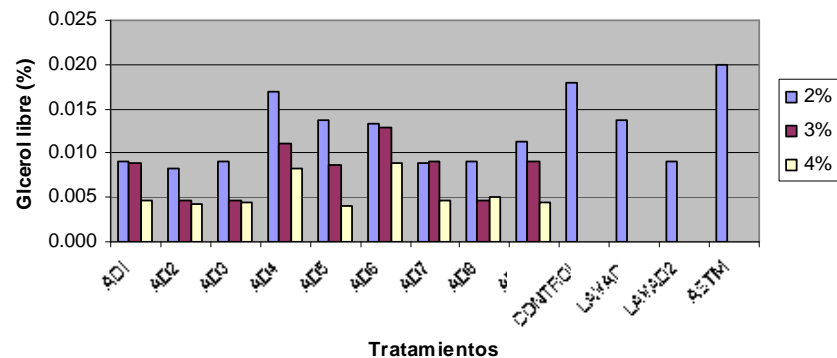
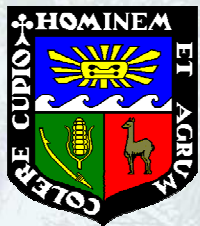


Fig.07 Variación del glicerol libre en BD Soya RBD





Procesos de purificación en biodiesel de palma

Fig. 09 Variación del contenido de Glicerol total en BD Palma Cruda

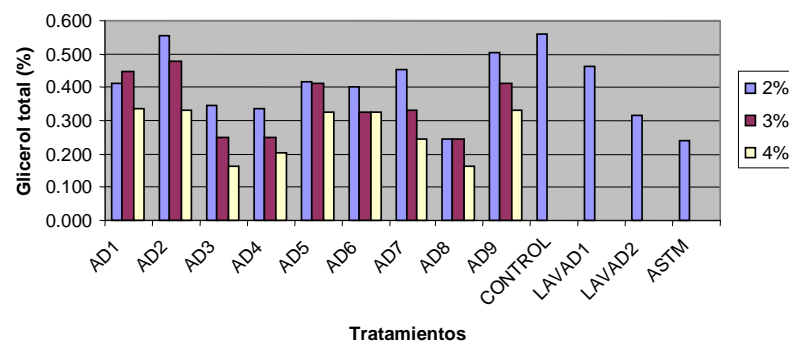


Fig. 10 Variación del glicerol libre en BDCrudo de palma

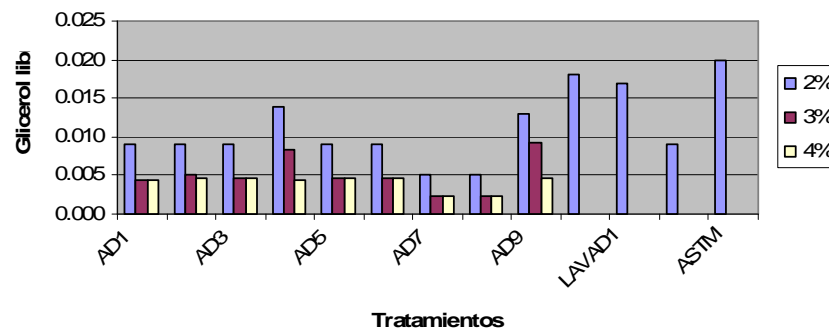


Fig.10 Variación del glicerol total en BD Palma RBD

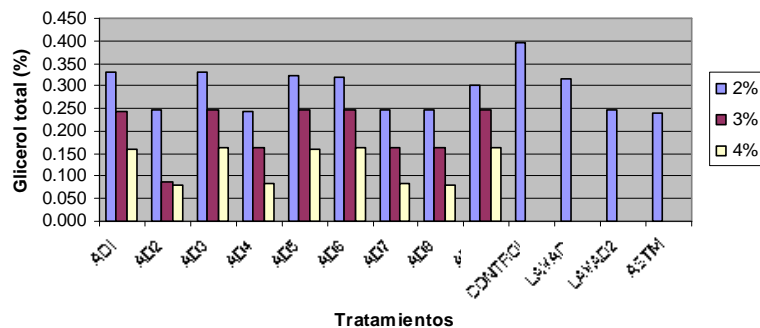
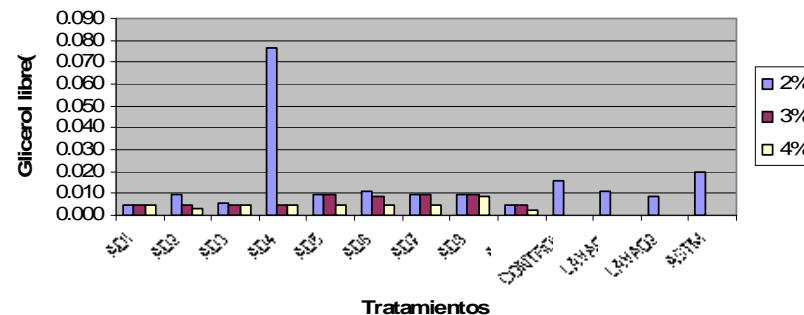


Fig.13 Variación del glicerol libre en BD Palma RBD





Deshidratación de etanol a pequeña escala

- ≡ Implementación de un sistema de destilación fraccionada para la purificación de etanol desde 40° hasta 95° . Diseño sencillo.
- ≡ Para esto se construye una columna de rectificación la cual trabaja con anillos rasching los cuales simulan destilaciones sucesivas aumentando la eficiencia de purificación del etanol.





Adsorbentes utilizados

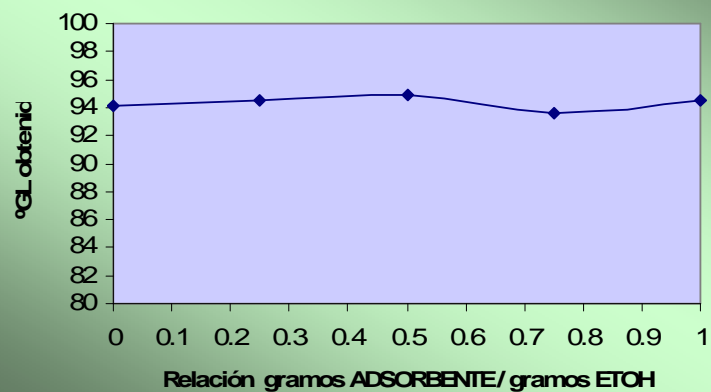
- ≡ Se selecciono diversos adsorbentes, los cuales pueden utilizarse para la purificación de etanol desde 95° hasta 99.5°. Estos son:
- ≡ Silicagel
- ≡ Ccoronta de choclo
- ≡ Cascarilla de arroz
- ≡ Zeolita 3 A y
- ≡ Oxido de calcio (Por el método de reacción química con el agua).



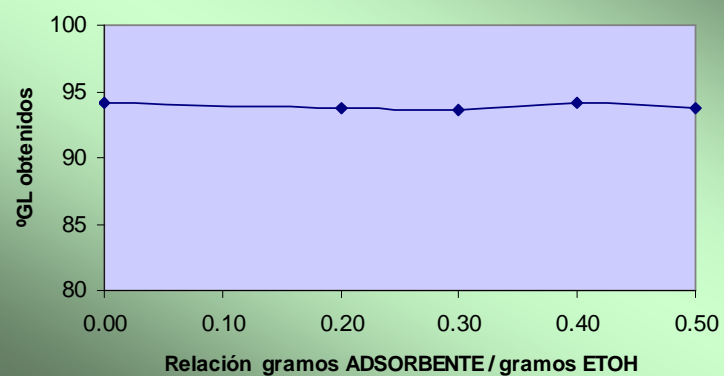


RESULTADOS

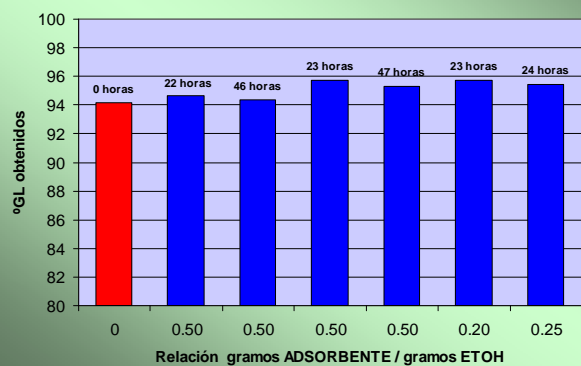
ADSORCION UTILIZANDO CORONTA DE CHOCLO



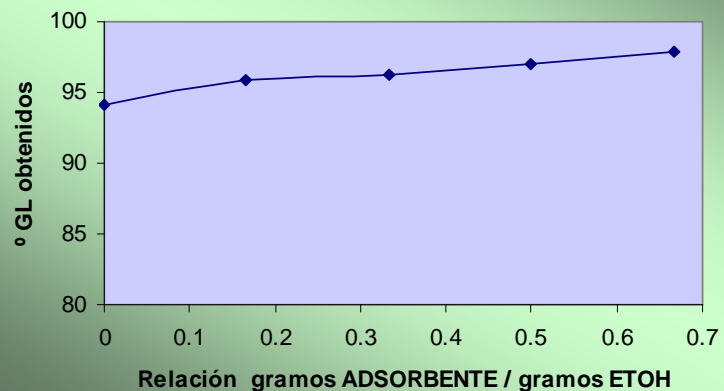
ADSORCION UTILIZANDO SILICAGEL



ADSORCIÓN UTILIZANDO GRANOS DE ARROZ CON CASCARA



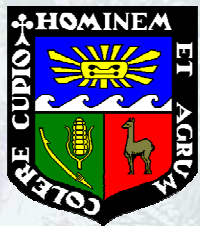
ADSORCION UTILIZANDO ZEOLITA





Equipamiento para análisis básico de calidad de biodiesel

- ≡ **Normas de calidad** (Standard US ASTM D-6751)
 - ≡ Viscosidad cinemática comparada
 - ≡ Densidad
 - ≡ pH
 - ≡ Gliserol libre
 - ≡ Número de cetano
 - ≡ Contenido de agua y sedimentos
 - ≡ Punto de inflamación
 - ≡ Contenido de azufre
 - ≡ Pruebas de rendimiento y emisiones en motores
- ≡ Rendimiento en volumen (biodiesel : aceite)



Equipamiento del LER



BALANZA
ANALITICA:
PARA PESAJE
DE MUESTRAS



EQUIPO PARA
MEDIR RESIDUO
DE CARBON



MUFLA :
PARA LA
DETERMINACION
DE CENIZAS
SULFATADAS



Equipamiento del LER



DESTILADOR:
PARA OBTENER
AGUA BLANDA
ADECUADA
PARA LOS
ANALISIS



EQUIPO DE DIGESTION PARA
ANALISIS DE GLICEROL
TOTAL Y LIBRE



KARL FISCHER:
EQUIPO PARA
MEDIR
HUMEDAD



Biodiesel a partir de grasas animales (pollos)

- ⇒ En Lima se consumen aproximadamente 27 millones de kilogramos de pollo mensual. La grasa mayormente se desperdicia.
- ⇒ Composición del pollo: 65% agua, 15% proteína, 13% lípidos, 3% cenizas)



Pollos



Grasa de pollo



Inoculación de enzimas para separar proteínas de aceites

- ⇒ Procedimientos de laboratorio, inoculación de las enzimas para el hidrolizado de la grasa de pollo.



Enzimas A, B



Inoculación





Grasas de pollo hidrolizadas

≡ Procedimientos de laboratorio, se somete a calor temperaturas de 50 a 60° C en ausencia de oxígeno, por aproximadamente 24 horas.

≡ 1.- Control



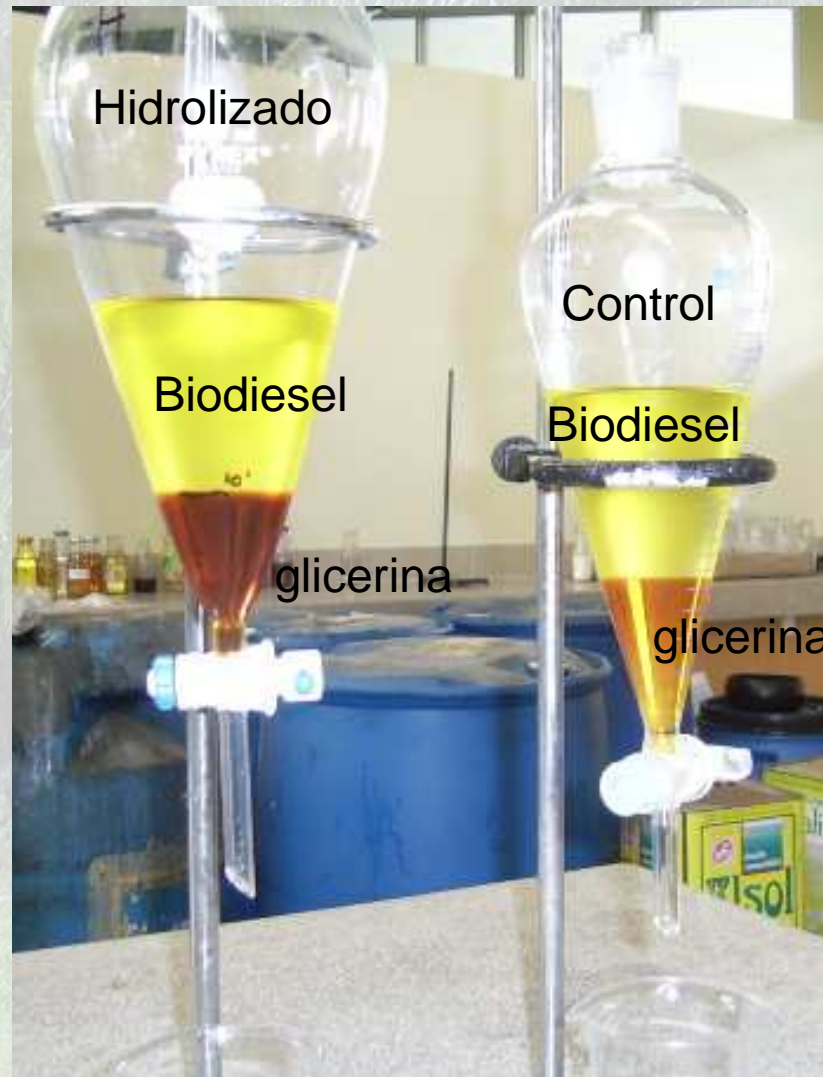
2.- Hidrolizado





Biodiesel a partir de grasa hidrolizada de pollo

- ⇒ Conversión de la grasa de pollo a biodiesel es de un **93% de rendimiento** en el tratamiento hidrolizado y control.





Biodiesel a partir de grasa en vacunos

≡ Utilización de grasa de res





Avances con grasas animales grasa de vacunos



Sebo de vacuno a T° ambiente (estado sólido)



Se calienta a 50 °C para que este en estado líquido y así poder procesarlo



Aceite de Algas



Cultivo de *Phaeodactylum tricornutum*

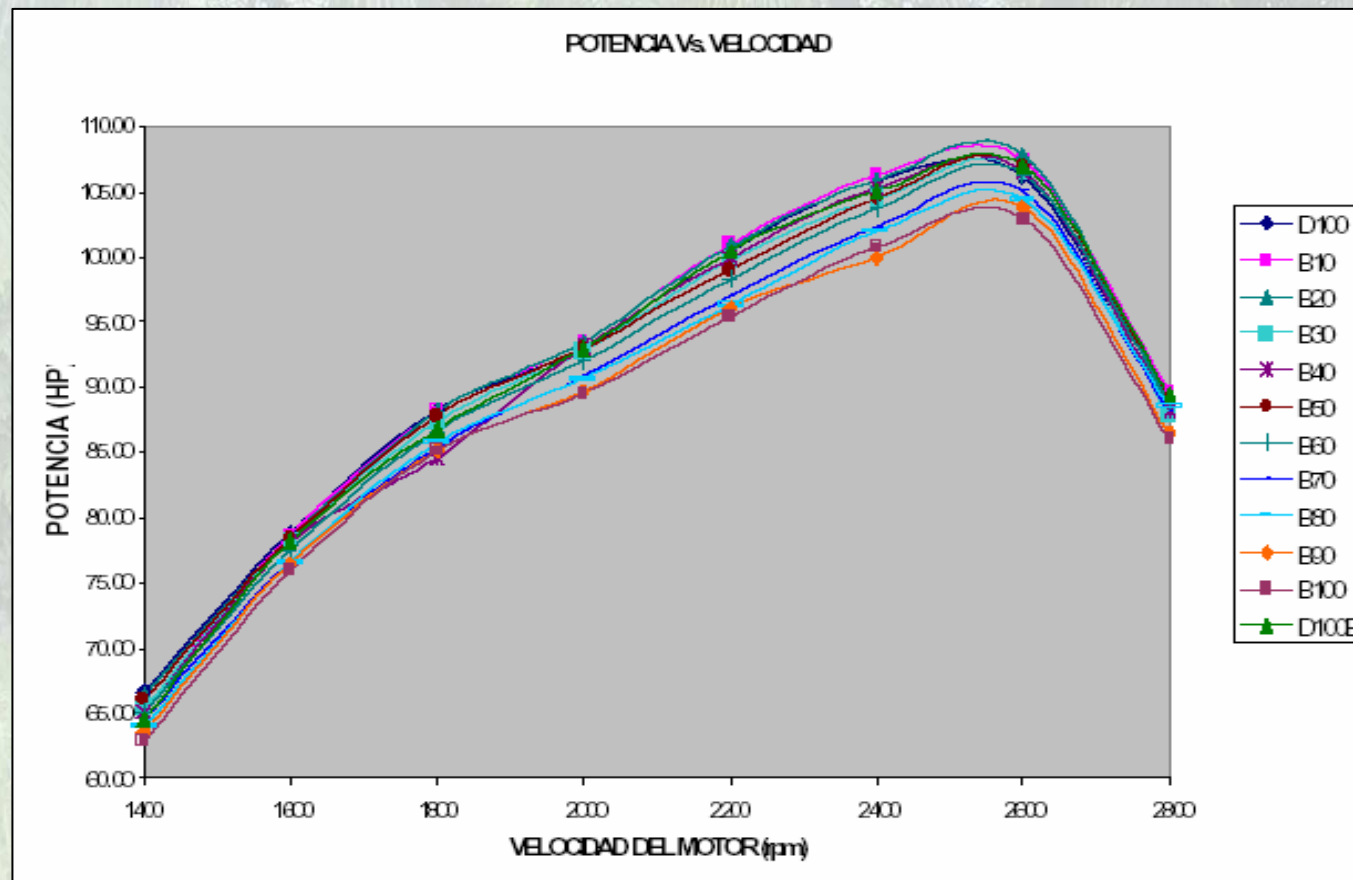


Cultivo de *Nannochloris sp.*



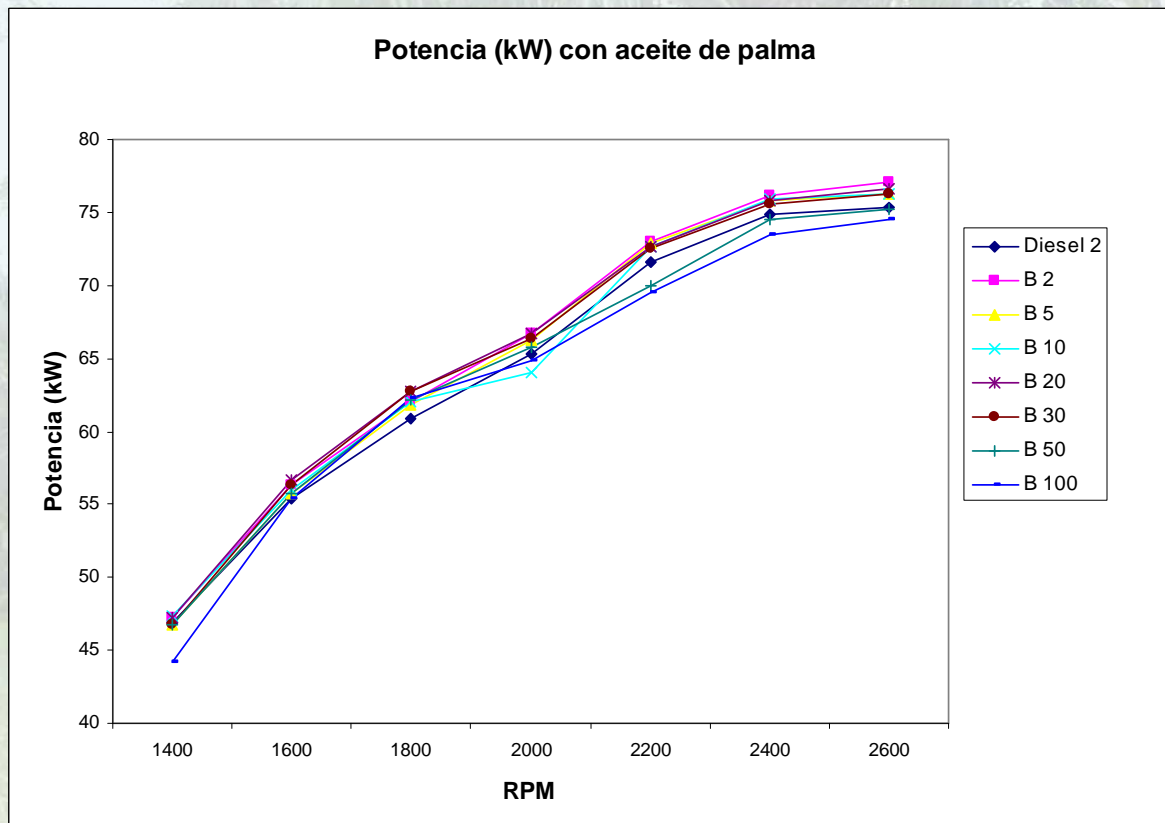
Prueba en motores con Biodiesel: Potencia

Comparativo de la Potencia vs. RPM del Motor Usando Petróleo Diesel, Biodiesel y Diferentes Combinaciones





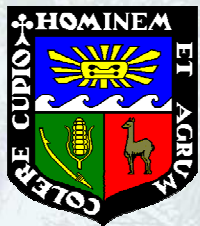
Pruebas de Potencia con Palma



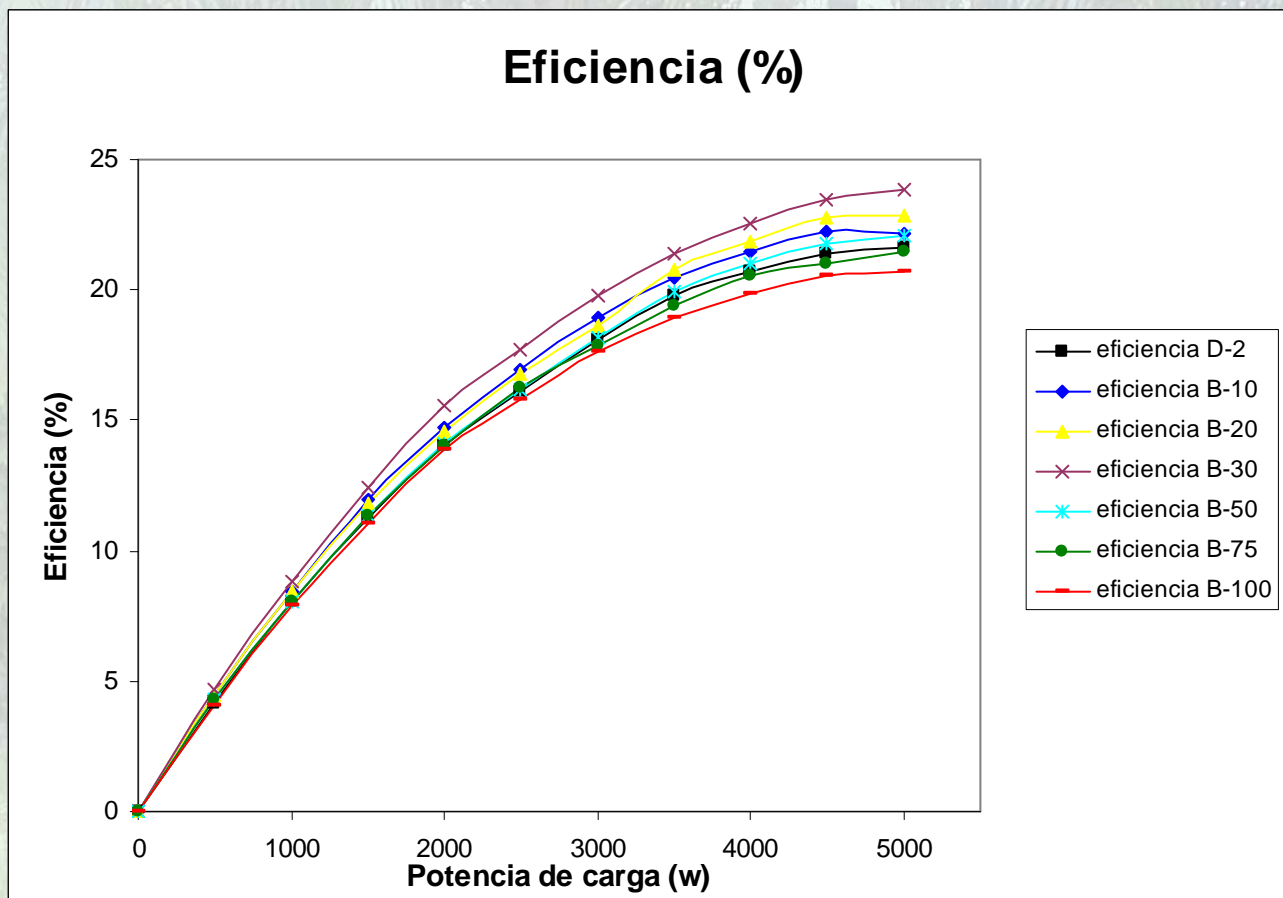
Variacion de potencia (%)

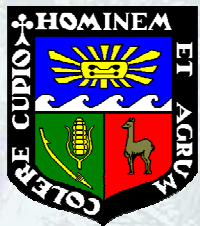
Mezcla de Biodiesel (%)	Potencia promedio (kW)	Variacion (%)
D-2	64,331	0,000%
B2	65,521	1,792%
B5	65,078	1,082%
B10	64,906	0,879%
B20	65,478	1,782%
B30	65,234	1,366%
B50	64,306	0,026%
B100	63,467	-1,424%

Potencia de un motor utilizando biodiésel de palma



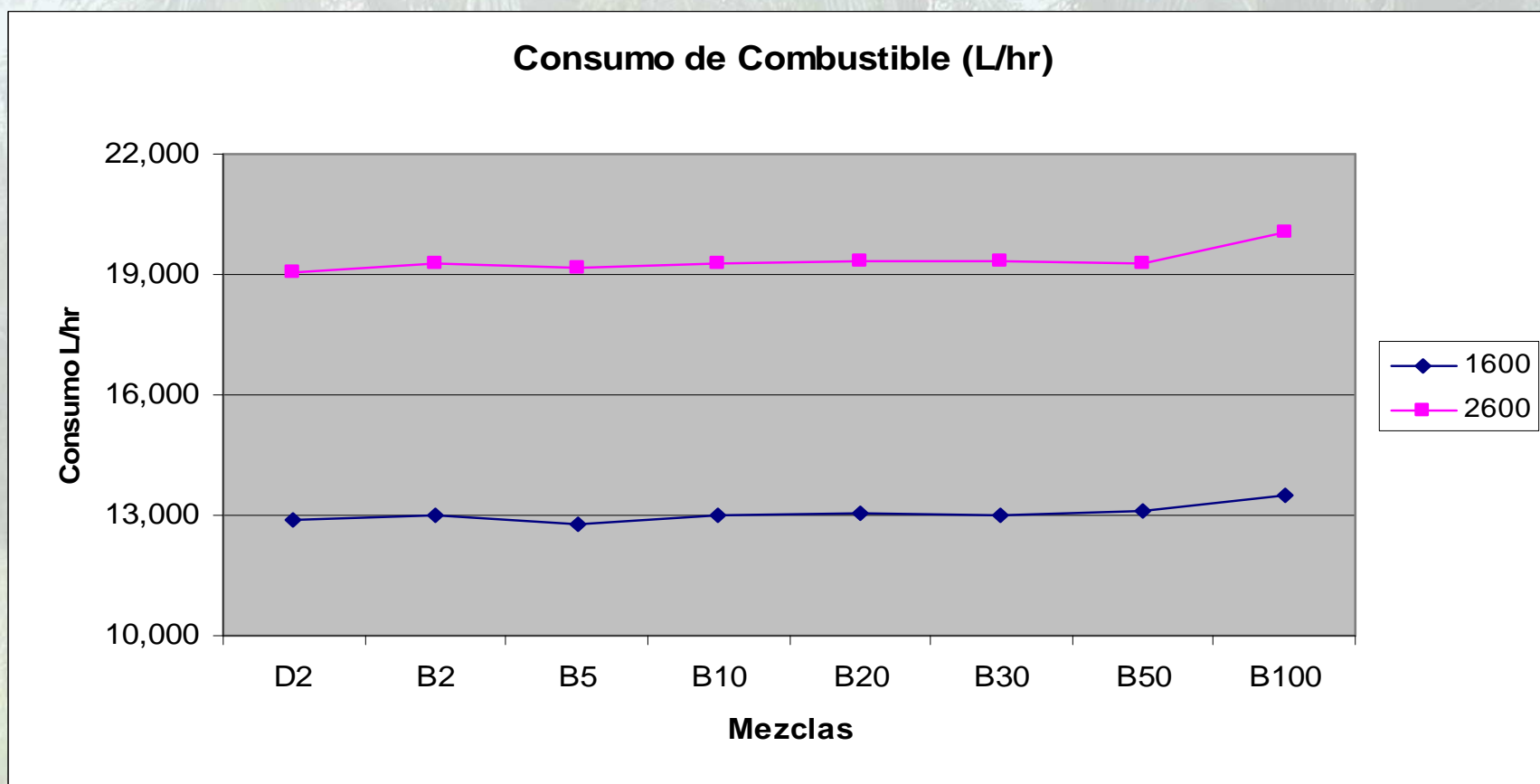
Eficiencia





Consumo de combustible

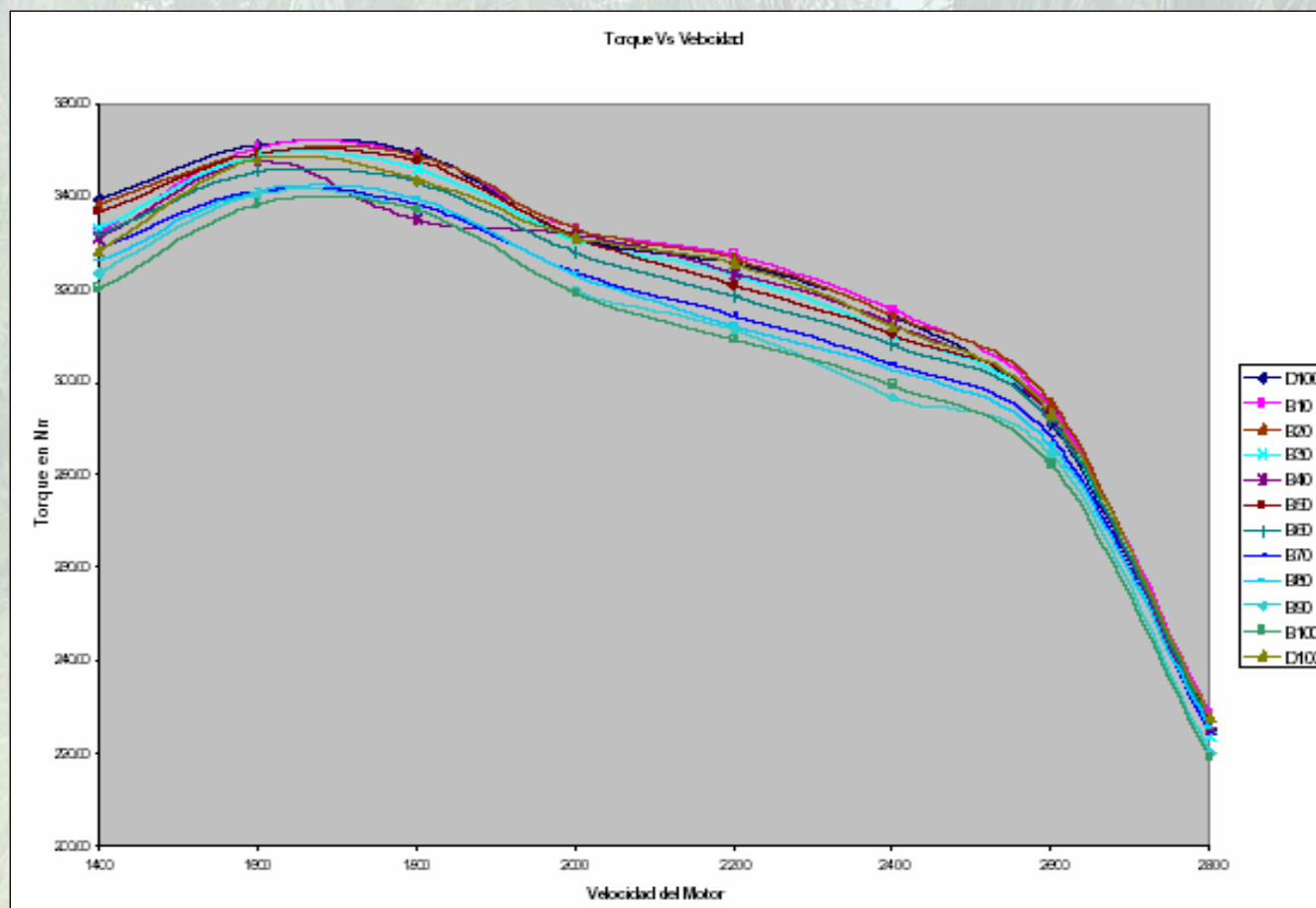
Comparativo de consumo de Biodiésel de palma con Diesel 2

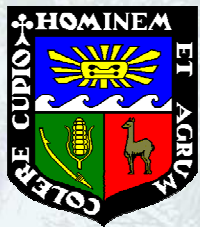




Evaluación del Torque

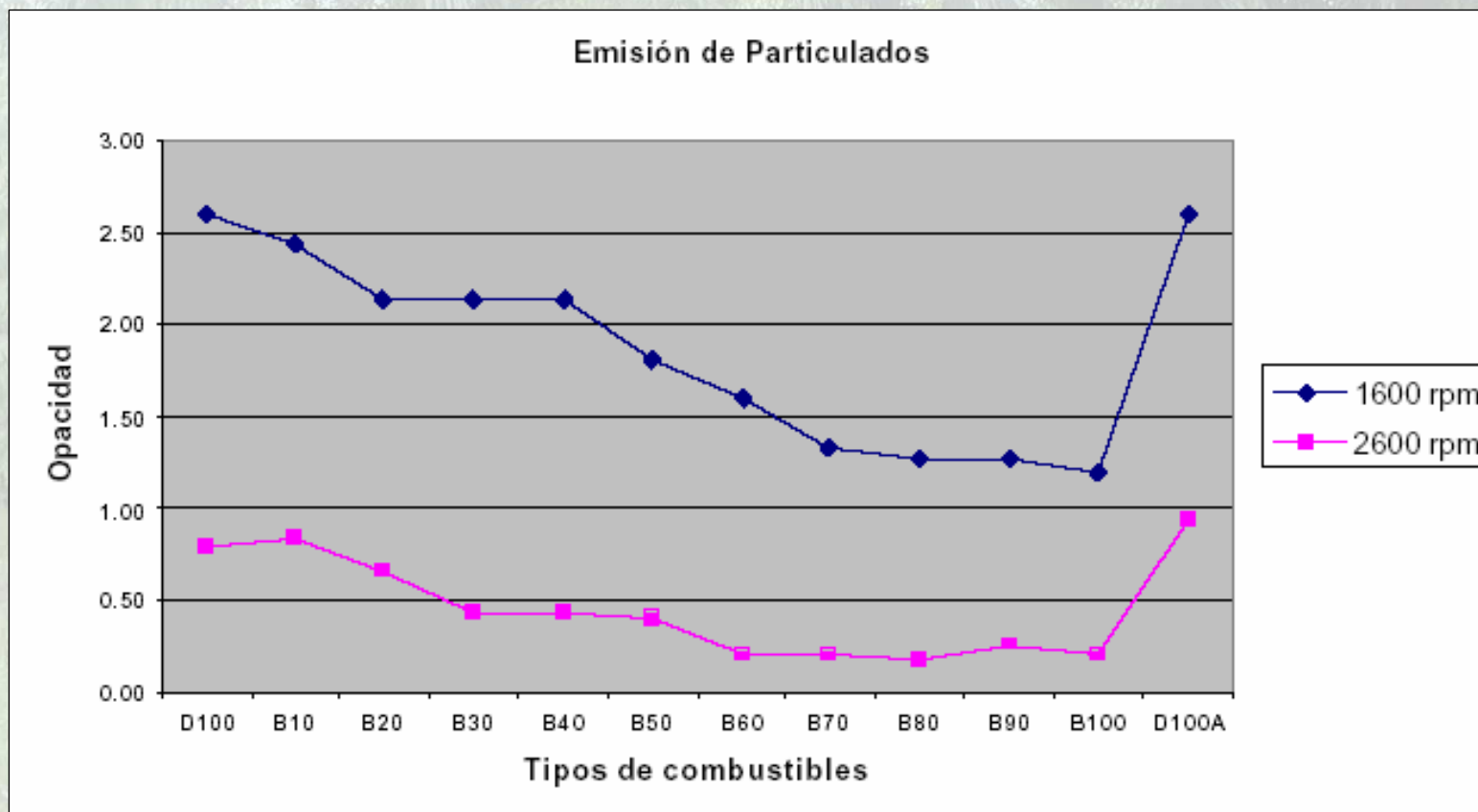
Comparativo del Torque Vs. RPM del Motor Usando Petróleo Diesel , Biodiesel y Diferentes Combinaciones de Estos en el Motor N° 2





Emisiones

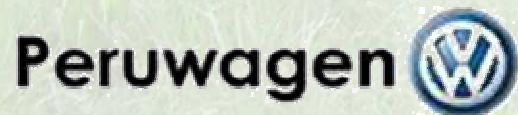
Comparativo de Medida de la Opacidad en un Motor Usando Petróleo Diesel, Biodiesel y Diferentes Combinaciones de Estos





Prueba de emisiones a diferentes altitudes

Trabajo desarrollado por Fernando Acosta. Se esta evaluando: Opacidad, Hidrocarburos (HC), Monóxido (CO) y Dióxido de carbono (CO₂), oxígeno (O₂), óxidos de nitrógeno (NOx) y consumo de combustible. RESULTADO: analizando resultados.



Sistema Automotriz col.
EQUIPOS DE REVISION TECNICA Y CONTROL DE EMISIONES
San Lorenzo 383 - Surcouille - Lima - Tel 444 83 82





Reactor de bajo costo





Planta piloto batch FIA-UNALM- CONCYTEC (1 tn/dia)

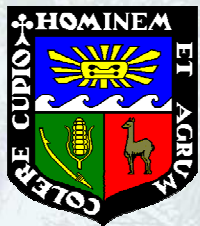




Planta piloto reconvertida producción semi-continua



≡ Planta piloto de Biodiesel: Trabajos de mantenimiento



INICIATIVAS: etanol

≡ Grupo Romero:



PRIMAX

- ≡ Acuerdo para comprar 3 300 Ha en Piura.
- ≡ Inversión estimada: USD 40 millones.
- ≡ Producción prevista: 150 mil lt/día (hacia el 2011).

≡ MINCETUR:

- ≡ Perfil del mercado y competitividad exportadora de etanol:
 - www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/penx/pdfs/Etanol.pdf



INICIATIVAS GRAN ESCALA Biodiesel

≡ Grupo Herco Combustibles:

- ≡ Planta (2007): 10 mil galones/día
- ≡ (54 MM_gal/año.
- ≡ Importación de aceite de palma y soya.
- ≡ Plantaciones de piñón.

≡ Pure Biofuel Peru:

- ≡ Planta (2007): 180 mil Ton/año.
- ≡ Importarán 15 mil Ton/mes de aceite.





INICIATIVAS: biodiésel

≡ **Biodiesel Peru Internacional:**

- ≡ Planta (2005): **40 mil galones/día.**
- ≡ Aceite crudo de soya (importación).
- ≡ Tecnología argentina (IBQ).

≡ **Grupo Romero:**

- ≡ Planta (2008): **15 millones galones/año.**
- ≡ Siembra de palma africana: 10 mil Ha.





MUCHAS GRACIAS



José L. Calle M., Ph.D.
**UNIVERSIDAD NACIONAL
AGRARIA**
Facultad de Ingeniería Agrícola
jcalle@lamolina.edu.pe
biodiesel@lamolina.edu.pe

Proyecto
**Bio
diesel**
UNALM / Soluciones Prácticas-ITDG