

CULTIU DE RICÍ PER A L'OBTENCIÓ DE MATÈRIES PRIMERES

Sergio Martínez Lozano ¹; Elena Julià Maset ²; Neus Puy Marimón ³; Jordi Bartrolí Almera ³; Jordi Bartrolí Molins ³;
Miquel Rigola Lapeña^{1,2}

¹ Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental (LEQUIA), Universitat de Girona, Campus Montilivi, 17071 Girona, Catalunya, Espanya, Tel.: (34) 972 418355, e-mail: sergio@lequia.udg.es

² Institut de Medi Ambient, Universitat de Girona, Campus Montilivi, 17071 Girona, Catalunya, Espanya.
Tel.: (34) 972 419848, e-mail: miquel.rigola@udg.es

³ Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici Cn – Campus de la UAB, 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), Barcelona, Catalunya, Espanya, Tel.: (34) 93 5812503, e-mail: neus.puy@uab.cat

RESUM

La obtenció de productes químics en base a biomassa representa un camp d'innovació i investigació tecnològic i experimental alternatiu al ja establert per la química del petroli. El present document estudia la potencialitat del ricí com a matèria vegetal útil per a la producció de bioproductes en els quals s'inclou el biodiesel. El cultiu del ricí tot i tenir un mercat establert a nivell mundial, encara es troba en fase d'experimentació. La producció mundial d'oli de ricí fou de 1.2 milions de tones l'any 2000, l'Índia essent la principal productora. El preu de mercat de l'oli de ricí es situa en el rang de 600 a 800 €/Mg. Els requeriments per al cultiu varien segons la varietat cultivada. En general, presenta elevada tolerància a condicions climàtiques. La optimització del cultiu s'aconsegueix amb temperatures mitjanes de 20°C i abundància d'aigua en el seu creixement, i temperatures més elevades i condicions més seques en la fase de maduració de les llavors. Com mostren experiències europees, el sud d'Europa on s'inclou Catalunya presenten les condicions adequades per al seu cultiu. Les oportunitats de creacions de cultius experimentals suposarien una forta aposta per a la seva implantació.

Paraules Clau: Química verda, oli de ricí, bioproductes, biodiesel, matèries primeres.

1. Introducció

La Química Verda suposa un dels grans reptes de la recerca cap a noves fonts de productes químics a partir de matèria vegetal d'origen forestal o agrícola, en substitució dels materials obtinguts de fonts no renovables. La síntesi química de nous productes (p.ex.: per a la fabricació de bioplàstics), així com la obtenció de biocombustibles, són exemples de les experiències actuals que es duen a terme a Europa i la resta del món.

La limitació del desenvolupament d'aquesta nova tecnologia es deu a la pressió de mercat exercida per la indústria del petroli. Tot i la tendència a l'alça dels preus dels combustibles

fòssils durant els pròxims 20-50 anys prevista per l'Agència Internacional d'Energia seguirà imperant la economia basada en aquest tipus de combustibles, segons les actuals polítiques i tendències del mercat [1].

Tanmateix, es preveu que els canvis tecnològics i la innovació aplicada permetran l'acostament progressiu de la obtenció de productes de procedència renovable en substitució dels no renovables [1]. Últims estudis determinen que els polímers procedents de fonts renovables i no renovables presenten una millor perfil ambiental i econòmic que els obtinguts únicament de procedència natural [2].

Els bioproductes representen actualment una petita tot i que creixent part del mercat total de matèries energètiques i industrials. Dins d'aquests canvis, espècies no comunes com la melca (*Sorghum vulgare*), "switchgrass" (*Panicum virgatum*) i el ricí (*Ricinus communis*) són espècies vegetals que es troben en estudi per tal d'optimitzar la seva producció.

El present document presenta un estudi general del ricí, la situació internacional d'aquest cultiu (producció i mercat) i les seves aplicacions que el fan interessant per a la indústria química.

2. La planta del ricí

El ricí conté llavors de les quals s'obté l'oli de ricí [3]. Actualment, l'ús d'aquest oli que s'extreu de les llavors ja té un mercat internacional creixent assegurat amb moltes aplicacions que inclouen usos medicinals i cosmètics i la substitució del petroli en plàstics. Un altre potencial mercat s'està obrint amb en el camp energètic amb l'expansió dels biocombustibles [4].

La majoria de les fonts conflueixen en el continent Africà com a origen de la planta. S'apunta que el ricí va ser originat a la zona est de l'Àfrica, especialment a Tanzània, Kènia i Uganda.

El nom científic de la planta de ricí és *Ricinus communis*. El gènere *Ricinus* forma part de la família de les euforbiàcies [5]. A Catalunya se'l troba amb els noms comuns de *Figuera del diable* [6] o *herbes de les talpes* [7].

El ricí és una planta que té com a hàbitat òptim les zones calentes del món, és a dir a les regions tropicals i subtropicals. Es pot trobar de forma salvatge a les zones tropicals i subtropicals [8]. En forma de cultiu, el ricí s'ha expandit també en molts dels països temperats del món [9]. A nivell mundial, les millors condicions climàtiques pel ricí es troben a l'Índia, el Brasil i els països del sud d'Àsia [6].

La planta de ricí és una planta molt variable morfològicament degut a la quantitat de varietats conegudes. En els tròpics és una planta perenne, que viu de 8 a 12 anys, generalment com un arbust o arbre que arriba a aconseguir una alçada de 3 a 10 metres (m). En canvi, a les zones

temperades és una planta anual i molt més petita, amb una alçada aproximada de 0,3 a 1,8 m [10]. El creixement és més ràpid en les varietats perennes, és a dir, en el seu hàbitat òptim [3]. La planta de ricí és monoica, és a dir, que les flors masculines i femenines són al mateix peu, agrupant-se en denses inflorescències a la punta terminal. Les flors són pol·linitzades pel vent i el període de floració sol ser llarg, de juliol a setembre [11]. El fruit de la planta de ricí és una càpsula espinosa de parets gruixudes que amb la maduració s'endureix [12]. Aquesta càpsula presenta tres cocs on cadascun d'aquests conté una llavor a l'interior, generalment de forma ovalada. Les varietats anuals produeixen llavors més petites mentre que les formes més arbrades presenten llavors de major mida [13].

3. El cultiu de ricí

La planta d'oli de ricí ha crescut espontàniament o subespontàniament en moltes regions tropicals i subtropicals [14]. Si es tracta d'un terreny ben drenat, ric en nutrients, humit i unes condicions lliures de gebrada, la planta experimenta un fort creixement que permet una bona collita de fruits. Tanmateix per la seva elevada tolerància però, el ricí és adequat per a ser cultivat en diverses parts del món [1].

El llaurat del terreny previ al cultiu del ricí permet que les plantes puguin generar unes arrels profundes i fortes a terra. El moment de la sembra de les llavors depèn principalment de les condicions d'humitat que tindrà en l'època de floració, ja que les llavors seran més pobres en cas d'elevada humitat. Segons les varietats de cultius s'usen uns espaiats diferents entre llavors [10].

La temperatura òptima del sòl per a la germinació de les llavors es troba entre 18 i 23°C. La planta és una espècie de dia llarg i necessita molta llum. En les primeres fases de creixement, la planta de ricí és sensible a les gelades i tolera la irrigació en sòls ben drenats [10]. La planta requereix aproximadament de 140 a 180 dies de temperatures calentes durant el procés de creixement. La planta és tolerant a precipitacions anuals del rang de 20 a 429 mm, una temperatura anual dins el rang de 7 a 27,8°C i a un pH d'entre 4,5 a 8,3 [11]. Bones respostes de rendiment s'han obtingut amb 75kg./ha de nitrogen i 25kg./ha de fosfat i de potassa [10]. En general es necessita una temperatura mitjana en hores de sol d'uns 20°C i no superiors als 38°C perquè la planta creixi bé [15].

Durant el període de floració i maduració, les millors condicions són una temperatura mitjana de 40°C i una baixa humitat [10]. Un rendiment elevat de producció va associat a un volum de càpsules més gran i, per tant, més pes de les llavors. En la majoria de cultius, les primeres inflorescències ja presenten moltes càpsules que arriben a la maduració (al fer-se grans); en canvi, les inflorescències secundàries d'alguns híbrids solen madurar més tard [16]. Un cop

finalitzat el període de maduració de les llavors, es pot realitzar la seva collita manual o mecànicament [14]. La figura 1 mostra un cicle típic del cultiu de ricí.

Les principals limitacions al cultiu són la gebrada i les humitats baixes en es primeres etapes de creixement. D'altres exigències són el control de les males herbes i la presència de plagues [10].

4. Processament de les llavors

Un cop s'han recollit les llavors es procedeix a l'extracció de l'oli. L'eficiència d'aquestes operacions es trobaran condicionades en gran part pel tipus d'equip i maneig que es disposi així com de la qualitat de les llavors [17].

L'objectiu del processament de les llavors és l'eliminació de materials que les fan inacceptables per al seu ús, per tal de garantir unes característiques determinades i assegurar així el correcte subministrament [17]. L'esquema de les principals etapes del processament de les llavors es mostra a la Figura 2.

Dos subproductes comercialment interessants es generen en la producció d'oli de ricí: la glicerina i els rematants fibrosos que es poden utilitzar per elaborar fertilitzants orgànics [14].

La major part de la llavor es processa en el propi país productor. França i Alemanya podrien ser els principals processadors europeus i/o subministradors de productes derivats (ATOCHEM a França i Alberding Boley a Alemanya).

5. Oli de ricí

De la llavor de la planta de ricí s'obté l'*oli de ricí* amb un rendiment del 50-55% en pes [18]. Els principals àcids grassos que formen l'oli de ricí són l'àcid ricinoleic amb un 87-91%, un 4-5% de l'àcid oleic, un 4-5% de l'àcid linoleic, un 2% de l'àcid esteàric i un 1% de l'àcid dihidroxiesteàric. També conté vitamina E [19]. És aquest contingut quasi exclusiu d'una substància química, l'àcid ricinoleic, el que fa particularment interessant el cultiu del ricí com a font de matèria primera. L'oli té un pes molecular alt (298 grams/mol), un punt de fusió baix (5°C) i un punt de solidificació molt baix (-12°C a -18°C) [10]. L'oli de ricí es dissolt bé en etanol a temperatura ambient, en àcid acètic concentrat i en hexà calent. La seva densitat i viscositat és molt més alta que altres olis vegetals [20].

La llavor del ricí conté dos verins: una proteïna molt tòxica, la *ricina* (C₉H₇N₂O₂, en anell benzènic), més perillosa que l'àcid cianhídric i un alcaloide, "ricinina" (C₈H₈N₂O₂) en menor quantitat [10].

6. Producció de ricí

La producció de ricí ha variat i augmentat com a mitjana a nivell mundial al llarg de molts anys. La Índia ocupa una posició dominant en el mercat del ricí. Les estratègies comercials i

industrials funcionen amb objectius a curt termini. Actualment es creu que no hi ha un fòrum suficientment consolidat per construir una estratègia a llarg termini per a la promoció industrial i comercial del ricí [14]. El principal país productor de llavors de ricí és l'Índia seguit de la Xina i el Brasil, representant els tres junts, aproximadament, un 90% de la superfície en àrees i de la producció dels cultius de ricí. En menor producció també es cultiva a l'antiga Unió Soviètica, Costa Rica, Equador, Pakistan, Tailàndia, Filipines, Paraguai, Romania, Etiòpia, Sudan, Tanzània, Mèxic. La producció mundial d'oli de ricí l'any 2000 va ser de 1.227.669 tones [18]. A la Figura 3 es mostra la situació actual a nivell internacional de la producció de ricí [21].

A partir de l'any 2001, la producció de ricí va sofrir una davallada [22]. Concretament a l'Índia, el mercat de l'oli de ricí va patir un estancament important els anys 2001-2003, generant consegüentment l'augment de preus i la disminució de la quantitat de tones collides [23].

Els rendiments de la producció de l'oli de ricí varia en els diferents països destacant l'Índia com el país amb un rendiment estable més elevat. Pel que fa el rendiments, són generalment pobres: entre 500-900 kg/ha; no obstant en algunes zones d'agricultura intensiva (EUA, Sud-àfrica i Europa) s'han aconseguit rendiments entre 2.000 i 3.000 kg/ha [10]. Les produccions i rendiments dels principals cultius de ricí en determinats països es mostren a la Taula 1.

Espanya és un país importador d'oli de ricí. El gener del 2005, segons les dades facilitades per la Direcció General d'Aduanes, les importacions d'oli de ricí van ser de 205 tones, el 99% de les quals procedien de l'Índia i es van pagar a 750 €/tona aproximadament [24].

7. Economia

L'evolució del preu de l'oli de ricí a nivell internacional fins l'any 2002 es mostra a la Figura 4. Els preus de l'oli de ricí es troben dins els marges de 600 a 800 €/per tona [25]. La Índia, primer país productor i exportador d'oli de ricí del món, estableix una forta influència sobre els preus del l'oli de ricí. Els preus de l'oli indis han augmentat dramàticament degut a la davallada de la producció mundial els anys 2001-2003 [28]. El comerç internacional per l'any 2002 es mostra a la Taula 2.

8. Principals aplicacions de l'oli de ricí

L'oli de ricí té una gran varietat d'aplicacions. Els seus usos principals estan en la producció de plàstics i en múltiples usos industrials, cosmètics i terapèutics entre altres. Les diverses aplicacions de l'oli de ricí i les vies de d'obtenció de les aplicacions es mostren a la figura 5.

L'oli de ricí és la matèria principal per a la producció d'àcid sebàcic que és l'ingredient bàsic en la producció de niló i unes altres resines sintètiques i fibres [26]. A més, a partir de l'oli és

possible sintetitzar poliols i pre-polímers (isocianat) amb diferents característiques; les mescles d'aquests poden donar un poliuretà obtenint amb una gran versatilitat d'aplicacions amb propietats superiors als polímers derivats del petroli [26]. A part de les aplicacions més usuals alguns científics han caracteritzat noves propietats de l'oli de ricí que permeten desenvolupar noves aplicacions dels polímers.

S'ha plantejat l'ús del ricí com a biocombustible. Aquest es pot obtenir de la transesterificació amb metanol i presència d'un catalitzador. Encara que com es veu a la Figura 4 el seu preu és superior a la de la soja per aquesta aplicació. L'eficiència en el procés per a la producció de biodiesel està en el rang del 80-82%. La taula 3 mostra diferents propietats del diesel del petroli, de biodiesel de ricí i de mescles entre ambdós [25].

9. Conclusions

El ricí és una de les matèries primeres potencials per a la química verda. La seva composició particular deguda a l'alta proporció d'àcid ricinoleic, la fa interessant en el sector de la indústria química.

En les regions del sud d'Europa es mostra un interès elevat en potenciar el seu cultiu. En el cas d'Espanya caldria analitzar quins són els terrenys més apropiats i la disponibilitat d'aquests per el seu cultiu.

Taules

Taula 1. Produccions i rendiments de l'oli de cultius de ricí. Any 2000 [12].

Països	Producció (10 ³ Mg)	Àrea collida (10 ³ ha)	Rendiment (kg/ha)
Índia	810	640	1.266
Xina	220	242	909
Brasil	108	196	554
Tailàndia	8	11	666

Taula 2. Oferta i demanda internacional d'oli de ricí (any 2002) [21].

Països	Índia	Brasil	Xina	EEUU	Europa	Japó	Tailàndia	Altres	Total
Oferta (10 ³ Mg)	325	40	80	-	-	-	-	-	445
Demanda (10 ³ Mg)	85	40	80	40	110	20	15	10	405

Taula 3. Biodiesel amb oli de ricí [25].

Propietats	Unitats	Dièsel-petroli	B10 ¹	B20 ²	B100 ³
Gravetat específica		0.8610	0.8643	0.8703	0.9268
Densitat	Kg/m ³	861.0	864.3	870.3	926.8
Viscositat cinemàtica	mm ² /s	3.81	4.54	4.97	15.98
Punt d'inflamació	°C	68.3	85.3	88.7	190.7
Poder calorífic	Kj/kg	47216.4	44427.6	44780.4	37900.8
Corrosió en la làmina de coure		1a	1a	1a	1b
Residu de carboni	% massa	0	0.009	0.007	0.037
Punt d'enterboliment	°C		-5	-7	-23
Punt de descongelaçió	°C	-6	-26	-30	-45

¹ B10: mescla de 90% dièsel de petroli – 10% biodiesel

² B20: mescla de 80% dièsel de petroli – 20% biodiesel

³ B100: 100% biodiesel

Figures

Figura 1. Cicle del cultiu de ricí [27].

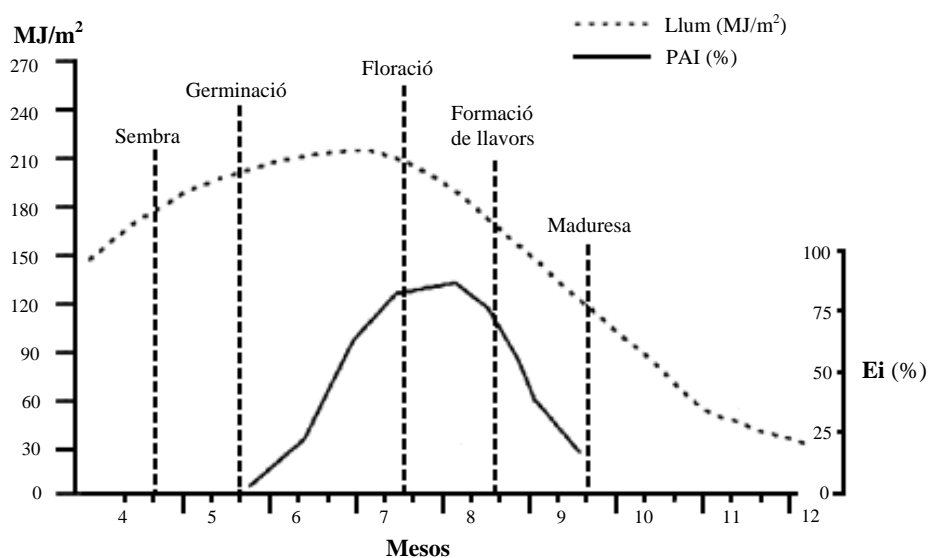


Figura 2. Esquema de la cadena de processament de les llavors de ricí [10].

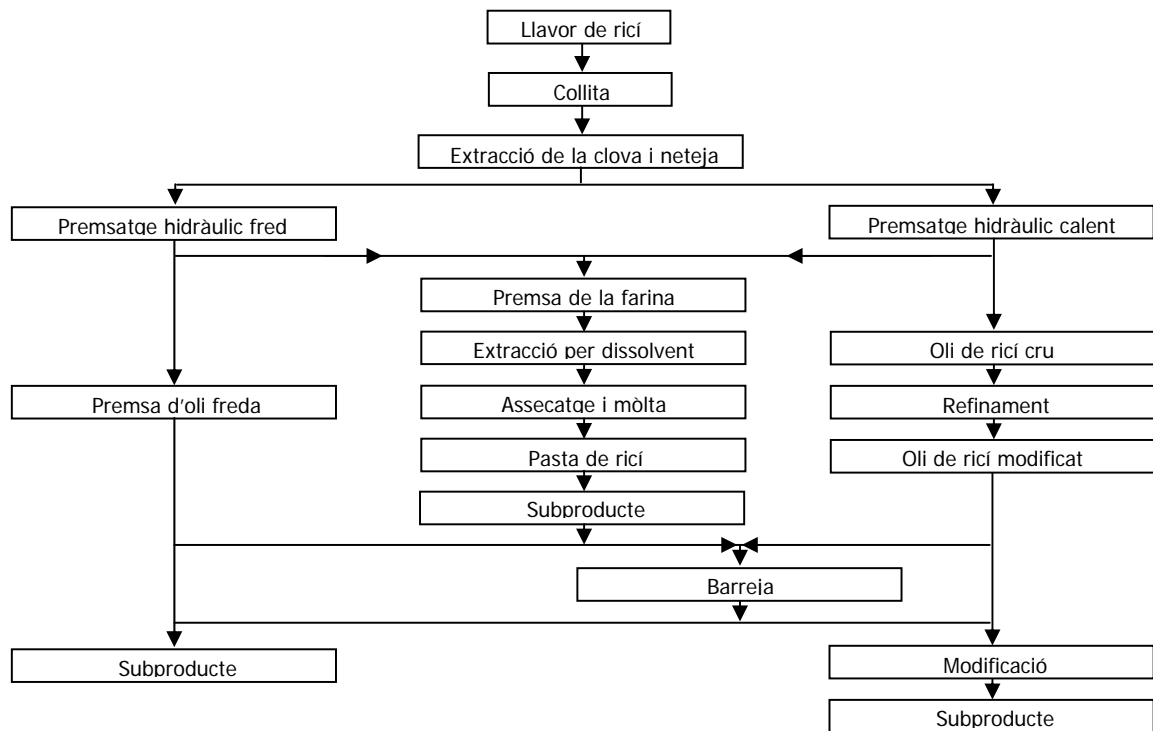


Figura 3. Evolució de la producció internacional de llavors de ricí [21].

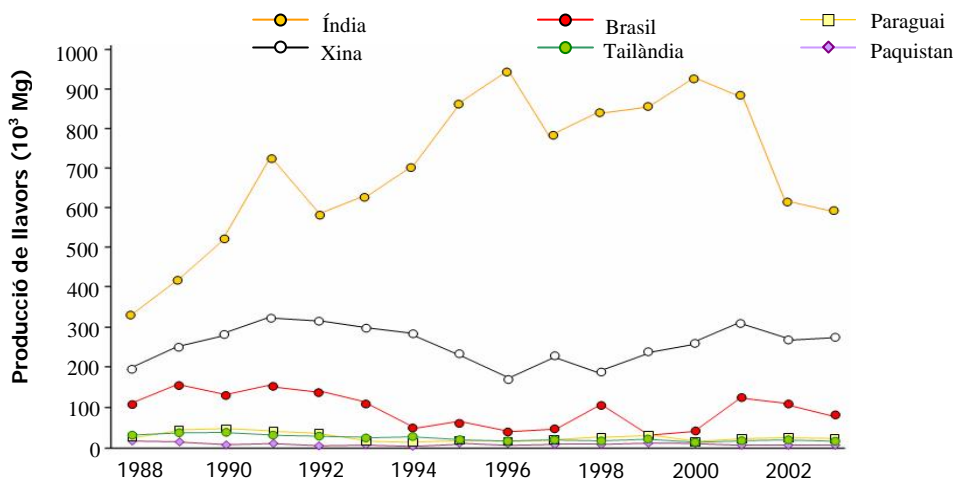


Figura 4. Preus internacionals de l'oli de ricí [21].

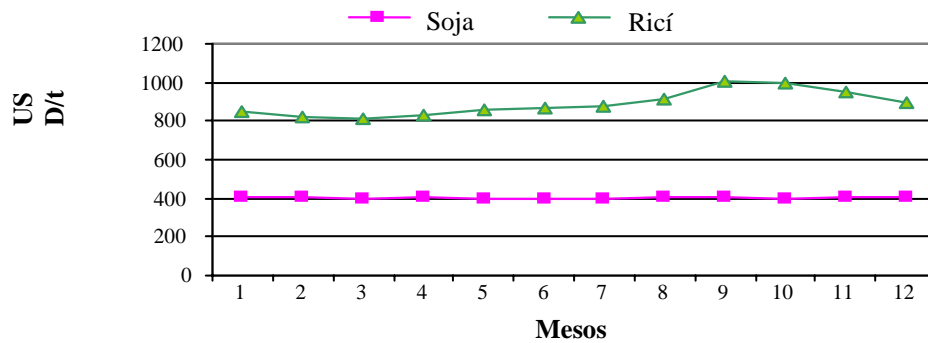
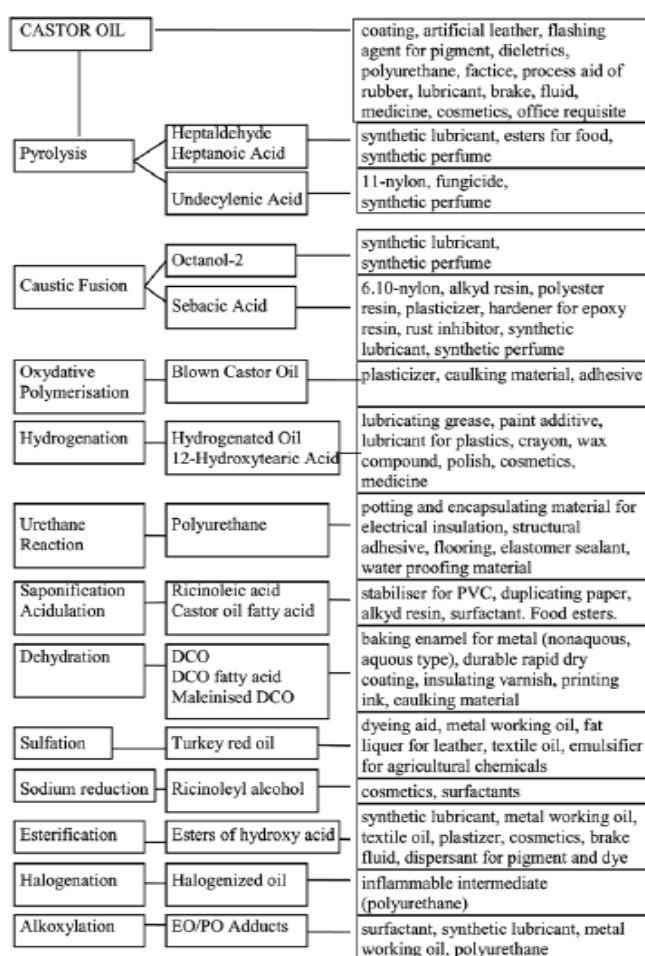


Figura 5. Oli de ricí: exemple del potencial dels lípids naturals [28].



10. Referències

[1] ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) (2004). *“Biomass and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies”*. OECD Publication Service, ISBN-92-64-10555-7.

[2] MILMO, S. (2007). *“a Greener future?”*. Chemistry & Industry, Issue 10, 26-27.

[3] Ricí [en línia]. Barcelona: Enciclopèdia Catalana. <<http://ec.grec.net/lexicx.jsp?GECART=0119194>> [Consulta: 12 gener 2007].

[4] OSAVA, M. (2003). *“La energía en una semilla de ricino”*. Organización de ambiente y desarrollo Tierramérica.

[5] JARDÍ BOTÀNIC DE BARCELONA (2006). *“El ricí”*. Butlletí del Jardí Botànic de Barcelona, número 2, setembre 2006.

[6] Ricino (*Ricinus communis*) [en línia]. <<http://www.zonaverde.net/ricinuscommunis.htm>> [Consulta: 17 gener 2007].

[7] *Ordre SCO/190/2004, de 28 de gener, per la qual s'estableix la llista de plantes la venda al públic de les quals queda prohibida o restringida per raó de la seva toxicitat* [en línia]. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo, “BOE” 32, de 6-2-2004. [Consulta: 30 gener 2007].

-
- [8] BiomatNet (2006). “*Castor Oil (ricinus communis)*”. Crops for Industry and Energy in Europe.
- [9] GRIEVE, M. “*Castor Oil Plant*”. Botanical.com.
- [10] BONJEAN, A. (1991). *Le ricin; Une culture pour la chimie fine*. Ed.: Galileo/onidol. 101 pp.
- [11] “*Ricinus communis-L*” [en línia]. Plants For A Future - Species Database; United Kingdom: Edible, medicinal and useful plants for a healthier world, 1997-2000. <http://www.ibiblio.org/pfaf/cgi-bin/arr_html?Ricinus+communis. [Consulta: 28 març 2007].
- [12] Oil Crops [en línia]. Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications (IENICA) (Ref.1495)- Summary Report, Agost 2000.
- [13] KOUTROUBAS, S.D.; PAPAOKOSTA, D.K.; DOITSINIS, A. *Water Requirements for Castor Oil Crop (Ricinus comunnis L.) in a Mediterranean Climate*. 2000. <<http://www.ienica.net>> [Consulta: 12 desembre 2006].
- [14] MARQUEZ, J. (2005). “*Aceite de Ricino, alternativa bioenergética*”. Diario el Universal (Uruguay), 13 de diciembre de 2005.
- [15] HORVÁTH ZOLTÁN; VECSEI CSABA (2004). “*A Ricinus termesztése (Ricinus communis L.)*”. Olaj Szappan Kozmetika, 53 évjolyam.
- [16] LAURETI, D. (2002). “*Nuove cultivar di ricino (Ricinus communis L.) ad internodo normale e corto*”. Agroindustria, vol.1, núm.3.
- [17] Castor Oil Prices Moving Up As Supplies Turn Critically Tight; web de Highbeam research (www.highbeam.com); publicació de l'article: 1998].
- [18] CASTOR [En línia]. The National Non-Food Crops Centre, 15 Gener 2003 <<http://www.nfcc.co.uk/crops/info/castor.pdf> > [Consulta: 15 juny 2007]
- [19] Enciclopèdia Ullmann's. Enciclopedia of Industrial Chemistry.
- [20] LAURETI, D. (2002). “*Fabbisogni idrici del ricino(Ricinus communis, L.) mediante l'impiego di coefficienti colturali e di deficit idrico*. Agroindustria, vol.1, núm.3.
- [21] Primera red de ensayos de ricino. Antecedentes, participantes y objetivos. [en línia]. Buenos Aires (Argentina): Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria <<http://www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/energia/foro.htm>> [Consulta: 14 de juny 2007].
- [22] Procesamiento Semillas [En línia]. Monografias.com. <<http://www.monografias.com/trabajos17/produccion-semillas/produccion-semillas.shtml>> [Consulta: 14 de juny 2007].
- [23] DE GUZMAN, D. (2003). *Castor oil price seed upward movement on tight Indian suplyes. (Oils, Fats & Waxes)*. Chemical Market Reporter.
- [24] Datos sobre comercio exterior [en línia]. <<http://www.tecnipublicaciones.com/oleo/exportaciones/>> [Consulta: 23 maig 2007].
- [25] BARAJAS, C. (2005). “*Biodiesel from castor oil: a promising fuel for cold weather*”. Proceedings of International Conference on Renewable Energies and Power Quality (Zaragoza), 41 – 42.
- [26] The Castor Bean. A plant named alter a tick. [en línia] <<http://azolla.fc.ul.pt/>> [Consulta: 18 juny 2007].

[27] LABALETTE, F. ESTRAGNAT, A. I MESSÉAN, A. (1996) “*Development of Castor Bean Production in France*”. Ed.: J. Janick.. Alexandria. 340 pp.

[28] IENICA (Interactive European Network for Industrial Crops and their Application), Summary Report for European Union, Oil Crops [en línia]. <
<http://www.ienica.net/ienicareports.htm> > [Consulta: 15 juny 2007].