

4. O USO DE INVERTEBRADOS COMO MATERIA PRIMA PARA PRODUCIR BIODIÉSEL

Alfredo Llecha Galiñares, José A. Rodríguez Añón, Xurxo Proupín Castiñeiras e María Villanueva López

4.1 INTRODUCCIÓN

Como unha consecuencia natural do uso insostible e irracional dos recursos enerxéticos aparece inevitablemente unha situación de crise. Este panorama incerto, e que pon en verdadeiro perigo a sociedade que coñecemos actualmente, fai que se estean a desenvolver multitude de iniciativas no eido das enerxías renovables, dentro das cales xorden os biocombustibles. Nos derradeiros catro anos investigadores da empresa AA Solar Fotovoltaica S. L. e do Grupo de investigación TERBIPRO-MAT da USC están a investigar en biocombustibles que poderíamos denominar de terceira xeración. Nesta investigación desenvólvese un proceso para producir, por un lado, biodiésel a partir dunha fonte que historicamente foi renovable, os invertebrados, e polo outro uns subprodutos que poidan utilizarse na industria primaria da alimentación, especialmente en granxas avícolas e/ou piscícolas. A maiores ábrese a posibilidade de utilizar invertebrados cuxa alimentación se basea ou ben en subprodutos residuais da industria agroalimentaria, ou ben na gandeira como o xurro e poder así solucionar un grave problema de deterioración ambiental que está a limitar o desenvolvemento destes sectores na nosa comunidade autónoma.

A produción de biodiésel utilizando como materia prima invertebrados engloba as vantaxes propias do elaborado a partir de especies vexetais consistentes en diminuír entre un 25% a un 80% as emisións de inqueimados e partículas, CO₂ e outros compostos como CO, NO_x, responsables do efecto invernadoiro, en reducir o desgaste de determinados compoñentes dos motores polo seu maior índice de octano e lubricidade, en non ter compostos de xofre nin aromáticos polinucleares, ou en recuperar economías a escala no tecido rural, mais a maiores ofrece a non competencia con intereses alimentarios, a necesidade de extensións moito menores de terreo para a implantación de instalacións.

Por tanto, a proposta de obter biocombustibles a partir de invertebrados ofrécese como unha alternativa á liña de investigación habitual de xerar aceites a partir de especies vexetais, tanto terrestres como mariñas, e que aínda que se implantou con moita forza hai unhas décadas, na actualidade comeza a ter detractores a todos os niveis.



4.2 UTILIZACIÓN DE INVERTEBRADOS COMO MATERIA PRIMA PARA ELABORAR BIOCOMBUSTIBLES DE TERCEIRA XERACIÓN

A alternativa aquí proposta ten como obxectivo prioritario o deseño dun proceso rendible, tanto económico como social e ambientalmente, para a obtención de aceites a partir de invertebrados, máis concretamente a partir de coleópteros tenebriónidos e escarabeidae, como base para a elaboración de biodiésel. Para iso analízanse os insectos e as súas larvas, seres que na natureza son devoradores de carbohidratos, para adaptar a súa alimentación aos produtos e subprodutos da industria agroalimentaria e gandeira (Landis e Werling, 2010).

As vantaxas que esta proposta ten fronte ás tradicionais de explotación de cultivos enerxéticos son:

- Utilización dunha biomasa cunha capacidade de crecemento moi grande, propia das especies estudadas, e que en condicións axeitadas poden poñer uns 2.500 ovos por femia, caso do coleóptero *Zophobas opacus* Sahlberg. Por tanto, o problema existente coas especies vexetais utilizadas tradicionalmente verbo da relación produtividade/espazo necesario soluciónase, xa que as instalacións para a cría de invertebrados son infinitamente inferiores. Así, e cuns investimentos económicos semellantes, para a obtención dunhas 250 t de aceite ao ano só farían falla uns 2.500 m² fronte ás máis de 350 ha para unha plantación tipo *Jatropha curcas* como exemplo dunha das opcións mais produtivas. Estas instalacións serían modulables de aí que para duplicar a produción apenas habería que ampliar a instalación.
- Facilitade e economía á hora da súa cría en instalacións industriais. Isto abre as portas á posibilidade de altas producións en espazos pequenos. As instalacións son de construción sinxela, de modo que nun volume de 45 dm³ se pode ter unha densidade mínima duns 250 individuos, aproximadamente uns 375 g.
- Requirimentos nutricionais básicos e económicos. Este tipo de invertebrados son omnívoros e a súa dieta vai desde o gran almacenado de diferente orixe até cadáveres de animais, pasando por calquera composto orgánico fresco ou residual. Neste punto tería cabida a utilización de excedentes de xurro ou restos da industria agroalimentaria como dieta para os invertebrados.
- Instalacións sinxelas sen necesidades especiais que as fan idóneas para a súa implantación no tecido rural galego e favorecen a recuperación económica de zonas economicamente castigadas. Máis concretamente, este tipo de instalacións debería instalarse preferentemente en zonas onde os excedentes agrícolas e gandeiros puidesen ser utilizados coma materia prima na alimentación.
- Xeración non só de aceites de elevada calidade que nos permitan a elaboración de biocombustibles de “terceira” xeración, máis concretamente de biodiésel ou, se for o caso, de biolubricantes, senón tamén subprodutos de interese estratéxico cunha importante saída no mercado de alimentación primaria utilizables para a alimentación en granxas avícolas ou piscifactorías. Unha vez extraído o aceite, o resto do produto obtido, principalmente unha masa a base de proteínas e resto de graxas, pode ser utilizado como materia prima con que elaborar alimento para as granxas avícolas ou piscícolas, tal e como se fai en moitos países asiáticos.
- Aparición dunha alternativa máis para o tratamento da fracción orgánica dos residuos sólidos urbanos (RSU) ou excedentes da industria agrícola o gandeira. Neste proceso produciríanse, ademais, cilindros de excreción que poderían ser usados para mellorar a estrutura e osixenación de solos degradados ou mellorar as propiedades do compost para utilizalos coma fertilizante na agricultura ecolóxica.



En relación co punto 5, os alimentos para as granxas avícolas ou piscícolas, con valores nutricionais medios observados de 45% de proteína en base seca, 18% de graxas, 8% de carbohidratos e 54% de humidade, está a obter enormes rendementos nestas instalacións de cría, para alén de eliminar os problemas relacionados coa seguridade e calidade alimentaria de aves ou peixes como os provocados no escándalo das vacas tolas ou dos salmóns en piscifactoría. Estes produtos cubrirían parte da dependencia actual da UE na importación de próticos alimenticios para o sector primario, que na actualidade está cifrada nun 70%. Dito isto, temos que ter en conta que as especies de invertebrados estudadas teñen máis dun 40% do seu peso aproveitable como lípidos e proteínas a partes equivalentes (base húmida). O alto rendimento da cría destas especies, así como os prezos dos seus subprodutos, uns 0,6-0,8 € kg⁻¹, tanto para lípidos coma próticos, fai deste proceso unha alternativa económica e ambiental moi interesante, pois cobre a demanda de produción destas materias primas deficitarias na UE e, asemade, ofrece unha solución ao tratamento dos residuos mencionados.



Figura 1. A enorme capacidade de reprodución xunto coas mínimas necesidades nutricionais fan desta biomasa un “produto” moi interesante desde o punto de vista industrial.

Xa que logo, vemos como nesta iniciativa converxen:

- Intereses ambientais, xa que axudan a mitigar o cambio climático de forma conxunta coa agricultura tradicional enfocada á produción de alimentos ou á recuperación de bosques con interese ecolóxico global, ao contrario que os biocombustibles tradicionais. Por outra banda, a vista da analítica realizada nos aceites obtidos nas experiencias realizadas até o momento, non se detectou presenza de metais pesados, xofre ou calquera outro elemento nocivo para o medio. Ademais, parte dos subprodutos obtidos son emendas naturais para recuperar a estrutura e a osixenación dos solos agrícolas.
- Intereses sociais, ao favorecer a recuperación poboacional do rural galego, que desde hai anos está a sufrir unha perda de capital humano. Isto axudaría a unha mellor distribución dos recursos e ao establecemento de medidas encamiñadas a mellorar a calidade de vida da xente destas zonas. Así, a implantación de instalacións de procesado de invertebrados non necesita nin grandes extensións, nin requirimentos tecnolóxicos especiais nin grandes investimentos.
- Intereses económicos, xa que se favorecería a creación dun tecido produtivo en zonas actualmente deprimidas, baseado na diversificación de produtos (biodiésel, pensos e abonos orgánicos de alta calidade).

4.3 CUESTIÓNS DE BIOSEGURIDADE

Na actualidade estanse a investigar diferentes clases de invertebrados coa idea de deseñar un proceso co máximo rendemento posible. Aínda así temos que ter en conta que calquera das especies con que se está a traballar está considerada como “non pest insect” en USA e outras moitas xa están presentes en España aínda que de forma moi concreta e escasa. Ademais, como garantía extra, para alén de que as instalacións están pensadas cuns niveis de seguranza que impidan calquera proceso de exposición ao exterior, todas as especies con que se está a traballar non soportan nin temperaturas inferiores a 20°C nin humidades superiores ao 30%.

Co fin de evitar calquera problema non desexado, a derradeira especie estudada para eliminar calquera dúbida relacionada coa bioseguridade, posúe unhas características tales como:

- O ser adulto non posúe sistema dixestivo, por tanto, non come nin excreta.
- A súa larva necesita grandes cantidades de nutrientes nun mesmo punto; como queira que presentan unha baixa mobilidade, teñen nulas posibilidades de sobreviviren fóra das instalacións.
- Os adultos copulan en voo se as condicións de luz e temperatura son ideais, parámetros estes moi dificilmente alcanzables no exterior.
- Non son molestos para as persoas nin animais, xa que o macho nunca se achega ás fontes alimenticias e a femia vai ovopositar directamente aos focos de comida putrescente para as súas larvas. É dicir, fan a súa vida nestes medios ideais para eles, mais que son “indeseñables” para nós.
- Na fase larva depreda outras larvas de mosca e impídelles ás femias de moscas “perigosas” ou molestas para a saúde do gando e as persoas poderen prosperar (biocontrol).

4.4 PRIMEIROS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Tal e como comentamos anteriormente, a aplicabilidade non só é case inmediata, senón que pode ser considerada como estratéxica polo impacto social, económico e ambiental que ten na actualidade. Por tanto, e con base nos obxectivos propostos, temos que dicir que tanto a introdución no mercado, como a aplicabilidade do produto principal xerado nesta investigación, o biodiésel obtido a partir dos aceites dos invertebrados, sería inmediata a través das múltiples canles que xa na actualidade ten este combustible para a súa distribución, e a demanda que a industria do biodiésel ten e terá nos vindeiros anos.

Na táboa 1 expóñense os datos mais relevantes dos estudos levados a cabo até o momento.

Dentro dos resultados presentados na táboa 1, salientan os seguintes:

- O índice de iodo é un valor moi inferior ao dos aceites utilizados convencionalmente para elaborar biodiésel. Por exemplo, o aceite de xirasol posúe un valor preto a 120, o de rícino de 140, o de liñaza refinado 190 ou o do peixe 200. Canto mais baixo sexa este valor mellor xa que representa os gramos de halóxeno, calculado en iodo que poden fixar baixo certas condicións, 100 g dunha substancia.
- Unha porcentaxe en ácidos graxos insaturados (oleico e linoleico maioritariamente) semellantes a dos aceites de orixe vexetal máis utilizados.



- Variedade de ácidos graxos nunha cantidade superior á dos aceites de orixe vexetal convencionais.
- Un poder calorífico superior ou semellante aos aceites usados para elaborar biodiésel e de orixe vexetal. Debemos ter en conta que o poder calorífico superior do diésel convencional é duns 42 700 kJ kg-1 (10 200 kcal kg-1).
- Índice de viscosidade semellante ao dos aceites lubrificante convencionais.
- Composición da torta proteica. As cantidades importantes de quitina favorecen a dixestibilidade por parte de aves e peixes, o cal mellora a rendibilidade das explotacións piscícolas e avícolas
- Rendemento de extracción de aceite. Aínda que os estudos están nun estado inicial, se analizamos os resultados coa extracción tradicional de aceites a partir de vexetais (4-5 l m-3 pero para ser rendible e sostible necesítanse miles de ha e dependencia climática) ou algas (0,6 l m-3), os resultados obtidos a partir dos invertebrados son excelentes. Por tanto, o procedemento proposto a partir de vermes é moi superior a iniciativas tan de moda como cultivos tipo *Jatropha* ou as algas e que foron postos en dúbida polo DOE (U.S. Department of Energy) (Sheehan et al., 1998; Schenk et al., 2008) despois de máis de 20 anos de estudos, a elevada calidade dos aceites obtidos, ou os subproductos obtidos cunha calidade excelente para a súa utilización como pensos en granxas avícolas ou piscícolas.

Táboa 1. Produtos obtidos no laboratorio utilizando vermes como biorrefinaría.

• Índice de iodo (Hanus)*: <81
• Porcentaxe en ácidos graxos insaturados : > 80 %
• Variedade ácidos graxos : >16 ácidos graxos diferentes saturados e insaturados
• Presenza de metais pesados e elementos potencialmente contaminantes: Nula (non detectable)
• Poder calorífico superior** : - 39.600 kJ kg-1 (9.473 kcal kg-1) para o aceite - 21.140 kJ kg-1 (5.057 kcal kg-1) para o concentrado proteico
• Índice de viscosidade : 202,2
• Composición torta proteica : Torta maioritariamente proteica, uns 170 g kg-1 dunha variedade de máis de 21 aminoácidos diferentes, cunha porcentaxe dun 5-8% de carbohidratos, un 15% de graxa, cantidades importantes de quitina e unha humidade variable en función do proceso (10-15 %)
• Invertebrados con que se traballou : Tres xéneros diferentes para buscar a máxima rendibilidade e reforzar a bioseguridade no proceso
• Rendemento de extracción de aceite : >30 % (de 0,9 a 1 l m-3)
* Segundo norma NSR-UNE 55013. ** Segundo normas DIN/IKA para a UE-DIN 51900, ISO 1928 e ASTM D240, ASTM D4809, ASTM D5865, ASTM D1989, ASTM D5468 e ASTM E711 para os EEUU.

O principal problema que teñen estes aceites é que de se queren usar como materia base para biodiésel tanto o poff ou punto obstrución por filtro frío, o punto de conxelación e o punto nube serían moi baixos. Por esta razón aconséllase utilizar o aceite directamente como combustible para caldeiras (alto poder calorífico e sen contaminantes).





Figura 2. Vista dunha plantación de *Jatropha*.



Figura 3. Vista dunha instalación de cultivo de microalgas.

4.5 POSIBILIDADES DE IMPLANTACIÓN DOS COMBUSTIBLES DE TERCEIRA XERACIÓN A PARTIR DE INVERTEBRADOS EN GALICIA

A evolución que nos derradeiros anos están a ter as explotacións gandeiras intensivas en Galicia, fundamentalmente aquelas centradas na cría de porcos orientadas cara ás máximas de mercado (unidades cun gran número de animais en pequenos espazos de terreo que non permiten absorber gran cantidade de residuos xerados nestas) está a presentar serios problemas ambientais no seu manexo e xestión e que chocan radicalmente cos intereses de expansión e estabilización dun sector cunha enorme potencialidade na nosa comunidade.

Os problemas ambientais que os subprodutos residuais xerados nestas explotacións gandeiras están a provocar a todos os niveis, en especial os xurros, levaron á administración a aplicar controis cada vez máis ríxidos para tentar darlle unha solución viable, eficaz e economicamente aceptable.

De forma global esta iniciativa propón conxugar neste marco xurídico tan complexo non só medidas correctoras encamiñadas a evitar procesos sancionadores, senón tamén un tipo de xestión beneficioso para todos os sectores implicados ao aproveitar a carga orgánica e fertilizante que estes xurros posúen para a súa utilización en agricultura, acuicultura ou avicultura, e dar, así, unha solución global a un produto dificilmente eliminable ou, cando menos, en función das necesidades, reducir o seu poder contaminante ao máximo posible para facilitar procesos posteriores de tratamento (Drnevich et al., 2001; Tami, 2004). Este tipo de biotratamentos para os xurros xerados nas explotacións de cría e engorde de porcino ou calquera outro tipo de explotación gandeira serían unha alternativa eficaz ao problema do tratamento integral nestas granxas e permitirá obter beneficios a diferentes niveis xa que:

- Permitiría reducir a cantidade de sólidos totais presentes e o volume total de residuo que se vai tratar.
- Reducir ou eliminar a presenza de patóxenos.
- Eliminar ou minimizar os riscos ambientais.
- E, se for posible, acadar algún beneficio alternativo, como o derivado da comercialización da torta con alta concentración proteica para o mercado da alimentación primaria.

A utilización do metabolismo de insectos na transformación directa dos produtos residuais das explotacións agropecuarias, en especial os xurros, en prótidos alimenticios e lípidos enerxéticos en forma de pensos e aceite respectivamente, axuda a reducir ao máximo o volume de residuo para tratar e a obtención dun subproduto útil para a agricultura e materia prima para a avicultura ou a acuicultura (Kono et al., 1987; Ng et al., 2001; Tsybina et al., 2005), outros dos grandes sectores cun enorme futuro en Galicia.

REFERENCIAS

- Drnevich JM, Papke RS, Rauser CL e Rutowski RL. Material Benefits from Multiple Mating in Female Mealworm Beetles (*Tenebrio molitor* L.). *Journal of Insect Behavior*, 14 (2001).
- Kono M, Matsui T e Shimizu C. Effect of Chitin, Chitosan, and Cellulose as Diet Supplements on the Growth of Cultured Fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53 (1987).
- Landis DA e Werling BP. Arthropods and biofuel production systems in North America. *Insect Science* 17 (2010).
- Ng WK, Liew FL, Ang LP e Wong KW. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Research*, 32 (2001).
- Schenk PM, Thomas-Hall SR, Stephens E, Marx UC, Mussnug JH, Posten C, Kruse O e Hankamer B. Second Generation Biofuels: High-Efficiency Microalgae for Biodiesel Production. *Bioenerg. Res.* 1 (2008)
- Sheehan J et al. A Look Back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program—Biodiesel from Algae. U.S. Department of Energy's Office of Fuels Development (1998).
- Tami Barry M.A. Evaluation of the economic, social, and biological feasibility of bioconverting food wastes with the black soldier fly (*Hermetia illucens*). Dissertation Prepared for the Degree of Doctor of Philosophy University of North Texas (2004).-
- Tsybina TA, Dunaevsky YE, Belozersky MA, Zhuzhikov DP, Oppert B e Elpidina EN. Digestive Proteinases of Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) Larvae: Purification and Characterization of a Trypsin-Like Proteinase. *Biochemistry (Moscow)*, 70 (2005)-Translated from *Biokhimiya* 70 (2005).

