Exposición educativa sobre o fluxo de enerxías renovables na cultura tradicional do millo en Galicia

M. Rodríguez-Paz[1], J. Diz-Bugarín[2]
[1] *IES Tomiño, Solleiro s/n, E36740 Tomiño (Spain)*
[2] *IES Escolas Proval, Avda Portugal 171, E36350 Nigrán (Spain)*
montserpaz@edu.xunta.es, javier.diz@edu.xunta.es

Resumo. *Un dos principais campos de interese dos autores deste artigo é o estudo da relación entre o patrimonio cultural, o desenvolvemento sustentable e as enerxías renovables. Como parte deste traballo pensamos adaptar un antigo muíño hidráulico para aloxar unha exposición educativa sobre os usos tradicionais das enerxías renovables no ciclo do millo en Galicia (España), o primeiro lugar en Europa onde este cereal foi introducido desde América. O muíño está en boas condicións e segue funcionando, e será en si mesmo unha parte importante da exposición. O proxecto consta de cinco partes, que se refire ás diferentes etapas do cultivo, conservación, a moenda e cocción do millo. A primeira parte trata sobre o cultivo do millo e a súa relación coa enerxía solar. A segunda parte trata sobre a colleita, secado, almacenamento e as diferentes enerxías que interveñen nestes procesos. A terceira parte trata sobre o muíño hidráulico, a moenda e a súa relación coa enerxía hidráulica. A cuarta parte fala sobre o forno de leña tradicional, o proceso de cocción e a enerxía de biomasa empregada. E a última parte refírese á eficiencia enerxética de todo o proceso e conclusións. A exposición está dirixida a estudantes de secundaria, pero tamén podería ser útil para outros niveis educativos.*

Palabras clave. Exposición Educativa, Enerxía Renovable, Muíño Hidráulico, Cultura do Millo.

1. Introdución

As enerxías renovables foron durante moitos séculos a principal fonte de enerxía para todos os procesos agrícolas e industriais. A enerxía solar é aínda hoxe en día a única empregada para o crecemento das plantas e a alimentación humana. E a necesidade de produción agrícola de alimentos foi un dos principais motores de desenvolvemento cultural, arquitectónico e científico. En todo o mundo existen numerosas tipoloxías de edificios específicas para a agricultura e adaptados para sacar partido de diferentes fontes de enerxía.

No caso de Galicia, desde sempre existiu unha forte relación entre a agricultura e algunhas fontes de enerxía renovables como a hidráulica, eólica e biomasa, que foi a base dunha cultura respectuosa co medio ambiente rota nas últimas décadas polo desenvolvemento industrial e as fontes de enerxía contaminante como o carbón ou o petróleo.

Este artigo céntrase no caso particular de ciclo do millo en Galicia, os procesos agrícolas, as construcións e as enerxías renovables empregadas.

As fotografías, descricións e datos técnicos obtivéronse en Beade (Vigo, España) grazas á colaboración de veciños e parentes dos autores. A Fig. 1 mostra o muíño tradicional que se describe neste artigo.

Figura 1. Muíño e canle de auga (*levada*)

2. O cultivo do millo

2.1. A planta e o campo de millo

A Sementeira do millo en Galicia faise normalmente en pequenos campos (*eiras*), cunha densidade típica de 2-3 plantas por metro cadrado. O tempo de sementeira é nos meses de abril-maio e a colleita en setembro-outubro.

Figura 2. Campo e planta de millo

Para o cultivo do millo utilízanse diferentes ferramentas, en moitos casos coa axuda de animais (caso dos bois). A Fig. 3 mostra algúns exemplos de útiles tradicionais.

Figura 3. Ferramientas para o cultivo do millo) (*arado* e *grade*)

2.2. Enerxía solar empregada

O crecemento do millo utiliza unha gran cantidade de enerxía que se obtén a partir da luz solar directa ou difusa. Imos tratar de calcular a cantidade de enerxía solar necesaria para producir un quilogramo de gran seco de millo utilizando datos reais procedentes de diferentes fontes:

1) Productividade media de millo na provincia de Pontevedra en kg/hectárea: 10525. Fonte: Informe 2007 do Ministerio de Agricultura 2007 [6].
2) Radiación solar media diaria en Nigrán, Pontevedra: 3,9 kwh/m2. Fonte: Estación meteorolóxica IES Escolas Proval (Nigrán, Pontevedra) [7].
3) Período entre sementeira e recollida do millo: de abril a setembro (5 meses) [1], nestes meses concéntrase aproximadamente o 60% da radiación solar anual.
4) Enerxía almacenada no millo seco: 3000kcal/kg.

Empregando os datos anteriores podemos calcular a porcentaxe de enerxía solar almacenada no millo:

a) Enerxía solar entre abril-setembro: 925.71kwh/m2, ou ben
925.71*860.4kcal=796480kcal/m2, o 796480/1,0525kcal/kg=**756750.6kcal/kg**
b) Enerxía almacenada nun quilogramo de millo = **3000kcal/kg**
c) Rendemento: 3000/756750.6=**0,4%**

Para obter un resultado máis exacto neste cálculo terían que considerarse ademais outros factores. Por exemplo, tería que considerarse o traballo humano e animal en termos de consumo de alimentos. Se é necesaria unha persoa para traballar unha hectárea de millo durante 5 meses e o seu consumo de alimentos é 2000 kcal/día, o consumo de alimentos por quilogramo de millo resulta:

2000*153/10000/1,0525=**29kcal/kg**

O mesmo tipo de cálculo debería realizarse para o consumo dos animais e o combustible empregado nas máquinas.

3. Colleita e almacenamento

A colleita, almacenamento e secado son as seguintes accións que deben levarse a cabo cando o millo atópase plenamente desenvolvido. Para o transporte do millo utilízase o carro de bois e o almacenamento realízase nun edificio típico desenvolvido especialmente para manter o gran seco e a salvo de pragas e animais.

3.1. O carro galego (*carro de bois*)

O carro de bois era o medio de transporte universal en Galicia ata que comezou a ser desprazado polos vehículos con motor de explosión. Está feito na súa totalidade de madeira e ferro e é movido por un par de bois chamados parella. A Fig 4 mostra dúas imaxes do carro de bois tradicional.

Figura 4. Carro de bois tradicional galego

3.2. O almacén de gran (*hórreo*)

Este tipo de construción utilizouse durante séculos para almacenar gran [1]. A súa

construción especial, cunha parede formada por pezas separadas que deixan espazos para permitir o fluxo de aire, mantén o gran seco durante moito tempo mesmo en lugares húmidos como Galicia, e pode considérase como un dos mellores exemplos de aproveitamento agrícola da enerxía solar e eólica. E a súa elevación sobre o terreo axuda a manter os produtos almacenados fóra do alcance dos animais. A fig. 5 mostra un exemplo de hórreo, feito de materiais tradicionais como pedra, madeira e tella.

Figura 5. Almacén de gran (*hórreo*)

4. A moenda

4.1. O muíño de fariña hidráulico

En Galicia hai moitos tipos diferentes de muíños de fariña segundo a fonte de enerxía empregada (vento, ríos, mareas) e o tipo de construción. O tipo máis común é o muíño de auga situada á beira dun pequeno curso de auga, no que se fai un pequeno encoro do que sae unha canle horizontal (*levada*) que crea a diferenza de nivel necesaria coa corrente principal para a súa transformación en enerxía mecánica. A fig. 6 mostra un exemplo deste tipo de muíño. A fig. 8 mostra a parte inferior do muíño, coa roda que converte a enerxía da auga en movemento circular. Esta enerxía transmítese á pedra do muíño (Fig. 7) mediante acopramento mecánico.

Figura 6. Muíño e canle de auga

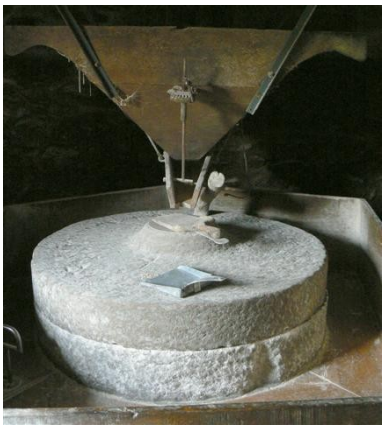

Figura 7. Pedra do muíño e sistema de alimentación de gran

Figura 8. Roda motriz do muíño (*rodicio*)

4.2. O proceso de moenda

Moitos muíños hidráulicos pertencen a un certo número de familias que comparten a propiedade e os custos de operación. Cada familia ten asignado un número de horas de uso por semana.

O primeiro paso do moenda é o transporte do gran ao muíño que se pode facer a man, en carro de bois ou a lombos de mulas, especialmente en lugares de difícil acceso. A fig. 9 mostra a chegada ao muíño cun saco de gran.

Figura 9. Transporte de gran ó muíño

A moenda só pode facerse cando a auga leva suficiente presión e caudal como para mover a roda e a pedra. A fig. 10 mostra a entrada de

auga na parte superior do muíño (cubo) que funciona como un depósito intermedio e crea a necesaria diferenza de nivel (enerxía potencial). A imaxe da dereita mostra a saída da auga na parte inferior do muíño. A fig. 11 mostra a panca de control de fluxo do muíño (á esquerda) que abre ou pecha unha válvula para permitir que a auga alcance a roda. O control de velocidade (á dereita) levanta ou baixa a pedra superior do muíño, de forma que cando as dúas pedras están en contacto directo o muíño detense por completo.

Figura 10. Entrada e saída de auga

Figura 11. Controis de fluxo e velocidade

O proceso de moenda require un control preciso da entrada de gran no reducido espazo existente entre as pedras superior e inferior. Se a cantidade de gran é moi pequena o muíño pode acelerarse e queimar a fariña, e se é demasiada pode chegar a atascalo. O mecanismo de control está formado por un número reducido de pezas de madeira que regulan a cantidade de gran en función da velocidade da pedra do muíño [8], e é un dos mellores exemplos de regulador mecánico anteriores á Revolución Industrial no século XVIII. A fig. 12 mostra algunhas algunhas das pezas deste sistema de regulación, como a *moega*, *quenlla*, e *tarabelo*.

A fig. 13 mostra a recollida de fariña e o almacenamento no mesmo saco utilizado para gran.

Figura 12. Regulador de suministro de gran

Figura 13. Recollida da fariña e fin da moenda

4.3. Enerxía hidráulica

Nesta sección imos tratar de calcular a cantidade de enerxía hidráulica necesaria para moer un quilogramo de gran. Os datos numéricos obtivéronse durante unha sesión real de moenda en Beade (Vigo).

a) Altura da columna de auga=3.5m

b) caudal =10l/s ou 10kg/s (densidade=1).

c) Potencia=9,8*3.5*10=343W=0,343kw

d) Tempo: 2h para moer 20kg de gran=0,1h/kg

e) enerxía=0,343kw*0,1h/kg=0,0343kwh/kg

f) 0,0343*860.4kcal/kg=**29.5kcal/kg**

5. Elaboración do pan

5.1. O forno de leña tradicional

As casas tradicionais galegas teñen con frecuencia os seus propios fornos de leña, que podían estar dentro da casa principal ou como

construción separada. En ocasións todas as familias dun pobo compartían un forno comunal e utilizábano por quendas. A fig. 14 mostra un forno típico listo para usar.

Figura 14. Forno tradicional de leña

5.2. O proceso de amasado

O amasado é o primeiro paso da cocción do pan. Realízase nun moble especial chamado *artesa*, engadindo auga, sal e unha pequena porción de masa con fermento (*formento*) que ten que almacenarse até a seguinte cocción. A fig. 15 mostra tres pasos do proceso de amasado. Despois do amasado a masa debe deixarse nun lugar cálido ata que aumenta (*leveda*). Esta operación pode facerse á beira do forno mentres se está quentando ou noutro lugar quente, como a cociña. A fig. 16 mostra unha peza de pan listo para cocer.

Figura 15. Amasado

Figura 16. Peza de pan lista para cocer

5.3. Quecemento do forno

Un dos pasos máis importantes do proceso de cocción é acadar e manter a temperatura axeitada no interior do forno. Para iso quéimase unha certa cantidade de madeira no interior do forno ata que a parede interna cambia de cor. Esta parede está feita dun tipo especial de ladrillo que almacena enerxía térmica e irrádiaa durante moito tempo. A cor dos ladrillos está relacionada coa súa temperatura, polo que non se precisan termopares nin termómetros modernos de infravermellos. Cando se acada a temperatura desexada elimínanse as brasas e xa se pode colocar o pan no interior do forno para a cocción. A fig. 17 mostra as diferentes etapas do quecemento do forno.

Figura 17. Quecemento do horno

5.4. Cocción do pan

O proceso de cocción é moi simple: as pezas de pan colócanse no interior do forno quente, onde permanecerán ata que estean cocidas. A entrada do forno péchase cunha porta de madeira recuberta con barro para evitar fugas de calor. O forno non ten xanelas, polo que o tempo de cocción baséase na experiencia previa. O tempo de secado do barro pódese utilizar como estimación, pero non é un método moi exacto. A fig. 18 mostra diferentes etapas do forneado. A fig. 19 mostra o produto final, que se almacena

na *artesa*.

Figura 18. Cocción do pan

Figura 19. Pezas de pan na *artesa*

5.5. Enerxía de biomasa

Nesta sección imos tratar de calcular o consumo de enerxía do proceso de cocción. A fonte de enerxía neste caso é madeira ou biomasa. Experimentalmente demóstrase que cada quilogramo de fariña de millo produce ao redor dun quilogramo de pan. A cantidade de madeira utilizada para quentar o forno é de 5 atados (*mollos*) de madeira (ao redor de 5 kg). Os demais datos obtivéronse a partir de diferentes fontes.

a) Enerxía da madeira: aprox. 2500kcal/kg
b) Consumo do forno: aprox. 0,5kg de madeira por quilo de pan.
c) enerxía por quilogramo de pan:
0,5*2500kcal/kg=**1250kcal/kg**

6. Conclusións

Neste artigo estudáronse os procesos agrícolas, as construcións tradicionais e as enerxías renovables empregadas no ciclo de produción do millo en Galicia.

Os materiais descritos neste artigo serán o punto de partida para a montaxe dunha exposición educativa sobre os usos tradicionais das enerxías renovables no ciclo do millo en Galicia.

Esta exposición instalarase nun muíño hidráulico tradicional que será en si mesmo unha parte importante da exposición.

Desde o punto de vista da enerxía, realizáronse cálculos para verificar o consumo de diferentes tipos de enerxías renovables en cada unha das etapas de crecemento e transformación do millo:

- enerxía solar:**756750.6kcal/kg**
- enerxía humana (alimentación): **29kcal/kg**
- enerxía de moenda (hidráulica):**29.5kcal/kg**
- enerxía de cocción (biomasa): **1250kcal/kg**
- enerxía total: **758059.1kcal/kg**
- enerxía almacenada no millo: **3000kcal/kg**
- porcentaxe: 3000/758059,1*100=**0,39%**

Dos cálculos anteriores obtivéronse as seguintes conclusións:

A enerxía solar é a principal fonte de enerxía utilizada para producir un quilogramo de millo ou pan.

O proceso de cultivo ocupa unha gran cantidade de terreo e capta a enerxía solar cun rendemento moi pequeno, pero hoxe en día é a única maneira de producir alimentos para os seres humanos e animais.

En particular, a cocción do pan é un proceso que consome case tanta enerxía como a que almacena o produto resultante, pero é un bo método de conservación e facilita o consumo humano de cereais.

Por outra banda, a produción agrícola de alimentos funcionou eficientemente durante moitos séculos, é respectuosa co medio ambiente e permite o desenvolvemento sustentable.

7. Agradecementos

Os autores desexan expresar o seu agradecemento a Suso, Marita, Pepe, Luz e Rafa de Beade (Vigo) pola información proporcionada para a realización deste artigo e por manter vivas as tradicións.

8. Referencias

[1] Etnografía: Cultura Material. Lorenzo, X. Nós 1962.

[2] Sobre el papel de la Energía en la Historia.

Lorenzo, E. Progensa 2006.

[3] A cultura tradicional do pan. Ripalda, X. L. Ir Indo 2002.

[4] D. Pimentel, M. Pimentel & M. Karpenstein-Machan. Energy Use in Agriculture: An Overview. CIGR Ejournal, Vol. I, January, 1999.

[5] Maize in human nutrition, FAO Document repository 1993. http://www.fao.org/docrep/T0395E/T0395E00.htm [07/20/2008]

[6] Encuesta sobre superficies y rendimiento de cultivos 2007, Spanish Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino 2007. http://www.mapa.es/estadistica/pags/encuestacultivos/boletin2007.pdfhttp://www.mapa.es/estadistica/pags/encuestacultivos/boletin2007.pdf [07/20/2008]

[7] Informe de radiación solar 2006-2007. Estación meteorolóxica meteoproval (Nigrán, Pontevedra). http://proval.meteoproval.es/estudio_solar_2006_2007_resultados.pdf [07/20/2008]

[8] Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas (códice manuscrito, 1576). Lastanosa, J. Biblioteca Digital Hispánica 2008..