



Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

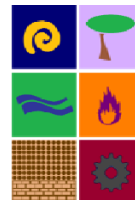
Camino Fernández Rodríguez

VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Madrigal de las Altas Torres, 24 de Mayo 2012



universidad
del León



Instituto de Medio Ambiente,
Recursos Naturales y
Biodiversidad



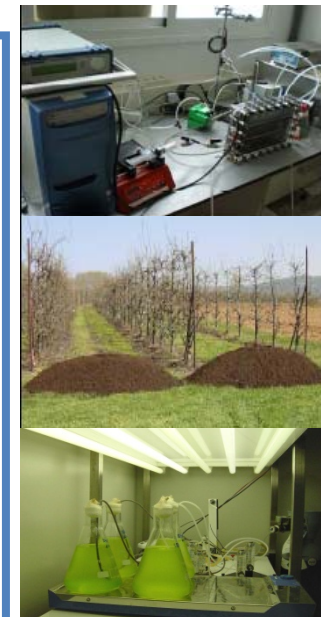
Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

- Grupo de Ingeniería Química y Ambiental
Universidad de León
- Instituto de Recursos Naturales (IRENA)



Líneas de Investigación

- Valorización energética de diversos residuos orgánicos mediante digestión anaerobia.
- Producción de hidrógeno a partir de la fermentación biológica de residuos orgánicos.
- Electrólisis biocatalítica.
- Tratamiento térmico de residuos y combustibles.
- Aprovechamiento de residuos orgánicos mediante su utilización como fertilizante.





CONTENIDO

- 1. VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA LÁCTEA**
- 2. DIGESTIÓN ANAEROBIA**
 - **EXPERIENCIAS EN DIGESTIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA LÁCTEA.**
 - **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.**
 - **CARACTERÍSTICAS DEL RESIDUO PARA SU ADECUADA VALORIZACIÓN.**
- 3. EQUIPOS NECESARIOS, RENTABILIDAD DEL PROCESO.**
- 4. SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA.**



Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA LÁCTEA

Industria láctea

Elaboración Queso

Producto residual

Lactosuero

9-12 L / kg de queso

55% nutrientes
Leche empleada

Elevada DQO > 60000 mg/L



COMPOSICIÓN

- Lactosa
- Proteínas
- Grasas
- Sales minerales
- Agua > 90%



✓ Debe ser recogido para su posterior valorización dentro o fuera de la instalación, evitando su vertido directo.



Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA LÁCTEA

APLICACIONES

1. Alimentación

- Sin tratamiento
- Desnatado
- Concentrado (Evaporación y secado)

2. Aprovechamiento industrial

- Fraccionamiento de componentes (Filtros de membrana)

Recuperación de :

- **Lactosa** →

Ácido Láctico-Lactato-Glucosa
Galactosa-Etanol-Lactulosa-Lactitol

- **Proteínas** →

WPC (Concentrado de proteínas del suero)
WPI (Proteína aislada del suero)
WPT(Proteínas del suero texturizadas)
Lactoferrina-Lactoperoxidasa
 β -lactoglobulina- α -lactoalbúmina

- **Sales minerales**

3. Valorización energética

Fermentación alcohólica

Digestión anaerobia



Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

Actividad Investigadora con residuos lácteos

- **Aprovechamiento energético del lactosuero producido por la industria láctea (Grupo Guascor y SETA)**

1. Caracterización
2. Ensayos de biodegradabilidad para evaluar la producción de biogas
3. Evaluación de la producción de gas en sistemas continuos

Ensayos en régimen mesofílico y termofílico.
Pruebas en reactores de 5-25 L.





Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

- Evaluación de la producción de biogás a partir de grasas producidas en la industria láctea
KRAFT FOODS ESPAÑA, S.L.U.
- Producción de hidrógeno: Fermentación oscura y electrólisis biocatalítica
ENE-2009-10395
Ministerio de Economía y Competitividad
- Estrategia sostenible para aumentar la producción de biogas a partir de fangos INNPACTO 2011
ACCIONA
Ministerio de Economía y Competitividad





Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

DIGESTIÓN ANAEROBIA

Definición

La digestión anaerobia es un proceso biológico en se produce la degradación de la materia orgánica en condiciones de ausencia de oxígeno y que conduce a la obtención de una mezcla gaseosa **BIOGÁS** y un residuo estabilizado **DIGESTATO**.

Productos

✓ Biogás

Composición general

- 50-80 % Metano (CH₄)
- 20-50 % Dióxido de carbono (CO₂)
- Sulfuro de hidrógeno, hidrógeno y otros gases.

Aplicaciones

Combustible Calderas, motores de cogeneración.

Metano PCI 35,7 MJ/Nm³

Biogás 21,4 MJ/Nm³ teóricos

Producción media eléctrica $\eta=35\%$ 2,1 Kwh/Nm³ reales

✓ Digestato

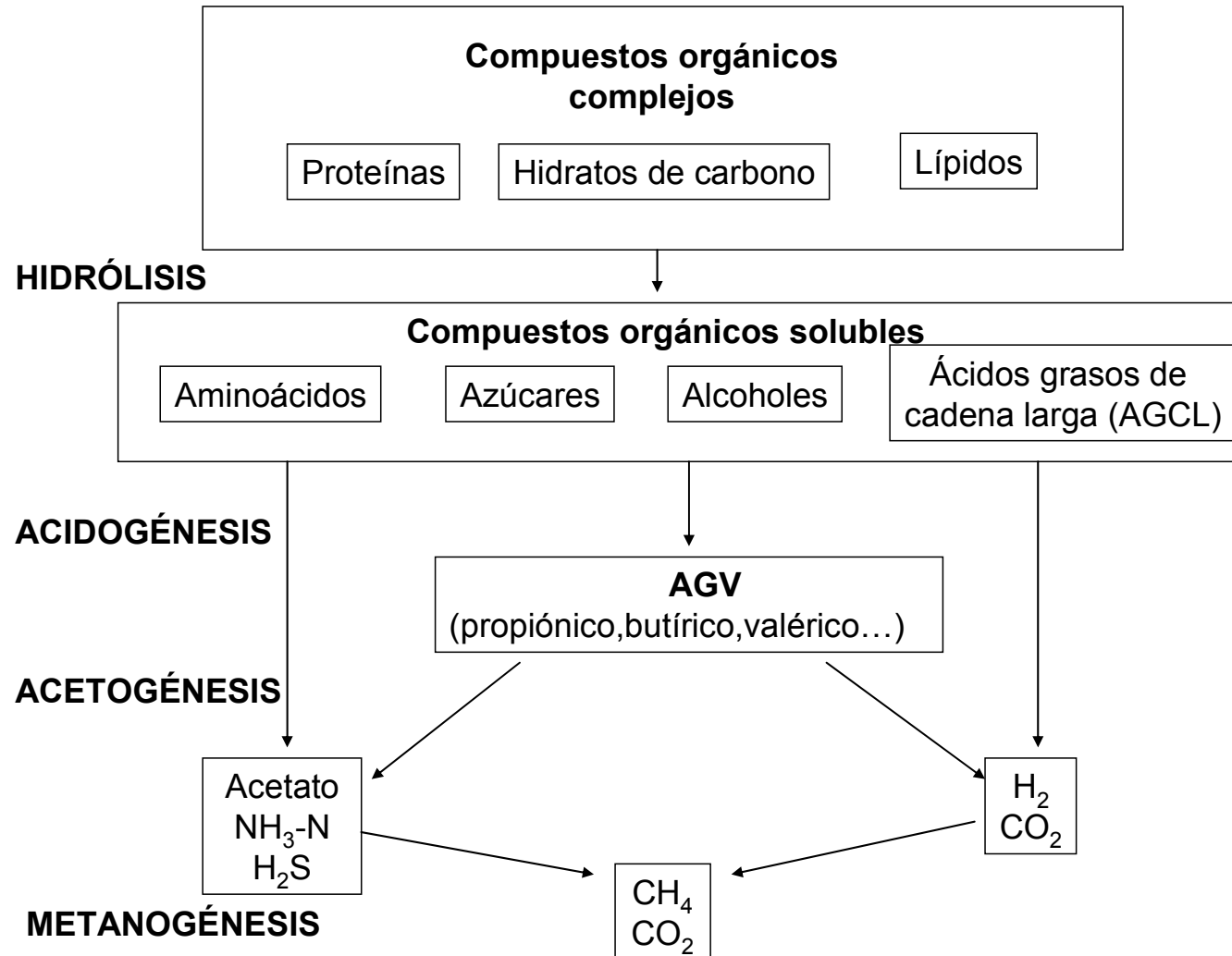
Materia orgánica estabilizada
Sustancias minerales (N,P,Ca,K)
Valorización fertilizante agrícola



Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

DIGESTIÓN ANAEROBIA

Química y microbiología del proceso





DIGESTIÓN ANAEROBIA

Sustratos

Deyecciones Ganaderas-Residuos Agroindustriales-Lodos EDAR
Residuos vegetales- Fracción orgánica de residuos sólidos urbanos

Características de los sustratos para su valorización

- **Sólidos totales / Humedad**

ST < 15 % (Vía húmeda)

Un alto contenido en sólidos puede provocar problemas bombeo, sedimentación o agitación en los reactores.

- **Sólidos volátiles/ Biodegradabilidad**

El porcentaje de sólidos volátiles respecto al de sólidos totales 70-95%

No es recomendable < 60%

- **Contenido de nutrientes**

Relación C/N 20-25

- **Sustancias inhibitoras**

Ácidos grasos volátiles

Ácidos grasos de cadena larga

Amonio

Lactosuero	
Sólidos Totales (%)	1-5
Sólidos Volátiles (% SV)	80-95
Producción de biogas (m³kg⁻¹SV)	0,80-0,95

Caracterización lactosuero

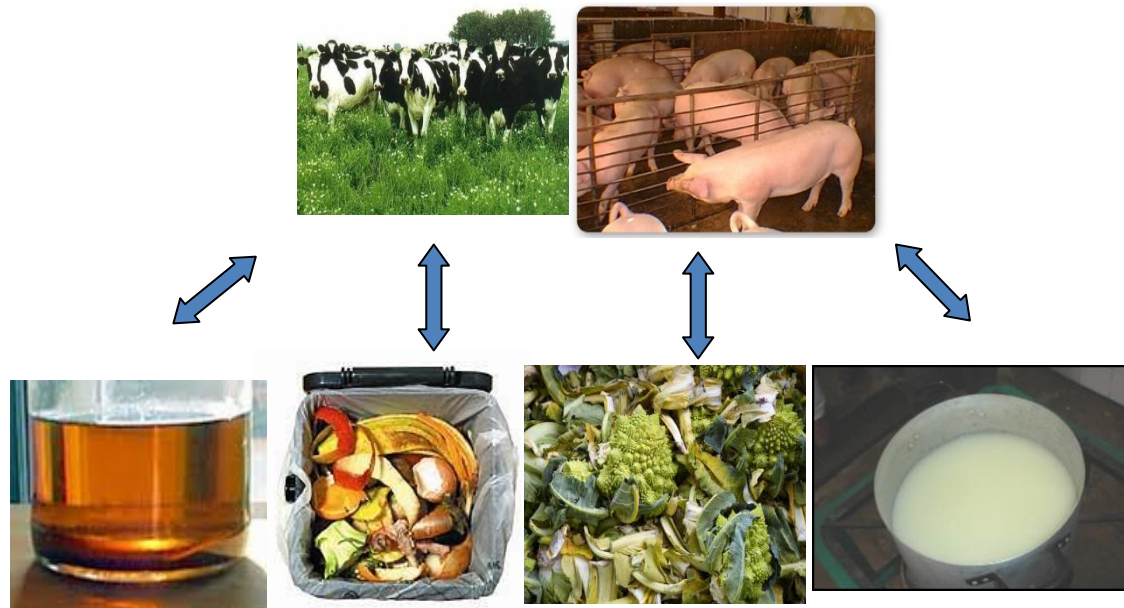


Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

DIGESTIÓN ANAEROBIA

Co-digestión anaerobia

- ✓ Aprovechar la complementariedad de las composiciones.
- ✓ Compartir instalaciones de tratamiento. Integración del tratamiento de los residuos orgánicos de una zona geográfica determinada.
- ✓ Unificar metodologías de gestión.
- ✓ Reducir costes de inversión y explotación.





Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

DIGESTIÓN ANAEROBIA

Variables que afectan al proceso de digestión

- Temperatura
 - Psicrofílico T < 20 °
 - Mesofílico T 30-40°C
 - Termofílico 50-70°C
- pH
 - Neutralidad 7.0-7.2
- Compuestos
 - Metales pesados
 - Fenol
 - Compuestos aromáticos
 - Amonio
 - Ácidos Grasos
- Velocidad de carga orgánica (VCO)
- Tiempo de retención hidraulica (TRH)



Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

Esquema planta digestión anaerobia





Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

RENTABILIDAD DEL PROCESO

Análisis de la productividad de un digester anaerobio



Determinación de la producción de biogás

Se requiere conocer la cantidad de biogás que produce el residuo

$$V \text{ biogás} = \text{Materia seca} * \text{Rendimiento biogás}$$

$$\text{Rendimiento de biogás} = \text{m}^3 \text{ gas} / \text{kg materia seca}$$



Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

RENTABILIDAD DEL PROCESO

Poder calorífico del metano (CH₄) (PCI) 35.7 MJ/m³
Contenido medio de metano en el biogás 60%

Unidad CHP

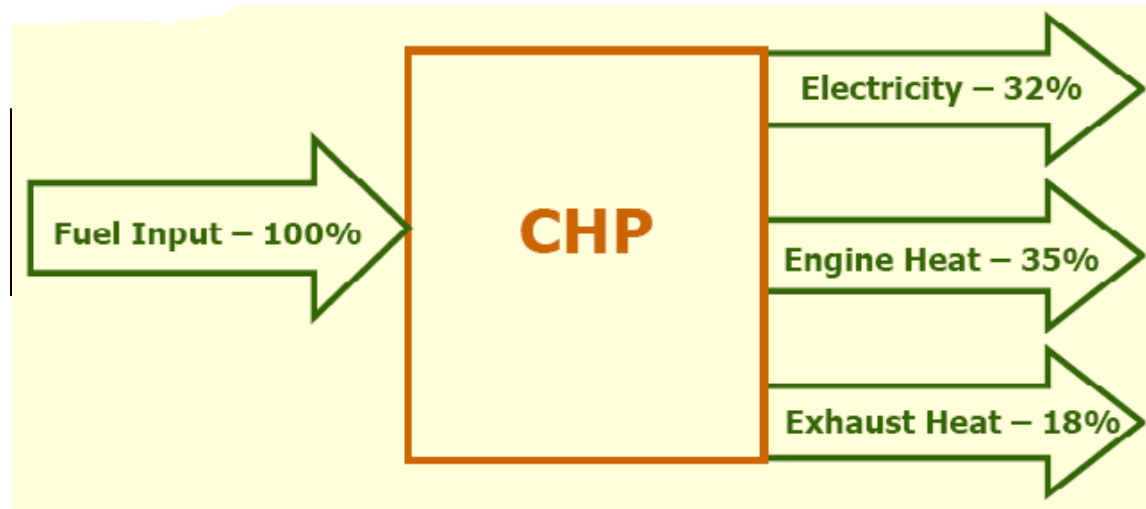
LCV of Biogas = 35.7 MJ/m³ * 60/100 = 21.4 MJ/m³.

CHP kWe = $\frac{\text{biogás (m}^3\text{/año)} \times \text{Poder caloríf. biogás (MJ/m}^3\text{)} \times \text{Ef.elect./3.6}}{\text{Carga operacional (h/año)}}$

Funcionamiento
continuado:
7500 h/año

Carga operacional
(h/año)

25 – 35%





Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

RENTABILIDAD DEL PROCESO

Necesidades de calor del digestor

$$\text{Demanda de calor (MJ/año)} = \text{Masa substrato (t/año)} \times \text{Calor específico (kJ/kg K)} \times (\text{Tdig} - \text{Talim})$$

$$\text{Demanda de calor real (MJ/año)} = 1.3 \times \text{Demanda de calor (MJ/año)}$$

$$\text{Calor residual (MJ/año)} = \text{E. térmica recuperada} - \text{Demanda de calor real del digestor}$$



Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

RENTABILIDAD DEL PROCESO

Tarifas de electricidad para instalaciones acogidas al Real Decreto 661/2007

b.7.2 biogás procedente de la digestión anaerobia de residuos biodegradables industriales, lodos de depuradora de aguas residuales urbanas o industriales, residuos sólidos urbanos, residuos ganaderos, residuos agrícolas y otros a los cuales sea aplicable dicho procedimiento de digestión anaerobia

a.1.3 cogeneraciones que utilizan como combustible principal biomasa y/o biogás, en los mismos términos que para el *grupo b.7*, y siempre que éste suponga al menos el 90% de la energía primaria utilizada.

Subgrupo	Potencia	Tarifa regulada c€/kWh
	$P \leq 500 \text{ kW}$	14,5042
b.7.2	$500 \text{ kW} < P$	10,7431
	$P \leq 500 \text{ kW}$	14,8131
a.1.3	$500 \text{ kW} < P$	11,0536



Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

RENTABILIDAD DEL PROCESO

Ejemplo digester tratamiento lactosuero

Permeado de ultrafiltración

Concentrado del permeado de ultrafiltración por ósmosis inversa

DQO 40 g/L

Potencial de producción de metano (CH_4) 300 L CH_4 / kg DQO alim

Con caudales de entre 50-100 m³/d de lactosuero, se consiguen producciones de biogás para instalaciones con potencias eléctricas instaladas de **110 kW** y **235 kW** eléctricos instalados respectivamente.

Para un motor de **500 kW** , **7500 h/año funcionamiento**, $\eta=35\%$

Caudal lactosuero 245 m³/d

TRH 10 d

Volumen reactor 2450 m³

Los estudios de económico-financieros de inversión y explotación realizados para estas instalaciones, reflejan una escasa rentabilidad económica para las industrias mientras se mantenga la insuficiente tarifa regulada actual dentro del régimen especial para la generación con biogás.



Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Situación actual del biogás en España

Finales de 2010 la potencia eléctrica instalada con biogás **177 MW**

Previsión PER 2011-2020 **400 MW año 2020**

Biogás de vertedero

70% de la generación a biogás y 65% de la potencia instalada

Fracción orgánica de residuos sólidos urbanos

Problemas debidos a la poca implantación de la recogida selectiva en origen.

Posibles mejoras Ley 22/2011 sobre biorresiduos.

Lodos EDAR

Estabilización e higienización de los lodos para facilitar su gestión posterior.

Producción baja de biogás no orientada a su maximización.

Co-digestión anaerobia con deyecciones ganaderas y otros residuos.

15 instalaciones Cataluña, la Comunidad Valenciana, Aragón y Navarra

Potencia \leq 500 kW

PER 2011-2020 Perspectivas de un mayor desarrollo de la digestión anaerobia de residuos ganaderos y agroindustriales.



Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Situación actual del biogás en Castilla y León

Aplicaciones eléctricas	Número de instalaciones	Potencia instalada	Producción energía eléctrica	Consumo energía primaria
<i>Plantas a partir de biocombustibles gaseosos</i>	Nº	MW_e	ktep/año	ktep/año
Aprov. eléctrico de biogás en vertederos	2	1,2	0,6	1,6
Aprov. eléctrico de biogás en EDAR	6	4,3	2,2	5,9
Aprov. eléctrico de biogás en CTR	5	6,2	3,2	8,2
Aprov. eléctrico de biogás de residuos ganaderos	1	0,3	0,1	0,9
Aplicaciones térmicas	Número de instalaciones	Potencia instalada	Producción energía térmica	Consumo energía primaria
<i>Instalaciones con biocombustibles gaseosos</i>	Nº	MW_t	ktep/año	ktep/año
Aprov. térmico de biogás en EDAR	5	3	1	1,3
Aprov. térmico de biogás de residuos agroganaderos	0	0	0	0



Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Potencial de biogás de subproductos agroindustriales

Biogás Agroindustrial	Potencial Accesible (ktep/año)	Potencial Disponible (ktep/año)
Ganadería	1361,6	1130,1
Industrias Alimentarias	2938,8	302,5
Origen Animal	136,9	82,1
Origen Vegetal	2794,6	214,5
Lodos EDARI	7,4	5,9
Plantas de Biocombustibles	93,3	18,7
Total Agroindustrial	4393,8	1451,5

Origen animal: Subproductos cárnicos, lácteos y de pescado

Origen vegetal: Subproductos hortofrutícolas excedentes, hortofrutícolas no conformes, de transformación de productos hortofrutícolas, paja de cereal, lodos EDARI, etc.

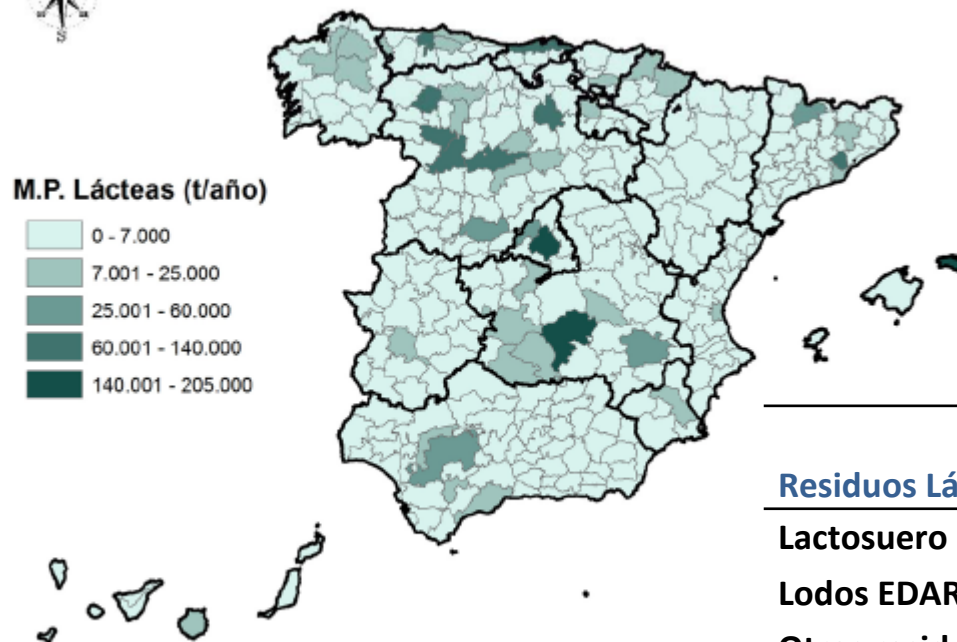
Castilla y León es la comunidad autónoma con más posibilidades: podría producir 2.140 millones de metros cúbicos al año (un cuarto del potencial total español) a partir de subproductos ganaderos, vegetales y lácteos.



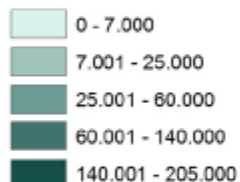
Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Potencial disponible de residuos lácteos



M.P. Lácteas (t/año)



Residuos Lácteos	ton/año
Lactosuero	2.734.763
Lodos EDARI	303.262
Otros residuos no conformes	88.827
Total	3.126.852

45 ktep/año

Mapa distribución potencial disponible de producción de residuos lácteos



Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Juzbado (Salamanca)

- Purines y residuos agroganaderos 20000 ton/año
- 500 kW
- Producción media anual
4.000.000 kW eléctrico





Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Ultzama (Pamplona)

- Purín, estiércol, productos residuales de industrias de transformación de la leche, Productos residuales de industrias de alimentación animal
80.300 t/año de purín
- 500 kW
Energía térmica aprovechamiento en planta y en una industria láctea
- Producción media anual
4.000.000 kW eléctrico





Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Osa de la Vega (Cuenca)

- Purín, estiércol, lactosuero

- 500 kW

Energía térmica aprovechamiento en los digestores y la explotación ganadero

- Producción media anual

4.300.000 kWh/año

2.500.000 kWh/año

Digerido 51700 m³/año





Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Vila-Sana (Lérida)

- 11500 m³/año purín de cerdo
- 4500 m³/año residuos orgánicos (derivados de alcohol y aceites vegetales, lodos, residuos de frutas, cebolla y leche)
- 2 digestores 1270 m³
- 1 motor 380 kWe
- Producción media anual (8.000 horas de funcionamiento)
3.050.000 kW eléctrico
2.500.000 kW térmicos





Revalorización del lactosuero mediante obtención de energía por biodigestión de la lactosa

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

INFORMACIÓN: cferrd@unileon.es

Instituto de Recursos Naturales (IRENA)
(Actual Instituto de Medio Ambiente, Recursos
Naturales y Biodiversidad)

Universidad de León
Avda. Portugal 41
24009 León (ESPAÑA)
Tfno: 34 987 29 18 41