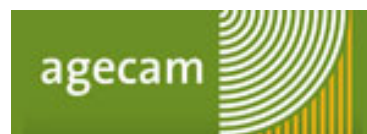


VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN CASTILLA-LA MANCHA

Mercedes García-Muñoz Martínez, Juan Pedro Felipe Santos
y Lourdes Rodríguez Mayor.

Alquimia Soluciones Ambientales. Polígono Industrial Daimiel Sur
c/ Calidad nº 3 (13250) Daimiel (Ciudad Real)



12 de mayo de 2011
Conferencias ATEGRUS®
BIOENERGÍA 2011

TRATAMIENTOS ENERGÉTICOS DE RESIDUOS 2011

Alquimia Soluciones Ambientales

Alquimia Soluciones Ambientales

Empresa de base tecnológica

Creada en el año 2005

Inversiones en I+D+i (2005-2008): 3,1 millones de euros

Objetivo:

- ✓ Ser un referente en la investigación aplicada para el aprovechamiento de Aguas, Residuos y Suelos y para la obtención de energía a partir de residuos y materiales no reutilizables o reciclables



Alquimia Soluciones Ambientales



Alquimia Soluciones Ambientales

I +D+i	Gestión de Residuos	Laboratorio y servicio de inspección	Consultoría, y Servicios Ambientales
<p>Formulación de nuevos materiales a partir de residuos industriales peligrosos y no peligrosos</p> <p>Tratamiento y reutilización de aguas residuales</p> <p>Descontaminación de suelos</p> <p>Valorización de residuos orgánicos para su aprovechamiento agrícola y energético</p> <p>Otros productos de alto valor añadido</p>	<p>Tratamiento y reutilización de aguas residuales</p> <p>Formulación de combustibles alternativos</p> <p>Fabricación de nuevos materiales</p> <p>Descontaminación de suelos</p> <p>Compostaje</p> <p>Acondicionamiento para el reciclaje de RNP</p> <p>Reagrupamiento y transferencia de residuos</p> <p>Transporte Autorizado de Residuos</p>	<p>Análisis de vertidos, lixiviados y suelos</p> <p>Caracterización de residuos y biomasa</p> <p>Caracterización de abonos orgánicos y compost</p> <p>Control de depuradoras</p> <p>Caracterización de materias primas</p> <p>Análisis de aguas superficiales</p> <p>Servicio reglamentario de toma de muestras</p> <p>UNE-EN ISO 9001</p> <p>UNE-EN ISO 14001</p> <p>UNE -EN ISO/IEC 17052</p>	<p>Proyectos de Demolición y Restauración Ambiental</p> <p>Diseño e ingeniería ambiental</p> <p>Peritajes e Informes Judiciales</p> <p>Estudios de la Calidad de Suelos y Proyectos de descontaminación</p> <p>Auditorías de Eficiencia Energética</p> <p>Sistemas de Gestión Ambiental y de Calidad.</p> <p>Limpiezas industriales especializadas</p>

Alquimia Soluciones Ambientales

Plantas piloto

Planta piloto de físico-químico



Planta Piloto de tratamiento terciario



Planta piloto de electrooxidación



Planta Piloto de formulación



Alquimia Soluciones Ambientales

Planta piloto de compostaje



Planta piloto de biorremediación



Planta piloto de biogas



Planta piloto humedales artificiales



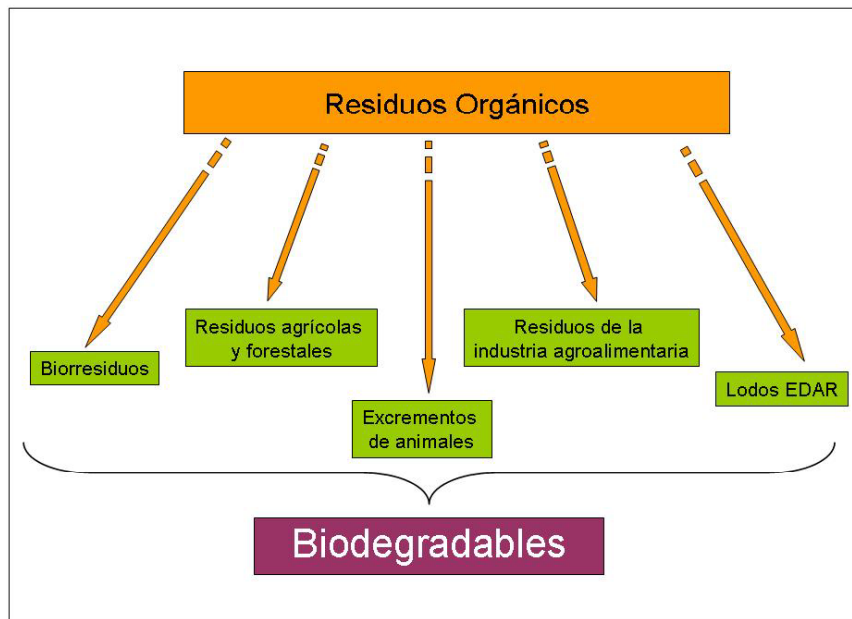
Alquimia Soluciones Ambientales

Nuestros Socios Tecnológicos

- ❑ Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). Departamento de Ingeniería Química e Instituto de Tecnologías Química y Medioambiental (ITQUIMA)
- ❑ Universidad Rey Juan Carlos de Madrid (URJC). Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales.
- ❑ Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)
- ❑ Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura-CEBAS. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
- ❑ Instituto Tecnológico de la Cerámica (ITC). Universidad Jaume I de Castellón
- ❑ Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Departamento de Ingeniería Química y Nuclear.
- ❑ Centro del Agua y de las Ciencias Ambientales y Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Alicante
- ❑ Centro de Instrumentación, Tecnología e Innovación de la Universidad de Sevilla (CITIUS)

Introducción

RESIDUOS ORGÁNICOS



Nuestro modelo de desarrollo socio-económico produce enorme cantidades de residuos.

Por un lado, cada actividad, servicio o producto necesita materias primas y energía. Por otro lado, cada ciclo de vida termina con la producción de residuos, que no son otra cosa que materias primas y energía.

Para el caso de los residuos orgánicos, la situación es similar. Anualmente se generan millones de toneladas.

Introducción

RESIDUOS ORGÁNICOS

La gran mayoría de estos residuos son depositados en vertederos donde se descomponen, de forma espontánea, por la acción de los microorganismos generando metano (gas de potente efecto invernadero).



FÁCIL Y RÁPIDA
DESCOMPOSICIÓN

EMISIONES DE
GASES EFECTO
INVERNADERO

ENORME VOLUMEN
DE GENERACIÓN

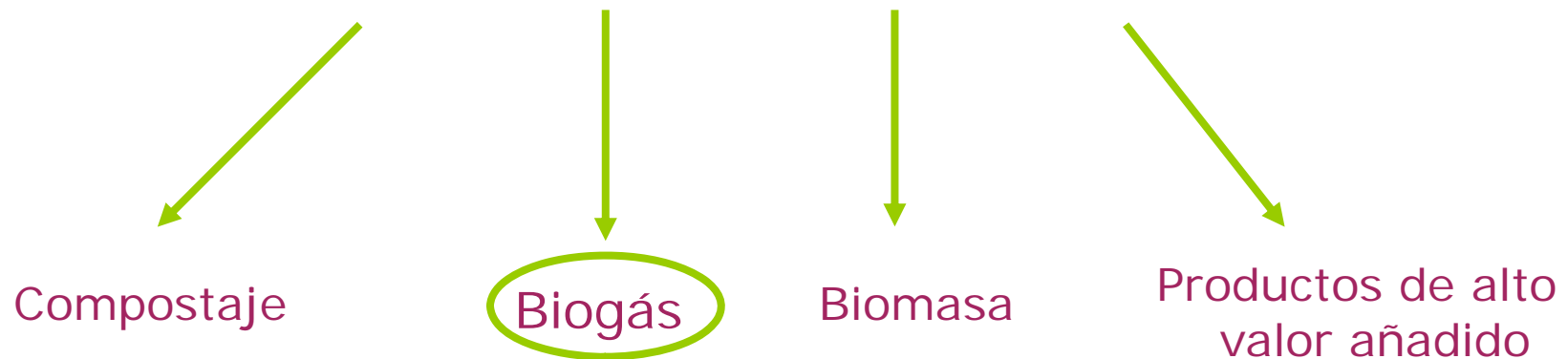
ESCASA
REUTILIZACIÓN

Introducción

RESIDUOS ORGÁNICOS

La problemática ambiental de los residuos orgánicos es aún más significativa si se tiene en cuenta que podrían ser aprovechados para producir **energía renovable, limpia y autóctona**, o ser usados como **abono para la agricultura o enmienda para la recuperación de suelos empobrecidos**.

VALORIZACIÓN PARA USO AGRÍCOLA Y ENERGÉTICO

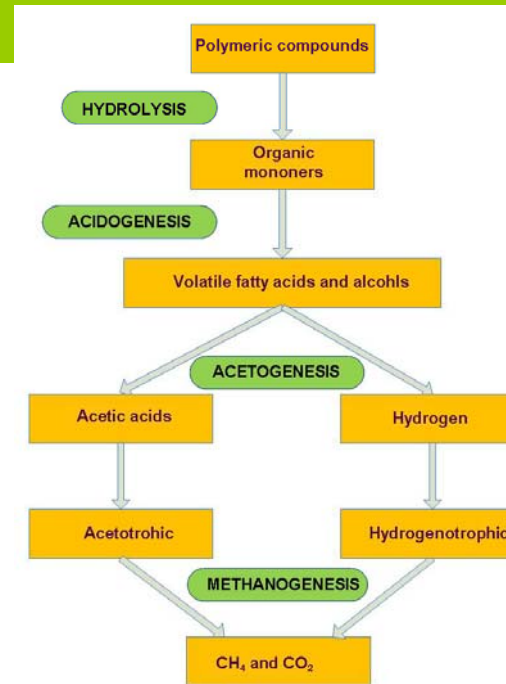
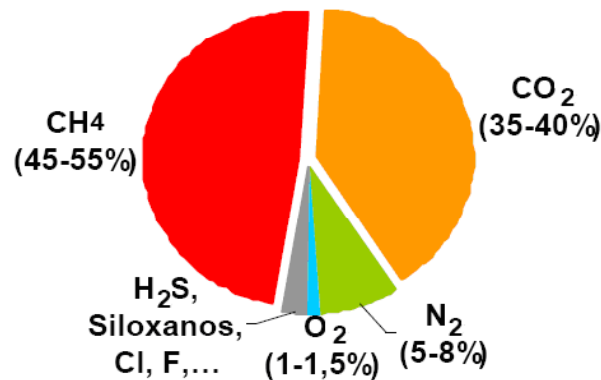


La legislación española y europea está impulsando este tipo de tratamientos.

Introducción

BIOGÁS : ¿Qué es?

En sentido estricto, **el biogás es un biocombustible** producido a partir de la biomasa y a través de un proceso bioquímico conocido como **digestión anaerobia o biometanización**.



Es una mezcla de gases:

- ✓ Metano (CH₄, 50-75%)
- ✓ Dióxido de carbono (CO₂, 20-40%)

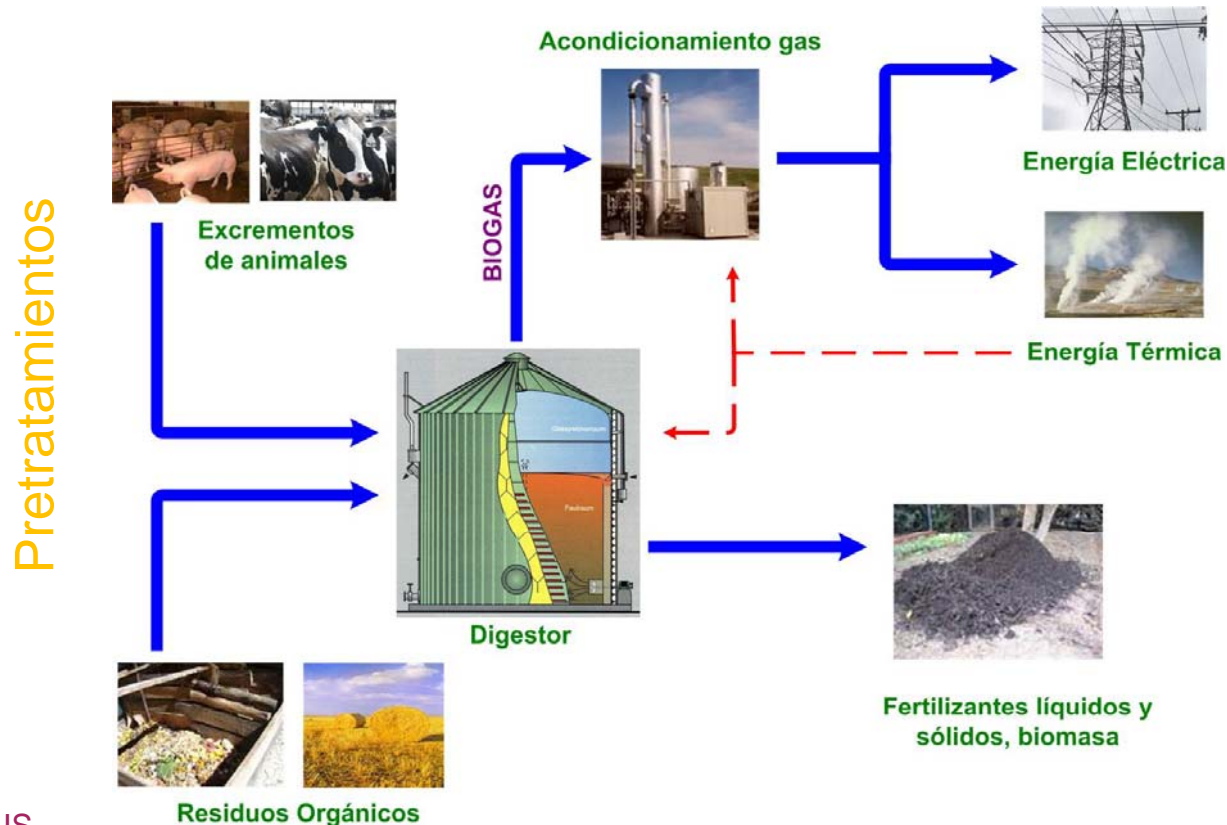
Otros gases en menor proporción:

H₂S, NH₃, N₂, O₂, H₂ y vapor de agua.

Introducción

BIOGÁS: ¿Para qué sirve?

Combustible de calderas, motores de cogeneración, combustible de vehículos, como gas natural...

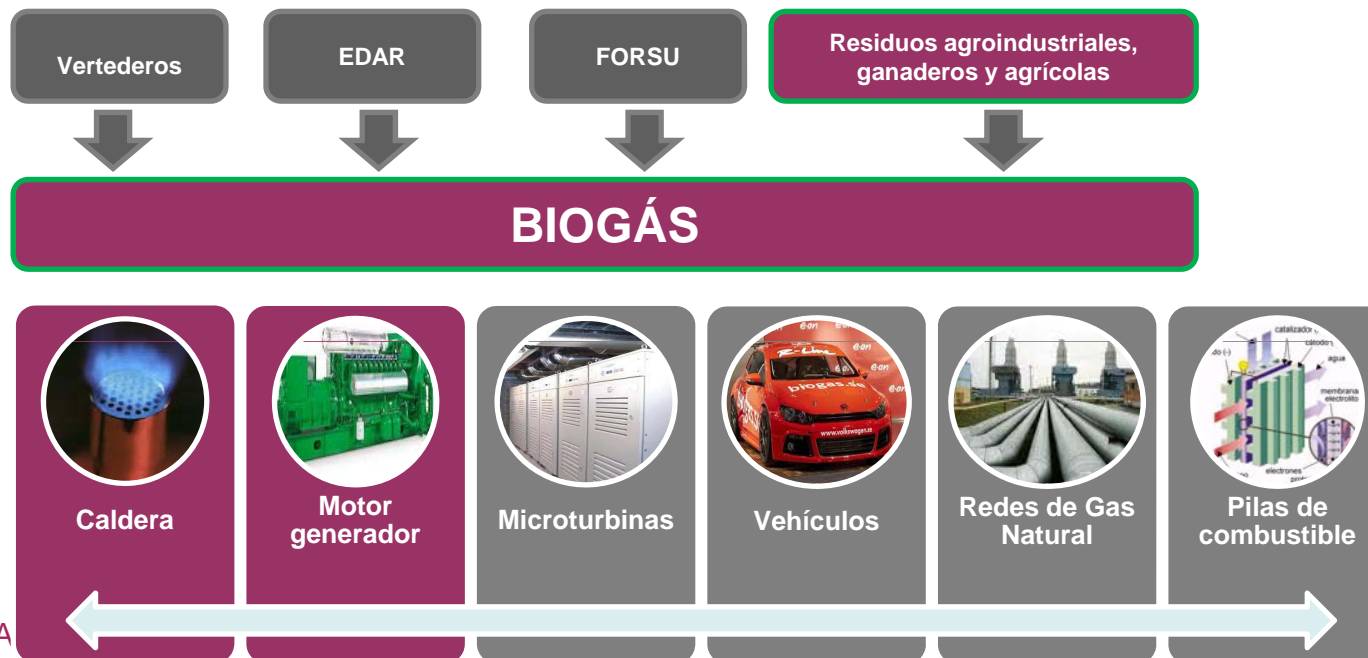


Introducción

BIOGÁS: Diferentes usos

En función de los residuos que se utilicen la composición del biogás presentará algunas diferencias. Los sustratos utilizados también son importantes en el seguimiento de la producción de biogás y en la composición final del digestato.

Tipo de gas	Biogás FORSU	Biogás Industria agroalimentaria	Gas Natural
Composición	60 % CH ₄ 33 % CO ₂ 1 % N ₂ 6 % H ₂ O	68 % CH ₄ 26 % CO ₂ 1 % N ₂ 5 % H ₂ O	97 % CH ₄ 2,2 % CO ₂ 0,4 % N ₂
PCI (kWh/m³)	6	6,8	10,3



Introducción

BIOGÁS: ¿Por qué?

Ventajas energéticas

Posibilidad de generación de energía neutral desde el punto de vista de emisiones de CO₂

Balance de energía positivo mucho más favorable que otros sistemas biológicos de eliminación de materia orgánica

Aprovechamiento de una fuente de energía renovable

Biogás 50-70% CH₄

PCI: 4.000-8000 kcal/m³

Real Decreto 661/2007- actualizaciones

Tarifa B.7.2 (digestores)

Ventajas medioambientales

Gestión más sostenible de los residuos

Reducción de efectos de las emisiones de CH₄ y CO₂

Ventajas económicas

Ahorro en la gestión de los residuos

Ingresos económicos derivados de la producción de energía

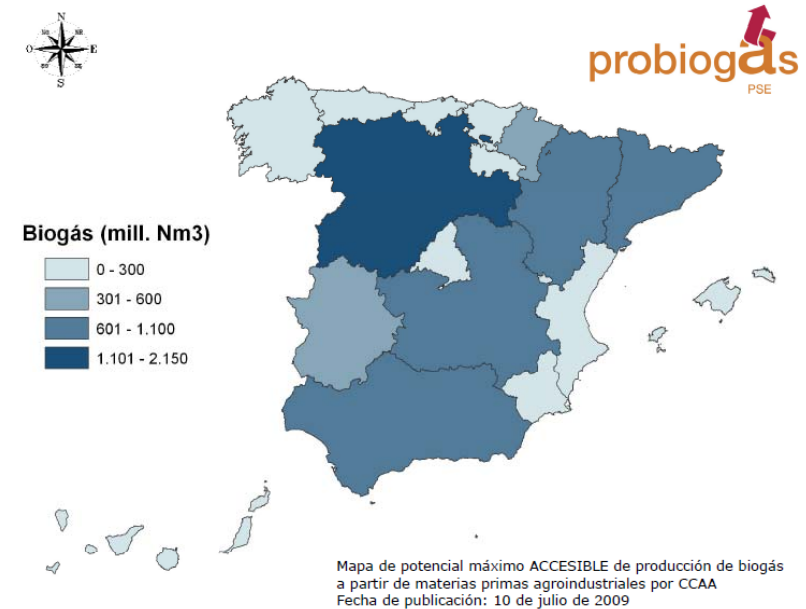
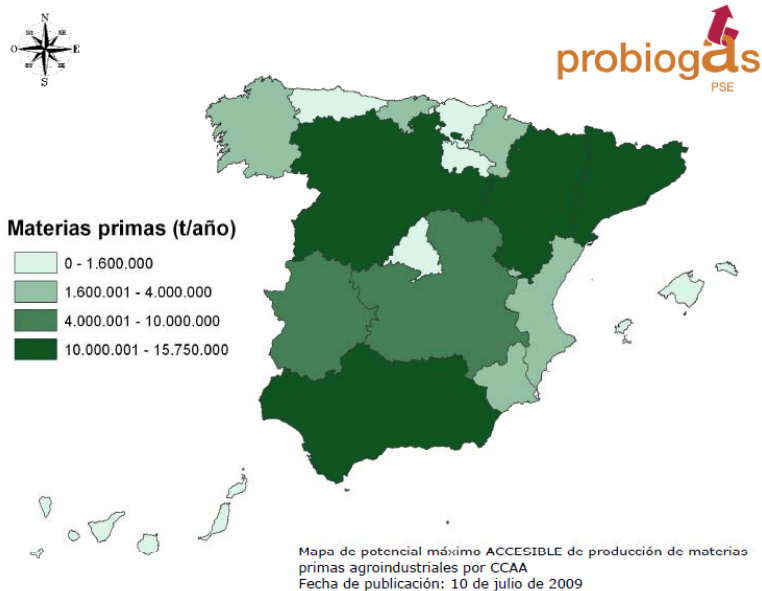
Ahorro de fertilizantes químicos

Fomento de la actividad industrial

Introducción

BIOGÁS: En España

- El primer país de la UE en superficie de cultivo
- El cuarto en producción ganadera
- El quinto en producción alimentaria a nivel industrial



Introducción

BIOGÁS: En España

Residuos disponibles	Producción (millones de t/año)	Potencia de generación de biogás (millones de m ³ /año)	Potencia de generación de energía eléctrica (millones de kW/año)
Subproductos ganaderos	49	2.400	5.290
Subproductos vegetales	27	5.000	11.000
Subproductos cárnicos	3,3	100	220
Subproductos lácteos	3,1	125	276
Subproductos procedentes del pescado	0,5	43	96
Otros	0,6	331	728
TOTAL	83,5	8.000	17.600

Fuente: Probiogas, 2009

Introducción

BIOGÁS: En España

Comunidades Autónomas	Producción de residuos (millones de t/año)	Potencia de generación de biogás (millones de m ³ /año)	Principales residuos
Castilla y León	15,7	2.140	Ganaderos, lácteos y vegetales
Andalucía	12,7	1.000	Vegetales, ganaderos y cárnicos
Castilla-La Mancha	8,6	952	Ganaderos, vegetales y lácteos
Aragón	10,1	858	Ganaderos, vegetales y cárnicos
Cataluña	12,3	767	Ganaderos, vegetales y cárnicos
TOTAL	59,4	5.767	

Fuente: Probiogas, 2009

El proyecto

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN CASTILLA-LA MANCHA

- ✓ El tratamiento biológico de residuos orgánicos mediante digestión anaerobia podría ser una posible solución para reducir o resolver los problemas relacionados con el hecho de que el destino final de un gran porcentaje de ellos sea el vertedero.
- ✓ Esta idea no sólo significa una gestión más eficiente de los residuos orgánicos, sino también la producción de energía renovable.

Objetivo:

Analizar las posibilidades de implantación de esta tecnología en Castilla-La Mancha y evaluar la adaptación necesaria de la misma.

El proyecto

Etapas:

- Estado del arte
- Estudio de localización
- Recogida y caracterización de residuos
- Pruebas de valorización
- Caracterización y valorización del digestato
- Diseño de planta piloto de demostración



El proyecto

Algunos de los principales logros son:

- (1) La caracterización de los residuos orgánicos producidos en Castilla-La Mancha
- (2) La evaluación a escala de laboratorio de producción de biogás a partir de diversos residuos orgánicos (discontinuo y semicontinuo)
- (3) El análisis de residuos de codigestión y
- (4) La valorización de los digestatos

Planta de demostración para la producción de biogás con reactor de 500 litros de volumen.

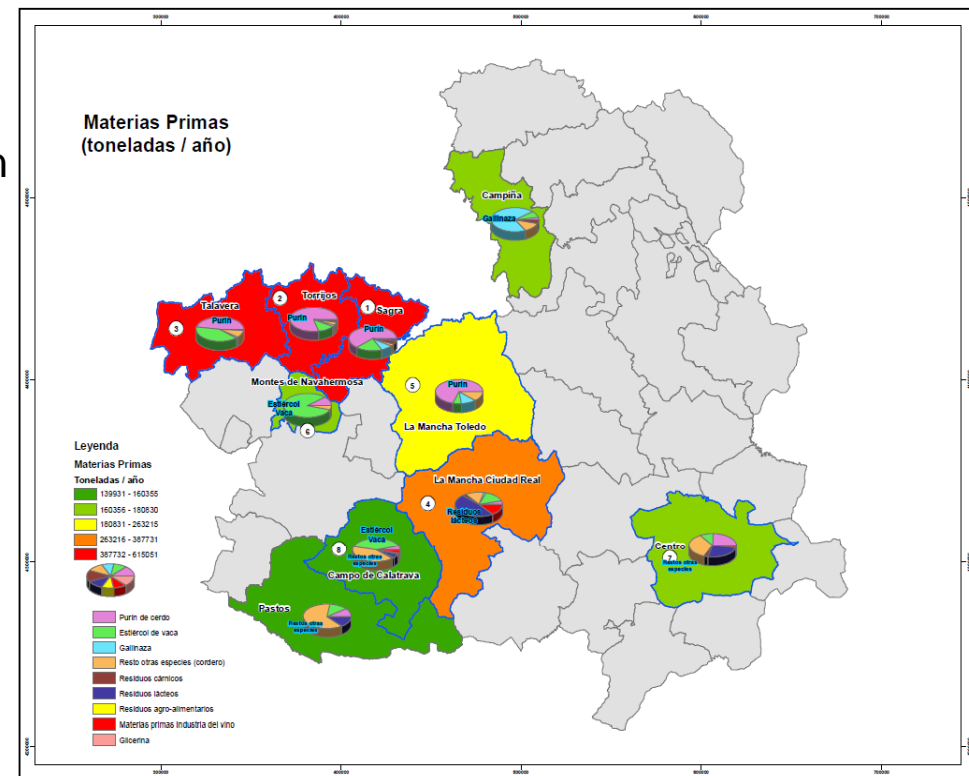


El proyecto

Estudio de localización de residuos

Comarcas:

- Talavera, Torrijos y La Sagra (rojo): purín porcino
- La Mancha de Ciudad Real (naranja): lactosuero
- La Mancha de Toledo (amarillo): purín porcino
- Campo de Calatrava y Pastos (verde más oscuro): estiércoles vacuno y ovino
- Centro, Campiña y Montes (verde más claro): estiércoles ovino, gallinaza y estiércoles vacuno



Fuente : Probiogas, censos estadísticos, etc.

El proyecto

Caracterización fisicoquímica

pH, Conductividad, Sólidos Volátiles, Sólidos Totales, Humedad, DQO, C/N, NH_4^+ , P total, Metales, etc.



Ensayos en discontinuo



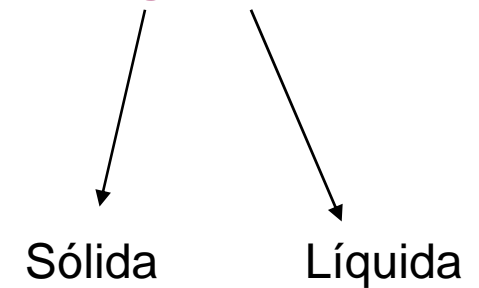
Codigestión



Biogás



Digestato



El proyecto

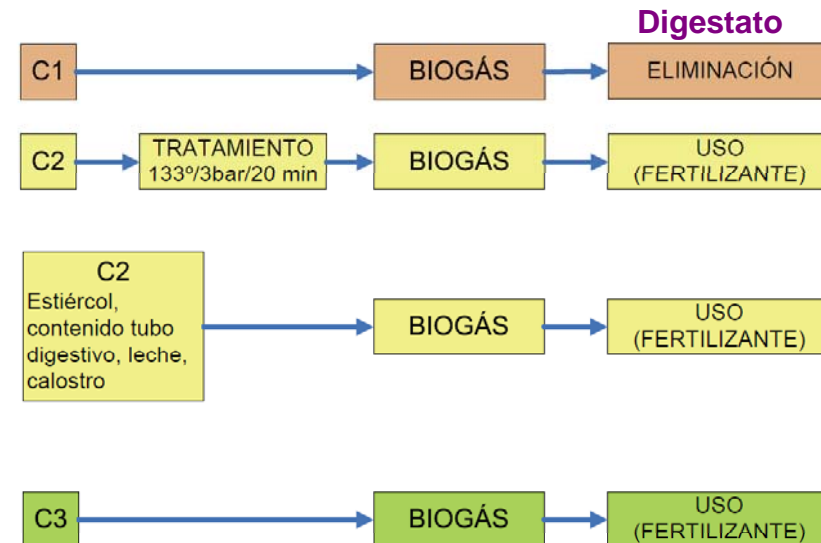
UNA NOTA SOBRE LA LEGISLACIÓN

Subproductos de origen animal no destinados al consumo humano (SANDACH)

C1 Categoría 1: Por ejemplo materiales específicos de riesgo (MER), productos derivados de animales a los que se hayan administrado sustancias prohibidas, residuos del catering internacional, etc.

C2 Categoría 2: Como estiércoles y contenido del tubo digestivo o animales que mueran sin ser sacrificados para el consumo, incluida la erradicación de enfermedades, entre otros.

C3 Categoría 3: Se trata de las partes de animales aptos para el consumo humano de conformidad con la normativa comunitaria, pero que finalmente no son destinados para este uso.



Fuente: MARM, 2009

El proyecto

☐ Residuos ganaderos

Vacuno



Conejo



Ovino



Gallinaza



Porcino (purines)



- ✓ **Materia orgánica (>70% ST)**
- ✓ **pH óptimo: 7-8**
- ✓ **C/N: 15-20; 3-10 (gallinaza)**
- ✓ **Tiempos de retención: aprox. 20 días**
- ✓ **Producción de biogás (L/ kg SV): 200 (vacuno); 400 (gallinaza y purín de cerdo)**
- ✓ **70-80% de CH₄**
- ✓ **Pesticidas, antibióticos o detergentes**
- ✓ **Contenido en paja de las camas**
- ✓ **Gallinaza: inhibición por amonio**
- ✓ **Purines: almacenamiento**

El proyecto

□ Residuos agrícolas

Sarmientos



Carrizo



Serrín



Restos de poda



- ✓ **Materia orgánica (>90% ST)**
- ✓ **C/N >30-40 (90, paja)**
- ✓ **Tiempos de retención: >20 días**
- ✓ **Producción de biogás (100 L/ kg SV): 300 (paja de cereal) hasta 800 (ensilado de remolacha azucarera)**
- ✓ **Pesticidas**
- ✓ **Pretratamientos: tamaño de partícula, hemicelulosa, ligninocelulosa**
- ✓ **Compostaje del digestato**

El proyecto

Residuos de la industria cárnica

Excremento panzas



Sangre cocida



Lodos depuradora



Crudo Cat.1



Crudo Cat.3



Fracción del Residuo	Índice de producción de metano (m ³ /t de residuo)
Harinas C2	469
Subproductos animales pasteurizados	225
Mezcla residuos de matadero	160
Hidrolizados de carne y hueso	70-100
Intestinos y contenidos estomacales (vísceras)	50-100
Contenido estomacal de cerdos	380 (*)
Contenido del rumen	405 (*)
Grasas de flotación	1000 -500 (*)
Desperdicios de huesos , pieles y pelos	100 (*)
Sangre	100 (*)
Desperdicios de pieles	300 (*)

(*) m³ de biogás /t de residuo

El proyecto

❑ Residuos de la industria cárnica



- ✓ Relación C/N de 2 a 8
- ✓ pH idóneo
- ✓ El exceso de proteínas y grasas puede provocar inhibiciones
- ✓ La pasteurización aumenta hasta cuatro veces el rendimiento en la producción de metano (Rutledge, 2004), ya que aumenta la disponibilidad de los lípidos.

Codigestión con residuos agrícolas u otros sustratos orgánicos con elevada relación C/N.

Mezcla Ind. Cárnica (1)	123 L Biogás/kg SV
Mezcla Ind. Cárnica + ganadero (2)	263 L Biogás/kg SV

El proyecto

Residuos de la industria láctea, frutas y hortalizas, etc.

“Compost” champiñón



100 L/ kg SV

“Compost” seta



Lactosuero



Lodo lácteo



Restos de fruta



450 L/ kg SV
(600)

Restos de cebollas



Vinazas



170 L/ kg SV
(550)

Lodos



- ✓ Acidificación
- ✓ Ácidos grasos volátiles
- ✓ Pesticidas, desinfectantes

El proyecto

Componente	Presente en	Biodegradabilidad anaerobia
Azúcares	Remolacha o caña de azúcar. Subproductos de una azucarera o fábrica de golosinas, etc.	Excelente
Almidón	Excedentes de cereales, patatas, etc., subproductos de fábricas de snacks o de almidones, etc.	Excelente
Celulosa	Paja triturada, hierba, pulpas y pieles de frutas y verduras, etc.	Buena
Proteínas	Subproductos animales, productos cárnicos, lácteos, o de la pesca, etc.	Excelente
Grasas	Subproductos de origen animal o vegetal.	Buena ¹⁾
Pesticidas, antibióticos, detergentes	Restos de producción vegetal, estiércol y purines, subproductos de la industria farmacéutica.	Regular
Sales.	Salmueras o residuos salinos.	No biodegradable
Arena, piedras	Estiércol, purines, restos vegetales, etc.	No biodegradable
Metales	Residuos de envases.	No biodegradable
Plásticos	Residuos de envases.	No biodegradable

¹⁾ Requiere mayores tiempos de retención

Fuente: Ainia, 2009

El proyecto

□ Digestato

- ✓ Reducción de la materia orgánica
- ✓ Fertilizante (no se elimina el nitrógeno)
- ✓ Estabilización total o parcial (compostaje)
- ✓ Higienización parcial (termófilo)
- ✓ Reducción de olores
- ✓ Homogeneización
- ✓ Reducción del volumen 5-10%



El proyecto

Caso 1: Biogás a partir de residuos ganaderos

Principales parámetros de la caracterización físico-química

Parámetro	Gallinaza	Estiércol de Cordero	Estiércol de Vaca	Purín de Cerdo
pH	7,60	7,15	8,01	6,88
Conductividad (mS/cm)	3,20	3,81	2,13	24,70
Humedad (%)	72,78	67,78	11,41	96,42
Sólidos totales (%)	27,22	32,22	88,59	3,52
Materia Orgánica (SV) (% ST)	69,71	90,04	72,63	61,24
DQO (ppm)	190.482	145.050	108.545	49.247
Relación C/N	18,44	33	25	9,5
Nitrógeno N-NH4 (ppm)	160	2.380	53	2.250
Sodio (Na)(mg/kg sms)	2.572,2	2.240	8243	15.426
Metales	N.D*	N.D*	N.D*	Zinc

Producción de metano a partir de valorizaciones en semicontinuo

Residuo	Biogás (L Biogás/kg SV)	%CH ₄	Tiempo de retención
Purín de cerdo	16	65	7
Gallinaza	90	52	8
Estiércol de Vaca Seco	285	67	20
Estiércol de Cordero	410	65	25

El proyecto

Caso 1: Estimación económica de una planta de biogás a partir de estiércol de cordero

- Castilla-La Mancha: 1 millón de toneladas anuales (27% de los residuos ganaderos de la Región)
- Según nuestros resultados, tiene un potencial de biogás significativo
- Gestión actual: Se retira de las granjas y se acumula en pilas durante un tiempo. Posteriormente, es usado como abono para los cultivos
- Comarca de Pastos : 90.330 t/año de estiércol de cordero (75% se suponen disponibles)

La estimación resultante es bastante optimista con un periodo de retorno de 9 años, situándose entre los modelos 2 y 3 ó 6 de biodigestión publicados por el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino en 2010.



Concepto	Datos Planta de biogás	
Cantidad de estiércol de cordero (75%)	67.747.500	kg/año
Volumen de biogás generado	8.058.202	m ³ de biogás/año
Contenido de CH ₄	65	%
Poder energético del biogás	5,61	kWh/m ³ biogás
Energía	45.206.514	kWh/a
Eficiencia motogenerador	38	%
Horas de funcionamiento	7.500	h/a
Potencia generada	2.290	kW
Energía eléctrica	17.178.475	kWhe
Tarifa según RD 667/2007	10,24	c€/kWhe
Ingresos por ventas de electricidad	1.759.076	€
Inversión por kW	3.500	€/kW
Inversión biodigestión	8.016.622	€
Inversión cogenerador y conexión	300.000	€
Inversión total	8.316.622	€
Coste de mantenimiento y operación (4% de la inversión total)	332.665	€
Costes de mano de obra (2% de la inversión total)	249.499	€
Intereses al 7% sobre el 50% de la Inversión total (10 años de amortización)	291.082	€
Costes total	873.245	
Ganancias anuales	885.831	€
Periodo de retorno	9	años

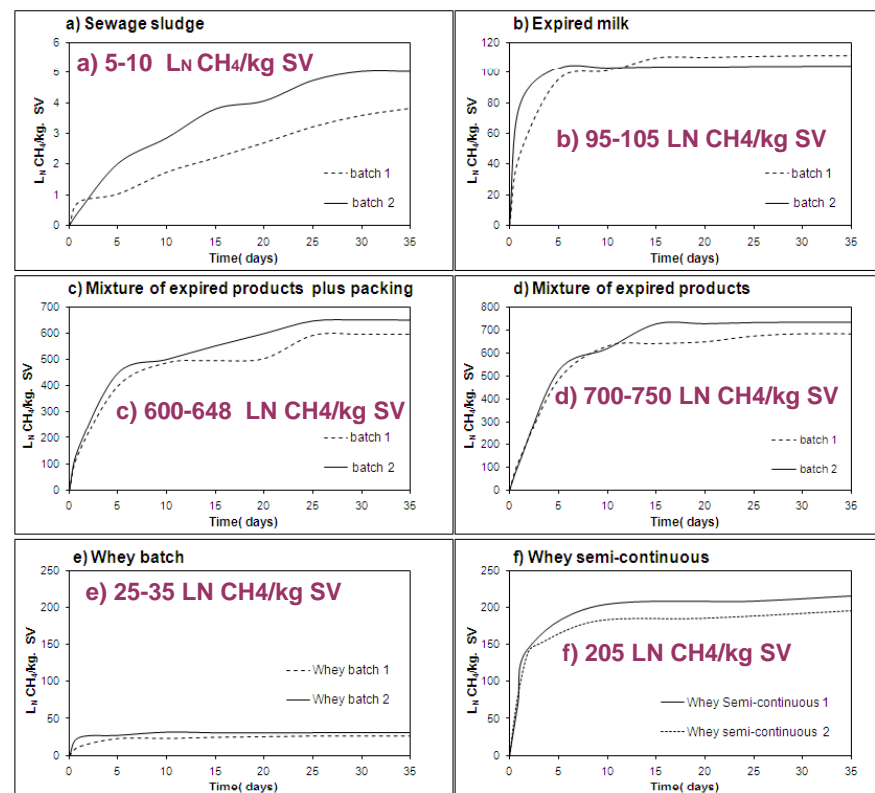
El proyecto

Caso 2: Biogás a partir de residuos de la industria láctea

Producción de metano

Principales parámetros de la caracterización físico-química

Residuo	pH	ST (%)	MO (%ST)	DQO (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)
Leche caducada	6,8	10,4	64,8	179.939	74
Lodo lácteo	12,0	26,7	62,4	158.283	251
Mezcla de caducados	4,5	13,9	73,6	248.769	108
Mezcla de caducados con envase	4,8	18,8	73,7	249.207	744
Lactosuero	4,3	7,7	92,8	116.500	1.350



El proyecto

Caso 2: Estimación económica de una planta de biogás a partir de lactosuero

- ❑ España produce 3 millones de t/año de residuos lácteos
- ❑ Castilla-La Mancha: 9,5% del total nacional
- ❑ Lactosuero: 278.159 t/ año
- ❑ Según nuestros resultados, tiene un potencial de biogás significativo
- ❑ Gestión actual: comida para el ganado
- ❑ Comarca de La Mancha (Ciudad Real) : 74.3% del total de lactosuero

La estimación resultante es bastante optimista con un periodo de retorno de 7 años.

CODIGESTION

Concept	Biogas Plant	
65% of the total whey	115935950	kg/year
Methane production	1696080	m ³ methane /year
Energetic biogas potential	5,61	kWh/m ³ biogas
Net Energy	9515008	kWh/year
Electrical efficiency	38	%
Working hours	7500	h/year
Power	482	kW
Electricity	3615703	kWhe
Electricity rates (RD 667/2007)	13,8	c€/kWhe
Benefits from electricity sales	498967	€
Investment by kW	3500	€/kW
Biodigestion investment	1687328	€
Cogeneration unit and connection to the power grid	300000	€
Total investment (TI)	1987328	€
Running costs: Maintenance and operation cost (4% of TI)	79493	€
Running costs: Labour (3% of TI)	59620	€
7% interest on 50% of TI (10 year amortization)	69556	€
Total Cost	208669	€
Annual Benefit (Net margin)	290298	€
Recovery period	7	years

El proyecto

Conclusiones

- El biogás podría ser una tecnología viable en Castilla-La Mancha
- Codigestión
- La implantación del biogás en Castilla-La Mancha supondría un aumento significativo del biogás de digestores en España
- Empleo y diversificación del medio rural : gestión de residuos y la producción de energía
- Sistema para la compensación de gases de efecto invernadero
- etc.

Plantas biogás digestión anaerobia en C-LM

Nombre de la Instalación	Municipio de la instalación	Provincia de la instalación	Potencia Total (kW)	Fuente biogás
VALPUREN BAÑUELO	Polán	TOLEDO	16.500	Purines
VALPUREN COMATUR	Consuegra	TOLEDO	16.500	Purines

El proyecto

Conclusiones: Algunos datos económicos de una planta 500 kw

- Una Planta de Biogás completa (totalmente automatizada) tiene un coste de inversión entre 1,5-2,3 MM € (según los sustratos introducidos y sus necesidades tecnológicas). Aproximadamente 4.000 €/kWh
- Las necesidades de terreno para la instalación son de entre 5.000 y 7.500 m². Aproximadamente 10-15 m²/kWh
- Los ingresos esperados por la venta de electricidad son de unos 550.000 EUR (supuestas unas 8.000 hora de funcionamiento en continuo)
- Además se podrían generar ingresos extra por la venta de calor y por la gestión de ciertos residuos industriales. En el caso del generador del residuo, ahorro por un coste no incurrido. En el caso de autoconsumo de energía térmica, también ahorro por un coste no incurrido.
- También es posible generar un ingreso por la venta del digestato como fertilizante.
- Los gastos anuales de devolución del capital más intereses, mantenimiento y reparaciones, salarios y otros gastos extras pueden ascender a unos 400.000 EUR.
- El beneficio anual esperado está entorno a los 150.000 €

Fuente: Rodríguez, L. 2011

Futuros proyectos

Algunos tópicos de interés:

- ✓ Optimización de los tratamientos biológicos de residuos
- ✓ Búsqueda de nuevas alternativas
- ✓ Desarrollo de nuevos servicios y productos
- ✓ Mejora de la producción de biogás: codigestiones , pretratamientos, inóculo y microbiología del proceso
- ✓ Reutilización y depuración de digestatos
- ✓ Innovación tecnológica y estandarización de la metodología



En este sentido, seguimos investigando y realizando otras pruebas y experimentos con el fin de obtener más resultados e información acerca de la viabilidad del biogás en Castilla-La Mancha

Gracias por vuestra atención

*“Ya es tiempo de
investigar, aprovechar
y reutilizar.
Es tiempo de **alquimia**”*



Pol. Industrial Daimiel Sur
C/ Calidad, parcela 46
13250 Daimiel (Ciudad Real)
Tel.: 926.87.95.35
Fax: 926.87.95.25

MADRID:

C/ Alfonso Gómez nº 42, 2º,
Ofic. 1-2-2
28037 Madrid
Tel.: 91.129.80.30
Fax: 91.304.45.09

alquimia@alquimiaimasd.com

www.alquimiaimasd.com