



German | ProfEC
professional energy and environmental consultancy ■

Estudio sobre el *Valor Fertilizante* de los Productos del Proceso “Fermentación Anaeróbica” para Producción de Biogás

Realizado por:

German ProfEC GmbH German ProfEC–Perú SAC

Oldeogestr. Str. 2
26389 Wilhelmshaven
Alemania

Calle Talambo 140
Surco, Lima 33
Perú

Autor:

Sandra Aparcana Robles

Co-Autor:

Andreas Jansen

Reporte No.: BM-4-00-1108-1239

Fecha: 01.12.2008

1. Introducción de la Fermentación Aeróbica para la Producción de Biogás y Fertilizante Orgánico

La generación del biogás es un proceso de fermentación en ausencia de oxígeno, en el cual se produce Biogás (componente energético) empleado para la generación de electricidad, calefacción, etc. y bio-fertilizante, el que presenta muy alta calidad agronómica ya que mejora la absorción de nutrientes, promueve el crecimiento de tallos, frutos y raíces (gracias a las hormonas vegetales de crecimiento), entre otros beneficios.

Este biofertilizante, que en proporción del peso y volumen con los residuos entrantes es 0.9 á 1, es separado en su fase sólida, conocida en el mercado de abonos como "Biosol" y su fase líquida conocida como "Biol". Ambos componentes tienen extraordinarias cualidades agronómicas beneficiosas para los cultivos, las cuales son presentadas a detalle en el punto 2 del presente informe. El valor de los nutrientes (P, K, N, Mg, etc.) del biofertilizante en comparación a los residuos entrados es casi 1:1.

En el esquema a continuación se presenta el flujo de producción del Biogás y del biofertilizante. Se adjunta la tabla 1 donde se presenta un ejemplo de producción de Biol y Biosol:

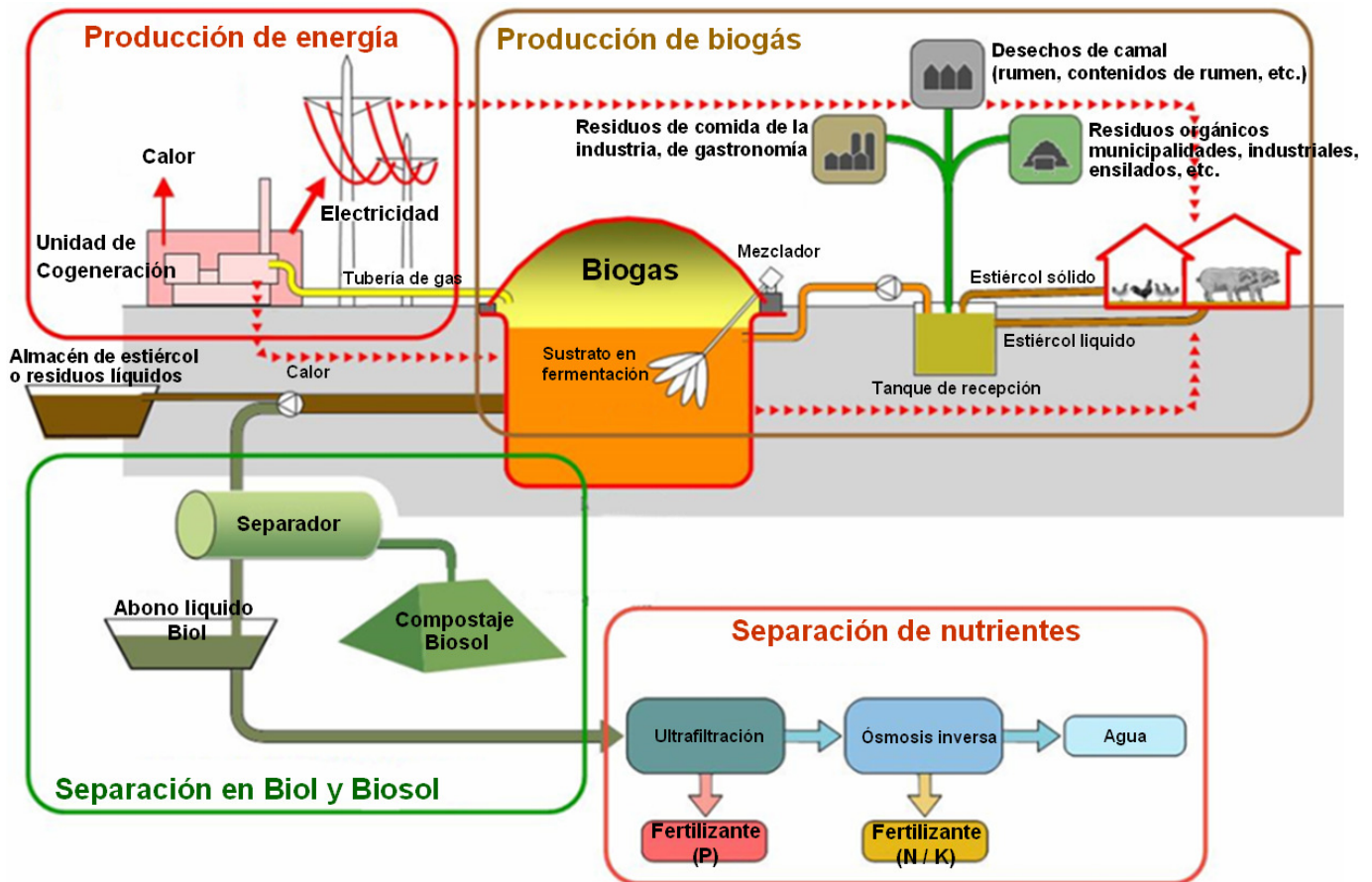


Tabla 1: Ejemplo de Producción de Biol y Biosol para una Mezcla de Estiércol de Vaca y Ensilado de Maíz.

	Materia total [t/año]	Biosol	Biol
		Materia orgánica seca total [t/año]	Líquido total [t/año]
Entrada	2.000	328	1.672
Salida	1.802	132	1.669
Productos de salida	90,11%	7,35%	92,65%

2. Datos Generales sobre Calidad y Composición del Biol y Biosol

Como resultado de la fermentación de los residuos se obtiene un “fango” con alta calidad fertilizante. Este “fango” es separado en dos componentes: el componente líquido conocido como “Biol”, el cual representa la mayor parte del fango resultante y el componente sólido conocido como “Biosol”.

Dependiendo de las características de los residuos a fermentar, se tiene que en promedio el “fango” saliente del Biodigestor representa aproximadamente entre el 85 – 90% de la materia entrante. De esto, aproximadamente el 90% corresponde al Biol y el 10% al Biosol. Estos porcentajes varían según los residuos a fermentar y del método de separación empleado.

2.1. BIOL (Fertilizante Foliar Líquido)

Es la fracción líquida resultante del fango proveniente del fermentador o biodigestor. Este “fango” es decantado o sedimentado obteniéndose una parte líquida a la cual se le llama “Biol”. Aproximadamente el 90% del material que ingresa al Biodigestor se transforma a Biol. Esto depende naturalmente del tipo de material a fermentar y de las condiciones de fermentación. A continuación se presentan las composiciones de 4 tipos diferentes de Biol.

Tabla 2 Composición Química del Biol

Componente	Fuente 1	Fuente 2	Fuente 3	Fuente 4
pH	7.96	8.1	No menciona	6.7 – 7.9
Materia Seca	4.18 %	4.2	No menciona	1.4%
Nitrógeno total	2.63 g/Kg.	2.4 g/Kg	0.2 g/kg	0.9 g/Kg
NH ₄	1.27 g/Kg.	1.08 g/Kg.	No menciona	No menciona
Fósforo	0.43 g/Kg.	1.01 g/Kg	0.076 g/kg	0.048 mg/Kg
Potasio	2.66 g/Kg.	2.94 g/Kg	4.2 g/kg	0.29 mg/Kg
Calcio	1.05 g/Kg.	0.50 g/Kg	0.056 g/Kg	2.1 g/Kg
Magnesio	0.38 g/Kg.	No menciona	0.131 g/kg	0.135%
Sodio	0.404 g./Kg.	No menciona	2.1 g/kg	No menciona
Azufre	No menciona	No menciona	6.4 mg/Kg	0.33 mg/l

Componente	Fuente 1	Fuente 2	Fuente 3	Fuente 4
Carbono	No menciona	No menciona	1.1 g/Kg	0.23 – 0.30
Aluminio	No menciona	No menciona	0.04 mg/kg	No menciona
Boro	No menciona	No menciona	0.56 mg/Kg	No menciona
Zinc	No menciona	No menciona	No menciona	0.05 mg/l

Fuente 1: Biol de estiércol de vacuno (Pötsch, 2004)

Fuente 2: Biol de mezcla de sustratos: estiércol de vacunos y restos de comida casera (Zethner, G., 2002)

Fuente 3: Biol de banano promedio **hojas, tallos y frutos** Clark et. Al (2007)

Fuente 4: Biol de Estiércol de vacuno. ITINTEC, 1980.

Como se puede observar, la composición depende mucho del tipo de residuos que entran en el Biodigestor. Se puede decir que cada Biol es “único”. Para el caso de la fermentación de desechos agrícolas se puede tomar como referencia más cercana la composición reportada por la fuente 3 (residuos de hojas, tallos y frutos del banano).

De los datos reportados en la tabla anterior se puede observar que el Biol presenta en lo común, una baja presencia de materia seca (sólidos totales) que van entre 1 – 5% Respecto a la cantidad de sus nutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio etc) estos varían según la materia prima que haya sido fermentada. El ratio de N-P-K-Mg etc. del material saliente (ya fermentado entonces Biol & Biosol) **sería casi 1:1** con respecto al material entrante (materia prima ingresada al biodigestor). También la disponibilidad de estos nutrientes para la planta mejora notablemente (ejemplo: aumenta el nitrógeno del Amonio).

El uso del Biol es principalmente como promotor y fortalecedor del crecimiento de la planta, raíces y frutos, gracias a la producción de hormonas vegetales (ver tabla 3 sobre la presencia de **hormonas vegetales de crecimiento**), las cuales son desechos del metabolismo de las bacterias típicas de este tipo de fermentación anaeróbico (que no se presentan en el compost). Estos beneficios hacen que se requiera menor cantidad de fertilizante mineral u otro empleado.

Tabla 3 Composición Bioquímica del Biol

Componentes	Cantidad
Ácido indol acetico (ng/g)	9.0
Giberelina (ng/g)	8.4
Purinas (ng/g)	9.3
Citoquininas	No detectado
Tiamina (Vit B1) (ng/g)	259,0
Riboflavina (vit B2) (ng/g)	56,4
Adenina	No detectado
Ácido fólico (ng/g)	6,7
Ácido pantoténico (ng/g)	142,0
Triptofano (ng/g)	26,0
Inositol	No detectado
Biotina	No detectado
Niacin	No detectado
Cianocobalamina (vit B12)(ng/g)	4,4
Piridoxina (vit B6) (ng/g)	8,6

Fuente: Aparcana, S. (2005), Siura, S. (2008)

Las hormonas vegetales o fitohormonas se definen como fitorreguladores del desarrollo producidas por las plantas. A bajas concentraciones regulan los procesos fisiológicos y promueven el desarrollo físico de las plantas.

Hay cinco grupos hormonales principales: Adeninas, Purinas, Auxinas, Giberelinas y Citoquininas, todas estas estimulan la formación de nuevas raíces y su fortalecimiento. También inducen la floración, tienen acción fructificante, estimulan el crecimiento de tallos, hojas, etc. El Biol, cualquiera que sea su origen, cuenta con estas fitohormonas por lo que encuentra un lugar importante dentro de la práctica de la **Agricultura Orgánica**, al tiempo que abarata costos y mejora la productividad y calidad de los cultivos.

2.1.1. Aplicación General del Biol

El Biol, como fertilizante **líquido**, es muy útil para ser aplicado a través en los sistemas de irrigación. Se adjunta tabla con algunas dosificaciones de referencia, según tipos de cultivo:

Tabla 4 Ejemplos de Dosificación de Biol

Cultivo	Dosificación
Papa	300 litros de Biol/ha en 3 aplicaciones foliares. Cada aplicación en una dilución el 50% (100 litros de Biol en 200 litros de agua)
Algodón	160 Litros de Biol/ha en 4 aplicaciones foliares. Cada aplicación en una dilución del 20% (40 litros de Biol en 200 litros de agua)
Uva	320 Litros de Biol/ha en 4 aplicaciones en una dilución c/u al 20%
Maíz	160 litros de Biol/ha en 4 aplicaciones, en dilución del 20%
Esparrago	320 litros de Biol/ ha en 4 aplicaciones, en una dilución c/u del 20%
Fresa	480 litros de Biol/ha en 12 diluciones (cada semana durante los 3 primeros meses) en dilución del 20 %

Fuente: Granja Casablanca. Perú (2004).

2.1.2. Ventajas del Uso del Biol como Fertilizante

- El uso del Biol permite un mejor intercambio catiónico en el suelo. Con ello se amplía la disponibilidad de nutrientes del suelo. También ayuda a mantener la humedad del suelo y a la creación de un microclima adecuado para las plantas.
- El Biol se puede emplear como fertilizante líquido, es decir para aplicación por rociado.
- También se puede aplicar junto con el agua de riego en sistemas automáticos de irrigación.
- Siendo el BIOL una fuente orgánica de fitoreguladores en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para: enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), acción sobre el follaje (amplía la base foliar), mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en un aumento significativo de las cosechas.

- Pruebas realizadas con diferentes cultivos muestran que usar Biol sólo sería suficiente para lograr la misma o mayor productividad del cultivo que empleando fertilizantes químicos.

2.2. BIOSOL (fertilizante sólido similar al compost)

El Biosol es el resultado de separar la parte sólida del “fango” resultante de la fermentación anaeróbica dentro del Fermentador o Biodigestor. Dependiendo de la tecnología a emplear, este Biosol tratado puede alcanzar entre 25% a sólo 10% de humedad (de hecho esa humedad principalmente es Biol residual). Su composición depende mucho de los residuos que se emplearon para su fabricación (en el fermentador). Se puede emplear sólo o en conjunto con compost o con fertilizantes químicos.

Tabla 5 Características Generales del Biosol Fresco (Fertilizante Sólido) después la Fermentación de Estiércol de Vacuno

Componentes	[%]
Agua	15,7
Sustancia orgánica seca	60,3
pH	7,6
Nitrógeno total	2,7
Fósforo P ₂ O ₅	1,6
Potasio K ₂ O	2,8
Calcio (CaO)	3,5
Magnesio (MgO)	2,3
Sodio (Na)	0,3
azufre (S)	0,3
Boro (B) (ppm)	64,0

Fuente: Aparcana, S. (2005)

La composición arriba detallada corresponde a un Biosol proveniente de estiércol de vacuno, que es el más común, pero a la vez uno de los más bajos en nutrientes ya que el estiércol es un material que ya ha sido digerido parcialmente por el animal, por lo que no contiene muchos nutrientes. Como se dijo anteriormente, para mejorar la calidad del Biosol, éste debe provenir de una mezcla de residuos más rica y variada.

Como muestra se presenta la tabla 6, donde se puede comparar la diferencia entre el contenido de nutrientes entre los bio-abonos a partir de guano de vaca y la mezcla del mismo con residuos vegetales.

Tabla 6 Composición de Nutrientes del Estiércol de Vaca Comparado con la Mezcla de Biol + Biosol de la Fermentación del Estiércol de Vaca y de la Fermentación de Estiércol y Residuos Vegetales
(% en peso de materia seca)

Sustrato	Materia seca	Materia seca orgánica	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Guano de vaca (input)	6.6	80	6.2	2.7	4.3	0.9
Biol + Biosol a partir del guano de vaca	4.0	65	8.6	4.1	7.3	0.4

Biol + Biosol a partir de residuos vegetales (frutas, verduras, etc)	2.9	60	11.1	2.0	5.2	1.6
---	-----	----	------	-----	-----	-----

Fuente: Manual Biogás (2003)

Vemos de los valores de la tabla anterior que por efecto de la degradación se reduce la materia seca y la materia orgánica en relación al guano fresco. Entre los nutrientes del guano fresco y el guano fermentado (Biol + Biosol) este último muestra un ligero incremento de los mismos. Entonces se puede entrever que, como se dijo antes, el proceso de fermentación anaeróbica en un biodigestor genera fertilizantes (Biol y Biosol) que cuentan como mínimo con la misma calidad nutricional de los sustratos que se usaron para la fermentación. Esto muestra tal como en puntos anteriores que se puede manejar la calidad final del Biosol partiendo de la buena calidad del sustrato a fermentar.

2.2.1. Aplicación General del Biosol

Normalmente se aplica el „Biosol“ en el campo de la misma manera que se emplea el compost, sin embargo la dosificación varía. Las cantidades de Biosol usualmente empleadas se encuentran entre 2 a 4 Toneladas/ha (dependiendo del tipo de cultivo y el tipo de suelo). Con esta dosificación se obtienen los mismos resultados y beneficios que con las cantidades notablemente mayores requeridas para el caso de Compost (10 – 20 Ton/ha.) y guano (15 – 30 Ton/ha), las cuales dependen también de las condiciones del suelo y los requerimientos de la planta.

También se puede incluir el Biosol en la preparación del suelo antes de colocar las semillas. En este caso deberá ser colocado a una profundidad de entre 10 – 20 cm. Luego de la germinación y crecimiento de la planta se puede seguir abonando el suelo con el Biosol, el cual puede ser reforzado con fertilizantes químicos; en este caso las cantidades de fertilizantes químicos a emplear son mucho menores a las que se usan normalmente. Para la agricultura orgánica el Biosol es empleado sin fertilizantes químicos.

2.2.2. Ventajas en el uso del Biosol (fertilizante sólido)

- El uso de este abono hace posible regular la alimentación de la planta. Los cultivos son fortalecidos y ocurre una mejora del rendimiento. El uso del Biosol permite el uso intensivo del suelo mejorando a la vez la calidad del mismo,
- El Biosol confiere a los suelos arenosos una mayor cohesión mejorando con ello la retención de los nutrientes en el suelo.
- El Biosol mejora la estructura del suelo y la capacidad de retención de la humedad del mismo, esto favorece la actividad biológica en el suelo. Mejora la porosidad, y por consiguiente la permeabilidad y ventilación.
- También el Biosol puede ser combinado con la materia que va a ser compostada, con el fin de acelerar el proceso de compostaje.
- Una de las ventajas de usar el Biosol como fertilizante es que se reduce la necesidad del abono, es decir solo se necesita de 2 – 4 Toneladas/Ha. Si se empleara sólo estiércol se necesitaría 15 – 30 Toneladas/Ha y si se empleara compost se necesitaría 10 – 20 Toneladas/Ha. No hay que olvidar que estas cantidades son relativas y dependen mucho del tipo de suelo y del cultivo.

- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.
- Reduce la erosión del suelo.
- El Biosol cuenta con una mayor disponibilidad de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre) a comparación con el estiércol, entonces esto mejora la disponibilidad del nutriente para la planta (a continuación ver tabla sobre mejoras en la disponibilidad del nitrógeno amoniacal)

Tabla 7 Transformación del Nitrógeno total del Debido al Proceso Anaeróbico

Muestra	Sustrato (input)		Efluente (Biol + Biosol)		Disminuye	Aumenta
	Nitrógeno total [mg/l]	NH ₄ ⁺ [mg/l]	Nitrógeno tota [mg/l]	NH ₄ ⁺ [mg/l]	Nitrógeno total [%]	NH ₄ ⁺ [%]
1	182	170	151	188	- 17	+ 11
2	362	222	294	242	- 19	+ 9
3	1165	499	755	563	- 35	+ 13
4	3274	674	1432	882	- 56	+ 31

Fuente: Schultheiss, G. (2004). Fermentación anaerobia de 4 diferentes mezclas de residuos de granja de vacunos, camal, planta de leche

3. NOTAS GENERALES

- La calidad del Biol y Biosol depende de las materias primas que son fermentadas y de las condiciones de la fermentación. Según sea el tipo de residuo, este tendrá diferente capacidad de degradarse, esto es lo que influye directamente en la calidad del fertilizante y en la cantidad de nutrientes del mismo.
- El biofertilizante (Biol y Biosol) es en proporción del peso y volumen casi 0.9 a 1 respecto a los residuos entrantes.
- En el común de los casos la relación entre los nutrientes P-N-K-Mg etc. del Input (residuos) versus output (mezcla de Biol y Biosol) es casi 1:1 (los nutrientes se mantienen casi constantes).
- Gracias al proceso bioquímico de las bacterias se forman las hormonas vegetales de crecimiento (por ejemplo Adeninas, Purinas, Auxinas, Giberelinas y Citoquininas)
- En general todos los Bioles y Biosoles, muestran excelentes cualidades como abonos independientemente de su origen. Todos tienen mejor disponibilidad de los nutrientes, retención de humedad del suelo, mayor poder de absorción por la planta, etc.
- Como se dijo: aumenta el nitrógeno amoniacal (se reduce el nitrógeno total). Esto mejora mucho la calidad del fertilizante mejor disponibilidad de Nitrógeno y mejor absorción) si se compara con Estiércol fresco o compost.
- En relación al fósforo, calcio, potasio, magnesio etc., las variaciones de las cantidades entre el material entrante y el saliente son bajas. Como en nitrógeno, también para el fósforo aumenta la disponibilidad del mismo. Para el calcio, potasio y magnesio los cambios son mínimos. Respecto a la variación del contenido de azufre, este se reduce dado que parte del mismo se elimina con el Biogás. El azufre puede ser sin embargo, recuperado del biogás e incorporado al Biol y Biosol.
- Otra de las cualidades del Biol y Biosol es que ambos productos están libres de microorganismos patógenos, gracias al proceso de fermentación anaeróbica. Las

bacterias fermentativas (hidrolíticas, acetogénicas, homoacetogénicas y metanogénicas)

- Estudios hechos en Perú, (1980) reportan excelentes resultados mejorando la producción del maíz, lechuga, coliflor, Beterraga, repollo, papa, cebolla, tomate, col, zanahoria, así como en plantas frutales y ornamentales. El Biol y el Biosol se pueden emplear, según el tipo de cultivo y la calidad del suelo, en combinación con fertilizantes químicos. Estudios y experiencias prácticas han comprobado que dado este caso, el uso del fertilizante químico se reduce notablemente.

4. LISTA DE NOMENCLATURAS

Sigla	Significado
ppm	partes por millón
g	Gramo
mg	Miligramo
kg	Kilogramo
l	Litro
ng	Nanogramo
N	Nitrógeno
P	Fósforo
K	Potasio
Mg	Magnesio

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Aparcana, S.: "Aprovechamiento energético de los residuos de un matadero frigorífico industrial y la biomasa regional en Arequipa, Perú bajo la aplicación de la gestión de flujos de materiales y energía." Trier, Alemania, 2005
2. Calderón, C.: "Resultados de utilización de Biol en diferentes cultivos en Cajamarca", ITINTEC, Perú, 1980
3. Clark, W.; Radninge, P.: "Digestión of waste Bananas to generate energy in Australia." Australia, 2007
4. Felipe, C.; Moreno, U.: "Primer Curso de Biodigestión, Bioagricultura Casa Blanca (finca de producción, investigación y capacitación en agricultura ecológica y agro ecoturismo." Lote 20 – Parcelación Casa Blanca Pachacámac, Lima, Perú, 2004
5. Biogas Handbuch ("Manual del Biogás"), Institut für Agrartechnik, Bornim e.V. Leipzig, Alemania, 2003
6. Pötsch, E.; Pfundtner, E.; Resch, R. y Much P.: "Stoffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Gärrückständen aus Biogasanlagen (Composición y características de uso de los restos fermentados de las plantas de biogás)"; *Alpenländisches Expertenforum*, 18. - 19. Marzo 2004, *Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein*, Irdning, Austria
7. Schultheiss, Gerald: "Producción de Biogás a partir de los residuos de la planta piloto de leche y el camal de a Universidad Agraria La Molina." Lima, Peru, 2004
8. Siura, S.: "Uso de abonos orgánicos en producción de hortalizas. Curso de agro ecología." Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú, 2008

9. Zethner, g.; Pfundtner, e.; Humer, j.: "Qualität von Abfällen aus Biogasanlagen (Calidad de los residuos de las plantas de biogás).", Federal Environment Agency, Austria, 2002