

Estudio comparativo de la reactividad de dos residuos provenientes de excretas

C. Valencia^{1*}, P. Neyra^{1*}, L. Cruz², O. Santiesteban³, M. F. Cesare⁴

(Recibido 27/04/2016 / Aceptado 27/05/2016)

RESUMEN

El crecimiento desmedido de la población genera gran cantidad de residuos sólidos (RR.SS.) y líquidos (ricos en nutrientes), los cuales demandan grandes cantidades de recursos naturales y altos costos para su tratamiento y disposición, como es el tratamiento de las aguas servidas y los lodos que generan las plantas de tratamiento de aguas residuales. Siendo el agua un recurso escaso, se ve a los baños secos como una alternativa de "saneamiento basada en el ahorro de agua, en la reducción de descargas contaminantes y en cierre de ciclos que buscan proveer de recursos a la agricultura a través del reciclaje de nutrientes y materia orgánica" Miglio, Spittler, (2008, pag. 1). Por tanto, se hace necesario el aprovechamiento de los biorresiduos generados por los baños sépticos y los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales como materia prima del compostaje, siendo este uno de los métodos de tratamiento, el cual permite aprovecharlo como mejorador del suelo; sin embargo, el compost obtenido de estos RR.SS. tiene comportamientos diferentes al compost tradicional, dado que requieren más tiempo para su estabilización; es por ello necesario determinar su actividad.

Para poder conocer su actividad se realizó 1° la caracterización de estos residuos y 2° se determinó el test de incubación GS21 y el test AT4, los cuales permitirán conocer, en el caso del compost, el tiempo de estabilización y, en el caso de los lodos, la toma de decisión sobre su posible uso.

Palabras clave: Compost, estabilidad, actividad, residuos orgánicos, tratamiento, test GS21, test AT4

Comparative study of the reactivity of waste from sewage

ABSTRACT

The population's limitless growth generates great quantity of solid and liquid (rich in nutritious) residuals, which demand big quantities of resources natural and high costs for its treatment and disposition, like it is the treatment of the served waters and the muds that generate the plants of treatment of residual waters, being the water a scarce resource you leave to the dry bathrooms as a "reparation alternative based on the saving of water, in the reduction of discharges pollutants and in sierre of cycles that look for to provide from resources to the agriculture through the recycling of nutritious and organic" matter Miglio, Spittler, (2008, pag. 1) it is hence that it becomes necessary the use of the biowaste generated by the septic bathrooms and the muds of the plants of treatment of residual waters as matter prevails of the compostaje, being this, one of the treatment methods, which allows to take advantage of it as a ameliorative of the floor, however the obtained compost of these RRSS has behaviors different to the traditional compost, since they require more time for its stabilization, it is hence necessary to determine its activity. To be to know their activity one carries out 1°la characterization of these residuals and 2° you determines the incubation test GS21 and the test AT4, which he/she will allow to know in the case of the compost the time of stabilization and in the case of the muds the taking of decision on their possible use.

Keywords: Compost, stability, sctivity, wastes organic, treatment, test GS21, test AT4.

1. Universidad Nacional Agraria de la Selva - UNAS.
 2. Universidad Nacional Agraria La Molina - UNALM.
 3. Universidad Nacional San Marcos - UNMSM.
 4. Centro de Investigación en Química, Toxicología y Biotecnología Ambiental del Departamento Académico de Química de la Facultad de Ciencias de la UNALM Lima - Perú.
- * E-mail: mcesare@lamolina.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

En la década del 70, el Banco Mundial evidencia su preocupación sobre aspectos de salud del manejo de excretas y lodos de sistemas individuales de saneamiento ^[6], marcando que con los años la producción de estos residuos serán un problema. En los últimos 50 años la demanda del líquido elemento se ha triplicado; para el año 2030 más de la mitad de la población mundial se verá afectada por la escasez de agua^[13]. En el año 2012 en el Perú se generaron aproximadamente 2 217 946 m³ de aguas residuales que se descargaron a la red de alcantarillado, tratándose solo un 20.5% en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). En el Perú existe un total de 143 PTAR en operación, donde la generación de lodos ha ido incrementándose en función del crecimiento de la población. La producción de lodos en una PTAR en promedio es de 5%, según OEFA (2014), además su disposición requiere grandes superficies de terreno o costos de transporte para su disposición final.

Debemos considerar además que la generación de residuos sólidos municipales ha ido incrementándose en los últimos años, por ejemplo, en el Perú, en el año 2001 se tenía una generación promedio de 0.711 kg/hab/día; para el año 2007 la generación aumentó a 1.08 kg/hab/día. Por otro lado, en este tipo de residuos a nivel nacional, del 100% de los residuos sólidos generados en el Perú, el 50% está constituido por materia orgánica ^[1] y el 25.93 % son residuos reaprovechables (papel, cartón, plástico, metal, vidrio, entre otros). Asimismo, el 71.52 % de los residuos sólidos generados son dispuestos en botaderos que no cuentan con medidas para la prevención de la contaminación ^[12].

Por otro lado, la generación de heces varía entre 30 y 50 litros por persona año ^[14], con una composición de nutrientes de 10% N, 40% P, 12% K. Tales nutrientes son beneficiosos para el suelo, después de pasar

por el proceso de compostaje, donde, por acción de la temperatura (>60 °C), habrá destrucción de microorganismos patógenos.

En el ámbito municipal, la elaboración del compost como tratamiento de estos residuos es muy importante, dado que los residuos sólidos orgánicos son dispuestos finalmente en rellenos sanitarios, los cuales, producto de los procesos de degradación, generan diversos lixiviados líquidos y volátiles, ya que más del 90% de la desintegración de las sustancias orgánicas salen en forma de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), este último tiene 21 veces más impacto como “gas de efecto invernadero” respecto al dióxido de carbono ^[2].

Ello conlleva conocer las características del compost como tratamiento de los bioresiduos obtenidos de baños secos con la finalidad de tener un compost estable, que no emita gases de efecto invernadero ni lixiviados. Para tal efecto, se hace necesario realizar la caracterización del compost y las pruebas de actividad, como el test GS21 y el test AT4, para poder conocer si el compost obtenido está listo para su uso. En el caso de los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales (u otros residuos orgánicos), permitirá disminuir el volumen de RR.SS. a confinar entre 30 y 80% y con ello prolongar la vida útil del relleno sanitario, así como la reducción de gases entre un 90 y 95% y la reducción de lixiviados que podrían contaminar el acuífero (por falta de impermeabilización o con daños en la impermeabilización), y minimizar el tratamiento de los lixiviados, como también disminuir la cantidad de RR.SS. que se tiene que confinar o incinerar, disminuyendo los costos de tratamiento y disposición final. Es por ello que este trabajo de investigación tiene como objetivo “conocer la actividad de compost de excretas y de los lodos residuales de plantas de tratamiento de aguas residuales”.

II. PARTE EXPERIMENTAL

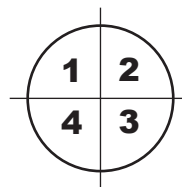
El trabajo de investigación se realizó en el Centro de Investigación en Química, Toxicología y Biotecnología Ambiental (CI-QTOBIA) del Dpto. de Química, Universidad Nacional Agraria de La Molina - Lima. Se tomaron muestras de lodo de la planta de tratamiento de aguas residuales - Sedapal, ubicada en San Antonio de Carapongo, y las muestras de compost de la planta piloto de compostaje de la empresa X-Runner, ubicada en Villa el Salvador- Lima.

Preparación de las muestras para la caracterización

Toma de muestra

La toma de las muestras de lodo y compost se realizó por el método del cuarteo, que consiste en la mezcla cruzada, amontonándose la muestra mezclada en forma cónica, dividiéndola en cuatro partes más

o menos iguales. Las partes diagonales 1 y 3 se eliminan, mientras que las partes 2 y 4 se mezclan nuevamente, colocándolas de forma cónica y dividiéndolas, de nuevo, en cuatro partes. Se repite el proceso hasta que se logre la cantidad idónea para realizar la muestra ^[4].



Fuente: Binner. 2011

Seguidamente se procedió a moler y tamizar solo las muestras de lodo, siendo el tamaño de poro menor de 25 mm.

Caracterización de las muestras

Las muestras de compost y lodo fueron caracterizadas utilizando los siguientes métodos

Tabla 1. Parámetros y métodos para caracterización de hidrolizado

Parámetros	Unidad	Método
pH	-	Norma O-NORM S-2022
Conductividad eléctrica	mS/cm	Norma O-NORM S-2022
%Humedad	mg/L	Norma O-NORM S-2022
% Loi	mg/L	Norma O-NORM S-2022
Carbono	%	Norma O-NORM S-2022
Nitrógeno	%	Norma O-NORM S-2022
C/N	mg/L	Norma O-NORM S-2022

.Pruebas de actividad GS21 y AT4

Test GS21: Se pesó 1.5 kg de las muestras (compost y lodo) y se mezcló c/u de ellas con agua destilada (aproximadamente 1 L.), verificando la humedad de las muestras con la prueba del puño Binner ^[4], lo que nos indica que la humedad está a capacidad de campo (80% humedad aproximadamente), colocándose 1 kg de cada muestra en frascos de 2 L que contienen tapones de teflón conectados a 2 frascos adicionales: el primero contiene una solución salina de cloruro de sodio al 25% y el tercer frasco vacío para recibir el desplazamiento de volumen de agua por la generaciones de gas, cerrado el sistema, se colocó el frasco con la muestra dentro de la incubadora a 40°C. Se procedió a tomar las lecturas todos los días, hasta que no se produjera desplazamiento de volumen.

Test AT4: Se colocaron 100 gramos de cada una de las muestras en matraces de vidrio de 250 ml, se saturaron las muestras con agua y se sellaron, estos matraces se conectan a otros envases colectores de CO₂ llenos con solución de NaOH 0.1 N. Las muestras se airean con oxígeno diariamente por cuatro días que dura el test, a 20 °C aproximadamente. Se toman alícuotas de 50 mililitros de solución de NaOH 0.1 N donde se recogió el CO₂. Se adiciona a la solución dos gotas de

indicador de neutralización (fenolftaleína al 0.1%) hasta incoloro. Se titula con HCl 0.1 N. La titulación de las muestras se realizará cuatro veces al día. Asimismo, se prepara y se titula el blanco (NaOH). La cantidad generada se expresa en dióxido de carbono libre en mg por litro Binner 011.

III. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron los siguientes resultados de caracterización para el compost de excretas y para los lodos.

Los resultados de caracterización indican que tanto para el compost como para los lodos sobrepasan los valores de conductividad, 14.9 y 1100 respectivamente, siendo el valor de la norma < a 4, asimismo el contenido de humedad para el compost fue de 71.59 y para el lodo 60.54, siendo estos valores, mayor al de la norma Ö-NORM s-2022, que indica entre 25 y 50%.

Los valores de pH se encuentran dentro del rango de la norma para ambos. Los resultados para %LOI, %C y %N, tanto para los lodos como para el compost, presentan valores altos con respecto a la norma. La relación C/N esta ligeramente alta para el compost y muy bajo para los lodos con respecto a la norma.

Tabla 1. Caracterización química

Parámetros	Compost	Lodos	Norma O-NORM S-2022	MEZA, V 2014
Conductividad	14.9	1100	<4	
pH	7.5	8.8	7.5-8.5	
% Humedad	71.59	60.54	25-50	
% LOI	51	51.2	>20	
% C	29.6	29.7	>12	
% N	1.8	4	>0.8	
C/N	16.5	7.4		10.0-15.0

*Fuente: Elaboración propia según resultados

Resultados del test de incubación GS₂₁

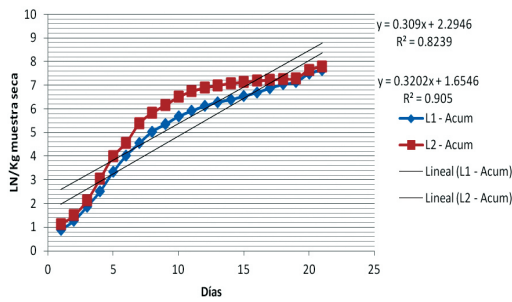


Figura 1. Gráfica de la actividad de los residuos de los lodos

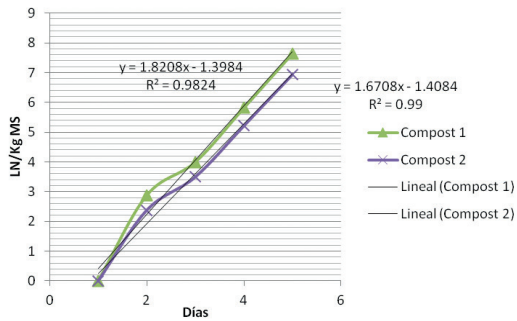


Figura 2. Gráfica de la actividad del compost de excretas (de 4 meses).

Como se puede observar en las gráficas para la muestras de compost en 4 días, se han obtenido 7,3 LN/kg de muestra seca.

Para la muestra de lodos se han obtenido 7.39 LN/kg de muestra seca.

Resultados del Test AT4

- Compost de 3 meses

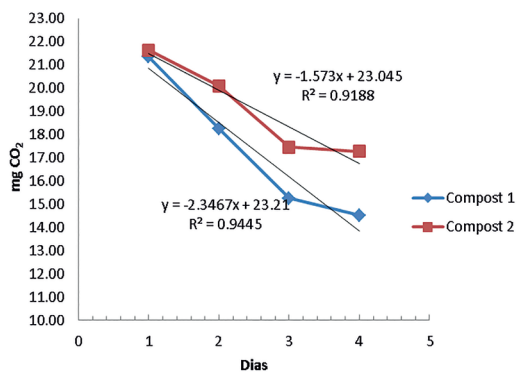


Figura 3. Representación gráfica entre el mg CO₂ por día

En la Figura 3, en los tres primeros días hay una degradación de la materia orgánica por actividad microbiana. En el 4 día entra a un proceso de estabilización.

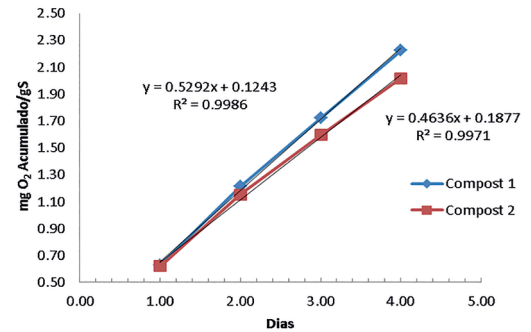


Figura 4. Representación gráfica entre el mg CO₂/gS por los días evaluados

Según Carmona y Cecilia [5], la actividad respiratoria del residuo orgánico contribuye a la descomposición, junto a otros procesos como la humificación y la fragmentación. En el año 2002 se desarrolló en Austria la “Guía para el Tratamiento Biomecánico de los Residuos Sólidos” (“MBA-Richtlinie”) y se hizo efectiva según la comunicación No. 2001/423/A. Esta guía recomienda los residuos orgánicos que reciben tratamiento biomecánico para asegurar la calidad del tratamiento en la actividad respiratoria (AT4 < 7 mg O₂/g DM). En la Figura 4 es menor que 7mg O₂/DM

Compost 4 meses

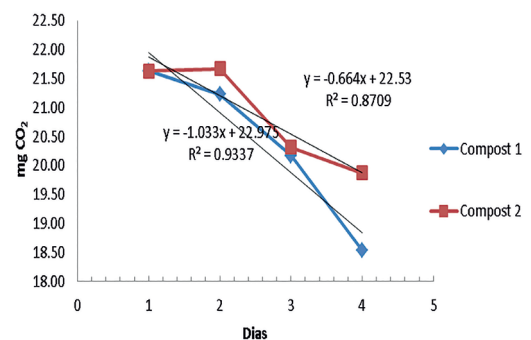


Figura 5. Representación gráfica entre el mgCO₂ por día

En la Figura 4, en el compost 1 y el compost 2 fueron bajando la concentración promedio de mgCO_2 en función del tiempo por la pendiente.

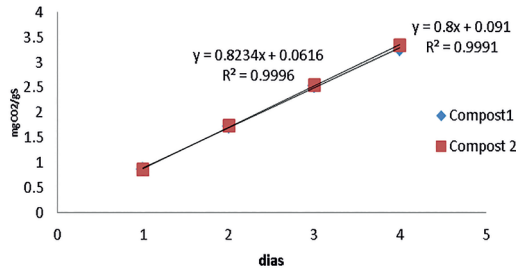


Figura 6. Representación gráfica entre el mgCO_2/grS por los días evaluados.

Acá se observa que los datos están muy correlacionados, esto significa que el compuesto analizado no ha estado muy reactivo, ha logrado la estabilidad y, según las referencias bibliográficas, si concuerda con lo expuesto. En la Figura 6 se puede apreciar que tiende a una correlación casi igual a 1, que indica que los errores entre los datos tienden a la similitud y las muestras están dentro del rango establecido por la guía de tratamiento biomecánico. En cambio, en la Figura 5 se observa que en el día 3 el compost 1 emite cantidad de mgCO_2 casi similar con el compost 2. Esto se da en el compost de 4 meses.

Compost 5 meses

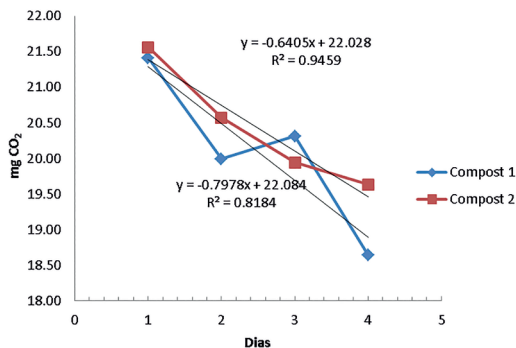


Figura 7. Relación del $\text{mg CO}_2/\text{grS}$ en función del tiempo

En la Figura 7 las pendientes del compost 1 y compost 2 son negativas, con -0.7978 y -0.6405 , donde se observó la disminución de la concentración de mgCO_2 . En el 3 día hubo una variación en el compost 1, debido a que hubo entrada del gas de O_2 .

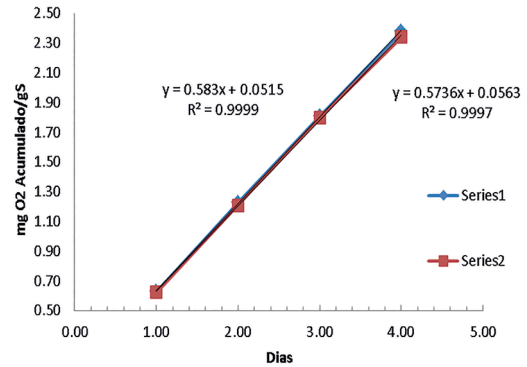


Figura 8. Relación del mgO_2 acumulado/grS en función del tiempo (Días)

En la Figura 8 se puede apreciar que tiende a una correlación casi igual a 1, que indica que los errores entre los datos tienden a la similitud y las muestras están dentro del rango.

Lodos

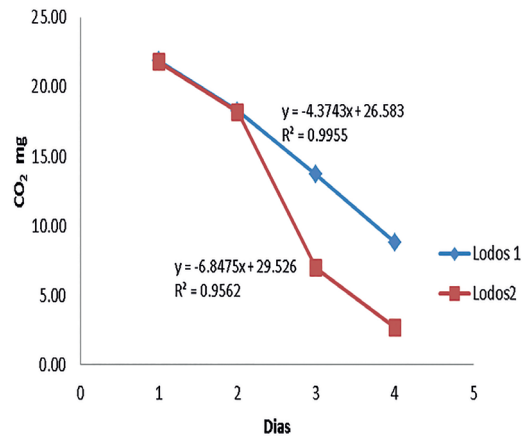


Figura 9. Relación de la concentración de mg CO_2 en función del tiempo muestreado (días).

En la Figura 9 en el lodo 1 la pendiente del lodo 1 es -4.3743 y del lodo 2 es -6.8475 , lo que me indica el consumo de la materia orgánica por la presencia de la actividad microbiana.

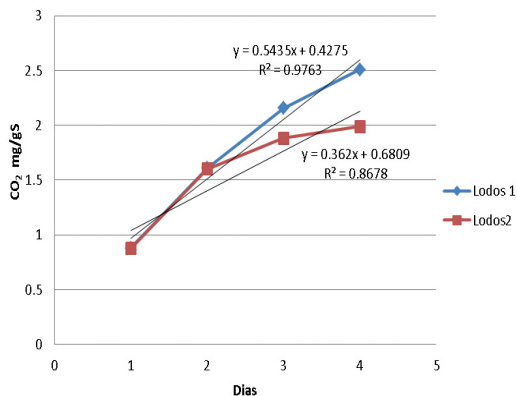


Figura 10. Relación del mgO_2 acumulado/grS en función del tiempo (Días)

En la Figura 10 hay una pequeña variación entre las muestras evaluadas. Se puede apreciar que tienden a una correlación casi igual a 1, lo que indica que los errores entre los datos tienden a la similitud y las muestras están dentro del rango, ya que es menor que el valor dado por la guía.

IV. CONCLUSIONES

Por los resultados obtenidos de las pruebas de actividad (GS21) para el compost de excretas de 4 meses, en evaluación, estas se encuentran todavía activas. Se observa a los 4 días de empezar el test un valor de 7.68 LN/Kg MS , similar al de los lodos 7.38 LN/Kg MS . La norma nos indica que este valor debe ser $\leq 20 \text{ NL/kg}$ de muestra seca para una muestra estabilizada.

Por los resultados obtenidos de la prueba de AT4, hubo mayor reactividad en la muestra de lodos en comparación con las muestras de compost (3 meses, 4 meses y 5 meses), debido a que se generaba más mg CO_2 que se fijaba en el NaOH (0.1M).

Se generó una disminución de mg CO_2 en las muestras del compost y lodos en función del tiempo (4 días), debido a la degradación y consumo de la materia orgánica por la actividad microbiana.

Existe una excelente correlación en el test aeróbico, lo cual demuestra el gran potencial de generación de mg CO_2 de estos residuos (lodos y compost (3, 4 y 5 meses)).

Se recomienda hacer este test para los compost provenientes de excretas a los 3, 4 y 5 meses para poder conocer su estabilidad.

Con respecto a la caracterización química, Los resultados de caracterización indican que tanto para el compost como para los lodos, sobrepasan los valores de conductividad 14.9 y 1100 respectivamente, siendo el valor de la norma < 4 .

%H para el compost fue de 71.59 y para el lodo 60.54 , siendo estos valores, mayor que la norma Ö-NORM s-2022, que indica entre 25 y 50% .

El pH se encuentra dentro del rango de la norma para ambos.

Los resultados para %LOI, %C y %N, tanto para los lodos como para el compost, presentan valores altos con respecto a la norma. La relación C/N está ligeramente alta para el compost y muy baja para los lodos con respecto a lo que indica Mesa, 2014.

V. AGRADECIMIENTO

Se agradece al Centro de Investigación en Química Toxicología y Biotecnología Ambiental (CIQTOBIA) del Departamento Académico de Química de la UNALM, que financió la investigación.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Binner E., Méndez C., Miyashiro V. Gestión de Residuos Sólidos Municipales en el Perú y en Austria: Mitigación de

- impactos ambientales en el clima y el agua. 2015.
2. Binner E., Zach M., Widerin M., Lechner P. Assessment of the Emission Behavior of Mechanically and Biologically Treated Solid Waste. 1997.
 3. Binner E. Análisis de Residuos - Curso Doctorado en Ciencias e Ing. Ambiental semestre 2015-II. 2015.
 4. Binner E. Analysis of Waste - Reactivity of Waste 2° curso post congreso "Curso teorico practico - Evaluación de la Calidad de los Residuos" - Curso Doctorado. 2011.
 5. Carmona Y., CECILIA A. Actividad Respiratoria en el Horizonte Orgánico de Suelos de Ecosistemas Forestales del Centro y Sur De Chile. Universidad de Chile. Instituto de Ecología y Biodiversidad. Santiago de Chile. 2006.
 6. Espinoza R.E. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en San Juan de Miraflores. Lima – Perú. [Tesis de Grado Académico de Maestría y Auditorías Ambientales]. Universidad de Piura; 2010.
 7. ÖNORM S. 2022: Gütekriterien für Müllkompost (Quality criteria for waste compost)
 8. ÖNORM S. 2023: Untersuchungsmethoden und Güteüberwachung von Müllkompost (Research methods and quality control of waste compost)
 9. ÖNORM S. 2220: Gütekriterien für komposte aus biogenen Abfällen (Quality criteria for compost from biogenic waste)
 10. ÖNORM S. 2123-1: Probenahmepläne für Abfällen Teil 1: Beprobung von Haufen (Sampling plans for waste, Part 1: Sampling of clusters)
 11. OEFA. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Lima – Perú. 2014.
 12. Miglio R., Spittler H. Saneamiento Ecológico (ECOSAN) como instrumento para ahorrar agua en el transporte de excretas. 2008.
 13. Winblad U., Simpson M., Hébert. Saneamiento Ecológico Manejo Sustentable de Residuos Humanos y domésticos. Segunda Edición. 2004.
 14. Winblad U., Esrey S., Gough J., Rapaport D., Sawyer R. Saneamiento Ecológico. Fundación Friedrich Ebert – Estocolmo. 1999.