

Influencia de la temperatura ambiente sobre la producción de biogas

“Influence of ambient temperature on the production of biogas”

¹Miguel Barrena G.^a, ¹Victor Olivares M.^b, ²Luis Taramona R.^c,
¹Nemecio Chauca R.^b

Recibido, enero 2017
Aceptado, abril 2017

RESUMEN

En la presente investigación se determinó la influencia de la temperatura ambiente sobre la producción de biogas. Esta relación es necesaria para establecer, en función de la temperatura ambiente de cada localidad, en que tiempo un biodigestor recién instalado y cargado estará lleno de biogas.

Para ello se emplearon biodigestores tubulares de geomembrana de PVC, de 8 y 12 m³ de volumen total (1,27 m de diámetro y 6,7 a 10 m de longitud), con 6 y 9 m³ de volumen de trabajo, respectivamente, ocupado por la mezcla estiércol de ganado vacuno: agua en la proporción 1:5. Se instaló biodigestores en siete localidades de las regiones Amazonas, San Martín y La Libertad – Perú; de distinta temperatura ambiente y altura sobre el nivel del mar.

En cada localidad se determinó el tiempo de retención hidráulico (TRH), en días, necesario para que la campana del biodigestor y el balón adicional de almacenamiento estén llenos de biogas. En base a los resultados obtenidos, la altura sobre el nivel del mar y el volumen del biodigestor no influyen sobre el TRH; únicamente la temperatura ambiente (T) influye directamente sobre el TRH, cuya relación se representa con la ecuación: $TRH = -44,705 \ln(T) + 160,394$.

Palabras clave: biodigestor tubular, tiempo de retención hidráulico, estiércol: agua.

ABSTRACT

In the present investigation the influence of the ambient temperature on biogas production was determined. This relationship is necessary to establish, depending on the ambient

¹ Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

² Universidad Le Cordon Bleu . Lima

^a Ingeniero Químico

^b Ingeniero Agroindustrial.

^c Biólogo

temperature of each locality in which time and just installed a biodigester charged will be full of biogas.

This tubular biodigesters PVC geomembrane, 8 and 12 m³ total volume (1.27 m diameter and 6.7 to 10 m in length) were used, with 6 and 9 m³ working volume, respectively, occupied by the mixture of cattle manure: water in the ratio 1: 5. Biodigesters were installed at seven locations of Amazonas, San Martín and La Libertad regions - Peru; different temperature and height above sea level. At each site the hydraulic retention time (HRT), in days, required for the biodigester bell ball and extra storage are full of biogas was determined.

Based on the results obtained, the height above sea level and the volume of the digester does not influence the HRT; only the ambient temperature (T) directly influences the HRT, whose relationship is represented by the equation: $HRT = -44.705 \ln(T) + 160.394$.

Key words: tubular digester, hydraulic retention time, manure: water.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático ha dejado de ser una teoría para convertirse en una realidad que está afectando sensiblemente al planeta tierra, siendo los gases de efecto invernadero (GEI) que se acumulan en la atmósfera los causantes del incremento de la temperatura terrestre.

Entre los GEI están el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄), el primero producido principalmente por la combustión de combustibles fósiles y leña y el segundo por la descomposición del estiércol.

La agricultura y la ganadería contribuyen ampliamente a las emisiones de metano, dióxido de carbono y óxido nitroso (N₂O) a la atmósfera. Estos gases provocan un calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera (Primavesi et al., 2004).

Las concentraciones de metano son inferiores a las de CO₂, sin embargo el metano, se está incrementando rápidamente y atrapa 30 veces más calor que el CO₂ (McCaughey, 1997).

Para atenuar el impacto ambiental del metano, el estiércol debe descomponerse en recipientes cerrados y en ausencia de oxígeno (biodigestores anaeróbicos) que retengan en su cúpula el metano y otros gases producidos (como CO₂, H₂S y vapor de agua) que en conjunto se denomina biogas, el cual es un combustible que arde con llama azul, no tizna ni genera humos irritantes.

El biogas sirve como combustible para cocina, lámpara de camiseta o motores de combustión interna; caso contrario, se lo debe quemar en una antorcha para atenuar su efecto negativo para el medio ambiente. La combustión de una molécula de metano produce una sola molécula de dióxido de carbono, con esto se reduce en 30 veces su poder como GEI.

Las plantas absorben, por medio de sus raíces, agua y nutrientes del suelo; con su follaje captan el CO₂ del aire y con su clorofila la luz solar para realizar la fotosíntesis, cuyo producto es la glucosa que luego polimerizan para producir celulosa que es el componente estructural de las plantas.

En el caso de los pastizales, cuando tienen el tamaño adecuado sirven como alimento del ganado, que después de la digestión es excretado como estiércol que se recoge y procesa en un biodigestor anaeróbico para producir biogas, el que puede ser transportado por tubería a la vivienda donde se emplea como combustible para la cocina en cuyas hornillas arde con llama azul, generando CO₂ y vapor de agua que van a la atmósfera, de donde el CO₂ es captado por las plantas para la fotosíntesis; con esto se cierra el ciclo del CO₂, en consecuencia, el biogas es un combustible ecológico y una fuente de energía renovable.

La investigación en producción de biogas y bioabonos se realizó a nivel de laboratorio el año 2007, con biodigestores de 1750 mL, en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM) de Amazonas - Perú (Barrena et al., 2010). En los años siguientes, se brindó asistencia técnica para instalar biodigestores en diversas regiones del Perú.

El objetivo fue establecer la relación entre las condiciones ambientales, las dimensiones del biodigestor y el tiempo de retención hidráulico (TRH) que es el tiempo necesario para que la cúpula del biodigestor y el balón adicional para almacenamiento estén completamente llenos de biogas; que permita determinar, para cualquier localidad, la fecha probable en que el usuario iniciará el empleo del biogas a partir del día en que el biodigestor fue cargado con la mezcla estiércol:agua a su volumen de trabajo; para brindar la orientación técnica eficaz y se tenga confiabilidad en la tecnología de producción del biogas.

Junto con el biogas se producen dos abonos orgánicos: biol y biosol. Un biodigestor tubular de 12 m³ tiene un volumen de

trabajo de 9 m³, se opera con 45 días de TRH, se alimenta con 200 L de mezcla estiércol:agua/día en la proporción de 1:5, con lo que produce 200 L de biol/día y un promedio de 2 m³ de biogas/día, suficiente para preparar los alimentos diarios de una familia de cinco integrantes, permitiéndoles un ahorro mensual de 30 soles en leña (6 cargas de 50 kg cada una) o de 35 soles que es el costo de un balón de gas propano que dura un mes. Además, cada seis meses se puede extraer 200 L de biosol a manera de purgas de lodos de fondo del biodigestor.

El biol y el biosol tienen un valor entre 1,0 a 1,5 soles/litro. Ambos bioabonos se aplican a las plantas o al suelo directamente o diluidos con agua, para incrementar la productividad de los cultivos y permiten un reciclaje de nutrientes.

Por lo expuesto, la difusión, empleo y empoderamiento de la tecnología de producción del biogas, sobre todo por los pobladores rurales, permitirá: a) reducir la emisión de metano a la atmósfera; b) disminuir la tala de árboles para leña; c) tener la cocina y sus utensilios libres de tizne y humos tóxicos e irritantes; d) disponer fácilmente de un combustible ecológico para la preparación de los alimentos de la familia y para iluminación con una lámpara de camiseta; e) disponer de abonos orgánicos (biol y biosol) para incrementar la producción de sus cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon biodigestores tubulares de geomembrana de PVC, de 8 y 12 m³ de volumen total (1,27 m de diámetro y 6,7 a 10 m de longitud), con 6 y 9 m³ de volumen de trabajo, respectivamente, ocupado por la mezcla estiércol de ganado vacuno:agua en la proporción 1:5.

La propuesta inicial de instalación del bioabonos (Barrena et al., 2010) fue sistema de producción de biogas y mejorada y se muestra en la Figura 1.

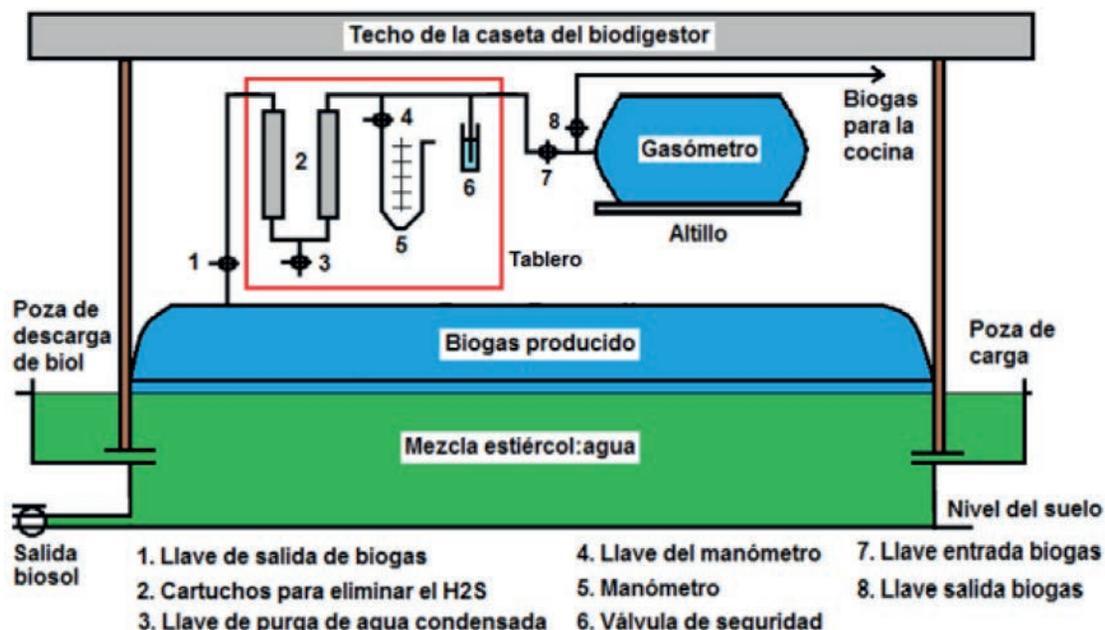


Figura 1. Esquema de instalación del sistema de producción de biogas y bioabonos.

Se instaló biodigestores de diferentes capacidades en siete localidades de las regiones Amazonas, San Martín y La Libertad – Perú, de distinta altura sobre el nivel del mar y temperatura ambiente.

Con estas variables independientes, en cada localidad se determinó, como variable dependiente, el tiempo de retención hidráulico (TRH), en días; lo que se muestra en la Tabla 1.

El esquema de la Figura 1 considera una poza de ladrillo y cemento sobre el nivel del suelo, cuyo largo fue igual al del biodigestor, de 1 m de alto y 1 m de ancho, reforzada con dos columnas equidistantes de concreto armado sobre las que se hizo el altillo para soportar el gasómetro.

Las pozas de carga y descarga son de ladrillo y cemento con sus bordes e interior tarrajeados, de 50x50x50 cm.

Este tipo de infraestructura se empleó en las instalaciones en Pomacochas, Chachapoyas y Calzada.

En Santo Tomás, Trujillo, Tocache y Cumba; las instalaciones se hicieron siguiendo el mismo esquema, con la única diferencia que el biodigestor se instaló en una poza de sección trapezoidal de 90 cm de profundidad, con 70 cm en el fondo y 90 cm en la boca a nivel del suelo, cuyo largo fue igual al del biodigestor.

Los sistemas instalados en Pomacochas, Chachapoyas y Santo Tomás estuvieron en un ambiente cerrado, sin ventanas, solo con una puerta de acceso; para protegerlos de las bajas temperaturas que se producen en la noche.

En las otras localidades, debido a la mayor temperatura ambiente, solo fue necesario que el sistema esté bajo techo para protegerlo de la luz solar directa.

Cada biodigestor se conectó con tubería de PVC de ½" a un tablero de purificación y control del biogas, ensamblado sobre un panel de triplay de 1,2 m x 1,2 m x 1 cm de espesor, compuesto por dos cartuchos de tubo de PVC de 2" x 50 cm que contenían 2,5 kg de clavos de fierro de 2" cada uno, cerrados con reducciones de 2" a ½", para eliminar el ácido sulfhídrico (H₂S) causante del olor a desagüe del biogas, ambos cartuchos se acoplaron en su base con un accesorio en forma de U con una rama en su parte central cerrada por una llave de paso de ½" para drenar el vapor de agua que condense.

Después de los cartuchos, en la tubería de conducción del biogas se instaló un manómetro en U de manguera transparente de PVC de ¼" con agua debido a la baja presión del biogas y finalmente una válvula de seguridad constituida por una botella de plástico de 1,5 L con 2/3 de su volumen con agua en la que se sumergió 10 cm de la rama de tubería de conducción de biogas, de manera que cuando la presión del biogas supere los 10 cm de agua, máxima presión de operación recomendada para biodigestores de geomembrana de PVC (Barrena et al., 2013), el biogas saldrá por esta rama de la tubería y burbujeará en el agua para salir enseguida al medio ambiente. A continuación del tablero se instaló

el gasómetro o balón adicional de almacenamiento de biogas de 2 m³ de capacidad, de geomembrana de PVC.

Del gasómetro se condujo el biogas con tubería de PVC de ½" al artefacto donde se empleará como combustible.

La carga de los biodigestores se preparó en cilindros de 200 L que requirieron 35 kg de estiércol fresco (máximo de 4 días) que ocupó poco menos de 1/3 del volumen del cilindro, se completó su volumen con agua libre de cloro, se agitó bien con un palo para eliminar grumos y luego se trasvasó al biodigestor. Un biodigestor de 9 m³ requiere 45 cilindros de 200 L de carga.

RESULTADOS

En las siguientes figuras se muestran los sistemas de producción de biogas y bioabonos instalados y en producción en cada una de las siete localidades mencionadas.

Puede observarse que tanto la cúpula del biodigestor como su gasómetro están completamente llenos de biogas disponible principalmente como combustible para la cocina que contribuye a mejorar las condiciones de vida de sus usuarios.



Figura 2. Sistema de producción de biogas y bioabonos instalado en Pomacochas.



Figura 3. Sistema de producción de biogas y bioabonos instalado en Chachapoyas



Figura 4. Sistema de producción de biogas y bioabonos instalado en Calzada



Figura 5. Antes y después de aplicar la tecnología del biogas en Calzada.



Figura 6. Sistema de producción de biogas y bioabonos instalado en Santo Tomás.



Figura 7. Sistema de producción de biogas y bioabonos instalado en Trujillo y Cumba



Figura 8. Sistema de producción de biogas y bioabonos instalado en Tocache.

En la Tabla 1 se muestran los TRH medidos en cada una de las siete localidades donde se instalaron los biodigestores. Se aprecia que no hay una relación entre el TRH con la altitud de la localidad ni con el volumen

del biodigestor; pero si hay una relación inversamente proporcional entre la temperatura ambiente de la localidad con su TRH. A menor temperatura ambiente, mayor TRH; a mayor temperatura ambiente, menor TRH.

TABLA 1: Tiempo de retención hidráulico para la producción de biogas en biodigestores tubulares alimentados con mezcla estiércol:agua en la proporción 1:5.

Localidad	Región	Altitud (msnm)	Temperatura ambiente promedio (°C)	Volumen del biodigestor (m ³)	Tiempo de retención hidráulico (días)
Santo Tomás	Amazonas	2700	14	10	42
Pomacochas	Amazonas	2300	16	12	40
Chachapoyas	Amazonas	2350	17	12	35
Trujillo	La Libertad	33	20	6	19
Calzada	San Martín	800	24	12	18
Tocache	San Martín	600	26	36	18
Cumba	Amazonas	400	31	10	7

A partir del TRH se inicia la alimentación diaria del biodigestor para mantener la producción diaria de biogas y bioabonos (biol y biosol). Un biodigestor tubular de 12 m³ (10 m de largo x 1,27 m de diámetro) tiene un volumen de trabajo de 9 m³, se opera con 45 días de TRH para producir un biol de calidad, por ello necesita una alimentación de 200 L de mezcla estiércol:agua/día en la proporción de 1:5, con lo que produce 200 L de biol/día y un promedio de 2 m³ de biogas/día, suficiente para preparar los alimentos diarios de una familia de cinco integrantes, permitiéndoles un ahorro mensual de 30 soles en leña (6 cargas de 50 kg cada una) o de 35 soles que es el costo de un balón de gas propano que dura un mes.

Además, cada seis meses se puede extraer 200 L de biosol a manera de purgas de lodos de fondo del biodigestor. El biol y el biosol tienen un valor entre 1,0 a 1,5 soles/litro.

Ambos bioabonos se aplican a las plantas o al suelo directamente o diluidos con

agua, para incrementar la productividad de los cultivos y permiten un reciclaje de nutrientes.

Un sistema de producción de biogas y bioabonos requiere una inversión promedio de cinco mil soles y tendrá una vida útil de 10 años, que se puede recuperar en pocos meses en base al ahorro en consumo de leña o gas propano y en fertilizantes; con esto se propicia una actividad agropecuaria sostenible, debido a que se reduce la dependencia de insumos externos.

Con el software Statistical Package for Social Science (SPSS) se procesaron los datos de la Tabla 1 de tiempo de retención hidráulico expresado en días en función de la temperatura ambiente promedio en grados centígrados de la localidad (Figura 9) y se obtuvo la ecuación logarítmica $TRH = -44,705 \ln(T) + 160,394$; que modela el tiempo de retención hidráulico (TRH: días) para la producción de biogas en función de la temperatura (T: °C) ambiente, con un ajuste $R^2 = 0,924$.

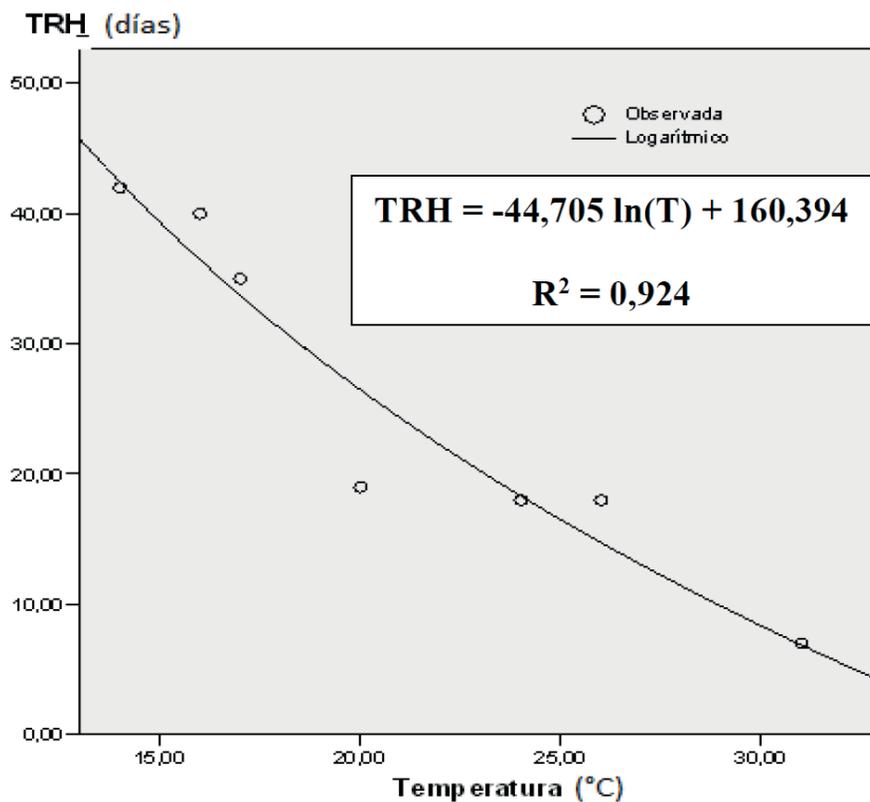


Figura 9. Gráfica del tiempo de retención hidráulico (TRH) en días en función a la temperatura ambiente en °C.

DISCUSIÓN

El biogas contiene entre 40 a 70%(v/v) de metano y 0,1 %(v/v) de H₂S (Blanco et al., 2011, citado por Cepero et al., 2013), por lo que es un excelente combustible principalmente para cocinas en zonas rurales, después de eliminar el H₂S del biogas haciéndolo pasar por un cartucho relleno de clavos de hierro como se ha trabajado en la presente investigación.

El estiércol es una materia prima disponible en zonas rurales que se puede aprovechar para producir biogas y bioabonos en biodigestores anaeróbicos.

La aplicación de esta tecnología permitirá obtener un promedio de 2 m³ de biogas/

día para uso en la cocina para preparar los alimentos diarios de una familia de cinco integrantes, con lo que se contribuirá a la reducción de la tala para leña (6 cargas por mes de 50 kg cada una).

El biogas también se puede emplear como combustible para lámparas de camiseta tipo petromax o para motores de combustión interna, habiéndose realizado evaluaciones durante una hora como máximo porque se priorizó el uso de biogas para cocina.

Todo esto contribuirá a mejorar la calidad de vida de sus usuarios como se ha evidenciado en la presente investigación.

El tiempo de retención hidráulico para llenar completamente la cúpula del biodigestor y su gasómetro con biogas, está en función de la temperatura ambiente promedio de manera inversamente proporcional; observándose que la mayor temperatura ambiente favorece la producción de biogas en menor tiempo, lo que coincide con lo mencionado por Martí (2008) en Bolivia y Varnero (2011) en Chile. Asimismo, no influye la altitud de la localidad ni el volumen del biodigestor.

Con la ecuación $TRH = -44,705\ln(T) + 160,394$, se puede determinar a partir de la temperatura ambiente (T: °C) del lugar donde se instale un biodigestor, el tiempo de retención hidráulico en días, para que el biodigestor y el gasómetro estén llenos de biogas, con un ajuste $R^2 = 0,924$, de manera que se brindará al usuario una fecha probable a partir de la cual empezará a emplear el biogas y los bioabonos de su sistema de producción.

CONCLUSIONES

- La ecuación logarítmica $TRH = -44,705\ln(T) + 160,394$ modela el tiempo de retención hidráulico (TRH: días) para la producción de biogas en función de la temperatura (T: °C) ambiente, con un ajuste $R^2 = 0,924$.
- La producción de biogas sólo es influenciada por la temperatura ambiente, entre los que hay una relación inversamente proporcional. A mayor temperatura ambiente, menor tiempo de producción de biogas y viceversa. Es decir, en climas calurosos la producción de biogas es más eficiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrena Gurbillón, Miguel A., Oscar A. Gamarra Torres y Jorge L. Maicelo Quintana. 2010.

Producción de biogas en laboratorio a partir de residuos domésticos y ganaderos y su escalamiento. "Aporte Santiaguino", Revista Oficial de la UNASAM 2010; 3(1): 86-92. ISSN 2070-836X. Huaraz-Perú.

Barrena Gurbillón, Miguel A., Luis A. Taramona Ruiz, Oscar A. Gamarra Torres y Maximiliano Choy Wong. 2013. Biodigestores tubulares para la producción de biogas. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú 2013-07776. GRAFICA DAVISA E.I.R.L. Lima, Perú.

Cepero, L.; Savran, Valentina; Blanco, D.; Díaz Piñón, M.R.; Suárez, J. y Palacios, A. 2012.

Producción de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biodigestores. Pastos y Forrajes vol. 35 no. 2 Matanzas abr.-jun. 2012. Versión ISSN 0864-0394. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200009&lng=es&nrm=iso. accedido en 05 marzo 2016.

Martí Herrero, Jaime. 2008. Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares. Bolivia. GTZ PROAGRO.

McCaughy W, Wittenberg K, Corrigan D. 1997. Methane production by steers on pasture. Can J An Sc, 1997; 76 (3): 519-524.

Primavesi O., Shiraishi R.T., Dos Santos M., Aparecida M., Teresinha T., Franklin P. 2004. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. Pesq agropec bras, 2004 39 (3): 277-283.

Varnero Moreno, María Teresa. 2011. Manual de biogás. Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, Organización de

la Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Santiago de Chile.

CORRESPONDENCIA

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón
mabg_98@hotmail.com