

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres

<http://dx.doi.org/10.35381/r.k.v5i9.658>

## **Evaluación de la degradación de materia orgánica mediante técnicas de visión artificial y sensores**

### **Evaluation of the organic matter degradation using artificial vision techniques and sensors**

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez  
[hrreyeso15@est.ucacue.edu.ec](mailto:hrreyeso15@est.ucacue.edu.ec)  
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca  
Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0003-0396-8204>

Jonnathan Ismael Ortiz-Torres  
[jjortizt76@est.ucacue.edu.ec](mailto:jjortizt76@est.ucacue.edu.ec)  
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca  
Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0002-2464-309X>

Manuel Salvador Álvarez-Vera  
[malvarezv@ucacue.edu.ec](mailto:malvarezv@ucacue.edu.ec)  
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca  
Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0002-2521-0042>

Juan Carlos Cobos-Torres  
[juan.cobos@ucacue.edu.ec](mailto:juan.cobos@ucacue.edu.ec)  
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca  
Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0001-8153-8379>

Recibido: 20 de noviembre de 2019  
Revisado: 30 de noviembre de 2019  
Aprobado: 28 de diciembre de 2019  
Publicado: 20 de enero de 2020

#### **RESUMEN**

El monitoreo de gases, temperatura y humedad es importante para cuantificar el beneficio de microorganismos dentro de la descomposición de la materia orgánica. Debido a la dificultad de conseguir dispositivos automatizados, este tipo de monitoreo generalmente se lo hace de manera manual y con una resolución diaria para muestreo.

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres

Basados en esta problemática, el presente estudio buscó desarrollar un sistema automático de monitoreo mediante software libre y hardware DIY, capaz de monitorear la temperatura y humedad ambiental, también, la temperatura dentro de la materia en descomposición, así como los gases que se emiten durante la degradación de la materia orgánica (metano, amoníaco y dióxido de carbono), en dos contenedores diferentes. Uno de los envases fue tratado con microorganismos benéficos, mientras el otro envase no fue tratado. Se ha demostrado una reducción de gases contaminantes como metano, amoníaco y dióxido de carbono en un 93.09 %, 35.17% y 13.63%, respectivamente.

**Descriptores:** Ecología; microorganismo, software de código abierto; conservación ambiental. (Palabras tomadas del Tesoro UNESCO).

### ABSTRACT

The monitoring of gases, temperature and humidity is important for quantifying the benefit of microorganisms within the decomposition of organic matter. Due to the difficulty of obtaining automated devices, this type of monitoring is usually done manually and with a daily resolution for sampling. Based on such a problem, this study aims at developing an automatic monitoring system using free software and DIY hardware, capable of testing the environment temperature and humidity, also, the temperature within the decomposing matter, as well as the gases emitted during degradation of organic matter (methane, ammonia and carbon dioxide), in two different containers. One of the packages was treated with beneficial microorganisms, while the other package was not treated. A reduction of polluting gases such as methane, ammonia and carbon dioxide has been demonstrated by 93.09%, 35.17% and 13.63%, respectively.

**Descriptors:** Ecology; microorganism, open source software; environmental conservation. (Words taken from the UNESCO Thesaurus).

### INTRODUCCIÓN

Cada día somos más habitantes en el planeta, conforme se incrementa la población a la par crece la generación de residuos. El aumento de la población, el auge de la economía, la rápida urbanización y el aumento del nivel de vida de la comunidad han acelerado significativamente la generación de desechos sólidos en el mundo (Song, Li, & Zeng, 2015).

La eliminación correcta de los desechos generados por las actividades humanas es uno de los desafíos prevaletes que enfrenta el mundo hacia un desarrollo sostenible (Oliveira, Oliveira, Bezerra, Pereira, & Battistell, 2017). A nivel mundial el manejo de los

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres

residuos sólidos ha representado un problema debido, entre otras cosas, a los altos volúmenes generados por los ciudadanos; cuando el manejo de éstos no es el adecuado, puede afectar la salud de los ciudadanos y al medio ambiente (Sáez & G, 2014), debido a la generación de gases contaminantes particularmente los causantes del calentamiento global, así como por la presencia de lixiviados y vectores. En América Latina y el Caribe (ALC) las viviendas continúan siendo la fuente principal de generación de los residuos sólidos urbanos (RSU) (Hernández-Berriel et al., 2016).

Los desechos están directamente relacionados con los humanos, tanto tecnológicamente como socialmente, algunos componentes de los residuos tienen un valor económico y puede ser reciclado una vez recuperados correctamente (Joshua 2013) sin afectar al medioambiente. A partir de la información proporcionada por los GADM, se determinó que cada habitante del Ecuador en el sector urbano, produce en promedio 0,86 kg de residuos sólidos por día (INEC, 2017), de los cuales la materia orgánica es su mayor constituyente llegando a ocupar hasta el 60% de la generación per cápita.

La materia orgánica doméstica poco tiempo después de su generación comienza a degradarse, lo que trae consigo olores desagradables y presencia de organismos no deseados, por lo tanto, se han realizado investigaciones tendientes a evitar la putrefacción de la materia, para lo cual se aplica sobre estos microorganismos benéficos obtenidos de especies vegetales e inmovilizados en un material inerte, que conlleva a la fermentación de los residuos y no a una descomposición por lo tanto evitando la generación de gases, posteriormente son transformados en un material estable denominado compost que es una conversión biológica autocalentable, que genera productos finales adecuados, como fertilizantes, sustratos para el cultivo de hongos y biogás (metano) (Sarkar, Pal, & Chanda, 2016).

En este proceso los microorganismos descomponen los materiales orgánicos en sustancias orgánicas estables y utilizables, consumen oxígeno y libera calor, agua y CO<sub>2</sub> (Mahmud, Mehmood, Hussain, & Ahmad, 2015), el compostaje es un proceso que se está extendiendo por todo el mundo para reducir la eliminación de residuos en

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres

vertederos(Musco et al. 2018) y se ajusta a la visión de bioeconomía (Viaene et al. 2016).No se conoce con certeza la concentración de los gases generados en la degradación de los residuos orgánicos domiciliarios ni la variación de la temperatura y humedad, frente a los que reciben aplicación de consorcios microbianos benéficos como una alternativa para reducir severamente la contaminación ambiental, que conlleva al calentamiento del planeta y afecta a la calidad de vida de las personas.

En los países en desarrollo la gestión de residuos sólidos es un gran desafío, urge la necesidad de buscar soluciones tecnológicas amigables con el ambiente para evaluar la contaminación generada. Mediante sensores de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, temperatura y humedad es posible identificar la concentración de estos gases altamente contaminantes en la degradación de la materia orgánica con aplicación de microorganismos benéficos y sin aplicación de estos.El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la degradación de la materia orgánica domiciliaria utilizando técnicas de visión artificial para conocer la concentración de amoniaco, dióxido de carbono, metano, en este proceso, así como el comportamiento de la temperatura y variación de la humedad.

### **Importancia del Problema**

La degradación de la materia orgánica reviste fundamental importancia debido a que en el proceso generan gases contaminantes responsables del calentamiento del planeta, que además afectan a la salud y bienestar de las personas.Si bien se sabe de ciertos gases que son emitidos en la descomposición de los residuos orgánicos no se conoce con certeza cuál es su concentración, por lo tanto, no es posible cuantificar la contaminación total emitida por los habitantes en una ciudad.

Dentro de las alternativas tecnológicas para tratar los residuos orgánicos generados en el hogar se encuentra la aplicación de microorganismos benéficos que evitan que la materia orgánica se degrade y pase a un proceso de fermentación. Tanto en la degradación, así como en la fermentación se liberan gases los mismos que no han sido cuantificados, por lo tanto, se desconoce su concentración.En los procesos biológicos de transformación de los residuos sólidos orgánicos se liberan básicamente amoniaco,

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres

dióxido de carbono y metano, gases altamente contaminantes y responsables del calentamiento del planeta que trae consigo afecciones a la población debido a efectos sobre el clima (inundaciones y sequías) así como también sobre la salud y calidad de vida de la población.

Por lo tanto, las técnicas de visión artificial y sensores electroquímicos permiten evaluar el proceso de putrefacción y su generación de gases en la degradación de la materia orgánica, para de esta manera conocer el tipo de gas y la concentración, para tomar medidas inherentes a tratar los gases emitidos así como también a disminuir su emisión con la finalidad de precautelar la salud de las personas y el cuidado medio ambiental, para gozar de ciudades sostenibles y altamente amigables con el ambiente.

## **METODOLOGÍA**

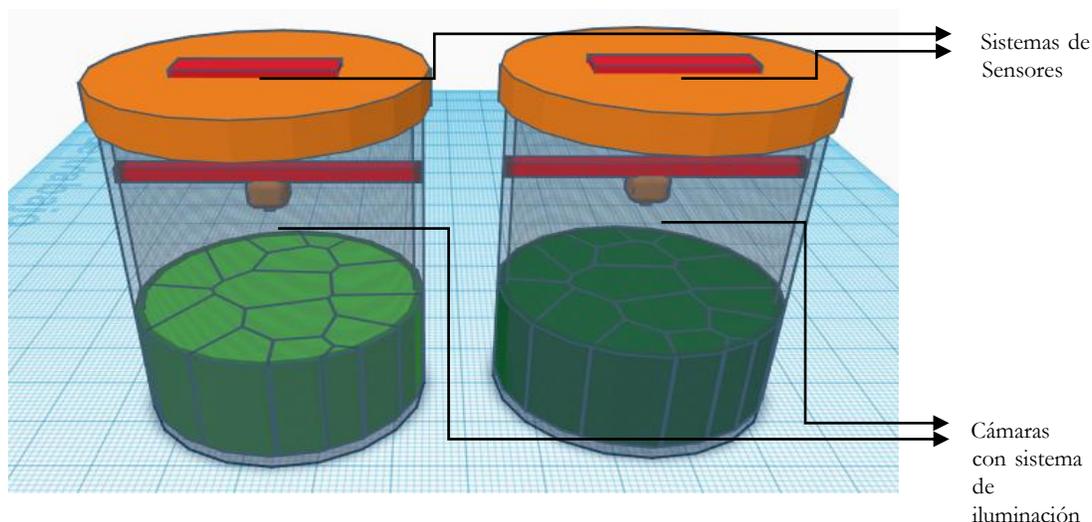
La Jefatura de Posgrados de la Universidad Católica de Cuenca se encuentra ubicada a 2510 msnm, 2°52'15.9"S 78°58'54.0"W. La temperatura es muy estable casi durante todo el año, con variaciones de 7 °C a 17 °C, sin embargo, las mayores variaciones se evidencian entre el día y la noche con variaciones que rara vez pueden alcanzar en las horas nocturnas los 5 °C y las horas de más sol los 19 °C . Se buscó realizar el estudio en los meses de agosto y septiembre por ser la temporada fresca. En estos meses durante el año 2019 cuando se elaboró el estudio hubieron temperaturas promedio mensuales de 12.4 °C, 13.6 °C, respectivamente (estación meteorológica UCACUE e informe INAMHI).

Se recolectó residuos sólidos orgánicos en su mayoría fueron restos de verduras y hortalizas, los mismos que se transportaron a la Jefatura de Posgrados, campus de la Universidad Católica de Cuenca (Estancia Cordero), donde se adeco y molió de manera homogénea. Posteriormente se colocó en dos contenedores los residuos, los mismos constan de una tapa que cierra herméticamente el contenedor. Esto además, sirvió como prevención y protección de la lluvia y de la radiación solar directa. Con el fin de lograr mayor uniformidad en las muestras se mezclaron los residuos sólidos orgánicos, procediéndose a colocar 10 Kg en cada uno de los contenedores.

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres

Adicionalmente se adecuó una caja que cubría totalmente cada contenedor, para poder realizar un análisis sin perturbaciones de luz ambiental. Cada contenedor contaba con su sistema de iluminación propio, el cual era dotado por las cámaras web que se colocaron en los contenedores. Todo esto fue realizado con la finalidad de evitar cambios bruscos de iluminación y/o temperatura, logrando conseguir un microambiente propicio para la putrefacción.

Los consorcios microbianos están constituidos por *Bacillus*, *Lactobacillus*, Levaduras, Actinomicetos y *Pseudomonas*, que evitan la putrefacción de la materia orgánica. La parte del sistema de medición fue fabricado en su totalidad en Arduino y Raspberry pi. Este sistema está formado por subsistemas. El primero es el encargado de monitorear los gases dentro del contenedor (dióxido de carbono, Amoníaco y Metano), así como la temperatura y humedad ambiental dentro del contenedor. Adicionalmente, se adecuó una sonda para medir la temperatura interna de los residuos. El segundo subsistema sirve para monitorear mediante análisis de imágenes los cambios a nivel superficial de la materia en descomposición, así como de iluminar el contenedor. La conceptualización del sistema se puede observar en la figura 1.

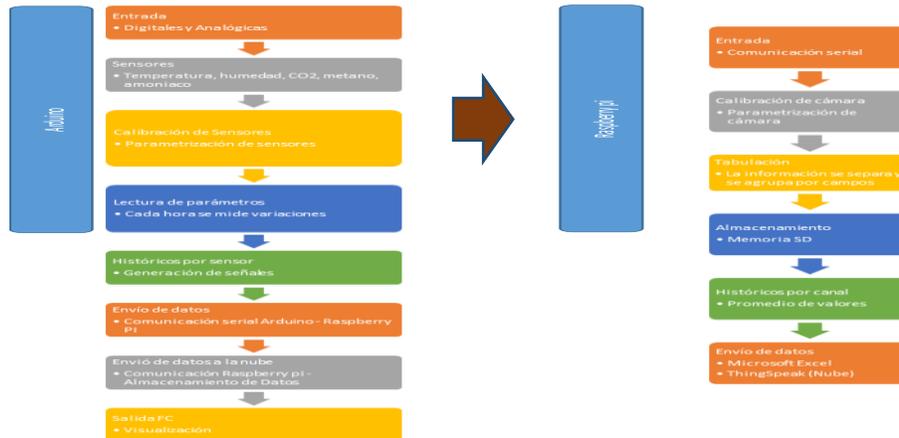


**Figura 1.** Conceptualización del sistema.

**Fuente:** Cobos-Torres, & Álvarez Vera, 2019.

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres

La estructura general utilizada para la obtención de datos para la evaluación de la descomposición de desechos humanos se detalla en la figura 2.



**Figura 2.** Esquematación del sistema.  
**Fuente:** Cobos-Torres, & Álvarez Vera, 2019.

Los sensores electroquímicos para la medición de dióxido de carbono, humedad, temperatura, metano y amoníaco fueron seleccionados en base a precio y a su disponibilidad. Existe una múltiple gama de sensores pero estas dos variables limitan mucho una libre elección. En la Tabla 1, se detalla los sensores seleccionados.

**Tabla 1**

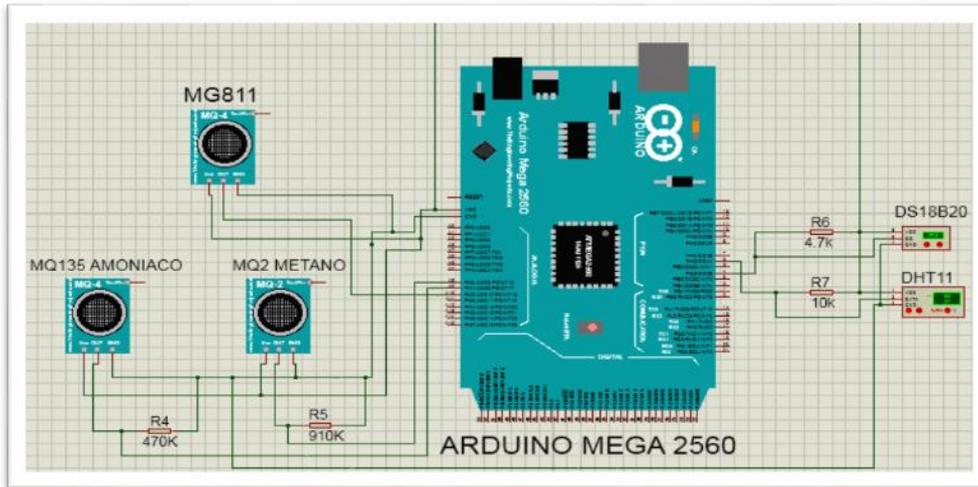
Lista de sensores electroquímicos.

SENSORES	CARACTERÍSTICAS A MEDIR	ESPECIFICACIONES MÍNIMAS
MG-811	Dióxido de carbono	Señal Analógica y digital de nivel, detecta el CO2 con una alta precisión, 350 – 10000 ppm de CO2.
MQ135	Amoníaco	Señal Analógica y digital de nivel, detecta un amplio rango de gases como son: NH3, Humo, CO2, entre otros con una alta sensibilidad, 10 – 200 ppm de Amoníaco.
MQ2	Metano	Señal Analógica y digital de nivel, detecta un amplio rango de gases como son: metano, propano, hidrógeno, humo, entre otros, con una alta fiabilidad, 20 – 10000 ppm de Amoníaco.
DHT11	Temperatura y humedad	Señal digital de temperatura y humedad relativa en un área específica. Posee una alta fiabilidad y estabilidad a distancias no mayores a 20 metros
DS18B20	Temperatura Relativa	Señal digital de temperatura, en forma de sonda que permite una fácil medición o pruebas en líquidos.

**Fuente:** Cobos-Torres, & Álvarez Vera, 2019.

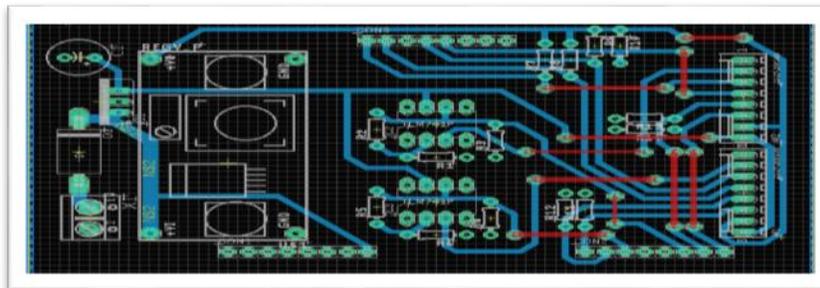
Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres

El sistema de sensores final se puede observar en la Grafica 3 donde se observa las respectivas conexiones.



**Figura 3.** Esquematación de conexión general de los sensores para el envase 1 y 2.  
**Fuente:** Reyes Ordoñez & Ortiz Torres, 2019.

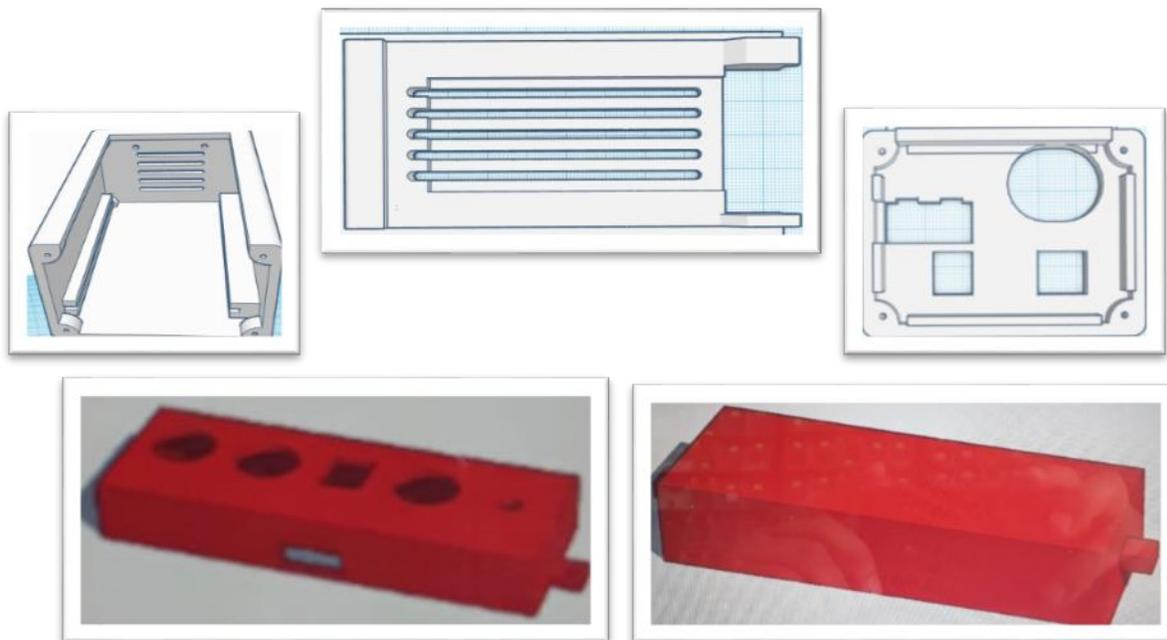
De igual manera, se realizó el diseño de placa de circuito impreso mediante la aplicación Eagle que permite el diseño de circuitos electrónicos impresos como se puede observar en la figura 4.



**Figura 4.** Diseño de la placa de circuito impreso.  
**Fuente:** Reyes Ordoñez & Ortiz Torres, 2019.

Finalmente se diseñó las cajas para proteger tanto el sistema de sensores como el de sensores. La caja se diseñó mediante la aplicación en línea Thinkercad, para contar con los modelos para su posterior impresión en una impresora 3D. Los diseños se pueden observar en la figura 5.

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres



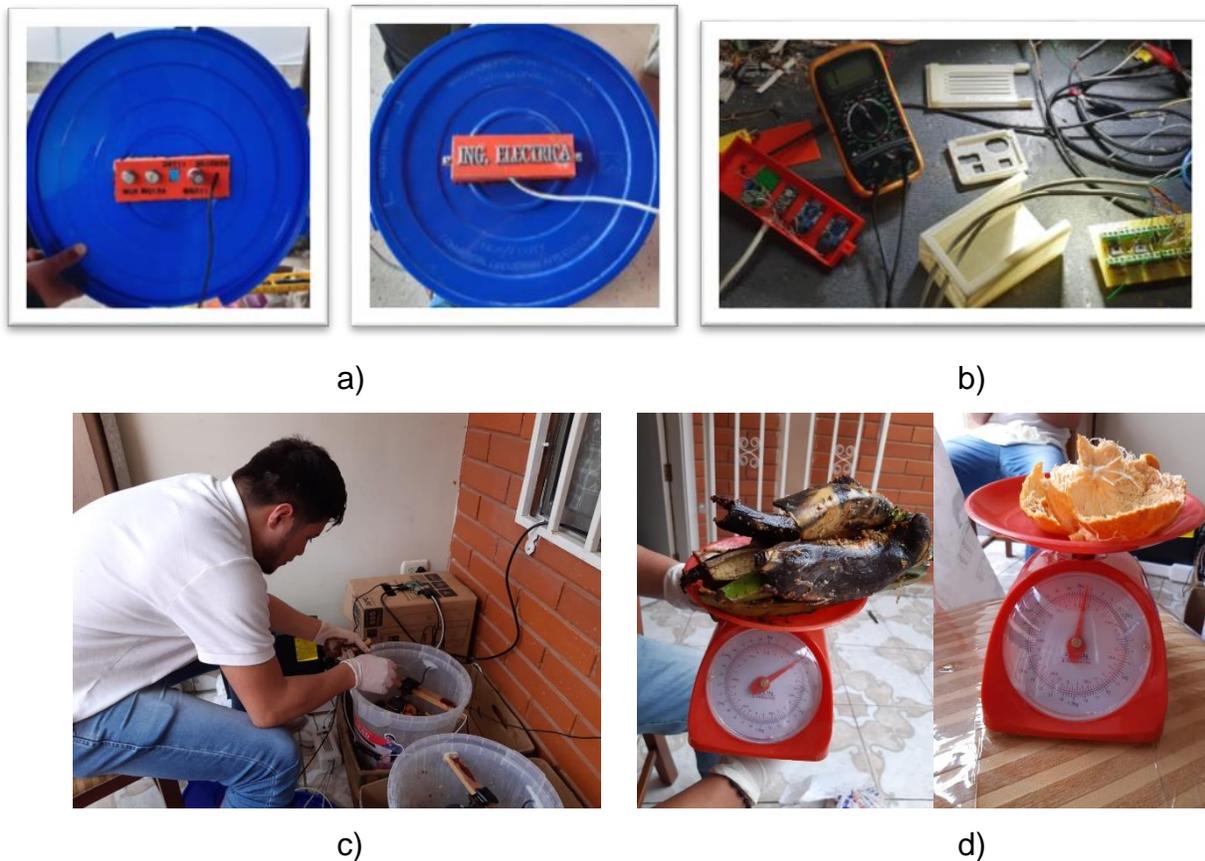
**Figura 5.** Diseño de cajas para sistema de adquisición y sensado.  
**Fuente:** Reyes Ordoñez & Ortiz Torres, 2019.

## RESULTADOS

Como se expuso en la Tabla 1, los sensores MQ135 y MQ2 son sensibles a varios gases. Por lo mismo, se calibró dichos sensores para que aumente su sensibilidad a Amoníaco y Metano. En el caso del sensor MG811 de la marca *dfrobot* su señal ya se encuentra adecuada para trabajar directamente con Arduino. Únicamente, utilizando el script del fabricante se calibró sin ningún inconveniente el sensor. De igual manera, el sensor DHT11 para un correcto funcionamiento se le instaló una resistencia de 10 k $\Omega$  a su salida digital.

A continuación en la figura 6, se presentan imágenes del ensamblaje del sistema y del mismo funcionando.

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres

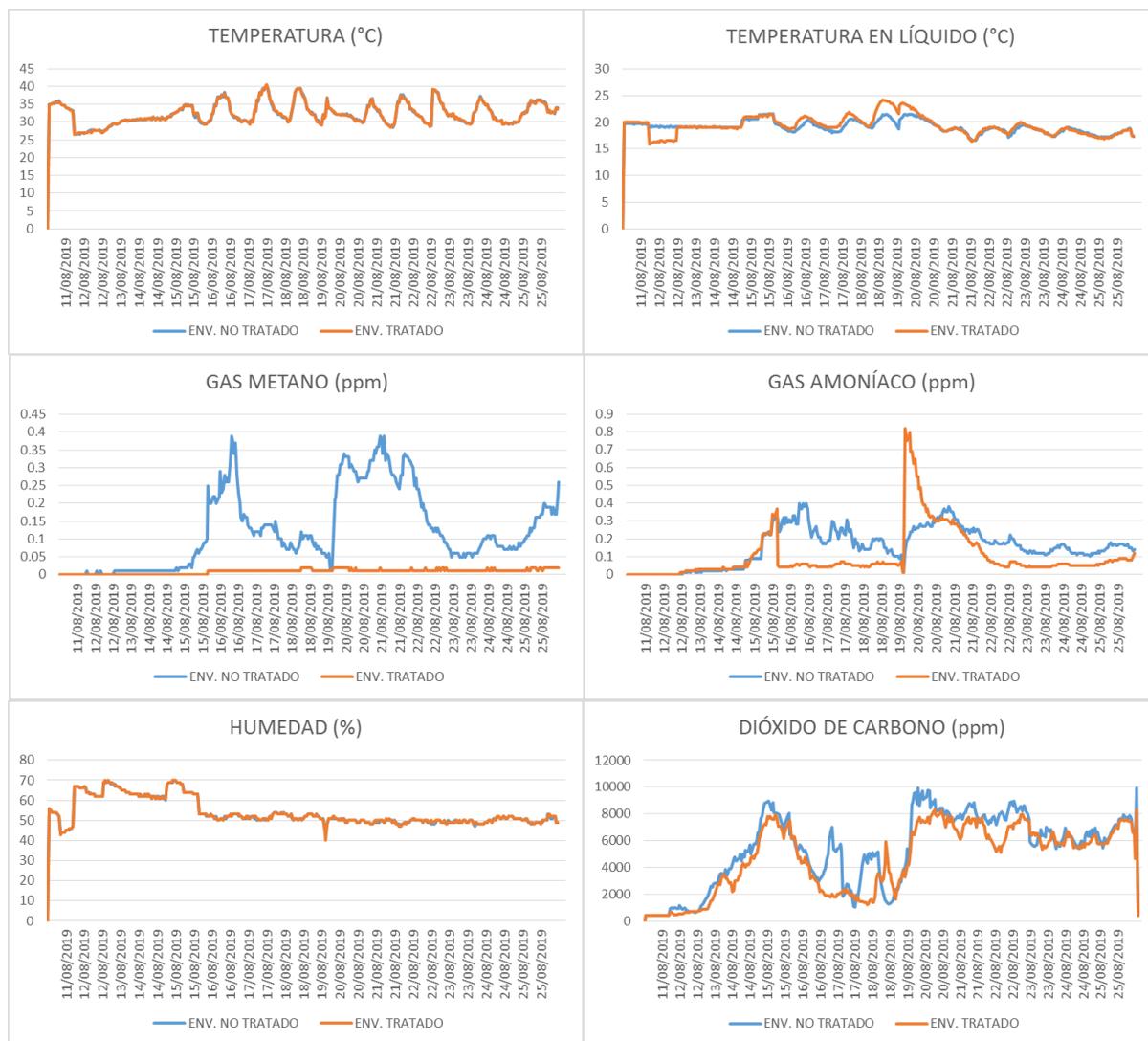


**Figura 6.** a) Subsistemas de sensado, b) Sistema de control, c) Contenedores con basura, d) Pesaje de residuos Orgánicos.

**Fuente:** Reyes Ordoñez & Ortiz Torres, 2019.

Finalmente se puede ver en la figura 6, las mediciones de los distintos gases, durante el tiempo de dos semanas. Estos datos fueron tabulados y graficados de los datos almacenados mediante el Script realizado en Python y que se encuentra ejecutando dentro de la Raspberry Pi.

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres



**Grafico 1.** Serie temporal de los datos obtenidos mediante los sensores electroquímicos.  
**Fuente:** Cobos-Torres, & Álvarez Vera, 2019.

## DISCUSIÓN

La disposición de residuos de origen doméstico o industrial contribuye a la emisión de metano, CO<sub>2</sub> y compuestos orgánicos volátiles, como resultado de la degradación de la materia orgánica (Echeverri Londoño, 2006). La prueba presentada en este artículo es una presentación preliminar del estudio de campo que duro dos meses. Es importante

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres

destacar que todos los sensores funcionaron sin problema alguno, no se visualizan ruidos o valores no deseados (Grafico1). Los sensores de temperatura monitorearon valores muy semejantes. Existen pequeñas variaciones que vale la pena puntualizar. En el caso de la temperatura ambiental se encuentra que la temperatura en ambos envases es casi idéntica, con un valor medio de 32.36 °C, un máximo de 40.20 °C y un mínimo de 26.50 °C para el envase no tratado y un valor medio de 32.34 °C, un máximo de 40.50 °C y un mínimo de 26.50 °C para el envase tratado.

En el caso de la sonda que media la temperatura interna de la materia en descomposición la temperatura, sí sufrió variaciones, con un valor medio de 19.10 °C, un máximo de 21.62 °C y un mínimo de 16.56 °C para el envase no tratado y un valor medio de 19.32 °C, un máximo de 24.12 °C y un mínimo de 15.81 °C para el envase tratado. Este ascenso en la temperatura se observa que empieza después de una semana, cuando los microorganismos benéficos están generando una actividad biológica, ya que empieza su multiplicación, pero después de cinco días desciende esta actividad. En este punto se puede observar que vuelve a equipararse la temperatura en ambos envases.

El bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el metano (CH<sub>4</sub>), son gases de efecto invernadero (González-Estrada & Camacho, 2017). En el caso de la emisión de gas metano se observa una diferencia marcada de emisiones. El metano representa un problema debido a su reactividad fotoquímica en presencia de la luz solar (Badii et al., 2015). Con un valor medio de 0.12 ppm, un máximo de 0.39 ppm y un mínimo de 0.00 ppm para el envase no tratado y un valor medio de 0.01 ppm, un máximo de 0.02 ppm y un mínimo de 0.00 ppm para el envase tratado. Esto es importante para reducir uno de los principales gases de efecto invernadero como es el metano atmosférico. El metano es el segundo gas en orden de importancia, tras el CO<sub>2</sub>, y entre sus principales fuentes están los residuos (vertido) (Maqueda, Carbonell, Martínez, & Flórez, 2005). Se puede ver que en promedio hay una reducción del 93.09%.

El manejo del metano es importante porque puede explotar si se acumula en un ambiente cerrado es un gas de efecto invernadero y su producción en grandes

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres

volúmenes contribuye, de manera importante, a la contaminación atmosférica (Bernache, 2012), el metano ocasiona cambios en los balances energéticos de la atmósfera (Equihua Zamora, Hernández Huerta, Pérez Maqueo, Benítez Badillo, & Ibáñez Bernal, 2016). Las enormes cantidades de metano que se generan en los vertederos podrían mover el punto de equilibrio de la fotoquímica atmosférica aún, cuando la velocidad de reacción de este compuesto sea baja (Hernández-Moreno, Dávila-Gómez, & Mugica-Álvarez, 2017).

En cuanto al gas amoníaco también se observa una reducción en las emisiones, aunque existen unos picos que hay que analizar. Con un valor medio de 0.15 ppm, un máximo de 0.40 ppm y un mínimo de 0.00 ppm para el envase no tratado y un valor medio de 0.10 ppm, un máximo de 0.82 ppm y un mínimo de 0.00 ppm para el envase tratado. El pico de 0.82 ppm es del décimo día cuando se agregó más basura y microorganismo benéficos. Al parecer, se liberó gas amoníaco que estuvo encapsulado como una bola de aire en la basura. De cualquier manera, se puede ver una reducción media del 35.17% de emisiones de amoníaco que es un gas contaminante que afecta al ambiente y calidad de vida de las personas por su incidencia en la salud.

En el caso de la humedad, al igual que la temperatura ambiental del envase se encuentra que la humedad relativa en ambos envases es casi idéntica, con un valor medio de 53.88, un máximo de 70.00 y un mínimo de 40.00 para el envase no tratado y un valor medio de 53.90, un máximo de 70.00 y un mínimo de 40.00 para el envase tratado. Finalmente, el dióxido de carbono también se observa una reducción de emisiones. Con un valor medio de 5388.09 ppm, un máximo de 9912.00 ppm y un mínimo de 400.00 ppm para el envase no tratado y un valor medio de 4666.00 ppm, un máximo de 8329.00 ppm y un mínimo de 400 ppm para el envase tratado. Se obtiene una reducción media del 13.63% de emisión de CO<sub>2</sub> que es un gas responsable del efecto invernadero y que su concentración se ha incrementado en los últimos años hasta más de 400 ppm.

La concentración media diaria de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera alcanzó en abril un nivel récord de 415 partes por millón (ppm), un valor histórico que no se

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres

alcanzaba desde hace 3 millones de años, es decir, antes de que el hombre habitara la Tierra (ECOAVANT.COM, 2019). En el experimento y en las curvas se pueden distinguir dos momentos muy marcados. Estos dos ciclos son coincidentes con la nueva entrada de material fresco el 19 de agosto de 2019.

## **CONCLUSIÓN**

Es importante recalcar que los autores no hemos sido capaces de encontrar otro experimento de este tipo y características. Los resultados obtenidos son alentadores a seguir evaluado y cuantificando la descomposición de la materia, la cual ha sido tratada con diferente tipos y cantidades de microorganismo benéficos. Pensamos, que el presente artículo es la base para demostrar el beneficio de utilizar dentro del proceso de putrefacción de desechos microorganismos benéficos para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y su viabilidad para ser utilizados dentro del compostaje casero. Los autores esperamos seguir desarrollando sistemas basados en software libre y hardware libre DIY. Con esto se consigue una gran versatilidad de dispositivos y sensores, los cuales son de precios asequibles y con valores de incertidumbre aceptables. En definitiva, se ha logrado mejorar las metodologías convencionales donde el observador puede interferir en el experimento y siempre puede entrar en juego su subjetividad. Además, se amplió la resolución con un muestreo elevado realizado cada hora.

## **FINANCIAMIENTO**

No monetario

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Católica de Cuenca, por estimular y apoyar esta investigación.

## **REFERENCIAS CONSULTADAS**

Badii, M., Guillen, A., Rodríguez, C., Lugo, O., Aguilar, J., & Acuña, M. (2015). *Pérdida de Biodiversidad: Causas y Efectos*. [Biodiversity Loss: Causes and Effects]. Daena: International Journal of GoodConscience, 10(2), 156–174

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres

- Bernache, G. (2012). *Riesgo de contaminación por disposición final de residuos*. [Risk of contamination by final disposal of waste]. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 28(1), 97–105
- Echeverri Londoño, C. (2006). *Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería (Córdoba, Colombia)*. [Estimation of the emission of greenhouse gases in the municipality of Montería (Córdoba, Colombia)]. *Revista de Ingenierías Universidad de Medellín*, 5(9), 85–96.
- Equihua Zamora, M., Hernández Huerta, A., Pérez Maqueo, O., Benítez Badillo, G., & Ibáñez Bernal, S. (2016). *Cambio Global: El Antropoceno*. [Global Change: The Anthropocene]. *CIENCIA Ergo-Sum*, 23(1), 67–75.
- ECOAVANT (2019). *La concentración de CO2 en la atmósfera es la más elevada en 3 millones de años*. [The concentration of CO2 in the atmosphere is the highest in 3 million years]. Retrieved from <https://n9.cl/capml>
- González-Estrada, A., & Camacho, M. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero de la fertilización nitrogenada en México. [Greenhouse gas emissions from nitrogen fertilization in Mexico]. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(8), 1733–1745. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.698>
- Hernández-Berriel, M. del C., Aguilar-Virgen, Q., Taboada-González, P., Lima-Morra, R., Eljaiek-Urzola, M., Márquez-Benavides, L., & Buenrostro-Delgado, O. (2016). Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe. [Generation and composition of urban solid waste in Latin America and the Caribbean]. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(1), 11–22. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.02>
- Hernández-Moreno, A., Dávila-Gómez, J. A., & Mugica-Álvarez, V. (2017). Estimación de emisiones atmosféricas provenientes de vertederos de residuos sólidos urbanos. [Estimation of atmospheric emissions from urban solid waste dumps]. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 4(1), 57–68.
- INEC. (2017). Boletín Técnico N° 01-2017-GAD MUNICIPALES. Gestión de Residuos Sólidos (pp. 1–14). pp. 1–14. [Solid Waste Management (pp. 1–14). pp. 1–14]. Retrieved from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Joshua, O. (2013). Solid Waste Management for Sustainable Development and Public health: A Case Study of Lagos State in Nigeria. [Gestión de residuos sólidos para el desarrollo sostenible y la salud pública: un estudio de caso del estado de Lagos en Nigeria]. *Universal Journal of Public Health*, 1(3), 33–39. <https://doi.org/10.13189/ujph.2013.010301>
- Mahmud, A., Mehmood, S., Hussain, J., & Ahmad, S. (2015). Composting of poultry dead birds and litter. [Compostaje de aves de corral pájaros muertos y basura]. *World's Poultry Science Journal*, 71(4), 621–629. <https://doi.org/10.1017/S0043933915002408>

Humberto Raúl Reyes-Ordoñez; Jonnathan Ismael Ortiz-Torres; Manuel Salvador Álvarez-Vera; Juan Carlos Cobos-Torres

- Maqueda, M. R., Carbonell, M. V., Martínez, E., & Flórez, M. (2005). Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la agricultura. [Sources of greenhouse gas emissions in agriculture]. *Ingeniería de Recursos Naturales y Del Ambiente*, 2(2), 14–18.
- Muscolo, A., Papalia, T., Settineri, G., Mallamaci, C., & Jeske-Kaczanowska, A. (2018). Are raw materials or composting conditions and time that most influence the maturity and/or quality of composts? Comparison of obtained composts on soil properties. [¿Las materias primas o las condiciones y el tiempo de compostaje influyen más en la madurez y / o calidad de los compost? Comparación de los compost obtenidos en las propiedades del suelo]. *Journal of Cleaner Production*, 195(10), 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.204>
- Oliveira, L. S. B. L., Oliveira, D. S. B. L., Bezerra, B. S., Pereira, B. de S., & Battistell, R. A. G. (2017). Environmental analysis of organic waste treatment focusing on composting scenarios. [Análisis ambiental del tratamiento de residuos orgánicos centrado en escenarios de compostaje]. *Journal of Cleaner Production*, 155(1), 229–237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.093>
- Sáez, A., & G, J. A. U. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. [Solid waste management in Latin America and the Caribbean]. *Omnia*, 20(03), 121–135. <https://doi.org/10.5860/choice.44-1347>
- Sarkar, S., Pal, S., & Chanda, S. (2016). *Optimization of a vegetable waste composting process with a significant thermophilic phase*. [Optimización de un proceso de compostaje de residuos vegetales con una fase termofílica significativa]. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 435–440. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.026>
- Song, Q., Li, J., & Zeng, X. (2015). Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. [Minimizando el aumento de residuos sólidos a través de la estrategia de residuo cero]. *Journal of Cleaner Production*, 104, 199–210. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.027>
- Viaene, J., Van Lancker, J., Vandecasteele, B., Willekens, K., Bijttebier, J., Ruyschaert, G., Reubens, B. (2016). Opportunities and barriers to on-farm composting and compost application: A case study from northwestern Europe. [Oportunidades y barreras para la aplicación de compostaje y compostaje en la granja: un estudio de caso del noroeste de Europa]. *Waste Management*, 48, 181–192. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.021>