

UNIVERSIDAD  
CIENTÍFICA  
DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Evaluación del potencial energético de residuos de *Theobroma cacao* por medio celdas de combustible microbiano”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

Bach. Katherine Sofia Grabiell Rios (ORCID: 0000-0003-2922-6284)

Bach. Claudia Cristina Plasencia Verde (ORCID: 0000-0003-0438-2264)

Asesor:

Dr. Iván Karlos Best Cuba (ORCID: 0000-0001-6009-6575)

Co-asesor:

Lic. José Agustín Luque Barba (ORCID: 0000-0002-0760-3109)

Lima – Perú

2020

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Lima, 30 de abril de 2020.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. Susan Mery Medina Canzio	<input type="checkbox"/>
Miembro: Dra. Gladys Lilliana Lino Villanueva	
Miembro: Mg. Mirtha Rosario Nazario Ramirez	

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:  
EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESIDUOS DE *Theobroma cacao* POR MEDIO DE CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO

Presentada por las bachilleres:

- Katherine Sofia Grabiél Rios
- Claudia Cristina Plasencia Verde

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Ambiental

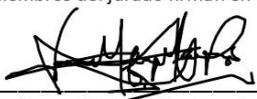
Asesoradas por:

- Dr. Ivan Karlos Best Cuba

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime ( x ) por mayoría simple ( ) calificar a:

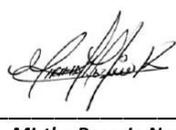
Tesisistas: Katherine Sofia Grabiél Rios Claudia Cristina Plasencia Verde		Nota (en letras): TRECE CATORCE	
Aprobado ( X )	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

  
Dra. Susan Mery Medina Canzio  
Presidente del Jurado

  
Dr. Ivan Karlos Best Cuba  
Asesor

  
Dra. Gladys Lilliana Lino Villanueva  
Miembro 1

  
Mg. Mirtha Rosario Nazario Ramirez  
Miembro 2

## DEDICATORIA

Queremos dedicarles este trabajo de investigación a Dios y a nuestras familias por el apoyo constante e incondicional a lo largo de la carrera. Por animarnos durante los tiempos difíciles, por comprendernos durante las diversas salidas de campo que realizábamos alejados de ellos y por el esfuerzo al contribuir a nuestra formación académica.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT) del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) del Perú (Contrato 137-2017-FONDECYT) y a la Universidad Científica del Sur por el apoyo financiero para el desarrollo de la presente investigación, así como al Laboratorio de química y bioquímica de productos naturales de la Universidad Científica del Sur por facilitar sus instalaciones para la ejecución de la fase experimental de esta investigación

## INDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>4</b>
<b>INDICE GENERAL.....</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>7</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>8</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>17</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>17</b>
<b>CONTRIBUCIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>NOTACION .....</b>	<b>18</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>18</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>20</b>

## RESUMEN

Se evaluó el potencial energético de los residuos de cacao (mazorca y mucílago) para determinar su uso como fuente de energía directa en campo. Se realizaron tres diluciones por sustrato: a) mazorca molida, en diluciones de 1:25, 1:50 y 1:100 (1.2, 0.6 y 0.3 g, respectivamente); y b) mucílago, en diluciones de 1:4, 1:8 y 1:16 (25, 12.5 y 6.25%, respectivamente). La evaluación fue realizada en celdas de combustible microbiano, en 3 períodos: a) aclimatación (1 período) y b) desempeño eléctrico (2 períodos). Durante el tercer período, se observó el mayor desempeño eléctrico en las diluciones de mazorca 1.2 g (voltaje: 726 mV, densidad de potencia: 11.75 mW/m<sup>2</sup> y eficiencia coulombica: 0.33%) y mucílago 12.5% (voltaje: 474 mV, densidad de potencia: 6.52 mW/m<sup>2</sup> y eficiencia coulombica: 0.006%). Nuestros resultados muestran que las diluciones de mazorca 1.2 g y mucílago 12.5% presentaron el mayor potencial energético a lo largo del estudio.

## ABSTRACT

The energy potential of cocoa residues (pod and mucilage) was evaluated to determine its use as a direct energy source in the field. Three dilutions were made per substrate: a) ground pod, in dilutions of 1:25, 1:50 and 1: 100 (1.2, 0.6 and 0.3 g, respectively); and b) mucilage, in dilutions of 1: 4, 1: 8 and 1:16 (25, 12.5 and 6.25%, respectively). The evaluation was carried out in microbial fuel cells, in 3 periods: a) acclimatization (1 period) and b) electrical performance (2 periods). During the third period, the highest electrical performance was observed in the dilutions of pod 1.2 g (voltage: 726 mV, power density: 11.75 mW / m<sup>2</sup> and coulombic efficiency: 0.33%) and mucilage 12.5% (voltage: 474 mV, density power: 6.52 mW / m<sup>2</sup> and coulombic efficiency: 0.006%). Our results show that the dilutions of pod 1.2 g and mucilage 12.5% presented the highest energy potential throughout the study.

# Evaluación del potencial energético de residuos de cacao (*Theobroma cacao* L.) por medio celdas de combustible microbiano (CCM)

Claudia C. Plasencia-Verde<sup>(1)\*</sup>, Katherine S. Grabiél-Ríos<sup>(1)</sup>, José A. Luque<sup>(2)</sup> y Ivan K. Best<sup>(1,3)</sup>

(1) Facultad de Ciencias Ambientales, Carrera Ingeniería Ambiental, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. (e-mail: [100010179@ucientifica.edu.pe](mailto:100010179@ucientifica.edu.pe); [kgrabiél@cientifica.edu.pe](mailto:kgrabiél@cientifica.edu.pe))

(2) Facultad de Ciencias Empresariales, Dirección Académica de Cursos Básicos, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. (e-mail: [juque@cientifica.edu.pe](mailto:juque@cientifica.edu.pe))

(3) Unidad de Investigación en Nutrición, Salud, Alimentos Funcionales y Nutraceuticos, Universidad San Ignacio de Loyola (UNUSAN-USIL), Lima, Perú. (e-mail: [ibest@usil.edu.pe](mailto:ibest@usil.edu.pe))

\*Autor a quien debe ser dirigida la correspondencia

## Resumen

Se evaluó el potencial energético de los residuos de cacao (mazorca y mucílago) para determinar su uso como fuente de energía directa en campo. Se realizaron tres diluciones por sustrato: a) mazorca molida, en diluciones de 1:25, 1:50 y 1:100 (1.2, 0.6 y 0.3 g, respectivamente); y b) mucílago, en diluciones de 1:4, 1:8 y 1:16 (25, 12.5 y 6.25%, respectivamente). La evaluación fue realizada en celdas de combustible microbiano, en 3 periodos: a) aclimatación (1 período) y b) desempeño eléctrico (2 periodos). Durante el tercer período, se observó el mayor desempeño eléctrico en las diluciones de mazorca 1.2 g (voltaje: 726 mV, densidad de potencia: 11.75 mW/m<sup>2</sup> y eficiencia coulombica: 0.33%) y mucílago 12.5% (voltaje: 474 mV, densidad de potencia: 6.52 mW/m<sup>2</sup> y eficiencia coulombica: 0.006%). Nuestros resultados muestran que las diluciones de mazorca 1.2 g y mucílago 12.5% presentaron el mayor potencial energético a lo largo del estudio.

*Palabras clave:* Potencial energético; Celda de combustible microbiano; Cacao; Residuos orgánicos; Bacterias.

## Evaluation of the energy potential of cocoa (*Theobroma cacao* L.) residues by microbial fuel cells (MFC)

### Abstract

The energy potential of cocoa residues (pod and mucilage) was evaluated to determine its use as a direct energy source in the field. Three dilutions were made per substrate: a) ground pod, in dilutions of 1:25, 1:50 and 1:100 (1.2, 0.6 and 0.3 g, respectively); and b) mucilage, in dilutions of 1:4, 1:8 and 1:16 (25, 12.5 and 6.25%, respectively). The evaluation was carried out in microbial fuel cells, in 3 periods: a) acclimatization (1 period) and b) electrical performance (2 periods). During the third period, the highest electrical performance was observed in the dilutions of pod 1.2 g (voltage: 726 mV, power density: 11.75 mW / m<sup>2</sup> and coulombic efficiency: 0.33%) and mucilage 12.5% (voltage: 474 mV, density power: 6.52 mW / m<sup>2</sup> and coulombic efficiency: 0.006%). Our results show that the dilutions of pod 1.2 g and mucilage 12.5% presented the highest energy potential throughout the study.

*Key words:* Energetic potential; Micro fuel cell; Cocoa; Organic waste; Bacteria.

## INTRODUCCIÓN

El Perú es el décimo exportador de semillas de cacao, representando un 1.5% de las exportaciones a nivel mundial (Internacional Trade Centre, 2020). En el año 2018, el rendimiento anual fue de 827 kg/ha, con una producción de 134,676 toneladas a nivel nacional. Esta cadena productiva representa una fuente importante de ingresos para los cacaoteros peruanos, el 83% del mercado nacional está representado por pequeños productores familiares (Romero, 2016, Ministerio de Agricultura, 2020). No obstante, existe una alta desorganización, lo cual genera ineficiencias en la cadena productiva, lo que conlleva a una inadecuada gestión de los residuos de cacao, y provoca contaminación de suelos y agua (Morales et al., 2015).

En la cadena productiva del cacao, el 70% es representado por los residuos sólidos y líquidos, entre los cuales se encuentra el mucílago, mazorca, lixiviados de la fermentación e impurezas (Botero, Londoño y Rojas, 2016). El mucílago de cacao se genera en una proporción de 1/20 (V/m), respecto a la producción de granos de cacao (Arteaga, 2013). Este residuo es viscoso debido al contenido de pectina y otros polisacáridos en su composición, lo que dificulta el paso del aire a través del medio, promoviendo así un ambiente anaerobio. Por otro lado, la mazorca de cacao se desecha 10 veces más respecto al peso en producción de semillas secas de cacao. El vertimiento de subproductos del beneficio del cacao al suelo produce una variación en las propiedades químicas del mismo, aumenta la humedad y riesgo de enfermedades infecciosas (Campos-Vega, Nieto-Figueroa & Oomah, 2018).

Las celdas de combustible microbiano (CCM) representan una tecnología novedosa, generadora de energía, la cual aprovecha la capacidad catalizadora de los microorganismos sobre la materia orgánica. Se han realizado diferentes investigaciones sobre su funcionamiento utilizando como sustrato aguas residuales (Chaturvedi y Verma, 2016), diferentes concentraciones de azúcares (Christwardana et al., 2018) y evaluación del rendimiento microbiano (Patil et al., 2009). Entre los tipos de CCM, se encuentra aquella que posee solo la cámara anódica (donde se encuentra el ánodo), mientras el cátodo se encuentra expuesto al aire, obteniendo un mayor potencial de generación eléctrica (López et al., 2017).

Con el fin de atenuar los efectos adversos del mucílago y mazorca de cacao en los campos de cultivo, en el presente estudio se evaluó su desempeño energético mediante CCM de una sola cámara. Esta tecnología fue escogida por su versatilidad, capacidad de funcionamiento con distintos productos naturales, obtención de energía de manera directa, y facilidad de uso en lugares carentes de infraestructura eléctrica (Mora y Bravo, 2017). El objetivo del presente estudio fue evaluar el potencial energético de los residuos sólidos y líquidos de cacao (*Theobroma cacao* L.), tales como el mucílago y mazorca, para la obtención de energía eléctrica en un modelo basado en CCM.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Electrodos y construcción de la celda de combustible microbiana (CCM)*

En la Fig. 1, se muestra la celda de combustible microbiana de una sola cámara utilizada en nuestro estudio, con algunas modificaciones (Martinez et al., 2017). Se elaboró una cámara acrílica cilíndrica de 4 cm de longitud por 3 cm de diámetro, equivalente a un volumen de 28 mL. En un extremo, se colocó el ánodo de papel carbón Toray 060 con un 5% en peso de material a prueba de agua, el cual se cubrió con una tapa del mismo material de la celda. Al otro extremo, se colocó el cátodo de fibra de carbono con un contenido de 0.3 mg/cm<sup>2</sup> de 40% de platino en carbón Vulcan, en contacto con el aire. Para la unión del circuito, se utilizó alambre de platino de 0.5 mm (Unitech, USA).

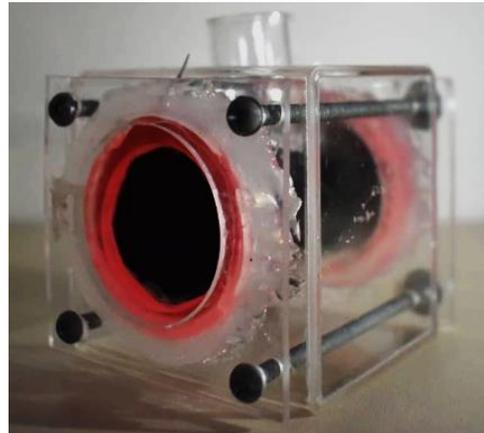


Fig. 1: Configuración de celda de combustible microbiano (CCM) de una cámara anódica de 30 mL. Cátodo expuesto al aire a un extremo y ánodo con microorganismos adheridos aislado de oxígeno

### *Tratamientos*

Con el fin de determinar la influencia de la concentración de mucílago y mazorca de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la producción de energía, se utilizó el cacao CCN-51 procedente del Distrito de Cajaruro, Provincia de Utcubamba, Región Amazonas, Perú. La mazorca fue secada en una estufa a 40 °C por 7 días y luego sometida a molienda. Se evaluaron tres tratamientos y un control negativo de agua destilada. En el caso del mucílago, se trabajó con proporciones de 1:4 (mucílago 25%), 1:8 (mucílago 12.5%) y 1:16 (mucílago 6.25%), diluido en agua destilada; mientras que, para la mazorca, se evaluaron las proporciones de 1:25 (mazorca 1.2 g), 1:50 (mazorca 0.6 g) y 1:100 (mazorca 0.3 g), diluido en agua destilada.

### *Aclimatación de los microorganismos*

La muestra ambiental utilizada para la investigación fue tomada de los sedimentos del río Lurín, Región Lima, Perú (Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S – 293785.7E, 8643547.7N), durante la época seca (mayo-noviembre), aproximadamente a 200 m de la tubería de descarga del proyecto Mesías (aguas residuales). Se extrajo 500 mL de sedimento, del cual se tomó 1 mL y se añadió a 50 mL de muestra, de acuerdo a las diluciones descritas en los tratamientos. Dicho período tuvo una duración de dos semanas, en las cuales se controló temperatura y pH (25 °C y 6.5, respectivamente). Finalizado dicho período, se procedió a realizar el sembrado del consorcio en agar Brewer (pH 7.2). Al término de la incubación (10 días, 30 °C) se inoculó el consorcio en medio de tioglicolato y se conservó a 4 °C hasta su utilización en el experimento. Durante las evaluaciones, se diluyó el inóculo hasta obtener una turbidez de 0.5 McFarland.

### *Experimento*

Para la evaluación del desempeño eléctrico, se agregó 0.5 mL del inóculo (0.5 McFarland) a 29.5 mL de las diferentes diluciones de mucílago y mazorca, y se colocó en las CCM. Desde el inicio del experimento, se controló el pH inicial (papel tornasol Panpeha-Whatman) y temperatura (°C), y se registró el voltaje (2000 mV) y amperaje (2000  $\mu$ A) utilizándose un multímetro digital (Truper). El pH y la temperatura se mantuvieron en un rango de 5.5 a 7.0 y 25 a 26°C, respectivamente. La experimentación se dividió en tres períodos de 7 días cada uno. Se realizó mediciones horarias de voltaje y amperaje en el horario de 9:00 a 21:00, y del total de datos obtenidos, se

utilizaron 76 datos por parámetro para el análisis del desempeño eléctrico. El primer período consistió en la población y fijación de los microorganismos (aclimatación) en el ánodo (Kong et al., 2018), mientras que en los dos siguientes se evaluó el desempeño eléctrico. La demanda química de oxígeno (DQO) se analizó al inicio y al final del período, de acuerdo al método estandarizado SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D (Standard Methods, 2017).

### *Desempeño eléctrico*

Para el análisis del desempeño eléctrico de las cámaras se midió el voltaje (U) y la intensidad de corriente (I), a partir de los cuales se obtuvo la potencia (W), densidad de potencia por unidad de área del electrodo anódico (A) ( $mW/m^2$ ) (1), densidad potencia por unidad de volumen del sustrato (V) ( $mW/m^3$ ) (2) (Chouler et al., 2016) y eficiencia coulombica ( $C_p/C_{ti}100\%$ ), donde  $C_p$  es el total de Coulomb, calculados a partir de la integración de la corriente en el tiempo y  $C_{ti}$  es la cantidad teórica de Coulomb que se produce a partir del sustrato (3) (Liu y Logan, 2004).

$$P_A = \frac{I \cdot U}{A} \quad (1)$$

$$P_V = \frac{I \cdot U}{V} \quad (2)$$

$$C_{ti} = \frac{F \cdot i \cdot t}{M_i} \quad (3)$$

### *Análisis de datos*

Se utilizó el error instrumental definido como  $\pm(a\% \text{ de la lectura} + b \text{ dígitos})$ , siendo en este caso  $a=0.5$  y  $b=2$ . No se utilizó el error de método de medición debido a la influencia de la degradación microbiológica del sustrato a través del tiempo.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### *Mazorca*

Se utilizaron muestras con 377, 425 y 581 mg  $O_2/L$  de DQO, correspondiente a las diluciones de mazorca de 1.2, 0.6 y 0.3 g, respectivamente. Cuando dichas muestras fueron introducidas a las CCM, presentaron voltajes iniciales de  $120 \pm 2.6$ ,  $140 \pm 2.7$  y  $60 \pm 2.3$  mV, respectivamente (Figura 2); siendo la dilución de mazorca 1.2 g, la que presentó un menor voltaje. En el estudio realizado por Lu et al. (2009), se registró un voltaje inicial de 87.9 mV. A diferencia de nuestra investigación, en dicho estudio se utilizó un circuito, además de una membrana de intercambio de protones. Logroño et al. (2015) presentó valores iniciales de 41, 50 y 38 mV para una celda anódica de 4 L de materia orgánica y suelo amazónico. Dichos resultados fueron similares a nuestro estudio, y en algunos casos el voltaje inicial de las muestras evaluadas fue mayor a los valores registrados por estudios anteriores (Lu et al., 2009; Logroño et al., 2015). Como se muestra en la Figura 2, las diluciones de mazorca presentaron voltajes entre -340 y 585 mV. Los menores valores de voltaje se presentaron en el segundo período para las diluciones de mazorca 1.2 y 0.3 g. La primera, presentó un valor mínimo al inicio de este período, mientras que la segunda registró valores negativos las tres primeras horas del segundo período. En la celda con mazorca 0.6 g, después de la cuarta hora del tercer período se observaron valores negativos. Esta inversión en el voltaje pudo ser causado por una falta en la fuente de alimentación de los microorganismos o una carencia en el poder de generación debido a la ausencia de actividad microbiológica en la celda, tal como fue descrito por Oh y Logan (2007), el cual reportó valores

negativos de hasta -600 mV, aproximadamente dentro de las primeras 30 horas donde agregaron acetato 1M, dichos resultados fueron similares a lo encontrado en nuestro estudio. Estudios previos muestran que la inversión de voltaje afecta de manera adversa a las bacterias presentes en la biopelícula mostrando una reducción en su rendimiento. Cabe la posibilidad de que la actividad microbiana no se haya presentado estable debido a la presencia de oxígeno en el ánodo, promoviendo la degradación aeróbica y por consiguiente una disminución de materia orgánica como fuente de alimentación de los microorganismos (Lu et al., 2009). Por otro lado, podría deberse también a la antigüedad de la biopelícula que cubría el ánodo, impidiendo a las nuevas células aportar a la generación de voltaje. El primer período fue considerado como un período de aclimatación en el cual las celdas fueron colonizadas por los microorganismos. Sin embargo, la celda con la dilución de mazorca 0.3 g fue la que presentó un crecimiento en el voltaje notablemente estable respecto a las demás muestras, lo cual se extendió a lo largo del segundo y tercer período.

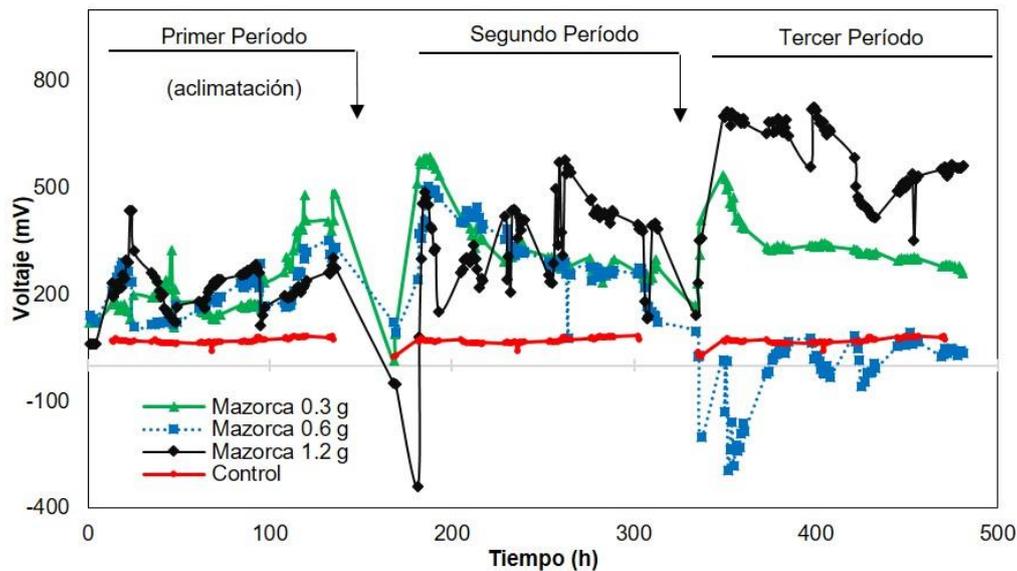


Fig. 2: Cinética de voltaje (mV) vs tiempo (h) de las muestras de mazorca de 0.3, 0.6 y 1.2 g, categorizado en los tres periodos de evaluación

Como se muestra en la Figura 3, respecto a los valores máximos de voltaje que se registraron en los diferentes períodos, se observó que el valor más alto se presentó en el tercer período en la dilución de mazorca 1.2 g ( $726 \pm 5.6$  mV), con una diferencia de 191 mV respecto a la dilución de mazorca 0.3 g. La muestra que presentó menores valores máximos durante los tres períodos fue la dilución de mazorca 0.6 g, presentando en el tercer período valores similares al control negativo. Por otro lado, la dilución de mazorca 1.2 g, presentó un crecimiento ascendente en sus valores máximos durante todo el experimento, en comparación con las demás muestras cuyos valores disminuyeron en el tercer período. Buitrón y Pérez (2011) reportaron valores máximos de 540, 530 y 760 mV para sus muestras de 40, 80 y 120 mL (utilizando agua residual y acetato de sodio) dentro de las primeras 24, 25 y 143 horas, respectivamente. Los dos primeros valores fueron similares a nuestros resultados del segundo período, en las diluciones de mazorca 0.3 y 0.6 g, ya que dentro de las primeras 20 horas de este período, se presentó valores de 585 y 504 mV, respectivamente. En el caso de Logroño et al. (2015), se observaron valores máximos entre 405 y 545 mV en una muestra de 4 L de suelo amazónico y materia orgánica, lo cual fue inferior a los valores máximos de voltaje de las muestras de mazorca de cacao evaluadas en nuestro estudio.

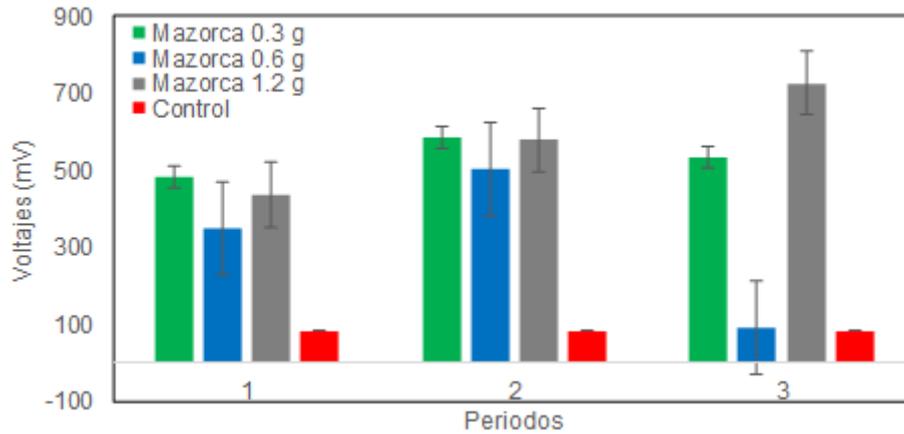


Fig. 3: Voltajes máximos (mV) de las muestras de mazorca de 0.3, 0.6 y 1.2 g, categorizado en los tres periodos de evaluación

Al evaluarse la densidad de potencia (Figura 4), en la dilución de mazorca 1.2 g, se observó un incremento exponencial en comparación a los demás tratamientos, registrándose una densidad máxima de potencia de 11.75 mW/m<sup>2</sup> con 692 mV. En la dilución de mazorca 0.3 y 0.6 g, la densidad máxima de potencia se registró en el segundo periodo, presentándose valores de 4.14 y 3.59 mW/m<sup>2</sup>, respectivamente.

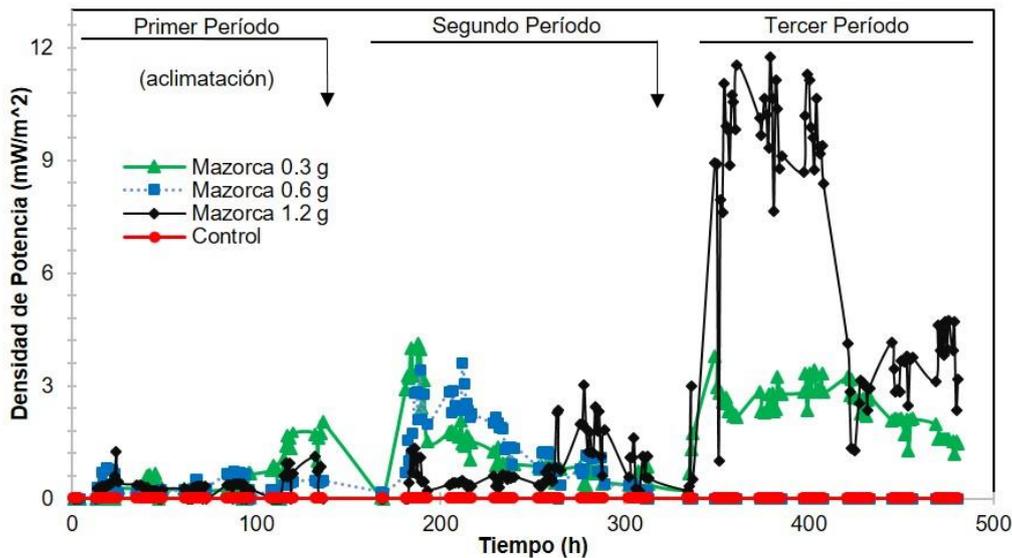


Fig. 4: Distribución de la densidad de potencia (mW/m<sup>2</sup>) vs tiempo (h) de las muestras de mazorca de 0.3, 0.6 y 1.2 g, categorizado en los tres periodos de evaluación

La densidad de potencia reportada con respecto al área del ánodo, aproximadamente comprende un rango de 4.85 mW/m<sup>2</sup> (Mora y Bravo, 2017) a 392 mW/m<sup>2</sup> (Buitrón y Pérez, 2011) utilizando como sustrato agua residual doméstica, y entre 16 a 28 mW/m<sup>2</sup>, utilizándose sedimentos anaerobios (Cervantes, 2011). Dichos resultados son similares a nuestro estudio, cuyo valor máximo de densidad de potencia fue de 11.75 mW/m<sup>2</sup>, correspondiente a la dilución de mazorca 1.2 g. En general, se observó que los resultados con valores más altos de densidad de potencia fueron los correspondientes a la muestra con mayor concentración de sustrato. En la Tabla 1, se observa que al evaluarse la densidad de potencia respecto al volumen de la cámara anódica, se encontró una similitud con los datos anteriores, siendo la diluciones de mazorca 1.2 y 0.3 g las que presentaron los niveles más altos, 0.28 y 0.10 W/m<sup>3</sup>, respectivamente. Dichos valores fueron inferiores a la densidad de potencia de 4.5 W/m<sup>3</sup>, reportada por Buitrón y Pérez (2011). Por otro lado, la eficiencia coulombica (Tabla 1) registrada en el presente estudio para las diluciones de

mazorca fue menor al 1%, presentando los valores más altos, las diluciones de mazorca 1.2 y 0.3 g (0.33 y 0.08%, respectivamente). Es importante mencionar, que la eficiencia coulombica fue calculada a partir de los datos de glucosa, considerando que el sustrato fue mayoritariamente glucosa, sin embargo, la mazorca de cacao posee azúcares reductores que consisten principalmente fructosa y en menor cantidad glucosa (Campos-Vega et al., 2018). Por otro lado, Vogl et al. (2016) registran eficiencias coulombicas de  $40 \pm 2\%$  en una celda de operación por lote con sustrato de glucosa y acetato. Cervantes (2011) describe que generalmente la eficiencia coulombica disminuye por el empleo de aceptores alternos de electrones, al igual que Lu et al. (2009), el cual menciona que el efecto de la difusión de oxígeno del cátodo en la celda puede provocar la degradación aeróbica del sustrato, otros factores que pueden influir son también la fermentación y la metanogénesis. Lu et al. (2009) reportó una remoción del 75% de materia orgánica, mientras que Mora y Bravo (2017) reportaron una disminución del 59%, en comparación a nuestro estudio cuya eficiencia de remoción fue de máximo 33% en la dilución de mazorca 0.3 g, seguido por la muestra de mazorca 0.6 g (5.18%), siendo la remoción vista como ineficiente con base en la DQO soluble presente en la muestra, cuya disminución significaría consumo de sustratos para la generación de potencial energético. Sin embargo, la dilución de mazorca 1.2 g presentó una remoción de -86.9%, esta ineficiencia de remoción de las muestras con mayor cantidad de mazorca puede haber sido causada por la no filtración de la muestra antes de los análisis de DQO. En el estudio realizado por Cervantes (2011), realizan la medición de la DQO soluble, es decir, filtran su muestra antes del análisis de forma que garantizan que no exista interferencia por la biomasa.

Tabla 1: Parámetros de desempeño de las muestras de mazorca de 0.3, 0.6 y 1.2 g.

TRATAMIENTO	Densidad de potencia		Eficiencia de remoción (%)	Eficiencia coulombica (%)
	mW/m <sup>2</sup>	W/m <sup>3</sup>		
Mazorca 0.3 g	4.14	0.10	33.16	0.080
Mazorca 0.6 g	3.59	0.08	5.18	0.000
Mazorca 1.2 g	11.75	0.28	-86.92	0.330
Control	0.00	0.00	0.00	0.000

### Mucílago

Como se muestra en la Tabla 5, la curva de voltaje que mostró mayor estabilidad durante los periodos de evaluación correspondió a la dilución de mucílago 12.5%. Desde las 181 hasta las 260 horas, se observó un lento aumento del voltaje, desde los 341 hasta los 533 mV. A partir de las 261 horas, el voltaje decayó lentamente desde los 504 hasta los 431 mV a las 313 horas, tiempo de finalización del segundo periodo. Durante el tercer periodo, a las 381 horas, se observó que el voltaje máximo alcanzado fue de 474 mV, encontrándose durante gran parte del estudio entre los 400 a 500 mV, finalizando a las 481 horas en 407 mV.

Sin embargo, si bien la dilución de mucílago 12.5% fue la que se mantuvo más estable, la dilución de mucílago 6.25% alcanzó un voltaje máximo de 843 mV a las 349 horas durante el tercer periodo, siendo este el mayor voltaje obtenido durante el estudio. A las 359 horas, decayó hasta los 476 mV, para luego ir descendiendo hasta los 308 mV a las 472 horas, finalizando este periodo con 343 mV a las 481 horas.

Un estudio realizado por Buitrón y Pérez (2011) con una muestra de aguas residuales y una celda de una cámara de 120 mL, reportó un voltaje máximo de 760 mV, al utilizarse cámaras de 40, 80 y 120 mL. Otro estudio realizado con aguas residuales de la industria chocolatera, obtuvo un voltaje máximo de 0.398 V después de las 135 horas en una CCM con puente salino y 0.498 V después de las 177 horas en otra CCM con membrana de intercambio protónico. Asimismo, el mayor voltaje obtenido con un medio sintético compuesto por glucosa como fuente de carbono,

fue de 0.514 V (Patil et al., 2009). Como se observa, respecto a estudios anteriores, en nuestro estudio se obtuvo valores mayores de voltaje utilizando muestras de mucílago de cacao como sustrato.

Asimismo, en la Fig. 5, se observa que los valores de voltaje de la dilución de mucílago 25%, se mantuvo alrededor de los 100 mV con una variación entre los 99 a 226 mV entre las 108 y 136 horas, durante el primer período. Sin embargo, no se evidenció un incremento de voltaje durante el segundo ni tercer período, alcanzándose un pico máximo de 467 mV a las 428 horas, finalizando en 150 mV a las 481 horas. Al comparar nuestros resultados con lo reportado por Christwardana et al. (2018) se observa que dichos autores a una concentración de 5 mg/mL de glucosa, con una relación de glucosa/levadura de 1, obtuvieron como valor máximo 0.455 V y a medida que la relación aumentaba de 5 a 10, el voltaje también se incrementaba (0.512 y 0.654 V, respectivamente). Estos resultados fueron similares nuestro estudio, en términos de voltaje, más no en términos de concentración puesto que Christwardana et al. (2018) utilizó concentraciones mayores de sustrato.

Kong et al. (2018) reportan que las concentraciones de glucosa óptimas para el desempeño de una CCM se encuentran entre 0.5 a 4 g/L. Asimismo, a concentraciones mayores, la CCM no funciona adecuadamente y el voltaje tiende a disminuir. Al observar sus producciones de voltaje a 0.5 y 1 g/L de glucosa, resultaron ser muy similares (0.823 V), pero esta producción disminuye a una concentración de 2 g/L (0.744 V). Este comportamiento coincide con el reportado en nuestro estudio, no obstante, los valores son diferentes, esto puede deberse a que en el estudio anterior se trabajó con concentraciones de glucosa como única fuente de sustrato, mientras que en nuestro estudio se utilizó diluciones de mucílago, que presentan diferentes compuestos en distintas proporciones: agua (78-80%), azúcares simples (10-15%), ácido cítrico (1-3%), proteínas ( $\leq 1\%$ ), grasas ( $\leq 0.5\%$ ) y aminoácidos ( $\leq 0.2\%$ ) (Romero y Zambrano, 2012), lo cual a una determinada concentración puede tener un efecto favorecedor como adverso en la generación de voltaje puesto que a una mayor concentración se promueve la acidificación del medio mediante la fermentación, lo que puede ocasionar caídas de voltaje (López, 2014) y aumenta la resistencia interna del medio (Kong et al., 2018). Adicionalmente, un lodo típico está mayormente formado por bacterias fermentativas metanogénicas y sulfo reductoras, estas pueden ocupar espacio disponible en el ánodo lo que impediría una generación eficiente de energía y provocar potenciales diferentes (López, 2014).

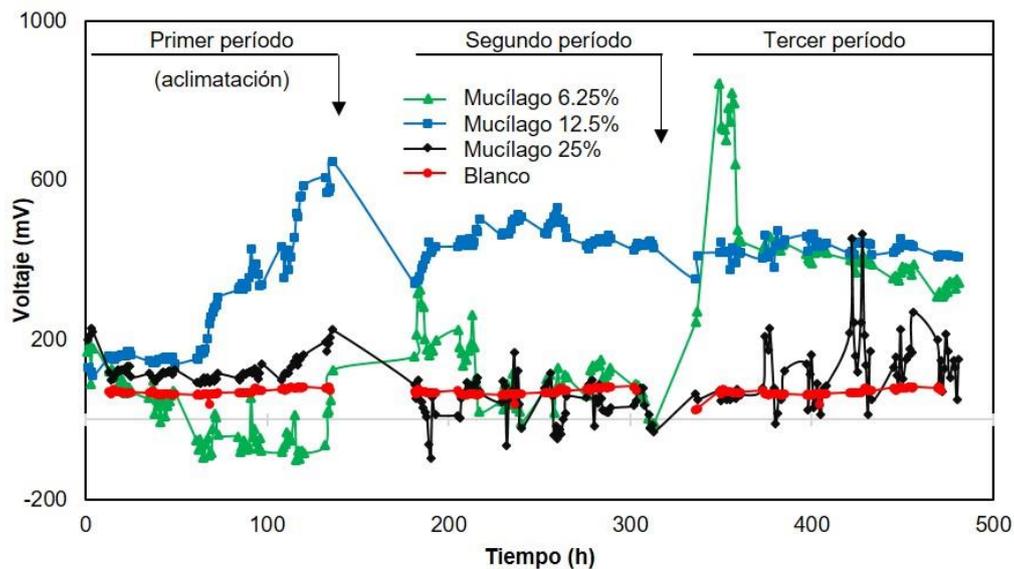


Fig. 5: Cinética de voltaje (mV) vs tiempo (h) de las muestras de mucílago 6.25%, 12.5% y 25%, categorizado en los tres periodos de evaluación

En la Fig. 6, se muestra los máximos voltajes obtenidos en función a la concentración de mucílago durante cada período de reemplazo. Durante el período de aclimatación (primer período), las diluciones de mucílago 12.5% y 6.25% mostraron el mayor y menor voltaje (647 y 190 mV, respectivamente). Durante el segundo período, el mayor voltaje (533 mV), fue presentado por la dilución de mucílago 12.5% pero disminuyó en un 21% respecto al período de aclimatación. Finalmente, durante el tercer período, se observó que el mayor voltaje fue alcanzado por la dilución de mucílago 6.25% (843 mV) con un incremento del 61.0% respecto al segundo período, seguido por mucílago 12.5% (474 mV) con una disminución del 12% y mucílago 25% (467 mV) con un incremento del 63.8%.

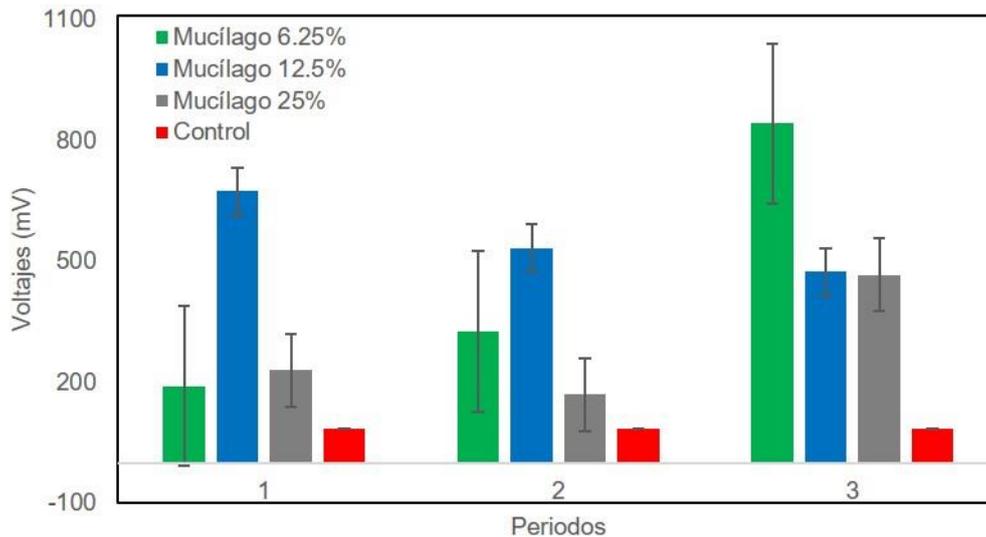


Fig. 6: Voltajes máximos (mV) de las muestras de mucílago 6.25%, 12.5% y 25%, categorizado en los tres periodos de evaluación

Asimismo, se evaluó la densidad de potencia en función al área del ánodo y al volumen del sustrato en  $mW/m^2$  y  $W/m^3$ , respectivamente. Como se muestra en la Figura 7, la muestra que mantiene una densidad de potencia por área del ánodo durante los tres diferentes períodos fue la dilución de mucílago 12.5%. En el caso de mucílago 6.25%, en el tercer período alcanzó su valor máximo de  $5.94 mW/m^2$  y  $0.14 W/m^3$ . La dilución de mucílago 25%, fue la que obtuvo la menor producción con un máximo de  $0.64 mW/m^2$  y  $0.02 W/m^3$  (Tabla 2). La mayor densidad de potencia reportada en la literatura es de  $5.61 W/m^2$  utilizando un ánodo macroporoso de grafeno multicapa 3D en sustrato de acetato (Ren et al., 2016). Sin embargo, Chaturvedi y Verma (2016) realizaron una comparación de la densidad de potencia por área de ánodo generada por diferentes sustratos, reportándose que este parámetro se encuentra en el rango de 1 a  $3600 mW/m^2$ , mientras que en la mayor parte de sustratos se encuentra entre los 10 a  $1000 mW/m^2$ . Baogang (2016) muestra resultados de densidad de potencia de  $555 mW/m^2$  en tres celdas de combustible microbiano con un total de 125 mL (5 cm x 5 cm x 5 cm), utilizando como sustrato glucosa. Estos resultados muestran que la experimentación realizada se encuentra por debajo del rango normal de densidad de potencia, demostrando así, que si bien existe liberación de electrones no hay una transferencia de éstos al cátodo. Lo mencionado anteriormente se corrobora con las eficiencias coulombicas de cada muestra de mucílago de nuestro estudio, 0.005% (mucílago 6.25%, remoción de materia orgánica 4.83), 0.006% (mucílago 12.5%, remoción de materia orgánica 20%), y 0.0002% (mucílago 25%, remoción de materia orgánica 19.82%), que resultaron ser bajas al compararlas con otros sustratos.

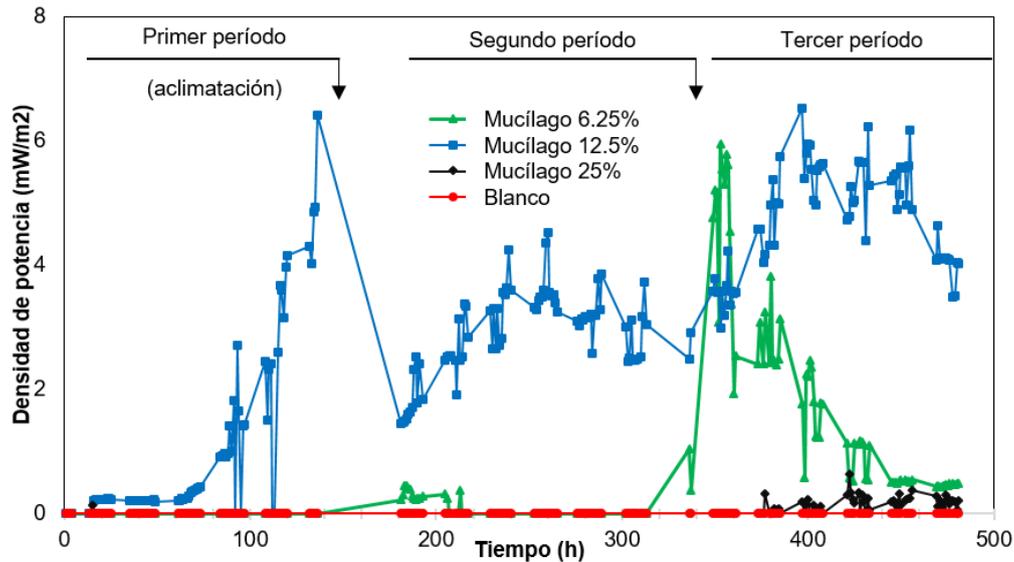


Fig. 7: Distribución de la densidad de potencia (mW/m<sup>2</sup>) vs tiempo (h) de las muestras de mucílago 6.25%, 12.5% y 25%, categorizado en los tres periodos de evaluación

Tabla 2: Parámetros de desempeño de las muestras de mucílago 6.25%, 12.5% y 25%.

Tratamiento	Densidad de potencia		Eficiencia de remoción (%)	Eficiencia coulombica (%)
	mW/m <sup>2</sup>	W/m <sup>3</sup>		
Mucílago 6.25%	5.94	0.14	4.83	0.005
Mucílago 12.5%	6.52	0.15	20.03	0.006
Mucílago 25%	0.64	0.02	19.82	0.000
Control	0.00	0.00	0.00	0.000

## CONCLUSIONES

De acuerdo a nuestros resultados, se puede concluir que las diluciones de mazorca 1.2 g y mucílago 12.5% presentaron los mayores desempeños eléctricos comparado con las demás muestras evaluadas. Sin embargo, la dilución de mazorca 1.2 g no resultó ser tan estable en el tiempo evaluado como lo fue la dilución de mazorca 0.3 g. Asimismo, la dilución de mucílago 12.5% no alcanzó un desempeño eléctrico comparable con la literatura estudiada. Finalmente, se recomienda realizar mayores estudios con la muestra de mucílago y mayores concentraciones de mazorca, incluyendo aumento de tamaño de la celda, variación de electrodos, disminución de resistencia externa y configuración de circuito alterno.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT) del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) del Perú y la Universidad Científica del Sur, Contrato 137-2017-FONDECYT. Se agradece al Laboratorio de Química y Bioquímica de Productos Naturales de la Universidad Científica del Sur por facilitar sus instalaciones para la ejecución de la fase experimental de esta investigación.

## CONTRIBUCIONES

Claudia Plasencia-Verde, Katherine Grabiell-Rios: concibió y diseñó los experimentos, realizó los experimentos, analizó e interpretó los datos, escribió el artículo.

José Luque: concibió y diseñó los experimentos, analizó e interpretó los datos.

Ivan Best: concibió y diseñó los experimentos, analizó e interpretó los datos, escribió el artículo.

## NOTACION

F	= cte de Faraday (98 485 C/mol de e <sup>-</sup> )
b	= N° de moles de electrones producidos por una mol de sustrato (b=24)
S <sub>i</sub>	= concentración del sustrato (g/L)
v	= volumen (L)
M <sub>i</sub>	= peso molecular del sustrato (180 g/mol)

## REFERENCIAS

- Arteaga, Y., *Estudio del desperdicio del mucilago de cacao en el Cantón Naranjal (provincia del Guayas)*, ISSN: 1390-6623, Revista ECA Sinergia, 4, 1, 49-59 (2013).
- Baogang, L. y Chuanping M., *Effects of various organic carbon sources on simultaneous V(V) reduction and bioelectricity generation in single chamber microbial*, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.11.060>, Bioresource Technology 201 (2016) 105–110 (2016).
- Botero, N., Londoño, L. y Rojas, L., *Extracción de polifenoles totales asistida por enzimas, a partir de residuos de la industria del cacao*, doi: 10.15446/agron.colomb.sup.2016n1.58784, Agronomía Colombiana, 1, S622-S625 (2016).
- Buitrón, G. y Pérez, J., *Producción de electricidad en celdas de combustible microbianas utilizando agua residual: efecto de la distancia entre electrodos*, ISSN 1405-888X, Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas, 14, 1, 5–11 (2011).
- Campos-Vega, R., K. Nieto-Figueroa y B. Oomah, *Cocoa (Theobroma cacao L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.022>, Trends in Food Science & Technology, 81, 172-184 (2018)
- Cervantes, C., *Biodegradación de aguas residuales y producción de electricidad en una celda de combustible microbiano*, Universidad Nacional Autónoma de México, México (2011).
- Chaturvedi, V. y Verma, P., *Microbial fuel cell: a green approach for the utilization of waste for the generation of bioelectricity*, doi: 10.1186/s40643-016-0116-6, Bioresources and Bioprocessing, 3, 38, 1-14 (2016).
- Chouler, J., Padgett, G. y otros cinco autores, *Towards effective small scale microbial fuel cells for energy generation from urine*, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2016.01.112>, Electrochimica ACTA, 192, 89-98 (2016).
- Christwardana, M., Frattini, D. y otros tres autores, *Optimization of glucose concentration and glucose/yeast ratio in yeast microbial fuel cell using response surface methodology approach*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.09.068>, Journal of Power Sources, 402, 402-412 (2018).
- Jiménez-Escamilla, M. G., Garibay-Orijel, C. y Borja-Salin, M. A., *Modelo Bioquímicamente Estructurado para la estimación de la Eficiencia de una Celda de Combustible Microbiana*, doi: <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.02.13>, Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 34, 2, 331–345 (2018).
- International trade center, *Trade Map*, <https://www.trademap.org/>
- Kong, X., Yang, G. y Sun, Y., *Performance Investigation of Batch Mode Microbial Fuel Cells Fed With High Concentration of Glucose*, doi: 10.26717/BJSTR.2018.03.000864, Biomed J Sci & Tech Res, 3, 2,

3099-3104 (2018).

- Liu, H., y Logan, B. E., *Electricity Generation Using an Air-Cathode Single Chamber Microbial Fuel Cell in the Presence and Absence of a Proton Exchange Membrane*, doi: <https://doi.org/Doi.10.1021/Es0499344>, *Environmental Science and Technology*, 38,14, 4040–4046 (2004).
- Logroño, W., Echevarría, M., Recalde, C. y Graziani, P., *Bioconversión de Residuos Sólidos Orgánicos con Suelos de la región Amazónica y Alto Andina del Ecuador en Celdas de Combustible Microbiano de Cámara Simple*, doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000200008>, *Información tecnológica*, 26, 2, 61-68 (2015).
- López, J., *Desarrollo de una celda de combustible microbiana (CCM) para aplicación en tratamiento de aguas residuales*, Repositorio institucional Centro de investigación y desarrollo tecnológico en electroquímica, México (2014).
- López, M., Rodríguez, F. J. y otros cuatro autores, *Performance of a Microbial Fuel Cell operated with vinasses using different cod concentrations*, doi: <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.03.14>, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33,3, 521–528 (2017).
- Lu, N, Zhou, S. y otros tres autores, *Electricity generation from starch processing waste water using Microbial Fuel Cell technology*, doi: <https://doi.org//10.1016/j.bej.2008.10.005>, *Biochemical Engineering Journal*, 43, 3, 246-251 (2009).
- Martinez, C., Zhu, X. y Logan, B., *AQDS Immobilized Solid-Phase Redox Mediators and their role during bioelectricity generation and RR2 Decolorization in Aircathode Single-Chamber Microbial Fuel Cells*, doi: [10.1016/j.bioelechem.2017.07.007](https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2017.07.007), *Bioelectrochemistry*, 118, 123-130 (2017).
- Ministerio de Agricultura, *Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA)*, Dirección de Estadística Agraria de la Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas, Lima, Perú (2020).
- Mora, A. y Bravo, E., *Diversidad Bacteriana asociada a Biopelículas Anódicas en Celdas de Combustible Microbianas alimentadas con Aguas Residuales*, doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v22n1.55766>, *Acta Biológica Colombiana*, 22, 1, 77-84 (2017)
- Morales, O., Borda, A. y otros cuatro autores, *La alianza Cacao Perú y la cadena productiva del cacao fino de aroma*, Universidad ESAN, Lima, Perú (2015).
- Oh, E y Logan, B., *Voltage Reversal during Microbial Fuel Cell stack operation*, doi: [10.1016/j.jpowsour.2007.02.016](https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2007.02.016), *Revista Power Sources*, 167, 1, 11–17 (2007).
- Patil, S., Prasad, V. y otros cinco autores, *Electricity Generation using chocolate industry wastewater and its treatment in activated sludge based Microbial Fuel Cell and analysis of developed microbial community in the anode chamber*, doi: [10.1016/j.biortech.2009.05.041](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.05.041), *Bioresource Technology*, 100, 21, 5132–5139 (2009).
- Ren, H., Tian, H. y otros tres autores, *A Miniaturized Microbial Fuel Cell with Three-Dimensional Graphene Macroporous Scaffold Anode Demonstrating a Record Power Density of Over 10,000 Wm<sup>-3</sup>*, doi: [10.1039/C5NR07267K](https://doi.org/10.1039/C5NR07267K)2016, *Nanoscale*, (2016).
- Romero, C. y Zambrano, A., *Análisis de azúcares en pulpa de cacao por colorimetría y electroforesis capilar*, *Revista Científica UDO Agrícola*, 12, 4, 906-913 (2012).
- Romero, C., *Estudio del Cacao en el Perú y el Mundo, Situación Actual y Perspectivas en el Mercado Nacional e Internacional al 2015*, Ministerio de Agricultura y Riego, Lima, Perú (2016).
- Slate, A., Whitehead, K., Brownson, D. y Banks, C., *Microbial Fuel Cells: An overview of current technology*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.09.044>, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101, 60-81 (2019).
- Standard Methods: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method (2017).
- Vogl, A., Bischof, F. y Wichern, M., *Single Chamber Microbial Fuel Cells for high strength wastewater and blackwater treatment—A comparison of idealized wastewater, synthetic human blackwater, and diluted pig manure*, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2016.08.007>, *Engineering Journal*, 115, 64-71 (2016).

# ANEXOS



**CARTA N°041-2019-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA**

**APROBACIÓN ACADÉMICA DEL PROYECTO DE TESIS**

El proyecto de tesis titulado: **“Evaluación del potencial energético del mucílago de Theobroma cacao por medio de celdas de combustible microbiano”** desarrollado por las estudiantes Plasencia Verde, Claudia Cristina y Grabiél Ríos, Katherine Sofía con N° de matrícula 100010179 y 100012946 respectivamente, y asesorado por **Dr. Ivan Karlos Best Cuba** queda APROBADO.

Que la versión presentada del proyecto de tesis fue sometida a evaluación antiplagio por la Dirección General de Investigación, desarrollo e Integridad Científica.

Lima, 05 de marzo del 2019

  
**Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca**  
Director Académico  
Carrera de Ingeniería Ambiental



T // (51) 610 6400  
opción 2  
[www.cientifica.edu.pe](http://www.cientifica.edu.pe)

Campus  
Panamericana Sur  
km 19 - Lima 42

**COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN  
INVESTIGACIÓN CON ANIMALES Y  
BIODIVERSIDAD**

**CIENTÍFICA**  
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

**Constancia N° 89-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2019**

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad de la Universidad Científica del Sur (CIEI-AB-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado**.

Código de registro: **361-2018-PRE11**

Título: **Evaluación del potencial energético de residuos de Theobroma cacao por medio de celdas de combustible microbiano**

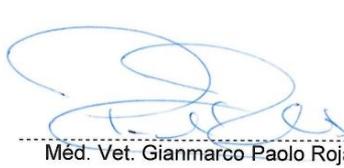
Investigador(a): **Katherine Sofia Grabiél Ríos  
Claudia Cristina Plasencia Verde**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-AB-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 26 de febrero del 2021**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 27 de agosto de 2019




Méd. Vet. Gianmarco Paolo Rojas Moreno  
Presidente  
Comité Institucional de Ética en Investigación  
con Animales y Biodiversidad

T // (51) 610 6400  
opción 3  
[www.cientifica.edu.pe](http://www.cientifica.edu.pe)

Campus  
Panamericana Sur  
km 19 - Lima 42



**RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°146-2019-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 31 de octubre del 2019

**VISTO:**

El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado: **Evaluación del potencial energético de residuos de Theobroma cacao por medio de celdas de combustible microbiano**, presentado por:

- **Claudia Cristina Plasencia Verde / Katherine Sofia Grabiél Ríos**

**CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de **Ingeniera Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

**SE RESUELVE:**

Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: **Evaluación del potencial energético de residuos de Theobroma cacao por medio de celdas de combustible microbiano** con N° de registro: **361-2018-PRE11**, y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente/colaborador **Iván Karlos Best Cuba** como asesor para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese,

  
Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca  
Director Académico de Carrera  
Ingeniería Ambiental

T// (51) 610 6400  
opción 2  
www.cientifica.edu.pe

Campus  
Panamericana Sur  
km 19 - Lima 42

**From:** CIT REVISTAS <[citrevistas@gmail.com](mailto:citrevistas@gmail.com)>  
**Sent:** Tuesday, December 1, 2020 5:20:18 PM  
**To:** Claudia Cristina Plasencia Verde <[100010179@ucientifica.edu.pe](mailto:100010179@ucientifica.edu.pe)>  
**Cc:** 'Iván Karlos Best Cuba' <[ibest@cientifica.edu.pe](mailto:ibest@cientifica.edu.pe)>; [kgrabriel@cientifica.edu.pe](mailto:kgrabriel@cientifica.edu.pe) <[kgrabriel@cientifica.edu.pe](mailto:kgrabriel@cientifica.edu.pe)>; 'IVAN BEST CUBA' <[ivan.best@upch.pe](mailto:ivan.best@upch.pe)>; 'Claudia Plasencia' <[claudiaplasencia@outlook.com](mailto:claudiaplasencia@outlook.com)>; [mfernandezs@cientifica.edu.pe](mailto:mfernandezs@cientifica.edu.pe) <[mfernandezs@cientifica.edu.pe](mailto:mfernandezs@cientifica.edu.pe)>  
**Subject:** RE: Su pago a Centro de Información Tecnológica

**Estimado(a) autor(a):**

Agradecemos su preferencia para publicar en nuestra revista "*Información Tecnológica*". Su pago está confirmado y emitiremos el Comprobante de Pago.

Para emitir el Comprobante (que seguramente necesita para justificar el pago realizado ante su institución) envíenos por favor lo siguiente:

- 1.- *Nombre o Razón Social*
- 2.- *Dirección física del Nombre o Razón Social del punto 1 (calle, N°, ciudad, país)*
- 3.- *Algún número de proyecto o cuenta interna (opcional)*

El envío del Comprobante será vía correo electrónico en formato PDF.

Agradeciendo su comprensión, le saluda muy atte.

**Rodrigo Olivares A.**

**Editor Asistente**