

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Determinación de proteobacterias exoelectrogenas en los suelos de la universidad peruana unión para futura generación de energía renovable

Por:

Javier David Cochachi Bustamante

Ericka Lucia Jimenez Hualpa

Asesor:

Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas

Lima, diciembre del 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas, de la Facultad de Ingeniería y arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: **“DETERMINACIÓN DE PROTEOBACTERIAS EXOELECTROGENAS EN LOS SUELOS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN PARA FUTURA GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE”** constituye la memoria que presentan los estudiantes Javier David Cochachi Bustamante y Ericka Lucia Jimenez Huallpa, para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución. Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima, a los 02 días de diciembre del año 2019.



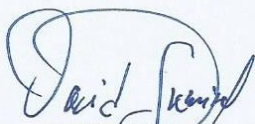
Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas

Determinación de proteobacterias exoelectrogenas en
los suelos de la Universidad Peruana Unión para
futura generación de energía renovable

Trabajo de investigación

Presentada para optar el grado de bachiller de Ingeniería Ambiental


JURADO CALIFICADOR



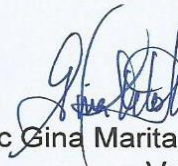
Mg. David Andres Sumire Quenta
Presidente



Ing. Orlando Alán Poma Porras
Secretario



Ing. Nancy Curasi Rafael
Vocal



Lic. Gina Marita Tito Tolentino
Vocal



Mg Joel Hugo Fernandez Rojas
Asesor

Lima, 02 de diciembre de 2019

Determinación de proteobacterias exoelectrogenas en los suelos de la Universidad Peruana Unión para futura generación de energía renovable

DETERMINATION OF EXOELECTROGENIC PROTEOBACTERIA IN SOILS OF THE PERUVIAN UNION UNIVERSITY FOR FUTURE GENERATION OF RENEWABLE ENERGY

ERICKA JIMENEZ HUALLPA§*, JAVIER COCHACHI BUSTAMANTE§

§ *Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Universidad Peruana Unión*

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo cuantificar las *proteobacterias exoelectrogenas* en los suelos de la Universidad Peruana Unión (UPeU) para futura generación de energía renovable. Para ello, fueron seleccionados 4 puntos (p1=campos de lucmas, p2=mansión, p3=laboratorio FIA, y p4=pabellón D) de muestreo de estos suelos a 30 cm de profundidad cada uno. De cada punto, fueron colectados 1 kg de tierra. A las muestras colectadas en cada punto se le aplicaron 12 tratamientos (tierra sola=4, tierra + agua riego-UPeU=4, y tierra + agua laguna mansión-UPeU=4). El método de tinción GRAM y la determinación directa por microscopio fueron utilizados para contabilizar el número de microorganismos. Las cantidades obtenidas de microorganismos en cada punto de muestreo y por tratamientos fueron comparadas.

Los resultados mostraron que, entre los puntos, el punto 1 presentó mayor número de microorganismos (101). En contraste, el punto 4 mostro menor número de microorganismos (32). Entre los tratamientos, el tratamiento 9 del punto 1 mostró mayor número de *proteobacterias exoelectrogenas* (12). A diferencia del tratamiento 4 del punto 3 mostró la menor cantidad de microorganismos (1). Además, se observó que en todos los puntos y tratamientos empleados se llegó a cuantificar el número de microorganismos. Del estudio realizado se logró determinar las *proteobacterias exoelectrogenas* en los suelos de la Universidad Peruana Unión usando la metodología planteada.

Palabras claves: proteobacterias exoelectrogenas, energía renovable, suelo, agua residual.

Abstract

The present study aimed to determine exoelectrogenic proteobacteria in the soils of the Universidad Peruana Unión (UPeU) for future renewable energy generation. For this, 4 points were selected (p1 = lucma fields, p2 = mansion, p3 = FIA laboratory, and p4 = pavilion D) for sampling these soils at 30 cm depth each. From each point, 1 kg of land was collected. To the samples collected at each point, 12 treatments were applied (soil alone = 4, soil + irrigation water-UPeU = 4, and soil + water lagoon mansion-UPeU = 4). The GRAM staining method and direct microscope determination were used to count the number of microorganisms. The amounts obtained from microorganisms at each sampling point and by treatments were compared.

The results showed that, among the points, point 1 presented a greater number of microorganisms (101). In contrast, point 4 showed a smaller number of microorganisms (32). Among the treatments, treatment 9 of point 1 showed a greater number of exoelectrogenic proteobacteria (12). Unlike treatment 4 in point 3, it showed the least amount of microorganisms (1). In addition, it was observed that the number of microorganisms was quantified in all the points and treatments used. From the study carried out it was possible to determine the exoelectrogenic proteobacteria in the soils of the Universidad Peruana Unión using the proposed methodology.

Keywords: exoelectrogenic proteobacteria, renewable energy, soil, wastewater.

*Correspondencia de autor: Asociación Sol de Vitarte ,cruz del sur, Ate, Lima , Perú

E-mail: erickajimenez@upeu.edu.pe

INTRODUCCIÓN

El alto consumo de combustibles como el petróleo crudo, gas natural y biocombustibles se va incrementando a la par con los efectos antrópicos sobre el cambio climático (Benavides et al, 2006), por lo que muchos investigadores buscan que la implementación de energías renovables sea una alternativa eficiente en el futuro (Estrada & Salazar, 2013). Actualmente, el uso de microorganismos podría ayudar a la generación de energía renovable, como las proteobacterias exoelectrogenas (*Geobacter*, *Clostridium sordellii*, *C. bifermentans*, entre otras), que son capaces de llevar a cabo la conversión de energía química en eléctrica sin dañar al ambiente (Huitzil, 2010). La generación de energía se da en condiciones anoxicas mediante sedimentos provenientes de alguna fuente de agua, donde se permitirá el crecimiento de bacterias con metabolismo anaerobio (Chaudhuri & Lovely, 2003), utilizando así como fuentes de carbono y donadores de hidrogeno los compuestos generados por las bacterias fermentadoras (González Gamboa, 2013)

Al degradar estos compuestos se desprenderán electrones liberados que terminaran acoplándose a compuestos como el nitrato, el sulfato, y el Fe (III), entre otros (Esteve Nuñez, Visconti & Loyley, 2008). Mientras que en los procesos redox de respiración anaerobia es necesario la presencia de receptores de electrones como son: Nitratos, Sulfatos, Fumarato, Ferricianuro, Fe (III), oxígeno y electrodos (Richardson, 2000). Los electrones liberados son captados por un ánodo o electrodo, que a través de una celda de energía microbiana (CEM) se procesará para la obtención de la energía eléctrica (Khan, 2015).

Por lo que la celda de combustible microbiana es un reactor bio-electroquímico capaz de convertir la energía química en energía eléctrica a través de reacciones químicas catalizadas en condiciones anóxicas por la *Geobacter* y en ausencia de oxígeno puro, pero ante la presencia de nitratos o sulfatos como agentes de oxidación para descomponer la materia orgánica (Lewis & Nocera, 2006).

La celda de combustible microbiana posee dos compartimentos, anódico y catódico, que están separados por una membrana permeable de intercambio de protones (Logan, 2016). El compartimiento anódico se conserva en condiciones anaeróbicas donde la biopelícula del *Geobacter* sobrepuesto en el ánodo oxida la materia orgánica y genera dióxido de carbono, protones y electrones (Harnisch, 2008)

Entre los más destacados de las proteobacterias exoelectrogenas se encuentra la bacteria *Geobacter Sulfurreducens*, debido a que poseen una red de Citocromos tipo C multihemo (Zuo et al, 2008), una proteína que funciona como mecanismo de transporte electrónico y vincula entre si la membrana interna, el Periplasma y la membrana externa, ver con el fin de transferir los electrones desde una sustancia que es oxidada a otra que se reduce o acepta electrones” (Romero, 2012)

El *Geobacter* aplica el ciclo Krebs para utilizar la respiración y poder obtener los electrones, dentro de este ciclo las reacciones químicas oxidaran la materia orgánica hasta producir dióxido de carbono, ATP, energía en forma utilizable (electrones) y agua. Mientras la red de Citocromos Tipo C multihemo será como un capacitor almacenando energía para conservar la célula activa en su búsqueda de nuevos aceptores de electrones (Benetto, 1990).

En la etapa de crecimiento y reproducción de la proteobacteria exoelectrogena, los nutrientes se procesarán e incorporarán como nuevo material de célula. Por lo que se denominaría como una fisión binaria el proceso reproductivo de la *Geobacter*, donde las células individuales se duplican a una tasa característica, teniendo un tiempo de reproducción aproximado de 19 ± 3.6 h en laboratorio. El crecimiento de la población se compone de 4 fases, en la fase lag las células se ajustan a su nuevo ambiente, mientras que en la fase exponencial la población de proteobacterias exoelectrogenas se duplica de forma rápida bajo condiciones óptimas de pH y temperatura. El número de células producidas es igual al

número de células que mueren, se genera un equilibrio dinámico donde el crecimiento bacteriano se detiene. Mientras que en la fase estacionaria existe un agotamiento de algún nutriente. Finalmente, en la fase de declinación o muerte la tasa de destrucción supera la tasa de crecimiento (Kim,Chae Choi & Verstraete, 2008).

Para la proteobacteria exoelectrogénica se encontró que el crecimiento óptimo de estas especies se produce cuando el pH se encuentra en el rango de 6,2-7,4 y la temperatura en el rango de 22-30°C; no se observa crecimiento cuando el pH es inferior a 5,8 ó superior a 8,0 y la temperatura es inferior a 10 °C ó superior a 36 °C con cepas del género *Geobacter* bajo condiciones adecuadas y nutrientes básicos (Khan, 2015).

Estudios como (Serment, Lara & Becerril, 2017) han utilizado dos celdas de energía microbiana junto a un electrodo como aceptor final para captar los electrones que liberan las proteobacterias exoelectrógenas al degradar la materia orgánica, a partir de lodos del río Lerma y de la planta de tratamiento de agua del Centro Interamericano de Recursos del Agua, donde se estudió varias proteobacterias con la capacidad de liberar electrones a través del metabolismo donde se comparó la generación de voltaje siendo la *Geobacter sulfurreducens* la más eficaz que las otras como *Clostridium sordellii* y *C. bifermentans*, sin embargo han sido pocos los que pueden realizarlo sin la presencia de mediadores (electrodo). Los resultados muestran que la estrategia planteada en este trabajo es adecuada para la localización, aislamiento e identificación de bacterias exoelectrógenas que pudieran ser utilizadas in situ para tratamiento y generación de electricidad en zonas contaminadas.

Otro estudio como (Romero, 2012) donde confirmarían el mismo funcionamiento y capacidades de las proteobacterias exoelectrogénicas, estudiando las características principales de la bacteria, como los mecanismos utilizados para convertirla en una fuente de energía renovable competitiva. Los resultados muestran un análisis comparativo de fuentes de energía convencionales y no convencionales con respecto a la familia de bacterias *Geobacter*.

MATERIALES Y MÉTODOS

LUGAR DE ESTUDIO

Este estudio se llevó a cabo dentro del campus de la Universidad Peruana Unión, Ñaña ubicado en Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Lurigancho, situada a 11°59'11.00"S y 76°50'12.82"O. El área se caracteriza por tener un suelo árido en su mayoría.

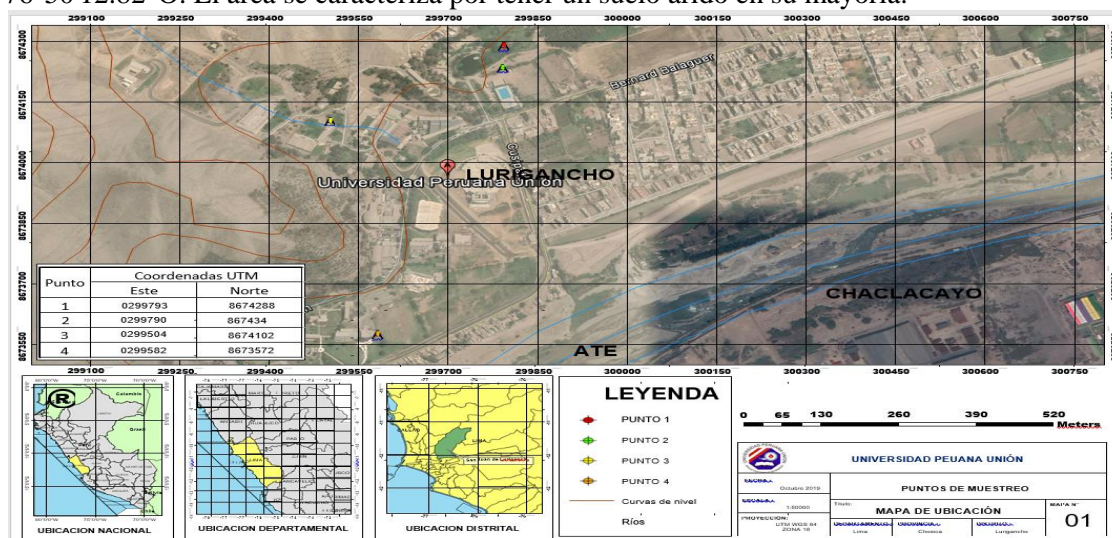


Figura 1. Mapa de ubicación de los puntos trabajados en los suelos de la UPeU

Para el análisis de datos, se ha desarrollado mediante el Software Estadístico libre RStudio, en el cual se ha procesado nuestros datos, para obtener los gráficos estadísticos.

METODOLOGIA DE CAMPO

Materiales

Para lograr todos los procedimientos elaborados en este estudio se ha requerido de estos materiales

Tabla 1. Materiales que se usó en el estudio

Insumos	Materiales			
	Material de Campo	Material de Gabinete	Material de Laboratorio	Reactivos
4kg de Tierra	2 Palas	Laptop	Balanza electrónica	Lugol
1L Agua de Riego	2 Guante de Protección	Calculadora científica	16 placas de Petri	Safranina
1L Agua de la laguna de la Mansión	2 par de zapatos de seguridad	Celular	16 pipetas de 10ml	Azul Violeta
	1 Balanza digital de 5kg		Aza de siembra	Aceite de inversión
	2 frascos de vidrio		Mechero	
	1Caja Termica		Busen	
	1 Flexometro		Incubadora	
	1 Camara			
	1 Cuaderno apuntes			

Determinación del método

La metodología que se desarrolló en este proyecto, fue en base al método de Tinción Gram y determinación directa por microscopio para determinar y contabilizar las proteobacterias exoelectrogenas. Lo cual dentro del estudio se escogieron 4 puntos dentro del campus universitario, estos puntos fueron basándose en investigaciones previas de (Romero, 2012) como los lugares potenciales en los que podríamos encontrar proteobacterias exoelectrogenas. Los puntos de muestreo escogidos son los siguientes: **Punto 1.** Cerca al canal de riego que pasa por la chacra de lúcumas, **Punto 2.** Cerca de la mansión UPeU, **Punto 3.** Detrás de los laboratorios de FIA., **Punto 4.** Cerca al estacionamiento del Pabellón D. Los procesos para el posterior análisis de los datos obtenidos de la muestra son: **Proceso 1.** Extracción de la

muestra. El lugar elegido se raspa superficialmente y se limpia de restos vegetales, pero sin eliminar suelo. El uso del barreno facilita la obtención de muestras de igual volumen y profundidad. En este caso se introduce en forma vertical en el sitio escogido y a la profundidad recomendada en la guía para el muestreo de suelos.

En estos casos se recomienda un muestreo bidimensional, es decir, la toma de submuestras (10 – 25 unidades) en un área y una capa determinada y unir las sub-muestras individuales en una muestra compuesta. **Proceso 2** Homogenización de las muestras. Se coloca la muestra traída del campo sobre una superficie dura no absorbente (Rectángulo de lona, hule o tela plástica de 2.0 m x 2.5 m), limpia y nivelada; se mezcla totalmente y se forma una pila cónica miniatura, con ayuda de un palustre o palana. Se aplana el cono apretándolo con el palustre o la pala. Una vez se logre un espesor uniforme y una Figura regular, se cuartea el material cortándolo por diámetros normales entre sí para tener cuatro porciones iguales, de las cuales se descartan dos diagonalmente opuestas. Se repite el proceso hasta obtener la muestra del tamaño deseado (0,5 – 1 kg). **Proceso 3** Manejo de las muestras. Es necesario observar ciertas consideraciones en el manejo de las muestras, sin embargo, es pertinente cumplir con los protocolos establecidos por los laboratorios respecto a la recolección y conservación de las muestras para sus análisis detallados en la “Guía para el muestreo de suelos, MINAM, 2014.” **Proceso 4.** Se analiza las muestras teniendo en cuenta los códigos de tratamiento de las muestras por punto de muestreo los cuales, asimismo se procede a incubar en condiciones óptimas de ph(6,2-7,4) y temperatura(22-30°C) durante 18 días y luego de este periodo de tiempo se hará la tinción Gram para determinar el crecimiento y cantidad de las proteobacterias exoelectrogenas

Tabla 2. Códigos utilizados para cada punto de muestreo.

Códigos de tratamiento de las muestras	
Tr-1	= Tierra sola (10gr)
Tr-2	= Tierra (10 gr) + agua de riego UPeU (10 ml)
Tr-3	= Tierra (10 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (10 ml)
Tr-4	= Tierra sola (20gr)
Tr-5	= Tierra (20 gr) + agua de riego UPeU (20 ml)
Tr-6	= Tierra (20 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (20 ml)
Tr-7	= Tierra sola (30gr)
Tr-8	= Tierra (30 gr) + agua de riego UPeU (30 ml)
Tr-9	= Tierra (30 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (30 ml)
Tr-10	= Tierra sola (40gr)
Tr-11	= Tierra (40 gr) + agua de riego UPeU (40 ml)
Tr-12	= Tierra (40 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (40 ml)

Tabla 3. Parámetros medidos para los sustratos estudiados

Sustrato	Temperatura	pH
Tierra Punto 1	22.2	8.28
Tierra Punto 2	23.6	6.74
Tierra Punto 3	23.7	7.87
Tierra Punto 4	25.3	7.91
Agua laguna mansión UPeU	22.9	8.31
Agua de riego UPeU	22.8	7.67

RESULTADOS Y DISCUSIONES

REGISTRO DEL NÚMERO DE PROTEOBACTERIAS EXOELECTROGENAS

A partir del método descrito para cada uno de los puntos y tratamientos empleados, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4: Cuantificación de número de microorganismos por cada punto y tratamiento.

Puntos	Concentración y sustrato	Número de proteobacterias identificadas
Punto 1	Tierra (10 gr) + agua de riego UPeU (10 ml)	6
	Tierra (10 gr) + agua de riego UPeU (10 ml)	7
	Tierra (10 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (10 ml)	9
	Tierra sola (20gr)	7
	Tierra (20 gr) + agua de riego UPeU (20 ml)	9
	Tierra (20 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (20 ml)	11
	Tierra sola (30gr)	8
	Tierra (30 gr) + agua de riego UPeU (30 ml)	9
	Tierra (30 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (30 ml)	12
	Tierra sola (40gr)	6
	Tierra (40 gr) + agua de riego UPeU (40 ml)	8
	Tierra (40 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (40 ml)	9
	Total de proteobacterias exoelectrogenas en el Punto 1	101
	Punto 2	Tierra (10 gr) + agua de riego UPeU (10 ml)
Tierra (10 gr) + agua de riego UPeU (10 ml)		3
Tierra (10 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (10 ml)		5
Tierra sola (20gr)		3
Tierra (20 gr) + agua de riego UPeU (20 ml)		4
Tierra (20 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (20 ml)		6
Tierra sola (30gr)		3
Tierra (30 gr) + agua de riego UPeU (30 ml)		4
Tierra (30 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (30 ml)		6
Tierra sola (40gr)		2
Tierra (40 gr) + agua de riego UPeU (40 ml)		3
Tierra (40 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (40 ml)		4
Total de proteobacterias exoelectrogenas en el Punto 2		45
Punto 3		Tierra (10 gr) + agua de riego UPeU (10 ml)
	Tierra (10 gr) + agua de riego UPeU (10 ml)	3
	Tierra (10 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (10 ml)	5
	Tierra sola (20gr)	1
	Tierra (20 gr) + agua de riego UPeU (20 ml)	2
	Tierra (20 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (20 ml)	4
	Tierra sola (30gr)	2
	Tierra (30 gr) + agua de riego UPeU (30 ml)	2
Tierra (30 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (30 ml)	3	
Tierra sola (40gr)	3	

	Tierra (40 gr) + agua de riego UPeU (40 ml)	2
	Tierra (40 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (40 ml)	3
	Total de proteobacterias exoelectrogenas en el Punto 3	32
	Tierra (10 gr) + agua de riego UPeU (10 ml)	4
	Tierra (10 gr) + agua de riego UPeU (10 ml)	5
	Tierra (10 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (10 ml)	6
	Tierra sola (20gr)	6
	Tierra (20 gr) + agua de riego UPeU (20 ml)	6
Punto 4	Tierra (20 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (20 ml)	7
	Tierra sola (30gr)	5
	Tierra (30 gr) + agua de riego UPeU (30 ml)	5
	Tierra (30 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (30 ml)	7
	Tierra sola (40gr)	4
	Tierra (40 gr) + agua de riego UPeU (40 ml)	6
	Tierra (40 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (40 ml)	8
	Total de proteobacterias exoelectrogenas en el Punto 4	69
Total de proteobacterias exoelectrogenas en los suelos de la Universidad Peruana Unión		247

Tabla 5. Análisis estadístico general de las cantidades de proteobacterias exoelectrogenas en los suelos de la Universidad Peruana Unión

<i>Estadística descriptiva</i>	
Media	5.15
Error típico	0.37
Mediana	5.00
Moda	6.00
Desviación estándar	2.59
Varianza de la muestra	6.72
Curtosis	0.17
Coefficiente de asimetría	0.60
Rango	11
Mínimo	1
Máximo	12
Suma	247
Cuenta	48

La Tabla 2 indica las etiquetas empleadas que facilitan la interpretación de los resultados para los 4 puntos estudiados y los 12 tratamientos empleados. Por otro lado la Tabla 4 clasifica y cuantifica los resultados del número de proteobacterias exoelectrogenas encontrados según el punto de muestreo y el tratamiento recibido, encontrándose así 247 de estos microorganismos presentes en los suelos de la Universidad Peruana Unión.

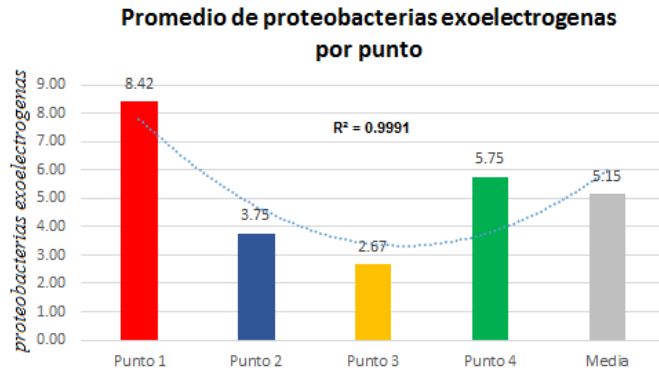


Figura 2. Gráfica de las cantidades promedios de microorganismos presentes en cada uno de los puntos analizadas

Los datos analizados se ajustan a una tendencia polinómica en los 4 puntos analizados, la media de las cantidades de proteobacterias exoelectrogenas en los suelos de la Universidad Peruana Unión fue 5.15.

REGISTRO DEL NÚMERO DE PROTEOBACTERIAS EXOELECTROGENAS POR PUNTO

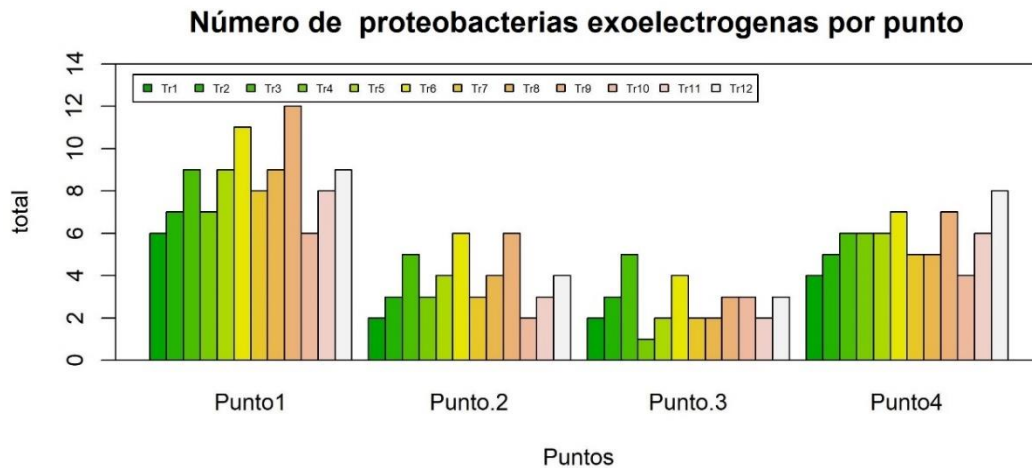


Figura 3. Número de proteobacterias exoelectrogenas por cada punto

En el Punto 1 se encontraron un total de 101 proteobacterias exoelectrogenas, siendo el tr9, Tierra (30 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (30 ml), el tratamiento con el que se logró identificar la mayor cantidad de bacterias (12) para este punto. En el Punto 2 se encontraron un total de 45 proteobacterias exoelectrogenas, siendo el tr6 y tr9; Tierra (20 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (20 ml) y Tierra (30 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (30 ml) respectivamente, los tratamientos con los que se lograron identificar la mayor cantidad de bacterias (6). En el Punto 3 se encontraron un total de 32 proteobacterias exoelectrogenas, siendo el tr3, Tierra (10 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (10 ml), el tratamiento con el que se logró identificar la mayor cantidad de bacterias (5) para este punto. En el Punto 4 se encontraron un total de 69 proteobacterias exoelectrogenas, siendo el tr12, Tierra (40 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (40 ml), el tratamiento con el que se logró identificar la mayor cantidad de bacterias (8) para este punto. La diferencia de cantidades de estos microorganismos está altamente ligada a su entorno tal como explican (Sharma,2016; Sun 2010; White,2009; Zuo, 2008) en las investigaciones realizadas por estos. Además las condiciones climatológicas y estacionarias influyen en el desarrollo de estos microorganismos según (Eyiuche,2017; Lakaniemi, 2012) enfatizan que la temperatura y sus variaciones está altamente ligada al desarrollo de las proteobacterias exoelectrogenas.

REGISTRO DEL NÚMERO DE PROTEOBACTERIAS EXOELECTROGENAS POR TRATAMIENTO

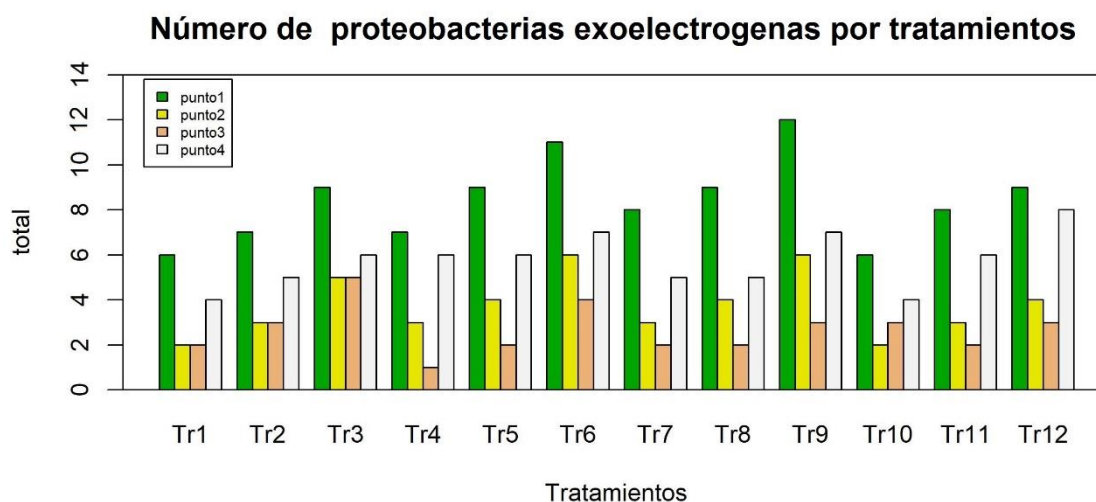


Figura 4. Número de proteobacterias exoelectrogenas por tratamiento

Los tratamientos que emplearon tierra sola presentaron la menor cantidad de bacterias a diferencia de los puntos a los que se les agregó agua riego-UPeU y agua lagua mansión-UPeU, los cuales llegan a formar un sustratos que proporciona nutrientes básicos y elementales para el crecimiento de estos microorganismos como lo afirma (Varela & Grotiuz, 2008; Yu, 2011).

En los 4 puntos estudiados se logró identificar proteobacterias exoelectrogenas, debido a que estos cumplían probablemente con las condiciones de su hábitat mencionadas por Andrés, et al., (2017) sobresaliendo los tratamientos a los que se le agregó agua de la laguna de la mansión UPeU la cual se caracteriza por tener un alto contenido de materia orgánica evidenciado por un estudio realizado por Flores Gómez, et al., (2018), puesto que estos microorganismos necesitan de sustratos que contengan materia orgánica como su fuente de energía y de carbono para su óptimo crecimiento y desarrollo, para así estas puedan producir energía durante su metabolismo (Romero, 2012; Esteve Núñez, 2008). Por otra parte, los tratamientos en los que se empleó agua de riego de la UPeU, por poseer un tratamiento de sistema de humedales; depura el agua, disminuyendo así la concentración de nutrientes como lo muestra un estudio realizado por Cruz et al., (2016). Además las condiciones de pH (6,2 - 7,4) y temperatura (22 - 30 °C) durante su incubación fueron controladas para maximizar y optimizar el crecimiento de estas.

De estos 4 puntos, destacan el Punto 1 y Punto 4, por tener las características y condiciones ambientales de sedimentos de agua dulce para el mejor desarrollo de proteobacterias exoelectrogenas las que mejoran la biorremediación en la superficie del sedimento mencionado por (González Gamboa, 2013). A diferencia del Punto 2 y Punto 3, los cuales se caracterizan por no tener estas mismas condiciones que permitan el desarrollo ideal de estos microorganismos (Serment Guerrero, et al.,2017).

CONCLUSIONES

Se concluye que, las proteobacterias exoelectrogenas pueden ser identificadas en los suelos de la Universidad Peruana Unión, en forma natural y potenciar su crecimiento controlando las condiciones de Temperatura y pH durante la incubación

En todos los casos que se agregó agua de la laguna de la mansión UPeU se logró identificar mayor cantidad de proteobacterias exoelectrogenas. Siendo así el Punto 1, con un total de 101 proteobacterias exoelectrogenas, el punto en cual se logró identificar la mayor cantidad de estos microorganismos en los suelos de la Universidad Peruana Unión. Además el tr9, Tierra (30 gr) + agua de la laguna de la mansión UPeU (30 ml), fue el tratamiento con el que se pudo identificar la mayor cantidad de proteobacterias exoelectrogenas (12) para este punto. En contraste del Punto 3, con un total de 32 proteobacterias exoelectrogenas, fue el punto en cual se logró identificar la menor cantidad de estos microorganismos; siendo el tr4, Tierra sola (20gr), el tratamiento con el que se identificó la menor cantidad de proteobacterias exoelectrogenas (1) para este punto.

RECOMENDACIONES

Se recomienda trabajar con otros sustratos que se podría encontrar en el área de trabajo, los cuales deben ser ricos en materia orgánica, para así tener nuevos tratamientos y determinar una mayor cantidad de proteobacterias exoelectrogenas.

Se recomienda proveer de un ambiente rico en materia orgánica a las proteobacterias exoelectrogenas y estas puedan tener los nutrientes necesarios para potenciar su crecimiento.

Se recomienda trabajar en diferentes periodos estacionales para determinar la variación en el crecimiento y desarrollo de estos microorganismos, aplicando diferentes tratamientos que incluyan tierra sola y agregando algún sustrato a diferentes concentraciones.

Agradecimientos

A Dios principalmente por la sabiduría que nos da para entender nuestro tema de investigación, así mismo a nuestros docentes por su orientación con respecto al tema de estudio. Del mismo modo a nuestros padres por su total abnegación hacia nosotros sus hijos, que en el afán de brindarnos una correcta educación estamos en esta casa de estudios.

Referencias

- Andrés, G., Gómez, H., Alejandro, M., & Olvera, S. (2017). Bacterias Electrogénicas. 4–10.
- Benavides L.M.J., Quintero G., Guevara V.A.L., Jaimés C.D.C., Gutiérrez R.S.M. y Miranda G.J. (2006). Bioremediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo. NOVA-Publicación Científica 4 (5), 82-90
- Bennetto H. (1990). "Bugpower" - the generation of microbial electricity. En: *Frontiers of science*. (A. Scott, Ed.), Blackwell, Oxford, Reino Unido, pp. 60-82
- Chaudhuri S. y Lovely D. (2003). Electricity generation by direct oxidation of glucose in mediator less microbial fuel cells. *Nat. Biotechnol.* 21 (10), 1129-1232. DOI: 10.1038/nbt867
- Cruz, M., Carbo, N., Gonzales, J. L., Tito, G., Depaz, K., Torres, S., ... Quispe, W. (2016). Tratamiento De Las Aguas De La Laguna "Mansión" Mediante La Especie *Eichhorniacrassipes*, Para El Riego De Áreas Verdes En La Universidad Peruana Unión. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 09(08), 53–65. <https://doi.org/10.9790/2380-0908025365>
- Esteve Núñez, A. (2008). Bacterias productoras de electricidad. Del subsuelo a la pila de combustible. *Temas de Actualidad*.
- Esteve Núñez,Visconti & Loyley. (2008). Fluorescent properties of c-type cytochromes reveal their potencial role as extracytoplasmic electron sink in *Geobacter Sulfurreducens* . *Environmental Microbiology*,

- Estrada & Salazar. (2013). Generación de energía eléctrica a partir del tratamiento de aguas residuales por medio de bioceldas. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Eyiche, N. J., Asakawa, S., Yamashita, T., Ikeguchi, A., Kitamura, Y., & Yokoyama, H. (2017). Community analysis of biofilms on flame-oxidized stainless steel anodes in microbial fuel cells fed with different substrates. *BMC Microbiology*, 17(1), 0–8. <https://doi.org/10.1186/s12866-017-1053-z>
- Flores Gómez, S., SIU CESAR, J., TTIRA AURES, E., CERNA BECERRA, T., & CASTRO, Á. (2018). Parámetros de calidad del agua y estado trófico de humedal artificial costero: caso de laguna “La Mansión” – Lima (Perú). *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4(1). <https://doi.org/10.17162/rictd.v4i1.1070>
- González Gamboa, N. K. (2013). Evaluación de sedimentos procedentes de la ciénaga de Puerto Progreso y Puerto de Abrigo de Yucalpetén en celdas de combustible microbianas de sedimentos. (Vol. 1). <https://doi.org/10.11113/jt.v56.60>
- Harnisch, Schroder & Fritz. (2008). The Suitability of Monopolar and Bipolar Ion Exchange Membranes as Separators for Biological Fuel Cells. *Environmental Science & Technology*, 42(5), 1740–1746.
- Huitzil. (2010). Universidad nacional autónoma de México. Universidad Nacional Autónoma de México, 1, 24–30.
- Khan. (2015). Electricity Generation by Microbial Fuel Cells Electricity Generation by Microbial Fuel Cells. *Adv. in Nat*, 3(May 2009), 279–286.
- Kim, Chae Choi & Verstraete. (2008). Microbial fuel cells: Recent advances bacterial communities, and application beyond electricity generation. *Environmental*, 51.
- Lakaniemi, A. (2012). Microalgal Cultivation and Utilization in Sustainable Energy Production. Finland: Tampere University of Technology.
- Lewis N.S. y Nocera D.G. (2006) Powering the planet: Chemical challenges in solar energy utilization. *P. Natl. Acad. Sci. USA* 103 (43), 15729-15735. DOI: 10.1073/pnas.0603395103
- Logan. (2016). Logan B.E.. Exoelectrogenic bacteria that power microbial fuel cells. *Nat Rev Microbiol* 7: 375- 381. *Microbiology*, 1(September), 375–381. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2113>
- Richardson. (2000). SPECIAL Bacterial respiration : a flexible process for a changing environment. *Microbiology*, 1, 551–571.
- Romero, V. & L. (2012). Bacterias, fuente de energía para el futuro. *Tecnura*, 16(32), 118–143.
- Sharma, S. C. D., Feng, C., Li, J., Hu, A., Wang, H., Qin, D., & Yu, C. P. (2016). Electrochemical characterization of a novel exoelectrogenic bacterium strain SCS5, isolated from a mediator-less microbial fuel cell and phylogenetically related to *Aeromonas jandaei*. *Microbes and Environments*, 31(3), 213–225. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME15185>
- Serment Guerrero, J. H., Lara Rivera, E. A., Becerril Varela, K., Suárez Contreras, S., & Ramírez Durán, N. (2017). Detección y aislamiento de microorganismos exoelectrógenos a partir de lodos del río Lerma, Estado de México, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(4), 617–628. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.04.06>
- Sun, Y., Zuo, J., Cui, L., Deng, Q., & Dang, Y. (2010). Diversity of microbes and potential exoelectrogenic bacteria on anode surface in microbial fuel cells. *Journal of General and Applied Microbiology*, 56(1), 19–29. <https://doi.org/10.2323/jgam.56.19>
- Varela, G., & Grotiuz, G. (2008). Fisiología y metabolismo bacteriano Metabolismo productor de energía. *Temas De Bacteriología Y Virología Médica*, 43–57.
- White, H. K., Reimers, C. E., Cordes, E. E., Dilly, G. F., & Girguis, P. R. (2009). Quantitative population dynamics of microbial communities in plankton-fed microbial fuel cells. *ISME Journal*, 3(6), 635–646. <https://doi.org/10.1038/ismej.2009.12>
- Yu, J., Cho, S., Kim, S., Cho, H., & Lee, T. (2011). Comparison of exoelectrogenic bacteria detected using two different methods: U-tube microbial fuel cell and plating method. *Microbes and Environments*, 27(1), 49–53. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME11205>
- Zuo, Y., Xing, D., Regan, J. M., & Logan, B. E. (2008). Isolation of the exoelectrogenic bacterium *Ochrobactrum anthropi* YZ-1 by using a U-tube microbial fuel cell. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(10), 3130–3137. <https://doi.org/10.1128/AEM.02732-07>
- RStudio Team (2015). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA
URL [http://www.rstudio.com/.](http://www.rstudio.com/))