



Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas

ISSN: 2007-0934

revista\_atm@yahoo.com.mx

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

México

Sepúlveda Asprilla, Niza Inés

Estudio de la bioelectricidad y su potencial aplicación como biotecnología ambiental  
emergente en el contexto del departamento del Chocó

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 1, 2015, pp. 457-462

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Estado de México, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263139243062>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## **Estudio de la bioelectricidad y su potencial aplicación como biotecnología ambiental emergente en el contexto del departamento del Chocó**

**Niza Inés Sepúlveda Asprilla**

### **Introducción**

La inadecuada recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales, han generado, una creciente problemática de contaminación ambiental y sanitaria principalmente en las fuentes hídricas, limitando así la disponibilidad y restringiendo su uso. Lo anterior constituye un tema de preocupación global.

La contaminación ambiental se produce cuando en el medio ambiente aparecen determinados agentes físicos, químicos o biológicos que generan efectos nocivos en los seres vivos, poniendo en peligro el equilibrio natural y por ende la vida misma.

El medio ambiente como sistema complejo (SEEDA, S.L. y ANALITER, S.L 2001), sugiere revisar las relaciones entre la sociedad y el entorno debido a que cualquier actividad antrópica por mínima que sea, siempre generará algún efecto positivo o negativo en el medio; por lo tanto los problemas ambientales surgen como consecuencia de múltiples factores que interactúan constantemente y que deben ser vistos desde una perspectiva global integradora.

Por otra parte el continuo crecimiento de la población y el desarrollo industrial asociado han venido desmejorando la calidad de los recursos naturales sobre los que sustenta la vida, en especial sobre el recurso agua y la preservación del medio ambiente es una necesidad que exige hacer frente a dos de las principales preocupaciones a escala global: i) la amenaza del cambio climático y sus efectos, que se han relacionado directamente con el uso indiscriminado de combustibles fósiles (Maier et al., 2006), y (ii) la disponibilidad de agua limpia de fácil acceso (Oh, 2010).

La escasez del agua potable y el incremento en la producción de aguas residuales, nos enfrentan al reto de conseguir tratamientos adecuados para darle solución a la problemática. En Colombia mueren 1.300 niños al año por enfermedades diarreicas causadas por el consumo de agua no potable (MAVDT, 2008a) y sólo 65% de la población cuenta con eficiente cobertura de acueducto y alcantarillado (MAVDT, 2008b).

Para el departamento del Chocó las necesidades básicas insatisfechas (NBI según el DANE corresponden al 81.94%, el sistema de acueducto solo cubre el 27% del total de la población, las redes de alcantarillado cubren solo el 15,6% de los hogares y estas no cuentan con ningún tipo de tratamiento previo, siendo los ríos acueductos, alcantarillados, balnearios, vías y sitios de diversión. (Rojas, 1991).

Existen muchas zonas de la región contaminadas por vertimientos de aguas residuales por la ausencia de sistemas de tratamiento. Según Romero, 2010 esto genera riesgos sanitarios en la población e induce a realizar mayores esfuerzos tecnológicos para la potabilización de aguas.

A pesar del amplio conocimiento de los efectos de la contaminación sobre la salud y el medioambiente, la disposición final de las aguas residuales en la mayoría de los casos se realiza sin ningún tipo de tratamiento; en unos, debido al alto costo que implican las tecnologías convencionales y avanzadas, en otros, debido a la falta de conciencia en cuanto al peligro que esto representa para la naturaleza y por ende a la humanidad; por ello, se hace

necesaria la búsqueda de técnicas de bajo costo de inversión y bajo consumo energético, que conduzcan a la solución eficiente de esta problemática (Priscila Leiva 2005).

Intentar aplicar tecnologías propias de países desarrollados de forma indiscriminada, no constituye tampoco una solución, ya que es necesario estudiar previamente la adaptación de estas a las condiciones del contexto donde se pretenda aplicar. Para los países no desarrollados resulta complicado acceder a tecnologías para tratar las aguas residuales, esto se reduce aún más para el caso de comunidades o poblaciones pequeñas de escasos recursos económicos como las que caracteriza al departamento del Chocó.

### Algunas experiencias

Probablemente el antecedente más antiguo relacionado con el concepto de bioelectricidad lo constituye el hecho que **Aristóteles hace 350 a.c observó que el pez torpedo paralizaba a sus víctimas con una descarga eléctrica.** Además utilizó la aplicación de la electroterapia para el tratamiento de la gota.

Luego se resaltan las investigaciones de **Alejandro Volta**, sobre los efectos de la corriente sobre las ancas de rana lo que luego se materializaría en la invención **de la pila**.

Más adelante con las **investigaciones de Emil Du Bois-Reymond (1818-1896) uno de los fundadores de la electrofisiología se dio inicio a la era de la bioelectricidad.** Estableció Un campo eléctrico es un campo de fuerza creado por la atracción y repulsión de cargas eléctricas. Su aplicación en el tejido biológico fue iniciada por el fisiólogo alemán.

Las investigaciones y avances en este tema se han desarrollado principalmente en el campo de la salud mediante el desarrollo de sistemas de diagnóstico como la electrocardiografía y terapias con electricidad de baja frecuencia. Otto Von Guericke: en el siglo XVII construyó la primera máquina de electricidad artificial.

Algunas experiencias inspiradoras para la presente investigación lo constituyen algunos reportes publicados por **Kaku et al. 2008; Strik et al. 2008; De Schampelaire et al. 2008 publicaron trabajos donde describen celdas de combustible microbianas con plantas sMFCs.**

Otra la presenta **Machine, una compañía conformada en 1990 por un consorcio de científicos que combinan la aviación con la botánica.** El grupo de investigadores decidió construir un dispositivo capaz de volar gracias a la energía otorgada por los vegetales. Así nació la Aero-florale II. Desde su primer despegue, en 2010, ha recorrido el mundo buscando plantas de gran potencial eléctrico.

**Plant-e empresa que desarrolla productos en los que las plantas vivas generan electricidad.** Estos productos están basados en la tecnología que se ha desarrollado en Wageningen University, que fue patentada en 2007. La tecnología permite producir electricidad a partir de plantas que viven prácticamente en todos los sitios donde las plantas pueden crecer.

**Juárez, K 2001, realizo un trabajo denominado Producción De Bioelectricidad Y Biorremediación De Metales Pesados Por Geobacter Sulfurreducens.** Estudios de ecología molecular han demostrado que Geobacteraceae es un grupo predominante en el subsuelo y que juega un papel importante en los procesos biogeoquímicos de reducción disimilatoria de Fe (III) y Mn(IV). Esta característica se ha empleado exitosamente en procesos de biorremediación de acuíferos subterráneos y suelos contaminados por metales pesados, tales como uranio, tecnecio, vanadio y cromo, los cuales al ser reducidos a un estado redox más bajo, se precipitan, facilitando así su remoción.

**Nelli Beecroft 2010, Development Of A Microbial Fuel Cell (MFC) And Analysis Of Microbial Community Dynamics.** La base de este trabajo fue entender cómo el desempeño de Microbial Fuel Cells (MFC) pueden entenderse y mejorarse mediante el análisis del comportamiento de las comunidades microbianas de la cámara anódica. Se hipotetizó que tipos específicos de especies en general a ser más abundantes en MFC con el tiempo conduce a mayor potencia producción.

**F. de Vega; E. B. Abalos\* 2014, Biofisicoquímica De La Cuenca Del Rio Termas De Reyes Y Su Correlación Con Los Ya Determinados En Las Zonas De Los Valles, Quebrada Y Puna** es un estudio en donde se analizó la composición iónica, la conductividad, el pH y presión parcial de oxígeno de la Cuenca del río Termas de Reyes, para deducir parámetros biofisicoquímicos, los iones en equilibrio dinámico con el suelo, el origen de los mismos

al considerar el balance de las masas iónicas activas y su relación con las constantes del producto de solubilidad de las sales disueltas en el ecosistema acuático en estudio.

## Justificación

Los seres humanos somos dependientes de la naturaleza y la necesidad de satisfacer a la creciente población mundial ha provocado a través de los años la aparición de técnicas, sistemas y productos discordantes con medio natural en la mayoría de los casos.

Los problemas ambientales deben ser abordados con un enfoque integral, sistémico y holístico, debido a que tienen múltiples dimensiones y esta condición dificulta que sean resueltos por disciplinas tradicionales de manera independiente.

La contaminación ambiental y en especial la relacionada con el recurso hídrico constituyen un tema de relevancia que merece especial atención. En la Constitución Política (cp) de 1991, el componente ambiental surge como un derecho colectivo y como tal obtiene una protección especial tanto por parte del Estado (como protector de la integridad del medio ambiente) y como por los particulares (como usuarios del medio ambiente y con el derecho a gozar de un medio ambiente sano).

La importancia del agua es indiscutible; el ser humano está constituido principalmente por agua; además es indispensable para cualquier actividad industrial, agrícola o urbana lo que la convierte en un elemento estratégico en la definición de asentamientos humanos y un factor determinante de desarrollo.

Aunque la urbanización por sí misma no es un problema, los crecimientos mal planeados, por lo general, causan problemas ambientales, como agotamiento y contaminación de los recursos agua, aire y suelo por el vertimiento y manejo inadecuado de los residuos líquidos y sólidos generados (Troschinetz y Mihelcic, 2009).

Por otra parte la creciente demanda del recurso, así como la reducción de los caudales en ríos, la sobre explotación de acuíferos, los problemas de contaminación y degradación de la calidad de las aguas, las dificultades de acceso al recurso para satisfacer necesidades básicas de un alto porcentaje de la población, son desafíos que demandan con urgencia el desarrollo de estrategias.

Las aguas residuales provenientes de la industria, la agricultura y de las casas contienen materia orgánica disuelta que requiere ser removida antes de ser descargada al medio ambiente. Existen diversas clasificaciones para el tratamiento de las aguas residuales: por niveles, por operaciones y procesos, por grado de complejidad y tratamiento. En todos los casos, una adecuada selección y combinación permitirá dar cumplimiento a los requisitos del tratamiento (Noyola, 1998).

El saneamiento de ciudades mediante la evacuación y tratamiento de sus residuales líquidos y la consecuente protección del medio ambiente, se ha convertido en un problema de difícil solución en muchos países, dada la escasez de recursos para llevar a cabo inversiones que aseguren la solución de dicho problema.

Son muchas las causas que explican esta situación, pero en general puede decirse que ello se debe a que la estrategia de saneamiento y protección que usualmente se ha adoptado, está basada en un esquema clásico: fuente contaminante - sistema de tratamiento disposición al medio ambiente, que demanda apreciables volúmenes de recursos financieros y materiales que casi nunca se revierten en ganancia neta que pueda ser cuantificada (J Santiago 1997).

Los procesos biológicos parten de los principios que ocurren de manera natural en ríos, lagos o suelos, donde los microorganismos presentes consumen la materia orgánica y generan nuevo material celular o gas; los objetivos principales son estabilizar la materia orgánica y coagular y remover los sólidos coloidales que no se sedimentan de manera natural. Dependiendo de las circunstancias locales, se pueden incluir otros objetivos tales como la reducción de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y de otros compuestos orgánicos (Crites y Tchobanoglous, 2000; Metcalf y Eddy, 2003).

Se puede decir entonces que los procesos biológicos son modalidades de tratamiento más competitivas que los físico-químicos, porque, además de un cambio en el estado de la materia orgánica, ocurre una reducción real o su estabilización (Noyola, 1998).

Se conocen en la actualidad procesos para remover los contaminantes orgánicos presentes en las aguas de deshecho, la mayoría de estos son tratamientos aeróbicos, los cuales consumen grandes cantidades de energía en el proceso de aeración. Sin embargo, el tratamiento de aguas residuales ha empezado a ser reconocido como una fuente renovable para

la producción de electricidad lo cual podría emplearse para el mismo proceso de tratamiento de efluentes. (Aelterman et al., 2006, Logan & Reagan, 2006).

En la presente investigación se propone la biotecnología ambiental como caja de herramientas para dar opciones de solución a problemáticas como la contaminación de suelos y aguas.

Un adecuado proceso de tratamiento de aguas por ejemplo generalmente consta de una serie de métodos convencionales de desinfección, descontaminación y reducción de contenido de sales, el cual se establece de acuerdo al uso final del agua (Shannon et al., 2008). Lastimosamente en la región las redes de alcantarillado cubren solo el 15,6% de los hogares y estas no cuentan con ningún tipo de tratamiento previo, siendo los ríos acueductos, alcantarillados, balnearios, vías y sitios de diversión. (Rojas, 1991).

Los tratamientos biológicos de aguas residuales se basan en la utilización de organismos vivos (microorganismos), tales como bacterias, hongos e incluso macrófitos (plantas), los cuales son capaces de eliminar numerosos tipos de contaminantes orgánicos presentes en las aguas, ya que los utilizan como fuente de carbono y/o energía para su propio desarrollo (Arnáiz et al. 2000).

Tradicionalmente, las actividades biotecnológicas relacionadas con el medio ambiente se han fundamentado principalmente en la capacidad degradadora de los compuestos contaminantes por parte de la actividad metabólica de los microorganismos presentes en los ecosistemas naturales.

Se busca entonces abrir el campo de estudio en bioelectricidad y estimar el potencial de aguas residuales en función de la bioelectricidad, siendo considerada como una biotecnología ambiental novedosa y emergente.

Finalmente se hace referencia a los principios que Gunter Pauli plantea en su libro Economía Azul; los cuales constituyen fuente de inspiración y enfoque filosófico para el desarrollo del presente.

### Los Principios de la Economía Azul

**1.** Las soluciones se basan sobre todo en las leyes de física. Los factores decisivos son la presión y la temperatura tal y como se encuentran en el sitio.

**2.** Sustituye “algo” por “nada” - Para cada recurso, revisa si realmente es indispensable para la producción.

**3.** En la naturaleza los nutrientes, materiales y energía siempre se reutilizan – La basura no existe. Cada producto lateral es la base para un nuevo producto.

**4.** La naturaleza evolucionó desde pocas especies hacia una rica biodiversidad. Riqueza significa diversidad. Las normas industriales son el contrario.

**5.** La naturaleza da lugar a los empresarios que hacen más de menos. La naturaleza se opone a la monopolización.

**6.** La fuerza de gravedad es la fuente principal de energía, el segundo recurso renovable es la energía solar.

**7.** El agua es el soluble principal (en vez de catalizadores complejos, químicos y tóxicos).

**8.** La naturaleza está sometida a un constante cambio. Las innovaciones se dan continuamente.

**9.** La naturaleza trabaja solo con lo que se encuentra disponible en el mismo sitio. La economía sostenible no solo respeta los recursos naturales, sino también la cultura y la tradición. La naturaleza se orienta hacia las necesidades básicas y luego se desenvuelve desde la mera satisfacción hacia la sobreproducción. El modelo económico presente se basa en la escasez como punto de partida para la producción y el consumo.

**10.** Los sistemas naturales no se desarrollan en procesos lineales.

**11.** En la naturaleza todo es degradable – dependiendo solo del tiempo.

**12.** En la naturaleza todo está conectado y se desarrolla de manera simbiótica.

**13.** En la naturaleza el agua, el aire y el suelo son bienes comunes, de libre acceso y disponibles en abundancia. En la naturaleza un proceso tiene múltiples utilidades. Los sistemas naturales tienen riesgos.

**14.** Cada riesgo es un motivador para innovaciones.

**15.** La naturaleza es eficiente. Por ello la economía sostenible aprovecha al máximo los materiales y la energía disponibles, lo que hace que el precio baje para el consumidor.

**16.** La naturaleza busca lo mejor posible para todos los involucrados.

**17.** En la naturaleza las desventajas se convierten en ventajas. Los problemas son oportunidades.

**18.** La naturaleza persigue las ventajas de diversificación. Una innovación natural trae una multitud de ventajas para todos.

**19.** Responde a las necesidades básicas con lo que tienes, desarrolla innovaciones inspiradas en la naturaleza, crea beneficios múltiples así como empleo y capital social, ofrece más con menos: Esta es la **Economía Azul**.

De los anteriores se toman principalmente los siguientes:

**1. “las soluciones deben basarse sobre todo en las leyes de física”, 2.en la naturaleza los nutrientes, materiales y energía siempre se reutilizan, 3. todo está conectado y se desarrolla de manera simbiótica, 4.cada riesgo es un motivador para innovaciones y 5. En la naturaleza las desventajas se convierten en ventajas y los problemas en oportunidades.**

Darle una mirada de valor a sitios contaminados por aguas residuales se traduciría en “convertir un problema en una oportunidad” como lo sugiere Gunter Pauli.

## Bases teóricas

### Biotechnología Ambiental

La Sociedad Internacional de Biotechnología Ambiental la define como: "el desarrollo, uso y regulación de sistemas biológicos para la remediación de entornos contaminados (tierra, aire, agua).

### Biorremediación

Biotechnología que utiliza el potencial metabólico de los microorganismos (fundamentalmente bacterias, hongos y levaduras) para transformar contaminantes orgánicos en compuestos más simples poco o nada contaminantes, y, por tanto, se puede utilizar para limpiar terrenos o aguas contaminadas (Glazer y Nikaido, 1995). La **Fitorremediación** por su parte es una de las vertientes de la Biorremediación en la cual se usan plantas (Melcer y Post, 2004; (Valls M., (2002) )

### Bioenergía

El término bioenergía denomina a la energía renovable que se produce a partir de diversas fuentes biológicas (Mitchell, 2000, Srebotnjak et al., 2011, Panwar et al., 2011). Existen diversas tecnologías que se enfocan en la utilización de la energía acumulada en la biomasa de desechos como son: la metanogénesis (CH<sub>4</sub>), el biohidrógeno (H<sub>2</sub>) y la bioelectricidad (Logan et al., 2006).

La Bioelectricidad puede extraerse de sistemas bioelectroquímicos en donde se convierten sustratos orgánicos en electrones exocelulares y protones, los cuales pueden ser

recuperados de forma directa para producir energía eléctrica generando como subproducto agua y dióxido de carbono (Logan et al., 2006, Clauwaert, 2008).

## Objetivos

### Objetivo general:

Estudiar la bioelectricidad como una biotecnología Ambiental de potencial aplicación en el contexto del departamento del Chocó.

### Objetivos específicos:

Analizar la actividad eléctrica en sistemas biológicos característicos de zonas aluviales con influencia de aguas residuales.

Establecer las potenciales aplicaciones de la bioelectricidad en el marco de Biotechnologías Ambientales.

Describir los principios de funcionamiento de un Sistema Bioeléctrico en función de la depuración y la generación de energía.

Construir un sistema Bioeléctrico experimental a bajo costo a escala laboratorio.

## Metodología

Constituye un tipo de investigación Exploratoria y Experimental para la cual se presentan las siguientes fases:

**Fase 0: Investigación Documental** (revisión de literatura), Diseño de la investigación

**Fase 1:** Selección de sitios de muestreo. (Muestreos aleatorios y mediciones en campo).

**Fase 2** Análisis biológico y eléctrico de microcosmos en condiciones aisladas

**Fase 3** Montaje de un sistema Bioeléctrico experimental

**Fase 4** Toma de registros, Monitoreo y análisis.



## Equipos

**Instrumentación:** Computador, Microscopio con cámara, pH metro, higrómetro, osciloscopio, multímetro, generador de señales, generador de coloides, cámara UV, cámara infrarroja TDS. **Otros insumos:** Electrodo metálicos y no metálicos, suspensiones coloidales.

## Resultados

Información sobre el comportamiento eléctrico de sistemas biológicos propios de zonas aluviales o valles de ríos y quebradas con influencia de aguas residuales.

Potencialidades y aplicaciones de la bioelectricidad en el marco de Biotecnologías Ambientales.

Sistema Bioeléctrico experimental en función de la depuración y la generación de energía.

## Literatura citada

- Clauwaert, P. A., Peter; Pham, The Hai; Schamphelaire, Liesje; Carballa, Marta; Rabaey, Korneel; Verstraete, Willy. (2008). Minimizing losses in bio electrochemical systems the road to applications; . *Applied Microbiology and Biotechnology*. Vol. 79, pp 901.
- Díaz-Pulido, A. P. (enero-junio de 2009). *Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia* ISSN 0124-0579. Obtenido de Estud. Socio-Juríd., Bogotá (Colombia): <http://www.scielo.org.co/pdf/esju/v11n1/v11n1a5>
- Glazer, A.N. y Nikaído, H. ( 1995). *Microbial Biotechnology: Fundamentals of Applied Microbiology*. W. H. Freeman and Company, New York.
- lateconchoco. (10 de Septiembre de 2012). *lateconchoco.wordpress.com*/. Obtenido de Uncategorized : <http://lateconchoco.wordpress.com/2012/09/10/contaminacion-del-agua-en-el-choco-identificacion-del-problema/>
- Logan, B. E. ( (2006).). *Microbial Fuel Cells: Methodology and Technology*. *Environmental Science & Technology*. Vol. 40 , pp 5181-5192.
- MAVDT. (2008a. ). *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. Obtenido de Foro Vida.: <http://www.minambiente.gov.co/>
- MAVDT. (2008b). (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial . Obtenido de Agua Transparente. Noticias.
- Melcer R., P. L. ( 2004). Merging genes could create plants that clean contaminated ground. .
- Mitchell, C. P. ((2000).). Development of decision support systems for bioenergy applications. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 18, 265-278.
- ODUM, E. P. (1986.). *Fundamentos de Ecología*. Nueva Editorial Interamericana S. A. México, D. F.
- Panwar, N. L., Kaushik, S. C. and Kothari, S.,. ( 2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: . *A review; Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 15, pp 1513-1524.
- Roja, O. (1991). *Índices de Calidad del agua en Fuente de Captación*, " in *Seminario Internacional sobre calidad del agua para consumo*,. Cali.
- Shannon, Mark A.; Bohn, Paul W.; Elimelech, Menachem; Georgiadis, John G.; Mariñas, Benito J. and Mayes, Anne M. . ( 2008 ). Science and technology for water purification in the coming decades. *Nature* 452, no. 7185, 301-310.
- Valls M., D. L. ((2002)). Exploiting the genetic and biochemical capacities of bacteria for. *FEMS Microbiology Reviews*, 26: , pp 327-338.