

# Una nueva forma de impartir el seminario integrador de microbiología para la carrera de Ingeniería Química

*A new way to impart the integrative seminar of microbiology for Chemical Engineering career*

*MSc. Dunia Rodríguez-Heredia, Lic. Taimi Bessy-Horruitiner*

*duniarh@uo.edu.cu*

*Facultad de Ingeniería Química y Agronomía, Universidad de Oriente,  
Santiago de Cuba, Cuba*

## Resumen

La asignatura Microbiología se imparte en el tercer año de la carrera Ingeniería Química, su papel en el Plan de estudios se justifica por la existencia de múltiples procesos industriales en los que se emplean microorganismos. La asignatura no tiene examen final, por lo que cuenta con varias formas de evaluación parcial del proceso, dentro de las cuales se encuentra el seminario integrador. El objetivo de este trabajo es mostrar una nueva forma de impartir el seminario integrador de Microbiología, evidenciando la vinculación que existe entre la asignatura y la carrera Ingeniería Química. Esta nueva forma consiste en analizar el contenido de un artículo académico que vincule la asignatura con la carrera. Se presenta la guía del seminario, con todos los aspectos que deben desarrollar los estudiantes. Se muestra un ejemplo de análisis de un artículo científico y se presentan las ventajas de impartir el seminario integrador de esta nueva forma, con respecto a la forma clásica. Se concluye que esta es una alternativa factible, que puede ser extendida a otras asignaturas de la carrera.

**Palabras clave:** microbiología, Ingeniería Química, seminario integrador, microorganismos.

---

## Abstract

The subject Microbiology is taught in the third year of the Chemical engineering degree, its role in the curriculum is justified by the existence of multiple industrial processes in which microorganisms are used. The subject does not have a final exam, so it has several forms of partial evaluation of the process, among which is the integrative seminar. The objective of this paper is to show a new way of delivering the integrative seminar of Microbiology, demonstrating the link that exists between the subject and the Chemical engineering career. This new form consists of analyzing the content of an academic article that links the subject with the career. The seminar guide is presented, with all the aspects that students must develop. An example of analysis of a scientific article is shown, and the advantages of imparting the integrative seminar of this new form are presented, with respect to the classical form. It is concluded that this is a feasible alternative, which can be extended to other subjects of the career.

**Keywords:** microbiology, Chemical Engineering, integrative seminar, microorganisms.

## Introducción

La Microbiología es una asignatura básica específica que se imparte en el primer semestre del tercer año de la carrera Ingeniería Química. Su presencia en el Plan de Estudios de la carrera se justifica por el hecho de que existen un sin número de procesos industriales en los que intervienen los microorganismos, por lo que los estudiantes deben adquirir los conocimientos relacionados con los microorganismos, su morfología, fisiología, formas de cultivo, genética, métodos de control, entre otros, que le permitan controlar la calidad microbiológica de un proceso, prevenir la contaminación microbiana y mantener los parámetros de operación de procesos biotecnológicos y de la industria alimenticia.

Aunque es evidente el papel que juega la asignatura en la carrera, los estudiantes con frecuencia sienten que es un contenido aislado y se presentan más motivados por asignaturas “propias” de la carrera como Balance de masas y energía, Flujo de fluidos y otras que se imparten en el mismo año. A lo anterior se suma el hecho de que la asignatura tiene muchos seminarios, los cuales constituyen una forma de enseñanza bastante compleja, por cuanto abarcan mucho contenido; además, por lo general los estudiantes de la carrera sienten más motivación por las clases prácticas, muy ligadas al cálculo.

Por lo anterior, los profesores de la asignatura se dimos a la tarea de emplear una nueva forma de evaluar el seminario 8, seminario integrador de la asignatura. Esta consiste en asignarle a los estudiantes un artículo científico tomado del Google académico, para que lo analicen y perciban la vinculación de lo recibido en la asignatura con la práctica profesional, de ahí que el objetivo del trabajo sea mostrar una nueva forma de impartir el seminario integrador de Microbiología, evidenciando la vinculación que existe entre la asignatura y la carrera Ingeniería Química.

### *Fundamentación teórica*

En el actual plan de estudios de la carrera Ingeniería Química está presente la asignatura Microbiología, la cual forma parte de la disciplina Fundamentos Químicos y Biológicos (FQB) [1]. Esta es una asignatura básica específica que se imparte en el primer semestre del tercer año de la carrera, y tiene como

núcleo central tanto el conocimiento de la morfología, fisiología, genética y crecimiento microbiano como el conocimiento de la cinética de los procesos fermentativos, dotando a los estudiantes de herramientas para su accionar en procesos en los que intervienen microorganismos, como los que se llevan a cabo en cervecerías y pasteurizadoras, que son plantas en las que puede operar un ingeniero químico. De igual manera, en todas las industrias de alimentos se realizan análisis microbiológicos para detectar y eliminar microorganismos que pudieran afectar el proceso.

De lo anterior se puede apreciar que la Microbiología contribuye a la Ingeniería Química siempre que se trate de procesos biológicos, es decir, mediados por organismos vivos como los microorganismos.

La asignatura se imparte en cuatro formas de enseñanza: conferencias, clases prácticas, seminarios y laboratorios, los cuales forman parte del sistema de evaluación de la asignatura. Como no tiene examen final, se le da mucho peso a las dos pruebas parciales, a los tres laboratorios y al seminario integrador final, los cuales constituyen las principales formas de evaluación parcial del proceso [2].

La asignatura cuenta con ocho seminarios, los primeros siete constan de cuatro puntos a exponer por equipos de estudiantes, estos juegan un papel unificador del sistema de conocimientos del tema en que se desarrollen y deben involucrar la búsqueda, el análisis y síntesis de la información, la cual será expuesta y debatida usando métodos, técnicas y medios acordes a los fundamentos de la didáctica [2].

El seminario integrador, el seminario 8, tiene como objetivo integrar los conocimientos adquiridos durante todo el semestre y, por tanto, también posee un carácter unificador, pero esta vez, de todo el contenido de la asignatura. Hasta el curso 2014-2015, este seminario contaba con 4 puntos a exponer, los tres primeros integraban los conocimientos de morfología, citología, reproducción y genética de las bacterias, las levaduras y los hongos filamentosos, respectivamente; el último punto se relacionaba con la microbiología aplicada (microbiología de los alimentos, del agua y del aire) [2].

A partir del curso 2015-2016, se cambió la forma de integrar estos contenidos, se hace el mismo resumen integrador, pero esta vez mediante el análisis de un artículo científico obtenido de revistas especializadas localizadas en internet, en el cual se emplean microorganismos en procesos como la biorremediación, la biolixiviación, la producción de enzimas, producción de antibióticos, entre otros, de manera que el estudiante ya no solo se dedica a tratar los aspectos teóricos vistos en la asignatura, sino, se enfrenta a un caso práctico, al empleo de microorganismos en procesos reales.

Con esta nueva forma los estudiantes son capaces de, por sí mismos, revelar el nexo tan estrecho que existe entre la asignatura y la carrera, se enfrentan ya a un método investigativo de análisis documental y a su vez conocen por qué caminos transitan las investigaciones en ese campo en Cuba y en el mundo, por cuanto los artículos a analizar son de varias naciones.

Esta forma de trabajo se emplea mucho en el posgrado, pero adolece de su práctica en el pregrado. Pero, si se considera que son estudiantes del tercer año de la carrera, sería conveniente aplicarla en otras asignaturas para consolidar en los estudiantes el método investigativo, la búsqueda parcial y el estudio independiente.

## **Materiales y métodos**

El seminario 8 tiene la guía que se presenta a continuación:

### Guía

Seminario 8: Integrador de la asignatura Microbiología para ingenieros químicos.

Objetivo: Exponer los aspectos más significativos de la Microbiología para el Ingeniero Químico a partir del análisis de un artículo científico.

Organización del seminario y aspectos a tratar:

En este Seminario Integrador se les entregarán artículos actualizados extraídos de revistas especializadas que aparecen en el Google académico, de los cuales deben obtener la siguiente información:

1. Título del artículo.
2. Microorganismos que se emplean en los artículos analizados.
3. Clase de microorganismo (bacteria, levadura, hongo filamentoso).
4. Morfología y citología (principales orgánulos celulares, su composición química y función).
5. Características principales del microorganismo (respuesta ante la tinción de Gram, formador de esporas o no, clasificación del microorganismo según la temperatura óptima de crecimiento, según su forma de nutrición, características bioquímicas).
6. Tipo de reproducción que puede presentar el microorganismo en cuestión.
7. Fundamento del proceso objeto de análisis (biorremediación, bolixiviación, producción de antibióticos, de enzimas, etcétera.). Papel del microorganismo en el proceso.
8. Características del cultivo de esos microorganismos en el proceso en cuestión, enfatizando en sustratos que se emplean y condiciones generales del cultivo (pH, temperatura, condiciones gaseosas...), productos que se obtienen y otros aspectos de interés.
9. Efecto de factores físicos (temperatura) y químicos (pH) en el proceso que se analiza, enfatizando el efecto en la célula del microorganismo, es decir, cómo afectarían estos factores el crecimiento.
10. Otros aspectos que considere de interés, relacionados con el tema particular que analizó, así como relacionados con los conocimientos que adquirieron en la asignatura. Conclusiones generales del artículo.
11. ¿Qué le aporta a usted como futuro ingeniero químico el estudio de estos temas relacionados con la Microbiología Industrial y aplicada?
12. Importancia del tema estudiado en lo social, económico y ambiental.

Al finalizar el análisis del documento deben presentar la ficha técnica del artículo analizado según las Normas APA y Vancouver.

Los documentos se distribuirán por equipos de dos estudiantes.

Temáticas de los documentos a analizar:

1. Producción de antibióticos.
2. Producción de alcohol, yogurt y ácido acético.
3. Biorremediación.
4. Biolixiviación.
5. Producción de alimentos.
6. Producción de enzimas.

Bibliografía:

1. Entorno Virtual de Aprendizaje, Carpeta: “Artículos, Seminario 8”.
2. Entorno Virtual de Aprendizaje. Conferencias de la asignatura Microbiología.
3. Martínez, J., Sánchez, A., Quintana, M., Pazos, V. y Del Barrio, G. (1984) “Microbiología General”. Ministerio de Educación Superior. La Habana. Cuba. 630 pp.
4. Pelczar, M. J y Reid, R. D. “Microbiología”. (1979). Edit. Pueblo y Educ. La Habana. Cuba. 664 pp.

En el aula virtual, además de los documentos a analizar, encontrarán las normas APA y Vancouver, para la realización de la Ficha Técnica del artículo a analizar.

Para la realización del seminario, se formarán equipos de 2 estudiantes, los que analizarán un artículo relacionado con una de las temáticas propuestas en la guía. Los mismos constituyen artículos académicos, por lo general de los últimos cinco años, que han sido obtenidos del Google académico y se encuentran en el Entorno Virtual de Aprendizaje, plataforma de la cual los estudiantes descargan tanto la guía del seminario, como el trabajo a investigar.

Los estudiantes deben desarrollar cada uno de los aspectos a tratar en el seminario, por cuanto cuentan con los conocimientos básicos de la asignatura. En el caso de aquellas temáticas que le sean desconocidas, deben explorar, investigar, indagar, revisar otras fuentes y actualizarse, promoviendo así el trabajo investigativo. Hay que tener en cuenta que se trata de estudiantes del

tercer año de la carrera, por lo que ya traen una formación inicial, fomentada por las asignaturas precedentes.

La nota final estará en correspondencia con la exposición realizada, el empleo de medios como apoyo a la exposición, así como la valoración adecuada del contenido del seminario y la interrelación realizada entre los contenidos de la asignatura y el fundamento del proceso analizado.

### **Resultados y discusión**

Dentro de los artículos que se ponen a consideración de los estudiantes para la realización del seminario integrador de la asignatura, están los que se presentan en las referencias/3,6/.

En este trabajo, a modo de ejemplo, se va a analizar el artículo que se corresponde con la referencia/6/. En la figura 1 se muestra el encabezamiento del artículo. Desde el propio título se aprecia que se ha empleado un microorganismo para estudiar un proceso de la vida real, en este caso, el tratamiento de residuales contaminados con cromo. Así, ya existe un nexo con la asignatura y la carrera mediado por otra asignatura del Plan de Estudios, Tratamiento de agua, que se imparte en el propio tercer año.

## **USO DE *ESCHERICHIA COLI* PARA BIORREMIEDIACIÓN DE EFLUENTES CONTAMINADOS POR CROMO (VI)**

### **USE OF *ESCHERICHIA COLI* FOR BIOREMEDIATION OF CONTAMINATED WASTEWATER BY CHROMIUM (VI)**

---

**María C. Panigatti<sup>1</sup>, Carina Griffa<sup>1</sup>, Rosana Boglione<sup>1</sup>, Fabiana Gentinetta<sup>1</sup>, David Cassina<sup>1</sup>**  
(1) Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela, Bv. Roca 989, Rafaela, Santa Fe - Argentina  
(e-mail: maria.panigatti@frra.utn.edu.ar)

*Recibido: 21/01/2011 - Evaluado: 06/04/2011 - Aceptado: 16/06/2011*

---

**Fig.1 Encabezamiento de uno de los artículos que pueden analizar los estudiantes en el seminario 8 de Microbiología**

Como se puede entrever, desde el inicio del análisis el estudiante se está familiarizando con el empleo de microorganismos, en este caso, para remediar la contaminación ambiental, o sea, está asociando al microorganismo en cuestión con su utilidad en la práctica. Ya conoce el género y la especie del

microorganismo, y puede, entonces, investigar sus caracteres morfológicos, fisiológicos y de cultivo. Luego debe ser capaz de explicar el fundamento de la biorremediación, y el por qué se emplean microorganismos en este proceso.

Teniendo como base el artículo que se analiza, a continuación, se dará respuesta a cada uno de los puntos del seminario, ejemplificando la tarea que deben realizar los estudiantes.

1. Título del artículo: Uso de *Escherichia coli* para Biorremediación de efluentes contaminados con Cromo (VI).
2. Microorganismo que se emplea en el artículo analizado: *Escherichia coli*.
3. Clase de microorganismo: bacteria.
4. Morfología y citología:

Es una bacteria del tipo bacilo, o sea, su forma es cilíndrica. Son bacilos cortos. Los orgánulos celulares principales son:

- Pared celular: constituida por polímeros como el copolímero peptidoglucano; es la que protege y da forma a la célula, le confiere rigidez.
  - Membrana citoplasmática: está compuesta por lípidos y proteínas fundamentalmente. Separa el citoplasma de la pared celular y es una barrera selectiva que limita el paso de sustancias desde el exterior hasta el interior y viceversa.
  - Región nuclear: constituido por ADN (Ácido Desoxirribonucleico) que contiene la información genética de la célula y es clave en la división celular. El ADN tiene como función esencial la transmisión de los caracteres hereditarios.
  - Ribosomas: constituidos por ARN (Ácido Ribonucleico) y proteínas, son esenciales en la síntesis de proteínas.
5. Características principales del microorganismo: es una bacteria Gram (-), un bacilo no esporulado, mesófilo, heterótrofo, que produce ácido y gases por fermentación de la glucosa y de la lactosa.

6. Tipo de reproducción: puede presentar reproducción asexual (fisión binaria) o reproducción sexual (conjugación).

7. Fundamento del proceso objeto de análisis:

El proceso objeto de análisis es la biorremediación que se basa en el empleo de organismos vivos (microorganismos, plantas) para remediar la contaminación ambiental del suelo o del agua.

En el proceso que se analiza se estudió el uso de *Escherichia coli* en la detoxificación de aguas residuales con Cr (VI) perteneciente a una planta metalmeccánica. Se evaluó el crecimiento y desarrollo de *E. coli* con distintas concentraciones de Cr (VI), en diferentes tiempos y condiciones de trabajo. Se estudió la biorreducción de cromo utilizando la cepa en estudio, en diferentes soportes y se evaluó la influencia de la presencia de metales tales como plomo, níquel y zinc. La bacteria fue capaz de reducir Cr (VI) trabajando con concentraciones de hasta 200 mg/L. Se comprobó la adaptabilidad de la cepa para adoptar como mecanismo de detoxificación, la biorreducción del metal pesado. Los resultados obtenidos demuestran la posibilidad de utilizar *E. coli* en la biorremediación de un efluente industrial conteniendo Cr (VI).

Papel del microorganismo en el proceso: el microorganismo, con su mecanismo enzimático, es el responsable de la reducción biológica del Cr (VI) a Cr (III), menos tóxico. Al emplear el microorganismo en el proceso, se reducen los costos de los productos químicos que se empleaban convencionalmente en el tratamiento físico-químico del residual, así como los consumos de energía.

8. Características del cultivo de esos microorganismos en el proceso en cuestión, enfatizando en sustratos que se emplean y condiciones generales del cultivo (pH, temperatura, condiciones gaseosas...), productos que se obtienen y otros aspectos de interés.

Se trabajó con caldo nutritivo como fuente de carbono, nitrógeno y macronutrientes, a temperatura ambiente de  $25 \pm 3$  °C, con agitación constante y aireación mecánica, se inoculó el microorganismo y se dejó crecer durante 24 horas, al cabo de las cuales se suplementó el medio con varias concentraciones de Cr (VI), y se dejó crecer al microorganismo en este nuevo

ambiente. A las 24, 48, 72 y 120 h se volvió a tomar muestras y se midió el contenido de Cr (VI). Al final se evaluó la eliminación de cromo hexavalente utilizando la bacteria en estudio. El producto de la reducción fue el Cr (III).

El pH se mantuvo en el rango de la neutralidad.

9. Efecto de factores físicos (temperatura) y químicos (pH) en el proceso que se analiza.

Si la temperatura fuese menor o mayor que la empleada en el trabajo, la *E. coli* no pudiese crecer en el medio de cultivo, porque este es un microorganismo mesófilo, o sea, su temperatura óptima de crecimiento está en el rango de 20-40°C. A una temperatura menor está disminuida la actividad enzimática, o sea, estaría detenido el crecimiento, y a mayor temperatura se desnaturalizan las proteínas, afectándose el sistema enzimático de la bacteria, por lo que no podría llevar a cabo la biorreducción del metal pesado.

Un pH por debajo o por encima de la neutralidad impediría el desarrollo del microorganismo objeto de estudio, pues a pH ácidos en extremo o muy básicos disminuye la actividad enzimática. Solo unos pocos microorganismos, los llamados acidófilos y alcalófilos, pueden crecer en medios con valores extremos de pH.

10. Otros aspectos que considere de interés, relacionados con el tema particular que analizó, así como relacionados con los conocimientos que adquirieron en la asignatura. Conclusiones generales del artículo.

En el artículo se estudia, además, el efecto de la adición de otros metales pesados en la reducción del cromo hexavalente. Se hace este estudio ya que los efluentes de las empresas metalmecánicas contienen una gran variedad de metales como plomo, níquel y cinc. En este sentido, se determinó que la presencia de estos metales retrasa el proceso de reducción de cromo hexavalente, pero no lo inhibe totalmente.

Se concluye que los mecanismos que se suponen actuaron en esta investigación fueron la biorreducción y la precipitación química de Cr (III) provocada por los valores de pH de trabajo. Además, los resultados obtenidos demuestran la aplicación potencial de la remoción de cromo hexavalente de efluentes industriales utilizando la bacteria *Escherichia coli*. Las experiencias

realizadas a escala laboratorio permitirán el ajuste de variables para futuras experiencias a escala piloto.

11. ¿Qué le aporta a usted como futuro ingeniero químico el estudio de estos temas relacionados con la Microbiología Industrial y aplicada?

12. Importancia del tema estudiado en lo social, económico y ambiental.

Ficha técnica del artículo analizado según las Normas APA y Vancouver.

Norma APA:

Panigatti, M., Griffa, C., Boglione, R., Gentinetta, F y Cassina, D. (2012). Uso de *Escherichia coli* para biorremediación de efluentes contaminador por Cr (VI). *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 3 (2), 11-24.

Norma Vancouver:

Panigatti MC, Griffa C, Boglione R, Gentinetta F, Cassina D. Uso de *Escherichia coli* para biorremediación de efluentes contaminador por Cr (VI). *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 2012; 13(2):11-24.

Al finalizar el seminario con la ficha técnica del artículo, ya el estudiante está capacitado no solo para analizar cualquier proceso de la realidad que emplee microorganismos, sino, para redactar adecuadamente las referencias bibliográficas en trabajos posteriores.

Los puntos 11 y 12 serían valoraciones propias de cada equipo de estudiantes. Como se aprecia, se le solicita al estudiante que haga una valoración de la temática en cuanto a lo social, económico y ambiental, de manera que ellos deben llegar a la conclusión final que es factible el empleo de los microorganismos en los procesos analizados.

Al finalizar la exposición de cada equipo, el profesor pudiera consolidar lo tratado con preguntas tales como: ¿Qué usted añadiría o quitaría del artículo analizado?, haga un análisis crítico del mismo. ¿En qué industria de la región oriental del país o de su municipio pudiera llevarse a cabo una experiencia como la del artículo?, ¿Le gustaría formar parte de un equipo de investigación que llevara a cabo una experiencia similar, considera que cuenta con los conocimientos para hacerlo?, sino, ¿qué le faltaría?

Lo que se ha presentado en este trabajo es solo un resumen de todo lo que podrían argumentar los estudiantes en los puntos a analizar. Cada artículo científico propuesto tiene sus propias características y en función de ello sería, entonces, su análisis.

Las ventajas que tiene la realización del seminario integrador de la asignatura a través del análisis de un artículo científico son, entre otras:

- El estudiante ve reflejados los conocimientos básicos de la asignatura Microbiología en un caso real, afín con su profesión.
- Se vincula el componente académico con el investigativo desde una forma de enseñanza, el seminario.
- El estudiante debe hacer una revisión profunda de todo lo impartido en la asignatura y debe investigar, indagar, buscar información en otras fuentes, cuando se trate de microorganismos que no se han tratado durante el curso, que le sean desconocidos. Así conoce de la existencia de una nueva especie de bacteria, hongo o levadura y de su papel en el proceso en cuestión.
- El estudiante se familiariza con la forma en que se redactan los artículos científicos, así como con los términos Artículo académico, Google académico.
- El estudiante hace uso de bibliografía actualizada, la mayor parte de los últimos cinco años, lo que contribuye a su formación para la realización del capítulo 1 de su futuro Trabajo de Diploma.
- El estudiante se enfrenta a otro tipo de bibliografía que ya no es su libro de texto, por lo que va reconociendo otras vías para revisar y obtener información.
- El estudiante es capaz de encontrar por sí mismo la relación que existe entre la Microbiología y su profesión, visualizando el papel que ocupa la asignatura en la carrera.
- El estudiante se familiariza con revistas nacionales e internacionales en las que un ingeniero químico puede publicar los resultados de sus

investigaciones. Así como conoce de las investigaciones en este campo que se llevan a cabo tanto en nuestro país como en otros países.

- El grupo se enfrenta a variedad de artículos, a variedad de procesos, al conocimiento de microorganismos que no se habían tratado durante el curso y amplía su cultura en la temática.
- Al formarse equipos de solo dos estudiantes, se fomenta el trabajo responsable porque los estudiantes se ven obligados a ocuparse y dedicarse para lograr vencer en tiempo lo solicitado en el seminario. Esto es una ventaja con respecto a los seminarios en los que los equipos son de 4 a 6 estudiantes, en los que, por lo general, como es conocido, trabajan unos pocos mientras otros se adjudican la exposición de aspectos que ni siquiera conocen o han revisado. Este es un aspecto a tener en cuenta, en especial cuando se trata de un seminario integrador.
- El estudiante se familiariza con dos de las normas para la redacción de las referencias bibliográficas, las normas APA y Vancouver, lo que les sirve como paso inicial en la elaboración de las referencias bibliográficas de su Trabajo de Diploma.
- En algunos casos, el estudiante tiene que hacer uso de bibliografía en lengua inglesa, contribuyendo así a la Estrategia Curricular del idioma Inglés.

Por lo anterior, se considera esta nueva forma de enseñar el Seminario 8 de la asignatura, como una alternativa adecuada y viable.

Es importante destacar, además, que en el Plan de Estudios E de la carrera Ingeniería Química/7/ la asignatura se fusiona con contenidos de bioquímica, tales como el estudio de las enzimas y el metabolismo, así como con contenidos de biotecnología, conteniendo también un seminario integrador final, concebido tal como el seminario 8 que se realiza en la actualidad, así, se le da continuidad a este nuevo método de enseñanza.

## Conclusiones

***Se mostró una nueva forma de impartir el seminario integrador de la asignatura Microbiología, la misma posee múltiples ventajas con respecto a la forma clásica de impartición de esta actividad final e integradora, y pone al descubierto la vinculación que existe entre la asignatura y la carrera Ingeniería Química.***

## Referencias bibliográficas

1. Plan de Estudios D modificado, carrera Ingeniería Química. Universidad de Oriente, 2010.
2. Programa Analítico de la asignatura Microbiología, carrera Ingeniería Química, curso 2016-2017.
3. RIVERA, R. E, *et al.* Estudio de bioloxiviación de un mineral de sulfuros de cobre de baja ley con bacterias *Tio-* y *Ferro-oxidantes* en condiciones termófilas, *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 2011, 26, pp. 65-73.
4. MARTÍNEZ, M.A, *et al.* Revisión: Aplicaciones ambientales de microorganismos inmovilizados, *Revista México, Ingie. Quím.* 2012, 11(1), pp. 55-73.
5. GUTIÉRREZ, L. A., *et al.* Probióticos: una alternativa de producción limpia y de remplazo a los antibióticos promotores de crecimiento en la alimentación animal, *Producción+Limpia*, 2013, 8(1), pp. 135-146.
6. PANIGATTI, M. C., *et al.* Uso de *Escherichia coli* para biorremediación de efluentes contaminados con Cromo (VI). *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 2012, 3(2), pp. 11-24.
7. Plan de Estudios E, carrera Ingeniería Química. Universidad de Oriente, 2017.