UCR DEDUN Departamento de Docencia Universitaria éyuwök

# La lúdica en las demostraciones matemáticas: una propuesta didáctica para el curso de Laboratorio de Biofarmacia y Farmacocinética

**Jimena Morales Fallas**

FACULTAD DE FARMACIA

Proyecto final de curso
**Didáctica Universitaria**

docenciauniversitaria.ucr.ac.cr

## RESUMEN

La gamificación se presenta como una propuesta capaz de aumentar la motivación y promover el aprendizaje en el estudiantado. Bajo el contexto de un curso con contenido complejo y lleno de perjuicios como lo es la matemática aplicada en farmacocinética, se aplicó la gamificación exitosamente para mejorar la atención y entusiasmo del estudiantado hacia la materia.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO DIDÁCTICO:

El laboratorio de Biofarmacia y Farmacocinética es parte del curso Biofarmacia y Farmacocinética de la Facultad de Farmacia, el cual está compuesto por clases teóricas semanales, pero se complementan con las sesiones semanales de este laboratorio. Como lo indica su nombre, el objetivo del laboratorio es reforzar los conocimientos teóricos adquiridos en biofarmacia y farmacocinética, siendo disciplinas complementarias que nos ayudan a entender la influencia del medicamento una vez administrado en el organismo y la evolución en el tiempo de las concentraciones de estos hasta alcanzar el efecto terapéutico deseado con seguridad y eficacia.

La biofarmacia estudia los múltiples factores que afectan la calidad biológica de la medicación que se administra y el diseño de la forma farmacéutica óptima para una determinada vía de administración, mientras que la farmacocinética estudia y caracteriza la evolución temporal de los fármacos y sus metabolitos en el organismo a través del análisis cinético de las curvas concentración–tiempo obtenidas a partir de muestras de fluidos (plasma, suero, orina entre otros) o tejidos orgánicos.

Este curso contribuye a la formación y desarrollo profesional de los futuros farmacéuticos, ya que les permite adquirir los conocimientos necesarios para entender y describir el curso de los fármacos en el organismo una vez que son administrados por diferentes vías y formas farmacéuticas, así como tener la capacidad de diseñar y modificar un régimen de dosificación tomando en cuenta múltiples factores como la edad y peso del paciente, diferentes patologías, formas farmacéuticas disponibles del fármaco y otros con el fin de lograr un objetivo terapéutico.

Este curso está ubicado en el VI nivel del sistema del plan de Estudios de la Licenciatura en Farmacia de la Universidad de Costa Rica, por lo que aplica conocimiento adquirido en los cursos previos de fisicoquímica farmacéutica, cálculo y ecuaciones diferenciales, así como los de bioquímica y química orgánica general.

En el curso se fomentará el trabajo en equipo, el intercambio de opiniones y el desarrollo de habilidades investigativas.

El grupo de laboratorio con el que se aplicará la estrategia didáctica recibe estas clases los viernes de 1:00 pm a 4:50 pm. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que es usual en la Facultad de Farmacia aplicar exámenes los viernes a las 5:00 pm, por lo que generalmente, si esa es la situación, los estudiantes pueden encontrarse distraídos,

cansados y estresados por la evaluación que tienen programada luego del espacio de laboratorio.

# 2. DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

## 2.1 SITUACIÓN DE APRENDIZAJE A RESOLVER

Se identificó que los estudiantes encuentran dificultad para mantener su atención durante la enseñanza de fundamentos matemáticos, específicamente durante la explicación de las demostraciones matemáticas de las fórmulas que se utilizan en el curso. Esto puede dificultar la interpretación de las distintas fórmulas que se utilizan, así como obligar al alumno a memorizar las fórmulas, ya que no será capaz de construir la fórmula en caso de que la olvide.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

La estrategia didáctica descrita en este documento se aplicará en una de las sesiones de laboratorio en la que se impartirá un taller del tema “Farmacocinética Bicompartimental”. Si bien es cierto, este espacio de laboratorio es por lo general un espacio práctico, los talleres consisten en sesiones teóricas donde se desarrollan temas de contenido matemático.

El taller se llevará a cabo con 10 estudiantes en total en una de las aulas disponibles en la Facultad de Farmacia. El aula cuenta con proyector, computadora, al menos una pizarra acrílica y acceso al internet inalámbrico de la U (aunque la computadora del aula tiene acceso directo, por cable, a internet). Asimismo, los estudiantes cuentan con pupitres para sentarse durante la clase. Se aplicará la gamificación como herramienta para facilitar esa atención del estudiante a la materia que se está impartiendo. Los estudiantes formarán 3 subgrupos y se aplicará un juego interactivo que consistirá en preguntas con varias opciones de respuesta donde cada grupo debe escoger la que le parezca sea la correcta luego de una deliberación de todos los miembros. El juego se desarrollará de manera paralela a la clase, de modo que se les presentarán preguntas en ciertos momentos específicos de la clase. Además, las preguntas irán orientadas a que sean los estudiantes los que elijan el mejor curso para completar las distintas demostraciones que se deben enseñar en el taller, de modo que no sea solo una transmisión de conocimiento desde el profesor hacia la persona estudiante, sino que se desarrolle el conocimiento de manera conjunta.

Así, el docente no solo será un transmisor de información, sino un facilitador del aprendizaje y comprensión del conocimiento al dirigir estas actividades de acuerdo con el desarrollo de los subtemas para facilitar que los estudiantes mantengan su atención y que se arraigue la información expuesta. Parte de las preguntas estarán dirigidas a decidir cuál

es el mejor camino a seguir para continuar el desarrollo de la clase, por lo que el estudiante tendrá un rol más protagónico en el desarrollo de los nuevos conocimientos al ser un participante activo.

### 2.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Esta estrategia aplicará la gamificación con elementos del Aprendizaje Basado en problemas al aplicar un juego de competencia entre grupos de estudiantes. El progreso de cada grupo dependerá del trabajo en equipo para resolver problemas de distinta naturaleza (contenidos tanto conceptuales como procedimentales) a lo largo de la clase.

El Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2016) indica que la gamificación no consiste solamente en aplicar el juego dentro del contexto de la enseñanza, sino que se caracteriza por la aplicación de elementos aplicados en el diseño de los juegos para aumentar la motivación y promover el aprendizaje, así como facilitar el desarrollo de habilidades de resolución de problemas. Tal y como dijo Bonilla, citado por Buenahora & Millán (2011), la lúdica busca estimular al estudiante en distintas dimensiones que abarcan desde lo cognitivo hasta lo psicológico y social y es lo que se busca con la gamificación.

La voluntad por aprender es un proceso complejo que influye en la forma de pensar del estudiante, así como en el esfuerzo que invierta en el aprendizaje. Depende de distintos factores y distintos agentes. Así, hay factores propios del estudiante y factores del docente que influyen en una relación positiva de motivación y aprendizaje. Además, hay factores contextuales y factores instruccionales que impactan en la disposición del alumno (Díaz Barriga Arceo & Hernández Rojas, 2002). La gamificación debe incorporar elementos de todas esas categorías para resultar exitosa: se debe adaptar al perfil del estudiante, lo cual incluye metas y expectativas del alumno, así como su manejo de la ansiedad, y el profesor debe propiciar interacciones interpersonales que generen un clima de confianza, lo que a su vez es un factor contextual que influye en la motivación por aprender. Además, las formas de recompensa que el docente aplica están involucradas también en la gamificación (Díaz Barriga Arceo & Hernández Rojas, 2002).

Si los factores antes mencionados se interrelacionan de la manera correcta, el aumento de motivación puede aumentar la participación de las personas estudiantes en el espacio de enseñanza y mejorar la comunicación docente-estudiante (Buenahora & Millán, 2011; Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2016) También puede propiciar la cooperación por medio del trabajo en equipo y generar autoconocimiento de las habilidades y destrezas que cada estudiante posee, así como sus dificultades o debilidades. Al ser un ambiente lúdico, la gamificación hace del salón de

clases un lugar seguro para arriesgarse y explorar sin temor a las consecuencias negativas que de otra forma lo frenarían (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2016). Sin embargo, es importante reiterar que la atmósfera de respeto y confianza tiene que ser propiciado por el docente, ya que el juego no es capaz de hacerlo por sí solo (Buenahora & Millán, 2011) Por otra parte, otros beneficios de la gamificación son que la retroalimentación permite al estudiante comprender el estado de su progreso en el proceso de aprendizaje y que la emotividad asociada a esta técnica favorece la retención del conocimiento (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2016)

Todos estos beneficios van a depender del conjunto de elementos del juego que se decida incorporar al ejercicio de la enseñanza. Los elementos que por lo general caracterizan a la gamificación abarcan (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2016):

- Metas y objetivos
- Reglas
- Narrativa
- Libertad de elegir
- Libertad de equivocarse
- Recompensas
- Retroalimentación
- Estatus visible
- Cooperación y competencia
- Restricción de tiempo
- Progreso
- Sorpresa

Asimismo, se han identificado ciertos perfiles de jugadores o participantes. Cada uno tiene motivaciones características que los diferencian uno del otro y su identificación ayuda al docente a orientar la actividad de manera que sea lo más efectiva posible. Si bien es cierto, hay debate con respecto a esta clasificación - situación que se aplica también a los elementos del juego – el Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey (2016) indica que hay 6 tipos de jugadores:

- Los exploradores
- Los socializadores
- Los pensadores
- Los filántropos
- Los triunfadores
- Los revolucionarios

Para la presente estrategia, se optó por incorporar los elementos de: Metas y objetivos, Reglas, Libertad de equivocarse, Cooperación, Competencia, la Restricción de tiempo y Recompensas. Para esta propuesta, el juego será tipo “escape room” y los participantes, reunidos en subgrupos que competirán entre sí, para recibir pistas sobre un algún parámetro farmacocinético que deben adivinar. Con el avance de la clase, irán apareciendo desafíos. Cuando eso suceda, los grupos tendrán un tiempo limitado para encontrar la respuesta, explicarla a los compañeros de su mismo subgrupo para asegurarse de que todos entienden el fundamento de la respuesta y gritar “Listo”. Cuando eso suceda, la docente detendrá el cronómetro del tiempo disponible y escogerá al azar a la persona del subgrupo que contestará la pregunta. Si la respuesta es incorrecta, el cronómetro seguirá corriendo hasta que algún grupo grite nuevamente “Listo” para contestar. Si la respuesta es correcta, el subgrupo recibirá una pista. Habiendo hecho eso, se continuará con la clase hasta llegar a la próxima pregunta.
La meta será descifrar el parámetro farmacocinético o, en su defecto, tener la mayor cantidad de pistas, lo cual otorgaría el gane al subgrupo correspondiente. Si algún equipo se equivoca, no recibirá amonestación, aunque sí le dará ventaja al grupo contrincante, lo que también le atribuye la característica de competencia. Se dispondrá de un tiempo limitado para contestar la pregunta, pero se le dará la oportunidad de contestar al primer grupo que indique que tiene la respuesta, por lo que eso también funge como una restricción de tiempo. Por último, se les dará una recompensa comestible al grupo ganador.
En cuanto a los perfiles de jugadores, de manera preliminar, podrían identificarse Pensadores, Socializadores y Filántropos y posiblemente al menos un Triunfador en el grupo de alumnos en los que se va a aplicar la estrategia.

Por su parte, Zavala & Zubillaga (2017) describen el aprendizaje basado en problemas como una estrategia en la que la persona estudiante toma el control de la situación al investigar qué información le será de utilidad para solucionar el problema, interpretar la información recolectada, así como la que el mismo problema le provee y argumentar el porqué la solución propuesta es la mejor. En otras palabras, se vuelve el protagonista de su proceso de aprendizaje (Cepillo Galvin, 2015). Esta estrategia propicia la asociación e interacción de funciones de distinta naturaleza, desde lingüísticas hasta cognitivas y prácticas, lo que permite un enfoque integral del aprendizaje (Dirección de Investigación y Desarrollo Educativo, n.d.; Zavala Ojeda & Zubillaga Rodríguez, 2017) Esto permite que los alumnos hagan un diagnóstico de sus necesidades de aprendizaje. Además, al ser de naturaleza grupal, las personas estudiantes trabajan colaborativamente, lo que les permite visualizar la importancia de este tipo de trabajo (Dirección de

Investigación y Desarrollo Educativo, n.d.). Logran adquirir destrezas y habilidades que van más allá de la materia impartida en el curso. Pensamiento crítico, habilidades interpersonales, expresión oral y/o escrita (Cepillo Galvin, 2015).

Esta herramienta consta de 4 fases principales de acuerdo con Cepillo Galvin (2015):

1. Planteamiento del problema: Llevado a cabo por el docente. La naturaleza de los problemas que se pueden aplicar y su estructuración es variable. Sin embargo, siempre debe estimular curiosidad en los alumnos y propiciar su participación activa.
2. Identificación de las necesidades de aprendizaje en relación con el problema: Llevado a cabo por los estudiantes en grupos de tamaño reducido. Las necesidades pueden ser tanto para la comprensión como para la resolución propiamente del problema y surgen de un proceso de discusión. Debe elegirse un portavoz por cada grupo, así como un secretario que registre lo discutido.
3. Búsqueda de la información necesaria para resolver las necesidades identificadas: Llevado a cabo por los estudiantes. En esta etapa el trabajo se puede distribuir entre los miembros del grupo, pero se debe de tener cuidado de no individualizar los temas.
4. Debate. Llevado a cabo por los estudiantes Y el docente.

Estas fases se llevarán a cabo para cada uno de los problemas que se vayan presentando a lo largo de la presentación del contenido a enseñar haciendo un pequeño debate entre todos los grupos cada vez que se resuelve un problema.

## 2.4 PLANEAMIENTO DE LA SESIÓN

### 2.4.1 Objetivo específico planteado para la sesión

- Interpretar las ecuaciones de velocidad y cinética integradas del modelo bicompartimental tras un bolo I.V. para su correcta aplicación en casos de pacientes.

- Identificar las principales características del modelo farmacocinético bicompartimental para su aplicación correcta en casos de pacientes con administración en bolo I.V.

- Construir el marco matemático detrás del modelo bicompartimental para mejorar la comprensión del mismo.

### 2.4.2 Contenidos

La estrategia se aplicará al tema de farmacocinética bicompartimental, uno de los modelos farmacocinéticos que se pueden utilizar para caracterizar el comportamiento de los fármacos en el organismo. Bajo el tratamiento bicompartimental, el cuerpo humano se considera como un sistema compuesto por dos compartimentos:

- Compartimento central (C.C.): distribución fácil y rápida del fármaco
- Compartimento periférico (C.P.): mayor dificultad de acceso

La eliminación del fármaco y el ingreso del fármaco al organismo se dan principalmente en el C.C., por lo que la entrada y salida de fármaco para el C.P. se da desde y hacia el C.C.. Esto se explica de mejor manera en la figura 1.

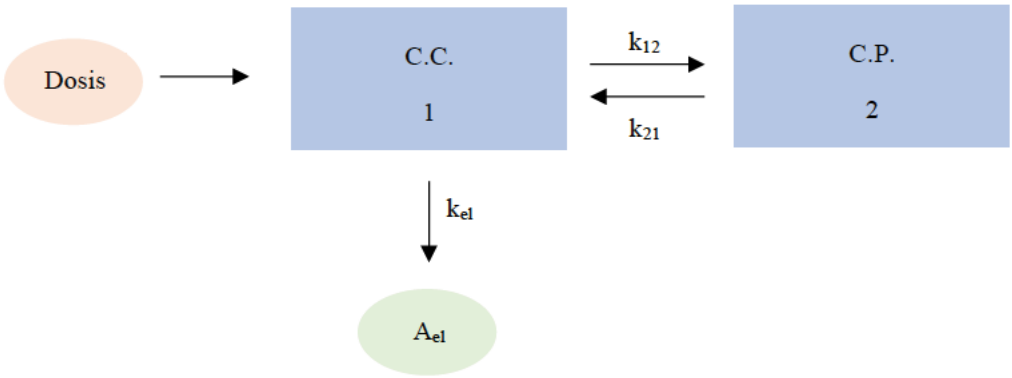



Figura 1. Esquema general del sistema bicompartimental. C.C.: Compartimento central; C.P. Compartimento periférico; Ael: cantidad eliminada de fármaco

Teniendo esto en cuenta, los contenidos a abarcar se estructuraron en los siguientes temas y subtemas:

1. Generalidades de la farmacocinética bicompartimental
   - Concepto general
   - Supuestos para el manejo matemático
   - Interpretación de las gráficas de concentración plasmática en función del tiempo.
2. Desarrollo matemático relacionado con las concentraciones plasmáticas en los compartimentos
   - Cambios de concentración en compartimento central

- Cambios de concentración en compartimento periférico
- Aplicación del método de los residuales para la concentración en el compartimento central
- Cálculo de microconstantes
- Cálculo de A° y B°

3. Desarrollo matemático relacionado con los parámetros farmacocinéticos
    - Área bajo la curva
        - Método de los trapezoides
        - Método de integración
    - Tiempo de vida media
    - Volumen de distribución

Por lo tanto, como contenido conceptual se enseñarán todas las bases detrás de este modelo farmacocinético: generalidades y supuestos para aplicar este modelo. Como contenido procedimental se enseñará a tratar los datos con el método de los residuales, el método de los trapezoides y el método de integración para la resolución de problemas de farmacocinética bicompartiental, así como todas las ecuaciones necesarias para la obtención de los parámetros y constantes y cómo utilizarlas. Dentro de los contenidos actitudinales, al tratarse de un juego en grupos, se reforzará el trabajo en equipo.

### 2.4.3 Secuencia didáctica

**Inicio:**

Los estudiantes conformarán 3 subgrupos. Los miembros de cada subgrupo serán elegidos por ellos mismos. Los estudiantes recibirán un documento con una serie de fórmulas que pueden resultarles de utilidad para resolver los problemas. Las siguientes instrucciones serán anunciadas:

*Vamos a hacer un juego tipo "escape room" a lo largo de la clase, donde los subgrupos recibirán pistas sobre un parámetro farmacocinético conforme vayan contestando las preguntas o resolviendo los desafíos. Los desafíos o preguntas se van a presentar en distintos momentos de la clase de modo que nos ayude a reforzar de manera inmediata los conceptos que acabamos de ver. Además, por medio de estos desafíos, ustedes (los estudiantes) me van a ayudar a mí (la profesora) a resolver las demostraciones matemáticas que voy a desarrollar por medio de los desafíos.*

**Desarrollo:**

En esta etapa, la profesora impartirá la clase haciendo pausas ocasionales para aplicar las preguntas correspondientes por medio de la plataforma en línea. Antes de cada pregunta, habrá una diapositiva indicando a los estudiantes que

se preparen para el desafío. La profesora tendrá el control de las preguntas para que coincidan con el desarrollo del contenido en clase y el tiempo disponible para la respuesta de los estudiantes dependerá del tipo de pregunta.
En cuanto a los estudiantes, cuando la profesora indique, el subgrupo se debe reunir y reflexionar cuál de las opciones es la correcta. Cuando identifiquen su respuesta, deben asegurarse de que todos los miembros comprenden el fundamento de la respuesta y gritar “Listo”. La docente procederá a detener el tiempo disponible para contestar y escogerá de manera aleatoria a la persona que contestará. Seguidamente, la persona debe expresar su respuesta. Si esta es incorrecta, se retomará el tiempo disponible para contestar hasta que algún subgrupo vuelva a gritar “Listo”. Si la respuesta es correcta, se le dará un sobre al subgrupo correspondiente con una pista del parámetro. Cada vez que se resuelva un problema, se hará una pequeña reflexión acerca de la respuesta correcta entre la profesora y los estudiantes para confirmar que todos comprenden porqué es correcta.

**Cierre:** Al terminar, los subgrupos deben indicar si lograron descifrar el parámetro farmacocinético. Si solo uno de ellos lo logró, ese será el ganador. Si ninguno lo logró, ganará el que más pistas recolectó. Se aplicará una pequeña encuesta digital para que los estudiantes evalúen la estrategia didáctica.

## 3. APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

Nueve estudiantes participaron del taller. Un examen del mismo curso de Biofarmacia y Farmacocinética estaba programado para hacerse luego del espacio del taller, por lo que los alumnos se mostraron estresados y concentrados en repasar para el examen al inicio de la sesión. Se tuvo un problema inesperado con la proyección desde la computadora personal, por lo que se retrasó unos minutos el inicio de la actividad. Sin embargo, se pudo resolver sin mayor problema.

Inicialmente, se les hizo una introducción inicial de la dinámica programada para ese día de taller y se les informó que las actividades mencionadas se aplicaban en el contexto del presente curso de Didáctica Universitaria, por lo que al final se les compartiría una encuesta para la evaluación de la actividad propiamente. Luego se procedió a explicar en detalle la dinámica y se utilizó este espacio para la formación de 3 subgrupos. Se destinó una diapositiva para apoyar esta explicación (figura I).

Figura I. Diapositiva utilizada de apoyo para explicar la dinámica.

A partir de ese momento, se inició con la clase hasta llegar al primer bloque de preguntas, cuyo objetivo era reforzar conceptos teóricos recién explicados. Se presentó una diapositiva advirtiendo que venían preguntas para que los subgrupos se prepararan y luego, se proyectó la primera pregunta. Sin embargo, hubo un inconveniente no previsto: dos subgrupos dijeron “Listo” al mismo tiempo. Para esa pregunta se optó por el azar para elegir al subgrupo que contestaría primero. Para la siguiente pregunta, se adoptó una sugerencia de uno de los estudiantes para evitar esta situación en el futuro que consistió en colocar una botella con agua en el piso y el subgrupo que agarrara la botella, sería el que tendría la oportunidad de contestar.

Figura II. Fotografía de los estudiantes durante la estrategia didáctica.

Aplicando el nuevo método para decidir el grupo que contesta, el resto de la actividad se llevó a cabo con fluidez hasta el final. La figura II muestra a algunos de los estudiantes durante la actividad. Dos subgrupos estuvieron empatados en cuanto a número de pistas y a que ambos lograron adivinar el parámetro farmacocinético. Por lo tanto, aplicando las mismas reglas establecidas para el resto del juego, se proyectó una última pregunta reservada para esta situación de modo que el grupo que contestara de manera correcta, sería el ganador. De esta manera, se finalizó el juego y se le dio su recompensa al subgrupo triunfante.

## 4. Valoración de los resultados

Desde la perspectiva como docente, los alumnos se mostraban más entusiasmados y atentos a las explicaciones que se desarrollaron durante la actividad con respecto a experiencias previas de talleres. La actividad propició una disminución aparente de la tensión que se observó al inicio debido a que tenían examen de la teoría de Biofarmacia y Farmacocinética después del taller y eso facilitó el que mantuvieran la atención. Los estudiantes mostraron estar comprendiendo los conceptos al ir resolviendo las preguntas y a la hora de que hicieran las explicaciones detrás de las respuestas evidenciaron la aplicación del aprendizaje basado en problemas.

Lo resultados de la encuesta aplicada se pueden observar en las figuras III y IV y el cuadro I.

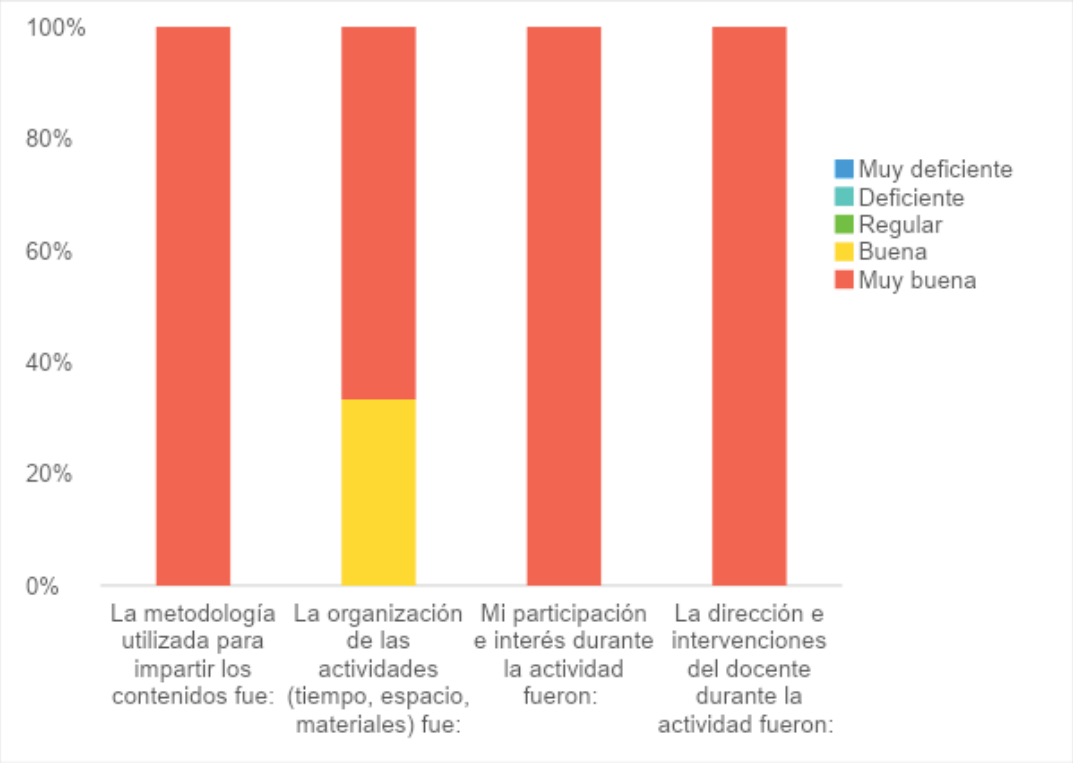



Figura III. Respuestas de estudiantes para el primer set de preguntas cerradas en la encuesta de evaluación de la estrategia didáctica (n=6).

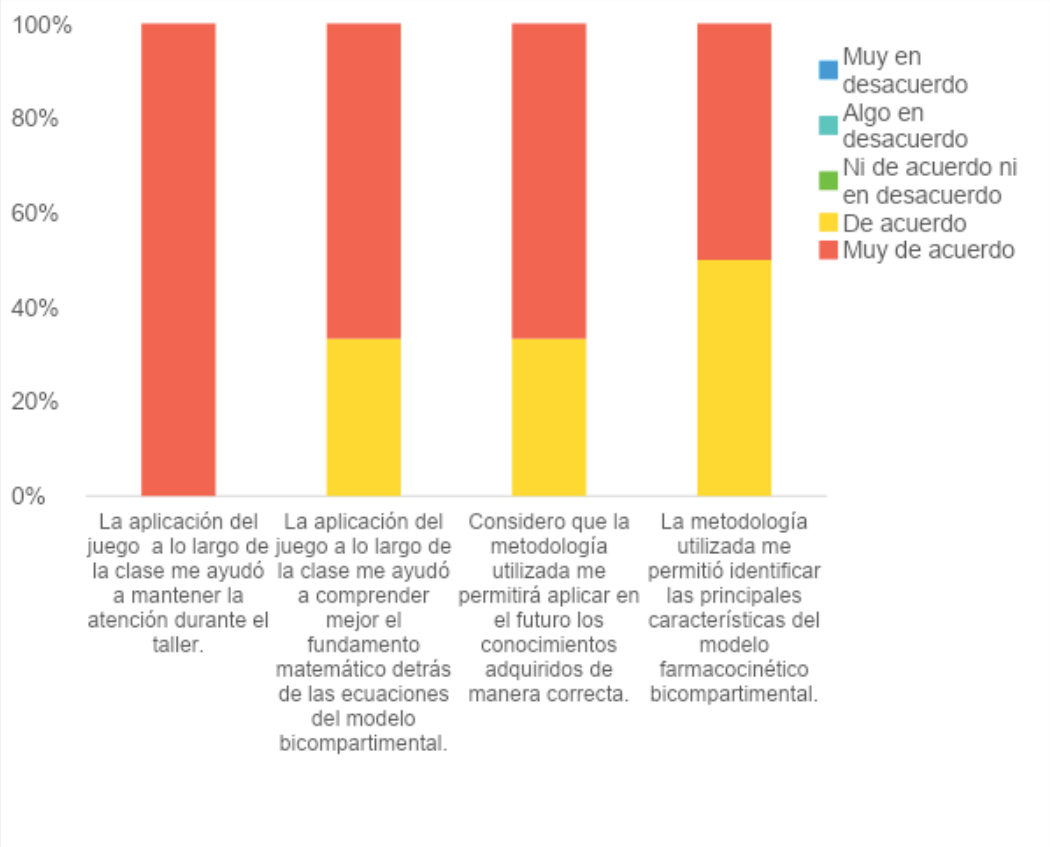



Figura IV. Respuestas de estudiantes para el segundo set de preguntas cerradas en la encuesta de evaluación de la estrategia didáctica (n=6).

Cuadro I. Respuestas a preguntas abiertas de la encuesta de evaluación de la estrategia didáctica y su clasificación por tipo de respuesta (n=6).

| **Pregunta** | **Clasificación de respuestas** | **Respuesta de estudiantes** |
|---|---|---|
| ¿Qué fue lo más importante que aprendió durante el taller? | *Manejo práctico de los datos* | Alfa es fase residual, beta es logarítmico lineal<br>Cuáles macroconstantes definen la parte LL y la residual y porqué<br>Que el manejo es muy similar a entravasal en el sentido de que se sacan 2 rectas, una Logarítmica lineal (beta como pendiente) y una residual (alfa como pendiente)<br>A distinguir las zonas de la curva |
| | *Conceptos teóricos* | Conceptos teóricos de los parámetros<br>El funcionamiento farmacocinetico de los medicamentos que funcionan de manera bicompartimental |
| ¿Qué aspectos le gustaron de | *El uso del juego* | Me gusto que hubo participación activa por parte de nosotros y no era únicamente magistral … y que de intentaba ganar respondiendo correctamente más preguntas |

| | | |
|---|---|---|
| las actividades realizadas? | | La dinámica, los subgrupos<br>La modalidad del juego, ya que permite interiorizar lo conceptos para participar en el juego<br>Fue mucho más interactivo y permitió ir con la materia clara<br>Muy divertido y como era competencia uno se enfocaba mejor<br>El tratar el aprendizaje como juego, aparte de hacer la competición ya que considero que la mayoría somos muy competitivos por lo que llama más la atención |
| | *Contenido* | ... recordó a conceptos vistos anteriormente por lo que se entendió mejor los nuevos vistos, … |
| Si tiene recomendaciones para mejorar esta estrategia didáctica y favorecer el aprendizaje, favor escríbalas a continuación. | *Escogencia del grupo que responde* | Un botón electrónico para saber qué grupo tiene la respuesta primera<br>Buscar una manera de decidir cual grupo contesta primero<br>Tener una mejor manera para seleccionar a la persona que va a responder la pregunta debido a que muchos levantaban la mano a la vez |
| | *Sin observaciones* | Esta perfecto! Me gustó mucho<br>Considero que la actividad estuvo bien cómo se realizó<br>Nada, me pareció bien que ella escogiera quien respondiese |

Los respuestas cerradas fueron totalmente positivas. A partir de estas se observa que el objetivo de mejorar la atención de los estudiantes se cumplió exitosamente, ya que la totalidad de los estudiantes expresó estar muy de acuerdo con que la actividad contribuyó con ello. Si bien es cierto, todas las respuestas fueron favorables, a partir de las preguntas que recibieron calificaciones menores, se propone que se puede mejorar la actividad para contribuir directamente con la identificación de las características del modelo por medio de preguntas teóricas que respondan a ello y además, agregar preguntas relacionadas con la resolución de casos para abarcar la aplicación de los conocimientos en el futuro.

Las preguntas abiertas confirman que la aplicación de la gamificación fue completamente favorable desde la perspectiva del estudiantado y que tiene el potencial de impactar en el aprendizaje de conceptos tanto teóricos como prácticos. Definitivamente se aplicará el cambio sugerido de la botella o algún método semejante que facilite la escogencia del grupo que contesta.

Las matemáticas son un área del conocimiento que generalmente no es bien percibida por los estudiantes. Genera miedo e indisposición y muchas veces esto cala negativamente en la motivación de las personas por aprender. Estos resultados muestran que este tipo de estrategia tiene un potencial muy grande para cambiar la perspectiva del alumno a la hora de recibir clases con alto contenido matemático de modo que el interés y atención mostradas en la clase aumenta. Por lo tanto, esta estrategia puede tener un gran impacto si se aplica no solo en otros talleres del curso, sino que se puede extender su uso a otros cursos de naturaleza similar como lo es Fisicoquímica Farmacéutica.

# REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS

Buenahora, M. R., & Millán, L. V. (2011). La lúdica. *Actas Odontológicas*, *VIII*(2), 50–58.

Cepillo Galvin, M. A. (2015). Aprendizaje Basado en Problemas. In M. Sánchez (Ed.), *Técnicas docentes y sistemas de evaluación: en educación superior*. Narcea.

Díaz Barriga Arceo, Frida., & Hernández Rojas, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo : una interpretación constructivista* (2nd ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Dirección de Investigación y Desarrollo Educativo. (n.d.). Aprendizaje Basado en Problemas técnica didáctica. In *LAS ESTRATEGIAS Y TÉCNICAS DIDÁCTICAS EN EL REDISEÑO*. Vicerrectoría Académica, instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey. (2016). *Gamificación*. http://bit.ly/ObservatorioGPlus

Zavala Ojeda, M. A., & Zubillaga Rodríguez, A. C. (2017). *Estrategias de enseñanza para la promoción de aprendizajes significativos* (T. A. Bogdanski, E. P. Santana Elizalde, & A. D. Portillo Arvizu, Eds.). UNID Editorial Digital. www.unid.edu.mx

# ANEXOS

## 1. PERFILES DE LOS ESTUDIANTES

**Perfiles de estudiantes**

1. Los resignados
2. Los repitentes
3. Los tenaces
4. Los de perfil bajo pero cooperadores
5. Los motivados

**Características distintivas de cada perfil**

1. Los resignados:
   No tienen alguna dificultad particular para entender la materia, pero tampoco tienen un don.
   Ven el laboratorio como un requisito más únicamente.
   Hace lo mínimo para cumplir con las asignaciones.
   Altamente motivado por las notas.
   Solo quiere pasar el curso para avanzar en la carrera.
2. Los repitentes
   La materia se le dificulta más que a los demás
   Tiene una particular presión por pasar el curso y por lo tanto una carga emocional grande.

Al estar repitiendo los procedimientos, ven el espacio como una carga aburrida.
Siente que pierde su tiempo en algunos momentos al llevar el laboratorio, ya que su prioridad es la teoría del curso.
Hace lo mínimo para cumplir con las asignaciones.
Altamente motivado por las notas.
Solo quiere pasar el curso para avanzar en la carrera.

3. Los Tenaces
   Asume pasar el curso como un reto o como una necesidad para avanzar en la carrera.
   Hace un esfuerzo extraordinario para poder entender todo.
   Dedica tiempo excesivo a aprender.
   Tiene un desgaste emocional fuerte relacionado con el curso.
   Busca hacer consulta con el profesor o estudiantes que pasaron el curso para poder entender la materia.
   Su motivación principal es avanzar en el plan de estudios.
4. Los de perfil bajo pero que tiene un don
   No intervienen en clase a menos que se haga necesario, aunque eso no refleja su interés por la materia.
   Entienden fácilmente la materia
   Tienen buena disposición para trabajar en el espacio.
   No tienen iniciativa para externar sus conocimientos, pero tampoco sus dudas.
5. Los motivados
   Tiene iniciativa y quiere sacarle provecho al espacio.
   Toma el liderazgo en momentos donde el resto del grupo duda.
   Demuestra curiosidad por la materia y deseos de una comprensión profunda de la información.
   Tiene presión por tener buenas calificaciones.

**Aspectos positivos y negativos de cada perfil**

1. Los resignados
   a. Positivos
      i. Desea pasar el curso, por lo que hace lo que se considera necesario para lograrlo (mínimo).
      ii. Desea avanzar en la carrera
      iii. Enfocado en aprobar el curso
   b. Negativos
      i. Normalmente, no tiene dificultades para aprender, pero tampoco sabe qué preguntar cuando lo requiere.
      ii. No tiene interés en aprender de manera profunda, por lo que se le dificulta el razonamiento complejo que se requiere conforme se avanza el semestre al no integrar el conocimiento de manera eficiente.
2. Los repitentes
   a. Positivos
      i. Su motivación para aprobar el curso es avanzar en la carrera.
      ii. Ha avanzado en todo lo que ha podido en el plan de estudios.

iii. En condiciones normales, él tiene un buen desempeño académico.

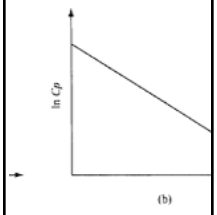
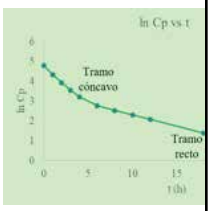
b. Negativos
   i. Su enfoque es aprobar el curso, no aprender
   ii. Se limita a hacer lo mínimo necesario para cumplir con lo asignado durante el espacio
   iii. El estar repitiendo implica una carga emocional importante que le afecta en su desempeño.
   iv. No le ve el valor al espacio del laboratorio como apoyo a la teoría, ya que su prioridad son las evaluaciones de teoría.

3. Los tenaces
   a. Positivos
      i. Se esfuerza lo necesario para pasar el curso
      ii. Tiene claro que su motivación es aprobar el curso, no obtener una buena nota.
      iii. No titubea a la hora de hacer consultas acerca de las dudas que le surgen.
   b. Negativos
      i. Dedica tiempo excesivo al curso.
      ii. Se siente frustrada porque se esfuerza mucho para obtener calificaciones bajas.
      iii. Siente la presión constante de perder el curso.
      iv. El esfuerzo que debe hacer para ganarlo le resta tiempo y atención que debe dar a otros cursos.
4. Los de perfil bajo pero que tiene un don
   a. Positivos
      i. Se les facilita la comprensión de la materia
      ii. Al tener buena disposición para trabajar, logran aprovechar el espacio
   b. Negativos
      i. Al tener dificultad para intervenir y dirigirse al profesor, algunas de sus necesidades pueden pasar desapercibidas por el profesor.
      ii. Invierte tiempo excesivo resolviendo dudas por su cuenta, dudas cuya aclaración podría haber sido más rápida con el docente.
5. Los motivados
   a. Positivos
      i. El estar motivados facilita que enfoquen su atención en la clase impartida y aprendan.
      ii. La iniciativa y liderazgo que tienen les permite generar experiencias que pueden asociar con la materia y ayudar a afianzar el conocimiento.
      iii. Tiene una actitud proactiva: amplía el conocimiento por su parte, no se limita a lo brindado por el profesor.
   b. Negativos
      i. La alta motivación que tiene puede generar que sacrifique tiempo de otros cursos para dedicárselo a este.
      ii. La presión por tener buenas notas se traduce en una carga emocional que puede afectar en su desempeño.

## 2. FOTOGRAFÍAS DE LA APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA

## 3. ESTRUCTURA UTILIZADA PARA EL PLANTEAMIENTO DE PREGUNTAS

| Tipo de pregunta | Número de pistas | Tiempo disponible | Pregunta | Opciones | Respuesta |
|---|---|---|---|---|---|
| Teórica-Opción única | 1 | 1 min | En este modelo, la Cp del fármaco a)_____ inicialmente con b)_____ rapidez que en los tiempos tardíos | a) Disminuye, se mantiene, aumenta<br><br>b) Menor, mayor, igual | a) Disminuye<br><br>b) Mayor |
| Teórica-Respuesta corta | 1 | 1 min | (Poner dibujo de los compartimentos y señalar las constantes.) Indicar el orden de la cinética de esos procesos. | No aplica | k12: orden uno<br>Kel: orden uno |
| Teórica-Falso o verdadero. Justifique su respuesta | 1 | 1 min | La Cp es siempre mayor en C.P. que en C.C. | Falso<br>Verdadero | Falso: La Cp's pueden ser mayores o menores en el C.P. con respecto al C.C. y esto dependerá de los valores de k12 y k21, y a su vez de las características fisicoquímicas del fármaco. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Práctica-Desarrollo | 1 | 1:30 s | Dibuje la gráfica de ln Cp vs t para un bolo I.V. bajo un modelo monocompartimental y para el bicompartimental. Señale las diferencias y explique brevemente porqué difieren. | No aplica | Monocompartimental<br>  <br><br>Bicompartimental<br>  <br><br>La pendiente cambia en el bicompartimental, lo que refleja los cambios en las velocidades relacionadas con el C.P. |
| Práctica-Selección única | 1 | 1 min | (Durante primera parte de demostración de Acp en C.C.) Acc0 se puede igualar a: | 1. D,<br>2. 18,<br>3. Kel,<br>4. 0 | D: dosis |
| Práctica-Selección única | 1 | 1 min | (Durante primera parte de demostración de Acp en C.P.) Ac0 se puede igualar a: | 1. D,<br>2. 18,<br>3. Kel,<br>4. 0 | D: 0 |

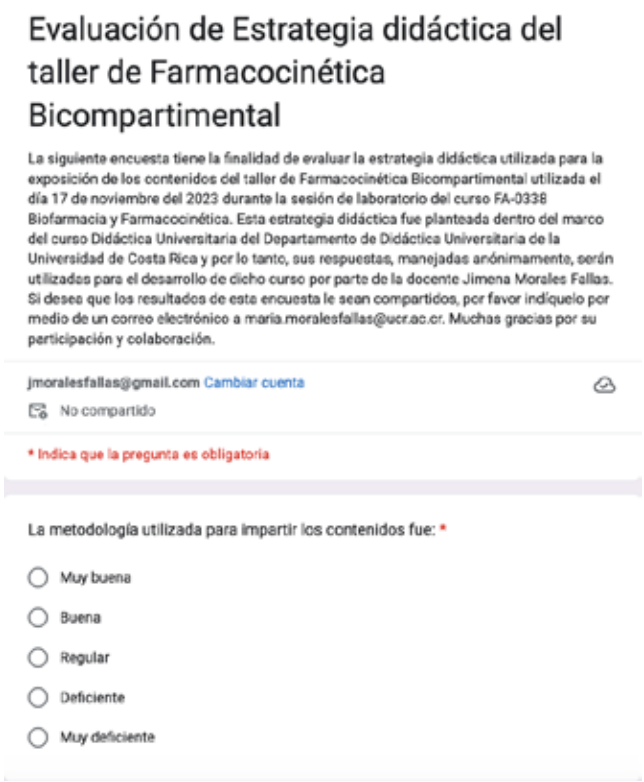
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Práctica-Selección única con pequeño desarrollo | 2 | 3 min | ¿Cuál es la fórmula notable que puede ayudarnos a resolver este polinomio? Indique cómo la utilizaría | 1. $(x+a)$<br>2. $(a+b)$<br>3. $(a \pm b)$<br>4. $(a \pm$ | $(x+a)(x+b)=x^2$ |
| Práctica-Desarrollo | 2 | 3 min | Proponga cómo aplicar el método de los residuales en las concentraciones de C.C. | No aplica | $Cp_{C.C.} = A^0 \cdot e^{-\alpha \cdot t} +$<br><br>En esta ecuación, se omite la sección que corresponde con la absorción para establecer la de logarítmica lineal y lo mismo, pero inverso para los residuos. |
| Práctica-Desarrollo | 1 | 1:30 s | A partir de la ecuación:<br><br>Averigüe Cpcc0=_____ | No aplica | $Cp^0_{C.C.} = A^0$ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Práctica-Desarrollo | 2 | 5 min | Averigüe cuál es la ecuación de cálculo para la K21 si sabemos que $B^0 = \frac{D}{V}$, $C^0_{C.C.} = \frac{D}{V_{C.C}}$ y $Cp^0_{C.C.} = A^0 +$ : Nota: tiene que quedar en términos de B0 y A0, entre otras cosas. | No aplica | Ver p. 8 del pdf de bicompartimental. |
| Práctica-Desarrollo | 2 | 2 min | Cuál es la fórmula para calcular ABC de 0 a t por el método de los trapezoides. Cómo averiguo el Cp a tiempo 0? | No aplica | $ABC_0^t = \sum_0^t \frac{(C_n +$ Y el Cp a tiempo 0 se averigua haciendo una recta con los primeros 2 puntos y extrapolando el tiempo 0. |
| Práctica-Respuesta corta | 1 | 1 min | ¿A qué podría ser igual Vd? | No aplica | $V_d = V_{C.C.} + V_{C.}$ |

## 4. PISTAS PARA LOS PARÁMETROS A ADIVINAR

| Pistas K21 (morado) | Pistas Ccp (naranja) | Pistas ABC de 0 a t (azul) |
|---|---|---|
| $\cdot B^0 \cdot$ | $\cdot k_{12}$ . | $\cdot \beta$ |
| $\cdot \beta$ | $\alpha$ - | $\cdot B^0 \cdot$ |
| $C^0_{c.c.}$ | $\cdot \beta$ | $\left(e^{-\beta \cdot t}\right.$ . |
| Es de orden 1 | Es del compartimento periférico | Tiene 2 métodos de cálculo |
| $\cdot \alpha$ + | $C^0_{C.P.} \cdot$ | $\alpha$ - |
| Relacionada con el compartimento periférico | Puede ser mayor o menor a lo encontrado en el compartimento central. | Se tiene que extrapolar un punto para el cálculo. |
| $\cdot A^0 \cdot$ | $\left(e^{-\beta \cdot t}\right.$ . | $\cdot A^0 \cdot$ |

## 5. ENCUESTA APLICADA PARA LA EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA



Evaluación de Estrategia didáctica del taller de Farmacocinética Bicompartimental

La siguiente encuesta tiene la finalidad de evaluar la estrategia didáctica utilizada para la exposición de los contenidos del taller de Farmacocinética Bicompartimental utilizada el día 17 de noviembre del 2023 durante la sesión de laboratorio del curso FA-0338 Biofarmacia y Farmacocinética. Esta estrategia didáctica fue planteada dentro del marco del curso Didáctica Universitaria del Departamento de Didáctica Universitaria de la Universidad de Costa Rica y por lo tanto, sus respuestas, manejadas anónimamente, serán utilizadas para el desarrollo de dicho curso por parte de la docente Jimena Morales Fallas. Si desea que los resultados de esta encuesta le sean compartidos, por favor indíquelo por medio de un correo electrónico a maria.moralesfallas@ucr.ac.cr. Muchas gracias por su participación y colaboración.

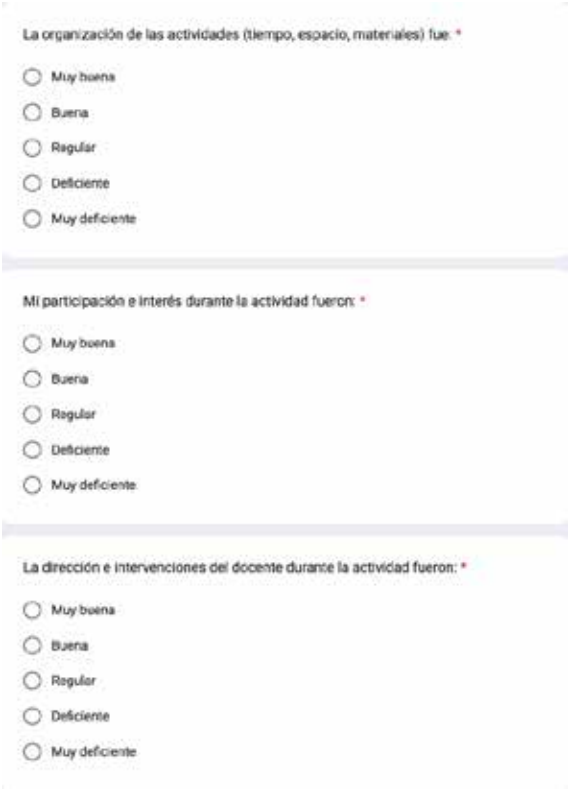
jmoralesfallas@gmail.com Cambiar cuenta

No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

La metodología utilizada para impartir los contenidos fue: *

- Muy buena
- Buena
- Regular
- Deficiente
- Muy deficiente



La organización de las actividades (tiempo, espacio, materiales) fue: *

- Muy buena
- Buena
- Regular
- Deficiente
- Muy deficiente

Mi participación e interés durante la actividad fueron: *

- Muy buena
- Buena
- Regular
- Deficiente
- Muy deficiente

La dirección e intervenciones del docente durante la actividad fueron: *

- Muy buena
- Buena
- Regular
- Deficiente
- Muy deficiente

Marque la opción que mejor describa su opinión con respecto a los siguientes enunciados. Por favor, procure marcar únicamente una casilla por enunciado. *

| | Muy de acuerdo | De acuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | Algo en desacuerdo | Muy en desacuerdo |
|---|---|---|---|---|---|
| La aplicación del juego a lo largo de la clase me ayudó a mantener la atención durante el taller. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| La aplicación del juego a lo largo de la clase me ayudó a comprender mejor el fundamento matemático detrás de las ecuaciones del modelo bicompartimental. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Considero que la metodología utilizada me permitirá aplicar en el futuro los conocimientos adquiridos de manera correcta. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| La metodología utilizada me permitió identificar las principales características del modelo farmacocinético bicompartimental. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

¿Qué fue lo más importante que aprendió durante el taller? *

Tu respuesta

¿Qué aspectos le gustaron de las actividades realizadas? *

Tu respuesta

Si tiene recomendaciones para mejorar esta estrategia didáctica y favorecer el aprendizaje, favor escríbalas a continuación. *

Tu respuesta