

# Programa del Curso MATE1721

## Principios Matemáticos en Medicina

### 2019-10

---

#### **Profesores:**

- Sección 1 (Magistral): Coordinador: José Ricardo ARTEAGA BEJARANO ([jarteaga@uniandes.edu.co](mailto:jarteaga@uniandes.edu.co)). Atención a estudiantes: Oficina: H-405; Martes de 7:00 a 11:00 a.m.  
Clases: Lunes y Jueves: C-104: 8:00 - 9:20 am.
- Sección 2 (Laboratorio de la Sección 1): Daniela Céspedes ([dn.cespedes@uniandes.edu.co](mailto:dn.cespedes@uniandes.edu.co))  
Clases: Miércoles y Viernes: W-204: 8:00 - 8:50 am.
- Sección 3 (Laboratorio de la Sección 1): Daniel Viteri ([d.viteri@uniandes.edu.co](mailto:d.viteri@uniandes.edu.co))  
Clases: Miércoles y Viernes: C-308: 8:00 - 8:50 am.
- Sección 4 (Laboratorio de la Sección 1): Laura Andrea Gómez ([la.gomez14@uniandes.edu.co](mailto:la.gomez14@uniandes.edu.co))  
Clases: Miércoles y Viernes: Z-102: 8:00 - 8:50 am.
- Sección 5: César Augusto Rodriguez ([ca.rodri@uniandes.edu.co](mailto:ca.rodri@uniandes.edu.co))  
Clases: Lunes ML-509, Miércoles LL-204, Jueves SD-715: 8:00 - 9:20 am.
- Sección 6: Otaivin Martínez ([o.martinez25@uniandes.edu.co](mailto:o.martinez25@uniandes.edu.co))  
Clases: Lunes Q-306, Miércoles W-601, Jueves R-110: 8:00 - 9:20 am.

#### **Identificación del curso**

- **Nombre del curso:** Principios Matemáticos en Medicina.
- **Código:** MATE1721
- **Créditos:** 3

#### **Prerequisitos:**

Precálculo o haber pasado el examen de nivelación de matemáticas. El material que se cubre es esencial para el curso de epidemiología. Durante el curso se tratan algunos ejemplos de tipo biológico o epidemiológico.

#### **Textos guía:**

Arteaga J.R. (2018) Notas de Clase del curso "Principios Matemáticos para Medicina". En SICUAPLUS.  
Neuhauser Claudia (2011) Calculus for Biology and Medicine. Prentice Hall. Third Ed. ISBN 13: 987-0-321-64468-8. Prentice Hall, PEARSON.

## **1 OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA**

- Familiarizar al estudiante con modelos matemáticos aplicables a las ciencias.
- Profundizar la relación entre las matemáticas y la medicina.
- Desarrollar en los estudiantes una estructura lógica del pensamiento para aplicarla en la resolución de algunos problemas de medicina y para poder comunicarse de una manera coherente en forma oral y escrita.
- Desarrollar en el estudiante el gusto por los temas matemáticos y una sensibilidad hacia la belleza matemática que presentan los temas en sí mismos.

## **2 COMPETENCIAS A DESARROLLAR**

- Usar los principios básicos de las matemáticas con confianza.
- Aprender basado en resolución de problemas y proyectos.
- Reconocer e interpretar modelos de poblaciones y epidemiológicos simples.
- Trabajar en grupo.

### 3 CONTENIDO DE LA ASIGNATURA

#### Primera parte: Cálculo infinitesimal

- (a) Modelos discretos. Ecuaciones recursivas (en diferencias). Ecuación logística discreta. Curva de Ricker. Sucesiones de Fibonacci.
- (b) La derivada. Definición. Reglas básicas de derivación. Derivadas de funciones trigonométricas, exponenciales y logarítmicas.
- (c) Aplicaciones. Extremos. Puntos de inflexión. Monotonía. Concavidad. Gráficas de funciones.
- (d) La integral. El teorema fundamental del cálculo. Aplicaciones. Áreas. Integración por partes.

#### Segunda parte: Ecuaciones Diferenciales

- (e) Ecuaciones diferenciales. Ecuaciones diferenciales autónomas.
- (f) Equilibrios y estabilidad. Primer acercamiento a estabilidad. Análisis geométrico. El modelo de Levins. El efecto Allee.
- (g) Sistemas dinámicos. Un modelo epidémico simple. Modelo de compartimientos. Un modelo jerárquico de competición.
- (h) Sistemas de ecuaciones diferenciales. Sistemas lineales. Modelos de compartimientos.
- (i) Sistemas autónomos nolineales. Método gráfico para  $2 \times 2$ . Método analítico.

#### Tercera parte: Probabilidad

- (j) Conteo.
- (k) Probabilidad. Probabilidad condicional.
- (l) Variables aleatorias discretas y distribuciones discretas. Media y varianza. La distribución binomial. La distribución geométrica. La distribución de Poisson.
- (m) Variables aleatorias continuas. Funciones de densidad. La distribución normal. La distribución uniforme. La distribución exponencial.

### 4 METODOLOGÍA (SECCIÓN 1 MAGISTRAL CON LABORATORIOS)

- **Clase magistral.** Dos clases por semana de una hora y media académica (80 min) cada una dictada por el profesor de la asignatura.
- **Laboratorio.** Dos secciones de laboratorio de una hora académica (50 min) y están dirigidas por los monitores del curso. El objetivo de los laboratorios es afianzar los conocimientos aprendidos en clase. Los temas tratados en el cada laboratorio son de la semana inmediatamente anterior.
- **Quizzes.** Cada fin de semana (los días viernes) hay un quiz obligatorio sobre los temas tratados en la semana. Está disponible desde las 9:00 a.m. hasta las 11:59 p.m. Los quizzes son individuales y se recomienda presentarlo en las salas de cómputo de la universidad. No se admiten excusas si algún quiz se presenta fuera del campus de la Universidad. Aunque se pueden presentar desde cualquier lugar con internet, no es excusa si falla la conexión o por otro motivo no presenta el quiz.

### 5 CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y ASPECTOS ACADÉMICOS

- **Exámenes parciales:** Tres (3), 15% cada uno. .... 45%
- **Proyecto final.** ..... 25%
- **Complementaria:** Nota dada por el monitor. .... 15%.
- **Quizzes (SICUAPLUS).** ..... 15%
- **Asistencia y/o participación en clase:** Según lo establecido en el RGEP.
- **Reclamos:** según lo establecido en el RGEP.
- **Política de aproximación de notas:** Se usará el sistema de notas sobre cinco punto cero (5.0 como nota máxima) y la nota definitiva será el promedio ponderado de notas parciales descritas anteriormente approximando la primera cifra decimal.

### 6 SOBRE EL PROYECTO FINAL

El proyecto final reemplaza el examen final. La sustentación del proyecto es en la fecha establecida por registro académico (BANNER).

1. El proyecto es en grupo. Los grupos deben ser de la misma sección de laboratorio y son los monitores encargados de formar los grupos.
2. Deben encontrar un espacio (tiempo y lugar) para las reuniones del grupo.
3. El ciclo que debe seguir es:

- **Pregunta.** Ponerse de acuerdo cuál es la pregunta que quieren resolver. Le llamaremos pregunta de investigación.
- **Problema real.** La pregunta deberán tratarla en un contexto "real" simplificado o simulado. Si encuentran datos reales los pueden usar. No traten de recolectar datos. No es obligatorio trabajar con datos reales, pueden ser simulados y el proyecto puede ser teórico.

- **Modelo matemático.** Haciendo una abstracción de los aprendido use uno de los modelos tratados en clase o una combinación de ellos. En este paso debe escribir todas las hipótesis (supuestos) para formular el modelo.
- **Conclusiones.** Antes de concluir debe hacer un par de análisis:
  - Cálculos mano en papel.
  - Simulaciones usando el computador. En el curso no se trató ajuste de parámetros. Por lo tanto si usa datos este ajuste será una aproximación visual.
- **Interpretación.** Interpreten los resultados, hagan discusiones sobre las conclusiones. Qué resultados los cuales esperaban les dio el modelo y cuáles resultados no esperados obtuvieron.
- **Regreso de nuevo a la pregunta.** Si todo el ciclo anterior respondió la pregunta entonces, han terminado. En caso contrario miren en forma detallada porqué el modelo no respondió la pregunta y si hay tiempo se pueden reformular la pregunta y de nuevo seguir el ciclo.

4. Visitas permanentes con los monitores o el profesor en sus horas de atención.

5. Los documentos que se deben presentar al final del curso antes de hacer las presentaciones finales de los proyectos son:

- **Proyecto escrito.** El proyecto se debe escribir en un formato el cual se publicará en SICUA+ (bajar TEMPLATES.zip de SICUAPLUS). El formato es en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X y se trabajará en servidores en línea: Overleaf. El archivo que debe subir a SICUA+ debe ser en PDF.
- **Presentación.** El formato a usar es cualquiera escogido por el grupo: PowerPoint, Beamer, .... El archivo que debe subir a SICUA+ debe ser en PDF.
- **Autoevaluación.** Cada grupo se autoevaluará. El líder del grupo enviará al profesor la autoevaluación de cada integrante del grupo en escala de 0 a 5. En este documento se debe hacer una descripción de cómo fue el trabajo y cómo se repartieron las diferentes tareas. Si el grupo decide puede diferenciar las calificaciones a cada miembro. Esta no es la nota final pero se tendrá en cuenta.

6. Para la calificación final se tendrá en cuenta la calificación del jurado en la presentación del proyecto, la calificación del trabajo escrito y la autoevaluación. En SICUAPLUS se publicará la rúbrica de calificación.

## 6.1 Ejemplos de proyectos

### (1) Modelo teórico. Lotka-Volterra con caza

**Pregunta:** En el modelo presa-predador simple ( $x$  significa población de presas y  $y$  población de predadores) tratado en la clase si se permite la caza de la presa en cualquier momento del año y la permisión es una cantidad constante  $H_x$ , ¿cuáles son los equilibrios del sistema y cuál es su estabilidad? Existe un umbral crítico? Texto recomendado Fred Brauer y Carlos Castillo-Chavez [BCC12].

### (2) Modelo casi-real. Crecimiento de una población.

**Pregunta.** ¿Existe un límite para la población de los Estados Unidos de América y ese límite es estable?

La siguiente tabla representa la población real de los Estados Unidos de América desde 1790 hasta el año 2000. Texto recomendado de Giordano [GFH14].

Año	Población
1790	3.929.000
1800	5.308.000
1810	7.240.000
1820	9.638.000
1830	12.866.000
:	:
1980	226.505.000
1990	248.709.000
2000	281.416.000

- (3) Modelo Lotka-Volterra modificado. Por ejemplo el mencionado anteriormente o modificando la rasa de reproducción de la presa en ausencia del predador.[B.18]
- (4) Crecimiento de una población o tamaño de una especie. Por ejemplo el mencionado anteriormente o usar modelos como los vistos en clase del tamaño de los peces.
- (5) Prescribiendo la dosis de un medicamento. Texto recomendado de Giordano - Fox - Horton [GFH14].
- (6) Cáncer y su tratamiento.
- (7) Mutación y Selección en genética.
- (8) Epidemias. En clase se trataron los más simples (SIR). Ustedes pueden profundizar e indagar otros modelos. Por ejemplo: Modelos SIS, SEIR, de una influenza, cuarentena e isolación, de vacunación, etc. Texto recomendado: Fred Brauer y Carlos Castillo-Chavez [BCC12].
- (9) Sistema neuronal simple. Textos recomendados de Claudia Neuhausuer [Neu11] y Fred Brauer y Carlos Castillo-Chavez [BCC12].

## 7 SYLLABUS (CRONOGRAMA POR SEMANAS)

Fecha	Tema / Actividad	Secciones de [Neu11]
<b>Semana 1</b> Ene 21-25	<b>Modelos discretos (CAP 1)</b> <i>Introducción – Reglas de juego. Repaso algunos temas del colegio</i> Ecuaciones en diferencias. Crecimiento exponencial y crecimiento logístico. Curva de Ricker. El método de la telaraña (cobweb) Quiz 1 (SICUAPLUS)	– 2.1; 2.2; 2.3 2.2; 2.3
<b>Semana 2</b> Ene 28 - Feb 1	<b>La derivada (CAP 2)</b> La derivada. Definición y reglas básicas. Derivadas de funciones trigonométricas, exponenciales y logarítmicas Quiz 2 (SICUAPLUS)	4.1; 4.2; 4.3 4.4; 4.5; 4.6
<b>Semana 3</b> Feb 4-8	<b>Aplicaciones de la derivada (CAP 3)</b> Extremos. Puntos de inflexión. Monotonía. Concavidad. Reproducción. Crecimiento exponencial. La función logística. Quiz 3 (SICUAPLUS)	5.1; 5.2; 5.3 5.1; 5.2; 5.3
<b>Semana 4</b> Feb 11-15	<b>Primer Examen Parcial P1</b> Repaso <i>Primer examen parcial (15%)</i> No hay Quiz	15%
<b>Semana 5</b> Feb 18-22	<b>La integral (CAP 4)</b> Teorema fundamental del Cálculo. Integrales simples. Integración por partes. Integración usando fracciones parciales. Aplicaciones Quiz 4 (SICUAPLUS)	6.2; 6.3 7.2
<b>Semana 6</b> Feb 25 - Mar 1	<b>Modelos continuos. Ecuaciones diferenciales (CAP 5)</b> Ecuaciones diferenciales autónomas. Equilibrios y estabilidad. Análisis geométrico. El modelo de Levins. El efecto Allee Quiz 5 (SICUAPLUS)	8.1 8.2
<b>Semana 7</b> Mar 4 - 8	<b>Sistemas dinámicos lineales y quasi-lineales (CAP 6)</b> Un modelo epidémico simple. Modelo de compartimientos (I). Un modelo jerárquico de competición. Modelo de Lotka-Volterra. Sistemas de ecuaciones diferenciales. Sistemas lineales. Modelo de compartimientos (II). Modelos epidemiológicos (SIR, SIS) Quiz 6 (SICUAPLUS)	8.3 11.1
<b>Semana 8</b> Mar 11 - 15	<b>Segundo Examen Parcial P2</b> Repaso <i>Segundo Examen Parcial (15%)</i> No hay Quiz	15% –
<b>Semana 9</b> Mar 18 - 22	<b>Sistemas dinámicos no-lineales (CAP 7)</b> Método gráfico para soluciones $2 \times 2$ Aplicaciones. Selección y Mutación. Quiz 7 (SICUAPLUS)	11.2 11.2 Último día de retiros
<b>Semana 10</b> Mar 25 - 29	<i>Lunes festivo</i> <b>Teoría de conteo (CAP 8)</b> Teoría de conteo Probabilidad. Probabilidad condicional. Fórmula de Bayes Quiz 8 (SICUAPLUS)	12.1 12.2; 12.3
<b>Semana 11</b> Abr 1 - 5	<b>Distribuciones de probabilidad discretas (CAP 9)</b> Media y varianza. La binomial. La geométrica. La de Poisson. Quiz 9 (SICUAPLUS)	12.4 12.4
<b>Semana 12</b> Abr 8 - 12	<b>Distribuciones de probabilidad continuas (CAP 10)</b> Funciones de densidad de probabilidad y Funciones de probabilidad acumulada. La distribución normal. Quiz 10 (SICUAPLUS)	12.5 12.5
<b>Semana 13</b>	<b>Semana de Trabajo individual. Abr 15 - 19</b>	Receso

Fecha	Tema / Actividad	Sección
Semana 14 Abr 22 - 26	Distribuciones de probabilidad continuas (CAP 11) La distribución uniforme. La distribución exponencial. Procesos de Poisson. Quiz 11 (SICUAPLUS)	12.5 12.5
Semana 15 Abr 29 - May 3	Miércoles festivo Tercer Examen Parcial P3 (15%) Reposo Tercer Examen Parcial (15%) No hay Quiz	15%
Semana 16 May 6 - 10	Preparación de Proyectos Preparación de proyectos	

**La presentación del Proyecto Final se hará el día asignado por la oficina de registro académico en el período de exámenes finales.**

## 8 REGIMEN ACADEMICO

Las siguientes disposiciones académicas se deberán tener en cuenta en la elaboración de los programas de los cursos:

- Asistencia a clase: Los profesores iniciarán sus cursos desde el primer día del semestre académico, con la finalidad de garantizarles a los estudiantes el derecho a beneficiarse activa y plenamente del proceso educativo (Art. 40 RGEPr).  
Las clases de la Universidad deben empezar a la hora en punto o a la media hora, y terminar diez minutos antes de la hora en punto o de la media hora (Art. 41 RGEPr).
- Inasistencia a clase y a evaluaciones: Los parámetros para controlar la asistencia deberán ser informados a los estudiantes el primer día de clase. Se sugiere informar si la asistencia y la participación serán criterios de evaluación así como la forma en que serán calificados. Será facultativo de cada profesor determinar las consecuencias de la inasistencia si esta supera el 20% (Art. 42 y 43 RGRPr).  
El estudiante que desee justificar su ausencia deberá hacerlo ante el profesor dentro de un término no superior a ocho (8) días hábiles siguientes a la fecha de ésta. De acuerdo con el párrafo del artículo 43 del RGEPr, serán excusas válidas las siguientes:
  - Incapacidades médicas.
  - Incapacidades expedidas por la Decanatura de Estudiantes.
  - Muerte del cónyuge o de un familiar hasta del segundo grado de consanguinidad.
  - Autorización para participar en eventos deportivos, expedida por la Decanatura de Estudiantes.
  - Autorización para asistir a actividades académicas y culturales, expedida por la respectiva dependencia académica.
  - Citación a diligencias judiciales, debidamente respaldada por el documento respectivo.

La Decanatura de Estudiantes prestará colaboración en la verificación de las incapacidades médicas.

- Calificaciones: Se deberán programar como mínimo tres (3) evaluaciones. En los cursos de la escuela de verano el profesor podrá practicar una sola evaluación con un valor equivalente al 100% de la materia (Art. 45 y párrafo Art. 46 RGEPr).
- Ninguna de las evaluaciones podrá tener un porcentaje superior al 35%, salvo que se trate de prácticas académicas, proyectos de grado y algunos cursos del programa de música, los cuales tendrán un sistema de calificación especial que también deberá ser informado a los estudiantes en el programa del curso.
- Las evaluaciones orales, en las que la actividad del estudiante consiste únicamente en responder las preguntas formuladas por el profesor y que tengan un valor superior al 15% de la calificación del curso, deberán realizarse en presencia de un profesor adicional, quien también deberá actuar como evaluador.
- Si un estudiante falta a la presentación de una evaluación debidamente programada, podrá ser calificado con cero (0,0). Sin embargo, el estudiante podrá justificar su ausencia ante el profesor dentro de un término no superior a (8) días hábiles siguientes a la realización de la prueba. Justificada la inasistencia el profesor deberá indicarle al estudiante la nueva fecha y hora en que le realizará el examen, dentro de las dos (2) semanas siguientes a la aceptación de la justificación presentada.
- El valor de cada evaluación practicada sin aviso, en ningún caso, podrá superar el 5% de la nota definitiva del curso.
- Los profesores tendrán autonomía para establecer sus propios criterios de aproximación de notas definitivas, pero deberán siempre informarlo en el programa del curso, el primer día de clase.
- Se recomienda establecer desde un inicio las condiciones para la entrega de informes y trabajos, así como los parámetros para la elaboración las actividades en grupo. También indicar los efectos de la entrega tardía de trabajos y de la no entrega.

- Entrega de calificaciones: Todos los profesores de la Universidad deben hacer conocer a sus estudiantes las calificaciones obtenidas, dentro de los diez (10) días hábiles siguientes a la práctica de la evaluación parcial. Exceptuando aquellas correspondientes a los proyectos de grado y prácticas académicas (Art. 66 RGEPr).
- Al menos el 30% de las calificaciones debe ser dado a conocer a más tardar antes de la semana de retiros de cada semestre (Art. 67 RGEPr).
- Antes del examen final, el estudiante tiene el derecho a conocer las calificaciones parciales obtenidas durante el semestre y podrá solicitarlas al profesor (Art. 68 RGEPr).
- Notas especiales: - Incompleto (I): nota aplicada por el Consejo de Facultad cuando el alumno no haya podido cumplir por razones justificadas, con los requisitos del curso (Art. 55 RGEPr).
  - Incompleto Total (IT): nota aplicada por el Consejo de Facultad cuando el alumno no haya podido cumplir por razones justificadas, con los requisitos de todos los cursos del periodo académico en el cual se encuentra matriculado (Art. 56 RGEPr).
  - Pendiente (P): nota aplicada por el profesor cuando al estudiante por casos de fuerza mayor, para cumplir con los requisitos del curso, solo le reste la presentación de una prueba final o no pueda asignársele una calificación antes del plazo definido (Art. 57 RGEPr).
  - Pendiente Disciplinario (PD): nota aplicada por el profesor al estudiante que se encuentre vinculado a un proceso disciplinario. Esa nota será reemplazada una vez culmine definitivamente el proceso (Art. 58 y parágrafo 1 Art. 109 RGEPr).
  - Pendiente Especial (PE): nota excepcional aplicable a aquellos estudiantes que se encuentren desarrollando su correspondiente proyecto de grado y no ha sido concluido, por razones justificadas, dentro del semestre inicialmente establecido (Art. 61 RGEPr).
- Reclamos: Si se trata de una prueba escrita, el estudiante deberá dirigir el reclamo por escrito, dentro de los ocho (8) días hábiles siguientes al que conoció la calificación en cuestión. El profesor cuenta con diez (10) días hábiles para responderle. Si el estudiante considera que la decisión no corresponde a los criterios de evaluación, podrá solicitar la designación de un segundo calificador ante el Consejo de Facultad, dentro de los ocho (8) días hábiles al conocimiento de la decisión (Art. 62 y 63 del RGEPr).
 

En caso de reclamo por una calificación obtenida en una prueba oral, el estudiante podrá exponer la razón de su desacuerdo a los profesores evaluadores en el mismo momento en que tiene conocimiento de la nota. Si el grupo evaluador mantiene la calificación, la realización de un nuevo examen quedará a discreción del Consejo de Facultad al que pertenece la materia, previa solicitud escrita del estudiante (Art. 64 del RGEPr).
- Cambio de notas definitivas: Vencido el plazo previsto para el cambio notas derivadas de los reclamos presentados, estos solo podrán realizarse con la autorización del coordinador de pregrado del programa al que pertenece la materia (Art. 65 RGEPr).
- Funciones del monitor: La principal función del monitor es la de ayudar al profesor en la dirección de las actividades académicas (laboratorios, sesiones de repaso o de ejercicios, asesoría a estudiantes). Así mismo, apoyarlo en la corrección de ejercicios y pruebas. La calificación definitiva de las pruebas será responsabilidad exclusiva del profesor.
- Reporte de casos disciplinarios: Ante la sospecha de una presunta comisión de fraude académico (Art. 109 RGEPr) o de una falta disciplinaria (Art. 110 y 111 RGEPr) por parte de uno de sus estudiantes o de cualquier miembro de la comunidad uniandina, los profesores deberán tener en cuenta:
  - Es su deber informar a la Secretaría del Comité Disciplinario de la unidad académica a la que pertenezca la materia o en la que esté inscrito el estudiante, según corresponda, explicando los hechos que fundamentan su consideración y adjuntando las pruebas correspondientes (Art. 121 RGEPr).
  - A través de un proceso disciplinario el estudiante tendrá la oportunidad formal de presentar su versión sobre los hechos y pronunciarse sobre las decisiones que tomó el Comité (Art. 121 – 135 RGEPr).
  - El profesor tiene discreción para hablar con los estudiantes implicados antes de reportar el caso al comité, para informarles al respecto.
  - Durante el proceso disciplinario el profesor podrá ser consultado si el Comité lo considera, pero no será parte formal del proceso.
    - A menos que el estudiante acepte su responsabilidad, el profesor no puede afirmar que cometió una falta disciplinaria. En cualquier conversación con un estudiante que presuntamente haya cometido la falta, el profesor debe ser cuidadoso. La existencia del fraude o de una falta disciplinaria solamente la puede determinar el Comité, después de haberse cumplido el proceso contemplado en los distintos reglamentos de estudiantes de la Universidad.
    - La actividad académica en la que se presuma la comisión de un fraude académico, deberá ser calificada con Pendiente Disciplinario (PD), (Art. 59 RGEPr). Es indispensable poner el Pendiente Disciplinario pues esta nota es una garantía del respeto por la presunción de inocencia del estudiante.
    - Una vez el profesor reciba copia de la carta por medio de la cual se le notifica al estudiante la culminación del proceso disciplinario, deberá levantar el PD y asignar la nota correspondiente a la actividad académica (parágrafo 1 Art. 109 RGEPr).
- Canales de ayuda para estudiantes y profesores: En cualquier momento los profesores y estudiantes podrán apoyarse en la labor de los coordinadores de su programa, la Decanatura de Estudiantes, la Secretaría General

de la Universidad y la Oficina del Ombudsperson para consultar sobre asuntos académicos o administrativos según corresponda.

## REFERENCES

- [B.18] José Ricardo Arteaga B. *Principios Matemáticos para Medicina*. Uniandes. Notas de clase. Publicadas en SICUAPLUS, 2018.
- [BCC12] Fred Brauer and Carlos Castillo-Chavez. *Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology*. 2nd ed. Springer, 2012.
- [GFH14] Frank R. Giordano, William Fox, and Steven B. Horton. *A first Course in Mathematical Modeling*. Fifth ed., 2014.
- [Neu11] Claudia Neuhauser. *Calculus for Biology and Medicine*. Third ed., 2011.