



**PROGRAMA DE CURSO**

**NOMBRE DEL CURSO:** Modelación y Simulación

**CLAVE:** CTH-656 **CRÉDITOS:** 3

**FECHA DE ACTUALIZACIÓN:** 30 de julio, 2021

**Pre-requisito:** Conocimientos de álgebra, cálculo integral y diferencial, uso de buscadores de información, uso de Calc (Libre Office) o Excel, manejo de datos estructurados, estadística y probabilidad, uso del lenguaje R.

**Relación con Líneas de Generación y Aplicación de Conocimiento (LGAC):** este curso se relaciona con dos de las tres LGAC del programa de Doctorado en Agroecosistemas Tropicales: Evaluación y Rediseño de Agroecosistemas (ERAES), y Recursos Naturales, Agroecosistemas y Cambio Climático (RENACC).

**Relación con otros cursos:** Diseño y Evaluación de Agroecosistemas (CTH-660) y Cambio Climático y Agroecosistemas (CTH-664).

<b>1.- Propósito general:</b> Diseñar y ejecutar modelos de simulación derivados del análisis de sistemas complejos relacionados con el entorno agrícola con fines predictivos, descriptivos o comparativos.		
<b>Competencias</b>		
<b>Genéricas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacidad de análisis, síntesis y evaluación.</li> <li>▪ Uso de las tecnologías de la información y la comunicación.</li> <li>▪ Capacidad de resolución de problemas, desarrollo de proyectos relacionados con los agroecosistemas.</li> </ul>	<b>Específicas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Relacionar filosofía, teorías y métodos, para dimensionar la agricultura desde el pensamiento sistémico, y contribuir a su desarrollo</li> <li>▪ Aplicar teorías y metodologías de investigación, cuantitativas y cualitativas, con la finalidad de evaluar el manejo de los recursos naturales, con base en criterios de sustentabilidad de los AEST.</li> </ul>	
<b>Aprendizajes esperados:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprender la evolución histórica y el desarrollo conceptual del modelado y la simulación</li> <li>2. Ubicar los tipos y modelos de simulación dentro de las diferentes alternativas del estudio de sistemas complejos</li> <li>3. Aplicar los principios de análisis de sistemas para el desarrollo de modelos</li> <li>4. Usar programas de cómputo para construir y ejecutar modelos</li> <li>5. Aplicar el ciclo de desarrollo de un modelo</li> <li>6. Conoce y aplica la representación simbólica de un modelo de simulación</li> <li>7. Manejar procesos genéricos de simulación.</li> </ol>		
<b>Contenidos conceptuales:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perspectiva histórica de modelaje y simulación. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modelado previo a los ordenadores</li> <li>▪ Modelado con ordenadores</li> <li>▪ Desarrollo de técnicas de modelado y simulación</li> </ul> </li> </ol>	<b>Contenidos procedimentales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Análisis cualitativo de sistemas para identificar elementos y relaciones.</li> </ul>	<b>Contenidos actitudinales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Colaboración en equipo</li> <li>▪ Reconocimiento de las limitantes del raciocinio humano en la</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Integración de modelos en sistemas de apoyo a la toma de decisiones</li> <li>2. Conceptos relacionados con la simulación y el análisis de sistemas complejos.</li> <li>3. Tipos de modelos. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Clasificación de modelos de simulación</li> <li>▪ Técnicas de simulación</li> </ul> </li> <li>4. Introducción general a la simulación de sistemas dinámicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alternativas</li> <li>▪ Usos</li> <li>▪ Herramientas</li> <li>▪ Requerimientos de información</li> </ul> </li> <li>5. Principios matemáticos de la simulación dinámica: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ecuaciones diferenciales</li> <li>▪ Métodos de integración</li> <li>▪ Intervenciones</li> </ul> </li> <li>6. Ciclo del desarrollo de un modelo de simulación: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Definición de objetivos</li> <li>▪ Delimitación del sistema y sus componentes</li> <li>▪ Proceso iterativo de adición de elementos</li> <li>▪ Estimación de parámetros</li> <li>▪ Verificación</li> <li>▪ Depuración</li> <li>▪ Validación</li> <li>▪ Aplicación</li> </ul> </li> <li>7. Herramientas computacionales disponibles para desarrollar modelos de simulación. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lenguajes de programación</li> <li>▪ Sistemas de modelado</li> </ul> </li> <li>8. Representación de un modelo de simulación. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Componentes de acuerdo con la categorización de Forrester</li> <li>▪ Relación de componentes con el sistema objeto de análisis</li> </ul> </li> <li>9. Introducción a la simulación Monte Carlo. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diferencias y semejanzas con la simulación dinámica</li> </ul> </li> <li>10. Perspectivas actuales y futuras de simulación de sistemas complejos. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Agentes autónomos en ambientes dinámicos</li> <li>▪ Conceptos de reglas y toma de decisiones</li> </ul> </li> </ul>	<p>Procesos de abstracción y modelaje</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Notación de Forrester para describir sistemas dinámicos</li> <li>▪ Estimación de tasas de transferencia y flujos</li> <li>▪ Representación genérica de procesos dinámicos: procesos de crecimiento, rezagos, intervenciones, tablas de búsqueda, usos condicionales</li> <li>▪ Simulación de eventos estocásticos mediante números aleatorios</li> <li>▪ Representación de actores mediante reglas de operación</li> </ul>	<p>representación y solución de problemas en sistemas agrobiológicos, naturales e híbridos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Valoración de principios éticos para el desarrollo de modelos</li> </ul>
---	---	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistemas caóticos</li> </ul>		
<b>Metodología para la construcción del conocimiento</b>		
<b>Actividades de aprendizaje con el docente:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Discusión de lecturas</li> <li>▪ Resolución problemas relacionados con sistemas agroecológicos</li> <li>▪ Estudios de casos</li> <li>▪ Construcción y modificación de modelos de simulación</li> <li>▪ Preparación y ejecución de un proyecto de clase.</li> </ul>	<b>Actividades de aprendizaje autónomo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lectura de publicaciones relacionadas con los temas</li> <li>▪ Análisis de sistemas complejos reales para aislar elementos, procesos e interacciones</li> <li>▪ Diseño e implementación de modelos</li> <li>▪ Implementar ciclo incremental del desarrollo de un modelo a través de un proyecto de clase.</li> </ul>	
<b>Indicadores de desempeño para el logro de las competencias:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tareas. Tienen un formato variable y, en general se pide resolver problemas del ámbito agroecológico con técnicas de simulación. La evaluación considera la descripción escrita del problema y el grado de solución del problema. Puede incluir un reporte en Word y/o el código en el lenguaje R o Vensim.</li> <li>2. Exámenes. Están estructurados para evaluar conceptos, interpretar información generada por modelos y resolver problemas con técnicas de simulación. La evaluación considera el tiempo de entrega y la proporción de respuestas correctas.</li> <li>3. Proyecto de clase. Incluye reportes técnicos y el modelo funcional implementado en Vensim o lenguaje R (ver Anexo 1). Su evaluación considera varios componentes descritos en dicho anexo</li> </ol>	<b>Evidencias de aprendizaje:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reportes de tareas: documento Word y/o código en lenguaje R o Vensim.</li> <li>2. Documentos de exámenes con las respuestas correctas.</li> <li>3. Proyecto de clase incluye reporte técnico y modelo codificado en Vensim o lenguaje R.</li> </ol>	<b>Acreditación:</b> De conformidad con lo establecido en el Reglamento de Actividades académicas (RAA). Calificación mínima de 8.0 en escala de 0 a 10.  <b>Evaluación:</b> Aspectos teóricos Casos: ejercicios y problemas Trabajo final  <b>Calificación:</b> 40% Tareas 40% Exámenes 20% Proyecto de curso
<b>Bibliografía básica:</b>  Deaton, M.L, Winebraker. J.J. 2000. Dynamic modeling of environmental systems. Springer. New York. Forrester, J. 1968. Principles of Systems. Productivity Press. Cambridge, MA. Haefner, J.W. 2005. Modeling biological systems: Principles and applications. Springer. N.Y. Law, A. M., Kelton, W.D. 1991. Simulation Modeling and Analysis. McGraw-Hill, Inc. New York, NY.	<b>Bibliografía complementaria:</b>  Corral-Areán, J. 2011. Agent-based methodology for developing agroecosystems' simulations. M.Sc. Thesis. Universidad de la República. Uruguay. Lopez-Collado, J., M. Cruz-Rosales, J. Vilboa-Arroniz, I. Martínez-Morales, and H. Gonzalez-Hernandez. 2017. Contribution of Dung Beetles to Cattle Productivity in the Tropics: A Stochastic-Dynamic Modeling Approach. Agricultural Systems 155. Peck, S.L. 2000. A tutorial for understanding ecological modeling papers for the nonmodeler. Amer. Entomol. 46:40-49.	

Mailund, T. 2017. Functional programming in R: Advanced statistical programming for data science, analysis and finance. Apress, N.Y.

Rabbinge, R., S. A., Ward, S.A., van Laar, H.H. (eds.) 1989. Simulation and System Management in Crop Protection. PUDOC. Wageningen, Netherlands.

Robert, C.P., Casella G. 2010. Introducing Monte Carlo methods with R. Springer. New York.

Soetaert, K., Herman, M.J. 2009. A practical guide to ecological modelling. Springer. NY

Peleg, M., Normand, M.D., Horowitz, J., Corradini, M.G. 2007. An expanded Fermi solution for microbial assessment. International Journal of Food Microbiology, 113: 92-101.

Vera Graziano, J., Pinto, V.M., López-Collado, J., Robles, R.R. 2002. Ecología de Poblaciones de Insectos. Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad. Montecillo, México.

## Anexo 1

### CT656. Modelación y Simulación Proyecto de clase

#### Introducción

El proyecto de clase es una propuesta de representar un sistema o subsistema mediante un modelo de simulación. El sistema o subsistema seleccionado puede ser biológico, ecológico, agroecológico o híbrido. Este modelo debe tener el propósito de resolver algún problema del sistema de estudio mediante simulación. Debe tener capacidad descriptiva, predictiva o comparativa. Este proyecto se construye mediante un proceso iterativo en el cual se presentan al menos dos versiones preliminares y una final en un calendario establecido durante el desarrollo del curso.

Los reportes del proyecto, tanto preliminares como el final contienen dos documentos

1. Un reporte técnico en formato word.
2. El modelo funcional implementado en Vensim o en R

#### Contenido del reporte técnico

Hola de portada

Debe contener lo siguiente: Logo CP, nombre de estudiante, Nombre del curso, Nombre de proyecto, Versión del proyecto, fecha

Introducción y objetivos

Es una narrativa de los antecedentes del problema propuesto y por qué las técnicas de simulación pueden resolver el problema. El problema debe ser relacionado al funcionamiento de un sistema del ámbito biológico, ecológico, agroecológico o híbrido. Se debe describir el objetivo del proyecto en este apartado.

Materiales y Métodos

Debe contener los pasos en el proceso del modelo y simulación: definición del sistema, delimitación de los componentes, funcionalidad. Puede incluir la comparación de escenarios, aspectos descriptivos o predictivos.

Es importante que en este paso se describa claramente los componentes y funcionalidad del modelo, incluyendo los parámetros que lo componen y las suposiciones que lo sustentan.

Resultados y discusión

Debe incluir la narrativa de los resultados encontrados y como se comparan con datos reales, de ser posible.

Debe incluir los parámetros del modelo, ya sea en cuadros o en el texto.

Debe contener las dificultades técnicas encontradas y limitantes

Debe contener las acciones futuras a estudiar o analizar

En las versiones preliminares debe discutirse que ha funcionado del modelo y que se requiere añadir para incrementar su funcionalidad.

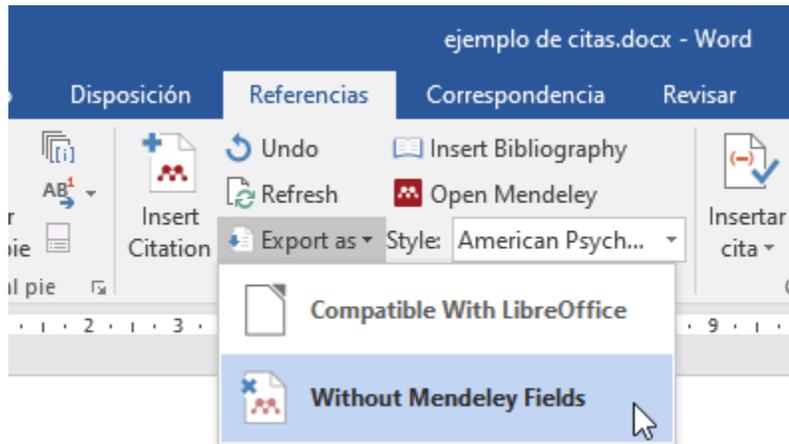
En la versión final debe discutirse sus alcances y limitaciones.

## Conclusiones

Debe contener las conclusiones, relacionadas con el objetivo del trabajo

## Literatura citada

Incluir la literatura citada en el texto. Se debe utilizar el gestor Mendeley Cite, para las citas bibliográficas y la literatura citada, con el formato APA v7. Cuando finalice su documento, exportar documento para que no contenga los campos de Mendeley:



Apéndices numéricos, de ser necesarios o bien fórmulas en el texto, en materiales y métodos. Fórmulas matemáticas con el editor de word. Gráficas con ggplot u otro software especializado

Formato del documento: Times new Roman/Arial 12, Doble espacio, Márgenes de 2.5 cm, páginas del documento numeradas en la parte inferior central

## Contenido del Modelo Funcional

El modelo funcional es el archivo Vensim o script en R que contiene las instrucciones que representan el modelo de simulación propuesto. Debe ser funcional.

## Evaluación del Proyecto de Clase

El proyecto se entregará en tres fechas establecidas de antemano con los estudiantes. Cada fecha debe cumplirse, de no ser así se aplica un descuento de 1 punto por día (en una escala de 0 a 10). Del reporte técnico se evaluarán dos componentes, el primero es la calidad y claridad de la redacción (ortografía, secuencia de ideas, figuras y cuadros bien estructurados). El segundo componente es la funcionalidad y suposiciones del modelo, es importante que los valores predichos se puedan comparar con observados. En cuanto al modelo funcional se evaluará el sustento teórico de los algoritmos, las predicciones en los valores extremos y su operación sin errores.