

Llamado conjunto CSE – CSIC a proyectos de investigación para la mejora
de la calidad de la enseñanza universitaria 2021 (PIMCEU)

Título del proyecto de investigación:

“El paradigma de las ciencias computacionales y la educación ”

1. Fundamentación y antecedentes

Se describe a continuación la fundamentación del proyecto que se presenta. Asimismo se incluyen como antecedentes las actividades más significativas realizadas a lo largo de los años.

1.1. Fundamentación

El paradigma de las ciencias computacionales y la educación

Es un hecho ampliamente reconocido que la computación ha transformado la ciencia y la ingeniería de manera fundamental.

En su revisión del impacto de la computación en las ciencias, Peter Denning y Matti Tedre (Denning y Tedre 2015) describen cómo la computación ha producido dos revoluciones. La primera, un cambio radical en las prácticas científicas, es el producto de la informática como herramienta aplicada a las ciencias, debido al insuperable potencial y versatilidad de la computación y la simulación. La segunda revolución, consiste en considerar el *computar* como una forma completamente nueva de ver los fenómenos naturales y artificiales, cambiando fundamentalmente la forma en que otros campos se ven a sí mismos y hacen su trabajo. Lo que hoy se llama ciencia computacional, implica una nueva era de la ciencia (Denning y Tedre 2015; 2021).

Las transformaciones que surgieron al poner las herramientas de la ciencia de la computación al servicio de otras ciencias fueron abriendo nuevos problemas, preguntas y campos de investigación, porque, como escriben Denning y Tedre, “Cuando la ciencia se vuelve más computacional, los límites de la computación trazan nuevos límites para el conocimiento” (Denning y Tedre 2021:21).

De hecho, las ciencias del siglo 21 aportan rigor y orden a sus conceptos y teorías desde prácticas computacionales de modelado y simulación (Mittal, Durak y Ören 2017). La ciencia computacional integra la computación no sólo para dar apoyo a teorías y experimentos tradicionales, sino también para ofrecer formas revolucionarias de interpretar procesos naturales y conducir investigaciones científicas (Havill 2020; Markowitz 2017; Ören, Mittal y Durak 2018). En las palabras de Markowitz (2017), “Hoy en día toda biología es biología computacional”. Para el propósito de este proyecto, englobamos estas transformaciones bajo el nombre de *paradigma de las ciencias computacionales* (PCC).

En las disciplinas científicas este paradigma ha dado lugar a cambios profundos, llegando a producir disciplinas nuevas como ser la bioinformática, la química computacional y ciencia de datos aplicada a múltiples dominios. La velocidad de los cambios es notoria también en los departamentos e institutos de computación que, en los últimos años, se ven inundados de estudiantes de otras carreras y disciplinas que buscan desarrollar sus competencias computacionales para tener buen desempeño en sus carreras y disciplinas (Camp et al. 2017).

Si miramos el caso de Uruguay, vemos que varias universidades ofrecen estudios en bioinformática a nivel de posgrado y la Facultad de Ingeniería de la UDELAR ofrece una maestría en ciencia de datos que busca justamente responder a las necesidades de formación de profesionales. Si bien vemos que el PCC implica un desafío para los científicos y profesionales que deben desarrollar nuevas competencias para sus carreras, *el verdadero desafío es para el sistema educativo (universitario y preuniversitario) que debe construir nuevas estrategias para que el PCC se vea reflejado significativamente en los espacios de educación e investigación didáctica*. El modelo educativo predominante para la ciencia de la computación, modelo que se aplica también en Uruguay, ha sido enseñar computación (informática) como una disciplina propia (Fee, Holland-Minkley and Lombardi 2017).

Entendemos que si bien es necesario mantener una educación para la disciplina, en parte en reconocimiento de la dura lucha que significó el establecer la disciplina como tal (Denning y Tedre 2019), es también imprescindible desarrollar un modelo interdisciplinario de educación computacional que refleje la realidad del contexto en que vivimos (Fee, Holland-Minkley y Lombardi 2017). Es especialmente urgente atender las competencias computacionales en el contexto educativo del siglo 21 que se ve saturado por el uso de expresiones vinculadas a la tecnología en la educación, en gran parte sin evidencias empíricas, ni fundamentos teóricos sólidos (Selwyn 2015, Denning 2017).

Cada disciplina, sean ciencias sociales o naturales como física, biología y química o ciencias formales como matemática, comparte el desafío con la ciencia de la computación de construir una educación para el PCC, considerando, entre otras cosas, que la didáctica de cada ciencia debe integrar los conceptos computacionales que dicha ciencia utiliza como herramientas y métodos fundamentales en la creación y el desarrollo del conocimiento.

Si bien a nivel de las ciencias el desafío es específico a cada disciplina, la estrategia educativa es necesariamente interdisciplinaria (Aikat et al. 2017). La interdisciplinariedad y la interinstitucionalidad son componentes fundamentales en el diseño de estrategias educativas y proyectos de investigación didáctica en el PCC. En este sentido, el Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería, siendo una de las instituciones educativas en ciencia de la computación más importantes del país, comparte la responsabilidad en la creación y desarrollo de una educación para el PCC.

Este proyecto ha sido pensado para complementar y continuar proyectos y actividades anteriores desarrolladas por docentes e investigadores de la Facultad de Ingeniería y profesores de Matemática, Informática y Física de la ANEP, así como para aprovechar herramientas computacionales desarrolladas con fines educativos por estudiantes de la carrera de Ingeniería en Computación del Instituto de Computación. Al mismo tiempo, el proyecto dejará abiertas nuevas posibilidades de cooperación y colaboración entre ambos subsistemas y con profesores de otras ciencias.

1.2. Antecedentes

Este proyecto es la continuación del trabajo interdisciplinario e interinstitucional entre el Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería de la UDELAR, la ANEP y el PEDECIBA área Informática realizado a lo largo de varios años. Durante los años 2009, 2010 y 2011 el PEDECIBA promovió y apoyó la realización de seminarios con participación de profesores del profesorado de Informática (que comenzó a dictarse en 2008 y en 2011 egresó la primera generación de profesores), que luego continuaron con los Encuentros de Educación en Ciencia de la Computación (EECC) llevados adelante por el Núcleo Interdisciplinario Filosofía de la Ciencia de la Computación (NIFCC) (<https://www.fing.edu.uy/grupos/nifcc/index.html>). Desde 2000 dictamos el curso llamado “Matemática y Programación - Potencial didáctico en el aula”, con el apoyo tanto de Facultad de Ingeniería como del PEDECIBA, dirigido a profesores de matemática de todo el país, diseñado con un enfoque interdisciplinario que integra la informática a la enseñanza de matemáticas. En 2013 se dictó como actividad del programa del PEDECIBA “Acortando Distancias” incluyendo a profesores de informática. Al año siguiente el curso comenzó a llevarse a cabo con apoyo de la inspección de matemática del CES y desde 2016 se integró al proyecto la coordinación de informática. A partir de 2021 el curso “Matemática y Programación - Potencial didáctico en el aula” se dicta como curso de actualización profesional de la Unidad de Educación Permanente de la Facultad de Ingeniería y se han integrado profesores de física.

Desde 2016 la modalidad de trabajo es en duplas formadas por profesores de distintas asignaturas (matemática, informática y física), modalidad fuertemente recomendada por ANEP.

Desde 2019 hemos integrado en el curso un lenguaje de programación especialmente diseñado por docentes de nuestro Instituto (MateFun) con apoyo del Centro Interdisciplinario para la Cognición, Enseñanza y Aprendizaje (CICEA) del Espacio Interdisciplinario de UDELAR (Viera et al 2018:2019). Este lenguaje ha sido utilizado con éxito en las dos últimas ediciones del curso Matemática y Programación y sus resultados han sido publicados en conferencias internacionales (Viera-da Rosa-Garland 2020). Por otra parte, hemos utilizado el lenguaje MateFun en pasantías para estudiantes de bachillerato organizadas por el PEDECIBA y la ANEP en 2018 y 2019, y lo utilizamos asimismo en un taller para estudiantes novatos que se imparte en la Facultad de Ingeniería (Taller de Introducción a la Computación (TIC)).

En el llamado PIMCEU 2017 presentamos y realizamos una evaluación del impacto del curso Matemática y Programación en las prácticas de los docentes entre los años 2014 y 2019. Los resultados de la investigación mostraron que una amplia mayoría de los profesores lograron un nivel de manejo de las herramientas de programación satisfactorio y lograron realizar actividades en sus clases con los estudiantes, poniendo en práctica el modelo de integración de matemática y programación del curso. En cuanto a la evaluación de las actitudes docentes, el estudio evidenció que la mayoría de los profesores continuaba aplicando en sus prácticas lo aprendido en el curso años después de finalizado. En varios casos en que no se continuó, los motivos dados fueron de carácter institucional/laboral, no vinculados a limitaciones en la práctica y didáctica de aula.

Mediante la tutoría de proyectos de grado de la carrera de Ingeniería en Computación se han desarrollado herramientas computacionales de apoyo a la educación, como por ejemplo la aplicación “TapayBusca” realizado en el año 2017 que está disponible para profesores en el portal UruguayEduca de la ANEP desde 2019 (<https://uruguayeduca.anep.edu.uy/recursos-educativos/3686>), el lenguaje de programación MateFun y la plataforma llamada EMMY, que integra al lenguaje MateFun, desarrollada en 2020 por estudiantes de grado de la carrera de Ingeniería en Computación, tomando en cuenta comentarios de profesores y estudiantes entrevistados.

Por último señalamos que nuestra actividad es un ejemplo de cooperación entre la Facultad de Ingeniería y la ANEP que ha permitido maximizar el potencial de los conocimientos y recursos producidos por el trabajo interinstitucional. No sólo por la instancia de formación de los profesores y a través de ellos de cientos de estudiantes, sino porque por un lado, las herramientas creadas en el Instituto de Computación como ser la aplicación TapayBusca, el curso de Matemática y Programación, el lenguaje MateFun y la plataforma EMMY, se pueden aprovechar en contextos educativos, y por otro lado, se han realizado varios eventos conjuntos de presentación de trabajos e intercambio, que han contado con docentes universitarios y profesores de ANEP, con el aval de las autoridades de la Facultad de Ingeniería, del PEDECIBA Informática, del CES y de Formación Docente. También han sido presentados algunos resultados en congresos internacionales, por medio de talleres y de ponencias (Pérez-da Rosa 2017, Pérez-Langon 2013, da Rosa-Gómez-Vigo 2012, da Rosa-Viera-Garland 2020, da Rosa-Chmiel-Gómez 2016).

2. Presentación del problema

El desafío del PCC para la educación: “No alcanza con PC básico”.

En el campo de la educación se reconoce desde hace ya varias décadas, la necesidad de que la experiencia de aprendizaje sea *auténtica*, introduciendo problemas/contextos reales y procesos que reflejan los procedimientos aplicados en las distintas disciplinas (Roth et al. 2008; Palm 2008; Roach, Tilley & Mitchell 2018).

En reconocimiento del impacto del PCC y ante la necesidad de introducirlo en la educación hemos visto en los últimos años el surgimiento y auge de la expresión *pensamiento computacional* (PC), y consecuentemente, enormes esfuerzos dedicados a desarrollar el PC en distintos niveles de la educación, tanto en nuestro país como globalmente.

El entusiasmo por el potencial del PC se produce especialmente con la propuesta de que el PC puede ser enseñado y aprendido sin el uso del computador. Esta idea fue popularizada después de la publicación del artículo de Wing (Wing 2006), que define el PC como “universally applicable attitude and skill set” que utiliza la “abstraction and decomposition” para enfrentar problemas complejos con la mentalidad de un científico de la computación. La autora publicó otros artículos que muestran la evolución de sus ideas acerca de esta noción (Wing 2008, Wing 2010).

Las definiciones de PC varían ampliamente, lo cual dificulta la operacionalización del PC en la práctica (Cansu & Cansu 2019). Sin embargo, podemos ver que las propuestas que presentan el PC como una forma de pensar y resolver problemas, independiente de la computación, y fácilmente trasladada de un dominio a otro, resonaron profundamente con muchos educadores que vieron la posibilidad de rápidamente introducir el PC en sus aulas.¹

El enfoque en PC básico presenta un umbral de ingreso bajo, lo cual ha permitido que muchos docentes, maestros y estudiantes tengan sus primeros acercamientos al PC, sin necesidad de manejar muchos conceptos de la computación y sin exigencias de conocimientos previos en programación.

Desde la comunidad académica se ha expresado desde hace años la preocupación por la forma en que esta visión limitada, reduce el PC a algunos componentes básicos (comunes a todas las ciencias) que ofuscan la relación algoritmo-máquina que es la base de la computación como disciplina (da Rosa 2018, Denning y Tedre 2015). Más específicamente, según Denning y Tedre (Denning y Tedre 2021) la idea de definir algoritmo como una serie de pasos posiblemente ambiguos que se resuelven por humanos que computan (PC básico), es una conceptualización errónea de la computación, que omite la formación de varios conceptos claves de la computación que queremos introducir en la formación de los estudiantes. En las palabras de Pears et al. (2021): “El aprendizaje del PC tal como se define actualmente no permite que los niños comprendan cómo opera el mundo virtual.”

El PC básico trabaja conceptos de bajo nivel que no aportan a la conceptualización del funcionamiento de sistemas complejos, el manejo de la informática y el reconocimiento de fenómenos emergentes, todos componentes que necesitamos para entender el mundo en el PCC (Pears et al. 2021). Por otro lado, el PC básico ofusca la especificidad del PC en cada disciplina, donde las competencias computacionales se caracterizan por la especificidad de los contenidos y prácticas de cada área, desde lo interdisciplinario, no lo general. Muchos de los elementos claves que constituyen las competencias que buscamos desarrollar se diluyen al punto de perder sentido, y el desarrollo del PC como competencia compleja queda relegado al eventual momento en que los estudiantes encaran estudios universitarios (Denning y Tedre 2015; Pears et al. 2021; Settle, Goldberg y Barr 2013; Barr y Stephenson 2011).

A diferencia de los conceptos de bajo nivel que caracterizan el PC básico (ver footnote 1), entendemos que el PC debe buscar producir estudiantes capaces de emplear conocimientos y destrezas para las ciencias computacionales, sabiendo identificar el rol de la computación en los problemas y soluciones en múltiples contextos y dominios científicos (Mittal, Durak y Ören 2017; Pears et al. 2021; Denning y Tedre 2019). Se propone, por ejemplo, motivar la construcción de conocimientos con el uso de la programación como una herramienta de modelado, para el desarrollo de la creatividad y la resolución de problemas interdisciplinarios (Havill 2020; Romero, Lepage y Lille 2017).

En efecto, muchos docentes de las áreas STEM reconocen que el PC no debe entenderse desde lo superficial, sino desde la complejidad que implica la integración interdisciplinaria, sin reducir la características de las áreas de dominio de las diferentes disciplinas (Weintrop et al., 2016; Aikat et al. 2017; Yadav et al., 2017).

El esfuerzo por resolver algunas de estas cuestiones se viene realizando desde las comunidades académicas y docentes, que están trabajando para trasladar el PC (avanzado) a la educación, buscando desarrollar estrategias para acercar el PC a sus estudiantes de grado y pre-grado, a través de cursos

¹ El entusiasmo por desarrollar actividades bajo esta conceptualización del PC es global, y podemos verlo en por ejemplo, las competencias *Bebras* (desafío internacional en el cual participan más de cincuenta países, incluido Uruguay), y en Uruguay, se desarrollan propuestas desde plan Ceibal, que en su definición pone el énfasis en el distanciamiento entre el PC y la computadora: “Esta metodología trabaja sobre habilidades como la capacidad de abstracción, de encontrar patrones, de ordenar de manera operativa y de identificar los componentes de un problema; habilidades que no están necesariamente vinculadas con una computadora y pueden aplicarse a diversas situaciones” (<https://www.ceibal.edu.uy/pensamientocomputacional/clases-de-pc>)

diseñados con actividades de aprendizaje que integran competencias y métodos computacionales de forma interdisciplinaria (Havill 2020; Weintrop et al. 2016; Aikat et al. 2017; Pollock et. al. 2019).

La comunidad de las ciencias químicas, por ejemplo, ha puesto un enorme esfuerzo por introducir los métodos computacionales en los cursos de grado en actividades de modelado molecular, y simulación de sistemas orgánicos (Clauss y Nelsen 2019; Sharma 2017; Sharma & Asirwatham 2019).

El desafío de introducir sistemáticamente el PC en la educación sigue pendiente, tanto en Uruguay como en el resto del mundo, considerando que después de casi dos décadas de la popularización del término, el PC continúa sufriendo de una gran falta de claridad en sus definiciones y competencias asociadas, dejando en evidencia las dificultades que esto implica para su operacionalización (Cansu & Cansu 2019; Denning y Tedre 2019).

Queriendo evitar enfoques que reducen el PC a sus elementos más básicos, el problema que se nos plantea entonces es desarrollar estrategias para la introducción del *PC²* para estudiantes preuniversitarios y de grado, que tengan un contenido surgido de investigaciones empíricas con fundamentos teóricos sólidos. Buscamos potenciar las experiencias interdisciplinarias realizadas y las evidencias obtenidas hasta el momento. Proponemos analizar y evaluar experiencias de aprendizaje interdisciplinarias desde el marco de la formulación y resolución de problemas computacionales, para los niveles pre-universitario y grado.

3. Preguntas que busca responder el proyecto

Pregunta de investigación:

¿De qué forma podemos definir las competencias computacionales y el PC para el desarrollo de un modelo y estrategia didáctica para el PC interdisciplinario?

A) Sub preguntas de desarrollo teórico que formulamos para el proyecto son:

1. ¿Cómo se define el PC?
2. ¿Cómo se caracteriza el PC en las distintas disciplinas?
3. ¿Qué competencias y destrezas computacionales comprende el PC para nivel de grado y pregrado?
4. ¿Qué elementos interdisciplinarios debemos considerar de forma explícita para el modelo didáctico para los niveles preuniversitario y grado?

B) Preguntas que guían el diseño de los experimentos de aula.

General:

1. ¿De qué forma podemos evaluar y validar el modelo didáctico definido, desde el diseño, implementación y análisis de experiencias de aprendizaje interdisciplinarias?
 - a) ¿Cómo definimos los objetivos de aprendizaje interdisciplinarios desde el modelo ?
 - b) ¿Qué elementos evidencian el aprendizaje para los objetivos definidos en la pregunta a)?
 - c) ¿Cuáles son las actividades/problemas que deben realizar los estudiantes, de acuerdo a los elementos definidos en la pregunta b)?

² En el resto del documento, cuando hablemos de Pensamiento Computacional (PC) nos estaremos refiriendo al *PC avanzado* que hemos caracterizado.

- d) ¿Cómo aplicamos las herramientas/lenguaje/plataforma de acuerdo a lo definido en la pregunta c)?

C) Evaluación de Experiencia:

1. ¿Cuáles son los aportes del proceso de diseño, implementación y análisis de experiencias de aprendizaje para el desarrollo y validación del modelo interdisciplinario?
2. ¿De qué forma debemos re-pensar el diseño de futuras experiencias de aprendizaje desde los aportes de la intervención realizada, y qué ajustes al modelo vemos justificados en los resultados obtenidos?
3. ¿Cómo evalúan los estudiantes el desarrollo de sus propias competencias y destrezas computacionales en relación a los objetivos de aprendizaje definidos para las experiencias?

La búsqueda de respuestas para estas preguntas puede dar lugar a nuevas preguntas específicas sobre la implementación de la estrategia de investigación.

4. Objetivos generales y específicos

Se describen a continuación los principales objetivos a los que apunta el proyecto.

4.1. Objetivos generales

- a) Desarrollar un modelo didáctico para el desarrollo interdisciplinario de las competencias y destrezas computacionales y el PC.
- b) Evaluar el proceso y resultados del diseño e implementación de actividades didácticas basadas en el modelo.
- c) Analizar el modelo didáctico en vista de los resultados y aportes del diseño y las actividades realizadas.
- d) Analizar las experiencias de los estudiantes participantes de las actividades didácticas.

4.2. Objetivos específicos

- a) Hacer una revisión bibliográfica de los fundamentos teóricos del PC.
- b) Identificar de qué forma se caracteriza el PC en las distintas disciplinas.
- c) Definir las competencias y destrezas computacionales para los niveles de grado y pregrado.
- d) Identificar los componentes del modelo didáctico interdisciplinario para los niveles preuniversitario y de grado.
- e) Formular los objetivos de aprendizaje desde las competencias y destrezas computacionales del modelo.
- f) Formular los elementos que evidencian el aprendizaje para los objetivos definidos en el objetivo e).
- g) Diseñar las actividades/problemas que deben realizar los estudiantes, de acuerdo a los elementos definidos en el objetivo f).
- h) Documentar los procesos de diseño y de actividades realizadas.
- i) Registrar los datos de las plataformas y las experiencias de aprendizaje de los estudiantes participantes.
- j) Identificar los aportes de las intervenciones de aula realizadas para el modelo didáctico.
- k) Identificar los ajustes al diseño de intervenciones desde los ajustes al modelo didáctico.
- l) Describir las experiencias desde la perspectiva de los estudiantes participantes.

5. Estrategia de investigación y actividades específicas

El proyecto se plantea una investigación basada en diseño (design-based research) (Kelly, Lesh y Baek eds. 2014) para la investigación didáctica (desarrollar productos, contribuir a la teoría, y guiar la práctica (Bannan-Ritland 2003; Barab y Squire 2004).

De acuerdo a dicha estrategia se establece la siguiente relación cíclica entre el modelado y la síntesis (práctica): Aplicación de modelo al diseño de situaciones didácticas (síntesis), estudio de síntesis para ajustar el modelo (modelado), etc. (Wickman, PO., Hamza, K., Lundegård, I. 2018).

Técnicas de recolección de datos empíricos:

La recolección de datos para el estudio de la síntesis se realizará en los registros automáticos de mediación pedagógica (multimodal) en las plataformas (EMMY) y con dispositivos de grabación de audio para las interacciones (simultáneas y no simultáneas) que ocurren fuera de los espacios virtuales.

5.1. Estrategia de investigación

Primera etapa: Para los objetivos específicos de a) a d), la estrategia estará enfocada en la búsqueda de respuestas para las preguntas de desarrollo teórico del ítem 3. Se hará una revisión bibliográfica de materiales que abordan el problema de la definición del PC, competencias y destrezas computacionales y modelos didácticos interdisciplinarios.

Segunda etapa: Para los objetivos específicos de e) a i), la estrategia estará enfocada en la búsqueda de respuestas para las preguntas sobre cómo implementar el modelo didáctico desarrollado en la etapa 1, planteadas en el punto sobre el diseño de los experimentos de aula del ítem 3.

Tercera etapa: Para los objetivos específicos de j) a l), la estrategia estará enfocada en la búsqueda de respuestas para las preguntas de evaluación del ítem 3.

5.2. Etapas, actividades y resultados esperados

- **Primera etapa**

La primera etapa será aproximadamente de cuatro meses durante el primer año.

Se hará un llamado general dirigido a profesores de ciencias de la ANEP para cubrir cinco cargos. Uno de ellos será para el coordinador del grupo de profesores, encargado de organizar las tareas. Se llamará a otro cargo para asesoramiento tecnológico. Las tareas de los profesores consisten fundamentalmente en la elaboración de una variedad de insumos para el modelo didáctico (estándares, indicadores, etc.).

El grupo integrado por docentes/investigadores en informática y la asesora experta en educación tendrá la tarea de dirigir el proyecto y guiar al grupo de trabajo, así como evaluar los productos.

- **Actividades**

Las actividades serán tanto de estudio, discusión, práctica con herramientas computacionales, como de elaboración de primeras propuestas para el modelo didáctico.

- **Resultados**

Al finalizar la primera etapa se espera contar con un modelo didáctico interdisciplinario basado en competencias para el desarrollo de competencias computacionales.

- **Segunda etapa**

La segunda etapa será aproximadamente de cuatro meses durante el la segunda parte del primer año y la primera parte del segundo año³

- **Actividades**

Las actividades serán fundamentalmente de diseño de las situaciones y experiencias de aprendizaje, e insumos asociados, y estrategias para las intervenciones de aula. Para ello se llevarán a cabo instancias de intercambio con profesores donde presentarán y se discutirán la operacionalización del modelo didáctico para definir las experiencias de aprendizaje, y las técnicas de recolección de datos. El trabajo interdisciplinario de diseño y ejecución de actividades didácticas será bajo la supervisión del grupo de dirección del proyecto y con la coordinación de su coordinador para su correcta ejecución y documentación.

- **Resultados**

Plan de actividades didácticas con material (ejercicios, problemas y material teórico). Datos empíricos de los registros de mediación de las plataformas y de las grabaciones de las interacciones cara a cara.

- **Tercera etapa**

La tercera etapa será aproximadamente de cuatro meses durante la última parte del segundo año⁴

- **Actividades**

Las actividades se enfocan en el análisis y evaluación de los datos obtenidos. La etapa busca consolidar su enfoque interdisciplinario desde el análisis colaborativo. La estrategia de análisis es participativa y dialéctica para integrar los paradigmas y perspectivas de área representadas en los docentes y expertos del equipo.

- **Resultados**

Al finalizar el segundo año del proyecto se espera contar con un grupo de profesores con una visión didáctica interdisciplinaria y con un modelo y materiales validados por medio de prácticas de aula. Se espera difundir el paradigma didáctico en un evento nacional, así como a través de artículos a publicar en conferencias y/o congresos del tema.

6. Cronograma de ejecución especificando los resultados a obtener en cada etapa

Se disponen los resultados de arriba en una tabla, que tiene además las etapas por meses.

³ Ponemos aproximadamente previendo que alguna etapa pueda llevar más o menos de seis meses.

⁴ Ponemos aproximadamente previendo que alguna etapa pueda llevar más o menos de seis meses.

Primer año

mes/actividad	1	2	3	4	5	6	Resultados
ETAPA 1 Selección de docentes/investigadores y estudiantes participantes del estudio. Llamado, entrevistas, selección.	X	X					Formación del grupo del proyecto
ETAPA 1 Desarrollo de marco teórico y modelo didáctico			X	X			Marco teórico y modelo didáctico.
ETAPA 2 Diseño de experiencias de aprendizaje para intervención de aula. Definición de objetivos, evidencias y actividades de aprendizaje. Documentación de actividades y resultados.					X	X	Programa de actividades para experimentos de aula.

Segundo año

mes/actividad	1	2	3	4	5	6	Resultados
ETAPA 2 Intervenciones de aula con estudiantes.	X	X					Datos empíricos
ETAPA 3 Análisis de resultados de experimentos de aula.			X	X	X		Informe de resultados del proyecto
ETAPA 3 Difusión de resultados						X	Artículos a publicar

7. Beneficios esperados

La realización del proyecto supone varios beneficios, tanto desde el punto de vista institucional e interdisciplinario como desde el punto de vista de prácticas educativas y contribuciones teóricas.

Se espera producir nuevos conocimientos que contribuyan a las áreas académicas vinculadas al PC y su problema educativo. En el marco de la educación, los aportes del proyecto son significativos para un área de investigación que se encuentra en este momento en pleno desarrollo, pero también con grandes dificultades de materializarse en la práctica. Aquí se espera que el proyecto contribuya a plantear el

problema y sus posibles soluciones como perteneciente a la jurisdicción de las disciplinas, sus universidades, investigadores y expertos, como agentes clave en definir espacios y estrategias para colaborar desde distintas posiciones y roles en el desarrollo de la propuesta educativa del país. Se espera contar con una definición del PC, sus características en las distintas ciencias, las competencias destrezas computacionales que queremos desarrollar en nuestros jóvenes para las distintas ciencias, y nuevos modelos didácticos que abarcan las competencias computacionales para los niveles de educación preuniversitaria y grado.

Se espera que la perspectiva interdisciplinaria e interinstitucional necesaria en el PC sea favorecida con la realización del proyecto, dado que el mismo exige un intercambio entre actores de distintos subsistemas y niveles educativos.

Se espera que el grupo formado por las personas involucradas en este proyecto (investigadores, estudiantes de posgrado y docentes de grado y de enseñanza media de distintas instituciones), sea un inicio para el desarrollo de educación en ciencias computacionales, y se incorporen nuevos integrantes y nuevas disciplinas en el futuro. Una meta a largo plazo es que profesores de ANEP y docentes universitarios participantes del proyecto actúen como difusores de las propuestas que se formulan hacia la educación en el nuevo paradigma.

8. Estrategias de difusión

Se escribirán al menos 4 artículos a ser sometidos a conferencias internacionales. Se elaborarán los informes correspondientes a cada etapa del proyecto y los resultados se difundirán en seminarios, eventos y publicaciones nacionales.

Se propondrá la inclusión de materiales seleccionados en el portal UruguayEduca.

9. Referencias bibliográficas

Aikat, J., Carsey, T. M., Fecho, K., Jeffay, K., Krishnamurthy, A., Mucha, P. J., Rajasekar, A., & Ahalt, S. C. (2017). Scientific Training in the Era of Big Data: A New Pedagogy for Graduate Education. *Big Data*, 5(1), 12–18. <https://doi.org/10.1089/big.2016.0014>

Bannan-Ritland, B. (2003) The Role of Design in Research: The Integrative Learning Design Framework *Educational Researcher* 32(1):21-24 DOI: [10.3102/0013189X032001021](https://doi.org/10.3102/0013189X032001021)

Barab, S., Squire, K., “Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground” (2004), *Journal of the Learning Sciences* 13(1):1-14 DOI: [10.1207/s15327809jls1301_1](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1)

Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: what is Involved and what is the role of the computer science education community?. *Acm Inroads*, 2(1), 48-54.

Barr, V., Settle, A. and Goldberg D. S. (2013). Beyond computer science: computational thinking across disciplines. In *Proceedings of the 18th ACM conference on Innovation and technology in computer science education (ITiCSE '13)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 311–312. DOI: <https://doi.org/10.1145/2462476.2462511>

Camp, T., Adrion W.R., Bizot, B., Davidson, S., Hall, M., Hambrusch, S., Walker, E. and Zweben, S., (2017). "Generation CS: the growth of computer science". *ACM Inroads* 8, 2 (June 2017), 44–50. DOI:<https://doi.org/10.1145/3084362>

Cansu, S. K., & Cansu, F. K. (2019). An Overview of Computational Thinking. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 3(1), n1.

Clauss, A. D., Nelsen, S. F. (2019) "Integrating Computational Molecular Modeling into the Undergraduate Organic Chemistry Curriculum". Division of Chemical Education • *Journal of Chemical Education*
http://www.quimica.ufpr.br/edulsa/cq115/artigos/Integratin_computational_molecular_modeling_into_the_undergraduate_organic_chemistry_curriculum.pdf

da Rosa, S., Gómez F., y Vigo, S. (2012). "Un Software para Introducción de Algoritmia en Cursos de Matemática". *Actas de Latin American Conference on Learning Objects and Technologies (LACLO)*. Este trabajo fue asimismo presentado en la celebración de los 100 años del liceo Tomás Berreta de la ciudad de Canelones.

da Rosa, S., Chmiel, A., and Gómez, F., Philosophy of Computer Science and its Effect on Education: Towards the Construction of an Interdisciplinary Group. (2016) *CLEIej*, Apr 2016, vol.19, no.1, p.5-5. ISSN 0717-5000

da Rosa, S. (2018), Piaget and Computational Thinking. CSERC '18: Proceedings of the 7th Computer Science Education Research Conference pp. 44–50.

da Rosa, S., Viera M. and García-Garland, J. (2020) A case of teaching practice founded on a theoretical model. *Proceeding of International Conference on Informatics in School: Situation, Evaluation, Problems, Informatics in Schools. Engaging Learners in Computational Thinking* (pag. 146-157).

da Rosa, S., Viera M. and García-Garland, J., (2020) Mathematics and MateFun, a natural way to introduce programming into school. (<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/25233>). Last accessed September 2020.

Denning, P.J. and Tedre, M, (2015) "Shifting Identities in Computing: From a Useful Tool to a New Method and Theory of Science", In Hannes Werthner and Frank van Harmelen, Eds. *Informatics in the Future Proceedings of the 11th European Computer Science Summit (ECSS 2015)*, Vienna, October 2015

Denning, P.J. and Tedre, M, (2016) The Long Quest for Computational Thinking. *Proceedings of the 16th Koli Calling Conference on Computing Education Research*, November 24-27, 2016, Koli, Finland: pp. 120-129.

Denning, P., (2017), "Computational Thinking in Science", Sigma Xi, The Scientific Research Society, *American Scientist*, Volume 105, 2017 www.americanscientist.org

Denning, P.J. and Tedre, M, (2019) *Computational thinking* Cambridge, MA : The MIT Press, 2019. | Series: The MIT press essential knowledge series
Available at <https://lccn.loc.gov/2018044011>

Denning, P.J. and Tedre, M, (2021). *Computational Thinking: A Disciplinary Perspective. Informatics in Education*. DOI 10.15388/infedu.2021.21

Fee, S. B., Holland-Minkley, A. M., & Lombardi, T. E. (Eds.). (2017). *New Directions for Computing Education*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-54226-3>

Havill, J. (2020). *Discovering computer science: Interdisciplinary problems, principles, and Python programming*, Second Edition. Chapman and Hall/CRC Press ISBN: 9781003037149 DOI: 10.1201/9781003037149

Kelly, A. E., Lesh, R. A., & Baek, J. Y. (Eds.). (2014). *Handbook of Design Research Methods in Education*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315759593>

Markowetz, F. (2017) All biology is computational biology. *PLoS Biol* 15(3): e2002050. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2002050>.

Mittal, S., Durak, U., & Ören, T. (Eds.). (2017). *Guide to simulation-based disciplines: Advancing our computational future*. Springer International Publishing AG, New York.

Palm, T. (2008). Impact of authenticity on sense making in word problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 67. <https://doi.org/10.1007/s10649-007-9083-3>.

Pears, A., Tedre, M., Valtonen, T., & Vartiainen, H. What Makes Computational Thinking so Troublesome?. August 2021. DOI: 10.13140/RG.2.2.20480.35842, LicenseCC BY 4.0.

Pérez, T., Langon L., (2013) Resolución de problemas algorítmicos mediante la programación en la clase de matemática. CIBEM 2013.

Pérez, T.; da Rosa, S. (2017). “Matemática y programación: una experiencia interdisciplinaria e interinstitucional.” En FISEM, Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas (Ed.), VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática CB-252 (pp. 212-220). Madrid, España. <https://cibem.semrm.com/index.php/es/programa/libro-de-actas>

Pollock, L., Mouza, C., Guidry, K. R. and Pusecker, K. (2019). Infusing Computational Thinking Across Disciplines: Reflections & Lessons Learned. In *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '19)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 435–441. DOI:<https://doi.org/10.1145/3287324.3287469>

Roach, K., Tilley, E., & Mitchell, J., (2018). How authentic does authentic learning have to be?, *Higher Education Pedagogies*, 3:1, 495-509, DOI: 10.1080/23752696.2018.1462099

Romero, M., Lepage, A., & Lille, B., (2017). Computational thinking development through creative programming in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. DOI:[10.1186/s41239-017-0080-z](https://doi.org/10.1186/s41239-017-0080-z)

Roth, W. M., Van Eijck, M., Reis, G., & Hsu, P. L. (2019). *Authentic science revisited: In praise of diversity, heterogeneity, hybridity*. Brill, Leiden.

Selwyn, N. (2016). Minding our language: why education and technology is full of bullshit ... and what might be done about it, *Learning, Media and Technology*, 41:3, 437-443, DOI: 10.1080/17439884.2015.1012523

Settle, A., Goldberg, D. S., & Barr, V. (2013). Beyond computer science: computational thinking across disciplines. In Proceedings of the 18th ACM conference on Innovation and technology in computer science education (ITiCSE '13). *Association for Computing Machinery*, New York, NY, USA, 311–312. DOI:<https://doi.org/10.1145/2462476.2462511>

Sharma, A. K., & Asirwatham, L. (2019). Learning by Computing: A First Year Honors Chemistry Curriculum. In *Using Computational Methods To Teach Chemical Principles* (pp. 127-138). American Chemical Society.

Sharma, A. K. (2017) A model Scientific Computing course for freshman students at liberal arts Colleges. *Journal of Computational Science Education*, 8 (2), 2-9

Viera, M., Cameto, G., Carboni, A., Koleszar, V., Méndez, M., Tejera, G. and Wagner, J., (2019) Using Functional Programming to Promote Math Learning. In 2019 XIV Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO), pages 306-313.

Viera, M., Carboni, A., Koleszar, V., Tejera, G. and Wagner, J. (2018) MateFun: Functional Programming and Math with adolescents. In *Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI 2018) - SIESC*.

Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127-147

Wickman, PO., Hamza, K., Lundegård, I. (2018). Didaktik och didaktiska modeller för undervisning i naturvetenskapliga ämnen NorDiNa: *Nordic Studies in Science Education*, ISSN 1504-4556, E-ISSN 1894-1257, Vol. 14, no 3, p. 239-249

Wing, J., (2006). Computational Thinking, March 2006/Vol. 49, No. 3 COMMUNICATIONS OF THE ACM, 2006

Wing, J., (2008). Computational Thinking and Thinking about Computing. Philosophical transitions of the Royal Society *Phil. Trans. R. Soc. A* 366 (2008), 3717–3725.

Wing, J., (2010). Computational Thinking and Thinking What and Why? <https://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>.

Ören, T, and Mittal, S and Durak, U, (2018). A Shift from Model-Based to Simulation-Based Paradigm: Timeliness and Usefulness for Many Disciplines. *International Journal of Computer & Software Engineering*, 3 (126). doi: 10.15344/2456-4451/2018/126. ISSN 2456-4451.