



**CENTRO DE
INNOVACIÓN**
MINISTERIO DE EDUCACIÓN



Ruta de Aprendizaje para el Pensamiento Computacional



Ruta de Aprendizaje para el Pensamiento Computacional

Este programa fue desarrollado por el **Departamento de Ciencias de la Computación (DCC) de la Universidad de Chile**, en representación del grupo de investigación **Rethinking Education by Advancing Computational Thinking (REACT)**, en conjunto con el **Centro de Innovación del Ministerio de Educación de Chile**.

Este material está licenciado con **Creative Commons CC-BY-NC**, que permite adaptar los contenidos libremente, de manera no comercial y siempre que se incluya el reconocimiento a los creadores.

Utilice el siguiente texto para reconocer este trabajo: “La Ruta de Aprendizaje para el Pensamiento Computacional” fue desarrollado por el Departamento de Ciencias de la Computación (DCC) de la Universidad de Chile, en representación del grupo de investigación Rethinking Education by Advancing Computational Thinking (REACT), en conjunto con el Centro de Innovación del Ministerio de Educación de Chile, del convenio de colaboración y transferencia de recursos DEX N°554.

CENTRO DE INNOVACIÓN

MINISTERIO DE EDUCACIÓN



Puede encontrar más información sobre esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Recibiremos sugerencias, consultas, experiencias de uso y reportes de errores en innovacion@mineduc.cl. Última actualización: abril de 2022

Introducción

En el contexto del convenio de colaboración y transferencia de recursos entre el Ministerio de Educación (MINEDUC) y el Departamento de Ciencias de la Computación (DCC) de la Universidad de Chile, en representación del grupo de investigación Rethinking Education by Advancing Computational Thinking (REACT) y como parte de las actividades conjuntas realizadas, se buscó desarrollar una ruta de aprendizaje para el pensamiento computacional en base al modelo de trayectorias de aprendizaje originalmente propuesto por Rich et al. (Rich et al., 2017) para el desarrollo de competencias básicas de pensamiento computacional: secuencialidad, condiciones y repetición. Este modelo ha sido expandido para abordar habilidades complementarias de pensamiento computacional, tales como descomposición de problemas (Rich et al., 2018), depuración de programas (Rich et al., 2019) y recientemente para el manejo de variables (Rich et al., 2020).

Varias de las propuestas existentes de modelo de currículum, como los de Fisler et al. (Fisler et al., 2021) y Strickland et al. (Strickland et al., 2021), buscan complementar la enseñanza de matemática al integrar actividades para el desarrollo del pensamiento computacional. Esto se debe a la conexión natural que hay entre las dos materias, donde es necesario tener en cuenta los conocimientos y conceptos matemáticos que un estudiante debe manejar al proponer actividades para el desarrollo del pensamiento computacional.

Dado esto, se siguió la siguiente metodología para crear una ruta de aprendizaje para el desarrollo del pensamiento computacional en Chile. Primero se definieron los diferentes niveles de competencia a lograr por nivel, según las trayectorias de aprendizaje creadas por Rich et al. para el desarrollo del pensamiento computacional. Dada la fuerte relación que existe entre computación y matemática, las competencias por nivel se definieron en base a los objetivos de aprendizaje de Matemática. Concluida esta tarea, se buscó identificar los objetivos de aprendizaje prioritarios de otras asignaturas que presentan una oportunidad para incluir actividades que permitan desarrollar el pensamiento computacional. Los objetivos de aprendizaje priorizados para las asignaturas se obtuvieron del sitio del [Currículum Nacional](#)

Trayectorias de aprendizaje

Rich et al. presentan un conjunto de trayectorias de aprendizaje para el desarrollo de habilidades de secuencialidad, repetición y condiciones (2017), descomposición de problemas (2018) y depuración de programas (2019). De esta manera, los autores en su extenso trabajo estructuran un primer acercamiento basado en evidencia empírica sobre cómo introducir efectivamente estas prácticas.

En las representaciones gráficas, una caja gris indican objetivos a desarrollar de manera desenchufada, las cajas blancas indican objetivos a desarrollar con la ayuda de un computador, las flechas negras dan cuenta de la dependencia conceptual entre los distintos componentes y las flechas grises indican que la dependencia es deseable, mas no crítica para el desarrollo de la competencia. A continuación se describe cada una de ellas.

Secuencialidad (Rich et al., 2017)

La trayectoria de secuencialidad (ver Figura 1) tiene dos ramas principales: la precisión y el orden de instrucciones. El primer nivel de competencia --beginning-- desarrolla completamente la componente de precisión, mientras que el nivel intermedio desarrolla coordinadamente ambas ideas. Es importante recalcar la dependencia entre los objetivos de la rama de precisión, mientras que la dependencia entre los objetivos de la rama de orden son deseables, más que requisitos indispensables. De acuerdo a los autores, el orden en el que se presentan los objetivos sigue su propio trabajo en educación en matemática.

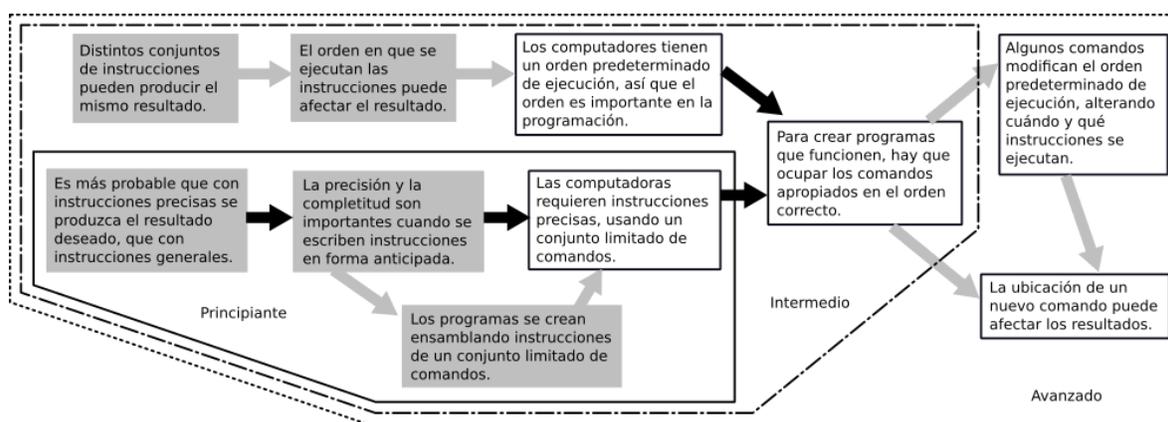


Figura 1: Trayectoria de Aprendizaje: Secuencialidad -- adaptado de (Rich et al., 2017)

Una vez que las dos ramas convergen, los objetivos siguientes permiten empalmar con otras trayectorias de aprendizaje. Por ejemplo: el objetivo

“Algunos comandos modifican el orden predeterminado de ejecución, alterando cuándo y qué instrucciones se ejecutan.” se empalma con las trayectorias de repeticiones y condiciones. Dado que estos objetivos requieren el desarrollo de competencias en trayectorias paralelas, quedan entonces definidos como componentes en el nivel avanzado.

Repeticiones (Rich et al., 2017)

La trayectoria de aprendizaje para la componente de repeticiones (ver Figura 2) se basa en la idea que este concepto es utilizado en distintas tareas, tanto de la vida cotidiana como de programación. Como tal, se estructura en tres ramas.

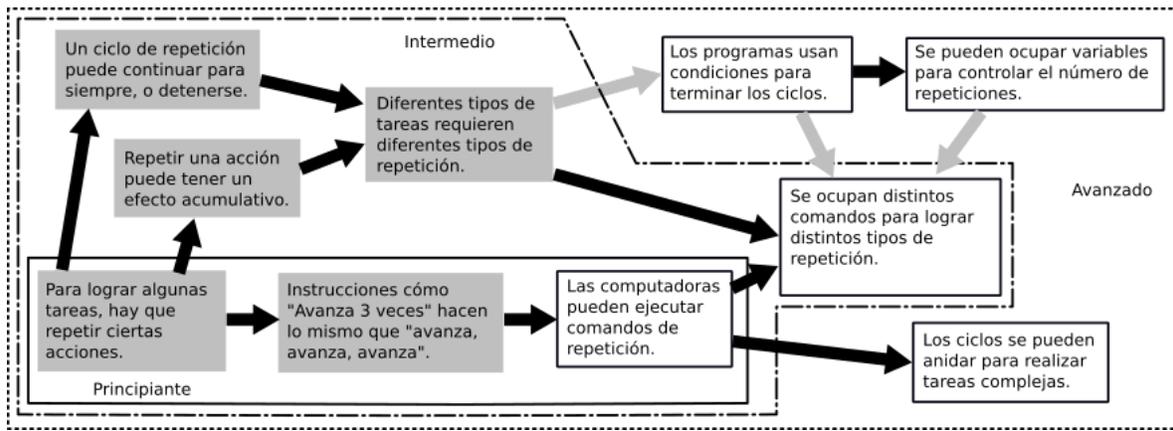


Figura 2: Trayectoria de Aprendizaje: Repeticiones -- adaptado de (Rich et al., 2017)

La primera rama hace referencia a la necesidad de repetir instrucciones a través de un ciclo simple y finito, correspondiendo a un nivel inicial de desarrollo de competencias. Las otras dos ramas hacen referencia a reconocer el poder detrás de abstraer repeticiones y decidir cómo y cuándo detener su ejecución. Al final del nivel intermedio de desarrollo de competencias, las y los estudiantes son capaces de entender cómo usar y componer distintos tipos de ciclos. Finalmente, un tratamiento avanzado introduce el concepto de ciclos anidados (es decir, componer un ciclo dentro de otro), así como usar variables y condiciones como estructuras para controlar la inicialización o término de un ciclo.

Condiciones (Rich et al., 2017)

Al igual que las otras dos trayectorias, Rich et al. proponen tres niveles de desarrollo de competencias para el manejo de condiciones (ver Figura 3).

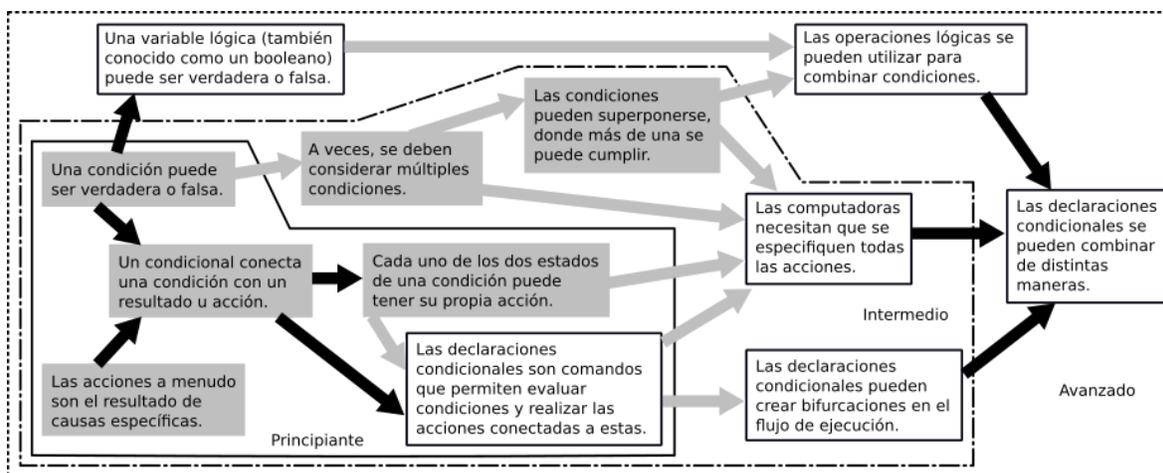


Figura 3: Trayectoria de Aprendizaje: Condiciones -- adaptado de (Rich et al., 2017)

En el nivel inicial, las y los estudiantes adquieren el concepto binario de una condición, es decir, la relación entre causa y efecto entre estados y resultados. En este nivel de desarrollo, se manejan programas basados en eventos, los que pueden ser usados sin cláusulas "if-else / si-si no" explícitas. En el nivel intermedio, se manejan múltiples condiciones, las que pueden ser independientes o anidadas. Asimismo, se emplean ramas complejas que permiten introducir bifurcaciones explícitas en la secuencialidad de un algoritmo. Finalmente, un manejo avanzado de condiciones implica el uso de variables de tipo lógico (es decir, *booleanas*).

Descomposición (Rich et al., 2018)

La trayectoria de aprendizaje de descomposición se basa en el desarrollo de cinco objetivos progresivos (ver Figura 4). En efecto, estos objetivos son: (1) aprender que la interfaz de usuario está compuesta de distintos tipos de componentes, (2) descomponer en múltiples partes una tarea, de acuerdo a los tipos de pensamiento computacional aplicado, (3) identificar los elementos que constituyen un sistema, (4) descomponer una tarea en pasos más simples en un nivel de abstracción apropiado, y (5) entender que los sistemas están compuestos de partes más pequeñas, las que a su vez, también pueden estar compuestas de otras partes más pequeñas.

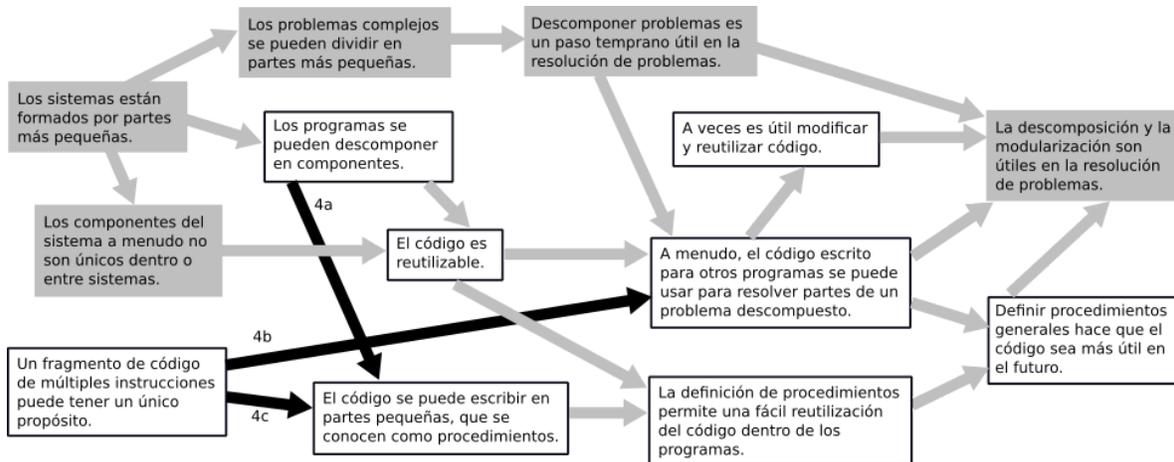


Figura 4: Trayectoria de Aprendizaje: Descomposición -- adaptado de (Rich et al., 2018)

Así pues, el desarrollo de las competencias asociadas a la trayectoria de descomposición siguen dos dimensiones: (1) planificación *top-down*, o descomposición de problemas; y (2) ensamblaje *bottom-up*, o creación y uso de código modular. Ahora bien, es importante notar que estas dos categorías no son independientes.

Por ejemplo, el objetivo de aprendizaje “*Los programas se pueden descomponer en componentes*” refleja el uso de pensamiento *top-down*, pero provee los elementos necesarios para generar ensamblaje *bottom-up*. Esta conexión se individualiza en la flecha 4a de la Figura 4. Así pues, las y los estudiantes son capaces de pensar cómo los programas pueden descomponerse en subestructuras, lo que induce el entendimiento acerca de cómo escribir trozos de código es un aspecto fundamental de crear y desarrollar soluciones modulares.

Depuración de Programas (Rich et al., 2019)

La trayectoria de depuración de código (ver Figura 5) plantea que una habilidad fundamental a desarrollar consiste en la identificación independiente de errores en un programa. Así pues, esto puede tomar dos formas: corrección mediante ensayo y error, o definición de estrategias específicas para la detección y corrección. Esto es, identificar de antemano cuál es la salida esperada para una tarea, ejecutarla, y luego verificar si se cumplió o no la condición de éxito entre resultado obtenido y resultado esperado.

La estructura de la trayectoria de aprendizaje está organizada en tres dimensiones: (1) estrategias para identificar y corregir errores, (2) tipos de errores, y (3) el rol de los errores en la resolución de problemas. Así pues, la primera dimensión está enfocada en actividades, mientras que las otras dos dimensiones están enfocadas en el metaconocimiento que se requiere para realizar depuración con sentido, tal como si se tratara de una tarea de aplicación del método científico.

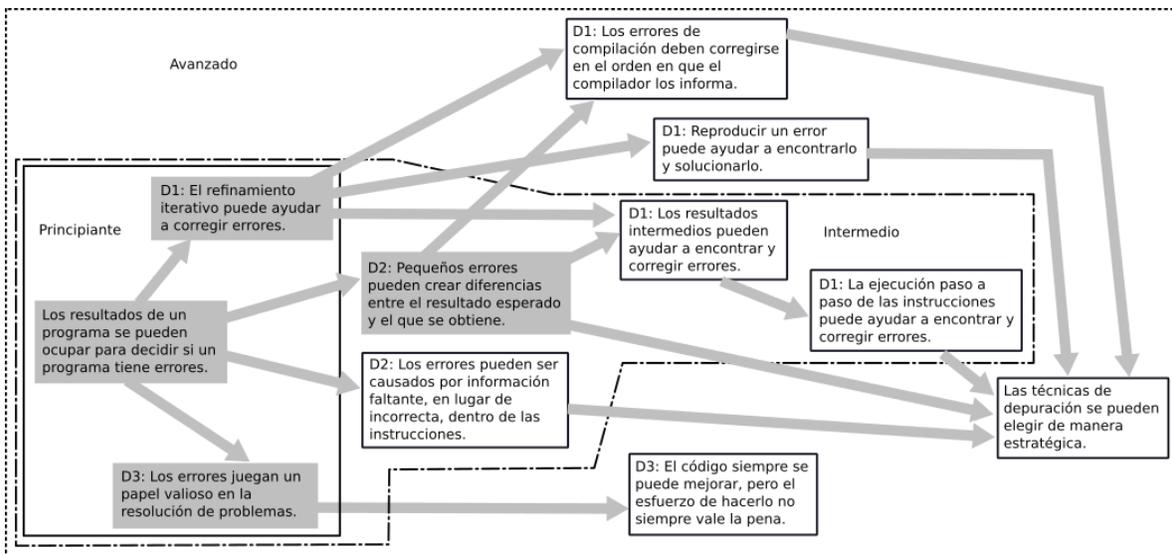


Figura 5: Trayectoria de Aprendizaje: Depuración -- adaptado de (Rich et al., 2019)

Manejo de variables (Rich et al., 2020)

Por último, se pueden definir diferentes niveles de manejo de variables, que es el principal mecanismo para guardar y organizar información en un programa. Esta trayectoria es lineal, y contempla cuatro niveles:

- 1. Usa datos:** los estudiantes que están en este nivel entienden que hay entidades que representan información, y pueden operar sobre esta información de manera similar a como un programa procesa datos. Los estudiantes de este nivel pueden manipular los datos que están usando, pero generalmente no guardan estos cálculos para su uso posterior.
- 2. Guarda datos:** los estudiantes de este nivel tienen objetos mentales que representan variables. Pueden almacenar datos en variables y consultar los valores de esas variables. En otras palabras, pueden rastrear instrucciones que involucran la manipulación de datos, pero es posible que aún no puedan producir o modificar código que manipule datos.
- 3. Usa variables:** los estudiantes de este nivel continúan teniendo objetos mentales para variables y datos, pero comienzan a operar con ellos desde la perspectiva de un programador en lugar de una computadora. Los estudiantes de este nivel pueden comprender y modificar el código que manipula las variables, pero es posible que aún no puedan coordinar las consideraciones necesarias para crear nuevas variables en el código.
- 4. Crea variables:** Los estudiantes de este nivel pueden realizar acciones cognitivas más específicas sobre variables, como distinguir entre su inicialización y actualización, y asociar esas acciones cognitivas a comandos de programación.

Estos niveles son complementarios con las distintas formas de representar y guardar datos e información en un programa: variables que contienen solo un valor, arreglos o listas que permiten almacenar valores relacionados, y por último, tipos de datos abstractos, que son creados a la medida del problema a resolver. Además, hoy en día también es común trabajar con datos previamente almacenados, que se pueden encontrar en archivos de texto plano, planillas de cálculo o hasta bases de datos.

Mapeando las trayectorias al sistema escolar nacional

En base a las trayectorias descritas anteriormente en esta sección, se definen los niveles de principiante, intermedio y avanzado para las trayectorias de Secuencialidad, Repetición, Condiciones y Depuración. En la siguiente tabla se hace un resumen de estos niveles.

Trayectoria	Principiante	Intermedio	Avanzado
Secuencialidad	Puede especificar y ejecutar secuencias de instrucciones simples, especialmente de movimiento y giro, que permitan explorar la posición de objetos.	Puede resolver problemas, tomando en cuenta la necesidad de ser preciso y ordenado en la especificación de los pasos a seguir. Puede comprender que puede existir más de una secuencia de instrucciones que permita lograr un mismo objetivo.	Puede crear sus propias funciones para reusar instrucciones de manera encapsulada
Repetición	Puede repetir secuencias simples de instrucciones, basadas en expansión de pasos (por ejemplo, "Saltar tres veces").	Puede hacer uso de distintos tipos de repetición para abordar distintas clases de problemas, y comprende que la repetición puede tener un efecto acumulativo	Puede controlar la cantidad de veces que se ejecuta un ciclo ocupando variables y condiciones. Puede anidar ciclos en el caso de ser necesario
Condiciones	Puede entender condiciones simples, y relacionar una acción y su causa.	Puede ocupar condiciones simples para crear bifurcaciones simples en la lógica del programa. Puede identificar todos los casos a considerar en un problema	Puede definir condiciones compuestas y combinar distintas instrucciones condicionales
Depuración	Puede corregir una secuencia de instrucciones simples	Puede entender que los errores también se pueden producir porque faltan instrucciones. Puede seguir la ejecución de un programa paso a paso, para tratar de encontrar un error	Puede interpretar errores de compilación/interpretación, y puede reproducir un <i>bug</i> para tratar de diagnosticar el error en su programa

En la siguiente tabla, se indican los niveles escolares en que se propone lograr los diferentes niveles de las trayectorias de aprendizaje.

Trayectoria	Principiante	Intermedio	Avanzado
Secuencialidad	1° - 2° básico	3° - 6° básico	7° básico - 4° medio
Repetición	1° - 4° básico	5° básico - 1° medio	2° - 4° medio
Condiciones	1° - 5° básico	6° - 8° básico	1° - 4° medio
Depuración	1° - 5° básico	6° - 8° básico	1° - 4° medio

Se mantienen los cuatro niveles originales para la trayectoria de Manejo de Variables: usa datos, guarda datos, usa variables y crea variables. No se incluyó la trayectoria de descomposición en la definición de la ruta de aprendizaje, dado que al estar relacionado con la forma en que estudiantes abordan los problemas, es difícil relacionarlo con los objetivos de aprendizaje del Currículum Nacional.

A continuación, se presenta una ficha para cada nivel escolar, donde se hace el mapeo entre los tres distintos tipos de objetivos de aprendizaje (matemática, pensamiento computacional y otras asignaturas).

Matemática

OA 9	Demostrar que comprenden la adición y la sustracción de números del 0 al 20 progresivamente, de 0 a 5, de 6 a 10, de 11 a 20 con dos sumandos.
OA 11	Reconocer, describir, crear y continuar patrones repetitivos (sonidos, figuras, ritmos...) y patrones numéricos hasta el 20, crecientes y decrecientes, usando material concreto, pictórico y simbólico, de manera manual y/o por medio de software educativo.
OA 13	Describir la posición de objetos y personas en relación a sí mismos y a otros objetos y personas, usando un lenguaje común (como derecha e izquierda).
OA 18	Identificar y comparar la longitud de objetos, usando palabras como largo y corto.

Pensamiento computacional

Secuencialidad	Principiante	Puede especificar y ejecutar secuencias de instrucciones simples, especialmente de movimiento y giro, que permitan explorar la posición de objetos.
Repetición	Principiante	Puede repetir secuencias simples de instrucciones, basadas en expansión de pasos (por ejemplo, "Saltar tres veces").
Condiciones	Principiante	Puede entender condiciones simples, y relacionar una acción y su causa.
Variables	Usa datos	Puede ocupar datos simples, como cantidades enteras, pero no considera guardar estos datos para algún uso posterior.
Depuración	Principiante	Puede corregir una secuencia de instrucciones simples.

La siguiente tabla lista los objetivos de aprendizaje que pueden ser abordados ocupando pensamiento computacional, especialmente de manera *unplugged*, como es el caso de Educación Física. Durante este primer año, es importante reforzar la idea de que es necesario ser precisos al especificar instrucciones.

Por ejemplo, se puede ocupar una actividad de la vida cotidiana, como pedirles que especifiquen los pasos para hacer un sándwich, para mostrar cómo un computador interpretaría instrucciones imprecisas. Estas competencias también pueden ser abordadas con actividades de Code.org, dado que ahí se ejercita la navegación en una grilla para ayudar a los estudiantes a identificar el efecto que tienen instrucciones como "mover" y "girar". También se puede ocupar Scratch Jr para crear y explorar animaciones simples.

Área	Eje	Objetivo de Aprendizaje	Actividades para desarrollar PC
Ciencias Naturales	Ciencias de la tierra y el universo (4)	OA11: Describir y registrar el ciclo diario y las diferencias entre el día y la noche...	Indicar / animar una secuencia correcta.
Educación Física	Habilidades motrices (1)	OA 1: Demostrar habilidades motrices básicas...	Indicar / seguir pasos de baile, navegar una grilla, crear torres de bloques con cierta configuración, etc.
Historia	Historia (1)	OA 2: Secuenciar acontecimientos y actividades de la vida cotidiana...	Indicar / animar una secuencia correcta.
Lenguaje	Lectura (1)	OA 8: Demostrar comprensión de narraciones...	Crear una animación propia.

Tabla 1. Primero básico: oportunidades para incluir Pensamiento Computacional (PC) en otras asignaturas.

Matemática

OA 9	Demostrar que comprende la adición y la sustracción en el ámbito del 0 al 100.
OA 11	Demostrar que comprende la multiplicación.
OA 13	Demostrar, explicar y registrar la igualdad y la desigualdad en forma concreta y pictórica del 0 al 20, usando el símbolo igual (=) y los símbolos no igual (>, <).
OA 15	Describir, comparar y construir figuras 2D (triángulos, cuadrados, rectángulos y círculos) con material concreto.
OA 19	Determinar la longitud de objetos, usando unidades de medidas no estandarizadas y unidades estandarizadas (cm y m), en el contexto de la resolución de problemas.

Pensamiento computacional

Si bien son los mismos niveles de competencia que para primero básico, se pueden explorar temas más avanzados, como ocupar ciclos básicos para explorar la relación entre la adición y la multiplicación. También se puede ocupar igualdades y desigualdades para formalizar una condición y mostrar que se pueden tomar acciones distintas en base al resultado de una comparación.

Secuencialidad	Principiante
Repetición	Principiante
Condiciones	Principiante
Variables	Usa datos
Depuración	Principiante

La Tabla 2 lista objetivos de aprendizaje de otras asignaturas que pueden ser abordados ocupando pensamiento computacional. Aquí se busca reforzar la idea de que hay que ser precisos al dar instrucciones, y que el orden de eventos también es importante, llevándolo a ejemplos concretos como el ciclo del agua y los efectos que tienen los cambios del tiempo sobre el clima. Al igual que primero básico, no es necesario ocupar un computador para desarrollar estas actividades, dado que los estudiantes pueden dibujar/recortar las secuencias de instrucciones/eventos que describen un fenómeno.

Área	Eje	Objetivo de Aprendizaje	Actividades para desarrollar PC
Ciencias Naturales	Ciencias físicas y químicas (3)	OA 11: Describir el ciclo del agua en la naturaleza...	Indicar/ animar una secuencia correcta, relacionar acción/consecuencia.
	Ciencias de la tierra y el universo (4)	OA 14: Describir la relación de los cambios del tiempo atmosférico con las estaciones del año...	Indicar/ animar una secuencia correcta, relacionar acción/consecuencia.
Educación Física	Habilidades motrices (1)	OA 1: Demostrar habilidades motrices básicas...	Indicar/seguir pasos de baile, navegar una grilla, crear torres de bloques con cierta configuración, etc.
Historia	Geografía (2)	OA 7: Ubicar Chile, Santiago, la propia región y su capital...	Indicar/animar una secuencia correcta.
Lenguaje	Lectura (1)	OA 5: Demostrar comprensión de las narraciones leídas...	Crear una animación propia.

Tabla 2. Segundo básico: oportunidades para incluir Pensamiento Computacional (PC) en otras asignaturas.

Matemática

OA 8	Demostrar que comprenden las tablas de multiplicar hasta 10 de manera progresiva
OA 9	Demostrar que comprenden la división en el contexto de las tablas de hasta 10 por 10.
OA 10	Resolver problemas rutinarios en contextos cotidianos
OA 12	Generar, describir y registrar patrones numéricos, usando una variedad de estrategias en tablas del 100, de manera manual y/o con software educativo.
OA 15	Demostrar que comprenden la relación que existe entre figuras 3D y figuras 2D.
OA 21	Demostrar que comprenden el perímetro de una figura regular e irregular.
OA 25	Construir, leer e interpretar pictogramas y gráficos de barra simple con escala, en base a información recolectada o dada.

Pensamiento computacional

Secuencialidad	Intermedio. Puede resolver problemas, tomando en cuenta la necesidad de ser preciso y ordenado en la especificación de los pasos a seguir. Puede comprender que puede existir más de una secuencia de instrucciones que permita lograr un mismo objetivo.
Repetición	Principiante
Condiciones	Principiante
Variables	Usa datos
Depuración	Principiante

En la Tabla 3 se muestran los objetivos de aprendizaje relevantes para tercero básico. Aquí se puede ver cómo en Ciencias Naturales se puede desarrollar la abstracción para identificar características relevantes de los objetos bajo estudio, como los alimentos. Esto también permite profundizar el entendimiento acerca de condiciones y acciones asociadas, mostrando cómo se pueden ocupar las características de los objetos para clasificarlos. También se puede explorar el efecto que tiene el orden en la especificación de instrucciones, por ejemplo, analizando qué ocurre al intercambiar movimientos de traslación y rotación al estudiar el sistema solar. Los estudiantes pueden crear animaciones en Scratch Jr, como una forma más lúdica para demostrar su entendimiento de textos, o como material visual para acompañar presentaciones orales.

Área	Eje	Objetivo de Aprendizaje	Actividades para desarrollar PC
Ciencias Naturales	Ciencias de la vida (1)	OA 6: Clasificar los alimentos...	Identificar / explorar características y condiciones relevantes.
	Ciencias física y químicas (3)	OA 9: Investigar experimentalmente y explicar algunas características de la luz...	Identificar / explorar características y condiciones relevantes.
	Ciencias de la tierra y el universo (4)	OA 12: Explicar, por medio de modelos, los movimientos de rotación y traslación considerando sus efectos en la Tierra.	Indicar / animar una secuencia correcta.
Educación Física	Habilidades motrices (1)	OA 1: Demostrar capacidad para ejecutar de forma combinada las habilidades motrices básicas...	Indicar / seguir pasos de baile, navegar una grilla, crear torres de bloques con cierta configuración, etc.
Historia	Geografía (2)	OA 7: Distinguir hemisferios, círculo del Ecuador...	Indicar / animar una secuencia correcta.
Lenguaje	Lectura (1)	OA 4: Profundizar su comprensión de las narraciones leídas...	Crear una animación propia.
	Comunicación oral (3)	OA 28: Expresarse de manera coherente y articulada sobre temas de su interés...	Crear una animación propia.

Tabla 3. Tercero básico: oportunidades para incluir Pensamiento Computacional (PC) en otras asignaturas.

Matemática

OA 5	Demostrar que comprenden la multiplicación de números de tres dígitos por números de un dígito.
OA 6	Demostrar que comprenden la división con dividendos de dos dígitos y divisores de un dígito.
OA 7	Resolver problemas rutinarios y no rutinarios en contextos cotidianos que incluyen dinero, seleccionando y utilizando la operación apropiada.
OA 13	Identificar y describir patrones numéricos en tablas que involucren una operación, de manera manual y/o usando software educativo.
OA 17	Demostrar que comprenden una línea de simetría.
OA 22	Medir longitudes con unidades estandarizadas (m, cm) y realizar transformaciones entre estas unidades (m a cm y viceversa) en el contexto de la resolución de problemas.
OA 27	Leer e interpretar pictogramas y gráficos de barra simple con escala y comunicar sus conclusiones.

Pensamiento computacional

Secuencialidad	Intermedio
Repetición	Principiante
Condiciones	Principiante
Variables	Puede guardar datos, pero no realiza operaciones sobre los datos guardados para manipularlos, solo los consulta
Depuración	Principiante

Aún no se espera que los estudiantes puedan crear sus propios programas, dado que recién se está introduciendo la idea de que pueden guardar datos para consultarlos más tarde. Pero dado que se espera hacer uso de datos guardados, en la Tabla 4 ahora aparecen actividades asociadas a la exploración y/o modificación de simulaciones y modelos simples (creados por el docente, o bajado de la Internet). Por ejemplo, en Ciencias de la Vida, se estudia el movimiento del cuerpo. Aquí se pueden ocupar simulaciones simples creadas en Scratch para analizar la importancia de los tendones para controlar el movimiento en una articulación, como la rodilla.

También se pueden ocupar simulaciones simples de choque de objetos en dos dimensiones (2D) para tener una mejor intuición de cómo la fuerza afecta objetos. Se puede continuar con la creación de animaciones, como forma de demostrar entendimiento o comunicar ideas.

Área	Eje	Objetivo de Aprendizaje	Actividades para desarrollar PC
Ciencias Naturales	Ciencias de la vida (1)	OA 6: Explicar, con apoyo de modelos, el movimiento del cuerpo...	Explorar/modificar simulaciones y modelos.
	Ciencias Físicas y químicas (3)	OA 12: Demostrar, por medio de la investigación experimental, los efectos de la aplicación de fuerzas sobre objetos...	Explorar/modificar simulaciones y modelos.
	Ciencias de la tierra y el universo (4)	OA 16: Explicar los cambios de la superficie de la Tierra...	Explorar/modificar simulaciones y modelos.
Educación Física	Habilidades motrices (1)	OA 1: Demostrar control en la ejecución de las habilidades motrices básicas...	Indicar/seguir pasos de baile, navegar una grilla con obstáculos, etc.
Lenguaje	Lectura (1)	OA 4: Profundizar su comprensión de las narraciones leídas...	Crear una animación propia.
	Comunicación Oral (3)	OA 29: Caracterizar distintos personajes...	Crear una animación propia.

Tabla 4. Cuarto básico: oportunidades para incluir Pensamiento Computacional (PC) en otras asignaturas.

Matemática

OA 4	Demostrar que comprenden la división con dividendos de tres dígitos y divisores de un dígito.
OA 7	Demostrar que comprenden las fracciones propias.
OA 6	Resolver problemas rutinarios y no rutinarios que involucren las cuatro operaciones y combinaciones de ellas.
OA 14	Descubrir alguna regla que explique una sucesión dada y que permita hacer predicciones.
OA 18	Demostrar que comprenden el concepto de congruencia.
OA 19	Medir longitudes con unidades estandarizadas (m, cm, mm) en el contexto de la resolución de problemas.
OA 23	Calcular el promedio de datos e interpretarlo en su contexto.

Pensamiento computacional

Secuencialidad	Intermedio
Repetición	Intermedio. Puede hacer uso de distintos tipos de repetición para abordar distintas clases de problemas, y comprende que la repetición puede tener un efecto acumulativo
Condiciones	Principiante
Variables	Guarda datos
Depuración	Intermedio. Puede entender que los errores también se pueden producir porque faltan instrucciones. Puede seguir la ejecución de un programa paso a paso, para tratar de encontrar un error

En este nivel no se encontraron muchos objetivos de aprendizaje que se pueden abordar ocupando actividades asociadas al pensamiento computacional, tal como se visualiza en la Tabla 5, donde la mayoría de los objetivos listados se pueden explorar mediante la creación de animaciones en Scratch. Dado esto, se recomienda reforzar los objetivos de aprendizaje de Matemática, pidiéndole a los estudiantes crear programas simples que permitan explorar el uso de fracciones, el efecto del orden de las operaciones aritméticas en un problema, cómo detectar si dos figuras son congruentes y cómo calcular el promedio, mediana y moda de una lista de datos. Estos problemas también permiten reforzar la idea de que hay distintos tipos de repetición, y que los problemas usualmente se pueden resolver de más de una forma.

Área	Eje	Objetivo de Aprendizaje	Actividades para desarrollar PC
Ciencias Naturales	Ciencias físicas y químicas (3)	OA 11: Explicar la importancia de la energía eléctrica en la vida cotidiana	Explorar/modificar simulaciones y modelos.
Historia	Historia (1)	OA 2: Describir el proceso de conquista de América y de Chile	Crear una animación propia.
Lenguaje	Lectura (1)	OA 4: Analizar aspectos relevantes de narraciones leídas	Crear una animación propia.
	Lectura (1)	OA 6: Leer independientemente y comprender textos no literarios	Crear una animación propia.
	Escritura (2)	OA 14: Escribir creativamente narraciones	Crear una animación propia.
	Comunicación Oral (3)	OA 28: Expresarse de manera clara y efectiva en exposiciones orales	Crear una animación propia.

Tabla 5. Quinto básico: oportunidades para incluir Pensamiento Computacional (PC) en otras asignaturas.

Matemática

OA 3	Demostrar que comprenden el concepto de razón
OA 8	Resolver problemas rutinarios y no rutinarios que involucren adiciones y sustracciones de fracciones propias, impropias, números mixtos o decimales
OA 11	Resolver ecuaciones de primer grado con una incógnita
OA 13	Demostrar que comprenden el concepto de Área de una superficie en cubos y paralelepípedos
OA 18	Calcular la superficie de cubos y paralelepípedos
OA 24	Leer e interpretar gráficos de barra doble y circulares

Pensamiento computacional

Secuencialidad	Intermedio
Repetición	Intermedio
Condiciones	Intermedio. Puede ocupar condiciones simples para crear bifurcaciones simples en la lógica del programa. Puede identificar todos los casos a considerar en un problema
Variables	Usa variables. Puede ocupar variables ya creadas o definidas, y puede actualizar los valores de variables ocupando operaciones aritméticas
Depuración	Intermedio

Similar a quinto básico, la Tabla 6 muestra que hay pocos objetivos de aprendizaje de otras asignaturas que pueden ser abordados mediante actividades asociadas al pensamiento computacional. En este nivel también se pueden reforzar los objetivos de aprendizaje de Matemática, especialmente el OA 11, que introduce el concepto de incógnita. Este es un concepto similar al de variable en lenguajes de programación, pero tienen algunas diferencias conceptuales que pueden ser confusas para los estudiantes. Por ejemplo, en la ecuación $y = ax + b$, x puede tomar cualquier valor de los reales, por lo que esta ecuación se representa como una recta en el plano cartesiano. En cambio, en un lenguaje de programación, x toma un solo valor, y cuando se actualiza, se pierde el valor guardado anteriormente. Esto es un punto de confusión típico para personas que están aprendiendo a programar, y dada la importancia que tienen las variables en la programación, se recomienda reforzar el uso de variables durante este nivel escolar.

Área	Eje	Objetivo de Aprendizaje	Actividades para desarrollar PC
Ciencias Naturales	Ciencias de la vida (2)	OA 1: Explicar, a partir de una investigación experimental, ... fotosíntesis...	Crear/adaptar simulación simple para entender el fenómeno.
	Ciencias físicas y químicas (3)	OA 13: Demostrar, mediante la investigación experimental, los cambios de estado de la materia...	Crear/adaptar una simulación simple para entender el fenómeno.
Historia	Historia (1)	OA 2: Explicar el desarrollo del proceso de independencia de Chile...	Crear una animación propia.
Lenguaje	Lectura (1)	OA 4: Analizar aspectos relevantes de las narraciones leídas...	Crear una animación propia.
	Lectura (1)	OA 6: Leer independientemente y comprender textos no literarios...	Crear una animación propia.
	Escritura (2)	OA 14: Escribir creativamente narraciones...	Crear una animación propia.
	Comunicación Oral (3)	OA 29: Expresarse de manera clara y efectiva en exposiciones orales...	Crear una animación propia.

Tabla 6. Sexto básico: oportunidades para incluir Pensamiento Computacional (PC) en otras asignaturas.

Matemática

OA 1	Mostrar que comprenden la adición y la sustracción de números enteros
OA 4	Mostrar que comprenden el concepto de porcentaje
OA 8	Mostrar que comprenden las proporciones directas e inversas
OA 11	Mostrar que comprenden el círculo
OA 16	Representar datos obtenidos en una muestra mediante tablas de frecuencias absolutas y relativas

Pensamiento computacional

Secuencialidad	Avanzado. Puede ocupar instrucciones para alterar el flujo de control de un programa, ocupando variables y condiciones
Repetición	Intermedio
Condiciones	Intermedio
Variables	Usa variables
Depuración	Intermedio

La Tabla 7 muestra los objetivos de aprendizaje donde los estudiantes pueden desarrollar proyectos para aplicar las competencias de programación adquiridas durante quinto y sexto básico. Por ejemplo, en el caso de Ciencias Naturales, los estudiantes pueden desarrollar programas en Scratch que permitan explorar los efectos de las fuerzas gravitacionales y el roce sobre cuerpos. En el caso de Geografía, se pueden plantear proyectos más específicos, como estudiar los efectos que tienen la deforestación en la ocurrencia de aludes, o cómo la intervención en las dunas acelera el proceso de desertificación. En el caso de Lenguaje, se identificaron varios objetivos de aprendizaje que pueden ser abordados con hojas de cálculo, las que también permiten introducir una manera más visual de realizar cálculos y generar visualizaciones, complementario al uso de Scratch.

Área	Eje	Objetivo de Aprendizaje	Actividades para desarrollar PC
Ciencias Naturales	Física (2)	OA 7: Planificar y conducir una investigación experimental ... fuerzas gravitacional, roce...	Crear simulación/modelo para explorar el fenómeno.
	Física (2)	OA 9: Explicar, con el modelo de la tectónica de placas...	Crear simulación/modelo para explorar el fenómeno.
Historia	Geografía (2)	OA 21: Reconocer procesos de adaptación y transformación que se derivan de la relación entre el ser humano y el medio...	Crear simulación/modelo para explorar el fenómeno.
Lenguaje	Lectura (1)	OA 9: Analizar y evaluar textos de los medios de comunicación...	Recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.
	Escritura (2)	OA 12: Expresarse en forma creativa por medio de la escritura de textos...	Crear una animación propia.
	Comunicación Oral (3)	OA 20: Comprender, comparar y evaluar textos orales y audiovisuales...	Recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.

Tabla 7. Séptimo básico: oportunidades para incluir Pensamiento Computacional (PC) en otras asignaturas.

Matemática

OA 1	Mostrar que comprenden la multiplicación y la división de números enteros.
OA 4	Mostrar que comprenden las raíces cuadradas.
OA 10	Mostrar que comprenden la función afín.
OA 12	Explicar, de manera concreta, pictórica y simbólica, la validez del teorema de Pitágoras.
OA 15	Mostrar que comprenden las medidas de posición, percentiles y cuartiles.

Pensamiento computacional

Secuencialidad	Avanzado. Puede crear sus propias funciones para reusar instrucciones de manera encapsulada
Repetición	Intermedio
Condiciones	Intermedio
Variables	Crea variables. Puede crear y manipular las variables relevantes para un problema
Depuración	Intermedio

Similar a séptimo básico, en octavo básico los estudiantes pueden abordar proyectos asociados a distintas áreas, como la Física, Química, Geografía y Lenguaje, ocupando herramientas como Scratch y hojas de cálculo (ver Tabla 8). También se puede reforzar los objetivos de aprendizaje de Matemática, ya sea con las herramientas ya mencionadas, o con otras más específicas al dominio, como GeoGebra. En el caso de Scratch, este es un buen momento para introducir la creación de funciones propias, como una forma de descomponer un programa en trozos más pequeños y cohesivos.

Área	Eje	Objetivo de Aprendizaje	Actividades para desarrollar PC
Ciencias Naturales	Física (2)	OA 10: Analizar un circuito eléctrico domiciliario...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno
	Química (3)	OA 12: Investigar y analizar ... constitución de la materia ...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno
Historia	Geografía (2)	OA 22: Aplicar el concepto de desarrollo para analizar diversos aspectos de las regiones en Chile...	Recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.
Lenguaje	Lectura (1)	OA 8: Formular una interpretación de los textos literarios leídos o vistos...	Crear una animación propia.
	Lectura (1)	OA 10: Analizar y evaluar textos de los medios de comunicación...	Recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.
	Escritura (2)	OA 13: Expresarse en forma creativa por medio de la escritura de textos...	Crear una animación propia.
	Comunicación Oral (3)	OA 21: Comprender, comparar y evaluar textos orales y audiovisuales...	Recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.

Tabla 8. Octavo básico: oportunidades para incluir Pensamiento Computacional (PC) en otras asignaturas.

Matemática

OA 2	Mostrar que comprenden las potencias de base racional y exponente entero
OA 3	Desarrollar los productos notables
OA 4	Resolver sistemas de ecuaciones lineales (2x2)
OA 8	Mostrar que comprenden el concepto de homotecia
OA 14	Desarrollar las reglas de las probabilidades

Pensamiento computacional

Secuencialidad	Avanzado
Repetición	Intermedio
Condiciones	Avanzado. Puede definir condiciones compuestas y combinar distintas instrucciones condicionales
Variables	Crea variables
Depuración	Avanzado. Puede interpretar errores de compilación/interpretación, y puede reproducir un bug para tratar de diagnosticar el error en su programa

En la Tabla 9 se muestra la variedad de objetivos de aprendizaje que pueden ser abordados ocupando el pensamiento computacional. Dado que se espera que durante el segundo ciclo de la básica, los estudiantes desarrollen las competencias básicas de programación en ambientes visuales, durante la educación media ya se puede iniciar la transición hacia lenguajes de texto, como python, Java, o C. Por ejemplo, se puede explorar cómo los astrónomos deducen propiedades de cuerpos celestiales en base a datos obtenidos de radiotelescopios (OA 16), o cómo los bioinformáticos crean árboles filogenéticos para estudiar las relaciones evolutivas entre organismos (OA 2). En particular, se recomienda usar python, dado que tiene una sintaxis simple y fácil de aprender. Además, existen varias bibliotecas y frameworks construidos sobre python, que permiten complementar la funcionalidad básica que ofrece el lenguaje de programación. Por ejemplo, SciPy ofrece funciones para manipular imágenes y datasets, Django permite construir aplicaciones web y Pygame permite desarrollar juegos en 2D. Se puede continuar ocupando hojas de cálculo para abordar los objetivos de aprendizaje asociados a Historia y Lenguaje, pero también se puede explorar el uso de lenguajes de programación como R y Octave para estos fines.

Área	Eje	Objetivo de Aprendizaje	Actividades para desarrollar PC
Ciencias Naturales	Biología (1)	OA 2: Analizar e interpretar datos ... que apoyen que la diversidad de organismos es el resultado de la evolución...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.
	Física (2)	OA 11: Explicar fenómenos luminosos, como la reflexión, la refracción...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.
	Física (2)	OA 16: Investigar y explicar sobre la investigación astronómica...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.
	Química (3)	OA 20: Establecer relaciones cuantitativas entre reactantes y productos en reacciones químicas...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.
Historia	Formación Ciudadana (3)	OA 20: Explicar el funcionamiento del mercado...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno, recolectar/analizar datos, crear visualizaciones
Lenguaje	Lectura (1)	OA 8: Formular una interpretación de los textos literarios leídos o vistos...	Crear una animación propia.
	Lectura (1)	OA 10: Analizar y evaluar textos de los medios de comunicación...	Recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.
	Comunicación Oral (3)	OA 19: Comprender, comparar y evaluar textos orales y audiovisuales...	Recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.
	Investigación (4)	OA 24: Realizar investigaciones sobre diversos temas...	Recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.

Tabla 9. Primero medio: oportunidades para incluir Pensamiento Computacional (PC) en otras asignaturas.

Matemática

OA 2	Mostrar que comprenden las relaciones entre potencias, raíces enésimas y logaritmos
OA 3	Mostrar que comprenden la función cuadrática
OA 8	Mostrar que comprenden las razones trigonométricas
OA 11	Utilizar permutaciones y la combinatoria sencilla para calcular probabilidades

Pensamiento computacional

Secuencialidad	Avanzado
Repetición	Avanzado. Puede controlar la cantidad de veces que se ejecuta un ciclo ocupando variables y condiciones. Puede anidar ciclos en el caso de ser necesario
Condiciones	Avanzado
Variables	Crea variables
Depuración	Avanzado

Similar al caso de primero medio, en este nivel se pueden abordar proyectos más complejos asociados a Ciencias Naturales, ocupando lenguajes de programación de texto (ver Tabla 10). La idea es continuar ocupando el lenguaje de programación de texto introducido en primero medio, permitiendo que los estudiantes se familiaricen más con este lenguaje. También se puede considerar incorporar la programación de placas con microcontroladores, como Arduino, que permite trabajar en forma directa con sensores y actuadores, lo que permite que estudiantes creen dispositivos que interactúan con el mundo real, estimulando su potencial innovador.

Área	Eje	Objetivo de Aprendizaje	Actividades para desarrollar PC
Ciencias Naturales	Biología (1)	OA 6: Investigar y argumentar, ... el material genético se transmite...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.
	Física (2)	OA 10: Explicar, por medio de investigaciones experimentales, los efectos que tiene una fuerza neta...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.
	Química (3)	OA 15: Explicar, por medio de modelos y la experimentación, las propiedades de las soluciones...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.
Lenguaje	Lectura (1)	OA 8: Formular una interpretación de los textos literarios leídos o vistos...	Crear una animación propia.
	Lectura (1)	OA 10: Analizar y evaluar textos de los medios de comunicación...	Recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.
	Comunicación Oral (3)	OA 19: Comprender, comparar y evaluar textos orales y audiovisuales...	Recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.
	Investigación (4)	OA 24: Realizar investigaciones sobre diversos temas...	Recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.

Tabla 10. Segundo medio: oportunidades para incluir Pensamiento Computacional (PC) en otras asignaturas.

Matemática

OA 2	Tomar decisiones en situaciones de incerteza que involucren el análisis de datos estadísticos
-------------	---

Pensamiento computacional

Secuencialidad	Avanzado
Repetición	Avanzado
Condiciones	Avanzado
Variables	Crea variables
Depuración	Avanzado

En tercero medio, se identificaron bastantes oportunidades para continuar con el desarrollo del pensamiento computacional de los estudiantes. En la Tabla 11 aparece por primera vez Arte como Área, dado que se consideran proyectos multimediales. Con las competencias desarrolladas hasta este punto, este proyecto multimedial podría ser un juego de video, una experiencia interactiva Web, una escultura cinética controlada por Arduino, etc. El resto de los objetivos de aprendizaje se pueden abordar con cualquiera de las herramientas ya mencionadas en esta ruta.

Área	Eje	Objetivo de Aprendizaje	Actividades para desarrollar PC
Arte	Expresar y crear (1)	OA 2: Crear obras y proyectos de ilustración, audiovisuales y multimediales...	OA2: Crear obras y proyectos de ilustración, audiovisuales y multimediales.
Ciencias Naturales	Bienestar y salud (1)	OA 3: Analizar, a partir de evidencias, situaciones de transmisión de agentes infecciosos...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.
	Seguridad, prevención y autocuidado (2)	OA 3: Analizar, a partir de modelos, riesgos de origen natural o provocados por la acción humana...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.

Ciencias Naturales	Ambiente y sustentabilidad (3)	OA 3: Modelar los efectos del cambio climático en diversos ecosistemas...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.
	Tecnología y sociedad (3)	OA 2: Explicar, basados en investigaciones y modelos, como los avances tecnológicos...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.
Historia	Historia (1a)	OA 1: Analizar procesos migratorios contemporáneos en distintas regiones del mundo...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno, recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.
	Geografía (2a)	OA 3: Explicar el cambio climático como fenómeno global...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno, recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.
	Geografía (2b)	OA 1: Analizar procesos sociales y culturales recientes de Chile y América Latina tales como migraciones, cambios demográficos y urbaniza...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno, recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.
	Formación ciudadana (3)	OF 6. Reflexionar personal y grupalmente sobre diversas formas de participación...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.
Lenguaje	Producción (2)	OA 6: Producir textos (orales, escritos o audiovisuales) coherentes y cohesionados...	Crear una animación propia.

Tabla 11. Tercero medio: oportunidades para incluir Pensamiento Computacional (PC) en otras asignaturas.

Matemática

OA 1	Fundamentar decisiones en el ámbito financiero y económico personal o comunitario
-------------	---

Pensamiento computacional

Secuencialidad	Avanzado
Repetición	Avanzado
Condiciones	Avanzado
Variables	Crea variables
Depuración	Avanzado

Los objetivos de aprendizaje para cuarto medio son muy similares a los de tercer medio (ver Tabla 12), y se hace la misma recomendación con respecto a abordar alguno de estos mediante el desarrollo de un proyecto.

Área	Eje	Objetivo de Aprendizaje	Actividades para desarrollar PC
Arte	Expresar y crear (1)	OA 2: Crear obras y proyectos de ilustración, audiovisuales y multimediales ...	Crear una animación propia.
Ciencias Naturales	Bienestar y salud (1)	OA 3: Analizar, a partir de evidencias, situaciones de transmisión de agentes infecciosos...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.
	Seguridad, prevención y autocuidado (2)	OA 3: Analizar, a partir de modelos, riesgos de origen natural o provocados por la acción humana...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.
	Ambiente y sustentabilidad (3)	OA 3: Modelar los efectos del cambio climático en diversos ecosistemas...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.
	Tecnología y sociedad (3)	OA 2: Explicar, basados en investigaciones y modelos, como los avances tecnológicos...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.

Historia	Historia (1a)	OA 1: Analizar procesos migratorios contemporáneos en distintas regiones del mundo...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno, recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.
	Geografía (2a)	OA 3: Explicar el cambio climático como fenómeno global...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno, recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.
	Geografía (2b)	OA 1: Analizar procesos sociales y culturales recientes de Chile y América Latina tales como migraciones, cambios demográficos y urbanización...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno, recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.
	Formación ciudadana (3b)	OA 1. Evaluar las características y el funcionamiento de la institucionalidad democrática...	Crear una simulación/modelo para explorar el fenómeno.
	Formación ciudadana (3b)	OA 6. Evaluar oportunidades y riesgos de los medios de comunicación masiva y del uso de las nuevas tecnologías de la información...	Recolectar/analizar datos, crear visualizaciones.
Lenguaje	Producción (2)	Producir textos (orales, escritos o audiovisuales) coherentes y cohesionados...	Crear una animación propia.

Tabla 12. Cuarto medio: oportunidades para incluir Pensamiento Computacional (PC) en otras asignaturas.

Referencias

- Kathryn M. Rich, Carla Strickland, T. Andrew Binkowski, Cheryl Moran, and Diana Franklin. 2017. K-8 Learning Trajectories Derived from Research Literature: Sequence, Repetition, Conditionals. In Proceedings of the 2017 ACM Conference on International Computing Education Research (ICER '17). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 182–190. <https://doi.org/10.1145/3105726.3106166>
- Kathryn M. Rich, T. Andrew Binkowski, Carla Strickland, and Diana Franklin. 2018. Decomposition: A K-8 Computational Thinking Learning Trajectory. In Proceedings of the 2018 ACM Conference on International Computing Education Research (ICER '18). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 124–132. <https://doi.org/10.1145/3230977.3230979>
- Kathryn M. Rich, Carla Strickland, T. Andrew Binkowski, and Diana Franklin. 2019. A K-8 Debugging Learning Trajectory Derived from Research Literature. In Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 745–751. <https://doi.org/10.1145/3287324.3287396>
- Kathryn M. Rich, Diana Franklin, Carla Strickland, Andy Isaacs, and Donna Eathing. 2020. A Learning Trajectory for Variables Based in Computational Thinking Literature: Using Levels of Thinking to Develop Instruction. Computer Science Education 0, 0 (2020), 1–22. <https://doi.org/10.1080/08993408.2020.1866938> arXiv:<https://doi.org/10.1080/08993408.2020.1866938>
- Carla Strickland, Kathryn M. Rich, Donna Eathing, Todd Lash, Andy Isaacs, Maya Israel, and Diana Franklin. 2021. Action Fractions: The Design and Pilot of an Integrated Math+CS Elementary Curriculum Based on Learning Trajectories. In Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education (Virtual Event, USA) (SIGCSE '21). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1149–1155. <https://doi.org/10.1145/3408877.3432483>
- Kathi Fisler, Emmanuel Schanzer, Steve Weimar, Annie Fetter, K. Ann Renninger, Shriram Krishnamurthi, Joe Gibbs Politz, Benjamin Lerner, Jennifer Poole, and Christine Koerner. 2021. Evolving a K-12 Curriculum for Integrating Computer Science into Mathematics. In Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education (Virtual Event, USA) (SIGCSE '21). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 59–65. <https://doi.org/10.1145/3408877.3432546>