

Biología



Segundo año

Evolución en la laguna de las ranas

ED
CIENCIAS

Aprender y enseñar
con tecnologías digitales

Serie PROFUNDIZACIÓN • **NES**



Buenos Aires Ciudad



Vamos Buenos Aires

JEFE DE GOBIERNO

Horacio Rodríguez Larreta

MINISTRA DE EDUCACIÓN E INNOVACIÓN

María Soledad Acuña

SUBSECRETARIO DE PLANEAMIENTO E INNOVACIÓN EDUCATIVA

Diego Javier Meiriño

DIRECTORA GENERAL DE PLANEAMIENTO EDUCATIVO

María Constanza Ortiz

GERENTE OPERATIVO DE CURRÍCULUM

Javier Simón

DIRECTOR GENERAL DE TECNOLOGÍA EDUCATIVA

Santiago Andrés

GERENTA OPERATIVA DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EDUCATIVA

Mercedes Werner

SUBSECRETARIA DE COORDINACIÓN PEDAGÓGICA Y EQUIDAD EDUCATIVA

Andrea Fernanda Bruzos Bouchet

SUBSECRETARIO DE CARRERA DOCENTE Y FORMACIÓN TÉCNICA PROFESIONAL

Jorge Javier Tarulla

SUBSECRETARIO DE GESTIÓN ECONÓMICO FINANCIERA

Y ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS

Sebastián Tomaghelli

SUBSECRETARÍA DE PLANEAMIENTO E INNOVACIÓN EDUCATIVA (SSPLINED)

DIRECCIÓN GENERAL DE PLANEAMIENTO EDUCATIVO (DGPLEDU)

GERENCIA OPERATIVA DE CURRÍCULUM (GOC)

Javier Simón

EQUIPO DE GENERALISTAS DE NIVEL SECUNDARIO: Isabel Malamud (coordinación), Cecilia Bernardi, Bettina Bregman, Ana Campelo, Julieta Jakubowicz, Marta Libedinsky, Carolina Lifschitz, Julieta Santos

ESPECIALISTAS: Florencia Monzon, Cristián Rizzi Iribarren

DIRECCIÓN GENERAL DE TECNOLOGÍA EDUCATIVA (DGTEDU)

GERENCIA OPERATIVA DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EDUCATIVA (INTEC)

Mercedes Werner

ESPECIALISTAS DE EDUCACIÓN DIGITAL: Julia Campos (coordinación), Eugenia Kirsanov, María Lucía Oberst, Ignacio Spina

ACTIVIDADES AMPLIADAS - PROYECTO ED CIENCIAS

COORDINACIÓN ENLACE CIENCIAS (DGPLEDU): Gabriela Jiménez

ESPECIALISTAS (GOC): Florencia Monzon, Cristián Rizzi Iribarren

COORDINACIÓN EDITORIAL (DGPLEDU): Elizabet Borches

ESPECIALISTAS DE EDUCACIÓN DIGITAL (INTEC): Cristina Da Rosa, Uriel Frid, María Cecilia Hvalsøe, Ignacio Spina

COORDINACIÓN DE MATERIALES Y CONTENIDOS DIGITALES (DGPLEDU): Mariana Rodríguez

COLABORACIÓN Y GESTIÓN: Manuela Luzzani Ovide

COORDINACIÓN DE SERIES PROFUNDIZACIÓN NES Y

PROPUESTAS DIDÁCTICAS PRIMARIA: Silvia Saucedo

EQUIPO EDITORIAL EXTERNO

COORDINACIÓN EDITORIAL: Alexis B. Tellechea

DISEÑO GRÁFICO: Estudio Cerúleo

EDICIÓN: Fabiana Blanco, Natalia Ribas

CORRECCIÓN DE ESTILO: Lupe Deveza

IDEA ORIGINAL DE PROYECTO DE EDICIÓN Y DISEÑO (GOC)

EDICIÓN: Gabriela Berajá, María Laura Cianciolo, Andrea Finocchiaro, Bárbara Gomila, Marta Lacour, Sebastián Vargas

DISEÑO GRÁFICO: Octavio Bally, Silvana Carretero, Ignacio Cismondi, Alejandra Mosconi, Patricia Peralta

ACTUALIZACIÓN WEB: Leticia Lobato

Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
Evolución en la laguna de las ranas . - 1a edición para el profesor - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Ministerio de Educación e Innovación, 2019.
Libro digital, PDF - (Ciencia y Tecnología)

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-673-424-0

1. Ciencia. 2. Tecnología. 3. Educación Secundaria.
CDD 607.1

ISBN 978-987-673-424-0

Se autoriza la reproducción y difusión de este material para fines educativos u otros fines no comerciales, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción de este material para reventa u otros fines comerciales.

Las denominaciones empleadas en este material y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implica, de parte del Ministerio de Educación e Innovación del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de los países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que el Ministerio de Educación e Innovación del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

En este material se evitó el uso explícito del género femenino y masculino en simultáneo y se ha optado por emplear el género masculino, a efectos de facilitar la lectura y evitar las duplicaciones. No obstante, se entiende que todas las menciones en el género masculino representan siempre a varones y mujeres, salvo cuando se especifique lo contrario.

Fecha de consulta de imágenes, videos, textos y otros recursos digitales disponibles en internet: 15 de enero de 2019.

© Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires / Ministerio de Educación e Innovación / Subsecretaría de Planeamiento e Innovación Educativa. Dirección General de Planeamiento Educativo / Gerencia Operativa de Currículum, 2019.

Subsecretaría de Planeamiento e Innovación Educativa / Dirección General de Planeamiento Educativo / Gerencia Operativa de Currículum. Holmberg 2548/96, 2° piso - C1430DOV - Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

© Copyright © 2019 Adobe Systems Software. Todos los derechos reservados. Adobe, el logo de Adobe, Acrobat y el logo de Acrobat son marcas registradas de Adobe Systems Incorporated.

Presentación

La serie de materiales Profundización de la NES presenta distintas propuestas de enseñanza en las que se ponen en juego tanto los contenidos –conceptos, habilidades, capacidades, prácticas, valores y actitudes– definidos en el *Diseño Curricular de la Nueva Escuela Secundaria* de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Resolución N.º 321/MEGC/2015, como nuevas formas de organizar los espacios, los tiempos y las modalidades de enseñanza.

El tipo de propuestas que se presentan en esta serie se corresponde con las características y las modalidades de trabajo pedagógico señaladas en la Resolución CFE N.º 93/09 para fortalecer la organización y la propuesta educativa de las escuelas de nivel secundario de todo el país. Esta norma –actualmente vigente y retomada a nivel federal por la propuesta “Secundaria 2030”, Resolución CFE N.º 330/17– plantea la necesidad de instalar “distintos modos de apropiación de los saberes que den lugar a: nuevas formas de enseñanza, de organización del trabajo de los profesores y del uso de los recursos y los ambientes de aprendizaje”. Se promueven también nuevas formas de agrupamiento de los estudiantes, diversas modalidades de organización institucional y un uso flexible de los espacios y los tiempos que se traduzcan en propuestas de talleres, proyectos, articulación entre materias, debates y organización de actividades en las que participen estudiantes de diferentes años. En el ámbito de la Ciudad, el *Diseño Curricular de la Nueva Escuela Secundaria* incorpora temáticas nuevas y emergentes y abre la puerta para que en la escuela se traten problemáticas actuales de significatividad social y personal para los estudiantes.

Existe acuerdo sobre la magnitud de los cambios que demanda la escuela secundaria para lograr convocar e incluir a todos los estudiantes y promover efectivamente los aprendizajes necesarios para el ejercicio de una ciudadanía responsable y la participación activa en ámbitos laborales y de formación. Es importante resaltar que, en la coyuntura actual, tanto los marcos normativos como el *Diseño Curricular* jurisdiccional en vigencia habilitan e invitan a motorizar innovaciones imprescindibles.

Si bien ya se ha recorrido un importante camino en este sentido, es necesario profundizar, extender e instalar propuestas que efectivamente hagan de la escuela un lugar convocante para los estudiantes y que, además, ofrezcan reales oportunidades de aprendizaje. Por lo tanto, sigue siendo un desafío:

- El trabajo entre docentes de una o diferentes áreas que promueva la integración de contenidos.
- Planificar y ofrecer experiencias de aprendizaje en formatos diversos.
- Elaborar propuestas que incorporen oportunidades para el aprendizaje y el ejercicio de capacidades.

Los materiales elaborados están destinados a los docentes y presentan sugerencias, criterios y aportes para la planificación y el despliegue de las tareas de enseñanza, desde estos lineamientos. Se incluyen también propuestas de actividades y experiencias de aprendizaje para los estudiantes y orientaciones para su evaluación. Las secuencias han sido diseñadas para admitir un uso flexible y versátil de acuerdo con las diferentes realidades y situaciones institucionales.

La serie reúne dos líneas de materiales: una se basa en una lógica disciplinar y otra presenta distintos niveles de articulación entre disciplinas (ya sean areales o interareales). Se introducen también materiales que aportan a la tarea docente desde un marco didáctico con distintos enfoques de planificación y de evaluación para acompañar las diferentes propuestas.

El lugar otorgado al abordaje de problemas interdisciplinarios y complejos procura contribuir al desarrollo del pensamiento crítico y de la argumentación desde perspectivas provenientes de distintas disciplinas. Se trata de propuestas alineadas con la formación de actores sociales conscientes de que las conductas individuales y colectivas tienen efectos en un mundo interdependiente.

El énfasis puesto en el aprendizaje de capacidades responde a la necesidad de brindar a los estudiantes experiencias y herramientas que permitan comprender, dar sentido y hacer uso de la gran cantidad de información que, a diferencia de otras épocas, está disponible y fácilmente accesible para todos. Las capacidades son un tipo de contenidos que debe ser objeto de enseñanza sistemática. Para ello, la escuela tiene que ofrecer múltiples y variadas oportunidades para que los estudiantes las desarrollen y consoliden.

Las propuestas para los estudiantes combinan instancias de investigación y de producción, de resolución individual y grupal, que exigen resoluciones divergentes o convergentes, centradas en el uso de distintos recursos. También, convocan a la participación activa de los estudiantes en la apropiación y el uso del conocimiento, integrando la cultura digital. Las secuencias involucran diversos niveles de acompañamiento y autonomía e instancias de reflexión sobre el propio aprendizaje, a fin de habilitar y favorecer distintas modalidades de acceso a los saberes y los conocimientos y una mayor inclusión de los estudiantes.

En este marco, los materiales pueden asumir distintas funciones dentro de una propuesta de enseñanza: explicar, narrar, ilustrar, desarrollar, interrogar, ampliar y sistematizar los contenidos. Pueden ofrecer una primera aproximación a una temática formulando dudas e interrogantes, plantear un esquema conceptual a partir del cual profundizar, proponer

actividades de exploración e indagación, facilitar oportunidades de revisión, contribuir a la integración y a la comprensión, habilitar oportunidades de aplicación en contextos novedosos e invitar a imaginar nuevos escenarios y desafíos. Esto supone que en algunos casos se podrá adoptar la secuencia completa o seleccionar las partes que se consideren más convenientes; también se podrá plantear un trabajo de mayor articulación entre docentes o un trabajo que exija acuerdos entre los mismos. Serán los equipos docentes quienes elaborarán propuestas didácticas en las que el uso de estos materiales cobre sentido.

Iniciamos el recorrido confiando en que constituirá un aporte para el trabajo cotidiano. Como toda serie en construcción, seguirá incorporando y poniendo a disposición de las escuelas de la Ciudad nuevas propuestas, dando lugar a nuevas experiencias y aprendizajes.



Diego Javier Meiriño
Subsecretario de Planeamiento
e Innovación Educativa



Gabriela Laura Gürtner
Jefa de Gabinete de la Subsecretaría de
Planeamiento e Innovación Educativa

¿Cómo se navegan los textos de esta serie?

Los materiales de Profundización de la NES cuentan con elementos interactivos que permiten la lectura hipertextual y optimizan la navegación.

Para visualizar correctamente la interactividad se sugiere bajar el programa [Adobe Acrobat Reader](#) que constituye el estándar gratuito para ver e imprimir documentos PDF.



Pie de página

Volver a vista anterior — Al clicar regresa a la última página vista.

— Ícono que permite imprimir.

— Folio, con flechas interactivas que llevan a la página anterior y a la página posterior.

Portada

— Flecha interactiva que lleva a la página posterior.

Índice interactivo

Introducción

Plaquetas que indican los apartados principales de la propuesta.

Itinerario de actividades

Actividad 1

Introducción a Laguna de las Ranas

Familiarizar a los estudiantes con el manejo de la interfaz del software.

Organizador interactivo que presenta la secuencia completa de actividades.

Actividades

Introducción a Laguna de las Ranas

Actividad 1

- Agrúpense de a dos y entren en el sitio web [Laguna de las Ranas](#).
- Lean los tres primeros textos: "Introducción", "Selección Natural" y "Programando Ranas". Intercambien con sus compañeros, de manera oral, ideas sobre lo leído.

Actividad anterior

Actividad siguiente

Actividad anterior

Botón que lleva a la actividad anterior.

Actividad siguiente

Botón que lleva a la actividad siguiente.

Sistema que señala la posición de la actividad en la secuencia.

Íconos y enlaces

- 1 Símbolo que indica una cita o nota aclaratoria. Al clicar se abre un *pop-up* con el texto:

Ovidescim repti ipita voluptis audi iducit ut qui adis moluptur? Quia poria dusam serspero voloris quas quid moluptur?Luptat. Upti cumAgnimustrum est ut

Los números indican las referencias de notas al final del documento.

El color azul y el subrayado indican un [vínculo](#) a la web o a un documento externo.

— Indica enlace a un texto, una actividad o un anexo.

"Título del texto, de la actividad o del anexo"

— Indica apartados con orientaciones para la evaluación.

Índice interactivo

 **Introducción**

 **Contenidos, objetivos de aprendizaje y capacidades**

 **Itinerario de actividades**

 **Orientaciones didácticas y actividades**

 **Orientaciones para la evaluación**

 **Propuestas ED Ciencias**

 **Bibliografía**

Introducción

La perspectiva evolutiva resulta nodal en la organización de la enseñanza de la Biología. Tanto es así que la selección y la organización de los contenidos curriculares de esta disciplina en la Nueva Escuela Secundaria (NES) se ha realizado a partir de un enfoque centrado en la evolución de los seres vivos. Esta propuesta trata sobre cómo el pensamiento computacional puede utilizarse como estrategia didáctica para acercarse al concepto de evolución.

La evolución es un concepto complejo y suelen presentarse dificultades en su comprensión. Utilizar entornos y modelos digitales puede facilitar el aprendizaje de algunos de sus aspectos. Las actividades aquí propuestas contribuyen a visualizar y cuestionar algunas concepciones intuitivas sobre la evolución biológica de las que pueden partir los estudiantes.

Durante el desarrollo de la secuencia didáctica, se propondrá a los estudiantes interactuar con el entorno digital [“Laguna de las Ranas”](#) (LdLR), en [github.io](#), que permite simular un ecosistema y alterar diferentes variables a partir de una programación por bloques.

En este sitio está insertado un programa computacional del tipo simulador, que se ejecutará directamente en el navegador web, sin necesidad de instalar ninguna aplicación ni *software* específico, solo se requiere conexión a internet. Los simuladores buscan representar fielmente aspectos de la realidad y permiten controlar la complejidad de ciertos acontecimientos, lo que promueve el aprendizaje de habilidades difíciles o imposibles de experimentar en entornos reales. La intervención en entornos simplificados y sin riesgos ofrece la posibilidad de aproximarse a esta temática.

Simulador: es un *software* que tiene controles para que el usuario pueda configurar un estado inicial a través de diferentes variables y luego ejecutar el modelo durante un tiempo determinado para observar los resultados generados.

La programación por bloques propuesta por el simulador permite fomentar el desarrollo del pensamiento computacional. Los cuatro pilares fundamentales del pensamiento computacional son:

- la descomposición de un problema en partes más pequeñas;
- la abstracción para priorizar los aspectos a los cuales dedicar atención;
- el reconocimiento de patrones para poder realizar predicciones y/o comprender el comportamiento;
- la creación de algoritmos que eventualmente puedan ser procesados por agentes de la información.

La articulación del pensamiento computacional con las prácticas experimentales funciona como soporte para actuar bajo esquemas colaborativos de trabajo entre pares y está centrado en la resolución de problemas.

Desarrollar este pensamiento en los estudiantes implica trabajar aspectos clave vinculados a la informática y la computación —que también son centrales en otras áreas disciplinares (ciencias naturales, matemática)—, como la modelización, el razonamiento y la resolución de problemas.

LdIR aborda la evolución como un fenómeno emergente basado en acciones y comportamientos a nivel del individuo, que producen efectos a nivel de la población. Suele suceder que, al pensar sobre la selección natural, los estudiantes creen con frecuencia que los cambios en la población son el resultado de modificaciones a nivel individual de los organismos a lo largo de su vida. Al interactuar con LdIR se cuestiona esta idea previa, ya que los estudiantes programarán acciones en ejemplares de ranas obteniendo como resultado poblaciones diferentes a lo largo del tiempo de acuerdo con lo que hayan programado.

El simulador LdIR se considera multiagente. El término “agente” refiere a objetos computacionales individuales (por ejemplo, automóviles) que obedecen a reglas simples manipuladas por el usuario (por ejemplo, acelerar, desacelerar, frenar, etc.). Es la interacción entre estos agentes, basada en las reglas asignadas por el usuario, la que da lugar a un comportamiento emergente a nivel de conjunto (por ejemplo, la formación de atascos de tráfico).

En nuestro entorno los agentes son ranas, a las que se puede programar mediante bloques para que cumplan determinadas reglas (que salten cierta distancia, que croen, que giren 180 grados si ven agua delante suyo, que cacen libélulas o escarabajos si están hambrientas, etc.). A partir de estas reglas, la población de ranas va interactuando con su entorno, lo que da lugar a nuevas generaciones de ranas con características propias. La evolución de la población de ranas aparece entonces como un fenómeno emergente.

En otros documentos de la serie Profundización de la NES ya se ha tratado el tema de la evolución para primer año, como por ejemplo en *Árboles evolutivos* y *La tecnología... ¿evoluciona?*. La introducción del primero de estos materiales se refiere de manera extensiva a la importancia del eje evolutivo en la biología y trabaja aspectos tales como la diversificación en tanto resultado de la evolución, el grado de parentesco entre los seres vivos y el concepto de antecesor común. El segundo documento establece las diferencias entre la evolución biológica y la tecnología, y trata concepciones erradas de la evolución en biología, entre ellas, las ideas de que la evolución posee una finalidad y también que es lineal.



Por otra parte, se presenta el apartado Propuestas ED Ciencias, "Condiciones ambientales y reproducción anfibia", con actividades enriquecidas con tecnologías digitales desde la mirada de la Educación Digital. Se apunta, de esta forma, a fortalecer con propuestas didácticas a todas aquellas escuelas secundarias que formen parte del proyecto ED Ciencias.



Propuestas ED Ciencias. Condiciones ambientales y reproducción anfibia

Contenidos, objetivos de aprendizaje y capacidades

Ejes/Contenidos	Objetivos de aprendizaje	Capacidades
Evolución de los seres vivos <ul style="list-style-type: none"> Variabilidad. Reproducción diferencial. Rol del ambiente. Adaptación como resultado del proceso de selección natural. 	<ul style="list-style-type: none"> Analizar la teoría de la selección natural haciendo foco en el nivel de poblaciones y en la idea de reproducción diferencial de los individuos. Reconocer el concepto de adaptación biológica y relacionarlo con el de selección natural a nivel de la población. 	<ul style="list-style-type: none"> Pensamiento crítico, iniciativa y creatividad. Análisis y comprensión de la información. Interacción social y trabajo colaborativo.

Educación Digital

Desde la Educación Digital se propone que los estudiantes puedan desarrollar las competencias necesarias para realizar un uso crítico, criterioso y significativo de las tecnologías digitales transversales a las propuestas pedagógicas de cada actividad. Para ello —y según lo planteado en el “Marco para la Educación Digital” del *Diseño Curricular* de la NES—, es preciso pensarlas aquí en tanto recursos disponibles para potenciar los procesos de aprendizaje y la construcción de conocimiento en forma articulada y contextualizada con las áreas de conocimiento, y de manera transversal.



Marco para la Educación Digital

Competencias digitales involucradas	Objetivos de aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> Competencias funcionales y transferibles. Creatividad. Pensamiento crítico y evaluación. Colaboración. 	<ul style="list-style-type: none"> Utilizar simulaciones para explorar y representar patrones de vida de diversos seres vivos. Interactuar, en un entorno lúdico y multimedial, para la modificación de variables de una producción. Aplicar las TIC para realizar actividades de programación que impliquen el pensamiento crítico y computacional. Lograr involucrarse en actividades de aprendizaje con pares a través de distintos entornos digitales.

Itinerario de actividades

Actividad 1

Introducción a “Laguna de las Ranas”

Familiarizar a los estudiantes con el manejo de la interfaz del *software*.

1

Actividad 2

Cazando libélulas

Introducir los comandos de la programación del sitio web.

2

Actividad 3

En busca de la estabilidad (resolver el Desafío 1)

Programar una secuencia de acciones y comportamientos para las ranas con el objetivo de lograr una población estable de aproximadamente 50 ejemplares. Discutir grupalmente las diferentes soluciones.

3

Actividad 4

Presión de selección sobre el tamaño (resolver el Desafío 2)

Programar una secuencia de acciones y comportamientos con el objetivo de lograr ranas pequeñas luego de sucesivas generaciones. Discutir grupalmente las diferentes soluciones.

4

Propuestas ED Ciencias



Actividad A

¿En qué condiciones se reproducen y desarrollan las ranas?

A



Actividad B

¿Cómo influye la luz en el crecimiento de plantas acuáticas?

B

Orientaciones didácticas y actividades

La comprensión de los mecanismos de evolución resulta una tarea compleja. Entre las dificultades con las que se encuentran los estudiantes está comprender que los cambios que emergen en una población no responden a un plan o a una motivación. Otro obstáculo es que las escalas temporales y espaciales resultan difíciles de visualizar. Además, con frecuencia se relaciona la idea de evolución con progreso. Es habitual dotar a los seres vivos de una intención, mientras que en realidad los cambios en la naturaleza ocurren sin una motivación, dado que no existe un plan preestablecido. Los estudiantes deben comprender que las variaciones en las poblaciones a lo largo del tiempo son el resultado de una supervivencia y una reproducción diferencial.

En las concepciones de los estudiantes sobre la evolución biológica, muchas veces está implícita la idea de “perfección”. No debemos olvidar que, en el lenguaje coloquial, el término “evolucionado” se usa habitualmente como contraposición a “primitivo”. Este uso muchas veces contribuye a pensar la evolución como un proceso lineal que va desde algo más primitivo hacia algo más “perfeccionado”. El antropocentrismo también lleva a concebir las formas actuales de seres vivos como superiores.

Debido a que existen varios errores intuitivos cuando los estudiantes piensan en la evolución biológica, las actividades centradas en el entorno LdIR buscan hacerlos visibles y cuestionarlos. En síntesis, se desea contribuir a la deconstrucción de la asociación de evolución con las ideas de “propósito”, “perfección”, “superioridad” y “progreso”. Se alienta a que los docentes, a lo largo de toda la secuencia, expliciten cuáles son las concepciones erróneas sobre la evolución que se desea cuestionar y reflexionen por qué y de qué manera el entorno LdIR las discute.

Mediante las actividades, los estudiantes propondrán diferentes condiciones con respecto al ambiente que afecta a las ranas. Por ejemplo, programarán la abundancia de alimento y la energía que otorga. De acuerdo con lo que programen, se lograrán poblaciones diferentes en las siguientes generaciones. Asimismo, tendrán la posibilidad de comprobar cómo distintos programas desarrollados por ellos logran resultados similares. Las actividades propuestas con LdIR describen una naturaleza en constante cambio y poblaciones donde existe una gran variabilidad.

A lo largo de toda la secuencia, los estudiantes podrán interactuar con el entorno digital [“Laguna de las Ranas”](#), en github.io. Este simulador les brinda la posibilidad de programar individuos de una única población de ranas.

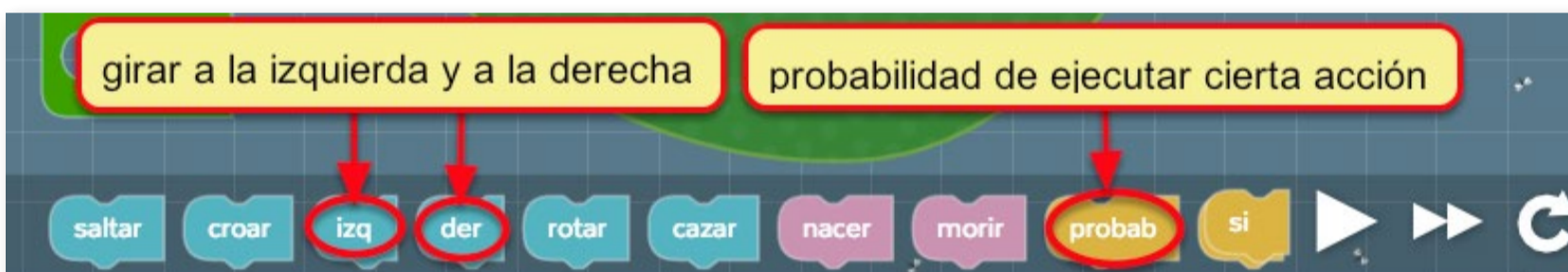
Descripción general del entorno digital Laguna de las Ranas

El simulador fue concebido por sus autores como un “entorno interactivo de aprendizaje basado en la codificación” (*Code-first interactive learning environment*).

Wagh y Wilensky definen un *entorno inicial de codificación* como aquel que reúne tres características:

- La **interacción con los objetos es a través de la programación** (no moviéndolos con un *mouse* o con las flechas del teclado, como en otros entornos lúdico-interactivos).
- El **entorno es muy sencillo de comprender y de programar** (a través de bloques de comando simples).
- Apenas **unos simples bloques alcanzan para que se produzcan resultados variados e interesantes** en términos del tema tratado (la evolución).

Los comandos (acciones y comportamientos) a través de los cuales se interactúa con los objetos que aparecen en la simulación (las ranas) se representan con bloques y codifican para acciones muy simples tales como: *girar a la izquierda*; *girar a la derecha*; *saltar*; *reproducirse*; etc. El bloque correspondiente a una acción se reconoce fácilmente ya que esta aparece debajo, en algunos casos con la palabra completa y en otros de manera abreviada:



Barra de comandos donde algunos aparecen abreviados.

Las acciones y los comportamientos de las ranas en el simulador se programan enganchando estos bloques como si fueran ladrillos plásticos encastrables. Se arrastran desde la parte inferior de la pantalla hacia la parte media, dentro de un bloque verde con el nombre *comenzar*. Las acciones que se insertan dentro de este bloque se ejecutan de manera secuencial, de arriba hacia abajo y en forma continua, cuando el usuario hace clic en el triángulo blanco:



El bloque *comenzar*.



Bloques dentro de *comenzar* e inicio de la simulación.

El bloque *comenzar* no puede removerse y debe interpretarse como que, al comenzar la simulación (cuando el usuario hace clic en el botón que tiene el triángulo blanco), las ranas harán lo que se les indica en los bloques contenidos dentro de este.

Además de estas acciones, se pueden programar ciertos comportamientos para las ranas: establecer, por ejemplo, que si sucede algo determinado, estas se comporten de alguna manera. Un caso típico de esto sería que si las ranas ven agua delante suyo se den vuelta, dado que cuando caen al agua de alguna manera "mueren", o por lo menos ya no forman parte de la población.

Interesa que los docentes reflexionen con los estudiantes sobre las diferencias entre la simulación LdR y un ecosistema con ranas reales. El hecho de que estas mueran al caer al agua es un claro ejemplo de esto.

Para profundizar

Para más detalle sobre el funcionamiento específico del simulador, pueden ver el [tutorial “Comprender el funcionamiento del entorno digital ‘Laguna de las ranas’”](#).

En LdLR pueden darse diferentes resultados evolutivos a nivel microevolutivo. Entre los propuestos están:

- Lograr una población de ranas más pequeñas luego de varias generaciones. Si la rana salta fuera del camalote, sale de la simulación. Si el estudiante programa que las ranas salten, los individuos más grandes caerán al agua con más frecuencia que los de menor tamaño. La selección favorecerá, a medida que se ejecute el programa, un incremento en la proporción de individuos más pequeños que realizan saltos más cortos.
- Lograr una población de ranas más grandes luego de varias generaciones. Una forma de conseguirlo es dejar que las ranas mueran de inanición, al incluir la acción de “cazar” y un condicional que produzca que aquellas que están famélicas mueran de hambre. Se verán favorecidas así las ranas más grandes, ya que ven más lejos y tienen la lengua más larga, por lo cual son más eficientes al cazar.

En relación con la energía que poseen las ranas, los niveles corresponden a los siguientes estados:

- Satisfecho: por encima del 80% de energía.
- Hambriento: menos del 20% de energía (se pone el valor en rojo).
- Famélico: 0% de energía (no parece muy lógico que se siga moviendo si tiene 0% de energía).

Consejo: para poder saber qué nivel de energía tiene una rana, hay que hacer doble clic sobre ese individuo. Allí aparecerá la rana iluminada dentro de un círculo que muestra las acciones que va ejecutando, el nivel de energía que posee expresado en un porcentaje y su tamaño. En el caso de la imagen que aparece a la derecha, el individuo está saltando, tiene tamaño 1.1 (10% más grande que lo normal) y, por el nivel de energía que posee, podemos decir que está en estado satisfecho (más del 80%).

Para tener en cuenta



Ventana de estado de un individuo.

El entorno digital LdlR consta de una presentación del tema con una actividad introductoria y luego cinco desafíos, cada uno de los cuales se encuentra en una página diferente y contiene un simulador. Los simuladores son idénticos para los desafíos del 1 al 4, pero para el 5 es ligeramente diferente, ya que incorpora otra fuente de alimentación (escarabajos, además de libélulas) y más camalotes.

En esta secuencia se proponen, al comenzar, dos actividades para que los estudiantes se familiaricen con el entorno digital y luego los dos primeros desafíos que presenta LdlR.


Los resultados obtenidos por los investigadores que desarrollaron la versión original en inglés de LdlR sugieren que en el entorno digital los estudiantes construyen programas con facilidad y rapidez. Esto permite que vuelvan sobre la programación y reprogramen haciendo los cambios que crean necesarios para lograr los desafíos propuestos.


Actividad 1. Introducción a “Laguna de las Ranas”

Con esta primera actividad se pretende que los estudiantes se familiaricen con el entorno digital, exploren su funcionamiento y conozcan los comandos de programación.

Introducción a “Laguna de las Ranas”

Actividad 1

- Agrúpanse de a dos y entren en el entorno digital [“Laguna de las Ranas”](#).
- Lean los tres primeros textos: “Introducción”, “Selección Natural” y “Programando Ranas”. Intercambien con sus compañeros, de manera oral, ideas sobre lo leído.
- Como pueden ver, en la primera pantalla aparece un programa que le indica a las tres ranas que salten un paso. Ejecuten ese programa haciendo clic en el triángulo blanco :
 - ¿Qué valores aparecen en la parte superior derecha de la pantalla?
 - ¿Qué factores cambian a medida que se ejecuta la simulación?
 - ¿Qué sucede con las ranas al ejecutarse la simulación?

- Repitan el procedimiento al menos tres veces y anoten en cada caso los valores obtenidos luego del tiempo transcurrido. Recuerden que, una vez que finalice un procedimiento (se detiene el tiempo), deben hacer clic en la flecha circular  para reiniciar la simulación.

- ¿Son los mismos valores?
- ¿Por qué piensan que sucede eso?

- e. Ahora agreguen un comando para que la rana croe y luego salte un paso. Repitan el procedimiento tres veces antes de dar una respuesta.
- ¿Se modifica en algo lo que sucede con las ranas?

- f. Prueben con un salto de tamaño diferente (también con las ranas croando antes de saltar). Repitan el procedimiento al menos tres veces antes de dar una respuesta.
- ¿Qué sucede ahora con las ranas?

- g. Realicen un programa que incluya que las ranas croen y luego den un salto de tres pasos, pero con una probabilidad del 25%. Luego, prueben con una probabilidad del 75%. Para cada probabilidad, repitan el procedimiento tres veces y anoten cuánto tiempo pasa hasta que desaparecen las tres ranas en ambos casos. Finalmente, comparen los resultados.
- ¿Por qué creen que sucede esto?

- h. ¿Cómo solucionarían el problema de que las ranas se caen al agua, sin modificar los comandos anteriores? *Pista:* utilicen alguno de los comandos que están abajo y que aún no han probado.
- Registren cuántos tics han transcurrido hasta la desaparición completa de las tres ranas.
 - ¿Varió el tiempo? ¿Por qué?

Para tener en cuenta



Limitaciones del *software*: es posible agrandar y achicar la vista de la pantalla principal utilizando las teclas “+” y “-”, pero solamente las del teclado alfabético, no las del numérico. El gráfico de abajo del escenario, que muestra la cantidad de ranas, se va de escala cuando la población es muy numerosa. Tener esto en cuenta a la hora de analizar los datos.

Actividad siguiente



Se sugiere que los estudiantes trabajen en grupos de dos o tres integrantes. Se recomienda imprimir las actividades para que ellos puedan registrar su trabajo en papel. Se evita así que deban abrir varias pantallas en la computadora; en cambio, pueden trabajar desde una sola con el entorno digital LdIR.

La modalidad de trabajo propuesta es la de “programación entre pares” (*Pair Programming*). Esta metodología consiste en que trabajen dos estudiantes por computadora (o tres) y se turnen en la asignación de los roles de “conductor” (*driver*) y “navegador” (*GPS*). El navegador (*GPS*) es quien da las indicaciones y lee las consignas al conductor, que está al mando del teclado y el *mouse* para ejecutar las acciones. Estos papeles se intercambian luego de transcurrido un tiempo. La idea es que los estudiantes se complementen para cumplir con las tareas especificadas y que puedan experimentar los distintos roles.

Para comenzar la secuencia, se invita a que los estudiantes lean la primera pantalla del entorno digital y se espera que el docente coordine y oriente la puesta en común de lo leído.

En un segundo momento, se propone orientar la exploración del entorno y se les pregunta qué va sucediendo con las ranas a medida que ellos ejecutan la simulación. Una de las indagaciones está referida a la unidad de tiempo, que son los “tics”. Un tic puede pensarse como el “tic” del reloj y depende de la computadora, aunque generalmente suele equivaler a la quinta parte de un segundo. La simulación siempre va transcurriendo en tics, y por eso se recomienda explicitar a los estudiantes esta abstracción como una medida de tiempo. En este modelo de simulación, las ranas nunca mueren “de viejas”, por más tiempo que dure. Lo que sí puede suceder es que toda la población muera por falta de espacio.

Siempre se plantean al menos tres repeticiones en la ejecución de los programas. Con esto se busca que los estudiantes puedan visualizar que existe un factor de aleatoriedad.

Se insta a explorar el tamaño de los saltos y se pregunta por el tiempo que transcurre hasta la desaparición de las ranas. Luego, se añade otro comando (*croar*, en este caso) para que los estudiantes perciban que de ese modo transcurre más tiempo hasta la desaparición de los tres individuos.

Para continuar explorando comandos diferentes, se los alienta a que trabajen con probabilidades. Para ello, se les plantea que realicen un programa que incluya un salto más grande con una probabilidad de un 25%. Una vez realizado lo pedido, se les indicará que modifiquen esa probabilidad al 75% y que registren cuántos tics han transcurrido hasta que desaparecen las tres ranas. Se espera que, en esta segunda oportunidad, haya transcurrido menos tiempo.

Durante todas estas actividades, el docente irá monitoreando a los estudiantes a medida que programan, y reflexionará con ellos e intervendrá sugiriendo pistas si se les presentaran dificultades que no logran resolver.

En la consigna **h.**, cuando se les plantea cómo podrían hacer para que las ranas no caigan al agua, se espera que los estudiantes se den cuenta de que se necesita trabajar con un condicional (el comando *si*) para que la rana haga algo cuando la ve (por ejemplo, *rotar* o *girar*).

El docente, en la medida en que lo considere oportuno, propondrá una comparación entre las ranas de la simulación y las ranas reales. Para ello, puede disponerse un afiche en el aula para anotar diferencias entre el modelo y la realidad al finalizar cada actividad. El objetivo es, por un lado, poder desarrollar en los estudiantes el concepto de modelo y modelización, identificando las abstracciones, las asunciones y las limitaciones del modelo computacional. Por otro, se busca valorar críticamente el uso de simuladores computacionales como *objetos con los cuales pensar*, en este caso acerca de la evolución. Se sugiere que el afiche quede disponible a lo largo de la secuencia para ir realizando nuevos aportes y poder volver sobre este al final de todas las actividades.

Si luego de la actividad 1 se preguntara a los estudiantes qué diferencias encuentran entre las ranas virtuales de LdIR y las reales, se espera que entre las posibles respuestas hagan mención a varias cuestiones: la falta de predadores en el modelo; la muerte de las ranas al caer al agua; la acción *rotar*, que no parece suceder en la vida de las ranas; y que, en la realidad, sería difícil encontrar a toda una población de ranas que ejecuten las mismas acciones en forma simultánea.

Luego en las siguientes actividades, los estudiantes podrán seguramente añadir más diferencias, como por ejemplo que en la simulación LdIR las ranas nacen en tierra, que no sufren metamorfosis, que una rana da lugar a una sola rana, que no se necesitan dos individuos para reproducirse, etc. También se espera que visualicen que en esta población no hay migraciones, no se consideran mutaciones y no existe un patrón de apareamiento diferencial.

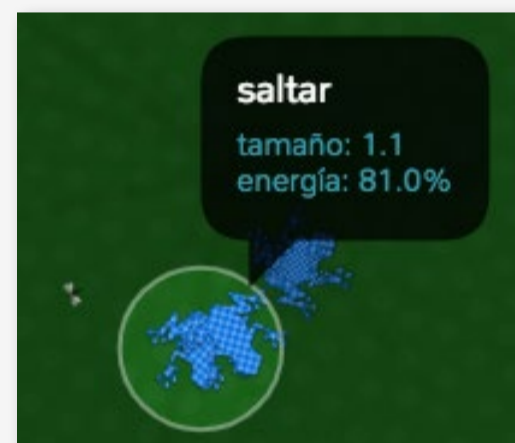
Actividad 2. Cazando libélulas

Luego del primer contacto de los estudiantes con el entorno digital, la actividad 2 focaliza en la acción de cazar y en el estado energético de las ranas.

Cazando libélulas

Nuestras ranas virtuales, igual que las reales, necesitan energía para moverse. La obtienen a través del alimento, que en este caso son libélulas. Cuando las ranas están realizando cualquier actividad, su energía disminuye, y al cazar una libélula, aumenta. Para poder ver esto, mientras se está ejecutando una simulación, hay que hacer un clic sobre cualquiera de las ranas. Al hacer esto, aparece una ventanita que muestra el tamaño de dicho individuo y la energía disponible, expresada como porcentaje. Cuando comienza la simulación, cada rana tiene el 100% de energía.

Actividad 2



Ventana de estado de un individuo.

- Ejecuten la simulación y hagan clic en cualquiera de las ranas para verificar que aparece la información mencionada sobre su estado.
 - ¿Cuánto tiempo (medido en tics) tarda la rana en perder toda su energía?
 - ¿Depende esto del tamaño de cada rana?
 - ¿Qué sucede cuando la rana pierde toda su energía?
 - ¿Esto es similar a lo que ocurre con las ranas reales? ¿Por qué?

- Vamos ahora a programar a nuestra rana para que gane energía. Inserten el bloque cazar y ejecuten la simulación para verificar que efectivamente aumenta su energía al realizar esta acción.

- ¿Dónde insertarían el bloque *cazar*? ¿Por qué?
- ¿Qué opciones ofrece el bloque *cazar*? ¿Influirá esto en el resultado?
- ¿Cómo diseñarían un experimento que demuestre esto? Escribanlo.

- c. En general, en el reino animal, los individuos buscan alimento cuando tienen hambre. En el entorno digital “[Laguna de las Ranas](#)”, en github.io, esa conducta está simulada por el condicional *si*. Programen a las ranas para que cacen solo cuando están hambrientas.

- ¿Cuándo considera el programa que las ranas están hambrientas?
- ¿Cómo podrían ver esto?

← Actividad anterior

Actividad siguiente →

La actividad 2 se focaliza en la energía que poseen las ranas, y en que al comer la ganan y al moverse la pierden. Estos conceptos son útiles para que después los estudiantes puedan utilizar el comando condicional *si*, referido en este caso a la condición energética de la rana. Al hacer foco en el alimento y en la energía, se pretende además que los estudiantes se familiaricen con los deslizadores (que van a ser necesarios en los siguientes desafíos).

Cuando comienza la simulación, cada rana tiene el 100% de energía. El docente tendrá que explicar que cuando llegan al 0% no se mueren, excepto que se añada el bloque condicional que explicita que si están famélicas mueran. Justamente, esto es lo que harán en la siguiente actividad.



Bloque condicional.

Actividad 3. En busca de la estabilidad (resolver el Desafío 1)

La siguiente actividad complejiza la programación: los estudiantes tendrán que programar, además de los movimientos (actividad 1 y 2), los nacimientos, la alimentación y las muertes de las ranas.

En busca de la estabilidad (resolver el Desafío 1)

Actividad 3

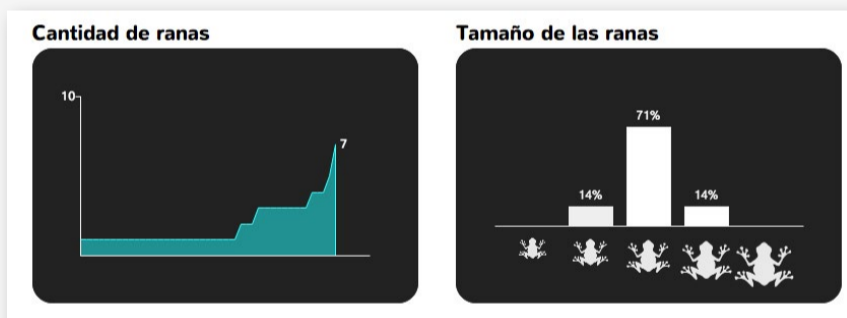
En las dos actividades anteriores, nuestras ranas tenían un comportamiento tal que no se morían ni tampoco se reproducían. Ahora vamos a trabajar con uno de los desafíos que propone el entorno digital [“Laguna de las Ranas”](#), en github.io.

Lean con detenimiento el [Desafío 1: ¡Explosión de la población!](#). Allí encontrarán varias pistas que los ayudarán a lograr el objetivo. La tarea consiste en obtener una población estable de cincuenta ranas. ¡A programar!

- La simulación ya tiene incluido un programa con cinco bloques de comandos. Antes de realizar sus propios cambios y colocar los comandos, ejecuten este programa durante 1500 tics y vean qué sucede.

Si el tiempo se les hace demasiado largo, se puede acelerar la simulación hasta ocho veces con la doble flecha.

Al final de la página, hay dos gráficos que indican la cantidad de ranas y su tamaño. Esos mismos gráficos se repiten al costado de nuestra laguna para poder visualizar rápidamente toda la información.



Gráficos de cantidad y tamaño de las ranas.

- Programen a las ranas para cumplir con el objetivo planteado en el desafío. Deben incluir los bloques *nacer* y *morir*. Cuando lo hayan logrado, paren la simulación, realicen una captura de pantalla y péguenla en un archivo. No se olviden de hacer y pegar una segunda captura con la cantidad de libélulas y la energía que entrega cada una.
- Compartan las soluciones con el resto del grupo.
 - ¿Encontraron soluciones diferentes? ¿En qué se parecen y en qué no?

← Actividad anterior

Actividad siguiente →

La actividad 3 corresponde al primer desafío del entorno digital. A través de este, se abordan varios aspectos importantes de la evolución: se plantea la variabilidad (en este caso,

de tamaño) en una especie de rana virtual. Esa variabilidad conlleva tres características importantes para la supervivencia de las ranas: el tamaño del salto (que puede hacer que salgan de la superficie de las hojas y por lo tanto caigan al agua, desaparezcan y ya no formen parte de la población); el largo de la lengua (que les brinda a las ranas más grandes la posibilidad de cazar más), y la cantidad de energía necesaria para la supervivencia de un ejemplar de rana (que depende también del tamaño del individuo y favorece a las ranas más chicas).

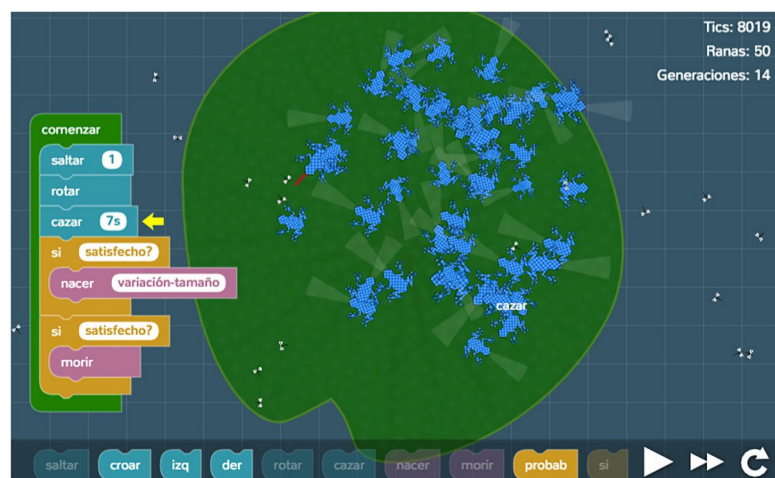
Además, se introducen los nacimientos y las muertes como eventos fundamentales, para inducir a los estudiantes a que visualicen la evolución no como un cambio en la vida de un individuo, sino como un proceso que opera a nivel poblacional.

Al programar, se observa cómo la variabilidad de las generaciones va cambiando. Es interesante que los estudiantes vean que, con la programación, operan sobre los individuos dando órdenes relacionadas con el comportamiento de las ranas. También es importante que adviertan que, como resultado, las poblaciones varían sus fenotipos (en este caso, el tamaño de los ejemplares). Asimismo, observarán que, al introducir variaciones en el comportamiento de los ejemplares o en parámetros que hacen al entorno (abundancia de alimento, energía aportada por las libélulas), utilizando el condicional *si*, esas ranas se reproducirán o no, y ello llevará a modificaciones en la variabilidad de la población. La selección natural solo puede operar si hay variabilidad entre las ranas.

Los estudiantes tendrán la posibilidad de configurar algunos valores, tales como la disponibilidad de alimento y cuánta energía aporta cada libélula, que resultan fundamentales para las ranas de acuerdo con su tamaño. Además, decidirán sobre los movimientos de los individuos, cuándo se reproducen y cuándo mueren.

A continuación, se muestran algunas soluciones para el Desafío 1:

Solución posible #1



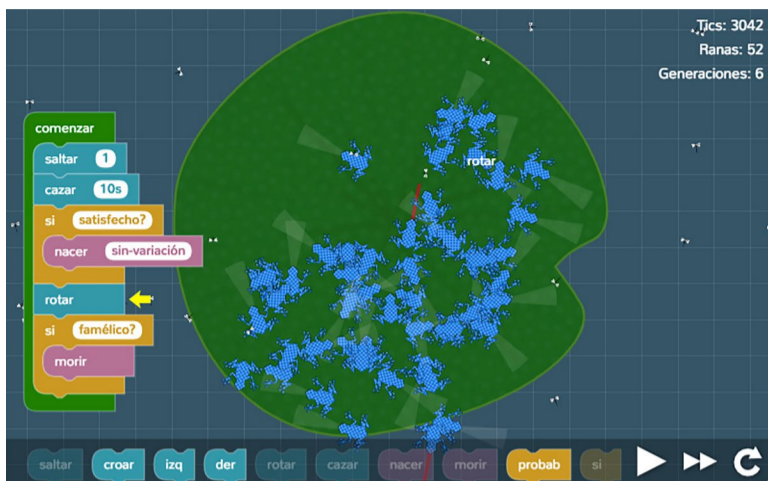
¿Cuántas libélulas habrá en la laguna?

52

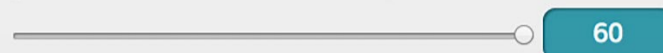
¿Cuánta energía ganará una rana cuando se coma una libélula?

3100

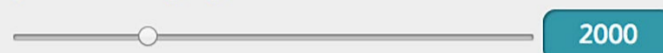
Solución posible #2



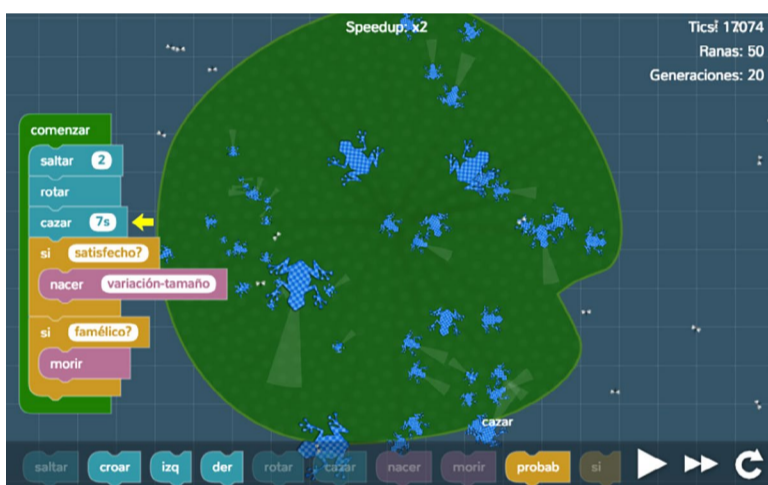
¿Cuántas libélulas habrá en la laguna?



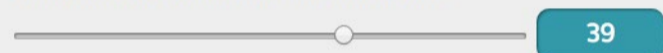
¿Cuánta energía ganará una rana cuando se coma una libélula?



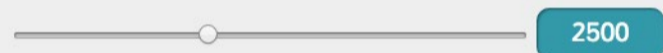
Solución posible #3



¿Cuántas libélulas habrá en la laguna?



¿Cuánta energía ganará una rana cuando se coma una libélula?



En todas las soluciones propuestas, la estrategia es equilibrar los nacimientos con las muertes. A partir de una sola rana, para llegar a una población de aproximadamente cincuenta ejemplares, debemos hacer que nazcan más ranas. Luego de que nazcan, debemos programarlas de tal modo que se evite la superpoblación, por ejemplo, haciendo que en determinada situación mueran. Es necesario hacer hincapié en que el comando *morir* debe incluirse para evitar que los estudiantes no lo usen y supongan que el desafío está logrado apenas la población alcance los cincuenta individuos.

Recordemos que las ranas en nuestra laguna, al igual que en la realidad, a medida que se mueven pierden energía (porque la necesitan para moverse). Si cazan una libélula (alimento), entonces la ganan. Cuando llegan a un determinado nivel de energía, se reproducen. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en la realidad, si nuestras ranas cibernéticas se quedan sin energía, no mueren. Por lo tanto, para que “mueran”, debe suceder una de estas dos opciones: que se caigan al agua mientras se están moviendo para cazar o que nosotros programemos esa condición de “muerte”. Por ejemplo, para asemejarlo con la realidad, podemos hacer que mueran si llegan a un bajo nivel de energía.

En esta instancia, viene bien recordarles a los estudiantes los niveles de energía de las ranas:

- **Satisfecho:** por encima del 80% de energía.
- **Hambriento:** por debajo del 20% de energía.
- **Famélico:** 0% de energía.

En la primera solución, se programó a las ranas para que si están satisfechas (menos del 80% de energía), mueran. En las dos siguientes soluciones, la condición para que mueran es que estén famélicas (que lleguen al 0%). En los tres casos, las ranas se reproducen si tienen suficiente energía.

Nótese que en todos los casos existe una variación en el tamaño de las ranas de las tres poblaciones, pero que, sin importar cuál sea la solución, la variabilidad existe. Al discutir con los estudiantes las soluciones encontradas por ellos, interesa que focalicen en las diferencias y en los patrones comunes de las mismas.

Actividad 4. Presión de selección sobre el tamaño (resolver el Desafío 2)

La actividad 4 se basa en la selección natural direccional. En este caso, la selección favorece un incremento en la proporción de individuos con una característica fenotípica determinada: un tamaño chico.

Presión de selección sobre el tamaño (resolver el Desafío 2)

Actividad 4

En esta actividad se trabajará con otro de los desafíos que propone el entorno digital, en este caso el [Desafío 2: Ranas pequeñas](#). La tarea consiste en lograr una población compuesta, en su mayoría, por ranas de tamaño pequeño.

En este desafío está presente el concepto de selección natural direccional entendida como un mecanismo que favorece un incremento en la proporción de individuos con una característica fenotípica determinada (un tamaño chico). Para lograr el cometido, una de las claves está en pensar las ventajas que podrían tener las ranas pequeñas por sobre las grandes para la supervivencia.

Tengan en cuenta que, además de poder programar acciones y comportamientos en las ranas, pueden establecer cuánta energía ganarán por cada libélula que comen, y también la abundancia de libélulas en la laguna. Esto lo pueden configurar con los deslizadores que hay debajo del escenario de la simulación.

- a. Programen a las ranas para cumplir el objetivo planteado por el desafío. Cuando lo hayan logrado, paren la simulación, realicen una captura de pantalla y péguenla en un archivo. No se olviden también de hacer una segunda captura con los valores que configuraron para la cantidad de libélulas y la energía que entrega cada una.
- ¿Hubo alguna rana que cambió su tamaño para poder sobrevivir? Pueden seguir a alguna rana con el cursor para contestar esto.

- ¿Creen que las ranas pequeñas son mejores, superiores o simplemente más adecuadas a las nuevas condiciones de la laguna que las ranas grandes?

- ¿Qué creen que hubiera pasado con las ranas si las grandes no dieran saltos de tamaño distinto al de las chicas? ¿Cómo sería el tamaño de las ranas que componen la población final?

- b. Compartan las soluciones con el resto del grupo.

- ¿Encontraron soluciones diferentes? ¿En qué se parecen y en qué no?

- c. Discutan las siguientes frases. ¿Con cuáles están de acuerdo?

- Las ranas quieren ser más chicas así no se caen del camalote al saltar.
- Las ranas de la población final del Desafío 1 no son mejores, más perfectas, solo están más preparadas para las condiciones que propusiste con tu programación.
- Si las ranas chicas intentan y practican mucho cazar, su lengua se alargará.

En esta actividad, cuando los estudiantes programan el comportamiento de las ranas, observan la evolución como un fenómeno emergente: se trata del resultado de instrucciones simples que dan a las ranas, no existe una instrucción que sea “hacer que las ranas que nazcan sean más pequeñas que sus progenitores”.

Las ranas tienen tamaños diversos. Por efecto de la presión selectiva ejercida por el entorno y por el comportamiento de las ranas que componen la población, aunque no existe una manera de programarlas para lograr que sean más grandes o más chicas, la evolución (más precisamente, la microevolución) ocurre como un comportamiento emergente, y la intención es que los estudiantes la reconozcan como tal.

En LdIR, los estudiantes programan comportamientos simples para las ranas y modifican el ambiente (la abundancia de alimento, la energía que entrega ese alimento). Cuando se plantean los desafíos que implican lograr una población de ranas de un tamaño determinado (desafíos 2 y 3 del sitio LdIR), es claro que estas como individuos no modifican su tamaño durante su vida. No se logra concretar el desafío porque los animales deseen cambiar ni porque haya algún fin dirigiendo los cambios, sino que la población de ranas del tamaño deseado emerge como el resultado de la interacción entre estas y el ambiente. Es interesante que el docente con los estudiantes reflexionen sobre estas cuestiones.

Se espera que los estudiantes vayan monitoreando el gráfico *Tamaño de las ranas* y que realicen cambios en la programación si ven que, a medida que transcurre el tiempo, los resultados no son los esperados. Muchas veces acelerar el tiempo durante la ejecución de la simulación agiliza el reprogramado y sus cambios.

A través de la interacción con LdIR, y más específicamente con los desafíos 2 y 3 (en caso de que el docente continúe trabajando con el entorno virtual), se espera que los estudiantes visualicen que la evolución sucede a nivel poblacional. Para poder armar el programa pedido, una de las claves está en pensar qué ventajas podrían tener las ranas pequeñas por sobre las grandes para la supervivencia.

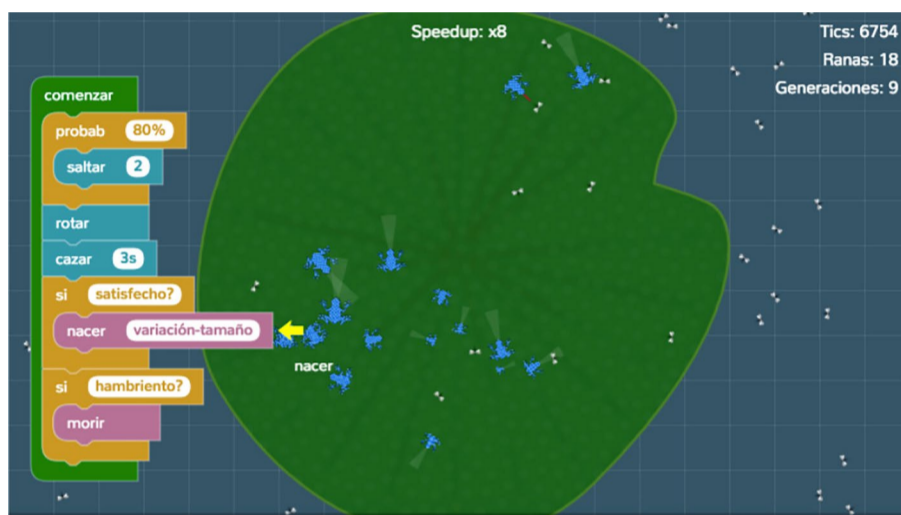
Se insta a los estudiantes a que, además de programar acciones y comportamientos en las ranas, puedan modificar la energía que ganarán por cada libélula que comen, y también la abundancia de libélulas en la laguna. Modificar los valores de los deslizadores que establecen la disponibilidad de alimento (cantidad de libélulas) y la carga energética de este (la energía que entrega cada libélula a cada rana cuando esta la engulle) conducirá a una variedad de programas distintos para el mismo cometido.

En la interacción con LdIR, el docente intervendrá en los equipos planteando preguntas para que los estudiantes discutan si hay una idea de progreso, si las ranas pequeñas o grandes son superiores con respecto a la población de la que partieron en un principio, si simplemente esta nueva población es más adecuada para las condiciones propuestas, etc. Se sugiere que, en la puesta en común general, se vuelva sobre las preguntas y las afirmaciones propuestas para discutir en la hoja de esta actividad. De este modo, se ofrecen oportunidades para la

revisión de los conceptos iniciales sobre la evolución. Se espera que el trabajo con el simulador permita a los estudiantes volver sobre las concepciones previas acerca de la evolución y reflexionar sobre ellas.

A continuación, se muestra una solución para el Desafío 2:

Programación de solución posible #1



¿Cuántas libélulas habrá en la laguna?

60

¿Cuánta energía ganará una rana al comerse una libélula?

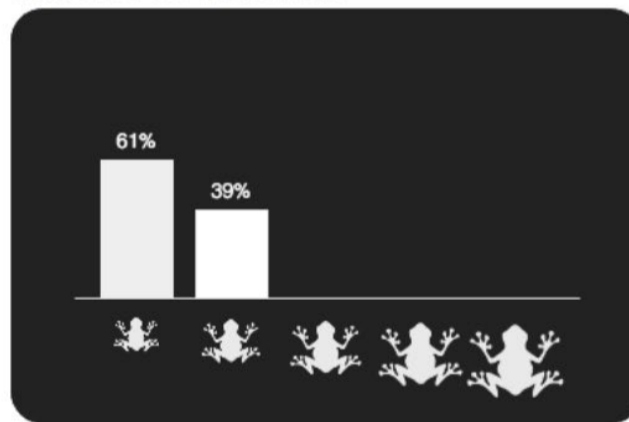
1300

Gráficos de solución posible #1

Cantidad de ranas



Tamaño de las ranas



Para que la selección direccional actúe sobre la población de ranas y el resultado sea la obtención de individuos pequeños, la solución encontrada tiene en cuenta la energía y el tamaño de los saltos. Una de las soluciones para lograr disminuir el tamaño en la población de ranas consiste en que las libélulas no entreguen demasiada energía al ser comidas. Se propone, asimismo, que las ranas salten dos pasos y no uno, con el propósito de que las grandes salgan con más frecuencia fuera del camalote. El comando *rotar* se añade para que se genere otro gasto energético a fin de perjudicar a las ranas de mayor tamaño.

Orientaciones para la evaluación

Se sugiere poner en debate algunas de las concepciones intuitivas de la evolución, de las que muchas veces parten los estudiantes en sus aprendizajes. Hay cuestiones sobre las cuales el docente puede focalizar a lo largo de las actividades, ya sea en la puesta en común de estas o a modo de reflexión individual. Se propone que plantee preguntas tales como si en LdIR existen poblaciones superiores con respecto a otras, si en la interacción con el sitio se logra que las ranas sigan un camino lineal hacia la perfección, o por el contrario se trata de un proceso de diversificación, si la evolución es sinónimo de progreso, entre otras. En síntesis, se espera que el docente coteje las ideas previas de los estudiantes y pueda evaluar en qué medida estas se van modificando.



Una vez completada esta secuencia, quizás el docente desee encarar los desafíos 3, 4 y 5 del entorno digital LdIR a modo de evaluación. Los estudiantes ya conocen el funcionamiento del *software* y han resuelto dos desafíos interesantes, con lo cual están preparados para encarar uno mayor a modo de evaluación.

En el [Desafío 2. Ranas pequeñas](#), se proponía lograr una población estable de ranas pequeñas. El [Desafío 3: Ranas grandes](#) consiste en lo opuesto: obtener una población estable de ranas de mayor tamaño. La idea ahora es pensar en qué escenario los individuos grandes tendrían una ventaja competitiva sobre los pequeños. Recordemos que las ranas grandes pueden saltar y ver más lejos y tienen la lengua más larga, lo que les permite cazar mejor que las pequeñas. Esto, a priori, podría parecer una ventaja en contextos de escasez de alimentos. En el [Desafío 4: Estabilizando la selección](#), hay que lograr ranas que no sean ni muy grandes ni muy pequeñas.

El [Desafío 5: ¡Selección Disruptiva!](#) es un poco más complicado y utiliza un simulador distinto al de los anteriores. La diferencia está en que hay varios camalotes (se los puede conectar o desconectar según el objetivo que hay que lograr) y se agrega una fuente de alimentos para las ranas: los escarabajos, que son muy nutritivos. El desafío se basa en la selección natural disruptiva y el objetivo es obtener una población de ranas donde haya ejemplares pequeños y grandes, pero no medianos.

Se propone, además, trabajar con el video [“Cuatro mil millones de años de evolución en seis minutos”](#), TED 2018, de Prosanta Chakrabarty, como otra forma de evaluar y poner en juego los conceptos en los que se focalizan las actividades realizadas en el entorno Laguna de las Ranas.

Propuestas ED Ciencias

Condiciones ambientales y reproducción anfibia

Se desarrollan aquí algunas ideas para potenciar lo aprendido con el uso del simulador LdIR, utilizando dispositivos digitales que posibiliten el registro, medición y análisis de las condiciones ambientales, por ejemplo a través de [BOSON Science Kit](#).

En varias oportunidades, dentro de la secuencia de *Evolución en la laguna de las ranas*, se reflexiona sobre las diferencias entre las ranas del simulador y las de una laguna real. Por lo tanto, una vez que los estudiantes hayan explorado diferentes actividades en el simulador, resultará interesante poder comparar el ecosistema virtual de LdIR (donde no se consideran factores abióticos como la temperatura, el pH, la intensidad de luz y su influencia en la supervivencia de las ranas) con un ecosistema real, además de poder efectuar mediciones de variables ambientales tanto en el laboratorio como en salidas de campo. Con el uso de sensores, los jóvenes también analizarán algunas condiciones que deben tenerse en cuenta para la presencia de plantas acuáticas en un cuerpo de agua.

Participación en ferias

Este tipo de actividades pueden ser parte de un proyecto de indagación escolar para ser presentado en ferias de ciencias (por ejemplo, [la Feria de Ciencias 2019](#) del Ministerio de Educación e Innovación de CABA), encuentros de creación colaborativa (hackatón, ideatón, etc) y en instancias de ferias regionales, nacionales e internacionales, las cuales se circunscriben en el marco del [Programa Nacional de Feria de Ciencias y Tecnología](#), que busca favorecer la indagación científica y tecnológica desde edades muy tempranas. Por esto, se proponen aquí posibles problemas con recortes temáticos que tienen el potencial de transformarse en un proyecto de feria de ciencias para el nivel secundario.

Actividad A. ¿En qué condiciones se reproducen y desarrollan las ranas?

Considerando que en el simulador LdIR los estudiantes han abordado el concepto de reproducción diferencial en relación con la selección natural, es interesante ahondar en algunas condiciones ambientales que influyen en el desarrollo y en la reproducción de los anfibios. Antes de realizar actividades con dispositivos digitales se propone que, a modo de introducción, el docente comience planteando la lectura del artículo [“Estudian el cambio de sexo en los anfibios”](#) en *Nexciencia*, la revista de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

(UBA), 23/04/2013. En él se analizan las posibles causas que contribuyen a la disminución de las poblaciones de anfibios.

Durante la lectura, se sugiere que se focalice en la influencia de los parámetros ambientales sobre la reproducción de los anfibios. Este enfoque permite que los estudiantes comprendan el sentido de usar una diversidad de sensores para medir estos factores en cuerpos de agua (ya sea en ambientes naturales o en contenedores montados en el laboratorio escolar).

Para trabajar con las diferentes variables ambientales, el docente puede seleccionar algunas de las actividades aquí propuestas. Puede elegir muestrear la presencia de anfibios en cuerpos de agua y realizar mediciones de diversos parámetros en el agua. Incluso puede recolectar renacuajos y criar ranas o sapos en el laboratorio escolar midiendo, al mismo tiempo, parámetros ambientales como la temperatura y el pH del agua mientras los anfibios se van desarrollando. Junto con el grupo de estudiantes, pueden plantearse interrogantes que relacionen el desarrollo de los anfibios con la temperatura, la luz, el pH, etcétera, y diseñarse experiencias que permitan analizar algunas de estas cuestiones.

¿Dónde consultar?

En el caso de que el docente tome la decisión de hacer salidas de campo y necesite saber cuáles pueden ser buenos lugares para recolectar huevos y renacuajos, así como pedir asesoramiento para elaborar diseños experimentales, se puede consultar por mail en los departamentos de biodiversidad de la Universidad de Buenos Aires, en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN), en los laboratorios de vertebrados. También en el Museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia (MACN) se pueden hacer consultas a los especialistas en anfibios.

Otras actividades con respecto a la reproducción de los anfibios y su relación con factores ambientales pueden ser de relevamiento de cuerpos de agua (y medir diferentes variables en ellos) en las cercanías de la escuela, en forma puntual o sostenida en el tiempo. El docente deberá plantear algún interrogante donde sea necesario medir diversas variables. A modo de ejemplo, si decide trabajar con el sensor de temperaturas, algunos de los interrogantes pueden ser: ¿varía la temperatura del agua en diferentes estaciones?, ¿cómo será la temperatura del agua en invierno?, ¿podrán desarrollarse renacuajos en ella? Si en cambio se utilizan sensores de pH, entre los interrogantes planteados pueden estar los siguientes: ¿cuál es el pH de diferentes cuerpos de agua cercanos a la escuela?, ¿varía el pH de un cuerpo de agua luego de abundante lluvia?, ¿varía el pH si el agua se ha evaporado notablemente?

Si no fuera posible realizar actividades científicas fuera de la escuela, se adaptará la propuesta a modelizar situaciones hipotéticas en recipientes con agua en el laboratorio escolar o en el aula. Se sugiere plantear simulaciones experimentales, por ejemplo, la modelización de una planta industrial que en su proceso vierte agua en un cuerpo de agua pero a mayor o menor temperatura que la del habitual. Otra situación experimental se puede focalizar en la acidificación del agua, diseñando algún experimento donde cambie el pH. Un interrogante a plantear, por ejemplo, puede ser: ¿qué concentración de ácido acético es necesaria para cambiar el pH de 7 a 6?

Como las posibilidades de trabajo son diversas, en las actividades del estudiante se plantean la lectura y discusión del texto sobre reproducción de los anfibios y las actividades para familiarizarse e interactuar con el equipamiento. Así, el docente, de acuerdo con las características de la escuela y las particularidades del grupo de estudiantes, podrá seleccionar, dentro de las ideas propuestas, las que le resulten más significativas, y desarrollar o adaptar las actividades que considere adecuadas.

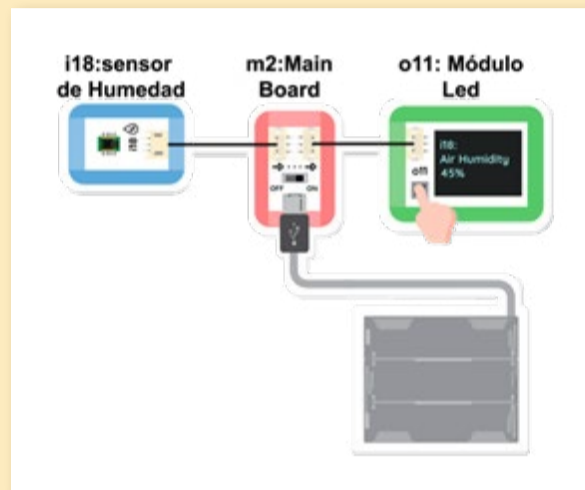
¿En qué condiciones se reproducen y desarrollan las ranas?

Actividad A

- Ya han trabajado en el entorno virtual [“Laguna de las Ranas”](#), en github.io. Resultó sencillo que las ranas virtuales se reprodujeran simplemente usando el bloque “nacer”. Pero hay una gran cantidad de factores que afectan la reproducción de las especies de anfibios y, por ende, su supervivencia. Para interiorizarse sobre esta problemática lean el artículo [“Estudian el cambio de sexo en los anfibios”](#), en *Nexciencia*, la revista de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA), 23/04/2013. Reflexionen entre todos sobre los factores ambientales que pueden afectar la reproducción de los anfibios.
- ¿Cómo medir las condiciones de los ambientes en las que se reproducen los anfibios? Los factores ambientales se pueden medir utilizando sensores. En estas actividades se usará BOSON Science Kit. Para familiarizarse con el instrumental, les proponemos armar un detector de humedad.

¿Cómo crear un detector de humedad ambiente con Microbit?

En función de las dudas que surgieron esta semana respecto a la licitación, sugerimos modificar esta oración para que quede así: "En este caso, utilizamos Microbit y un sensor de humedad". Se puede utilizar este dispositivo en cualquier lugar; excepto ponerlo dentro del agua. Sin embargo, dentro del kit, tenemos un sensor de temperatura que nos permitiría tomar la temperatura de un recipiente con agua a pleno sol, para comprobar, por ejemplo, si las condiciones permiten que se desarrollen los huevos de renacuajo allí.



Desafío 1

Les proponemos cambiar el sensor de humedad por un sensor de temperatura, para luego registrar la temperatura en el laboratorio o en salidas de campo.

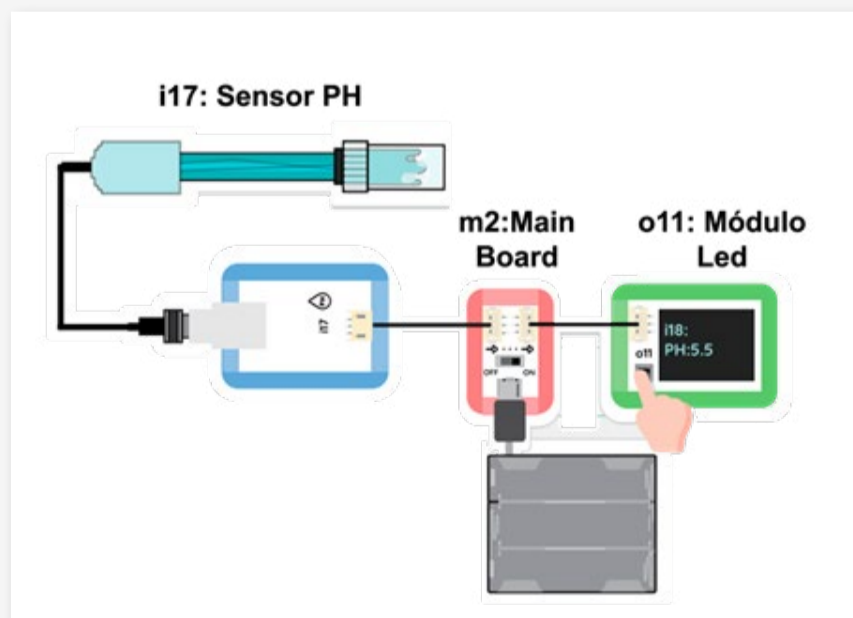


Una vez que hayan construido el equipamiento adecuado, ya están en condiciones de tomar registros de temperaturas. También, podrán cambiar sensores para medir, por ejemplo, la acidificación del agua.

Desafío 2

A su dispositivo medidor de temperatura y agua, deberán agregarle sensores para que puedan medir: humedad, temperatura, pH, iluminación...

Para ello, deberán cambiar el "Mainboard 110" por el "Mainboard-310", ya que necesitarán colocar varios sensores en una misma placa central. Utilicen el visualizador led para ver los valores registrados y así poder tomar nota de cuáles son los mejores lugares en donde pueden desarrollarse los huevos y/o renacuajos.



Ayuda: este sería el esquema para el medidor de pH; pero para agregar más sensores, deberán cambiar el Mainboard.

Una vez que ya están familiarizados con el equipamiento, estarán listos para poder abordar cómo medir los factores ambientales que influyen en la reproducción de los anfibios.

- c. Luego de que el docente les proponga las actividades a realizar, discutan entre todos cómo las llevarán a cabo. No olviden acordar qué variables van a medir, cómo las van a registrar, con qué frecuencia lo van a hacer.

Actividad
siguiente



En esta secuencia, y con el objetivo de favorecer el trabajo colaborativo en la resolución de situaciones problemáticas por parte de los estudiantes, se propone que la utilización de los sensores sea planteada como desafíos a resolver. Por ejemplo, cambiando el sensor de humedad por el de agua o buscando en un tutorial cómo realizarlo.

Si el docente desea seguir profundizando en la reproducción de las ranas, puede ahondar en otra problemática vinculada con lo trabajado en el simulador LdIR, como es el croar. Teniendo en cuenta que los cantos de las ranas son muy importantes en la elección de la pareja sexual, y que en muchas especies las hembras seleccionan al macho que canta más fuerte, se puede diseñar un experimento con el sensor de sonido de Microbit para detectar aquellos machos que canten “más fuerte”. Este diseño puede ser puesto a prueba en la salida de campo o en los relevamientos de los cuerpos de agua utilizados como zonas de muestreo.

Otra temática sobre el croar que puede ser abordada sin necesidad de salir de la escuela es la de relacionar la contaminación auditiva con la reproducción de los anfibios. Para esto, se pueden plantear experimentos que analicen cuán ruidoso puede ser un ambiente para que el croar de una rana pueda o no ser escuchado.

Se puede recurrir a algún croar de anfibio en internet, como los siguientes:

- [“Amphibians”](#) (Anfibios), en British Library – Sounds.
- [“Amphibia frogs, salamanders, and caecilians”](#) (Ranas, salamandras y cecilias), en Animal Diversity Web.
- [“Amphibians sounds”](#) (Sonidos de los anfibios), en Soundsnap.

Luego, se podría generar un ambiente con un nivel de ruido creciente que pueda ser medido con sensores y establecer, para cada nivel de ruido, a qué distancia el croar del anfibio deja de ser percibido.

Los niveles de ruido crecientes podrían obtenerse de grabaciones realizadas en distintos lugares de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires o dentro de la misma escuela: en el patio, en la vereda, en un aula cuya ventana se oriente hacia la calle y en otra aula sin esa orientación.

Las cuestiones referidas al diseño de la experiencia deberían ser reflexionadas y trabajadas de manera colectiva por parte de los estudiantes, con la guía orientadora del docente.

Actividad B. ¿Cómo influye la luz en el crecimiento de plantas acuáticas?

A partir del trabajo en LdR, y teniendo en cuenta que en este ecosistema virtual entre los seres vivos además de las ranas están las plantas flotantes como hábitat, resulta interesante explorar qué condiciones son necesarias para la supervivencia de las plantas flotantes. Para ello, se propone una actividad que tiene como objetivo evaluar los efectos de distintos niveles de iluminación para una especie de Lemnaceae (lenteja de agua).

Se colocarán lentejas de agua en recipientes con agua y se las someterá a diferentes intensidades lumínicas. Para medir las intensidades lumínicas se utilizará un sensor de luz.

Se pretende que los estudiantes propongan una hipótesis para poner a prueba la influencia de intensidad de luz para esta especie y lleven a cabo un diseño experimental que la ponga en juego.

¿Cómo influye la luz en el crecimiento de plantas acuáticas?

Actividad B

En el entorno digital "[Laguna de las ranas](#)", en github.io, otros seres vivos que aparecían en el ecosistema virtual eran las plantas acuáticas. La propuesta consiste en ver cómo influye la luz en las plantas acuáticas. Para ello, es necesario, primero, poder medir la intensidad de la luz.

Desafío. El sensor de luz

¿Qué es un sensor de luz y cómo armarlo?

Un sensor de luz, también llamado "fotorresistor" o LDR (light-dependent resistor), es un dispositivo cuya resistencia varía en función de la luz recibida. Podemos usar esta variación para medir, a través de las *entradas analógicas*, una estimación del nivel de la luz.

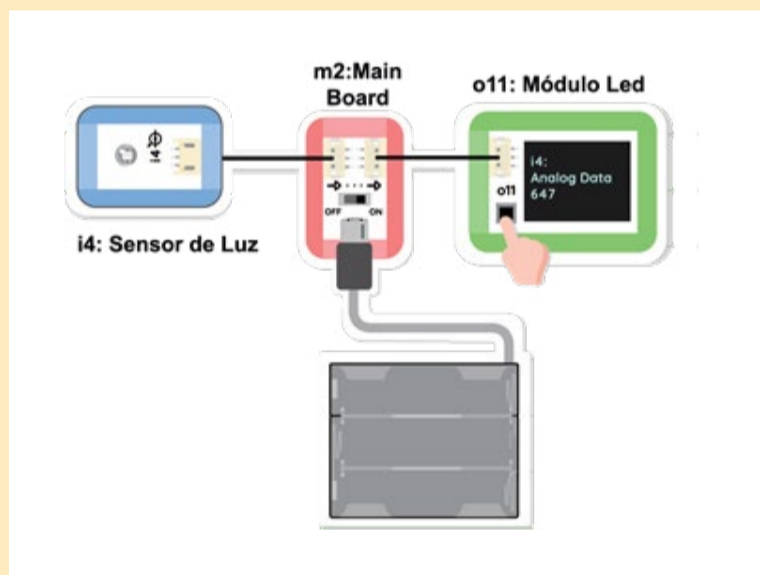
- Más luz = menor resistencia eléctrica.
- Menos luz = mayor resistencia eléctrica.

El sensor de luz disminuye su resistencia a medida que aumenta la luz sobre él. Los valores típicos son de 1 Mohm en total oscuridad, a 50-100 Ohm bajo luz brillante.

¿A qué se llama “entrada analógica”?

Es una señal utilizada para transmitir información a partir de impulsos eléctricos. Presenta una variación continua con el tiempo, es decir que a una variación suficientemente significativa del tiempo le corresponderá una variación igualmente significativa del valor de la señal (la señal es continua).

¿Cómo podemos realizar la conexión con el kit propuesto?



Una vez armado el sensor de luz, están en condiciones de realizar un diseño experimental para comprobar cómo influye la luz en el crecimiento de las plantas acuáticas. Recuerden primero proponer una hipótesis al respecto.

Para el trabajo en el laboratorio, se seleccionan las lentejas de agua como modelo de planta acuática. Consideren cada fronde (hojita) como un individuo, así resulta fácil contar el número de individuos.

Dentro de los ítems a discutir sobre el diseño de su trabajo experimental, no olviden acordar algunos puntos entre todos:

1. Cuántos niveles de luz van a seleccionar (se sugiere exponer algunas a luz directa y utilizar papeles que atenúen la cantidad de luz).
2. Durante cuánto tiempo van a llevar a cabo el experimento (se sugiere al menos 2 o 3 semanas).
3. Deberán mantener otras variables constantes, por ejemplo: si varía el volumen de agua, repongan ese volumen perdido. ¿Por qué debe realizarse eso? ¿Qué otras variables deberán mantenerse constantes?
4. ¿Cuál será la frecuencia de toma de mediciones de luz?
5. ¿Con qué frecuencia se revisará el estado de las plantas?
6. ¿Cómo se considerará el estado de los individuos? Se sugiere establecer 2 categorías: frondes vivos o muertos.
7. ¿Cómo van a ser las planillas de registro tanto para la intensidad de luz como para el registro del estado de las plantas?

← Actividad anterior

Esta actividad se focaliza en un factor ambiental como la luz, que puede ser medido con sensores del kit, y la influencia sobre las plantas acuáticas.

Una vez armado el sensor de luz, se plantea discutir entre los estudiantes algunos aspectos en el armado del diseño experimental.

El docente puede explicar a los estudiantes algunos puntos que tienen que ver con el diseño experimental. Se seleccionan las lentejas de agua porque se puede considerar cada hojita o fronde como un individuo, por lo tanto son fáciles de contabilizar. Además, cada fronde se puede categorizar como vivo o muerto de acuerdo a su coloración. Se sugiere que las frondes verdes o amarillas en menos de un 50% sean consideradas como individuos vivos; las frondes amarillas en más de un 50% o marrones sean catalogadas como muertas.

El trabajo de laboratorio se debería sostener por 2 o 3 semanas y, dado el tipo de planta, no es necesario más de 2 mediciones semanales. En cuanto a la intensidad de luz, se pueden usar papeles opacos o traslúcidos para atenuarla. No se pretenden más de 3 o 4 categorías.

El docente podrá reflexionar con los estudiantes un aspecto interesante del quehacer científico que tiene que ver con la manipulación de variables, dado que en el simulador LdIR modificaron el ambiente de las ranas en forma virtual. Pero cuando se realiza un experimento modificando una variable, en este caso la luz, se debe controlar las otras variables, como el volumen de agua, en este caso.

Todas las decisiones a tomar sobre cómo realizar este experimento se pueden consensuar colectivamente a través de preguntas orientadoras que propone el docente.

Al finalizar la experimentación, se hará una puesta en común para obtener conclusiones grupalmente.

A partir de esta primera experiencia, el docente puede proponer a los estudiantes modificar otras variables que también pueden ser mensurables con los sensores, para continuar con el estudio de condiciones óptimas para el crecimiento, en este caso, de las lentejas de agua como modelo de planta acuática flotante.

Bibliografía

- Cobo, Cristóbal. “Inteligencia artificial y desobediencia tecnológica”. En *La innovación pendiente. Reflexiones (y provocaciones) sobre educación, tecnología y conocimiento*. Montevideo, Fundación Ceibal, 2016.
- Dickes, Amanda y Sengupta, Pratim. “Learning Natural Selection in 4th Grade with Multi Agent-Based Computational Models”. En *Research in Science Education*, vol. 43, núm. 3, junio de 2013, pp. 921-953.
- Horn, Michael S., Brady, Corey, Hjorth, Arthur, Wagh, Aditi y Wilensky, Uri. “Frog Pond: A Code-First Learning Environment on Evolution and Natural Selection”. En *IDC'2014. Proceedings of the 2014 Conference on Interaction Design and Children*. Manchester, Association for Computing Machinery, 2014, pp. 357-360.
- Joyce, Bruce y Weil, Marsha. “El aprendizaje a partir de las simulaciones”. En *Modelos de enseñanza*. Barcelona, Gedisa, 2002.
- McInerney, Joseph D. “La enseñanza de la evolución siglo y medio después de *El origen de las especies*”. En *Ciencia Hoy*, vol. 19, núm. 113, octubre-noviembre de 2009.
- Papert, Seymour. *Mindstorms. Children, Computers, and Powerful Ideas*. Nueva York, Basic Books, 1980.
- Schnek, Adriana. *Darwin y la evolución*. Buenos Aires, Ministerio de Educación, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 2009.
- Schnek, Adriana y Massarini, Alicia (dirs.). *Curtis. Biología*. 7ª ed., Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana, 2008.
- Segunpta, Pratim et al. “Integrating Computational Thinking with K-12 Science Education Using Agent-Based Computation: A Theoretical Framework”. En *Education and Information Technologies*, vol. 18, núm. 2, junio de 2013, pp. 351-380.
- Wagh, Aditi y Wilensky, Uri. “Context Counts: Role of the Context in Triggering Productive and Unproductive Pieces of Knowledge about Natural Selection”. Paper presentado en la Jean Piaget Society Conference, Berkeley (California), 2 a 4 de junio de 2011.
- Yu, Guo, Wagh, Aditi, Brady, Corey, Levy, Sharona T., Horn, Michael S. y Wilensky, Uri. “Frogs to Think with: Improving Students' Computational Thinking and Understanding of Evolution in A Code-First Learning Environment”. En *Proceedings of IDC2016. The 15th International Conference on Interaction Design and Children*. Manchester, Association for Computing Machinery, 2016, pp. 246-254.

Notas

- 1 Joyce, Bruce y Weil, Marsha. “El aprendizaje a partir de las simulaciones”. En *Modelos de enseñanza*. Barcelona, Gedisa, 2002, p. 398.
- 2 Cobo, Cristóbal. “Inteligencia artificial y desobediencia tecnológica”. En *La innovación pendiente. Reflexiones (y provocaciones) sobre educación, tecnología y conocimiento*. Montevideo, Fundación Ceibal, 2016, p. 42.
- 3 Segunpta, Pratim *et al.* “Integrating Computational Thinking with K-12 Science Education Using Agent-Based Computation: A Theoretical Framework”. En *Education and Information Technologies*, vol. 18, núm. 2, junio de 2013, pp. 351-380.
- 4 Dickes, Amanda y Sengupta, Pratim. “Learning Natural Selection in 4th Grade with Multi Agent-Based Computational Models”. En *Research in Science Education*, vol. 43, núm. 3, junio de 2013, pp. 921-953.
- 5 Wagh, Aditi y Wilensky, Uri. “Context Counts: Role of the Context in Triggering Productive and Unproductive Pieces of Knowledge about Natural Selection”. Paper presentado en la Jean Piaget Society Conference, Berkeley (California), 2 a 4 de junio de 2011.
- 6 Papert, Seymour. *Mindstorms. Children, Computers, and Powerful Ideas*. Nueva York, Basic Books, 1980.
- 7 En caso de no contar con los sensores, se pueden encontrar modos de reemplazo, utilizando, por ejemplo, termómetros para medir la temperatura del agua o papel tornasol para el pH, entre otras opciones.
- 8 En caso de no contar con el instrumental se puede establecer intensidad de luz en forma cualitativa: directa, media sombra, oscuridad.

Imágenes

- Página 15. Barra de comandos, aporte de Florencia Monzon y Cristián Rizzi Iribarren.
- Página 16. Bloque-comenzar, aporte de Florencia Monzon y Cristián Rizzi Iribarren.
Iniciar-simulación, aporte de Florencia Monzon y Cristián Rizzi Iribarren.
- Página 17. Ventana de estado de un individuo, aporte de Florencia Monzon y Cristián Rizzi Iribarren.
- Página 18. Ícono ejecutar, aporte de Florencia Monzon y Cristián Rizzi Iribarren.
Ícono reiniciar, aporte de Florencia Monzon y Cristián Rizzi Iribarren.
- Página 22. Ventana de estado de un individuo 2, aporte de Florencia Monzon y Cristián Rizzi Iribarren.
- Página 23. Bloque condicional, aporte de Florencia Monzon y Cristián Rizzi Iribarren.
- Página 24. Gráficos-ranas, aporte de Florencia Monzon y Cristián Rizzi Iribarren.
- Página 25. Sol 1-act3, aporte de Florencia Monzon y Cristián Rizzi Iribarren.
- Página 26. Sol 2-act3, aporte de Florencia Monzon y Cristián Rizzi Iribarren.
Sol 3-act3, aporte de Florencia Monzon y Cristián Rizzi Iribarren.
- Página 30. Sol-act4, aporte de Florencia Monzon y Cristián Rizzi Iribarren.
Sol-act4-gráficos-población, aporte de Florencia Monzon y Cristián Rizzi Iribarren.
- Página 35. Esquema de un detector de humedad, aporte de Cecilia Hvalsoe.
Esquema de un medidor de pH, aporte de Cecilia Hvalsoe.
- Página 38. Esquema de conexión, aporte de Cecilia Hvalsoe.



Vamos Buenos Aires