



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

***MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS
EXPERIMENTALES Y TECNOLOGÍA***

**Integración de Scratch como herramienta de
modelización en el aprendizaje de la Ingeniería
Genética en la escuela secundaria**

2019

Autora: Fussero, Gimena Betina
Directora: Dra. Occelli, Maricel
Co-directora: Mgter. Chiarani, Marcela

Tribunal Especial de Tesis

-Dra. Nora Valeiras. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.

-Dra. María Cecilia Martínez. Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad Nacional de Córdoba.

-Mgter. Bibiana Alicia Ayuso. Profesorado de Media y Superior en Biología. Universidad Nacional de Río Negro.

Fecha de defensa: 20 de diciembre de 2019.

Agradecimientos

Al Grupo de docentes de la Maestría por permitirme tener la oportunidad de formarme en el campo específico de la Enseñanza de las Ciencias en el ámbito local.

A mi directora, Dra. Maricel Ocelli que me brindó muchísimo de su tiempo y de sus enseñanzas. La admiro no sólo académicamente sino por ser la persona más generosa y sensible que me puso en el camino mi profesión. Voy a estar eternamente agradecida a ella y espero podamos seguir por este camino construyendo juntas.

A mi co-directora, Mgter. Marcela Chiarani por dedicarme su tiempo y por abrirme la puerta a un mundo que me era desconocido y me resultó fascinante.

A la directora de la Maestría, Dra. Nora Valeiras por todas las oportunidades que me brindó siendo estudiante de esta carrera.

A los representantes legales y a las autoridades del nivel secundario del Instituto Nuestra Señora por permitirme realizar el trabajo de campo en dicha institución y en especial a la Profesora Nigro por su predisposición y compañerismo.

A la Secretaria de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba que por medio de su apoyo económico e institucional me permitió dedicarme de lleno a esta tesis.

A las docentes del Departamento de Enseñanza, especialmente a Leticia, Rocío, Anita, Marina, Priscila y Emilia por todas sus enseñanzas, charlas y consejos que nos convirtieron en amigas.

Al grupo de investigación EDUCEVA-CienciaTIC por brindarme un espacio de formación donde convergemos personas muy diferentes que nos enriquece como grupo.

A mis compañeras y compañeros de Maestría por todo el tiempo compartido, en especial a Alejandra.

A mi madre y a mi padre, soy lo que soy por ellos. Simplemente gracias...

A Gregorio, por todo.

A mi hermano, a Vicky y a Justi por dejarme ser parte.

A mis amigas y amigos (Los Gineceos y La Comunidad). El regalo más hermoso que me dió la Biología.

Y a todas las personas maravillosas que me permitió conocer esta carrera.

Resumen

Integración de Scratch como herramienta de modelización en el aprendizaje de la Ingeniería Genética en la escuela secundaria

Resumen

En la presente tesis se caracterizó la integración de Scratch como herramienta de modelización en el aprendizaje de la Ingeniería Genética (IG) en la escuela secundaria. La metodología utilizada se corresponde a los Experimentos de Diseño. Se planificó de manera colaborativa, con una docente, una secuencia didáctica que se implementó en un 5° año de Biología en una escuela secundaria de la ciudad de Córdoba. El diseño se llevó a cabo a lo largo de cinco semanas consecutivas donde el estudiantado modelizó la construcción de una molécula de ADN_r (ADN recombinante) mediante la IG utilizando como herramienta mediadora la programación con el lenguaje Scratch. Se observó que las actividades de modelización mediadas por la programación le permitió al estudiantado el desarrollo de la práctica científica de la modelización y la construcción de conocimientos relacionados a la IG y el desarrollo de habilidades del Pensamiento Computacional (PC).

Palabras clave: Prácticas científicas – Didáctica de la Biología – Pensamiento Computacional.

Integration of Scratch as a modeling tool in the learning of Genetic Engineering in High School

Abstrac

In this thesis the integration of Scratch was characterized as a modeling tool in the learning of Genetic Engineering (GI) in high school. The methodology used corresponds to the Design Experiments. It was designed collaboratively, with a teacher, a didactic sequence that was implemented in a 5th year of Biology in a secondary school in the city of Córdoba. The design was carried out over five consecutive weeks where the student modeled the

construction of a DNAr molecule (DNA recombinant) using the GI using the Scratch language as a mediating tool. It was observed that the programming-mediated modeling activities allowed the student to develop the scientific practice of modeling and the construction of knowledge related to GI and the development of Computational Thinking (CT) skills.

Key words: Scientific practices – Biology teaching – Computational thinking.

Índice

Carátula	1
Agradecimientos	3
Resumen	5
Índice	7
Capítulo 1: Introducción	9
<i>1.1. Problema de investigación</i>	10
<i>1.2. Objetivos</i>	16
1.2.1. Objetivo general	16
1.2.2. Objetivos específicos	16
<i>1.3. Contenidos de la tesis</i>	16
<i>1.4. Importancia de la tesis</i>	18
Capítulo 2: Referentes teóricos y Antecedentes	19
<i>2.1. Los modelos y la modelización en la Enseñanza de las Ciencias</i>	20
2.1.1. Las prácticas científicas	20
2.1.2. El concepto de modelo	22
2.1.3. La Modelización en la Enseñanza de las Ciencias	24
2.1.4. La importancia de los modelos en la Enseñanza de las Ciencias	28
<i>2.2. La Ingeniería Genética en la educación científica</i>	30
2.2.1. La Enseñanza de la Genética y su contexto	30
2.2.2. Dificultades en el aprendizaje de la Genética	32
2.2.3. La Enseñanza de la Ingeniería Genética	36
2.2.4. Los modelos en la Enseñanza de la Genética y de la Ingeniería Genética	42
<i>2.3. La programación mediante Scratch y el Pensamiento Computacional en la Enseñanza de las Ciencias</i>	44
2.3.1. La programación en los escenarios educativos	44
2.3.2. El lenguaje de programación Scratch	47
2.3.3. El Pensamiento Computacional	54
Capítulo 3: Metodología	59
<i>3.1. Investigación didáctica</i>	60
<i>3.2. Fase de preparación</i>	62
<i>3.3. Fase de implementación</i>	63

<i>3.4.Fase de análisis</i>	64
Capítulo 4: Resultados	70
<i>4.1.Diseño de la secuencia didáctica</i>	71
<i>4.2. Conocimientos de IG construidos por el estudiantado</i>	75
4.2.1. Caracterización y percepción por parte del estudiantado y de la docente respecto a las actividades propuestas en la secuencia didáctica	76
4.2.2. Aprendizajes de IG construidos por las y los estudiantes	78
4.2.3. Aprendizajes construidos por las y los estudiantes en relación a la IG mediante una situación que involucra a la insulina recombinante	85
4.2.4. Saberes construidos por el grupo de estudiantes en relación al componente epigenético de enfermedades como la diabetes	88
<i>4.3. Identificación en los proyectos de Scratch de los modelos conceptuales de IG</i>	91
<i>4.4. Habilidades del PC y conocimientos relacionados a la programación desarrollados por las y los estudiantes al programar con Scratch</i>	99
4.4.1. Percepciones del grupo de estudiantes respecto a la programación y a las actividades planteadas en Scratch	100
4.4.2. Aproximación al tipo de scratcheres y análisis de los proyectos de Scratch construidos	103
4.4.3. Habilidades del PC desarrolladas por las y los estudiantes al participar de la secuencia de actividades	105
Capítulo 5: Conclusiones	118
Referencias Bibliográficas	127
Anexos	142

Capítulo 1

Introducción

En este capítulo se presenta la situación problemática que guio esta investigación. Se desarrollan las preguntas a las que se busca responder a partir del conocimiento generado en esta tesis como así también el objetivo general y los objetivos específicos. A su vez, se sintetiza el contenido de cada uno de los capítulos. Finalmente se hace referencia a la importancia de este trabajo.

1.1. Problema de investigación

Existe un acuerdo desde la didáctica de las ciencias de incluir a las prácticas científicas en los ámbitos educativos haciendo que las y los estudiantes participen de actividades cognitivas y sociales que les permitan desarrollar razonamientos y habilidades propias de la ciencia acercándose a cómo se genera y cómo se valida el conocimiento científico (Crujeiras y Jiménez Aleixandre, 2012; Osborne, 2014). De esa manera se promueve que el estudiantado no sólo construya conocimientos propios de la ciencia sino que también comprenda su carácter histórico y su epistemología (Acher 2014; Couso, 2014). Como uno de los principales aportes de esta línea de investigación se destaca que involucrar a las y los estudiantes en prácticas científicas auténticas, como la modelización, puede contribuir a que comprendan las ideas centrales de las disciplinas científicas como así también adquirir conocimiento respecto a cómo se construyen y evalúan dichas ideas (Acher, 2014; Lehrer y Schauble, 2006; Schwarz, Reiser, Davis, Kenyon, Achér, Fortus, Schwarz, Hug y Krajcik, 2009).

En el caso particular de los modelos, tanto en la ciencia como en su enseñanza, actúan como mediadores entre el mundo y la teoría (Giere, 1999) de manera que enseñar ciencias consiste en promover el desarrollo y la argumentación de diferentes modelos (Giere, 1988). Si bien los modelos científicos y los modelos didácticos se encuentran en diferentes niveles de representación, su enseñabilidad y comunicación presentan puntos en común y ambos son considerados como representaciones del mundo, con su propia lógica interna (Adúriz-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2009). Sin embargo, los modelos escolares presentan características inherentes y una de ellas es permitir que las y los estudiantes aprendan a pensar teóricamente sobre el mundo, es decir, construyan modelos (Sensevy, Tiberghien, Santini, Laubé y Griggs, 2008).

De las diferentes definiciones planteadas para el concepto de modelo en el contexto didáctico se observa que en general un modelo es definido como una representación parcial

de un objeto, proceso o sistema (Blanco-Anaya, Justi y Díaz de Bustamante, 2017) que permite describir, explicar o predecir el comportamiento de la parte del mundo que se está modelizando (Adúriz-Bravo, 2012). En esta tesis se considerará a los modelos según la concepción semanticista donde son entendidos como construcciones representacionales mediadoras entre el campo teórico y el campo empírico (Adúriz-Bravo, 2013; Adúriz-Bravo y Ariza, 2014; Giere, 2005). Giere (2005) da el nombre de modelo teórico a una entidad abstracta, no lingüística, que se comporta según enunciados y proposiciones que definen esa entidad.

En relación a la modelización como práctica científica ha sido considerada en un gran número de investigaciones en la didáctica de las ciencias evidenciando la importancia de su inclusión en el educación científica (Couso, 2014; Gilbert y Justi, 2016). En este trabajo se considerará a la modelización como un proceso que promueve diferentes aprendizajes al trabajar con modelos, desde su construcción, expresión, aplicación, revisión, modificación o cambio por otros en determinados casos (Justi y Gilbert, 2002). Tal proceso de modelización se constituye en una actividad epistémica donde las y los estudiantes deben poner en juego una diversidad de capacidades tanto de índole cognitivo como metacognitivo (Oliva-Martínez y Aragón-Méndez, 2009) entendiendo su utilidad, sus limitaciones y su carácter provisorio y cambiante (Aragón, Jiménez-Tenorio, Oliva-Martínez y Aragón-Méndez, 2018).

La bibliografía muestra diferentes publicaciones respecto a propuestas didácticas que involucran a la modelización en las actividades educativas (Ageitos Prego, Puig y Calvo-Peña, 2017; Bahamonde y Gómez Galindo, 2016; Blanco-Anaya et al., 2017; Gilbert y Justi, 2016; Justi y Gilbert, 2002; Lehrer y Schauble, 2012; Schwarz et al., 2009) y la gran cantidad de esquemas propuestos para aplicar la modelización en las clases de ciencia derivó en las numerosas denominaciones diferentes para hacer referencia a este tipo de secuencias. En esta investigación se seguirá la distinción propuesta por Gilbert y Justi (2016) quienes diferencian entre la “enseñanza basada en modelos” (*model-based teaching*, MBT) que implica la utilización de modelos ya construidos por parte del estudiantado de la “enseñanza basada en la modelización” (*modelling-based teaching*, MBT) que conlleva a la construcción y posterior uso de los modelos por parte de las y los estudiantes. La secuencia de actividades propuesta en este trabajo se enmarca en la segunda categoría, es decir, en la enseñanza basada en la modelización. Desde esta perspectiva, la construcción de los modelos no se plantea para redescubrir aquellos conocimientos complejos que requirieron siglos de trabajo, sino como la apropiación de herramientas que se ponen a disposición en

el aula para cada momento particular del aprendizaje (Occelli y Valeiras, 2019).

En esta línea, se propone incorporar los modelos a la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva modeloteórica donde se combina el pensamiento lógico relacionado a la sintaxis de las disciplinas y el pensamiento narrativo vinculado a los aspectos narrativos de la actividad científica y a su construcción histórica (Adúriz-Bravo, 2015). La construcción de modelos en la escuela es una actividad situada mediada por la actividad que realizan las y los estudiantes en colaboración con pares (Adúriz-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2009) permitiéndoles la interpretación de situaciones, la construcción de predicciones y su posterior evaluación (Occelli y Valeiras, 2019). En palabras de Justi y Gilbert (2002) el estudiantado aprende a hacer ciencia si es capaz de crear, expresar y comprobar sus propios modelos. Es por ello que la inclusión de la modelización en la enseñanza de las ciencias concuerda con las demandas actuales de la alfabetización científica (Adúriz-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2001). Dicha alfabetización se encuentra determinada por los desarrollos científicos-tecnológicos que continuamente van transformando las condiciones de vida y en este sentido las sociedades modernas demandan una ciudadanía formada respecto a dichos avances (Tsui y Treagust, 2010). En este contexto, las innovaciones que involucran a la Ingeniería Genética (IG) se encuentran en una posición central y el estudiantado debe estar preparado para participar críticamente sobre debates que impliquen saberes relacionados a dicho campo científico.

La IG se está convirtiendo en una de las revoluciones científicas más importantes del siglo XXI (Mohapatra, Priyadarshini y Biswas, 2010). Se trata de una disciplina que involucra a la Genética, la Biología molecular, la ingeniería, la bioquímica entre otros campos (Usak, Erdogan, Prokop y Ozelk, 2009). Se puede considerar a la IG como un conjunto de actividades basadas en conocimientos multidisciplinarios que utiliza agentes biológicos para hacer productos útiles (Muñoz de Malajovich, 2006). La IG se establece como un ejemplo de ciencia moderna que proporciona a las y los profesores un contexto para mostrar cómo la comunidad científica y la tecnológica trabajan colaborativamente al tiempo que brinda oportunidades para el análisis y el debate de dilemas que se derivan de los desarrollos de este campo siendo un rico contexto para vincular al estudiantado con su vida cotidiana (France, 2007). En efecto, la importancia de la educación en IG ha sido reconocida en varios marcos curriculares en todo el mundo (Yarden y Yarden, 2013).

En Argentina, la Biotecnología se incluyó en el año 1993 a través de la Ley Federal de Educación N° 24.195 (Occelli y Valeiras, 2010). Pero, la mera inclusión de dichos

contenidos en los planes de estudios no es suficiente para que estos se desarrollen de manera efectiva en las aulas (Ocelli, Valeiras y Bernardello, 2015). Uno de los problemas más significativos radica en que los métodos de la Biología molecular involucrados en la IG son desconocidos para la mayoría de las y los estudiantes porque se encuentran alejados de su vida cotidiana y porque por lo general no tienen la oportunidad de experimentar con ellos de manera práctica en el laboratorio escolar (Yarden y Yarden, 2013). Otras dificultades pueden derivarse de la falta de conocimientos sobre principios básicos de la Genética que son necesarios para comprender a la IG (Lewis y Wood-Robinson, 2000). Las dificultades anteriormente enunciadas se ven reflejadas en investigaciones que muestran que las y los estudiantes, si bien conocen los términos asociados a la IG, no comprenden los conceptos que la misma involucra (Aznar Cuadrado, 2000) y presentan un déficit actitudinal frente a procesos afines a la IG (de la Vega Naranjo, Lorca Marín y de las Heras Pérez, 2018).

En relación a la construcción y comprensión de contenidos genéticos, la comunidad científica construye modelos explicativos para dar cuenta de una variedad de fenómenos (Cartier, 2000). Entonces, incorporar a la modelización en las clases de ciencia puede convertirse en un modo de aproximación a la actividad científica para promover el desarrollo de habilidades intelectuales que promuevan la comprensión del mundo natural (Ocelli y Valeiras, 2019).

En este sentido una herramienta con potencialidades para la modelización es la programación porque posiciona a las y los estudiantes frente a situaciones problemáticas cuya resolución requiere de procesos cognitivos complejos y de la elaboración de representaciones (Vázquez-Cano y Ferrer Delgado, 2015). Además, la programación permite el desarrollo de competencias del siglo XXI como lo son el pensamiento crítico, la comunicación efectiva, el trabajo en equipo y el manejo de información (Sunkel y Trucco, 2012) y por ello se presenta como una herramienta mediadora que permite la construcción de modelos escolares en el aprendizaje de las ciencias.

La programación hace varios años se ha incorporado en los ámbitos escolares y en los últimos años su adhesión ha aumentado por diferentes razones. Por un lado, porque con la programación se promueve el desarrollo de competencias claves y del pensamiento complejo al posicionar a las y los estudiantes frente a problemas que permitirían un trabajo colaborativo para su resolución respetando los tiempos de aprendizaje (Martínez y Echeveste, 2018). Por el otro, si se diseñan actividades apropiadas, la programación

promueve la creatividad y permite oportunidades para el aprendizaje auténtico promoviendo un aprendizaje social creando nuevas ecologías de aprendizaje (Valdeverde Berrocoso, Fernández Sánchez y Garrido Arroyo, 2015; Vázquez-Cano y Ferrer Delgado, 2015).

En síntesis, la programación se percibe como una herramienta significativa de incluir en los diferentes niveles educativos ya que no se trata solo una competencia cognitiva que se utiliza para diseñar códigos sino también de una competencia social y cultural requerida para participar en grupos (Kalelioğlu y Gülbahar, 2015; Valverde Berrocoso et al., 2015) y uno de los mayores grupos de programación lo representa Scratch.

Scratch se desarrolló en el Lifelong Kindergarten del Media Laboratory del MIT (Universidad de California, Los Ángeles). Se trata de un entorno amigable que permite la creación de proyectos en forma de historias interactivas, juegos y secuencias animadas con el agregado que dichas creaciones son compartidas con demás usuarias y usuarios en la web (Vázquez-Cano y Ferrer Delgado, 2015). La programación en este espacio se basa en un conjunto de instrucciones icónico/textuales que se combinan para crear programas. Los bloques sólo se acoplan si la sintaxis es correcta, lo que libera al estudiantado de la complejidad y le permite concentrarse en la solución del problema. En este sentido, la incorporación de Scratch permite avanzar sobre la resolución de problemas, el análisis, la síntesis, la conceptualización, el manejo de información, el pensamiento sistémico, el pensamiento crítico y la metacognición (Scaffidi y Chambers, 2012).

Otra ventaja que ofrece Scratch es que ayuda al aprendizaje mediante el desarrollo del Pensamiento Computacional (PC) (Brennan y Resnick, 2012). A pesar de que el concepto de PC fue propuesto en el año 2006 por Wing, a la fecha existen diferentes perspectivas e interpretaciones (Gouws, Bradshaw y Wentworth, 2013). En esta tesis se considerará al PC según la propuesta de Wing (2008) quien lo define de la siguiente manera: “El PC incluye los procesos de pensamiento implicados en la formulación de problemas y de sus soluciones de tal modo que queden representados de una manera que pueda ser abordada de forma efectiva por un agente-procesador de la información, como una computadora. El PC involucra una serie de habilidades y específicamente en este trabajo se consideraron las propuestas por Moreno-León, Robles y Román-González (2015): paralelismo, pensamiento lógico, control de flujo, interactividad con el usuario, representación de la información, abstracción y sincronización.

De dichas habilidades, la abstracción ocupa el nivel más alto dentro del PC ya que implica decidir qué detalles se deben resaltar y cuáles se pueden ignorar de modo que el problema sea más fácil de comprender (Wing, 2008). En este sentido, se considera a la abstracción como la esencia del PC siendo las herramientas “mentales” de la computación (Wing, 2008). Lee, Martín, Denner, Coulter, Allan, Erickson, Malyn-Smith y Werner (2011) arribaron a la conclusión de que el estudiantado puede utilizar la abstracción, la automatización y el análisis para crear productos originales cuando se le brinda acceso a entornos de aprendizajes adecuados que se enfocan en el modelado y la simulación, en la robótica y en el diseño de juegos. En línea con lo anterior, el PC está influyendo en casi todas las disciplinas científicas (Bundy 2007). En el caso particular de la Biología, el desarrollo del algoritmo Shotgun permitió la secuenciación del Genoma Humano, un hito dentro de la Biología moderna (Fisher y Henzinger 2007) lo que permitió la construcción de nuevos conocimientos y nuevos campos científicos.

A partir de las potencialidades que brindan los lenguajes de programación, y más específicamente Scratch, surge el interés de incorporar esta herramienta en el diseño de secuencias didácticas que impliquen la construcción de modelos referidos a conceptos de IG. Los lenguajes de programación proporcionan una base para entornos de modelización cada vez más complejos convirtiéndose en un medio para la construcción, discusión y difusión de modelos (Carmichael, 2000) que, junto con las matemáticas y el PC, son fundamentales para la ciencia y su enseñanza (Osborne, 2014). A partir de las consideraciones teóricas expuestas, se puede sintetizar que la modelización exige un alto grado de abstracción y que por ello los lenguajes de programación, y en particular Scratch, se presenta como una herramienta potencial para que las y los estudiantes construyan modelos referentes a la IG cuya comprensión requiere de la abstracción de diferentes conceptos y procesos. Entonces, dado que la programación es una herramienta que permite la modelización y a su vez que el aprendizaje de la IG requiere de la construcción de modelos, se plantearon los siguientes interrogantes: ¿Qué conocimientos logran construir las y los estudiantes a partir de integrar Scratch en la modelización de IG?, ¿Qué características presentan dichos modelos?, ¿Qué habilidades del PC son desplegadas para construir modelos al realizar proyectos en Scratch? Para responder a las preguntas anteriormente formuladas se plantearon los objetivos que se enuncian a continuación.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Caracterizar la integración de Scratch en la modelización de IG con estudiantes de una escuela secundaria de la ciudad de Córdoba.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Diseñar una secuencia didáctica para IG en la escuela secundaria que implique el desarrollo de proyectos por parte del estudiantado con el software Scratch.
2. Determinar los conocimientos de IG que construye el estudiantado al participar de la secuencia didáctica.
3. Identificar en los proyectos de Scratch los modelos conceptuales de IG construidos.
4. Distinguir durante la construcción de los proyectos de Scratch las habilidades del PC puestas en juego.

1.3. Contenido de la tesis

La presentación de esta tesis se organizó en cinco capítulos. En el *primero* de ellos, esta introducción, se presenta la situación problemática que motivó la realización de esta investigación y las preguntas a las que se espera aportar a partir del conocimiento generado. A su vez, se señalan el objetivo general y los objetivos específicos que orientaron este trabajo como así también la importancia de esta tesis en relación al aporte de conocimientos a la didáctica de las ciencias.

En el *segundo* capítulo se exponen los diferentes componentes teóricos que sustentan esta tesis, como así también los antecedentes de las investigaciones registradas en las principales publicaciones científicas en el campo de la didáctica de las ciencias. Dicha sección fue dividida en tres partes debido a la naturaleza del problema de investigación. La primera parte comienza considerando a los modelos y a la modelización en la enseñanza de las ciencias para seguir con las prácticas científicas para contextualizar la inclusión de la

modelización en la educación científica. Luego se analiza el significado polisémico del término modelo para detallar el posicionamiento adoptado en esta tesis. Seguidamente se analiza el proceso de modelización y se presenta la relevancia de los modelos en la enseñanza de las ciencias. En la segunda parte se contextualiza la enseñanza de la Genética y las dificultades de su aprendizaje, se detallan los antecedentes de investigación respecto a la enseñanza de la IG y se incluye el rol de los modelos y la modelización en su aprendizaje retomando los modelos en la enseñanza tanto de la Genética como de la IG. La tercera parte comienza con la descripción de la programación en los entornos educativos, se presenta a Scratch como lenguaje de programación y finalmente se discute el concepto de PC y su inclusión en la educación científica.

En el *tercer* capítulo se describen los fundamentos metodológicos que permitieron cumplir con los objetivos de investigación planteados en esta tesis. Primero se explica el enfoque de investigación didáctica desde el cual se desarrolló la investigación. Luego, se detalla cómo se diseñaron las actividades, se describe la implementación de la secuencia didáctica junto con los instrumentos utilizados para el registro de los datos y finalmente se explicita cómo se realizó el análisis de la información obtenida para responder a los objetivos planteados.

En el *cuarto* capítulo se exponen los resultados obtenidos a través del análisis de los datos recopilados a partir de la metodología descrita en el *tercer* capítulo. Siguiendo el orden de los objetivos, en una primera instancia se presenta cómo fue diseñada de manera colaborativa la secuencia didáctica. Luego se describen los conocimientos de IG que construyó el estudiantado al participar de la secuencia. Posteriormente se muestran y caracterizan los modelos conceptuales de IG construidos por las y los estudiantes mediante proyectos de Scratch. Finalmente se detallan las habilidades del PC y otros conceptos de informática que fueron puestos en juego al momento de construir los proyectos en Scratch.

En el *quinto* capítulo se exponen las conclusiones de esta investigación, presentándose una síntesis de los resultados alcanzados por la tesis, como así también las proyecciones para futuros trabajos en este campo.

En los anexos se detallan los instrumentos utilizados para la recolección de los datos como así también todas las actividades diseñadas para la secuencia didáctica implementada. Finalmente se incluyen las referencias bibliográficas.

1.4. Importancia de la tesis

Por un lado, si bien la importancia de la educación en IG ha sido reconocida en varios marcos curriculares en todo el mundo (Yarden y Yarden, 2013), habiéndose incorporado en Argentina en el año 1993 (Occelli y Valeiras, 2010), todavía se observa que su aprendizaje presenta dificultades. Por otro lado, la inclusión de las prácticas científicas (Osborne, 2014) en la enseñanza de las ciencias es uno de los resultados más relevantes dentro de los últimos años en las investigaciones didácticas. En ese marco, la modelización se constituye como una práctica científica que permite que las y los estudiantes puedan comprender el mundo construyendo modelos (Giere, 1999).

A lo anterior se le suma la presencia de la tecnología como mediadora de las acciones de la vida cotidiana que exige habilidades digitales no sólo para que las personas utilicen dichas tecnologías de modo crítico y reflexivo sino para que se conviertan en productores de medios digitales. En este contexto la Ley N° 26.206 de Argentina estableció como objetivo “el desarrollo de competencias para el manejo de los nuevos lenguajes TIC” y el Ministerio de Educación (2017) propuso *Aprender Conectados* que busca garantizar la alfabetización digital para el aprendizaje de competencias y saberes necesarios para la integración en la cultura digital y en la sociedad del futuro haciendo hincapié en la programación, la robótica y el PC. En esta tesis se propuso el diseño de una secuencia didáctica que incluyó a la modelización de la IG y el desarrollo del PC a través de la programación en Scratch, poniendo en juego el desarrollo de lenguajes de programación y de habilidades que las y los estudiantes necesitan para su formación científico-tecnológica. En resumen, se propuso un ejemplo concreto de cómo el PC puede ser incorporado en las clases de ciencias, Biología en este caso, para promover el desarrollo de la modelización, todas habilidades necesarias para el desenvolvimiento de las y los estudiantes en los contextos contemporáneos.

Por último, esta tesis brinda un esquema metodológico basado en los experimentos de diseño aportando aspectos a considerar al momento de diseñar e implementar una secuencia didáctica según los lineamientos que se proponen desde este tipo de estudios proporcionando descripciones detalladas del contexto, la teoría emergente, las características del diseño y el impacto de estas características en el aprendizaje (Barab y Squire, 2004).

Capítulo 2

Referentes teóricos y Antecedentes

En este capítulo se exponen los diferentes componentes teóricos que sustentan esta tesis, como así también los antecedentes de las investigaciones registradas en las principales publicaciones científicas en el campo de la didáctica de las ciencias. Esta sección fue dividida en tres partes debido a la naturaleza del problema de investigación. La primera hace referencia a los modelos y a la modelización en la enseñanza de las ciencias. En esta parte se incluyen a las prácticas científicas para contextualizar la inclusión de la modelización en la educación científica. Luego se analiza el significado polisémico del término modelo para detallar el posicionamiento adoptado en esta tesis. Seguidamente se analiza el proceso de modelización y se presenta la relevancia de los modelos en la enseñanza de las ciencias. En la segunda parte se contextualiza a la IG dentro de la educación científica. Se incluye a la enseñanza de la Genética y las dificultades de su aprendizaje, se detallan los antecedentes de investigación respecto a la enseñanza de la IG y se incluye el rol de los modelos y la modelización en la enseñanza tanto de la Genética como de la IG. En la tercera parte se hace referencia a la programación y al PC en la enseñanza de las ciencias. Se comienza con la descripción de la programación en los escenarios educativos, se presenta a Scratch como lenguaje de programación y finalmente se discute el concepto de PC y su inclusión en la educación científica.

2.1. Los modelos y la modelización en la Enseñanza de las Ciencias

2.1.1. Las prácticas científicas

Las propuestas curriculares de muchos países occidentales consideran que las ciencias deben formar parte del currículo debido a que la ciudadanía del siglo XXI deberá poder analizar situaciones y tomar decisiones sobre asuntos que involucran conceptos científicos (Justi, 2006). En concordancia con lo anterior, el objetivo de la educación científica no busca crear nuevos conocimientos, sino más bien ayudar al estudiantado a comprender un cuerpo de conocimientos existentes, consensuados y acordados (Osborne, 2014; Schwarz et al., 2009). Una manera de lograrlo es promover un modelo de enseñanza que permita a las y los estudiantes el desarrollo de una comprensión coherente, flexible y crítica respecto a la ciencia (Justi, 2006). Para aproximarse a ello, se pueden incluir en las clases de ciencia a las prácticas científicas.

Un número considerable de investigaciones manifiestan la necesidad de involucrar al estudiantado, en sus distintas etapas educativas, en las prácticas científicas haciendo que

participe en actividades cognitivas, discursivas y sociales que le permitan desarrollar razonamientos, habilidades y argumentaciones propias de la ciencia (Osborne, 2014). En este sentido, existe un amplio acuerdo sobre la necesidad de que la enseñanza de las ciencias considere cómo se genera y cómo se valida el conocimiento científico (Crujeiras y Jiménez Aleixandre, 2012). Una forma de lograrlo es proponer una educación científica más auténtica tan parecida a la actividad científica como sea factible en las condiciones actuales de educación masiva retomando su carácter histórico (Gilbert, 2004) y comprendiendo su epistemología (Acher, 2014; Couso, 2014).

Si bien las actividades que generan la construcción de la ciencia escolar son diferentes a las que realiza la comunidad científica para construir conocimiento, enseñar prácticas científicas genera nuevas realidades en los espacios educativos y promueve comunidades que producen conocimiento científico escolar (Osborne, 2014) al tiempo que las y los estudiantes van comprendiendo la naturaleza del conocimiento disciplinario (Lehrer y Schauble, 2006). En este contexto, las prácticas científicas se constituyen en un marco didáctico para pensar a la educación científica no centrada solamente en el conocimiento de contenidos sino también en prácticas con las que la ciencia construye conocimiento (Osborne, 2014). En consecuencia, se deben incluir los componentes epistémicos de la ciencia actual considerados más adecuados desde las teorías del aprendizaje (Couso, 2014).

Pero, participar en estas prácticas solo tiene valor si contribuye a que las y los estudiantes desarrollen una comprensión más profunda y más amplia sobre los conceptos epistémicos y los procedimientos que guían a las prácticas de la ciencia (Osborne, 2014). Se propone entonces generar situaciones escolares que incluyan a las prácticas asociadas a la indagación, a la modelización y a la argumentación del mismo modo en que se encuentran presentes en las actividades que cotidianamente realiza la comunidad científica (Couso, 2014). En relación a lo anterior, gran parte del trabajo que se realiza en ámbitos científicos consiste en proponer, revisar y aplicar modelos para explicar diferentes fenómenos naturales (Ageitos Prego y Puig, 2016).

Esta línea de investigación ha tomado protagonismo en los últimos años y como principales aportes se destaca que involucrar al estudiantado en prácticas científicas auténticas, como la modelización, puede ayudarlo a entender las ideas centrales de las disciplinas científicas como así también adquirir conocimiento respecto a cómo se construyen y evalúan dichas ideas (Acher, 2014; Lehrer y Schauble, 2006; Schwarz et al.,

2009). Sin embargo, a pesar del lugar que ocupa la modelización en la enseñanza de las ciencias, el concepto de modelo sigue teniendo un carácter polisémico.

2.1.2. El concepto de modelo

Los modelos tienen un papel fundamental en la ciencia y en su enseñanza (Gilbert, Boulter y Elmer, 2000; Justi, 2006) siendo en ambos espacios mediadores entre el mundo y la teoría (Giere, 1999). De las definiciones planteadas para el concepto de modelo en el contexto didáctico, debido a su carácter polisémico (Adúriz-Bravo, 2012), se observa que en general un modelo es definido como una representación parcial de un objeto, proceso o sistema (Blanco-Anaya et al., 2017) que permite describir, explicar o predecir el comportamiento de la parte del mundo que se está modelizando (Adúriz-Bravo, 2012).

En esta tesis se considerará a los modelos según la concepción semanticista que constituye uno de los enfoques más productivos en las últimas décadas en la didáctica de las ciencias para el desarrollo de estudios de corte epistemológico (Adúriz-Bravo y Ariza, 2014). Bajo dicha concepción, los modelos son entendidos como construcciones representacionales mediadoras entre el campo teórico y el campo empírico (Adúriz-Bravo, 2013; Adúriz-Bravo y Ariza, 2014; Giere, 2005). Es decir, las teorías son consideradas como una clase de modelos y los modelos como las proyecciones de la teoría al mundo (Couso, 2014). Giere (2005) da el nombre de modelo teórico a una entidad abstracta, no lingüística, que se comporta según enunciados y proposiciones que definen esa entidad (Adúriz-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2009).

Según Giere (2005), los modelos son lo que se presentan comúnmente en los textos universitarios destinados a formar a la nueva comunidad científica (Adúriz-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2009). Otra característica relevante según esta propuesta, es que los modelos pueden ser, al mismo tiempo, modelos “a partir de” y modelos “para” (Giere, 1988). En el primer caso, los “modelos a partir de”, se pueden clasificar de acuerdo al lugar que ocupan en el proceso de modelización: pueden ser modelos *input* cuando expresan lo que se va a modelizar o modelos *output* cuando ya expresan el resultado de la modelización constituyendo fenómenos estilizados que guardan relación con los enunciados científicos (Adúriz-Bravo, 2012; Adúriz-Bravo y Ariza, 2014). En el segundo caso, los “modelos para”, se pueden clasificar según su funcionalidad en exploratorios, taxonómicos, didácticos, entre otros (Adúriz-Bravo, 2012).

Otra idea de Giere (1992) es la concepción de que los modelos son análogos de los fenómenos o sistemas que representan, es decir, no son el mundo sino una analogía que es similar a él (Adúriz-Bravo, 2012). Además los modelos comparten, en parte, su esencia con las teorías con las que se relacionan porque son capturados por formulaciones simbólicas que juegan un rol importante en la organización de dichas teorías (Adúriz-Bravo, 2012). Este carácter dual -híbrido- de los modelos científicos le permite funcionar, como se mencionó anteriormente, como mediadores entre la teoría y la empiria (Justi, 2006) siendo, junto con las hipótesis y los fenómenos que explican, la base de las teorías científicas (Giere, 1990). Al respecto, Gilbert (1993) sostiene que la ciencia y sus modelos son inseparables ya que los modelos son los productos de la ciencia, y al mismo tiempo, sus herramientas y métodos de trabajo constituyéndose en las unidades básicas del razonamiento científico.

Se conocen diferentes funciones de los modelos, principalmente su capacidad de representar al mundo según el pensamiento humano (Giere, 1999). Pero también se pueden utilizar para simplificar fenómenos complejos (Rouse y Morris, 1986), para visualizar entidades abstractas (Francoeur, 1997), para tratar con fenómenos o estructuras demasiado grandes (Gilbert y Boulter, 2000) o demasiado pequeñas (Harrison y Treagust, 2002), para la interpretación de datos experimentales y para elaborar explicaciones (Vosniadou, 1999).

Los modelos científicos poseen algunas características que, al momento de enseñar un conocimiento científico determinado, denotan una posición epistemológica. Dicha descripción destaca que: los modelos son construcciones provisorias y perfectibles, los modelos alternativos pueden no ser compatibles entre sí y por otro lado no siempre son incompatibles (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). Incorporar este posicionamiento en las clases de ciencia contribuiría para confrontar la posición de las teorías en la enseñanza tradicional donde las mismas poseen una respetabilidad generando una falsa imagen de que los elementos lingüísticos son el núcleo de la ciencia (Adúriz-Bravo, 2013). A lo anterior se le suma la concepción icónica de los modelos (copia simple, estática, bidimensional, reducida) haciendo que la actividad y los métodos científicos se vean empobrecidos porque la visión empírico-positivista todavía persiste en las aulas (Adúriz-Bravo, 2013). En palabras de Osborne (2014) incluir las características anteriormente mencionadas contribuiría a la construcción de conocimiento epistémico.

En síntesis, la incorporación de los modelos en la educación científica se encuentra suficientemente justificada. De esta manera, los modelos enseñados o a enseñar

proporcionan una representación de los modelos científicos producto de la transposición didáctica (Oliva, 2019). Así como los modelos científicos presentan características propias, los modelos escolares también. Una de ellas es permitir que las y los estudiantes aprendan a pensar teóricamente sobre el mundo realizando una transición de lo concreto a lo abstracto y viceversa, es decir, les permite modelizar (Sensevy et al., 2008). Estos modelos explicativos que emplea el estudiantado estarían constituidos por una estructura de creencias e imágenes que es generativa, es decir, que le permite integrar nueva información, hacer predicciones, actuar y generar nuevos conocimientos al pensar con dichos modelos (García-Rodeja Gayoso y Lima de Oliveira, 2012). De acuerdo con lo anterior, el aprendizaje puede ocurrir en dos instancias; cuando se construye el modelo (creando una estructura representativa y desarrollando una forma científica de pensar) o cuando se utiliza el modelo (aprendiendo sobre la situación o fenómeno representado) (Morrison y Morgan, 1999). Diversas investigaciones en didáctica de las ciencias han mostrado que el estudio de conceptos fragmentados no conduce a una comprensión sino que en la enseñanza científica deben incluirse a los modelos científicos para una construcción significativa de dichos conceptos (Couso, 2014). Al respecto, la modelización adquirió un notorio interés dentro de la didáctica de las ciencias (Adúriz-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2009; Gilbert y Boulter, 2000). Como consecuencia, implicar a las y los estudiantes en la modelización no se trata solo de desarrollar su comprensión respecto a conceptos de la ciencia, sino de desarrollar una forma de metaconocimiento sobre la ciencia, es decir, un conocimiento de las características específicas de la ciencia (Osborne, 2014).

2.1.3. La Modelización en la Enseñanza de las Ciencias

En los últimos años, la modelización como práctica científica ha sido considerada en un gran número de investigaciones en la didáctica de las ciencias evidenciando la importancia de su inclusión en el educación científica (Couso, 2014; Gilbert y Justi, 2016). La bibliografía muestra diferentes publicaciones respecto a propuestas didácticas que involucran a la modelización en las actividades aúlicas (Ageitos Prego et al., 2017; Bahamonde y Gómez Galindo, 2016; Blanco-Anaya et al., 2017; Gilbert y Justi, 2016; Justi y Gilbert, 2002; Lehrer y Schauble, 2012; Schwarz et al., 2009).

La idea de modelización depende de la concepción de modelo que se adopte al momento de diseñar las actividades didácticas (Adúriz-Bravo, 2013). Se pueden considerar al menos cuatro significados principales con los cuales se hace alusión a la modelización en

la educación en ciencias desde perspectivas epistemológicas. El primero de ellos supone a la modelización como la construcción de modelos científicos originales, nuevos respecto a un cuerpo de conocimientos en un momento histórico específico; el siguiente hace referencia a la modelización como la construcción de argumentaciones para subsumir los fenómenos científicos que se están investigando bajo los modelos explicativos disponibles; luego se cita a la modelización como el ajuste de los modelos después de la aparición de datos anómalos en la investigación y por último se piensa a la modelización como el ejercicio de aplicar los modelos existentes para explicar hechos ya estudiados (Adúriz-Bravo, 2013; Adúriz-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2009).

En este trabajo se considerará a la modelización como un proceso que promueve aprendizajes al trabajar con modelos, desde su construcción, expresión, aplicación, revisión, modificación o cambio por otros en casos determinados (Justi y Gilbert, 2002). Tal proceso de modelización se constituye en una actividad epistémica donde las y los estudiantes deben poner en juego una diversidad de capacidades tanto de índole cognitivo como metacognitivo (Oliva-Martínez y Aragón-Méndez, 2009) entendiendo su utilidad, sus limitaciones y su carácter provisorio y cambiante (Aragón et al., 2018).

En concordancia con el posicionamiento anterior, la modelización incluiría procesos relacionados a la investigación científica como lo son el planteamiento de un problema, la formulación de hipótesis, el diseño para recolectar y analizar datos y la elaboración de nuevas explicaciones e ideas (Oliva, 2019). En diversas investigaciones se han propuesto diferentes maneras de llevar a cabo la práctica de la modelización en ámbitos escolares y ámbitos científicos (Blanco-Anaya et al., 2017; Halloun, 2007; Justi y Gilbert, 2002) donde los esquemas propuestos son coherentes con la función de los modelos enunciada por Giere (1999). En la figura 1 se representa un esquema que propone una manera de interpretar la modelización y no debe entenderse que para trabajar la modelización se deben realizar todas las situaciones de aprendizaje de manera completa sino que también es válido el desarrollo de actividades que impliquen una o más etapas del ciclo (Oliva, 2019).

Desde esta perspectiva se propusieron diferentes maneras de plantear la modelización en el aula. Una de ellas fue la propuesta por Justi y Gilbert (2002) quienes consideran una secuencia de actividades que se complejizan de manera creciente: aprender modelos, utilizar modelos, revisar y modificar modelos ya existentes, reconstruir modelos ya existentes y finalmente construir nuevos modelos.

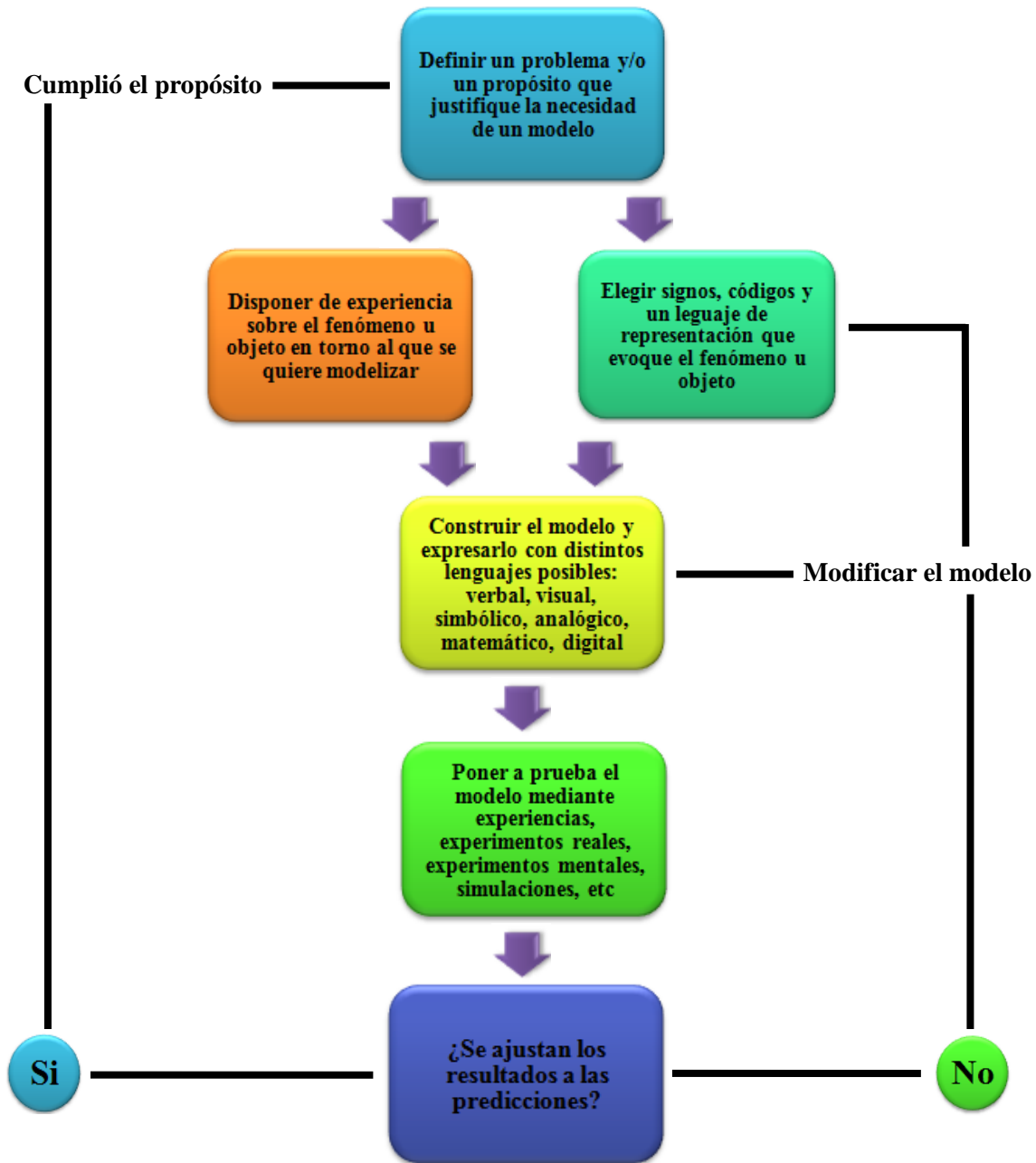


Figura 1: Esquema para un ciclo de modelización propuesto por varios autores. Modificado de Oliva (2019).

La gran cantidad de esquemas propuestos para aplicar la modelización en las clases de ciencia derivó en las numerosas denominaciones diferentes para hacer referencia a este tipo de secuencias: aprendizaje basado en modelos (*models-based learning*), aprendizaje basado en modelización (*modelling-based learning*), enseñanza basada en modelos (*models-based teaching*), enseñanza basada en la elaboración de modelos (*teaching based*

on modelling), instrucción basada en modelos (*models-based instruction*) o modelización (*modelling*) (Oliva, 2019).

El enfoque de enseñanza que considera la importancia de la inclusión de los modelos en la educación científica fue tomando diferentes formas desembocando su mirada hacia la “indagación centrada en la modelización” (*models-based inquiry*, MBI) (Couso, 2014). Este enfoque propone la actividad de indagación para la construcción, utilización y evaluación de modelos. De esta manera, los modelos permiten poner en juego razonamientos que vinculan el campo empírico con el campo teórico (Adúriz-Bravo, 2017) contribuyendo a que las y los estudiantes comprendan los modelos científicos consensuados (Gilbert, 2002).

En esta tesis se seguirá la distinción propuesta por Gilbert y Justi (2016) quienes diferencian entre la “enseñanza basada en modelos” (*model-based teaching*, MBT), que implica la utilización de modelos ya construidos por parte del estudiantado, de la “enseñanza basada en la modelización” (*modelling-based teaching*, MBT), que conlleva a la construcción y posterior uso de los modelos por parte de las y los estudiantes. La secuencia de actividades propuesta en este trabajo se enmarca en la segunda categoría, es decir, en la enseñanza basada en la modelización. Desde esta perspectiva, la construcción de los modelos no se plantea para redescubrir aquellos conocimientos complejos que requirieron siglos de trabajo, sino como la apropiación de herramientas que se ponen a disposición en el aula para los momentos del aprendizaje (Ocelli y Valeiras, 2019).

En línea con lo anterior, se espera que las y los estudiantes construyan modelos científicos consensuados en colaboración con sus pares (Adúriz-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2009). Desde una perspectiva sociocognitiva significa proponer situaciones donde las y los estudiantes compartan y transformen sus conocimientos al interactuar con sus pares (Oliveira y Sadler, 2008). Cuando participan en actividades colaborativas, como las basadas en la modelización, comparten conceptos y diferentes perspectivas de los fenómenos en estudio lo que contribuye al incremento de sus conocimientos (Blanco-Anaya et al., 2017) siendo visto, el estudiantado, como una analogía de pequeñas comunidades científicas (Bell, Urhahne, Schanze y Ploetzner, 2010). Investigaciones muestran que, al trabajar en grupos colaborativos las y los estudiantes realizan una constante expresión, revisión y modificación de sus ideas para llegar a la construcción de los modelos (Blanco-Anaya et al., 2017). Desde este lugar, involucrar al estudiantado en la práctica de la modelización, ya sea formulando, utilizando o evaluando modelos, requiere

de la participación activa de las y los estudiantes buscando información y tomando decisiones lo que provoca que este enfoque converja con la indagación (Couso, 2014; Domènech-Casal, 2015).

2.1.4. La importancia de los modelos en la Enseñanza de las Ciencias

Los modelos ocupan un rol central en el curriculum de las ciencias estando presentes desde hace tiempo de manera implícita o latente en todos los niveles educativos, principalmente en la escuela secundaria (Adúriz-Bravo, 2013). No obstante, en la última década las investigaciones en educación científica comenzaron a proponer un tratamiento explícito sobre la construcción de modelos en las clases de ciencias (Gilbert y Boulter, 2000).

En este sentido, el marco teórico propuesto por Giere (2005) permite el trabajo con modelos científicos escolares para comprender el funcionamiento del mundo a través de ideas abstractas que no se encuentren tan alejadas de las concepciones alternativas de las y los estudiantes (Adúriz-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2009; Izquierdo Aymerich, 2000) permitiéndoles desarrollar una comprensión epistemológica y adquirir experiencia en la construcción y evaluación del conocimiento científico (Lehrer y Schauble, 2006). De esa manera, estructurar las actividades científicas en el aula de ciencia alrededor de los modelos le permite al estudiantado recrear de manera significativa los conocimientos científicos consensuados (Adúriz-Bravo, 2013).

En esta línea, se propone incorporar los modelos a la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva modeloteórica donde se combina el pensamiento lógico relacionado a la sintaxis de las disciplinas y el pensamiento narrativo vinculado a los aspectos narrativos de la actividad científica y a su construcción histórica (Adúriz-Bravo, 2015). El modelo teórico va a permitir la interpretación de situaciones y dará lugar a la construcción de predicciones y su posterior evaluación (Occelli y Valeiras, 2019).

Enseñar ciencias desde este posicionamiento va a implicar que las y los estudiantes construyan modelos significativos que sean relevantes conectándolos con fenómenos familiares sobre los cuales puedan pensar y actuar (García Rovira, 2005). Estos modelos construidos en la escuela por el estudiantado se caracterizan por generarse a partir de una transposición didáctica. Dichos modelos les permiten a las y los estudiantes pensar de

manera teórica sobre el mundo, es decir, aprender de las entidades abstractas que la ciencia genera para la explicación de los fenómenos naturales. En otras palabras, se espera que las y los estudiantes sean capaces de pensar en explicaciones multicausales, evaluar diferentes sistemas, inferir a partir de datos y evaluar la obtención de los mismos y por dicho motivo el énfasis debe estar puesto también en los procesos de construcción y no sólo en los productos obtenidos (Gómez Galindo, 2014). A su vez, la construcción de modelos permite la adquisición de nuevos conocimientos y nuevas formas de aprender y allí es donde radica su importancia para la educación científica (Puy Pérez-Echeverría, Martí y Pozo, 2010).

Pero incorporar los modelos a la educación científica como base para la conceptualización de la ciencia requiere de una comprensión clara de la noción de modelos y de modelización (Develaki, 2007). En tal sentido, se identificaron condiciones que podrían aportar al buen desarrollo de la enseñanza de las ciencias utilizando modelos. En ese contexto, se distingue la necesidad de una reconceptualización y reestructuración de la enseñanza que rescate un posicionamiento filosóficamente válido así como el desarrollo de opiniones y prácticas válidas por parte de las y los docentes respecto a la naturaleza de los modelos (Justi y Gilbert, 2002). No obstante, diversas investigaciones muestran que los planes de estudio siguen conservando las concepciones positivistas respecto a los modelos al tiempo que las y los profesores no comprenden lo suficiente la naturaleza de los modelos ni de la modelización (Develaki, 2007). Sin embargo, los modelos ocupan un rol central en las evaluaciones de enseñanza considerándose importante que el estudiantado pueda aprender a utilizar y a reconstruir modelos (Oliva-Martínez y Aragón-Méndez, 2009). En palabras de Justi y Gilbert (2002) las y los estudiantes aprenden a hacer ciencia si son capaces de crear, expresar y comprobar sus propios modelos. Es por ello que la inclusión de la modelización en la enseñanza de las ciencias concuerda con las demandas actuales de la alfabetización científica (Adúriz-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2001). Dicha alfabetización se encuentra determinada por los desarrollos científicos-tecnológicos que continuamente van transformando las condiciones de vida y en este sentido las sociedades modernas demandan una ciudadanía formada respecto a dichos avances (Tsui y Treagust, 2010). En este contexto, las innovaciones que involucran a la IG se encuentran en una posición central y el estudiantado debe estar preparado para participar críticamente sobre debates que impliquen saberes relacionados a dicho campo científico.

2.2. La Ingeniería Genética en la educación científica

La Genética es ampliamente reconocida como una base conceptual para la comprensión de la Biología al tiempo que se constituyó en una de las ramas con mayor desarrollo y repercusión social en los últimos años. Por lo tanto poseer conocimientos respecto a esta disciplina se convierte en prioritario para la alfabetización científica (Mayr, 2006; Ruiz González, Banet y Banet, 2017) ya que los conocimientos relacionados a la Genética y a la IG se encuentran cada vez más presentes en la vida cotidiana y resulta esencial el conocimiento de los saberes que involucran (Caballero, 2008).

De modo específico, la comprensión de la Genética implica la interacción del nivel macro (rasgos genéticos), micro (celular) y molecular (gen) (Treagust y Tsui, 2013). La construcción de la estructura molecular del ADN y su ubicación a nivel celular conducen a la comprensión de diferentes fenómenos biológicos, como por ejemplo, la expresión génica (Srivastava y Ramadas, 2013). Marbach-Ad y Stavy (2000) en sus investigaciones señalaron que la dificultad para comprender y vincular diferentes niveles de organización radica en que a veces un nivel pertenece a una disciplina (el nivel macroscópico a la Biología) y el otro nivel a otra disciplina (el nivel molecular a la química por ejemplo). En este escenario, la enseñanza de la Genética se constituye en un factor clave para la formación de una ciudadanía crítica, activa y reflexiva.

2.2.1. La Enseñanza de la Genética y su contexto

Los aspectos moleculares de la Genética obtuvieron una importancia central en la segunda mitad del siglo XX tras el descubrimiento realizado por Watson y Crick de la estructura del ADN lo que dio lugar al surgimiento de nuevas disciplinas, como la IG e influyó en la dirección de las ya establecidas (Nelson y Cox, 2000) ocasionando implicaciones en la vida cotidiana de las personas en aspectos como la medicina, la agricultura y la industria farmacéutica ocasionando transformaciones económicas, sociales y culturales. En este escenario la Genética ocupa un rol preponderante dentro de las ciencias lo cual también tiene su correlato dentro del curriculum en la escuela secundaria (Marbach-Ad, Rotbain y Stavy, 2008).

Un gran flujo de información proveniente de los medios de comunicación se expande progresivamente en la sociedad ofreciendo información de las áreas de la Biología

molecular y la Genética con distintos grados de rigurosidad. En este escenario, sólo a través de una formación científica las personas podrán discernir entre la información científicamente válida y la no válida para tomar decisiones críticas (Aznar Cuadrado, 2000; Pedrancini, Corazza-Nunes, Bellanza Galuch, Olivo Rosas Moreira y Ribero, 2007). De este modo, cuando las y los estudiantes se enfrentan al aprendizaje de los contenidos relacionados a la IG no tienen un total desconocimiento de los mismos sino que ya han construido concepciones propias (Caballero, 2008). Algunas temáticas que surgen como interrelaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) y que toman protagonismo en los medios de comunicación son los alimentos modificados genéticamente por medio de transgénesis, el clonado de órganos y organismos, el empleo de células madre, la detección y el tratamiento de enfermedades, los fármacos derivados de tecnologías genéticas, la epigenómica, la edición génica, entre otros (Aznar Cuadrado, 2000; Duncan, Ruppert, Bausch y Freidenreich, 2011; Pedrancini et al., 2007; Ruiz González et al., 2017). Esta explosión tecnológica de la Genética contrasta con el tratamiento que estos aspectos suelen recibir en el currículum de la educación secundaria (Domènech-Casal, 2016). En este marco, es donde los diseños curriculares y las prácticas educativas deben adecuarse a la realidad en la que viven las y los estudiantes para que puedan tomar decisiones críticas y razonadas sobre situaciones que involucran conceptos científicos (Ageitos Prego et al., 2017).

En la didáctica de las ciencias se ha instalado una preocupación particular por los niveles de comprensión de los procesos que involucran la herencia genética y el procesamiento del ADN, claves para la comprensión de la IG (Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000). En este sentido, resulta esencial que las personas tengan una comprensión básica de la Genética para que puedan participar de debates y desarrollar un pensamiento crítico respecto a las tecnologías genéticas (Venville y Donovan, 2007). Desde los espacios educativos, se requiere un abordaje de la ciencia de manera sistémica, transdisciplinar y contextualizada para permitir a la ciudadanía la apropiación de conocimientos sobre la base de los cuales puedan tomar decisiones conscientes (Pedrancini et al., 2007). En estos espacios, las y los docentes de Biología pueden utilizar dichos conocimientos para desarrollar opiniones sobre las implicaciones sociales de la tecnología del ADNr (ADN recombinante) y cómo la misma es tratada en los diferentes medios de comunicación (Flores y Tobin, 2003). A su vez, la alfabetización genética se compone de dos partes interdependientes, una relacionada a los contenidos científicos tradicionalmente enseñados en las aulas y la otra a cuestiones de educación para la ciudadanía, es decir el abordaje de la Genética en conexión a contextos reales que permitan la transferencia de conocimientos y

el desarrollo de pensamiento crítico por parte del estudiantado (Ageitos Prego y Puig, 2016).

En resumen, podría decirse que la importancia de la enseñanza de la Genética en la escuela secundaria radica en (Ayuso y Banet, 2002; Ruiz González et al., 2017):

-Ofrecer a las y los estudiantes un marco conceptual sobre la localización y la transmisión de la información hereditaria para que comprendan diversos fenómenos como la división celular.

-Permitir que la ciudadanía comprenda los avances de las tecnologías que involucran a la Genética contribuyendo a su alfabetización científica y tecnológica.

-Contribuir a una visión de ciencia como un producto del trabajo colectivo de la comunidad científica y en continua revisión.

Sin embargo, a pesar de que la Genética se presenta en la mayoría de los planes de estudio de Biología en la escuela secundaria, las investigaciones han demostrado que las y los jóvenes carecen de conocimientos fundamentales sobre dicha disciplina necesarios para intervenir en situaciones donde las tecnologías emergentes de la Genética molecular se encuentren presentes para comprenderlas, cuestionarlas o utilizarlas como instrumento de pensamiento (Duncan et al., 2011; Pedrancini et al., 2007). Lo anterior quizás pueda corresponderse a la dificultad de aprender y de enseñar Genética debido a las numerosas entidades y procesos celulares y moleculares involucrados (Law y Lee, 2004; Lewis y Kattmann 2004). Otro motivo puede corresponderse con el hecho de que el modelo tradicional de enseñanza aplicado a los mecanismos de transmisión de la herencia biológica dificulta los procesos de aprendizaje de la Genética (Íñiguez Porras y Puigcerver Oliván, 2013).

2.2.2. Dificultades en el aprendizaje de la Genética

La alfabetización genética implica comprender y utilizar la información proveniente de los fenómenos genéticos y de las tecnologías con el fin de comprender las cuestiones contemporáneas emergentes (Treagust y Tsui, 2013). Por ello, la Genética es una pieza fundamental del contenido de Biología en los planes de estudio en todo el mundo, sin embargo es considerada como una disciplina conceptual y lingüísticamente difícil de aprender (Todd y Kenyon, 2015). Por lo tanto, para lograr una alfabetización en este campo se requiere de una reflexión respecto al origen de los obstáculos que las y los estudiantes

encuentran al momento de aprender Genética (Caballero, 2018).

Al respecto, Ageitos Prego y Puig (2016) agruparon a las dificultades que involucra el aprendizaje de la Genética. Tomando como referencia dicha clasificación y habiendo realizado modificaciones, a continuación se presenta una tabla compuesta por seis categorías con los principales aportes que diferentes publicaciones han registrado respecto a las dificultades en el proceso de aprendizaje de la Genética: 1) El vocabulario y la terminología específica, 2) El contenido matemático de las tareas de Genética mendeliana, 3) Los procesos citológicos, 4) La naturaleza abstracta de la Genética, 5) La complejidad de la Genética, que implica procesos a nivel macro y micro y 6) Las concepciones deterministas.

Áreas del conocimiento	Referencias
<p>El vocabulario y la terminología específica</p> <p>Se trata de un área de contenido lingüísticamente difícil debido a su amplio vocabulario específico.</p> <p>Existe una falta de precisión al utilizar indistintamente términos como gen, información genética y cromosomas</p> <p>El término gen es utilizado de manera incorrecta en el lenguaje cotidiano considerándose una partícula pasiva que da rasgos o que tiene rasgos.</p> <p>El término alelo rara vez es utilizado.</p> <p>Existe una familiarización de términos como gen y ADN pero no una comprensión conceptual de los mismos.</p>	<p>Todd y Kenyon, 2015; Venville y Treagust, 1998</p> <p>Lewis y Kattmann, 2004</p> <p>Lewis y Kattmann, 2004; Todd y Kenyon, 2015; Venville y Treagust, 1998; Wood-Robinson, Lewis y Leach, 2000</p> <p>Lewis y Kattmann, 2004</p> <p>Venville, Gribble y Donovan, 2005</p>
<p>El contenido matemático de las tareas de Genética mendeliana</p> <p>No se entiende el significado de probabilidad en relación con las frecuencias genotípicas y fenotípicas en la descendencia.</p> <p>Los ejercicios se resuelven pero no se logra entenderlos.</p> <p>La meiosis no es considerada al momento de la resolución de problemas por lo que se dificulta el planteo de los cruzamientos y del entendimiento de las proporciones fenotípicas y genotípicas</p>	<p>Browning y Lehman, 1988; Knippels, 2002</p> <p>Kinnear, 1983</p> <p>Ibañez Orcajo y Martínez Aznar, 2005</p>
<p>Los procesos citológicos</p> <p>No todos los seres vivos están formados por células.</p> <p>No todos los seres vivos tienen genes y cromosomas.</p> <p>Algunos organismos pueden tener cromosomas, pero no genes.</p> <p>La información hereditaria solo se encuentra en las células sexuales.</p>	<p>Banet y Ayuso, 1995</p> <p>Wood-Robinson, Lewis, Leach y Driver, 1998</p> <p>Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000</p> <p>Banet y Ayuso, 2000</p>

<p>No se relaciona a la meiosis con el proceso de formación de gametas.</p> <p>Existe una confusión entre los términos mitosis y meiosis dado que hay una incertidumbre en cuanto a cómo es transferida la información genética de célula a célula dentro de un organismo.</p> <p>No se encuentra una distinción entre las células somáticas y las gametas.</p> <p>No se comprende que el reparto de cromosomas en la meiosis es al azar lo que conduce a una variabilidad genética.</p> <p style="text-align: center;">Las plantas no poseen células.</p> <p>La relación entre el comportamiento de los cromosomas en la división celular y la continuidad de la información genética no es comprendida.</p>	<p>Ibañez y Martínez Aznar, 2005</p> <p>Lewis y Wood-Robinson, 2000</p> <p>Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000</p> <p>Wood-Robinson, Lewis y Leach, 2000</p> <p>Banet y Ayuso, 2000</p> <p>Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000</p>
<p style="text-align: center;">La naturaleza abstracta de la Genética</p> <p>Existen inconsistencias al momento de conceptualizar ADN, gametas, gen, cromosomas y alelos.</p> <p style="text-align: center;">Inconsistencias en relación al término “información genética”.</p> <p style="text-align: center;">Existe una confusión respecto a la localización y la transmisión del ADN.</p> <p>La relación entre organismo, célula, núcleo, cromosoma, gen y ADN no es comprendida.</p> <p style="text-align: center;">Confusión respecto a la relación entre cromosomas, genes y alelos.</p> <p>No se identifican ni relacionan correctamente la estructura y la función de los cromosomas.</p> <p>Existen dificultades para relacionar el material hereditario con la síntesis de proteínas y con la expresión de la información genética.</p> <p style="text-align: center;">Hay seres vivos a los que se atribuyen genes y no cromosomas y viceversa.</p> <p style="text-align: center;">Los cromosomas sexuales sólo se encuentran en las gametas.</p> <p style="text-align: center;">La falta de comprensión generalizada del vínculo físico entre genes, cromosomas y material genético.</p> <p style="text-align: center;">La idea de que las plantas no tienen reproducción sexual.</p> <p>A pesar de la instrucción, no se logra desarrollar un marco científico coherente para conceptualizar la expresión de genes y la herencia biológica.</p> <p>La centralización de los análisis en el fenotipo en lugar del genotipo que es más abstracto llevando a una visión ingenua de que el fenotipo y el genotipo se reflejan entre sí.</p> <p style="text-align: center;">Existen dificultades para ubicar a los genes dentro del organismo humano dado que los estudiantes creen que sólo algunas células</p>	<p>Caballero, 2008; Íñiguez Porras y Puigcerver Oliván, 2001</p> <p>Lewis y Wood-Robinson, 2000</p> <p style="text-align: center;">Caballero, 2008</p> <p style="text-align: center;">Íñiguez Porras y Puigcerver Oliván, 2013</p> <p>Lewis y Wood-Robinson, 2000</p> <p style="text-align: center;">Kibuka-Sebitosi, 2007</p> <p style="text-align: center;">Marbach-Ad et al., 2008</p> <p>Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000</p> <p style="text-align: center;">Banet y Ayuso, 2000</p> <p>Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000</p> <p>Banet y Ayuso, 2000; Caballero, 2008</p> <p style="text-align: center;">Lewis y Kattmann, 2004</p> <p style="text-align: center;">Lewis y Kattmann, 2004</p> <p>Lewis, Leach y Wood-Robinson,</p>

<p>contienen material genético.</p> <p>Escasa comprensión de que los genes tienen una ubicación específica en un cromosoma.</p> <p>Los genes no son descriptos en términos genéticos más modernos.</p>	<p>2000</p> <p>Lewis y Wood-Robinson, 2000.</p> <p>Smith y Williams, 2007</p>
<p>La complejidad de la Genética</p> <p>La capacidad para explicar las relaciones genotipo-fenotipo depende de una adecuada comprensión del rol regulador de las proteínas en la expresión de los genes.</p> <p>Se encuentran dificultades para diferenciar y considerar los mecanismos moleculares que explican los fenómenos genéticos.</p> <p>Los fenotipos de un organismo están en el nivel macroscópico, mientras que las células y los cromosomas están en el nivel microscópico, el ADN está en el nivel submicroscópico y los genotipos están en el nivel simbólico.</p> <p>No se conectan los genes con las proteínas y los fenotipos y, como consecuencia, no se reconoce la importancia de las proteínas en este proceso.</p> <p>Escasa comprensión entre un gen (una secuencia química) y el efecto de ese gen (su expresión como característica o rasgo).</p> <p>Existen dificultades para entender que los genes no codifican directamente los rasgos.</p> <p>Desconocimiento de cómo los genes determinan las características de los seres vivos.</p> <p>No se comprenden el “lenguaje” del código genético.</p> <p>En general, las dificultades se presentan porque el razonamiento para comprender que los procesos genéticos involucran múltiples niveles, ontológicamente distintos, de organización biológica.</p>	<p>Duncan y Reiser, 2007; Todd y Kenyon, 2015; Tsui y Treagust, 2007; Venville y Donovan, 2008</p> <p>Lewis y Kattman, 2004</p> <p>Johnstone, 1991; Marbach-Ad y Stavy, 2000</p> <p>Lewis y Wood-Robinson, 2000; Marbach-Ad y Stavy, 2000</p> <p>Lewis y Kattmann, 2004</p> <p>Marbach-Ad, 2001; Venville, Gribble y Donovan, 2005</p> <p>Lewis y Wood-Robinson, 2000</p> <p>Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000 Duncan et al., 2011</p>
<p>Concepciones deterministas</p> <p>La atribución exclusiva a los genes de la presencia o ausencia de determinadas características.</p> <p>El determinismo biológico presente en los libros de texto donde no se incluye la palabra epigenética ni se debate sobre la noción de determinismo genético.</p> <p>La mayoría las investigaciones han insistido en la importancia de las interacciones entre varios niveles de organización biológica, siendo el ADN uno de estos niveles sin embargo la enseñanza se sigue centrando únicamente en el determinismo del genotipo por el fenotipo.</p>	<p>Lewis, Leach, y Wood-Robinson, 2000; Puig y Jiménez Aleixandre, 2011</p> <p>Puig y Jiménez Aleixandre, 2015</p> <p>Ageitos Prego y Puig, 2016; Lewontin, 2000</p>

Tabla 1: Principales dificultades asociadas al aprendizaje de la Genética.

En esta tesis, las últimas tres categorías son las de relevancia ya que las dificultades que se encuentran en ellas también dificultan el aprendizaje de la IG. Por un lado, la naturaleza abstracta de la Genética y la complejidad que implica su comprensión pueden ser salvadas con la utilización de modelos escolares ya que funcionan como un puente entre las y los estudiantes y la realidad a través de modelos científicos. Los modelos de enseñanza son útiles en el aula, ya que permiten al estudiantado examinar fenómenos científicos abstractos de una manera que se adapte a su capacidad cognitiva y de esta manera construir saberes (Rotbain, Marbach-Ad y Stavy, 2006). Pero para la construcción de saberes respecto a la IG se requiere del aprendizaje previo de conceptos como ADN y su transmisión. Al respecto, diversas investigaciones muestran que la falta de conocimiento respecto a la IG se encontraría relacionada con el escaso conocimiento de las y los estudiantes respecto a puntos clave de la Genética, como el ADN y su transmisión (de la Vega Naranjo et al., 2018).

2.2.3. La Enseñanza de la Ingeniería Genética

La IG está preparada para convertirse en una de las revoluciones científicas más importantes del siglo XXI (Muñoz de Malajovich, 2010). Se trata de una disciplina que involucra a la Genética, la Biología molecular, la ingeniería, la bioquímica entre otros campos. Se puede considerar a la IG como un conjunto de actividades basadas en conocimientos multidisciplinarios que utiliza agentes biológicos para realizar productos útiles (Muñoz de Malajovich, 2006). Se trata de un ejemplo de ciencia moderna que proporciona a las y los docentes un contexto para mostrar cómo la comunidad científica y la tecnológica trabajan colaborativamente y también brinda oportunidades para el análisis y el debate de dilemas y problemas que se derivan de los desarrollos de este campo siendo la IG un rico contexto para vincular al estudiantado con su vida cotidiana (France, 2007). En efecto, la importancia de la educación en IG ha sido reconocida en varios marcos curriculares en todo el mundo (Yarden y Yarden, 2013).

En este contexto, el conocimiento científico se convirtió en una necesidad para la formación integral de la ciudadanía del siglo XXI (Díaz Moreno y Jiménez-Liso, 2012) ya que en las sociedades se encuentran presentes nuevos productos y procesos obtenidos a través de la IG (Aznar Cuadrado, 2000; Jiménez Aleixandre, 2000). Además, muchos avances que involucran a la IG son divulgados por medios masivos de comunicación cuando la población no se encuentra preparada para emitir opiniones fundamentadas sobre

dichos avances (Pedrancini, Corazza-Nunes, Bellanda Galuch, Olivo Rosas Moreira y Carvalho Nunes, 2008). Al respecto, en los últimos años diversas investigaciones hicieron hincapié en la presencia de un déficit conceptual y actitudinal de las y los estudiantes frente a procesos afines con la IG (de la Vega Naranjo et al., 2018) que se asocia a una falta de conocimiento sobre los principios básicos de la IG (Lewis y Wood-Robinson, 2000).

Frente a este escenario, en los últimos años la IG fue incluida en los currícula de muchos países en el marco de la Biotecnología (France, 2007). En Argentina, la Biotecnología se incluyó en el año 1993 a través de la Ley Federal de Educación N° 24.195 (Occelli y Valeiras, 2010). Pero, la mera inclusión de dichos contenidos en los planes de estudios no es suficiente para que estos se desarrollen de manera efectiva en las aulas (Occelli et al., 2015). Uno de los problemas más significativos radica en que los métodos de la Biología molecular involucrados en la IG son desconocidos para la mayoría de las y los estudiantes porque se encuentran alejados de su vida cotidiana y porque por lo general no tienen la oportunidad de experimentar con ellos de manera práctica en el laboratorio escolar (Yarden y Yarden, 2013). Además, dichos métodos involucran un desafío intelectual para la comprensión del estudiantado ya que implican detalles minuciosos y conceptos abstractos (Falk, Brill y Yarden, 2008). Este escenario fomentó el desarrollo de diversas investigaciones educativas para resolver los interrogantes respecto a la enseñanza y al aprendizaje de la IG. A continuación se presentan, en orden cronológico, los resultados más relevantes que se constituyen en antecedentes para esta tesis.

En Inglaterra Wood-Robinson et al. (1998) realizaron un estudio para conocer qué conocimientos tenían las y los estudiantes sobre IG. Una proporción del grupo indicó que se trataba de un mecanismo, otra fracción hizo referencia a un propósito y el resto hizo alusión a actitudes sobre esta tecnología. Quienes indicaron que se trataba de un mecanismo describieron la manipulación del ADN con cierta precisión pero otra parte solo la indicó de forma ambigua. Cuando se les consultó a las y los estudiantes respecto a los propósitos de la IG, la mayoría señaló que servía para diseñar organismos a medida y al pedirles que ejemplificaran se inclinaron por la agricultura o por derivados medicinales.

En otra investigación, en España, Aznar Cuadrado (2000) presenta una revisión bibliográfica donde muestra que, tanto personas adultas como estudiantes conocen el término Biotecnología, pero no lo comprenden siendo conscientes de que ello no les permite tomar decisiones argumentadas al respecto. En cuanto a las actitudes, perciben mayores riesgos en las aplicaciones realizadas a los alimentos, que a las plantas de jardín o

destinadas a la alimentación del ganado. Como fuentes de información reconocen a varios ámbitos que no incluyen a la enseñanza formal.

Por su parte, Dawson y Schibeci (2003) en Australia encontraron que las actitudes de las y los estudiantes no difirieron en función de la información que poseían sobre los procesos biotecnológicos sino que lo hacían en función al tipo de organismo involucrado en los procesos de IG siendo más aceptaba en plantas que en animales por ser considerada “antinatural, peligrosa o no ética” y en el caso del ser humano sólo para el tratamiento de enfermedades. Si bien estas actitudes positivas pueden ser el resultado de una mayor comprensión de la IG, argumentaron que las y los estudiantes que optaron por estudiar Biología tienen una actitud más positiva hacia esta ciencia respecto estudiantes que cursen otras disciplinas. Además plantearon la necesidad de una educación en Biotecnología que incluya aspectos sociales, éticos y políticos para que el estudiantado elabore opiniones argumentadas en base a sus conocimientos.

En lo referente al concepto de Biotecnología Cabo, Enrique, García-Peña y Cortiñas (2005) en España encontraron en su investigación que sólo el 11% del estudiantado que participó del estudio definió correctamente a la Biotecnología. Las demás respuestas se agrupaban en aquellas categorías donde la Biotecnología era definida de acuerdo a la etimología de la palabra, en expresiones que involucraban a la transgenia y a la Genética o como una ciencia. En relación a los beneficios y perjuicios de la Biotecnología, la mayor parte del estudiantado indicó que presentaba más beneficios que perjuicios. Respecto a la utilización de bacterias modificadas genéticamente a través de la IG para biorremediación, la mayoría señaló que sí las utilizarían pero la generalidad del estudiantado expresó que no consumiría en ningún caso alimentos transgénicos. En cuanto a la clonación, la opinión de la mayoría es contraria cuando su uso es con fines reproductivos pero favorables cuando es con fines terapéuticos.

En Eslovaquia (Prokop, Lešková, Kubiátko y Diran, 2007) reportaron que la mayoría de las y los estudiantes saben que los procesos biotecnológicos están asociados con cambios en el ADN y que pueden resultar en un aumento de la productividad y en la resistencia de los organismos contra ciertas enfermedades, sin embargo la hormona del crecimiento humano no era conocida como un producto de la IG. En relación a las actitudes frente a derivados de la tecnología del ADN_r, el estudiantado considera que la modificación génica es dolorosa para los animales y que existen sustancias peligrosas en los organismos transgénicos. Encontraron una correlación positiva entre las actitudes hacia los productos y

procesos de la IG y el conocimiento respecto a los derivados de la IG. Un factor importante en este aspecto es la legislación vigente en cada país respecto al consumo de alimentos transgénicos, donde están prohibidos por ley, tienen una disposición más contraria al uso de estas técnicas que en países donde su uso está permitido y extendido.

Resultados similares encontraron Usak et al. (2009) en Turquía. Sus principales resultados sugieren que, aunque las y los estudiantes tienen una apreciación positiva de la Biotecnología/IG en el ámbito agrícola, la comprensión de los procesos que involucra la IG es superficial y las actitudes hacia la compra de productos modificados genéticamente son, por lo tanto, negativas. Todo el estudiantado acordó que el uso de organismos transgénicos debe ser regulado. Además, el uso de microorganismos genéticamente modificados a través de la IG en la descomposición de las aguas residuales humanas parece ser más aceptable entre las y los estudiantes porque no existe un riesgo perceptible directo. Respecto a la utilización de animales para producir medicamentos para el ser humano, la actitud fue positiva. La correlación significativa entre el conocimiento y las actitudes apoyan la idea de que la conciencia pública se encuentra vinculada positivamente con una mayor apreciación de la IG.

En otras investigaciones desarrolladas en Brasil, Pedrancini et al. (2007 y 2008) encontraron que todo el estudiantado que participó de su estudio había escuchado hablar sobre transgénicos en periódicos, revistas, televisión o en la escuela. En las respuestas de las y los estudiantes se repetían las expresiones “organismo, animal, planta o alimento genéticamente modificado” pero la mayoría no pudo explicar el significado de transgénico y solo una parte lo explicó aproximándose al concepto científico mostrando que las ideas del estudiantado reproducen informaciones confusas y fragmentadas considerándose como sinónimo un organismo transgénico y uno modificado genéticamente. De este estudio también se desprendió que solo un pequeño porcentaje de estudiantes conoce el proceso para la obtención de un organismo transgénico y que las posibles ventajas y desventajas de dichos organismos se desprendían de las enunciadas en los medios de comunicación. En relación al conocimiento de algún organismo transgénico, la mayoría del estudiantado hizo referencia a los ejemplos más difundidos (soja, maíz, tomates y papa) y en relación al uso de transgénicos una fracción de las y los estudiantes indicó no saber si había utilizado algún transgénico, otra parte hizo alusión a que no había utilizado y un último grupo se inclinó por alimentos y cultivos no mencionándose en ningún caso los derivados de la medicina (hormonas recombinantes). Respecto a las ventajas se destacaron la resistencia a herbicidas y patógenos, mayor productividad, reducción en la utilización de agroquímicos, aumento

del valor nutricional, la prolongación de la maduración, entre otros. En relación a las desventajas la gran parte de las respuestas se agrupaban en las categorías que implicaban perjuicios a la salud y al ambiente.

En Suecia, Ekborg (2008) investigó respecto al conocimiento y actitudes hacia las modificaciones genéticas. Encontró que una gran proporción de estudiantes no comprendían la diferencia entre un cultivo convencional y un cultivo producido con IG y tampoco conocían cómo se realiza la evaluación de riesgos de las aplicaciones biotecnológicas. Con respecto a las actitudes, las y los estudiantes expresaron sus temores en relación al cultivo de transgénicos y lo justificaron con su desconocimiento de los riesgos de incluir nuevos genes en los ecosistemas y la posibilidad de perder el control de lo que se estaba haciendo. Se recalca que el estudiantado necesita discutir temas sociocientíficos y que para realizarlo necesitan, no solo de los conocimientos conceptuales básicos sino también de conocimientos específicos de casos reales y de conocimientos sobre la naturaleza de la ciencia y de su metodología.

En la India, Mohapatra et al. (2010) identificaron que la aceptación de productos obtenidos utilizando IG por parte de las y los consumidores depende del organismo involucrado. Al respecto, las aplicaciones biotecnológicas que utilizan microorganismos o plantas son bien aceptadas. En el caso de los animales sólo son consentidas en aplicaciones como la producción de medicamentos. Expresaron que la falta de educación sobre Biotecnología/IG ocasionó el malestar público concurrentemente con la producción y comercialización de productos derivados de la IG. Además, las controversias que se generan en torno a ellos implica un conjunto complejo de compensaciones, porque es difícil de predecir, el impacto a largo plazo y porque diferentes cultivos modificados genéticamente tienen diferentes riesgos y beneficios.

En Argentina Occelli, Malin Vilar y Valeiras (2011) obtuvieron resultados que muestran que gran parte de las y los estudiantes no comprenden el término Biotecnología a excepción de quienes recibieron en su educación formal un espacio curricular específico sobre el tema. En relación a los posibles riesgos, no encontraron un consenso, por parte del estudiantado, respecto a si la Biotecnología puede o no causar enfermedades pero sí acordaron en que es posible que muchos de los alimentos que consumen diariamente provengan o deriven de organismos transgénicos y que los mismos deberían estar etiquetados. La percepción del estudiantado hacia la Biotecnología fue positiva respecto a las mejoras que podría brindar y se reconoció la importancia de que exista un control en

tales investigaciones. Respecto a los espacios de información, se reconoció a la escuela como el medio más utilizado para informarse en relación a estos contenidos.

En EE.UU. Teegne, Aziz, Bhavsar y Wiemers (2013) encontraron que las percepciones y las actitudes hacia la Biotecnología diferían significativamente entre estudiantes que tenían antecedentes rurales en comparación con los que provenían de áreas urbanas. Además existían diferencias de actitudes hacia la IG estadísticamente significativas entre estudiantes matriculados en Ciencias Sociales y los de Ciencias Biológicas. En relación al uso de la Biotecnología, la mayor parte del estudiantado apoyó su uso en la creación de nuevos medicamentos y tratamientos para enfermedades humanas sin embargo una escasa proporción estaba a favor de su uso en el desarrollo de variedades de cultivos y razas animales. Encontraron que las actitudes frente a procesos y productos derivados de la IG son más favorables en las personas mejor formadas respecto a esta ingeniería emergente. Una actitud imparcial hacia la IG por parte del estudiantado debe basarse en una comprensión objetiva de los problemas, ya que son potenciales consumidores, productores y responsables políticos.

Ruiz González et al. (2017), en España, encontraron que, luego de la formación específica en Biotecnología, las y los estudiantes pueden construir una concepción tradicional del término por lo que consideran necesario la incorporación de esta temática en las aulas de ciencia para que el estudiantado pueda participar en debates a partir de opiniones fundamentadas con conocimientos científicos y no en sensacionalismos promovidos por los medios de comunicación.

En España, de la Vega Naranjo et al. (2018) encontraron que la falta de conocimiento por parte de las y los estudiantes respecto a conceptos relacionados a la Biotecnología se relacionan directamente con el escaso conocimiento sobre puntos clave de la Genética como el conocimiento del ADN y su transmisión. Las actitudes del estudiantado hacia los diferentes procesos biotecnológicos, se encuentran influenciadas directamente por su propio conocimiento sobre el tema, pero también por sus propias concepciones procedentes de su entorno social. En este sentido, se encontraron opiniones favorables respecto al uso de microorganismos y la producción de tratamientos para enfermedades. Sin embargo cuando los procesos biotecnológicos involucraban a plantas y animales las opiniones se volvían desfavorables. Aquí se observa que el desacuerdo en el uso de la IG aumenta de acuerdo al grado de complejidad de los organismos utilizados en dichos procesos. En relación al ser humano, sólo es aceptada en algunos casos cuando

involucran mejoras en la salud.

Todas las investigaciones mencionadas anteriormente muestran que, a pesar del cierto desconocimiento de la IG, las controversias sociocientíficas son un recurso recurrente en las clases de ciencia y en las investigaciones didácticas (Jiménez-Liso, Hernández-Villalobos y Lapetina, 2010). Las investigaciones mostraron que la opinión de las y los estudiantes respecto a la IG muchas veces es incorrecta porque reproducen ideas sensacionalistas y equivocadas divulgadas por los medios de comunicación. La mayor parte de la comunidad científica juzga que los beneficios superan los posibles riesgos de la IG por lo tanto uno de los roles del currículum de ciencias es preparar a las y los estudiantes para que sean parte de una ciudadanía con conocimientos básicos sobre IG (Prokop et al., 2007) evitando abordajes reduccionistas y deterministas por medio de una enseñanza transdisciplinar y contextualizada (Roa Acosta y Valbuena Ussa, 2013).

Desde la escuela corresponde promover una educación que permita a las y los jóvenes contar con información sobre las aplicaciones y las prácticas de la IG como así también de las implicancias éticas y sociales que se derivan para poder tomar decisiones conscientes críticas y adecuadas para contribuir en un futuro en el debate público (Dawson y Schibeci, 2003; Pedrancini et al., 2008; Usak et al., 2009).

Para lograr dichas metas, la incorporación de la modelización puede convertirse en un modo de aproximación a la actividad científica para promover el desarrollo de habilidades intelectuales que promuevan la comprensión del mundo natural (Ocelli y Valeiras, 2019). En lo referente a la Genética, la comunidad científica construye modelos explicativos para dar cuenta de una variedad de fenómenos (Cartier, 2000) y en el ámbito educativo la utilización de modelos como herramientas promueve la transformación de ideas, conceptos y teorías abstractas por parte del estudiantado (Venville y Donovan, 2008).

2.2.4. Los modelos en la Enseñanza de la Genética y de la Ingeniería Genética

La IG plantea temáticas vinculadas a los desafíos actuales de la alfabetización científica y demanda de la comprensión de muchos fenómenos, procesos y agentes biológicos microscópicos que requieren de altos niveles de abstracción para su entendimiento (France, 2007). En ese escenario, la modelización se presenta como una vía para mejorar la comprensión de procesos que no son visibles a simple vista y que tienen

lugar en diferentes niveles (Venville y Dawson, 2010). A continuación se expondrán algunas investigaciones educativas relacionadas a la Genética y a la IG en las cuales se incluyeron a los modelos o a la práctica de la modelización donde queda sugerido que los modelos pueden asumir una diversidad de roles en la educación científica (France, 2007).

En su investigación, Sadler (2004) indicó que integrar las prácticas de la modelización y de la argumentación, en este caso con temas referidos a la salud relacionados con la Genética, implica recurrir a un enfoque de enseñanza donde los procesos de razonamiento tengan prioridad respecto a los resultados. Este aspecto cobra especial relevancia en enfermedades con un componente genético las cuales deben ser comprendidas para tomar decisiones argumentadas evitando el determinismo biológico (Ageitos Prego et al., 2017). A su vez, otros resultados indicaron que la modelización ayudó al estudiantado a arribar a una explicación referente a la expresión de los genes construyendo explicaciones y revisando los modelos construidos donde se destaca que al momento de justificar sus modelos, las y los estudiantes lograron ampliar sus explicaciones sobre la expresión de los genes (Ageitos Prego y Puig, 2016).

En este tipo de actividades cobra relevancia el diseño de representaciones basadas en modelos porque le ofrece al estudiantado la posibilidad de establecer modificaciones de algunas características y observar luego el efecto de dichos cambios en el comportamiento de las simulaciones (Develaki, 2019). En esta línea, las potencialidades de las simulaciones para respaldar al aprendizaje utilizando modelos y el razonamiento en Biología ilustra el potencial de las representaciones multinivel, vinculadas y basadas en simulaciones para fomentar el aprendizaje basado en modelos (Buckley y Quellmalz, 2013).

En línea con lo anterior, los entornos multimedia de instrucción en general y las animaciones en particular tienen un gran potencial para mejorar la forma en que las personas aprenden (Kelly y Jones, 2007). Cuando una animación simula procesos reales que incluyen, por ejemplo, movimiento, permite que las y los estudiantes ejecuten experimentos virtuales que de otra manera no serían factibles en un laboratorio escolar y les permite enfocarse en conceptos abstractos particulares (Yarden y Yarden, 2013). Por su parte, Johnson y Stewart (1998) encontraron que, en general, las y los estudiantes fueron capaces de proponer modelos durante la realización de ejercicios de Genética pero luego no los revisaban ni evaluaban.

En este contexto resulta de interés incluir la utilización de animaciones en Genética

especialmente cuando se enseñan procesos dinámicos considerando la llegada de la tecnología informática que se está utilizando ampliamente en el aprendizaje de las ciencias (Treagust y Tsui, 2013). Al respecto, docentes e investigadores aconsejan el uso de animaciones computacionales u otras herramientas digitales cuando se enseñan procesos dinámicos destacando el potencial de este tipo de herramientas (Marbach-Ad et al., 2008) coincidiendo en que la visualización y la modelización constituyen un componente importante en el desarrollo de la ciencia (Gilbert, Justi y Aksela, 2003). Además, posicionar a las y los estudiantes en creadores de modelos y de simulaciones les brinda un potencial cognitivo que promueve su actividad como productores y no solamente como usuarias y usuarios de este tipo de tecnologías.

2.3. La programación mediante Scratch y el Pensamiento Computacional en la Enseñanza de las Ciencias

2.3.1. La programación en los escenarios educativos

Los objetos programables controlados por software se encuentran en todos los aspectos de la vida cotidiana creando ecosistemas digitales (Manovich, 2013). La interactividad se encuentra presente en todas partes, desde videojuegos hasta cerraduras electrónicas, incluyendo aplicaciones de teléfonos móviles, entre otras. Así como se valoran las habilidades para consumir (leer) y para crear (escribir) un texto, la capacidad de consumir medios interactivos debe ir acompañada de habilidades complementarias para crear medios interactivos (Brennan, Monroy-Hernández y Resnick, 2010). En este escenario tener la habilidad de manejar el lenguaje de las computadoras se considera un nuevo alfabetismo indispensable para participar de la realidad digital (Román-González, 2015), se trata de, según Rushkoff (2010), programar o ser programado.

Sumado a lo anterior y dado el creciente rol que ocupa la informática en la educación, la comprensión de cómo las personas interactúan con las computadoras y aprenden a pensar a través de lenguajes informáticos se convirtió en un área de interés para las investigaciones en educación y medios de comunicación (*National Research Council, NRC, 2010*). Sin embargo, no existe un consenso de cómo deben incluirse estos contenidos en el sistema educativo (Grover y Pea, 2013). En los últimos años surgieron iniciativas que invitan al estudiantado, desde edades tempranas, a acercarse a la programación y al PC (Wing, 2006). Iniciativas de este tipo se encuentran en todos los continentes con dos

enfoques muy diferentes en relación a los objetivos y a la metodología con que dichos contenidos son introducidos en los currícula. Inglaterra y Eslovaquia, por ejemplo, propusieron una asignatura específica centrada en el desarrollo de habilidades informáticas mientras que Estonia o Finlandia optaron por usar estas habilidades como un instrumento para el aprendizaje de otras asignaturas (Bocconi, Chiocciariello, Dettori, Ferrari y Engelhardt, 2016). Estas propuestas consideran a la programación como una actividad para el desarrollo de competencias relacionadas con la realidad del mundo laboral y personal de las y los estudiantes (Vázquez-Cano y Ferrer Delgado, 2015). Sin embargo investigaciones demuestran que la mayoría de las y los jóvenes perciben a la programación como demasiado teórica al no tener conocimiento de las habilidades que implica (Kafai, Fields y Burke, 2012).

En Argentina, a través de la Resolución Ministerial N° 1410/2018 se incorpora la programación y la robótica a la educación obligatoria. No se instalan como fin último sino que se consideran saberes para desarrollar la alfabetización digital. La JISC (*Joint Information Systems Committee*) define a la alfabetización digital como aquellas capacidades que les permiten a las personas vivir, aprender y desempeñarse en una sociedad digital. En el caso de la educación secundaria uno de los objetivos de la inclusión de la programación hace referencia a la utilización del PC para desarrollar proyectos de robótica o programación física, de modo autónomo, crítico y responsable, construyendo soluciones originales a problemas del entorno social, económico, ambiental y cultural de las y los estudiantes

En este contexto, el construccionismo en donde se considera que las experiencias de aprendizaje más efectivas surgen de la actividad de construcción de todo tipo de cosas, incluida la construcción de programas informáticos, cobra relevancia (Brennan y Resnick, 2013). Seymour Papert, quien participó en el desarrollo del lenguaje de programación Logo en el MIT en la década de 1960, en su libro *Mindstorms* (1980) explicaba que “al programar una computadora, las niñas y los niños adquieren un sentido de maestría frente a uno de los tipos de tecnología más potente y novedosa, y establecen un contacto íntimo con algunas de las ideas más profundas de las ciencias, las matemáticas y la construcción de modelos intelectuales”. Bajo este paradigma, se considera que el aprendizaje y la creatividad se mejoran a través de la interacción con pares ya que se trata de procesos sociales (Brennan y Resnick, 2013). Particularmente en el ámbito de la cultura digital, las usuarias y los usuarios forman nuevas ecologías de aprendizajes caracterizadas por la motivación, participación y colaboración porque la creación de programas no es un proceso

que se realice de modo aislado sino en un contexto social. En este sentido, el uso de herramientas digitales y entornos virtuales permiten que niñas y niños, cuando se encuentran utilizando una computadora, busquen asistencia en sus pares aumentando la socialización (Valdeverde Berrocoso et al., 2015).

En este escenario, se vienen creando en todo el mundo, desde 1993, comunidades de programación para jóvenes siendo “Computer Clubhouse”, fundado por Michael Resnick, uno de los más reconocidos formando parte de su red en Argentina el proyecto “Puerta 18” (<http://www.puerta18.org.ar/>). En estos espacios se proponen actividades para el desarrollo de competencias del siglo XXI a partir de la resolución de problemas auténticos, del desarrollo de la creatividad y del trabajo colaborativo (Moreno-León, Robles y Román-González, 2016; Valverde Berrocoso et al., 2015). En sintonía con lo anterior, se fundaron proyectos como “Code.org” (<http://code.org/>) que busca concienciar sobre las ventajas de la enseñanza de la programación en las escuelas. Similar al anterior, la “Hora del Código” (<https://hourofcode.com/es>) es un movimiento global que llega a decenas de millones de estudiantes en más de 180 países que busca enseñar a programar a partir de los cuatro años (Vázquez-Cano y Ferrer Delgado, 2015).

Uno de los primeros lenguajes creados para la enseñanza de la programación fue Logo que luego dio lugar al desarrollo de otros lenguajes, Scratch es uno de ellos. Fue creado por Resnick y colaboradores en el MIT con el propósito de desarrollar un enfoque de la programación que atrajera a personas que no se habían imaginado anteriormente como programadores, es decir que resultara fácil para todas las edades y para diversos intereses. Esta consideración radica en que, aunque gran cantidad de jóvenes interactúan con medios digitales todo el tiempo solo una escasa parte son capaces de crear sus propios juegos, animaciones, o simulaciones, es como si pudieran "leer" pero no "escribir" (Resnick, Maloney, Monroy-Hernández, Rusk, Eastmond, Brennan, Millner, Resenbaum, Silver, Silverman y Kafai, 2009). Otras investigaciones muestran que, cada vez más jóvenes actúan regularmente como creadores de contenido y programadores informales ya sea modificando el timbre de un teléfono celular o creando contenido para un sitio web social (Lenhart y Madden, 2007). Sin embargo, modificar el timbre de un teléfono celular no es lo mismo que escribir y comprender un algoritmo por lo que las y los jóvenes requieren de nuevas competencias con dimensiones más técnicas y creativas (Kafai y Field, 2009). En este escenario, la capacidad de programar amplía enormemente el rango de lo que las y los jóvenes pueden crear y de qué manera se pueden expresar utilizando las computadoras. En particular, la programación apoya el desarrollo del PC y dado que implica la creación de

representaciones externas en los procesos de resolución de problemas, brinda oportunidades para reflexionar sobre el propio pensamiento (Resnick et al., 2009). En este sentido, la programación permite materializar el pensamiento mediante acciones cognitivas sobre programas, videojuegos y robots al posicionar a las y los estudiantes frente a procesos de autocorrección y búsqueda de errores (Valverde Berrocoso et al., 2015; Vázquez-Cano y Ferrer Delgado, 2015). La programación brinda la posibilidad de proponer soluciones a situaciones problemáticas actuales potenciando e integrando saberes de diferentes campos escolares (Martínez y Echeveste, 2018).

En resumen, la programación se percibe como una herramienta significativa de incluir en los diferentes niveles educativos (Kalelioğlu y Gülbahar, 2014). Sin embargo, para que se produzcan aprendizajes significativos se requiere de un profesorado formado en la programación como herramienta didáctica (Hazzan, Gal-Ezer y Blum, 2008). La programación no es solo una competencia cognitiva que se utiliza para diseñar códigos, es también una competencia social y cultural que se usa para participar en grupos (Valverde Berrocoso et al., 2015) y una de las mayores comunidades que la representa es Scratch.

2.3.2. El lenguaje de programación Scratch

Desde su lanzamiento al público en mayo de 2007, el sitio web de Scratch (<http://scratch.mit.edu>) se ha convertido en una comunidad en línea vibrante, con personas compartiendo, discutiendo y remezclando proyectos (Resnick et al., 2009). Scratch se constituyó en una de las más grandes comunidades de aprendizaje siendo utilizado masivamente en todo el mundo con más de siete millones de usuarias y usuarios y más de 10 millones de proyectos compartidos por niños, niñas y jóvenes (Moreno-León et al., 2015). Uno de los principales objetivos de Scratch es que la programación se incluya en los entornos educativos para el desarrollo de habilidades y para mejorar el aprendizaje en otras disciplinas utilizando la creatividad para expresar ideas (Resnick, 2013; Resnick et al., 2009). Al respecto, fue incluido en escuelas primarias (Moreno-León y Robles, 2015), en escuelas secundarias (Meerbaum-Salant, Armoni y Ben-Ari, 2013), en universidades (Malan y Leitner, 2007) y en actividades extracurriculares (Kafai, Field, Roque, Burke y Monroy-Hernández, 2015)

Scratch tiene sus orígenes en el lenguaje de programación Logo creado en la década de 1960 con el propósito de introducir a las niñas y los niños en el uso de las computadoras

como instrumentos para el aprendizaje y para mejorar la creatividad (Papert, 1980). Años más tarde, con el surgimiento de las computadoras personales, el interés por la programación creció. El impacto de la programación con Logo fue protagonista de varias revisiones en la bibliografía educativa (Moreno-León et al., 2016). Sin embargo, el interés por su utilización fue disminuyendo con el tiempo y Resnick et al. (2009) indican que los siguientes factores pudieron incidir en dicho desinterés inicial: los lenguajes de programación iniciales eran demasiado difíciles de usar y gran cantidad de niñas y niños simplemente no podían dominar la sintaxis de la programación; la programación se introdujo con actividades que no estaban conectadas con los intereses de las y los jóvenes y finalmente la programación fue introducida en contextos donde nadie podía proporcionar orientación. En este escenario surge Scratch el cual fue diseñado en el Lifelong Kindergarten del Media Laboratory del MIT (Universidad de California, Los Ángeles) por Resnick y su equipo. Para cumplir con los objetivos de Scratch, sus creadores establecieron tres principios básicos: que sea más creativo, más significativo y más social que otros entornos de programación.

En relación a proponer un entorno más creativo, el equipo del MIT trabajó muchos años ayudando a desarrollar Lego Mindstorms y otros kit de robótica y la manera en que las niñas y los niños jugaban y construían con los ladrillos Lego llamaba su atención. Cuando jugaban iban construyendo y sus metas iban avanzando, querían que la programación con Scratch fuera similar. Por tal motivo, la gramática de Scratch se basa en bloques gráficos que se unen para crear programas. No existe una sintaxis de programación ya que los bloques tienen forma para encajar solo en las formas que tienen sentido sintáctico. El término “scratch” proviene del nombre dado a una técnica llamada “scratching” por la cual DJ’s experimentan con la música a base de reproducir los discos de vinilo hacia delante y hacia atrás con sus manos, mezclando clips de música de forma creativa. La programación en Scratch intenta ser algo similar, mezclando gráficos, animaciones, fotos, música y sonido de una forma altamente interactiva.

Respecto a plantear un entorno más significativo, se sabe que las personas aprenden mejor cuando trabajan en forma personal en proyectos significativos, entonces al momento de diseñar Scratch los diseñadores le dieron prioridad a dos criterios: la diversidad (donde los proyectos pueden adquirir forma de historias, juegos, animaciones, simulaciones) por lo que las personas con intereses muy variados son capaces de trabajar en proyectos que les incumben y la personalización que permite la importación de fotos y música, la grabación de audios, entre otros.

Finalmente, en relación a crear un entorno que fuese más social, el desarrollo del lenguaje de programación Scratch está estrechamente relacionado con el desarrollo de su sitio web. Para que Scratch tenga éxito, el lenguaje debe estar vinculado a una comunidad donde las personas puedan apoyarse, colaborar y criticarse constructivamente. El concepto de compartir está integrado en la interfaz de Scratch, con un ícono “compartir” en la parte superior de la pantalla donde las personas una vez que crearon sus proyectos lo comparten con demás usuarias y usuarios.

Además de las características anteriormente mencionadas, Scratch posee otras que se pueden considerar ventajosas para su uso (España Sanjuan, 2017):

- Se trata de una plataforma muy desarrollada y tanto la web como la aplicación están constantemente actualizadas y se encuentran en más de 40 idiomas.
- El sitio web permite darse de alta mediante una cuenta de scratcher (denominándose de esta manera a las usuarias y a los usuarios de Scratch) para así poder compartir los proyectos creados, comentar, modificar y puntuar otros proyectos. De ahí su lema “Imagina, programa y comparte”.
- Está enfocado para jóvenes de entre 8 y 16 años aunque puede ser utilizado por personas de todas las edades. Su rango de mayor uso se encuentra entre los 8 y los 18 años.
- Todos los trabajos alojados en la web de Scratch incorporan la visualización de su código, permitiendo así, su ampliación o modificación por cualquier scratcher a través del trabajo colaborativo.
- Posee una comunidad en línea con dos secciones bien diferenciadas: una dedicada a la comunidad scratchers y otra dedicada a las y los docentes.
- Posee una amplia bibliografía tanto física como digital por lo que existen gran cantidad de tutoriales.
- Cada año se celebra el *Scratch Day* con el objetivo de conseguir que scratchers se reúnan y colaboren para crear proyectos y compartir sus experiencias e ideas.
- La aplicación se está extendiendo a plataforma móviles (smartphones e iPads).
- Permite la interacción con el mundo físico vinculándose con la robótica utilizando hardware como pueden ser las tarjetas PicoBoard, Rasperry Pi, Arduino, el kit de robótica LEGOWeDO o el Makey Makey.

Otras investigaciones plantean que Scratch posee ventajas en muchos niveles. Se trata de una programación real donde los resultados empíricos muestran que las usuarias y los usuarios pueden construir algo personalmente útil e interesante más rápido en los

lenguajes de programación basados en bloques que en los lenguajes típicos basados en texto, es decir, aprenden más y más rápido con lenguajes con las características de Scratch. Si alguna vez migran a lenguajes basados en texto, el conocimiento de los elementos de programación, como el control de flujo y las variables, se transfiere de bloques a texto permitiendo una transición entre ambos lenguajes (Guzdial, 2018).

Por su parte, Kordaki (2012) realiza un listado respecto a las oportunidades para el aprendizaje de la programación que proporciona Scratch: la interactividad y el estímulo multisensorial del sitio promueve el aprendizaje experimental activo; las y los scratchers deben enfatizar en el diseño de la solución algorítmica en lugar de memorizar las reglas sintácticas de un lenguaje de programación específico; provee un amplio conjunto de herramientas de codificación utilizables como patrones de programación y modelos para seleccionar y combinar estructuras de lenguaje y también implementar construcciones primitivas de programación, tales como condicionales, iteraciones, variables, etc.; suministra herramientas para construir una variedad de representaciones dinámicas, numéricas, textuales y audiovisuales enlazadas; promueve la activación y el uso de conocimientos previos para avanzar; evita la carga cognitiva que proviene de tener que adquirir el conocimiento necesario para enfrentar los problemas de programación típicos de un libro de la escuela; propone la resolución de problemas de apoyo; permite la visualización del programa y su resultado en una ejecución en tiempo real; fomenta la solución de varias tareas apropiadas; proporciona retroalimentación inmediata sobre las acciones de programación de las y los estudiantes para la autocorrección; se aprende de maneras diferentes a las que a menudo se usan en el entorno escolar y finalmente motiva a los usuarios y los usuarios.

Pero Scratch no solo motiva a las y los estudiantes en su primera incursión en la programación sino que también familiariza a personas inexpertas con los fundamentos de la programación sin la distracción de la sintaxis. Por supuesto, Scratch no proporciona todas las construcciones disponibles en otros lenguajes como puede ser Java. Pero enfatizar lo que le falta a Scratch es subestimar las posibilidades que ofrece siendo su simplicidad lo que atrae a las y los scratchers (Malan y Leitner, 2007).

En relación a lo anterior, estudios empíricos sobre los proyectos de Scratch sugieren que se utilizan poco las estructuras de control iterativo (permitir la repetición de una secuencia de instrucciones o ciclos), que rara vez se utilizan los booleanos (se trata de datos lógicos que adquieren valores de lógica binaria, por ejemplo verdadero o falso) o que se

utilizan muchos códigos duplicados (códigos que ocurren más de una vez dentro de una programación). En este sentido no toda la comunidad informática valora a Scratch pero reconocen que se pueden construir proyectos interesantes solo con algunos conceptos de la programación (Guzdial, 2018). Para construir códigos, el entorno de programación de Scratch (Fig. 2) contiene varios componentes:

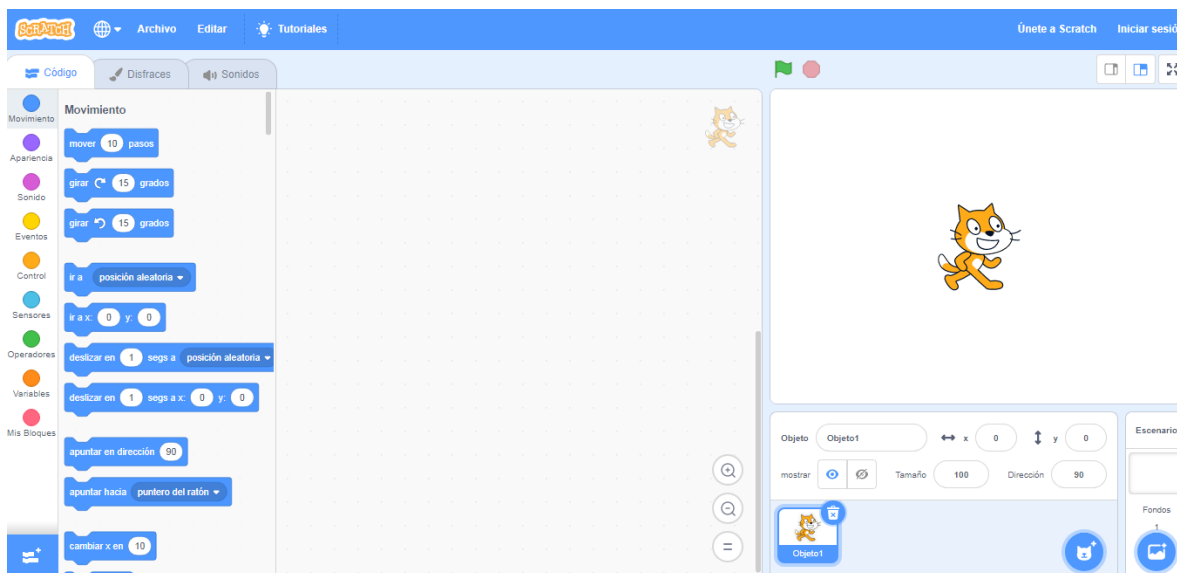


Figura 2: Interfaz de Scratch. A la izquierda se encuentran los bloques agrupados en diferentes categorías distinguidas con diferentes colores (movimiento-azul, apariencia-lila, sonido-púrpura, eventos-amarillo, control- anaranjado, sensores-celeste, operadores-verde, variables-anaranjado y finalmente en rosa los bloques creados por las y los scratchers). En el centro es donde se crean los códigos de programación arrastrando los bloques hacia ese espacio. A la derecha se observa como los diferentes códigos construidos modificarán las acciones de los sprites y de los escenarios. A su vez, en la parte inferior izquierda se encuentra el menú que permite trabajar con los sprites y los escenarios. Tomada de www.scratch.mit.edu

Los elementos básicos de Scratch son los objetos o *sprites*. Estos pueden ser desde los personajes del proyecto hasta los escenarios. Cada uno de los objetos puede tener uno o más disfraces, es decir, pueden cambiar de aspecto. Las instrucciones que se les pueden dar a los objetos se encuentran agrupadas en bloques de diferente color de acuerdo a su funcionalidad (movimiento, apariencia, sonidos, eventos, control, sensores, operaciones, variables y la posibilidad de construir bloques propios) (Fig. 2). Cada uno de los bloques encajan unos con otros formando programas o *scripts*.

La interfaz de Scratch se puede dividir en diversos elementos (España Sanjuan, 2017):

- Escenario: Es donde se puede observar el resultado de la programación de los objetos que se mueven e interactúan entre ellos y con el fondo
- Gestión de objetos: Aquí se encuentran la lista de objetos incluidos en el proyecto.
- Paleta de bloques: Se hallan distribuidas todas las instrucciones en apartados según su función
- Área de programación: Es donde se sitúan las instrucciones que se quiere que realicen los objetos.

Dadas las características hasta el momento señaladas, no sorprende de la existencia de varias experiencias que incluyen a Scratch como recurso pedagógico (Crook, 2009; Pepler y Kafai, 2007). Según Resnick (2013) Scratch está siendo introducido en el curriculum de diversos países porque se fomenta el espiral del pensamiento creativo promoviendo diferentes aprendizajes en las y los estudiantes. Al respecto, varias investigaciones muestran resultados favorables en relación a la inclusión de Scratch en ámbitos educativos.

Maloney, Pepler, Kafai, Resnick y Rusk (2008) analizaron proyectos de Scratch y encontraron que la interactividad con el usuario y los ciclos fueron comúnmente encontrados en los códigos. Los comandos de coordinación y sincronización también fueron bastante utilizados. Por otro lado, las operaciones booleanas, las variables y los números aleatorios son conceptos que no son fáciles de desarrollar si no se recibe instrucción, por tal motivo no fueron incluidas en los proyectos que desarrolló el estudiantado.

Por su parte, Calder (2010) indicó que Scratch demostró ser un espacio atractivo y relativamente fácil de usar para la resolución de problemas al tiempo que proporcionó un ambiente valioso para explorar conceptos matemáticos. Además, se constituyó en un espacio efectivo para alentar la comunicación y la colaboración. Resultó ser un medio por el cual los programas eran fáciles de componer y modificar, fomentando el uso de habilidades críticas, metacognitivas y reflexivas. Las sesiones de intercambio fueron cruciales para mostrar el trabajo realizado por las usuarias y los usuarios y para establecer dinámicas de ayuda colectiva para resolver los problemas en la programación. Scratch se convirtió en una oportunidad para que las y los estudiantes desarrollen su pensamiento, una competencia clave en el curriculum de Nueva Zelanda y Australia.

Kafai et al. (2012) se centraron en caracterizar a las usuarias y a los usuarios de Scratch. Encontraron que el software de Scratch permite que las y los scratcheres se involucren con el programa con sus propios sistemas de reglas. La informalidad de Scratch en la práctica social replica los entornos de programación informales que las y los jóvenes encuentran diariamente y conocen bien como por ejemplo sus smartphones. Indicaron que Scratch es una práctica prometedora para el ingreso del estudiantado a la programación al tiempo que va adoptando estrategias de especialistas.

En línea con lo anterior, Field, Giang y Kafai (2013) también se centraron en las usuarias y los usuarios de Scratch. Encontraron que solo un pequeño porcentaje de la población activa en Scratch participó creando, descargando y comentando proyectos. Otra porción de scratcheres priorizó el diseño de proyectos y su descarga. Indicaron que existen varios tipos de usuarias y usuarios de Scratch y que hacer un proyecto y descargar proyectos de otros son puertas de entrada para otras actividades más promisorias dentro de la programación.

Meerbaum-Salant et al. (2013) investigaron la utilización de Scratch y el desarrollo del PC. Encontraron que pocos proyectos incluyen bucles de repetición y variables ya que estos requieren de diferentes niveles estructurales y relacionales, es decir de mayores habilidades cognitivas. En el caso de la abstracción, considerada central en el desarrollo del PC, es uno de los conceptos más difíciles de percibir y es por este motivo que las y los estudiantes tienden a reducir a dicho concepto en sus proyectos. Sostienen que estas dificultades no son robustas y que pueden ser superadas por las usuarias y los usuarios.

Otras investigaciones señalan la tendencia creciente de incluir a Scratch en las universidades en cursos de informática para principiantes para la enseñanza de habilidades y conceptos de programación debido a los resultados positivos obtenidos en estudiantes de entre 8 y 18 años (Kalelioğlu y Gülbahar, 2014).

En resumen, Scratch ayuda al aprendizaje mediante el PC ya que se encuentra enfocado en actividades basadas en el diseño ofreciendo un gran abanico de herramientas para ayudar a resolver dichas actividades desde una perspectiva creativa, investigativa y exploratoria (Brennan y Resnick, 2012). Las y los estudiantes al programar y compartir sus proyectos de Scratch, comienzan a desarrollarse como pensadores computacionales: aprenden conceptos básicos de computación y a la vez también aprenden estrategias de diseño, resolución de problemas y otras formas de colaboración (Resnick, 2013).

2.3.3. El Pensamiento Computacional

A pesar de que el concepto de PC fue propuesto en el año 2006 por Jeanette Wing (Seymour Papert realizó una primera aproximación del mismo en el año 1980) a la fecha existen diferentes perspectivas e interpretaciones (Gouws et al., 2013). En un principio implicaba la resolución de problemas, el diseño de sistemas y la comprensión de la conducta humana haciendo uso de los conceptos fundamentales de la informática (Wing, 2006). Posteriormente, en el año 2008, Wing realizó una revisión de la definición original enunciando que “El PC incluye los procesos de pensamiento implicados en la formulación de problemas y de sus soluciones de tal modo que queden representados de una manera que pueda ser abordada de forma efectiva por un agente-procesador de la información, como una computadora”.

Al año siguiente, la Sociedad Internacional para la Tecnología en la Educación (*International Society for Technology in Education*, ISTE) junto con la Asociación de Docentes en Ciencias de la Computación (*Computer Science Teachers Association*, CSTA) y demás colaboradores desarrollaron una definición operacional del PC. Así el mismo quedó definido como “Un proceso de resolución de problemas (que incluye, pero no se limita a) las siguientes características”:

- Formular problemas de una manera que permita usar una computadora y otras herramientas para ayudar a resolverlos.
- Organizar y analizar lógicamente datos.
- Representar los datos a través de abstracciones como modelos y simulaciones.
- Automatizar las soluciones a través del pensamiento algorítmico (serie de pasos a seguir).
- Identificar, analizar e implementar posibles soluciones con el objetivo de lograr la combinación más eficiente y efectiva de pasos y recursos.
- Generalizar, es decir transferir este proceso de resolución de problemas a una amplia variedad de situaciones problemáticas.

Destacan que el PC es un enfoque para la resolución de problemas que posibilita la integración de las tecnologías digitales con las ideas humanas no reemplazando la creatividad y el pensamiento crítico sino reforzando dichas habilidades (ISTE y CSTA, 2011). Ulteriormente, en el año 2011, para aportar a la discusión, Wing propuso una nueva definición de PC: “El PC es el proceso de pensamiento involucrado en la formulación de problemas y sus soluciones para que las mismas se representen de una manera que puedan

ser efectivamente ejecutadas por un agente de procesamiento de la información pudiendo ser un humano o más frecuentemente una combinación entre un ser humano y una computadora”. De dicha definición se desprenden dos aspectos significativos para la educación. Por un lado el PC es un proceso de pensamiento, por lo tanto es independiente de la tecnología y por otro lado el PC es un tipo específico de resolución de problemas que conlleva al desarrollo de diferentes capacidades (Bocconi et al., 2016).

Posteriormente, en el año 2012, la *Royal Society* propuso que “El PC es el proceso de reconocer los aspectos de la computación en el mundo que nos rodea, y aplicar herramientas y técnicas de la informática para comprender y razonar sobre sistemas y procesos naturales y artificiales”. El equipo de Scratch del MIT, en el 2015, definió al PC como “Un conjunto de conceptos, prácticas y perspectivas que se basan en las ideas del mundo de la informática”. Resnick (2013) expresa que el PC no es simplemente una forma de aprender habilidades de resolución de problemas, sino también una herramienta que permite expresarse con medios digitales. En otras palabras, significa que las capacidades del PC son necesarias para el diseño y la cooperación social en los contextos contemporáneos. En síntesis, el PC implica recurrir a las habilidades que utilizan las y los informáticos al enfrentarse a un problema (Román-González, 2015) pero no se limita a ello.

A falta de una definición única respecto al PC, una serie de conceptos y habilidades centrales emergen una y otra vez de la literatura. Estos incluyen: abstracción, pensamiento algorítmico, automatización, descomposición, depuración y generalización (Bocconi et al., 2016). En esta tesis se consideraron las habilidades propuestas por Moreno-León et al. (2015): Paralelismo, Pensamiento lógico, Control de flujo, Interactividad con el usuario, Representación de la información, Abstracción y Sincronización. A continuación se realiza una breve descripción de cada una de ellas teniendo como referencia la programación en el entorno de Scratch recurriendo a diferentes autores y a ©Dr. Scratch (Moreno-León et al., 2015) una aplicación online donde se analizan proyectos construidos en Scratch (en el capítulo de Metodología, página 66, se ampliará sobre dicha herramienta).

-Paralelismo: Las computadoras realizan lo que se les ordena y son capaces de realizar muchas acciones en poco tiempo, incluso pueden realizar varias al mismo tiempo (©Dr. Scratch, 2019). En otras palabras, soportan paralelismo, es decir, secuencias de instrucciones que suceden simultáneamente (Brennan y Resnick, 2012).

-Control de flujo: Consiste en la habilidad de tomar decisiones con base en ciertas condiciones, que apoyan la expresión de múltiples resultados (Brennan y Resnick, 2012).

Es el orden en el que los objetos realizan diferentes acciones en determinados momentos (©Dr. Scratch, 2019).

-Interactividad con el usuario: Posibilita la creación de programas entretenidos ya que permite sentirse parte del proyecto que se está programando. Requiere de pensar previamente qué aspectos se quiere dejar a elección de las usuarias y los usuarios para que interactúen con el programa (©Dr. Scratch, 2019).

-Representación de la información: En Scratch, cada proyecto necesita de un conjunto de información sobre las y los personajes para que se pueda ejecutar correctamente. Por ejemplo, se necesitan conocer la posición y el tamaño de las y los personajes como así también otra serie de atributos que en cada momento de la ejecución del proyecto tienen un valor que puede ser modificado por la programación (©Dr. Scratch, 2019).

-Abstracción: Abstraer consiste en dividir un problema grande en problemas más pequeños y de fácil solución (©Dr. Scratch, 2019). Permite lograr que un problema, artefacto o proceso sea más comprensible mediante la reducción de detalles innecesarios. Reside en elegir el detalle correcto para esconder de manera que el problema se vuelva más fácil de comprender, sin perder información importante. La abstracción se encuentra relacionada con la descomposición del problema ya que es una forma de pensar sobre los sistemas en términos a sus componentes. Las partes se pueden entender, resolver, desarrollar y evaluar por separado. Esto hace que los problemas complejos sean más fáciles de resolver, las situaciones novedosas se entiendan mejor y los sistemas grandes sean más fáciles de diseñar (Csizmadia, Curzon, Dorling, Humphreys, Ng, Selby y Woollard, 2015).

-Sincronización: Se basa en establecer un orden determinado, por ejemplo, que una/un personaje realice una acción cuando otra/o finaliza conformándose de esta manera una cadena ordenada de acciones (©Dr. Scratch, 2019). Esta habilidad se encuentra relacionada con el pensamiento algorítmico y la secuenciación ya que estos implican llegar a una solución a través de una definición clara de pasos ordenados a seguir para la resolución de un problema (Csizmadia et al., 2015).

-Pensamiento lógico: Permite reconocer el problema que se intenta solucionar y buscar una solución que se pueda programar analizando los resultados obtenidos a través de la modificación de variables (entradas). Un programa no se comportará siempre del mismo modo en todas las situaciones sino que mostrará resultados diferentes según las modificaciones introducidas (entradas). Es importante poder anticipar y programar teniendo en cuenta todas estas situaciones (©Dr. Scratch, 2019). Aquí adquiere relevancia la depuración que consiste en la aplicación sistemática de análisis y evaluación para predecir y verificar resultados (Csizmadia et al., 2015).

De dichos conceptos, la abstracción ocupa el nivel más alto dentro del PC ya que implica decidir qué detalles se deben resaltar y cuáles se pueden ignorar de modo que el problema sea más fácil de comprender sin perder información importante logrando una buena representación del sistema (Wing, 2008). Se utiliza para permitir que un objeto represente a muchos y para capturar las propiedades esenciales comunes a un conjunto de objetos mientras que la información no relevante se oculta (Wing, 2011). En este sentido, se considera a la abstracción como la esencia del PC siendo las herramientas “mentales” de la computación (Wing, 2008). En línea con lo anterior, Lee et al. (2011) arribaron a la conclusión de que el estudiantado puede utilizar la abstracción, la automatización y el análisis para crear productos originales cuando se le brinda acceso a entornos de aprendizajes adecuados, cuando se lo involucra dentro de programas que se enfocan en el modelado y la simulación, en la robótica y en el diseño y desarrollo de juegos.

En el caso de las investigaciones científicas, el PC está influyendo en casi todas las disciplinas científicas (Bundy, 2007). En el caso particular de la Biología, el desarrollo del algoritmo Shotgun permitió la secuenciación del Genoma Humano, un hito dentro de la Biología moderna (Fisher y Henzinger 2007). En este escenario, un PC más profundo permitirá modelar sistemas cada vez más complejos y analizar enormes cantidades de datos que se generan y recopilan permitiendo el desarrollo de conocimiento científico (Wing, 2008).

En otros ámbitos, el PC se utilizará directa o indirectamente. Lo anterior plantea un reto educativo ya que si el PC se agrega a los tipos de pensamientos a desarrollar, ¿Cómo y cuándo las personas deberían aprender este tipo de pensamiento? y ¿Cómo y cuándo enseñarlo? (Wing, 2008). Al respecto, existe una tendencia para incorporar al PC a la educación obligatoria para contribuir a la formación de estudiantes con habilidades para ser participantes con una actitud activa y reflexiva en la cultura digital (Gretter y Yaday, 2016). Por ello ha resurgido en los últimos años un movimiento educativo a nivel internacional relacionado con la introducción del PC, la programación y la robótica en las escuelas (Valverde Berrocoso et al., 2015). En este sentido, Scratch facilita la adquisición de habilidades del PC desde edades tempranas (Barr y Stephenson, 2011; Grover y Pea, 2013; Guzdial, 2008).

En línea con lo anterior, el estudio formal de las competencias computacionales en las escuelas primarias y secundarias ha sido reconocido por muchas instituciones y el PC fue incorporado en el curriculum de escuelas y universidades a través de proyectos, juegos,

y entornos de programación entre otros (Baeza Bischoffshausen, Cabrera Carrasco, Castañeda Díaz, Miranda y Ortega Vargas, 1999). En este escenario, investigaciones sobre la implementación de las habilidades de PC en la educación informal también proporcionan ideas valiosas. Este tipo de actividades también implican un proceso iterativo, el proceso de diseño, refinamiento y reflexión que es central para el PC (Barr y Stephenson, 2011).

Para enseñar PC a toda la comunidad educativa es posible que se requieran enfoques diferentes a los que se utilizan cuando se asume que las y los estudiantes desean convertirse en profesionales de la informática. La investigación en educación en computación allanará el camino para hacer del PC una alfabetización del siglo XXI (Guzdial, 2008).

Los lenguajes de programación como Logo, y ahora Scratch, proporcionan una base para entornos de modelización cada vez más complejos convirtiéndose en un medio para la construcción, discusión y difusión de modelos (Carmichael, 2000) que, junto con las matemáticas y el PC, son fundamentales para la ciencia y su enseñanza (Osborne, 2014). A partir de las consideraciones teóricas expuestas, se puede sintetizar que la modelización exige un alto grado de abstracción y formalización y que por ello los lenguajes de programación, y en particular Scratch, se presenta como una herramienta potencial para que las y los estudiantes construyan modelos referentes a la IG cuya comprensión requiere de la abstracción de diferentes conceptos y procesos.

En el siguiente capítulo se desarrollan los aspectos metodológicos que orientaron el trabajo de investigación de esta tesis, para caracterizar la integración de Scratch en la modelización de IG en una escuela secundaria.

Capítulo 3

Metodología

En este capítulo se describen los fundamentos metodológicos que permitieron cumplir con los objetivos de investigación planteados en esta tesis. Primero se explica el enfoque de investigación didáctica desde el cual se desarrolló la investigación. Luego, se detalla cómo se diseñaron las actividades, se describe la implementación de la secuencia didáctica junto con los instrumentos utilizados para el registro de los datos y finalmente se explicita cómo se realizó el análisis de la información recabada para responder a los objetivos planteados y lograr caracterizar la integración de Scratch en la modelización de la IG con estudiantes de una escuela secundaria de la ciudad de Córdoba.

3.1. Investigación didáctica

En esta tesis se desarrolló una investigación didáctica, entendida como aquella que produce conocimiento a partir de situaciones que se inscriben en el contexto en que la práctica de enseñanza se lleva a cabo y adquiere sentido didáctico en tanto se reconoce entramada por categorías históricas, sociales y políticas en relación con los fines de la enseñanza (Litwin, 1998). En particular, se adoptó la metodología conocida como *Estudios o Experimentos de Diseño* los cuales se orientan a generar conocimientos tendientes a mejorar las prácticas de enseñanza. Se trata de una metodología que se encuentra presente en el campo de la investigación educativa desde el año 1992 cuando fue propuesta por Brown y Collins (Barab y Squire, 2004). Este tipo de estudios incluye a un conjunto de enfoques de investigación que coinciden en los modos de investigar los problemas educativos pero difieren en las dimensiones que consideran, las etapas que identifican y los propósitos que persiguen (Rinaudo y Donolo, 2010). Las investigaciones de este corte brindan “beneficios” porque consideran el papel del contexto social teniendo un mayor potencial para influir en la práctica educativa ya que no pretenden la validación de un marco de diseño particular sino generar un conjunto de construcciones teóricas que trascienda los contextos donde fueron generados, seleccionados o mejorados (Barab y Squire, 2004).

En línea con lo anterior, la expresión *diseño* hace referencia al diseño instructivo que se prepara, implementa y analiza (Confrey, 2006) con el propósito de incidir en los aprendizajes produciendo modificaciones tendientes a mejorarlos (Rinaudo y Donolo, 2010). En otras palabras, la meta es comprender la ecología de aprendizaje y desarrollar conocimientos que permitan analizar y transformar a otros contextos educativos (Gravemeijer y Cobb, 2006). Desde esta perspectiva, aquí se aplica un concepto de

replicabilidad vinculado con la posibilidad de que, a partir del conocimiento así generado, demás educadores lo adapten a diseños propios y acordes a sus contextos de enseñanza (Rinaudo y Donolo, 2010).

En relación a las dimensiones que se estudiaron, las mismas supusieron dos condiciones. Por un lado, los diferentes datos fueron registrados con múltiples estrategias para que fueran relevantes al momento del análisis (Barab, 2014). Por otro lado, la naturaleza de las dimensiones denotaron la necesidad de contar con métodos de análisis cuantitativos y cualitativos lo que permitió desarrollar una triangulación que garantice resultados más consistentes (Donolo, 2009).

La investigación que se llevó adelante para esta tesis tuvo lugar en una escuela secundaria ubicada en el barrio Jardín Espinosa, al sur de la ciudad de Córdoba Capital. La institución es de gestión privada contando con los niveles inicial, primario y secundario. El nivel secundario (cuya actividad se desarrolla en el turno mañana) cuenta con tres divisiones por año académico totalizando 700 estudiantes aproximadamente. En lo referente al ciclo orientado las y los estudiantes pueden optar por las orientaciones Ciencias Sociales y Humanidades, Economía y Gestión y Ciencias Naturales. Respecto a los recursos de la institución cuenta con 18 aulas, dos SUM, cantina, laboratorio, sala de informática con acceso a Internet, proyectores y notebooks, biblioteca, playón deportivo, gimnasio techado y un extenso patio con espacios verdes. En relación al personal docente y no docente cuenta con una dirección general y una dirección por nivel, un área administrativa, la secretaría y la prosecretaría, personal a cargo del laboratorio, de los recursos multimedia y de la biblioteca, un equipo de orientación psicopedagógica, profesores, preceptores, personal de maestranza y personal de seguridad. En relación al curso donde se implementó la secuencia didáctica fue en un 5° año en la asignatura Biología a cargo de una docente, en adelante la docente La orientación de dicho curso, Ciencias Naturales, tiene prescripto en los diseños curriculares a la IG. Las y los estudiantes (N=34) contaban con una edad de entre 16 y 17 años al momento de participar de las actividades.

En relación a la organización del estudio de diseño, el mismo constó de tres fases: preparación, implementación y análisis (Rinaudo y Donolo, 2010). La fase de preparación incluyó la elaboración del diseño instructivo, que fue dialogado con la docente, donde se detallaron los materiales y las herramientas que se utilizaron en las actividades como así también la dinámica de trabajo que siguieron las y los estudiantes. En esta instancia se

requirió que la tesista pudiera anticipar y comprender el modo en que los diferentes factores presentes en las clases podrían afectar el desempeño del estudiantado (Walker, 2006). La implementación del diseño implicó, además de la puesta en marcha propiamente dicha, una secuencia iterativa de microciclos de diseño y de análisis (Gravemeijer y Cobb, 2006). Para ello fue fundamental la presencia de la tesista durante el desarrollo de las clases desde un rol de investigadora, es decir, realizando observaciones, registros y sistematización de la información, lo cual le permitió obtener conocimiento de primera mano y además comenzar con el análisis. La última fase, la que implicó el análisis en profundidad, ocurrió a través de ciclos iterativos entre los datos que iban surgiendo y los referentes teóricos siendo el principal propósito de ese tramo la reconstrucción de los componentes teóricos del campo de la didáctica de las ciencias. De esta manera se generó un macrociclo de preparación, implementación y diseño, cuyas actividades desarrolladas en cada fase se detallarán a continuación.

3.2. Fase de preparación

La primera fase, que incluyó la preparación del diseño permitió cumplir con el *objetivo uno* de esta tesis, es decir, el diseño de una secuencia didáctica que incorporó Scratch como herramienta para la modelización de IG, específicamente la construcción de una molécula de ADNr. Se comenzó con el diseño de la secuencia didáctica que organizó entornos de aprendizaje tomando situaciones problemáticas de contextos reales de manera que se posibilitara a las y los estudiantes integrar nuevos saberes a sus concepciones alternativas permitiéndoles reconstruir sus conocimientos (Díaz Barriga, 2013). Siguiendo con el esquema sugerido por Steffe, Thompson y von Glasersfeld (2000) quienes proponen diferentes actores en los episodios de enseñanza (quien enseña, quienes aprende, quien registra las acciones y el/los métodos de registro), la tesista junto con la docente de la escuela diseñaron colaborativamente las actividades. La docente implementó en sus prácticas el diseño con un grupo de estudiantes y la investigadora participó como observadora utilizando diversas técnicas de registro durante cinco semanas consecutivas.

En esta fase también se diseñaron los instrumentos que permitieron la recolección de los datos. Se construyeron cuestionarios a modo de pre y post test que fueron realizados de manera individual por las y los estudiantes. El pre test contó con 10 preguntas, seis de tipo abierto y cuatro semiestructuradas y se realizó en la semana 1 (Anexo 1). En el caso del post test se incluyeron 16 preguntas, 10 fueron del tipo abierto y seis semiestructuradas

y se realizó en la semana 5 (Anexo 2). En ambos cuestionarios se buscó conocer los saberes de las y los estudiantes respecto a la IG, sus puntos de vista en relación a los derivados de la IG y sus concepciones acerca de la programación y de Scratch. Además se le consultó al estudiantado respecto a cuestiones relacionadas a la diabetes y a su tratamiento ya que dichos conocimientos formaban parte de las situaciones problemáticas planteadas en la secuencia didáctica. Ambos cuestionarios fueron validados por dos expertas en metodología de la investigación educativa y por un grupo de estudiantes de 5° año pertenecientes a otro curso de la misma institución que participaron de manera voluntaria.

3.3. Fase de implementación

La fase de implementación del diseño y la recolección de los datos ocurrió durante cinco semanas consecutivas. Comenzó con la realización del pre test de manera individual por parte de las y los estudiantes. Además, durante todo el desarrollo de la secuencia se realizó un registro de campo de la dinámica de las clases.

Durante la semana 1 se propuso al estudiantado actividades para aproximarse al lenguaje de programación Scratch (Anexo 3). En las semanas 2, 3, 4 y 5 se les presentaron actividades, algunas individuales otras en grupos de dos, para realizar un seguimiento del desarrollo de sus conocimientos (Anexo 4). Dichas consignas, abiertas en unos casos, semiestructuradas en otros, se encontraron enfocadas a cuestiones conceptuales y metacognitivas. Al finalizar las actividades propuestas las y los estudiantes desarrollaron el post test de manera individual, tal como habían realizado el pre test.

Durante la semana 5, luego de la última clase, se realizaron entrevistas a los grupos focales y a la docente (Anexo 5). Los grupos focales seleccionados, formados por dos integrantes, fueron cinco. Los interrogantes planteados en el guion de la entrevista estaban direccionados a obtener información respecto a los conocimientos que las y los estudiantes consideraban haber construido respecto a la IG y a las percepciones del estudiantado en relación a la inclusión de la programación, a través de Scratch, en las clases de Biología. También se les consultó respecto a la importancia de trabajar colaborativamente con un par durante toda la secuencia didáctica. Por su parte, la entrevista realizada a la docente contaba con preguntas referidas a la incorporación de Scratch en sus clases, a los conocimientos que las y los estudiantes construyeron a partir de dicha incorporación, a la posibilidad de trabajar otros conceptos biológicos con Scratch, entre otros aspectos.

En esta etapa el objetivo no fue solo poner en marcha la secuencia didáctica sino también reformular la teoría planteada comenzando a realizar los primeros análisis en base a los datos que se iban recolectando (Gravemeijer y Cobb, 2006).

3.4. Fase de análisis

La fase de análisis se realizó a través de un interjuego de categorías provenientes de los referentes teóricos adaptados para esta investigación y de aquellas que surgieron de las regularidades de los datos obtenidos. Para el análisis de cada objetivo específico planteado en la tesis se escogieron diferentes categorías y herramientas de análisis.

Con el propósito de determinar los conocimientos de IG que construyeron las y los estudiantes al participar de la secuencia didáctica (*objetivo dos*) se llevó a cabo una triangulación metodológica a partir de la información aportada por las diferentes estrategias de recolección utilizadas durante la fase de implementación. Aquí la triangulación es entendida como el uso de más de una metodología para la obtención de datos y su posterior análisis (Denzin, 1990). Las categorías de análisis surgieron de la regularidad de los datos obtenidos y de la comparación de los mismos con investigaciones similares a esta.

Para identificar en los proyectos de Scratch los modelos conceptuales de IG construidos por el estudiantado (*objetivo tres*) se adaptaron las categorías propuestas por Bahamonde y Gómez Galindo (2016) proponiéndose las siguientes ideas: continuidad (la construcción de una molécula de ADNr como un proceso continuo); interacción (la construcción de una molécula de ADNr requiere de la participación e interacción controlada de diferentes factores) y la transformación e integración (una vez que la molécula de ADNr fue construida es integrada a diferentes sistemas con los cuales interacciona al tiempo que desarrolla su función).

Para operacionalizar la idea de continuidad (la construcción de una molécula de ADNr como un proceso continuo) se consideraron los siguientes seis procesos involucrados en la construcción de una molécula de ADNr mediante IG (Fig. 3):

- Identificar y cortar el ADN de interés (gen) en sitios específicos con enzimas de restricción.

- Elegir un vector (plásmido por ejemplo) y cortarlo con las mismas enzimas de restricción que al gen de interés.
- Unir los fragmentos de ADN con la enzima ligasa formando la molécula de ADNr.
- Transformar las bacterias con el vector recombinante.
- Clonar las bacterias.
- Extraer y purificar el producto de interés (insulina recombinante).

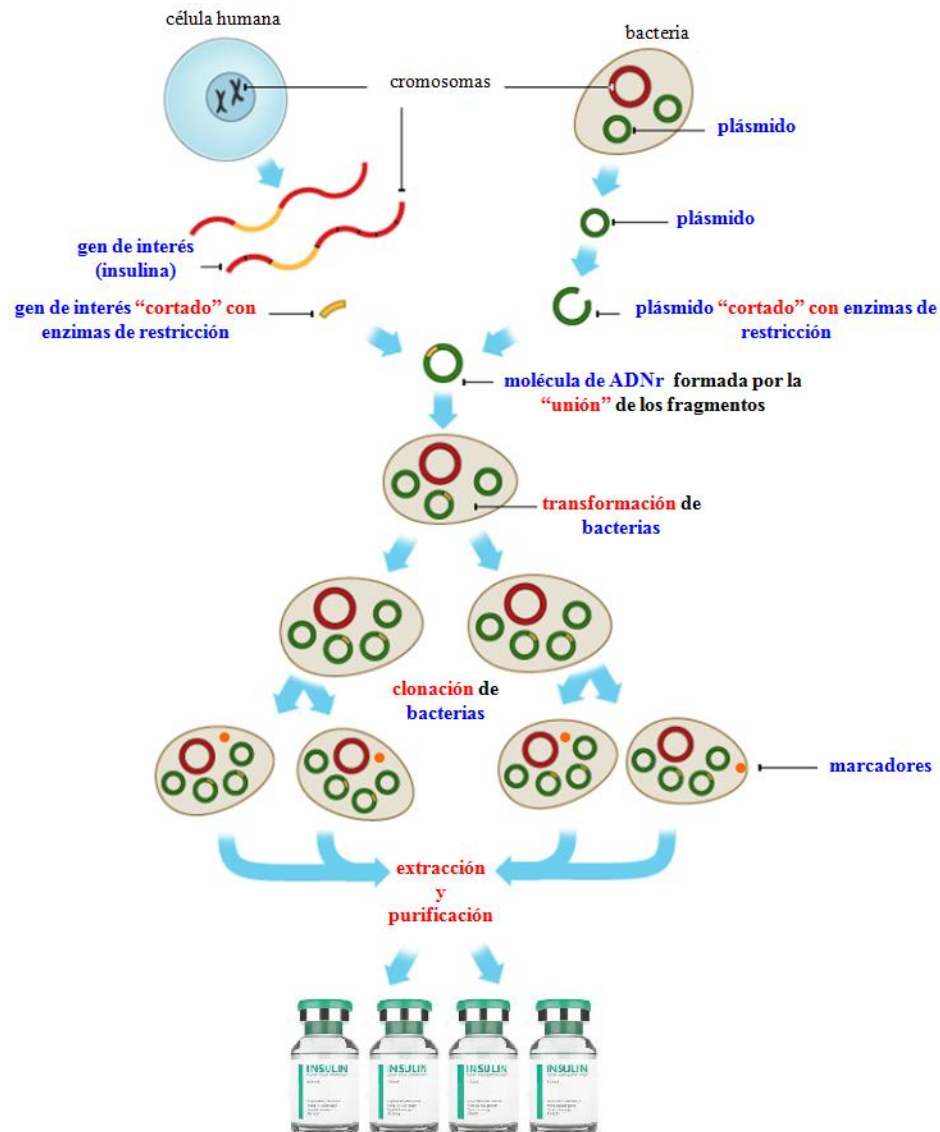


Figura. 3: Esquema donde se encuentran representados los factores (color azul) y los procesos (color rojo) necesarios para la construcción de una molécula de insulina recombinante. Modificado de www.tes.com

A partir de la cantidad de procesos que las y los estudiantes modelaron en sus proyectos se establecieron tres categorías respecto a la continuidad:

- Nivel alto: Cuando se incluyen cinco o seis procesos.
- Nivel medio: Cuando se incluyen tres o cuatro procesos.
- Nivel bajo: Cuando se incluyen dos, uno o ningún proceso.

Con la finalidad de analizar la idea de interacción (la construcción de una molécula de ADN_r requiere de la participación e interacción controlada de diferentes componentes) se consideraron los siguientes factores (Fig. 3):

- Gen de interés (insulina).
- Plásmido (vector).
- Enzimas de restricción.
- ADN_r.
- Bacterias.
- Marcadores.

De manera similar a lo propuesto anteriormente, se estableció un gradiente para el análisis del desarrollo de esta idea por parte de los estudiantes estableciéndose tres niveles:

- Nivel alto: Se encuentran representados cinco o seis factores.
- Nivel medio: Se encuentran representados tres o cuatro factores.
- Nivel bajo: Se encuentran representados dos, uno o ningún factor.

La idea de transformación e integración (una vez que la molécula de ADN_r fue construida es integrada a diferentes sistemas con los cuales interacciona al tiempo que desarrolla su función) fue considerada en los modelos que incluyeron los procesos de extracción y purificación del producto de interés, la insulina en este caso (Fig. 3).

Para analizar las habilidades del PC desarrolladas por las y los estudiantes durante la construcción de los proyectos en Scratch (*objetivo cuatro*) se utilizó [©]Dr. Scratch (Moreno-León et al., 2015). Se trata de una aplicación de código libre que permite analizar de forma simple proyectos de Scratch utilizando plug-ins de Hairball (Boe, Hill, Len, Dreschler, Conrad y Franklin, 2013). El análisis se realiza ingresando a la página web <http://www.drscratch.org/> (Fig. 4) y se coloca el link del proyecto o el proyecto descargado para analizar. Una vez colocado el link o el proyecto descargado se hace correr la aplicación y se efectúa el análisis. La información que aporta la evaluación de [©]Dr. Scratch consiste en un puntaje que va de 0 a 21. Al momento de otorgar dicho puntaje, el software

analiza el nivel de competencia alcanzado para cada habilidad del PC considerada (Tabla 2).

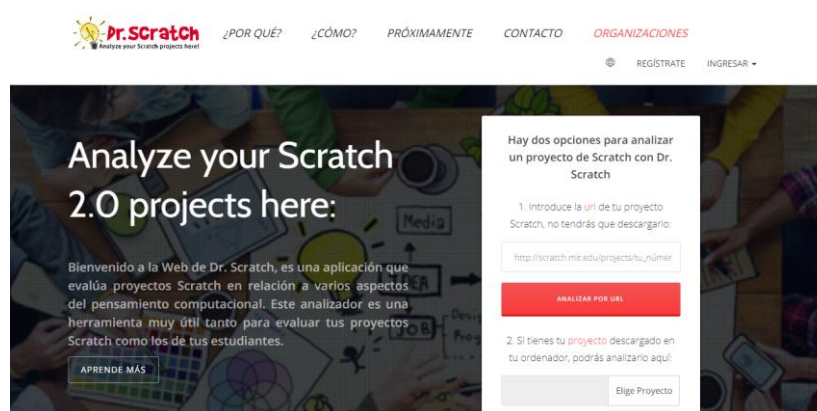


Figura 4: Interfaz de [®]Dr. Scratch. A la derecha se observa las ventanas en donde colocar el link del proyecto, o el proyecto descargado, para su análisis.

Habilidad del PC	Nivel de competencia			
	Ninguno (0)	Básico (1)	En desarrollo (2)	Competente (3)
Paralelismo	-	Dos programas en “bandera verde”	Dos programas en “tecla presionada”, dos programas en “al presionar” el mismo objeto	Dos programas en “cuando reciba mensaje”, crear clon, dos programas en “cuando x es > x”, dos programas en “cuando el escenario cambie a”
Pensamiento lógico	-	Si	Si - Sino	Operaciones lógicas
Control de flujo	-	Secuencia de bloques	Repetir, por siempre	Repetir hasta
Interactividad con el usuario	-	Bandera verde	Tecla presionada, objeto presionado, preguntar y esperar, bloques de operaciones con ratón	Cuando x es > x, video, audio
Representación de la información	-	Modificadores de propiedades de objetos	Operaciones con variables	Operaciones con listas
Abstracción	-	Más de un programa y más de un objeto	Definición de bloques propios	Uso de clones
Sincronización	-	Esperar	Enviar, cuando reciba mensaje, parar todos, parar programas, parar programas del objeto	Esperar hasta, cuando el escenario cambie a, enviar y esperar

Tabla 2: Nivel de competencia para cada habilidad del PC según [®]Dr. Scratch. Para cada nivel de

competencia de cada habilidad el PC se indican los bloques de Scratch a utilizar (Modificado de Moreno-León et al., 2015).

Cada habilidad (Paralelismo, Pensamiento lógico, Control de flujo, Interacción con el usuario, Representación de la información, Abstracción y Sincronización) puede obtener un puntaje de entre 0 y 3 de acuerdo al desarrollo alcanzado en cada proyecto. El puntaje 0 se corresponde al nivel *nulo*, el puntaje 1 al nivel *básico*, el puntaje 2 al nivel *en desarrollo* y finalmente el puntaje 4 al nivel *competente*. Una vez otorgado el puntaje a cada habilidad se realiza una sumatoria obteniéndose un puntaje final e informando el nivel alcanzado para el proyecto analizado. Los proyectos se clasifican según el puntaje alcanzado entre 0 y 21. Los proyectos que obtienen un puntaje de entre 0 y 7 se ubican dentro del nivel *básico*, los que se encuentran con un puntaje de entre 8 y 14 se encuentran dentro del nivel *medio* y desde 15 a 21 en el nivel *alto* (Fig. 5). Dr. Scratch tiene la ventaja de que tanto docentes como estudiantes pueden analizar automáticamente sus creaciones en Scratch y obtener alguna devolución al respecto.



Figura 5: Análisis de [©]Dr. Scratch sobre tres proyectos. **a)** Nivel bajo. **b)** Nivel medio. **c)** Nivel alto. A medida que aumenta el nivel de puntuación, la aplicación brinda más información al usuario produciéndose una retroalimentación para la mejora de los proyectos de los usuarios más avanzados. Modificada de www.drscratch.org.

Además del análisis de los proyectos con Dr. Scratch, se realizaron durante el desarrollo de la secuencia cuestionarios cerrados a las y los estudiantes donde se les consultó sobre del proceso de construcción de los proyectos en Scratch donde se incluyeron aspectos cognitivos y metacognitivos respecto al PC y a la programación. Dichos cuestionarios de tipo cerrados fueron analizados según conceptos del PC y programación propuestos por Brennan y Resnick (2012) a los cuales se les realizó una modificación de denominación para realizar un paralelo con los conceptos analizados en Dr. Scratch (Tabla 3).

Habilidad Dr. Scratch (2015)	Concepto Brennan y Resnick (2012)
Paralelismo	Ejecución paralela
Pensamiento lógico	-
Control de flujo	Condicionales
Interactividad con el usuario	-
Representación de la información	-
Abstracción	-
Sincronización	Eventos

Tabla 3: Paralelismo entre las habilidades del PC planteadas por Dr. Scratch (2015) y las propuestas por Brennan y Resnick (2012).

Por último, la metodología de análisis de esta tesis requirió de la explicitación de las suposiciones y de las bases teóricas que la sustentaron -como se hizo mención anteriormente en este capítulo-, de la recolección de múltiples tipos de datos relevantes, del análisis continuo de los datos en relación a la teoría, del reconocimiento de la inseparabilidad del diseño y de su implementación y del compromiso entre la dialéctica teoría, diseño y bibliografía existente (Barab, 2014). Las condiciones antes mencionadas permitieron la creación de, según diSessa y Cobb (2004) nuevas categorías teóricas que surgieron de la regularidad dentro de la complejidad que tuvo lugar en la implementación de la secuencia didáctica contribuyendo al desarrollo de un cuerpo teórico (Barab y Squire, 2004).

En el siguiente capítulo se muestran los resultados obtenidos por medio de la metodología aquí planteada lo que permitió dar cuenta de los objetivos trazados en esta tesis.

Capítulo 4

Resultados

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos a través del análisis de los datos recopilados a partir de la metodología mostrada en el capítulo anterior. Se organizaron para dar respuesta a los objetivos específicos planteados en esta tesis. En una primera instancia se presenta cómo fue diseñada de manera colaborativa la secuencia didáctica de IG junto a la docente. En una segunda parte se describen los conocimientos de IG que construyeron las y los estudiantes al participar de la secuencia. Posteriormente se exponen y caracterizan los modelos conceptuales de IG construidos por el estudiantado mediante proyectos de Scratch. Finalmente se detallan las habilidades del PC y otros conceptos de informática que fueron puestos en juego por las y los estudiantes al momento de construir los proyectos en Scratch para modelizar la construcción de una molécula de ADN_r a través de la IG.

4.1. Diseño de la secuencia didáctica

En esta sección se presenta el proceso que permitió la concreción del *objetivo uno* de esta tesis, es decir, la construcción colaborativa de la secuencia didáctica que fue implementada para utilizar Scratch como herramienta modelizadora para el aprendizaje de la IG. Dicha construcción se llevó a cabo durante cuatro semanas a través de encuentros periódicos entre la docente a cargo del curso y la investigadora (tesista). Los acuerdos alcanzados en dichas reuniones fueron registrados por la investigadora y compartidos con la docente de modo digital.

En una primera instancia se hizo contacto con la docente. Luego de coordinar un cronograma tentativo para la implementación de las actividades se prosiguió con los permisos formales para presentar al equipo directivo de la institución donde tuvo lugar la investigación.

La docente responsable del curso donde se implementó la secuencia también tenía a su cargo la asignatura de Educación para la Salud con el mismo grupo de estudiantes lo que permitió realizar una articulación entre los espacios curriculares coordinando un contenido ya desarrollado (metabolismo de la glucosa en las personas con diabetes) con el contenido a desarrollarse en Biología, “la construcción de una molécula de ADN_r utilizando IG”, en particular el proceso para la obtención de la insulina recombinante. De esta manera se logró que la secuencia propuesta fuera de carácter integrativo, incluyendo conocimientos trabajados en distintas instancias de la trayectoria educativa del estudiantado.

Al respecto, desde los diseños curriculares del Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba se propone que en el ciclo orientado se retomem los saberes abordados en el ciclo básico para profundizar e incorporar otros específicos. En relación a la orientación Ciencias Naturales se espera que brinde al estudiantado oportunidades para el diseño y el desarrollo de procesos de indagación científica escolar. En el campo de la Biología se proponen, entre otras temáticas, a la Biotecnología y en particular a la tecnología del ADNr. A su vez, una de las finalidades formativas que se plantea es la utilización de modelos para la interpretación y predicción de hechos y fenómenos biológicos. La secuencia diseñada buscó retomar estos aspectos.

Una vez seleccionados los contenidos específicos se comenzaron a delimitar las actividades que permitieron su desarrollo a lo largo de las cinco semanas consecutivas de clases. Se tomó como referencia un estudio de caso de enseñanza de las ciencias del *National Center for case study teaching in science* propuesto por Justin Schaffer (2013). Dicho caso plantea cómo, antes del descubrimiento de la insulina en el año 1921, el diagnóstico con diabetes tipo 1 era prácticamente un diagnóstico de muerte. La enfermedad era tratada con insulina animal purificada pero los efectos secundarios eran graves y abundantes por lo que fue necesario buscar formas alternativas de conseguir insulina. A partir de este contexto las actividades diseñadas buscaron guiar a las y los estudiantes a través de la historia desde el uso de la insulina bovina para el tratamiento de la diabetes hasta el desarrollo de la tecnología del ADNr y la producción del primer fármaco obtenido con tal procedimiento, la insulina humana recombinante ahora utilizada en todo el mundo para el tratamiento de dicha enfermedad. A lo largo del desarrollo de este caso, el grupo de estudiantes retomó el dogma central de la biología molecular para desarrollar la tecnología del ADNr y en menor medida, el diseño de fármacos y la importancia de las proteínas recombinantes para la sociedad.

Para finalizar la secuencia, se agregaron actividades donde se incorporó la epigenética en el desarrollo y tratamiento de la diabetes considerando que el desarrollo de un organismo no se encuentra determinado sólo por los genes (determinismo biológico) sino que se trata de una serie de interacciones entre diferentes factores causales como los genes, los factores de regulación del propio ADN y diversos factores ambientales (Jiménez Aleixandre, 2014). De esta manera, abordando los contenidos desde una perspectiva sistémica, transdisciplinar y contextualizada se promueve una educación que permite a la ciudadanía la apropiación de conocimientos sobre la base de los cuales pueden tomar decisiones conscientes y fundadas (Cabo et al., 2005; Pedrancini et al., 2007).

A través de dicho proceso quedaron configuradas las actividades que fueron implementadas a lo largo de toda la secuencia (Fig. 6). En un primer momento las tareas estuvieron enfocadas al primer contacto con Scratch por parte de las y los estudiantes (login/registro de usuario y reconocimiento de la interfaz) para luego observar un tutorial y construir su primer proyecto. Posteriormente, a través de lecturas y de la observación de videos referidos a la IG comenzaron a realizar el proyecto que luego de dos semanas de trabajo presentaron como producción final. Como cierre se les solicitó que modificaran un proyecto de Scratch donde se incluía el papel de la epigenética en el diagnóstico y desarrollo de la diabetes. Además a lo largo de las semanas se les presentó a las y los estudiantes actividades de seguimiento para tener un registro del recorrido respecto a los conocimientos que iban construyendo y al tiempo que les permitía realizar procesos metacognitivos.



Figura 6: Esquema de las actividades que fueron realizadas por el estudiantado durante el desarrollo de la investigación

Respecto a la dinámica del estudiantado para llevar a cabo las actividades en algunas instancias lo realizaron de manera individual y en otras de manera colectiva en grupos de dos integrantes.

Una vez implementada la secuencia, se le consultó a la docente respecto de las ventajas de haber utilizado Scratch en las clases y su papel en la formación integral de las y los estudiantes para desafíos inmediatos y futuros. La docente señaló la posibilidad que ofrece respecto a plasmar los conocimientos teóricos utilizando la programación de Scratch lo cual también atrae al estudiantado ya que es una tecnología que acompaña la dinámica del aprendizaje actual. En esta línea también indicó que se trata de una herramienta necesaria y que las y los estudiantes cuentan con una “destreza adquirida” lo que les permite avanzar e ir mejorando tal destreza con la utilización de Scratch al tiempo que les ayuda a comprender diferentes procesos biológicos. En este sentido, la docente expresó que se podrían adaptar otros contenidos biológicos porque considera que se trata de una herramienta dúctil y factible de ser utilizada en otras clases de sus asignaturas con contenidos que al estudiantado le resultan “áridos”. En particular hizo referencia a aquellos contenidos que le cuesta aprender al estudiantado cuando se utilizan estrategias didácticas que no permiten la representación de los saberes a medida que las y los estudiantes los van construyendo. Incluso, la docente señaló que recomendaría la utilización de Scratch a colegas para que lo incluyan en sus espacios de enseñanza.

En relación a las desventajas y dificultades que presentó la inclusión de Scratch en el desarrollo de la secuencia didáctica, la docente observó que las y los estudiantes que se ausentaron alguna clase y vieron interrumpida su actividad respecto a la programación tuvieron luego que recuperar las tareas desfasadas pero pudieron rápidamente acoplarse con el resto del grupo haciendo uso de los tutoriales facilitados incluso compartiendo y comparando sus proyectos con los del resto de la clase. A la vez manifestó que utilizar Scratch sólo en el tiempo que desarrolla su asignatura podría convertirse en una desventaja que lograría ser compensada si se pudiese aplicar durante el desarrollo de otros contenidos en su asignatura o incluso utilizarse en otras logrando un trabajo con continuidad en el tiempo lo que implicaría que, una vez logrado el aprendizaje de la programación lo pudiesen aplicar en otros espacios educativos.

Respecto a la relación de la propuesta y el aprendizaje colaborativo entre las y los estudiantes, la docente observó trabajar al grupo de manera entusiasta, concentrada y responsable. Esto permitió que si alguien no asistía a clase, luego su par colaborará para

que se pusiera al día logrando en tiempo y forma la construcción del proyecto final.

Finalmente y en relación a los aspectos que cambiaría de la propuesta planteada, la docente explicitó que no realizaría cambios porque encontró a la propuesta diseñada de tal manera que al comienzo las y los estudiantes, mediante tutoriales, aprendían a programar y luego aplicaban dicha programación para la modelización de la producción de la insulina recombinante.

En la siguiente sección se muestran los resultados obtenidos a partir de los datos recolectados utilizando diferentes instrumentos durante la implementación de la secuencia didáctica.

4.2. Conocimientos de IG construidos por el estudiantado

En este apartado se muestran los resultados que permitieron dar cuenta del *objetivo dos* de esta tesis. Se comienza exponiendo las actividades de la secuencia que permitieron un primer acercamiento por parte de las y los estudiantes a Scratch retomando conceptos ya trabajados en la asignatura. Luego se presentan los aprendizajes referidos a la IG que las y los participantes identificaron haber construido a lo largo de la secuencia y los que la docente a cargo considera que aprendieron. Después se describe la resolución de las consignas que implicaron a la diabetes y a su tratamiento a lo largo de la historia con el fin de contextualizar el uso de productos derivados de la IG. Finalmente se hace hincapié en los resultados que involucraron al papel de la epigenética en este tipo de enfermedades.

Durante el desarrollo de la experiencia con el estudiantado se realizaron acciones de registro y recolección de información que fueron detalladas en el capítulo anterior. A continuación se analizan los resultados que se obtuvieron a partir de los pre y post test, de las actividades de aproximación y seguimiento y de las entrevistas a grupos focales y a la docente al finalizar la implementación de la secuencia. Para este análisis se llevó a cabo una triangulación metodológica entre los datos recolectados y las categorías que surgieron de la regularidad de los datos observados en el análisis.

4.2.1. Caracterización y percepción por parte del estudiantado y de la docente respecto a las actividades propuestas en la secuencia didáctica

En relación a la primera actividad que realizaron las y los estudiantes con la finalidad de que comenzaran a tomar contacto con la interfaz de Scratch y recuperaran conceptos trabajados anteriormente se les propuso reconocer la síntesis de proteínas mediante un proyecto realizado en Scratch. El 87% pudo reconocer dicho proceso mientras que el 13% restante no respondió. El reconocimiento de procesos que involucran la interacción de nivel macro, micro y molecular, como es el caso de la síntesis de proteínas y la expresión génica, permiten la comprensión de diferentes conceptos y procesos biológicos (Srivastava y Ramadas, 2013; Treagust y Tsui, 2013). En este caso particular, que las y los estudiantes puedan reconocer la síntesis de proteínas les facilita la comprensión de la construcción de una molécula de ADN.

Acerca de la percepción del grupo de estudiantes respecto a qué aprendieron luego de participar en la secuencia, un 97% indicó que aprendió sobre aspectos referentes a IG, ADN, diabetes y su tratamiento (Fig. 7). Expresiones del tipo *“Creo que incrementé mi conocimiento acerca de cómo hoy en día se inserta insulina humana en aquellos que no tienen la capacidad de segregar dicha hormona y se cómo la IG logró algo como aquello”* y *“Aprendí sobre la manipulación de los genes y de cómo se obtiene la insulina. También aprendí las ventajas y todas las posibilidades que otorga esta técnica”* ejemplifican dicha elección. Estos resultados podrían indicar que la secuencia les permitió a las y los estudiantes reconocer el aprendizaje de diferentes contenidos más allá de los explícitamente planteados en la secuencia lo que demostraría que el diseño de actividades contextualizadas promueve una educación para la formación de una ciudadanía que eventualmente podrá tomar decisiones conscientes y fundadas en diferentes entornos (Cabo et al., 2005; Pedrancini et al., 2007).

Cuando se le consultó a la docente encargada del curso su percepción respecto a lo que habían aprendido las y los estudiantes luego de participar de la secuencia, señaló que aprendieron sobre IG de una manera concreta y visual. Además resaltó que a las y los estudiantes les cuesta construir conceptos como genes y ADN que si bien existe una familiarización de ambos términos no se observa una comprensión conceptual de los mismos por parte del estudiantado (Venville, Gribble y Donovan, 2005) y que actividades como las planteadas en esta secuencia promoverían el aprendizaje de conceptos como ADN y genes que son bases fundamentales para el entendimiento de la Biología.

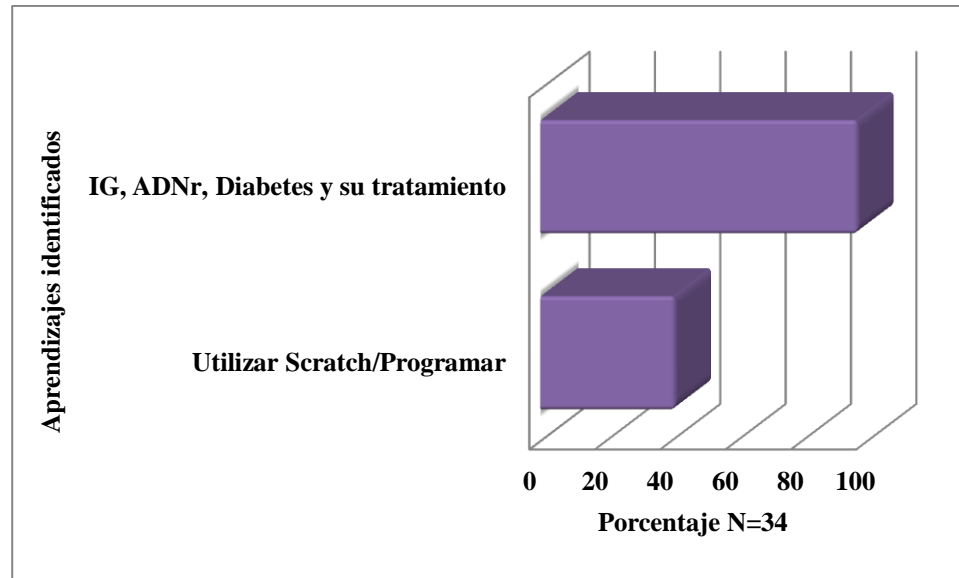


Figura 7: Aprendizajes identificados por el grupo de estudiantes después de participar en la secuencia didáctica.

También se les consultó respecto a las actividades en las cuales identificaron haber aprendido (Fig. 8). La actividad que fue seleccionada en un porcentaje mayor (79%) fue la *observación de videos de IG* seguida con el mismo porcentaje (62%) por la *realización de las actividades solicitadas en cada clase* y la *realización de los proyectos en Scratch*. También se destacaron la *planificación de los proyectos* con el 56% y la *lectura de diferente información en las actividades* con el 53% respectivamente. En estos resultados se evidencia el papel de las imágenes en el aprendizaje de las ciencias y en la Biología en particular la cual requiere para su entendimiento la comprensión de procesos que ocurren a diferentes niveles (molecular y celular). Sin embargo, a pesar de que un gran número de estudiantes se inclinaron por actividades más “pasivas” como la observación de videos, un 62% reconoce actividades que implican mayor compromiso cognitivo como la realización de los proyectos en Scratch. Sobre este aspecto resulta importante destacar que cuando una animación simula procesos reales que no serían factibles de desarrollar en el laboratorio escolar, se mejoran las condiciones de aprendizaje permitiendo que el estudiantado construya saberes (Treagust y Tsui, 2013). En este caso, las y los estudiantes no sólo utilizaron animaciones sino que las construyeron en Scratch, realizando sus proyectos, lo que les permitió ampliar sus entornos de aprendizaje contribuyendo a su alfabetización científica.

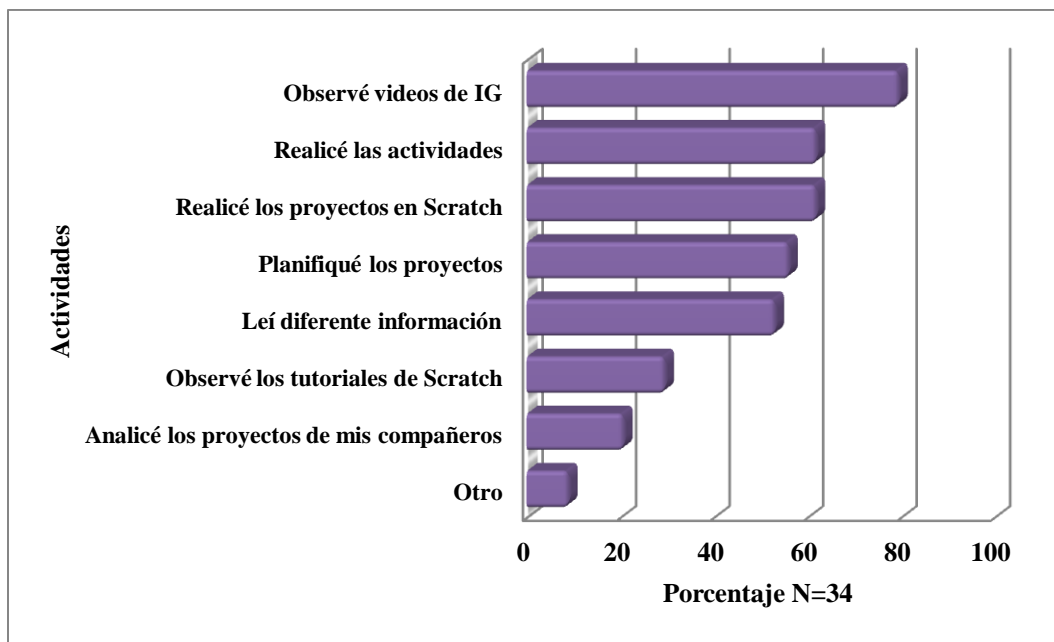


Figura 8: Elecciones de las y los estudiantes cuando se le consultó en cuáles de las actividades realizadas a lo largo de toda la secuencia didáctica consideraban que habían aprendido.

4.2.2. Aprendizajes de IG construidos por las y los estudiantes

De ahora en adelante, en los siguientes análisis se realizará una comparación entre los resultados obtenidos en el pre y post test para identificar y caracterizar los aprendizajes construidos por las y los estudiantes en lo referente a la IG.

En cuanto al concepto de IG se destaca que si bien al inicio la mayoría (47%) expresa una idea de IG más vinculada con lograr determinados fines que al proceso que permite lograr esas modificaciones, luego de participar en la secuencia la mayor parte del grupo de estudiantes logra definir a la IG como una ciencia/tecnología/técnicas relacionadas a ADN/genes (59%) (Fig. 9). Este cambio se puede apreciar al observar que en el pre test el 47% de las y los estudiantes hicieron mención a la modificación/manipulación de ADN/genes para determinados fines (fabricar vacunas, contrarrestar enfermedades, cambiar alimentos para beneficio propio o de la sociedad entre otros) sin hacer mención a cómo es el proceso que permite realizar tales modificaciones/manipulaciones (“Manipulación del ADN o de los genes con la finalidad de obtener un resultado determinado”, “Construcción, modificación o mejoración de los genes con la finalidad de obtener un resultado determinado”). Por su parte, si bien en el pre test solo el 24% de las

respuestas se encontraron en el grupo que identificó a la IG como una ciencia/tecnología/técnicas relacionadas a ADN/genes (*“Todo lo vinculado entre la tecnología y el estudio de los genes, como la biología usa la tecnología. Gracias a los avances se puede estudiar más a los genes”*), luego de la participación de la secuencia dicho porcentaje cambió a 59 evidenciando un mayor desarrollo conceptual en las respuestas (*“El conjunto de técnicas y pasos a realizar por el cual se combina y modifica y se manipula el ADN de uno o varios organismos”, “Una técnica que permite a los científicos manipular los genes y modificarlos para la obtención de una proteína o sustancia de interés. Luego se lo inserta en el organismo y se lo sintetiza para obtener el producto final”*) mostrando así la construcción de una idea sistémica del proceso e identificando los pasos necesarios para que se desarrolle en su totalidad. A su vez, en las entrevistas que se realizaron a los grupos focales una vez finalizadas las actividades, las y los estudiantes hicieron hincapié en que la IG son las técnicas y los métodos que permiten la manipulación de los genes para un determinado fin (*“La IG son todas las técnicas y métodos que permiten la manipulación de los genes”*).

Estos resultados concuerdan con los presentados por Prokop et al. (2007) quienes encontraron que la mayor parte del estudiantado conoce que la Biotecnología se encuentra asociada a cambios en el ADN para determinados fines como el aumento de la productividad o la resistencia de organismos a ciertas enfermedades. Por otra parte, si bien un alto porcentaje de estudiantes conoce la terminología asociada a la IG este conocimiento no se encuentra acompañado de la comprensión de los conceptos que la IG involucra (Aznar Cuadrado, 2000). En este sentido, cabe resaltar que los métodos y procedimientos utilizados en biología molecular son desconocidos por gran cantidad de estudiantes quienes no tienen la posibilidad de experimentarlos de forma práctica en el laboratorio escolar (Steele y Abusson, 2004). La inclusión de estrategias que involucren animaciones y no imágenes fijas le otorga a las y los estudiantes ventajas para comprender los aspectos mecanicistas involucrados en dichos métodos (Yarden y Yarden, 2010). Al respecto, Pallant y Tinker (2004) sostienen que las herramientas de dinámica molecular, como en este caso son los proyectos construidos por las y los estudiantes en Scratch, ayuda a desarrollar modelos precisos respecto a conceptos científicos. Además, estos resultados exponen que elaborar secuencias que eviten las tendencias reduccionistas y deterministas (Roa Acosta y Valvuená Ussa, 2013) y que sean contextualizadas permitiría a las y los estudiantes la apropiación de conocimientos para, eventualmente, tomar decisiones críticamente (Pedrancini et al., 2007).

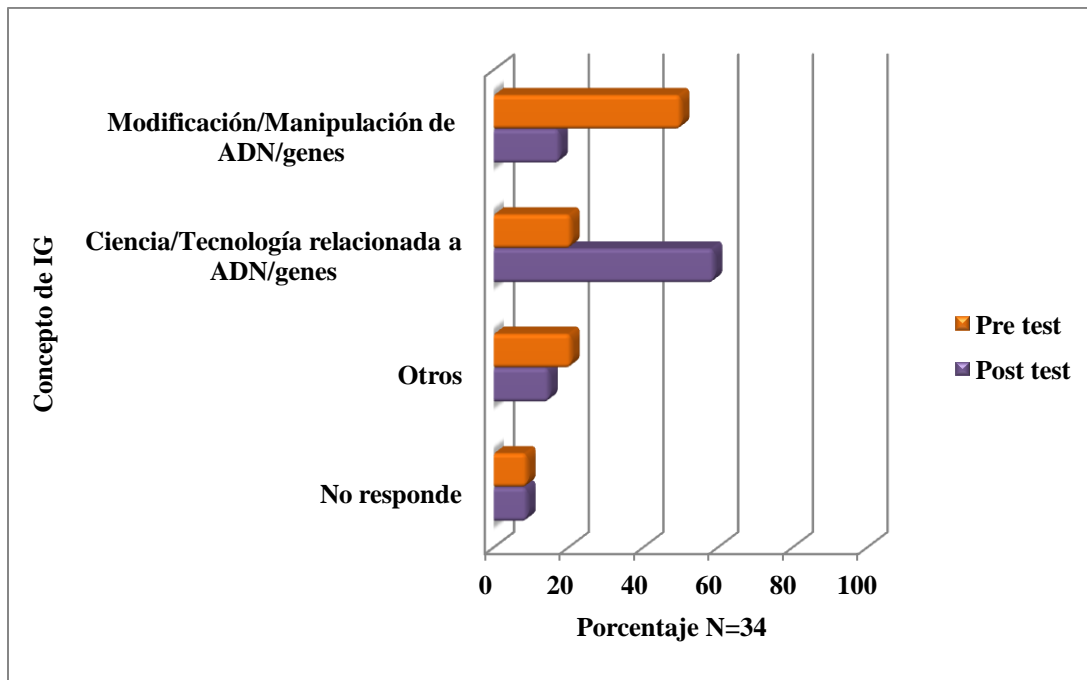


Figura 9: Conceptualizaciones respecto a la IG que las y los estudiantes expresaron antes y después de la concreción de la secuencia de actividades.

Acerca de los conceptos que las y los estudiantes relacionaban a la IG (Fig. 10) no se encontraron cambios representativos entre el pre y post test. El concepto de *ADN* fue considerado en porcentajes similares (100% y 97% en el pre y post test respectivamente) lo que muestra que reconocen al ADN como un componente fundamental en los procesos de IG. En el caso de *bienes y servicios* (pre test 41% y pos test 50%) y *microorganismos* (pre test 65% y pos test 76%) parecerían reforzar los resultados anteriores donde las y los estudiantes luego de la secuencia didáctica ampliaron sus concepciones respecto a la IG. La *ética* fue considerada en el pre test por el 21% mientras que dicho porcentaje varió al 30% en el post test lo que podría evidenciar que las y los estudiantes luego de participar de las actividades comienzan a reconocer que la IG implica otros factores además de los biológicos.

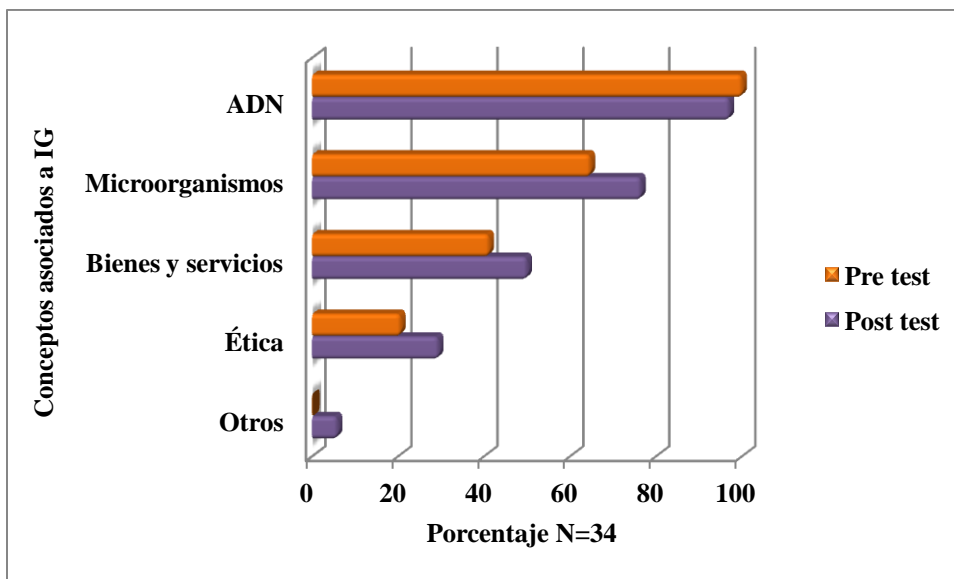


Figura 10: Conceptos que las y los estudiantes relacionaban con IG antes y después de su participación en las actividades.

El reconocimiento de la utilización de algún organismo transgénico o producto derivado de los mismos en su vida cotidiana (Fig. 11), en el pre test el 68% hizo referencia a alimentos, principalmente a frutas y verduras. Un 9% se inclinó por respuestas negativas del tipo “No que yo sepa”. Cuando se les volvió a consultar sobre lo mismo pero en el post test, las respuestas no se modificaron sustancialmente. Con un porcentaje del 74% hicieron referencia a algún alimento donde frutas y verduras continuaron ocupando lugares relevantes. En un mismo porcentaje que al inicio (9%) se encontraron respuestas del tipo “No que yo sepa pero hoy en día está todo tan globalizado que seguro que sí”. Estos resultados concuerdan con los trabajos de Pedrancini et al. (2008) donde se muestran que las y los estudiantes reconocen como organismos transgénicos aquellos más divulgados en los medios de comunicación, en este caso alimentos y más precisamente frutas, verduras y cultivos (tomates, papas, soja y maíz). Además, siguen sin ser considerados otros campos de aplicación de la IG como por ejemplo la transformación de bacterias para la producción industrial de hormonas o para la biorremediación. Sin embargo, cuando se les consultó a los grupos focales en las entrevistas finales respecto de qué otros productos o procesos creen que se utilice la IG además de la insulina recombinante, de manera adicional a los campos ya mencionados anteriormente (la agronomía principalmente con la producción de cultivos, frutas y verduras transgénicas y la ganadería) aparecieron respuestas vinculadas a la medicina, los productos farmacéuticos, la terapia génica y la medicina forense. Estos

resultados mostrarían que con el tipo de actividades planteadas en la secuencia didáctica se conseguiría que las y los estudiantes conozcan otros campos de aplicación de la IG además de los tradicionalmente dados a conocer en los medios de comunicación. Además, se destaca el espacio de reflexión que se generó en el grupo de estudiantes lo que contribuyó a que el campo de identificación de la IG se ampliara.

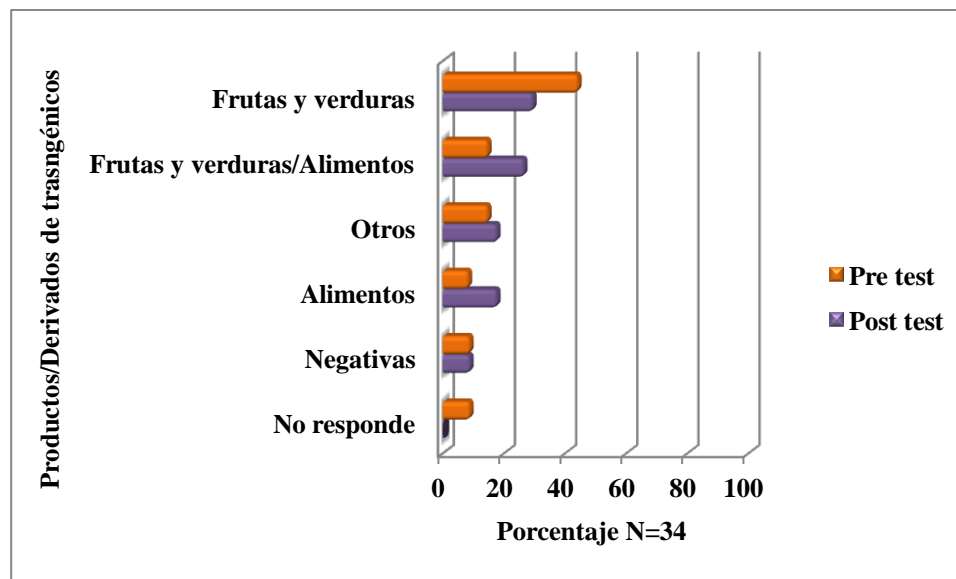


Figura 11: Reconocimiento por parte de las y los estudiantes de la utilización de algún organismo transgénico, o derivado del mismo, en su vida cotidiana.

Cuando tuvieron que elegir opciones que mejor representaran su punto de vista (Totalmente de acuerdo - De acuerdo - En desacuerdo - Totalmente en desacuerdo) sobre diferentes procesos biotecnológicos, los más altos porcentajes de aceptación (pre test 78% y post test 76%) los tuvieron los procesos biotecnológicos que impactan en la salud (“Aplicar IG en microorganismos para producir medicamentos”, “Aplicar IG en microorganismos para producir medicamentos”) mientras que los relacionados con la producción de alimentos (“Modificar genes de frutas para mejorar su sabor”, “Manipular genes de animales para mejorar la calidad de su carne o leche”) rondaban los porcentajes del 60% y 56% en el pre y post test respectivamente (Fig. 12). Es decir, los productos medicinales obtenidos utilizando IG tienen los mayores porcentajes de aceptación mientras que los alimentos obtenidos mediante IG son los productos más reconocidos por las y los estudiantes pero sus niveles de aceptación son menores. Referido a lo anterior, otras investigaciones mostraron que las opiniones del estudiantado respecto a las aplicaciones de

los transgénicos muestran muchas veces ideas equivocadas divulgadas por los medios de comunicación (Pedrancini et al., 2008). En este sentido, otras investigaciones concluyeron que las percepciones respecto a la utilidad de la IG se correlacionan con la utilidad que tenga (Powell, 2000). Existen altos niveles a favor del uso de microorganismos para el tratamiento de enfermedades sin embargo, el uso de plantas y animales se encuentran menos aprobados (de la Vega et al., 2018). De manera similar, Mohapatra et al. (2010) encontraron que el nivel de aceptación de los organismos transgénicos depende del organismo en cuestión. La utilización de microorganismos y de plantas en procesos biotecnológicos encuentra mayores niveles de aceptación no ocurriendo lo mismo con la utilización de animales (Dawson y Schibeci, 2003; Usak et al., 2009) y en el caso particular del ser humano solo es aceptada cuando impacta en mejoras en la salud (de la Vega et al., 2018; Tegegne et al., 2013). Además existe una falta de conocimiento respecto a cómo se producen las manipulaciones genéticas ya que un gran porcentaje de estudiantes consideran que la misma es dolorosa en animales y que el consumo de productos transgénicos pueden destruir genes humanos (Usak et al., 2009). En este punto existe una contradicción por parte de las y los estudiantes porque no reconocen a la transformación de microorganismos mediante IG para, por ejemplo, la producción de la hormona del crecimiento o de la insulina (Pedrancini et al., 2008) pero sus niveles de aceptación respecto a estos procesos son los más altos. Sin embargo aluden que no consumirían conscientemente algún alimento transgénico (Cabo et al., 2005) siendo que el proceso para generarlos es el mismo, o por lo menos lo es su base fundamental. Nuestros resultados coinciden con diversas investigaciones las cuales muestran un desconocimiento generalizado del significado de organismo transgénico (Pedrancini et al., 2007) y de la manera en la cual la comunidad científica evalúa los riesgos de las aplicaciones biotecnológicas (Ekborg, 2008) pero en muchos casos acuerdan que su uso y producción deben estar regulados (Usak et al., 2009).

Concerniente a lo anterior, se encontró que las percepciones de la población acerca de la IG se encuentran relacionadas al nivel de conocimiento encontrándose que las personas mejor informadas poseían opiniones más favorables respecto a la IG (Tegegne et al., 2013) por lo que las actividades que se les propusieron a las y los estudiantes les permitirá una mejor formación respecto a la IG pudiendo participar de manera crítica de situaciones que involucren a dicho campo científico. Aquí cobran relevancia los saberes relacionados con la IG donde conceptos claves, como ADN y su transmisión, son necesarios para comprender la tecnología del ADN_r ya que las diferentes actitudes del estudiantado respecto a los procesos biotecnológicos se encuentran directamente influenciadas por su propio conocimiento sobre el tema pero también por las concepciones

procedentes de la sociedad (de la Vega et al., 2018) por lo que proponer espacios de construcción de reflexión le permitirá repensar sus actitudes en función de los nuevos saberes que van construyendo.

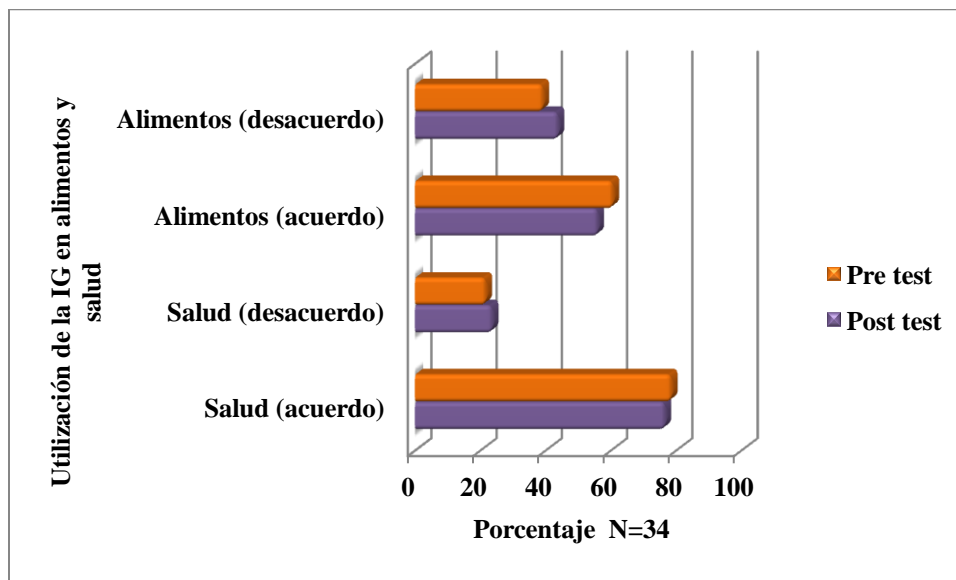


Figura 12: Percepciones de las y los estudiantes respecto a la utilización de procesos biotecnológicos para la producción de alimentos y para procesos que involucren mejoras en la salud.

Otros resultados que respaldan a los anteriores se desprenden de una situación que se le presentó al grupo de estudiantes respecto a una problemática ambiental local relacionada al uso de un producto transgénico (maíz) para la producción de bioetanol. En dicho contexto se les consultó respecto a las denuncias de vecinos y si las mismas se relacionaban con el uso del maíz, con el funcionamiento de la fábrica *per se* o ambas. El 68% se inclinó por el funcionamiento de la fábrica, el 3% por el uso del maíz transgénico y el 29% por ambas. Sin embargo, al momento de explicar sus elecciones sus argumentos no se basaban en cuestiones científicas sino en opiniones personales. Expresiones que dan cuenta de la situación son las siguientes “*Me parece que los vecinos denuncian el funcionamiento de la fábrica porque no les gusta los olores que provienen de la fábrica y yo no creo que tenga algo que ver con el uso de maíz transgénico*”, “*Se relaciona con el uso de maíz transgénico porque manipula y modifica el maíz para hacer un bien pero a veces contaminan con compuestos peligrosos*” y “*Las denuncias se relacionan con el funcionamiento de la fábrica y el uso del maíz transgénico porque la fábrica genera contaminación con gases nocivos para la salud como el tolueno y el uso de maíz*”.

transgénico es nocivo también ya que contiene productos tóxicos”. Estos resultados son coincidentes con los expuestos por Pedrancini et al. (2008) quienes mostraron que las y los estudiantes no comprenden el significado de “genéticamente modificado” y sus ideas pueden ser producto de información confusa y fragmentada divulgada por los medios de comunicación. De esta manera se encuentran opiniones a favor indicando las posibles ventajas (aumento de la productividad, reducción del uso de agroquímicos, prolongación de la etapa de maduración, entre otros) y desventajas (producción de alergias y otras enfermedades en el ser humano, los efectos desconocidos de introducir nuevas combinaciones genéticas en los ecosistemas, entre otras) lo que manifiesta que la diversidad de opiniones se debe al desconocimiento por parte de los estudiante de los procesos que implica la IG.

En síntesis, en el contexto en el cual se desempeñan las y los estudiantes, el conocimiento científico se convirtió en una necesidad para su formación integral para poder desempeñarse críticamente frente a nuevos procesos y productos derivados de la biología molecular y la genética como los alimentos y fármacos obtenidos a través de la IG (Aznar Cuadrado, 2000; Díaz Moreno y Jiménez-Liso, 2012; Jiménez Aleixandre, 2000). Frente a este escenario la enseñanza de la Biología debe promover de espacios de aprendizaje para que el estudiantado se forme, argumente y reflexione sobre los desarrollos científicos tecnológicos y realizarlo a través de situaciones que les son cotidianas, como la planteada en esta secuencia de actividades sería una de las posibles maneras. Además, a pesar de que la educación en Biotecnología ha ganado un reconocimiento significativo, su aprendizaje sigue presentando obstáculos principalmente para comprender los métodos involucrados (Falk et al., 2008) y este tipo de secuencia didáctica planteada puede contribuir a disminuir dichos obstáculos.

4.2.3. Aprendizajes contruidos por las y los estudiantes en relación a la IG mediante una situación que involucra a la insulina recombinante

A continuación se presentan los resultados referentes a una situación cotidiana a partir de la cual las y los estudiantes siguieron realizando actividades referentes a la IG pero ahora incorporando el caso particular de la insulina recombinante. Es por ello que antes de comenzar con las actividades, se les consultó a las y los estudiantes por qué las personas con diabetes deben utilizar insulina (Fig. 13). El 53% respondió a cuestiones relacionadas con el metabolismo de la glucosa y/o al funcionamiento de páncreas (*“Lo necesita porque*

debe controlar sus niveles de glucosa en sangre ya que, su páncreas no la produce correctamente”) mientras que cuando se les consultó sobre lo mismo pero una vez finalizada la secuencia didáctica, el 71% de las respuestas se encontraban en esta categoría (“Porque su páncreas no es capaz de secretar esta hormona llamada insulina y es necesaria para nuestro cuerpo ya que regula la glucosa en sangre”). La otra categoría en donde se agruparon las respuestas se correspondía a afirmaciones que explicaban la situación parcialmente y/o dicha explicación era incorrecta. En una primera instancia dicha categoría se encontraba representada con el 47% de las respuestas (“Para que cumpla la función de la glucosa”) mientras que al finalizar las actividades dicho porcentaje cambio a 29% (“Porque el páncreas no realiza la cantidad de glucosa necesaria y debe utilizar un suplemento”). Estos resultados mostrarían que las actividades planteadas a las y los estudiantes les permitió acercarse al conocimiento respecto a por qué las personas con diabetes deben utilizar insulina y la construcción de dichos saberes les permitirá la comprensión del tratamiento a utilizar y al proceso de obtención de los productos necesarios para lograrlo.

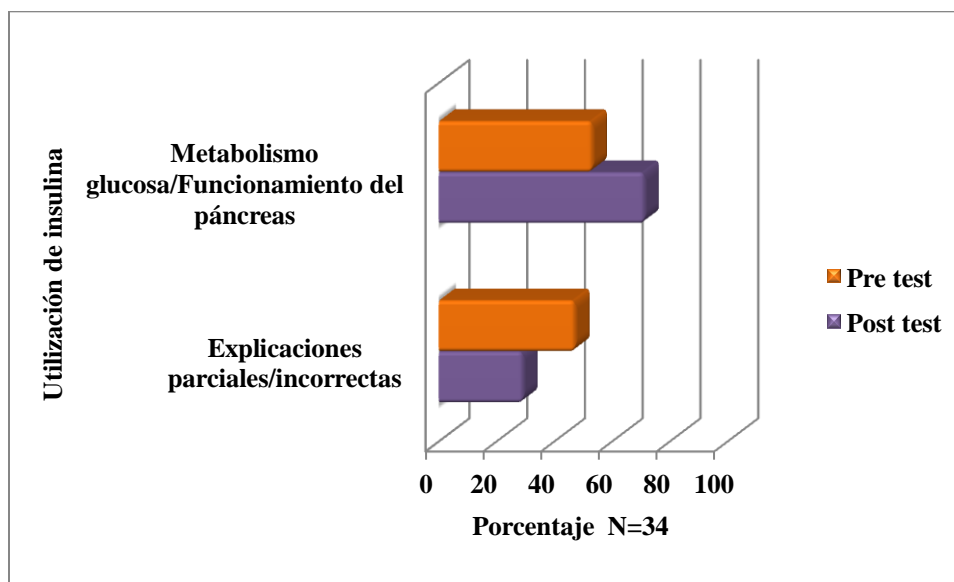


Figura 13: Respuestas de las y los estudiantes respecto a la utilización de insulina en personas con diabetes.

En una instancia intermedia de la secuencia se les consultó respecto a si sabían por qué se utilizó insulina bovina en un comienzo para el tratamiento de la diabetes. El 61% señaló que era utilizada por la similitud genética existente entre la vaca (*Bos taurus*) y el ser humano (*Homo sapiens sapiens*). El porcentaje restante hizo referencia a otras cuestiones

(“Porque su organismo era similar y de allí a través de mutaciones se pudo generar insulina artificial”) o no respondió a la consigna. En este mismo momento de la secuencia se les indicó que propongan un método para fabricar insulina en el laboratorio. Un 42% de las y los estudiantes no respondieron a la consigna mientras que un 27% hizo mención a algunos conceptos relacionados a la IG (*bacterias, enzima vector*, entre otros). Estos resultados muestran, de manera similar a los presentados en consignas anteriores, que la IG y sus aplicaciones no son muy reconocidas en el campo de la medicina pero asimismo, son los productos y procesos biotecnológicos más aceptados por el estudiantado (Tegegne et al., 2013).

En conexión con los resultados anteriores, se les interrogó de una manera similar a las y los estudiantes cómo se obtenía y/o fabricaba la insulina que actualmente utilizaban las personas con diabetes (Fig. 14). En el pre test un 41% indicó que *desconocía* el proceso de obtención/fabricación mientras que dicho porcentaje fue del 18% en el post test. Hicieron alusión a la IG como proceso de elaboración de la insulina el 26% de las y los estudiantes en el pre test y el 47% en el post test. Estos resultados indicarían que las actividades propuestas permitieron al estudiantado construir conocimientos respecto a otros campos de aplicación de la IG diferentes a los expuestos en los medios masivos de comunicación, en este caso construyeron saberes referidos a la medicina. El reconocimiento de otros campos de incidencia de la IG es un primer paso para lograr una alfabetización científica que contemple la mayoría de los aspectos involucrados en la IG logrando que las y los estudiantes, cuando participan de secuencias contextualizadas, puedan discutir y opinar de manera crítica acerca de problemáticas que involucran a la IG. Al respecto, investigaciones muestran que, las personas que tienen una base de conocimientos sólida pueden emitir opiniones argumentadas independientemente de si son positivas o negativas, sobre temas relacionados a la IG (Ekborg, 2008). Nuevamente, la importancia de contextualizar el aprendizaje permite que las y los estudiantes construyan conocimientos, respecto a la IG en este caso, logrando que puedan emitir opiniones fundadas respecto a discusiones socio-científicas (Pedrancini et al., 2008).

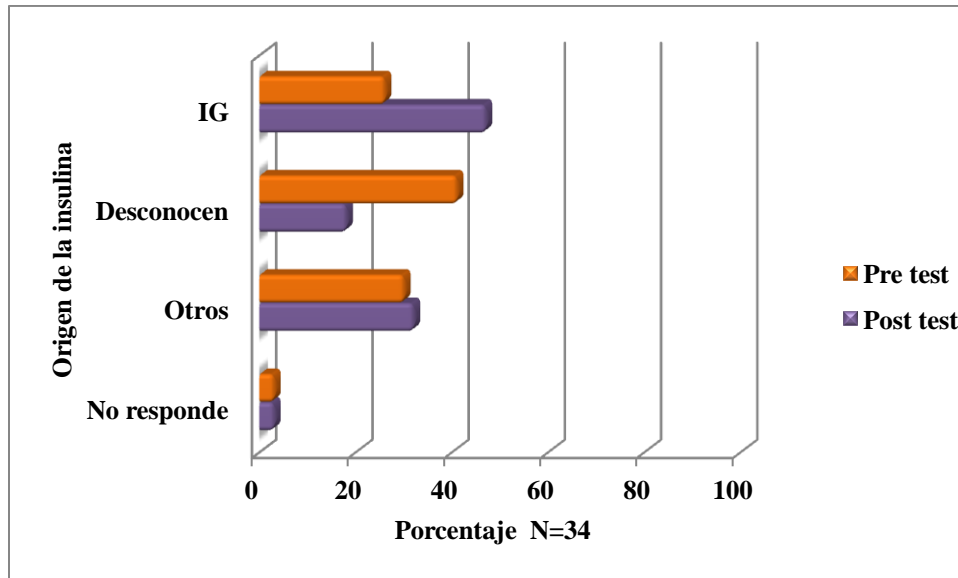


Figura 14: Conocimiento de las y los estudiantes respecto a la obtención de la insulina utilizada actualmente para el tratamiento de la diabetes.

4.2.4. Saberes construidos por el grupo de estudiantes en relación al componente epigenético de enfermedades como la diabetes

Posteriormente y con el propósito de evitar el determinismo biológico en la enseñanza de las ciencias (Jiménez Aleixandre, 2014; Roa Acosta y Valvuela Ussa, 2013) se les propusieron a las y los estudiantes actividades en donde interaccionaran diferentes factores causales y ambientales en el desarrollo de la diabetes (Anexo 4). En dicho contexto se mostraron escenarios hipotéticos referidos a dos personas que presentaban diferentes tipos de diabetes y a su vez sus estilos de vida diferían (respeto a su alimentación y a su actividad física). Cuando se les indagó respecto al tipo de insulina que debería utilizarse de acuerdo al tipo de diabetes que presentaba cada persona, el 100% indicó que deberían usar insulina recombinante. Además, el 53% especificó el tipo de insulina que debía usar cada personajes (Humalog para tratar los picos hiperglucémicos o Lantus para regular los niveles de glucosa a lo largo del día) mientras que el 47% restante no realizó ninguna especificación. Respecto a los hábitos de los personajes hipotéticos, en la misma instancia, se les indicó a las y los estudiantes que señalaran si algún hábito debería ser modificado y en el caso de ser positiva su respuesta indicaran cuáles de dichos hábitos cambiarían y de qué manera lo harían. El 76% de las respuestas mostraron que tanto los hábitos respecto a la alimentación y al ejercicio físico debían ser modificados y además especificaron qué

hábito debía modificar cada personaje (*“Maite debería hacer ejercicio y Juana debería evitar la comida chatarra. Maite en lugar de usar su tiempo en el ocio se podría dedicar a ejercitarse y Juana debería mejorar sus hábitos alimenticios reemplazando la chatarra por comida más saludable”*). El 18% señaló que debían modificarse los hábitos pero sin realizar especificaciones (*“Deberían hacer ejercicio y comer más saludable”*) mientras que el 6% no respondió. De lo anterior se desprende que incluir este tipo de ejemplos contribuye a una representación menos simplista del determinismo genético. De hecho, la interacción ambiente-genética se menciona en los materiales educativos donde se incluyen como ejemplos los diferentes tipos de cánceres y la diabetes al igual que en este caso (Treagust y Tsui, 2013). Así, lo que contribuye a colocar el foco en las interacciones entre diferentes niveles de organización biológica como los genes y la postgenómica, es decir, la interacción de los genes con el entorno evitando explicaciones lineales y simplistas.

De manera complementaria, en esta instancia se aprovechó para averiguar los conocimientos de las y los estudiantes (Fig. 15) respecto al componente hereditario de la diabetes sabiendo que existe una predisposición genética a la enfermedad pero hay elementos desencadenantes en el entorno. Para tal fin se tomó a uno de los personajes hipotéticos de las situaciones anteriores y se les consultó a las y los estudiantes sobre la posibilidad de que la descendencia de dicho personaje (que padecía diabetes tipo 1) desarrollara diabetes. El 53% indicó que sí y de dicho porcentaje, el 67% lo justificó indicando que es una enfermedad hereditaria (*“Si podrían tener diabetes porque es una enfermedad hereditaria”*) mientras que el 37% restante señaló de igual manera que podrían tener diabetes pero sus explicaciones tenían en cuenta otros factores además de los genéticos (*“Sus hijos tienen altas posibilidades de adquirir la enfermedad sino toman los recaudos correspondientes”*). Un 29% indicó que sí y que no puede la descendencia desarrollar la diabetes (*“Se tiene que cuidar porque tiene más posibilidad y más vulnerable a poseer diabetes pero no es directamente”*). El 18% restante señaló que los hijos no tendrían diabetes (*“No necesariamente los hijos de Juana deben tener diabetes, a pesar de ser una enfermedad hereditaria influyen mucho los hábitos de la persona como por ejemplo las horas de sueño, la buena alimentación y hacer ejercicio”*). Si bien se sigue observando que las y los estudiantes consideran a la diabetes como una enfermedad hereditaria, y de hecho dicha enfermedad contiene un componente genético, la otra mitad consideró que es posible que no se herede, lo que inclina a dichas explicaciones hacia la epigenética, el cual coincide con el posicionamiento actualmente vigente y aceptado dentro de la comunidad científica y que en función de estos resultados se observa que fue favorecido con las actividades propuestas en esta secuencia.

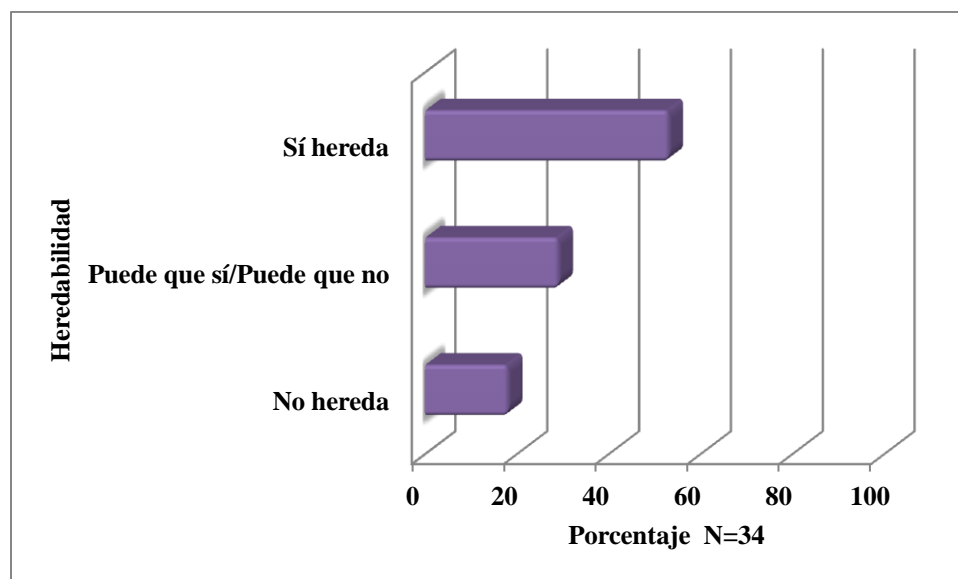


Figura 15: Conocimientos de las y los estudiantes respecto al componente hereditario de la diabetes.

Para complementar las consignas anteriores, en dicho contexto se les consultó respecto al papel de los hábitos alimentarios y la realización de ejercicio físico en esta enfermedad. El 68% de las y los estudiantes mostraron reconocer que ambos cumplen un papel en el desarrollo de la diabetes. Expresiones del tipo *“Debe ir acompañado de buenos hábitos alimenticios y ejercicio porque si se tiene una vida sedentaria y con mala alimentación de nada sirve el tratamiento”* dan cuenta de dicho reconocimiento. Además en este espacio el 38% pudo reconocer que se utilizan diferentes tipos de insulina de acuerdo a los diferentes tipos de diabetes.

Finalmente se le consultó a la docente a cargo del grupo de estudiantes respecto al aprendizaje de la IG con la estrategia diseñada para esta investigación. La misma indicó que es una manera de mejorar y complementar el aprendizaje ya que es una herramienta práctica para las y los estudiantes lo que le permitió plasmar sus conocimientos y realizar un cierre de los mismos.

En el caso particular de la Genética, la cual implica la comprensión de la interacción de niveles macro, micro y molecular para entender diferentes fenómenos biológicos, como la expresión génica, el diseño de estrategias que promuevan la construcción de saberes para la comprensión de dicha expresión permitirá a las y los estudiantes realizar análisis más profundos respecto a enfermedades que contienen un componente genético y el rol del

ambiente en la incidencia de dichas enfermedades integrando diferentes saberes. En este sentido, las y los estudiantes necesitan discutir cuestiones sociocientíficas de manera informada no sólo conociendo conceptos básicos de la ciencia sino también conocimientos específicos sobre casos reales que permitan orientar sus análisis (Ekborg, 2008) como por ejemplo el caso de la insulina recombinante propuesto en la secuencia didáctica diseñada en esta investigación.

4.3. Identificación en los proyectos de Scratch de los modelos conceptuales de IG

En esta sección se presentan los resultados que permitieron responder al *objetivo tres* de esta tesis. Se comenzará con la identificación y la caracterización de los modelos que las y los estudiantes desarrollaron sobre IG en sus proyectos de Scratch. También se mostrarán los resultados de las actividades de seguimiento que se les propusieron a las y los participantes con el fin de evaluar sus proyectos en instancias previas a su entrega. A su vez dichas actividades buscaban fomentar en las y los estudiantes realizar procesos metacognitivos respecto a los aprendizajes que iban desarrollando al programar sus modelos de IG en Scratch.

Con el fin de operacionalizar los modelos, tal como se indicó en el capítulo 3, se adaptaron las categorías propuestas por Bahamonte y Gómez Galindo (2016) proponiéndose las siguientes ideas: a) Continuidad, b) Interacción y c) Transformación e integración

En la secuencia de actividades planteadas las y los estudiantes construyeron y explicaron modelos de manera que las actividades que se desarrollaron involucraron algunas etapas, pero no todas, de las consideradas en el ciclo de modelización (Oliva, 2019). En base a las etapas de modelización planteadas en la secuencia, las y los estudiantes construyeron 17 proyectos (en grupos de dos integrantes).

a) Continuidad

Considerando los niveles establecidos, el 58% de los modelos realizados por las y los estudiantes en Scratch se encuentran en la categoría *medio*, es decir, en ellos se hallan representados tres o cuatro de los procesos indicados anteriormente. Los restantes niveles, es decir *alto* y *bajo*, se encontraron representados ambos por el 21%. Esto podría indicar

que la idea de continuidad se encuentra presente en los modelos construidos por las y los estudiantes en relación a la construcción de una molécula de ADN. Al respecto Yarden y Yarden (2013) encontraron resultados similares al informar que el uso de animaciones digitales fue ventajoso para las y los estudiantes ya que les permitió la comprensión de procesos biotecnológicos.

Respecto a los procesos vinculados a la IG que se consideraron para operacionalizar la idea de continuidad (Fig. 16), *la identificación y corte del ADN de interés junto a la unión de los fragmentos de dicho ADN al vector mediante la enzima ligasa* fueron los procesos que en mayor porcentaje fueron representados por las y los estudiantes con el 79% mientras que *la elección de un vector y su corte con enzimas* fue el proceso menos representado con un porcentaje del 14%. A pesar de que no incluyeron todos los procesos involucrados, estos resultados evidencian que las y los estudiantes fueron capaces de construir modelos a partir de determinados aspectos de un fenómeno biológico, en este caso la construcción de una molécula de ADN lo que les permitió mostrar los mecanismos explicativos y las relaciones entre los componentes de dichos mecanismos sin necesariamente incluir a todos los procesos involucrados (Schwartz et al., 2009).

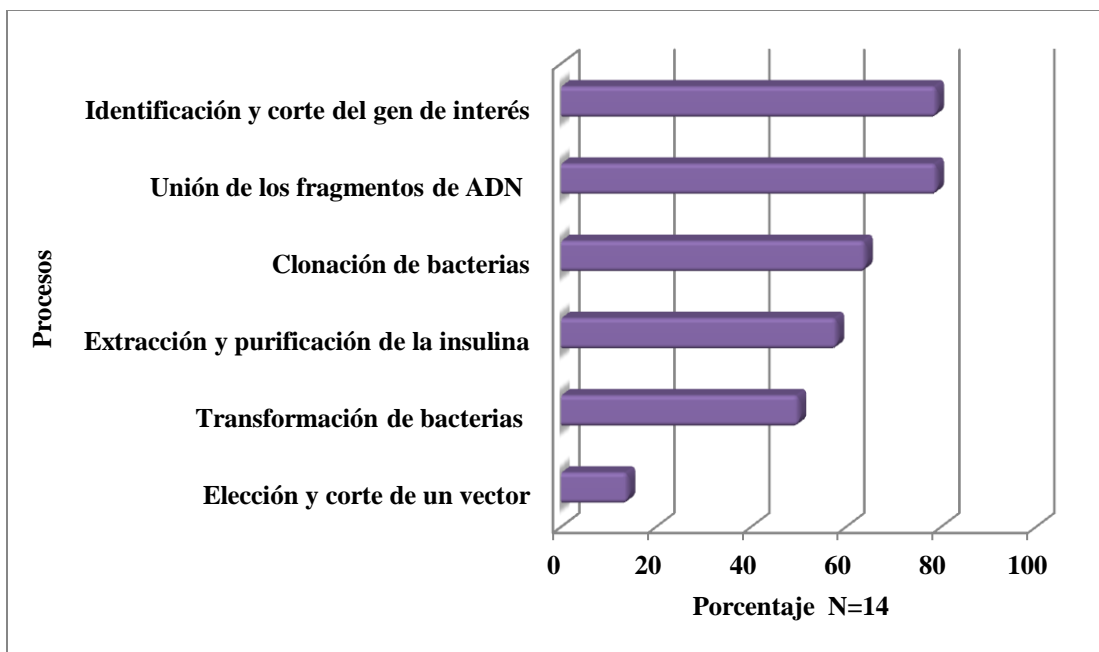


Figura 16: Procesos representados por las y los estudiantes en sus modelos realizados programando proyectos en Scratch.

Sin embargo, cuando se les consultó respecto a si creían que habían representado en su totalidad a los procesos biológicos necesarios para la construcción de una molécula de ADN_r, el 32% de las y los estudiantes consideró que sí mientras que un 64% indicó que no, correspondiéndose el porcentaje restante a estudiantes que no respondieron. Estos resultados mostrarían que las y los estudiantes pueden reconocer la ausencia en sus modelos de algunos procesos necesarios para la construcción de una molécula de ADN_r lo que indicaría que las consignas de tipo metacognitivo, como esta, les permite reflexionar sobre sus modelos construidos, revisarlos y potencialmente mejorarlos (Schwarz et al., 2009). Además, el hecho que las y los estudiantes modelizaran en grupo les permitió trabajar colaborativamente poniendo en juego sus ideas revisándolas y modificándolas lo que condujo la aparición de un modelado colaborativo en los grupos (Blanco-Anaya et al., 2017).

A las y los estudiantes que indicaron que debían agregar algún proceso biológico, se les consultó respecto a cuál/es procesos agregarían (Fig. 17). Aquí, con las proporciones más altas, aparecen la *unión de fragmentos de ADN* (72%), la *transformación de bacterias* (61%) y la *extracción y purificación de la insulina* (56%) procesos, estos últimos dos, que no fueron incluidos en los modelos realizados en Scratch. Esto podría deberse, a que no tuvieron las herramientas, cognitivas referidas a la IG o a la programación, para incluir dichos procesos en sus modelos. Estos resultados también podrían deberse a que, si bien los procesos y productos involucrados a la IG se encuentran presentes en ámbitos de divulgación científica y por lo tanto las y los estudiantes los encuentran familiares, la construcción de modelos será relevante si conectan al estudiantado con fenómenos cotidianos sobre los que pueda pensar, hablar y actuar desarrollando una visión multicausal de los mismos con la finalidad de poder predecir y explicar (García Rovira, 2005).

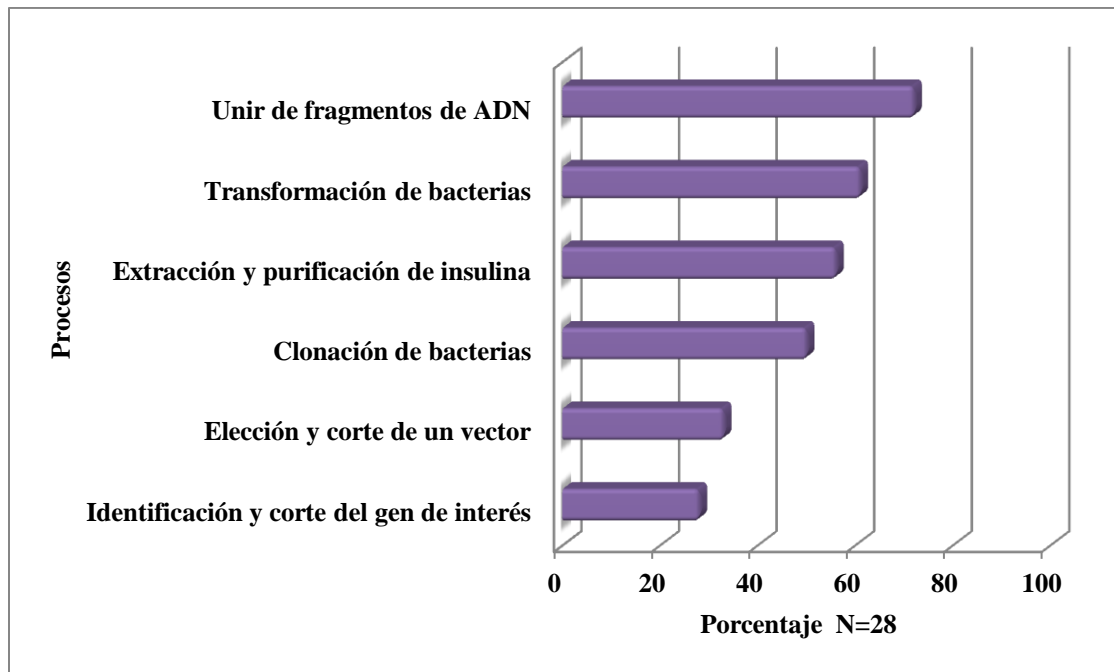


Figura 17: Procesos que las y los estudiantes consideran que deberían agregar a sus modelos de IG realizados en Scratch.

b) Interacción

Teniendo en cuenta los niveles establecidos se obtuvieron los siguientes resultados. El 50% de los modelos se encuentran dentro del nivel *medio* mientras que el nivel *alto* se halla representado por el 29% y el 21% restante se correspondía al nivel *bajo*. En relación a los modelos categorizados en el nivel *alto* (Fig. 18) las y los estudiantes pudieron construir sus modelos utilizando casi la totalidad de los factores considerados lo que implicaría que pudieron adquirir la idea de la interacción en la construcción de una molécula de ADN_r, en este caso, la insulina recombinante. En el caso de los modelos que se encuentran en el nivel *medio* (Fig. 19) si bien no incorporaron todos los conceptos necesarios para lograr la mayor interacción posible entre los componentes al momento de modelizar la construcción de la insulina recombinante, sí incluyeron factores como el páncreas, los péptidos precursores de la insulina, la glucosa y el desarrollo de la diabetes los cuales se encontraban incluidos en las situaciones problemáticas de la secuencia didáctica para contextualizar la propuesta y evitar visiones fragmentadas y deterministas de los procesos biológicos.

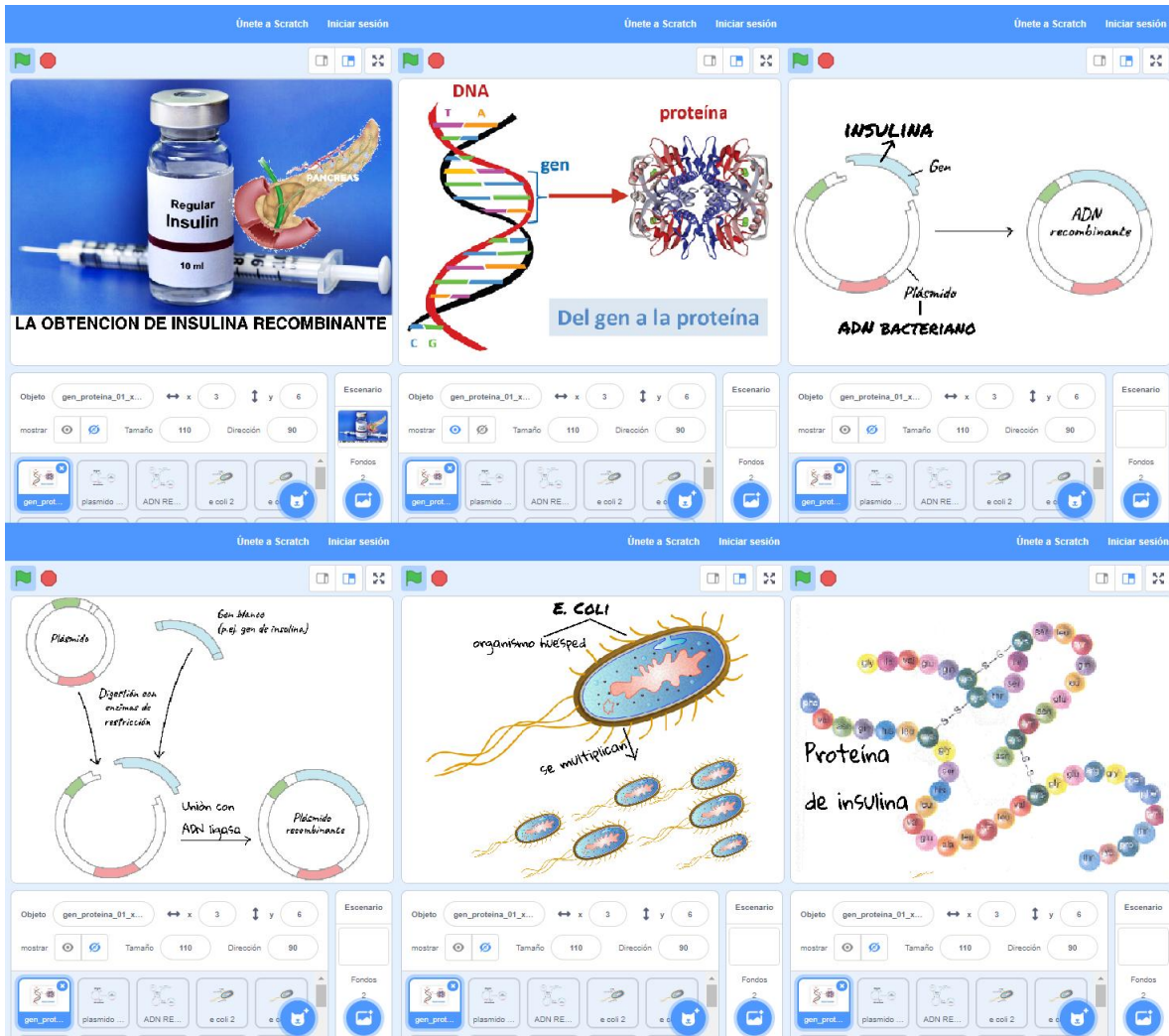


Figura 18: Capturas de pantalla que muestran la construcción de un modelo que se encuentra en el nivel alto respecto a la idea de continuidad en la construcción de una molécula de ADN:

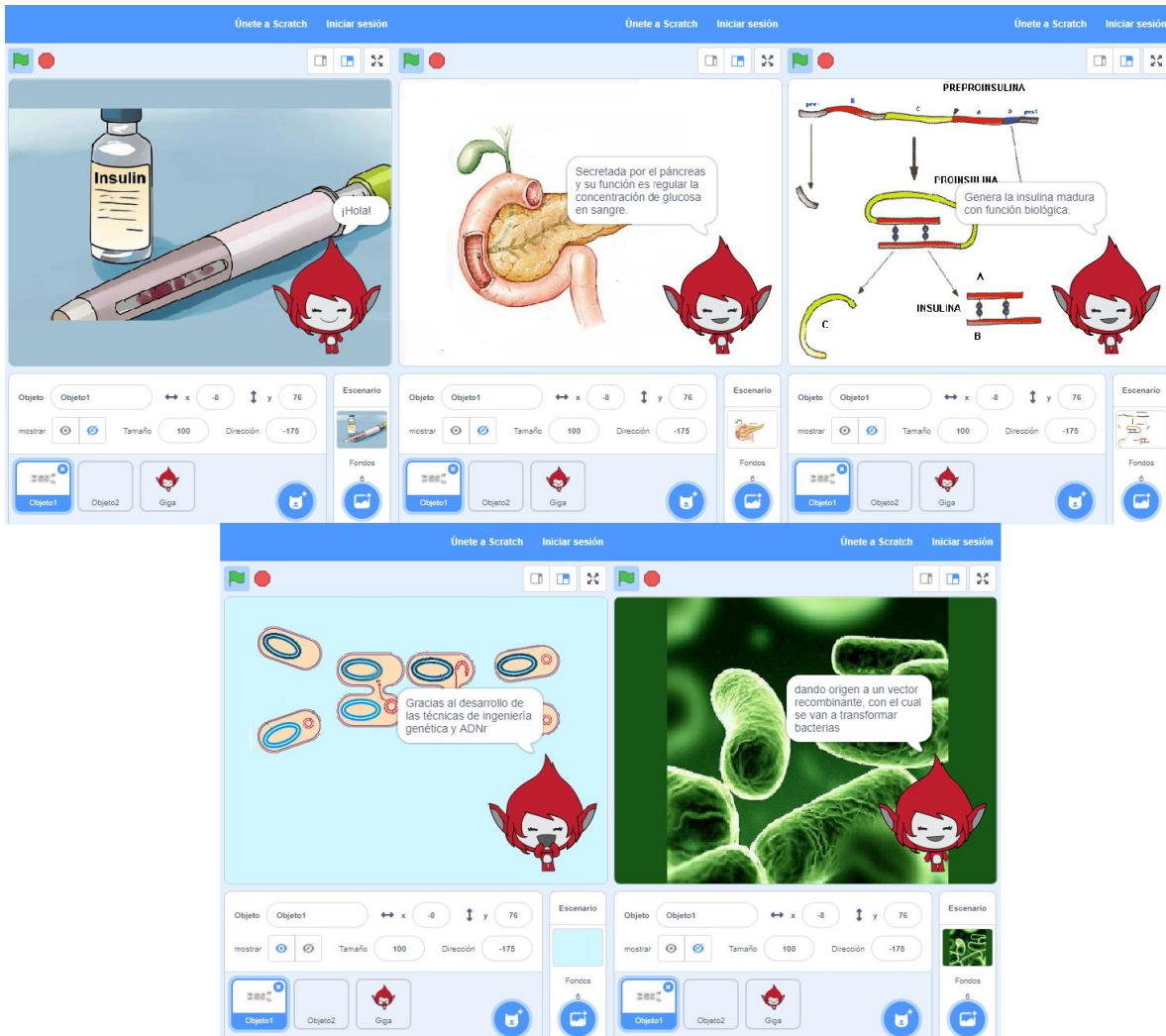


Figura 19: Capturas de pantalla que muestran la construcción de un modelo que se encuentra en el nivel medio respecto a la idea de continuidad en la construcción de una molécula de ADNr.

Por último, considerando a los modelos incluidos en el nivel *bajo* (Fig. 20) no se observó el desarrollo de la idea de interacción. Estos resultados podrían explicarse por el hecho de que la IG involucra procesos y conceptos biológicos y que los mismos deben comprenderse para poder construir saberes de IG y en este caso en particular para construir modelos que involucran a la IG para la producción de ADNr (insulina recombinante).

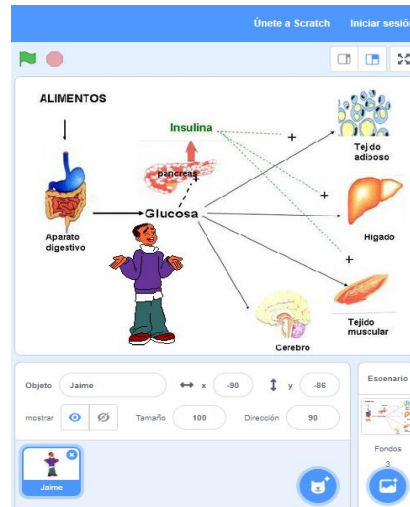


Figura 20: Captura de pantalla que muestra la construcción de un modelo que se encuentra en el nivel bajo respecto a la idea de continuidad en la construcción de una molécula de ADNr.

En cuanto a los factores incorporados en los proyectos (Fig. 21), *gen de interés* y *plásmido* fueron incluidos en el 86% de los modelos seguidos por *bacterias* (71%) y por *ADNr* y *clonación* en cantidades iguales (58%). Estos resultados mostrarían que los factores que son necesarios en las primeras etapas de la construcción de una molécula de ADNr con los más reconocidos por las y los estudiantes pero los que se requieren para las etapas finales son menos reconocidos.

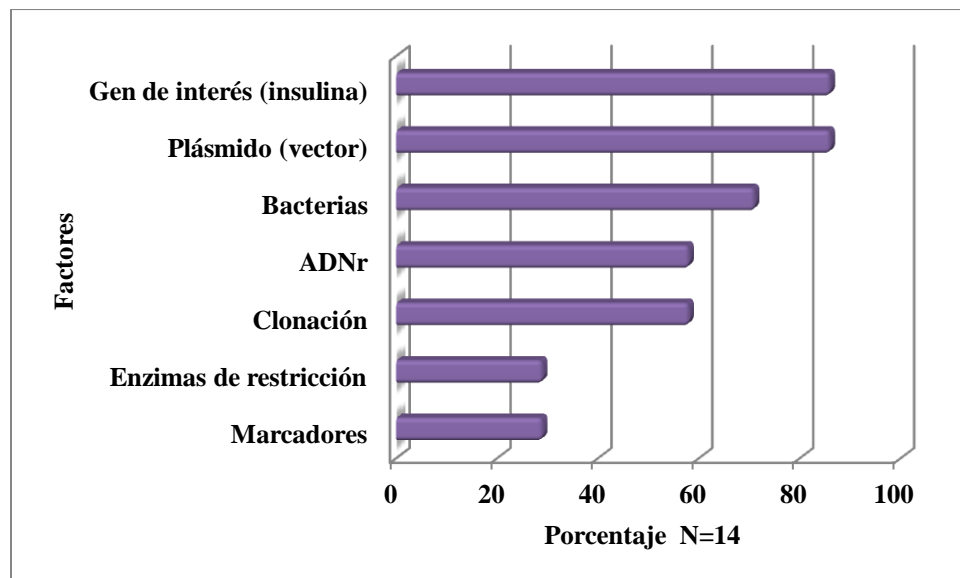


Figura 21: Factores incluidos por las y los estudiantes en sus modelos de IG.

Sin embargo, cuando se les consultó a las y los estudiantes mientras estaban construyendo los modelos de IG qué factores todavía debían incluir en sus programaciones (Fig. 22), junto a los *plásmidos* (57%) nombraron a las *enzimas de restricción* (54%) y a las *bacterias* (46%) lo que demostraría que identifican no sólo a los factores iniciales en la construcción de ADN_r sino también a otros implicados en instancias posteriores. Por lo tanto, dado que identifican a estos conceptos como necesarios podrían extrapolarlos a otras situaciones en donde se requiera la construcción de una molécula de ADN_r o bien comprender el origen de otros productos transgénicos. La exclusión de otros factores en los modelos construidos por el estudiantado puede deberse a la imposibilidad de programar dichos conceptos en sus modelos o a la falta de un trabajo sostenido en el tiempo para la realización de los proyectos en Scratch. Al respecto, en algunas actividades de seguimiento (Anexo 4) se les consultó a las y los estudiantes en relación a cómo debían mejorar la utilización productiva del tiempo para la realización de los proyectos y el 57% en la semana 3 y el 47% en la semana 5 se inclinaron por mucho lo que mostraría que de contar con más tiempo, las y los estudiantes podrían incluir los factores faltantes en sus proyectos. Se destaca la posibilidad que brindó la consigna a las y los estudiantes para realizar la revisión, mejora y posterior explicación de sus modelos (Ageitos Prego y Puig, 2016).

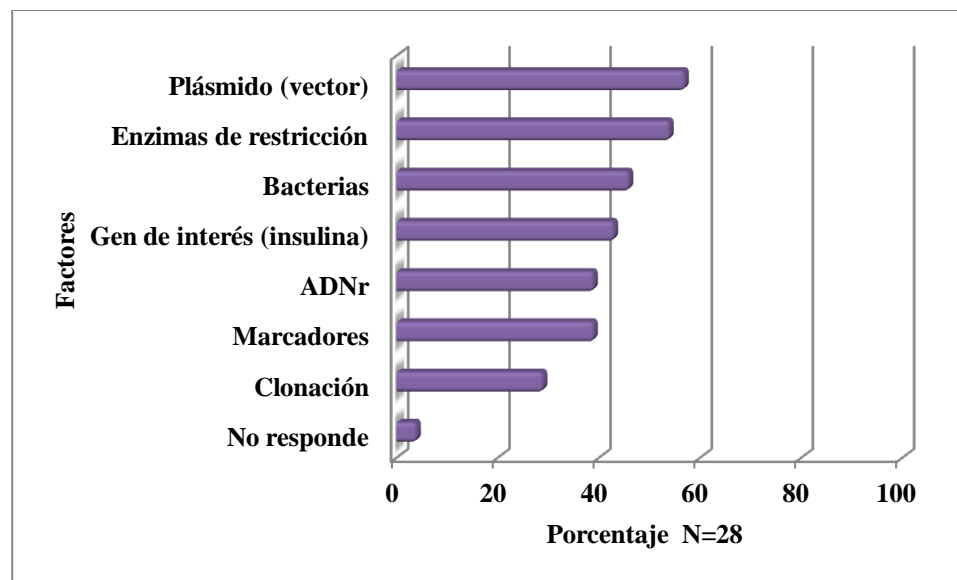


Figura 22: Factores necesarios para la construcción de una molécula de ADN_r que las y los estudiantes consideran deberían incluir en sus modelos de IG creados mediante proyectos en Scratch.

c) *Transformación e integración*

Finalmente esta idea fue desarrollada por el 58% de las y los estudiantes quienes incluyeron en sus modelos al *proceso de extracción y purificación del producto de interés*, la insulina recombinante. Por lo tanto, se puede decir que a partir de las actividades las y los estudiantes estarían reconociendo que la funcionalidad de los productos de la molécula de ADN_r depende de su incorporación en otros sistemas, como el organismo humano en este caso.

En suma, estos resultados indican que involucrar a las y los estudiantes en prácticas de modelización les permitirá la revisión de sus modelos al tiempo les brindará la oportunidad de construir conocimiento epistemológico (Lehrer y Schauble, 2006; Schwarz et al., 2009). Las y los estudiantes fueron capaces de construir modelos de un determinado proceso biológico, la construcción de una molécula de ADN_r, incluyendo varios de los procesos y factores que involucra. Además, la posibilidad de trabajar colaborativamente en grupos les permitió una constante revisión de sus ideas y las de sus pares logrando interacciones que condujeron al desarrollo colaborativo de los modelos.

El caso particular de la insulina recombinante, adquiere relevancia ya que para poder comprender las enfermedades que tienen un componente genético, como la diabetes, la práctica de la modelización genera un escenario que permite a las y los estudiantes desarrollar procesos de razonamiento (Ageitos Prego et al., 2017). Al respecto, se observó que después de participar de las actividades, las y los estudiantes pudieron construir modelos explicativos de la construcción de una molécula de ADN_r. En este sentido la enseñanza de la Biotecnología brinda la oportunidad de trabajar con modelos en situaciones educativas donde los mismos pueden asumir una diversidad de roles/funciones siendo un medio para el abordaje de la resolución de situaciones problemáticas (France, 2007).

4.4. Habilidades del PC y conocimientos relacionados a la programación desarrollados por las y los estudiantes al programar con Scratch

En esta sección se presentan los resultados referentes a las habilidades del PC y a los conocimientos relacionados a la programación puestos en juego por las y los estudiantes al programar con Scratch lo que permite responder al *objetivo cuatro* de esta tesis. Se analizan aquellos datos que se obtuvieron a partir de ítems incluidos en el pre y post test, en

los proyectos de Scratch contruidos por el estudiantado a lo largo de toda la implementación de la secuencia didáctica, en las actividades de seguimiento que se realizaron en diferentes momentos de dicha secuencia y en las entrevistas a grupos focales y a la docente a cargo del grupo.

4.4.1. Percepciones del grupo de estudiantes respecto a la programación y a las actividades planteadas en Scratch

Con la intencionalidad de conocer la percepción de las y los estudiantes acerca de lo que habían aprendido luego de participar de las actividades (como ya se mencionó en la descripción de los resultados del *objetivo dos*) en el post test se les consultó al respecto y un 97% indicó que aprendió sobre IG, ADNr, diabetes y su tratamiento mientras que un 41% señaló que aprendió a programar y/o a utilizar Scratch (“*A utilizar Scratch*”, “*A programar*”). Estos resultados indicarían que optar por Scratch como herramienta para una primera aproximación a la programación permitió al estudiantado tomar contacto con este tipo de actividades y además reconocerlo como un aprendizaje luego de participar de las actividades.

En esta misma instancia, cuando se les señaló a las y los participantes que seleccionaran a qué proceso asocian a Scratch (Fig. 23) el 94% indicó *representar* mientras que *modelizar* fue seleccionado por el 41%. Estos resultados podrían sugerir que la utilización de Scratch en las actividades escolares es reconocida como una herramienta no sólo para la representación de conceptos, procesos o fenómenos sino también para la modelización tratándose de una práctica científica fundamental a desarrollarse en las clases de Biología. De manera similar, Maloney et al. (2008) indagaron con qué analogía podrían comparar a Scratch en el caso de no estar en una computadora y la respuesta más común fue un *cuaderno de bocetos* la cual podría considerarse similar a las categorías *representar* y *modelizar* encontradas en esta investigación que les permitió a las y los estudiantes ir diseñando las diferentes etapas de sus proyectos en Scratch.

Con el propósito de comparar la percepción de las y los estudiantes respecto a las actividades que implican programar, se les consultó en el pre y post test en qué actividades cotidianas identificaban que programaban (Fig. 24). En el pre test el 38% de las y los participantes señaló que realizaban dicha actividad cuando organizaban sus actividades cotidianas y sus instancias alimenticias. Un ejemplo de una respuesta que da cuenta de lo

anterior es “Yo creo que programo cuando me voy a dormir o cuando voy a comer” mientras que dicho porcentaje en el post test fue del 44%. Estos resultados podrían apuntar que las y los estudiantes luego de participar de las actividades identifican a la programación como una actividad que realizan a diario sin necesariamente encontrarse vinculada a dispositivos digitales reconociendo que se trata de una secuencia de pasos ordenados a seguir para realizar cierta actividad.

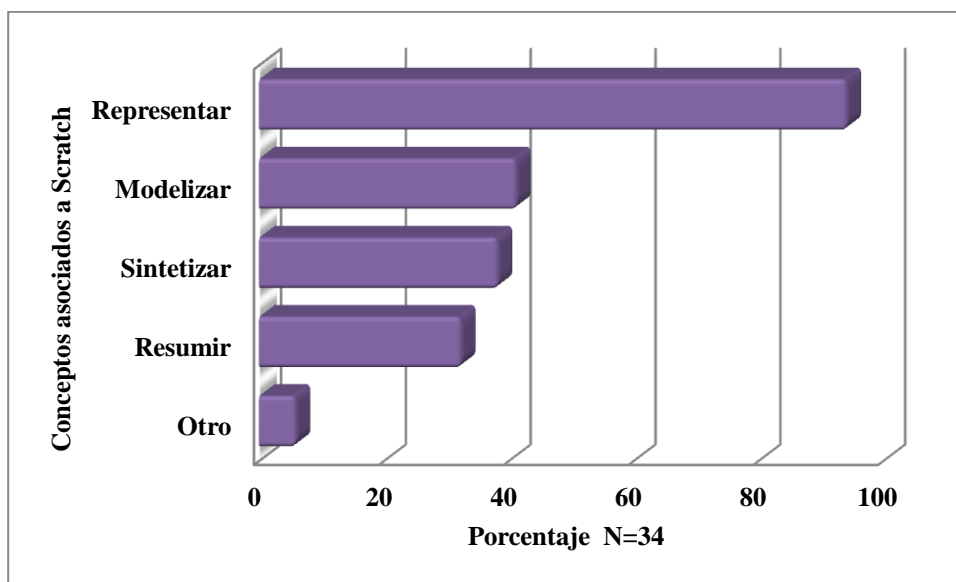


Figura 23: Procesos que las y los estudiantes asocian a Scratch.

En otra categoría se agruparon las respuestas que hacían referencia a la programación como actividad cuando las y los estudiantes utilizaban dispositivos digitales como teléfonos celulares, alarmas y microondas (“Al usar el celular”) estando representada en el pre test con el 24% y en el post test con el 8%. Estas expresiones reforzarían los resultados agrupados en la categoría anterior, es decir el estudiantado luego de participar de la secuencia didáctica se acercó al concepto de programación. Otro grupo de estudiantes, representado por el 18%, antes de la implementación de la secuencia reconoció que programaba cuando utilizaba dispositivos digitales para algunas actividades cotidianas (“Yo programo la alarma todos los días para despertarme”, “Cuando pongo la alarma para despertarme. Cuando pongo a grabar una película de mi interés”) mientras que una vez implementada la secuencia dicho porcentaje se encontraba representado por el 32%. Aquí se evidencia la relación que las y los participantes pudieron realizar entre la programación de sus actividades diarias mediadas por dispositivos digitales lo cual complementa los resultados anteriores.

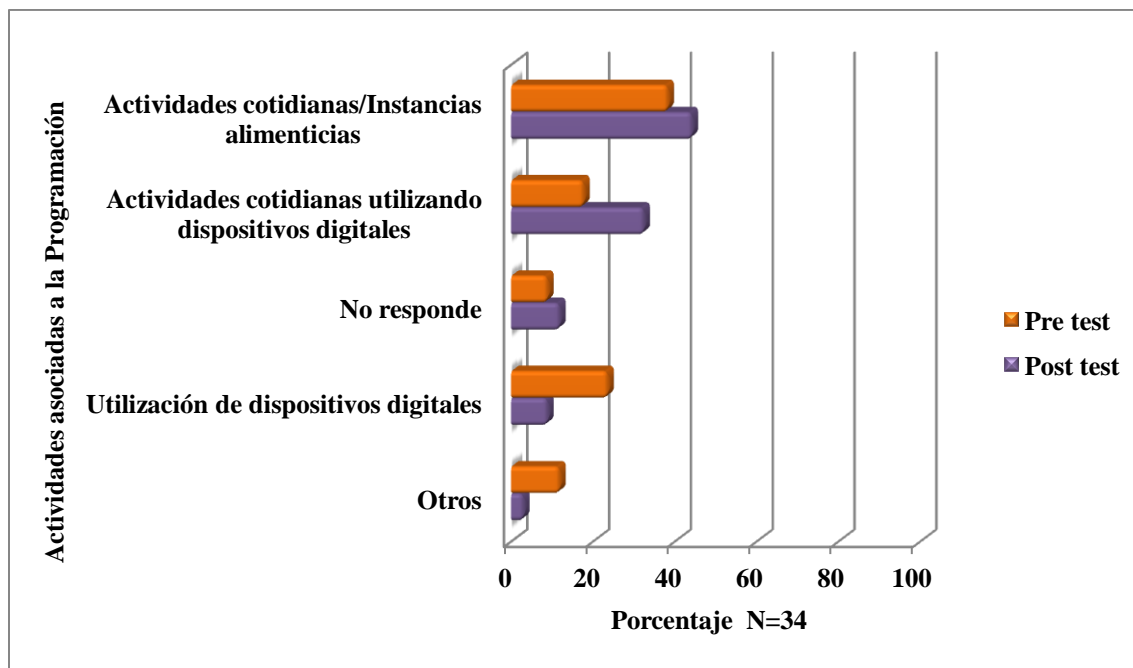


Figura 24: Actividades cotidianas en donde las y los estudiantes identifican que programan.

Continuando con la comparación de ítems para describir la percepción de las y los estudiantes respecto a la programación, se les propuso que seleccionaran del 1 al 10 (1 poco - 10 mucho) el grado de dificultad que presentaba la programación (Tabla 4).

Grado de dificultad	Pre test %	Post test %
1	12	0
2	9	9
3	15	3
4	3	9
5	12	22
6	6	6
7	6	21
8	22	9
9	0	3
10	3	12
Otros	3	6
No responde	9	0

Tabla 4: Grado de dificultad que las y los estudiantes percibieron respecto a programar.

El porcentaje más alto encontrado tanto en el pre como en el post test fue del 22% correspondiéndose al grado de dificultad 8 en una primera instancia y al grado de dificultad 5 en la instancia final. Esto podría indicar que Scratch puede ser un software apropiado para la introducción a la programación pero es necesario promover un contexto favorable para aprender a programar y para que las y los jóvenes participen y reciban apoyo en este tipo de actividades (Kelleher y Pausch, 2005) y la secuencia aquí planteada puede promover y facilitar dichos aspectos.

Hasta aquí se realizó una contextualización respecto a los conocimientos y percepciones del grupo de estudiantes que participó de las actividades en relación a la programación y conceptos relacionados. A continuación se comenzarán a describir y a analizar las producciones elaboradas por las y los estudiantes utilizando Scratch.

4.4.2. Aproximación al tipo de scratcheres y análisis de los proyectos de Scratch construidos

Recuperando los proyectos realizados por las y los estudiantes para representar la construcción de una molécula de insulina recombinante, el 47% de los proyectos según el análisis en [©]Dr. Scratch se encontraban en el nivel *básico* y el 53% restante en el nivel *medio* (Fig. 25) (Tabla 5).

PUNTAJE (Dr. Scratch)	%	Nivel
0	6	Básico
4	6	
6	17	
7	17	
8	12	Medio
9	6	
10	6	
11	24	
12	6	

Tabla 5: Se muestran la frecuencia de los puntajes alcanzados por los proyectos de las y los estudiantes según [©]Dr. Scratch. Los proyectos que obtuvieron un puntaje entre 0 y 7 se encuentran en el nivel básico mientras que los que consiguieron puntajes entre 8 y 12 se hallan en el nivel medio. El puntaje 11 (nivel medio) es el que se encontró con un mayor porcentaje.

Estos resultados son coincidentes con los presentados por Meerbaum Salant et al. (2013) quienes encontraron que los niveles de rendimientos del estudiantado utilizando Scratch no siempre fueron altos y que los conceptos más abstractos requieren de un trabajo sostenido en el tiempo para su desarrollo e inclusión en las creaciones en Scratch. Otras investigaciones (Fields et al., 2013) sugieren que existen varias clases de usuarios en Scratch y que hacer un proyecto y descargar otros se constituye en una puerta de entrada para actividades de programación.



Figura 25: Se muestra el análisis realizado con la aplicación [©]Dr. Scratch sobre dos proyectos elaborados por estudiantes para representar la construcción de insulina recombinante. **a)** Proyecto que alcanzó el nivel básico con un puntaje de 7. **b)** Proyecto que logró el nivel medio con un puntaje de 12. En ambos casos se muestra el nivel alcanzado para cada habilidad del PC.

El diseño de actividades de esta tesis puede haber permitido el ingreso de las y los estudiantes a la programación y a todas las potenciales habilidades que se pueden construir a partir de este tipo de actividades porque Scratch permite que las y los usuarios se vayan involucrando de acuerdo a sus propios términos ya que la informalidad de Scratch en relación a la práctica social es similar a los entornos de programación informales que las y los jóvenes tratan diariamente como por ejemplo la personalización de sus teléfonos celulares (Kafai et al., 2012). Si bien la programación en Scratch encuentra ciertas similitudes con, por ejemplo la personalización de Smartphone, se convierte en una práctica prometedora para que las y los jóvenes se conviertan en productores/diseñadores adoptando estrategias de “expertos” y no siendo meros consumidores de entornos digitales (Kafai et al., 2012; Martínez y Echeveste, 2018). En palabras de Resnick et al. (2009) se trata de que no sólo lean sino también escriban.

4.4.3. Habilidades del PC desarrolladas por las y los estudiantes al participar de la secuencia de actividades

En relación a las habilidades del PC desarrolladas por las y los estudiantes a lo largo de su participación en las actividades se realizó un seguimiento de las mismas de manera paulatina incrementando las habilidades registradas a medida que se complejizaban las actividades requeridas respecto a la programación.

En la instancia del pre test, las habilidades que fueron consideradas fueron la secuenciación (enunciar de manera ordenada una serie de comandos-órdenes), el completamiento (completar un conjunto incompleto de comandos previamente dado) y la depuración (depurar un conjunto incorrecto de comando previamente dado). Para su concreción se tomaron ítems del test de PC propuesto por Román-González (2015). En cuanto a la secuenciación el 97% de los estudiantes pudo reconocerla correctamente mientras que cuando se agregaron estructuras de repetición a dicha habilidad el porcentaje fue del 67%. En relación al completamiento, es decir la comprensión del proceso a seguir para que un programa funcione, el 97% del estudiantado lo hizo correctamente mientras que cuando se le agregaron estructuras de repetición y condicionales dicho porcentaje fue del 56%. En el caso de la depuración, es decir, corregir el programa para que funcione, el 65% logró realizarlo de manera correcta. Estos resultados encontrados coinciden con otras investigaciones (Meerbaum Salant et al., 2013) en donde se encontró que sólo en el 10% de los proyectos en Scratch se utilizan estructuras de repetición y condicionales.

Para proseguir con el análisis de las habilidades del PC desarrolladas por las y los estudiantes, se tomaron los proyectos finales que programaron en Scratch en los cuales debían modelizar la construcción de insulina recombinante utilizando IG. Para el análisis de las habilidades del PC en esta instancia se utilizó [©]Dr. Scratch (Moreno-León et al., 2015) en donde se consideraron las siguientes habilidades: Paralelismo, Pensamiento lógico, Control de flujo, Interactividad con el usuario, Representación de la información, Abstracción y Sincronización.

Aquí se encontró un gradiente en el nivel de desarrollo de las habilidades del PC consideradas (Fig. 26). La Sincronización, entendida como la forma en que los objetos o *sprites* actúan en relación con los demás objetos fue la habilidad que evidenció un mayor desarrollo siendo el mayor nivel de competencia (3) alcanzado por el 35% del estudiantado y el nivel siguiente (2) por el 6%. Aquí utilizaron los bloques “esperar...segundos”, “enviar a todos”, “al recibir...” y “esperar hasta que...”. La siguiente habilidad, el Paralelismo o ejecución paralela, la cual representa la capacidad de que ocurran sucesos simultáneamente y para lograrlo en Scratch se recurre a la utilización de los bloques “al presionar bandera verde” y “al presionar tecla” en el mismo objeto. En lo que refiere a su desarrollo durante la construcción de los proyectos en Scratch por parte de las y los estudiantes, el 59% alcanzó los niveles 2 (35%) y 3 (24%). La Interactividad con el usuario, que se corresponde con la forma en la que los potenciales usuarios interactúan con el proyecto, se logra utilizando los bloques “al presionar bandera verde”, “preguntar y esperar” y “respuesta” entre otros. Aquí los estudiantes se desempeñaron en el nivel dos en el 71% de los casos. El Control de flujo se obtiene incorporando a los proyectos los bloques “por siempre” y “repetir hasta que” logrando estructuras de repetición. Para esta habilidad los niveles alcanzados por las y los estudiantes se concentraron con un 94% entre el grado de desarrollo 1 y 2. La Abstracción se evaluó respecto a cómo son utilizados y reutilizados los códigos teniendo aquí que definir bloques propios y utilizar clones. Para esta habilidad el total de las y los estudiantes se ubicaron entre los niveles 0 (12%) y 1 (88%). Acerca de la Representación de la información los niveles alcanzados por las y los estudiantes son similares a los conseguidos en la abstracción. En este caso en el nivel 0 se encontró al 6% del estudiantado mientras que en el nivel 1 al resto. Finalmente, para el caso del Pensamiento lógico, representado por la utilización de los bloques “si”, “si...sino” complementados con operadores booleanos, no se observó un desarrollo en el 88% de los proyectos encontrándose el porcentaje restante en el nivel de desarrollo 1.

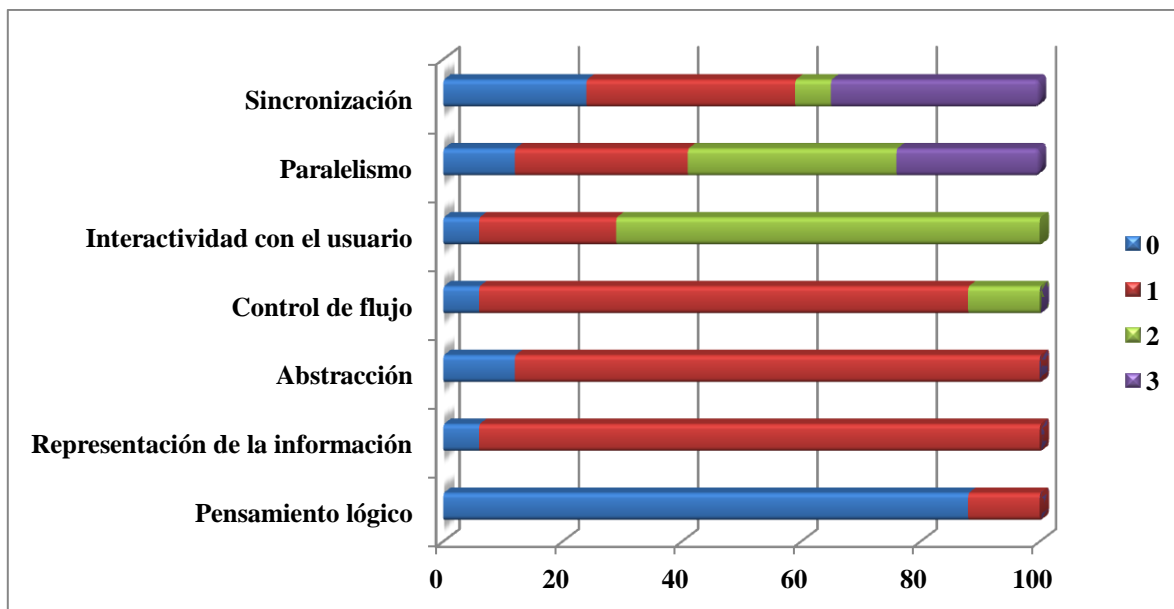


Figura 26: Nivel de desarrollo alcanzado para cada habilidad del PC consideradas en ©Dr. Scratch.

Los resultados anteriormente descriptos coinciden con los mostrados por Meerbaum Salant et al. (2013) quienes señalan que en estudiantes que participaron en cursos de Scratch se produjo un aprendizaje significativo de muchas, pero no de todas, las habilidades que caracterizan al PC. La diferencia en el desarrollo de las diferentes habilidades del PC puede deberse a que algunas habilidades requieren para su desarrollo de un trabajo continuo en el tiempo y a su vez implican mayores desafíos cognitivos para las y los estudiantes. En lo que respecta a las habilidades del PC que fueron desarrolladas en menor medida por el estudiantado, como la Abstracción y el Pensamiento lógico, puede deberse a que las y los estudiantes requieren de más información para poder realizar la abstracción de ciertos conceptos, en este caso, referidos a la construcción de una molécula de ADNr (Meerbaum Salant et al., 2013). En el caso puntual de la abstracción, la misma ocupa el nivel más alto dentro del PC lo que implica que su desarrollo requiera de un trabajo sostenido en el tiempo y del involucramiento de actividades cognitivas superiores (Wing, 2008). En esta línea, revisiones muestran que la utilización de Scratch favorece el aprendizaje de la programación (Moreno-León et al., 2015) y el desarrollo del PC que, como indica Wing (2011), permite el diseño y análisis de problemas y sus soluciones. En este sentido, el equipo de Scratch (2015) señala que las y los estudiantes al utilizar Scratch para programar aprenden a, como se indicó anteriormente, resolver problemas de manera colaborativa al tiempo que comienzan a desarrollarse sus habilidades computacionales. En este sentido Lee

et al. (2011) indican que el PC involucra una serie de habilidades que ofrecen diferentes potencialidades y permite que jóvenes piensen de manera diferente al enfrentarse a un problema desde otra perspectiva. De igual modo, como afirman Lye y Koh (2014) y Barr y Stephenson (2011) se trata de una alfabetización digital que implica un proceso interactivo para crear, remezclar y compartir recursos digitales posibilitando no sólo consumir tecnología sino también crearla.

En la instancia del post test, las habilidades del PC que se consideraron fueron las siguientes: Secuenciación, Repetición (*looping*), Control de flujo, Paralelismo y Sincronización y Coordinación (Fig. 27).

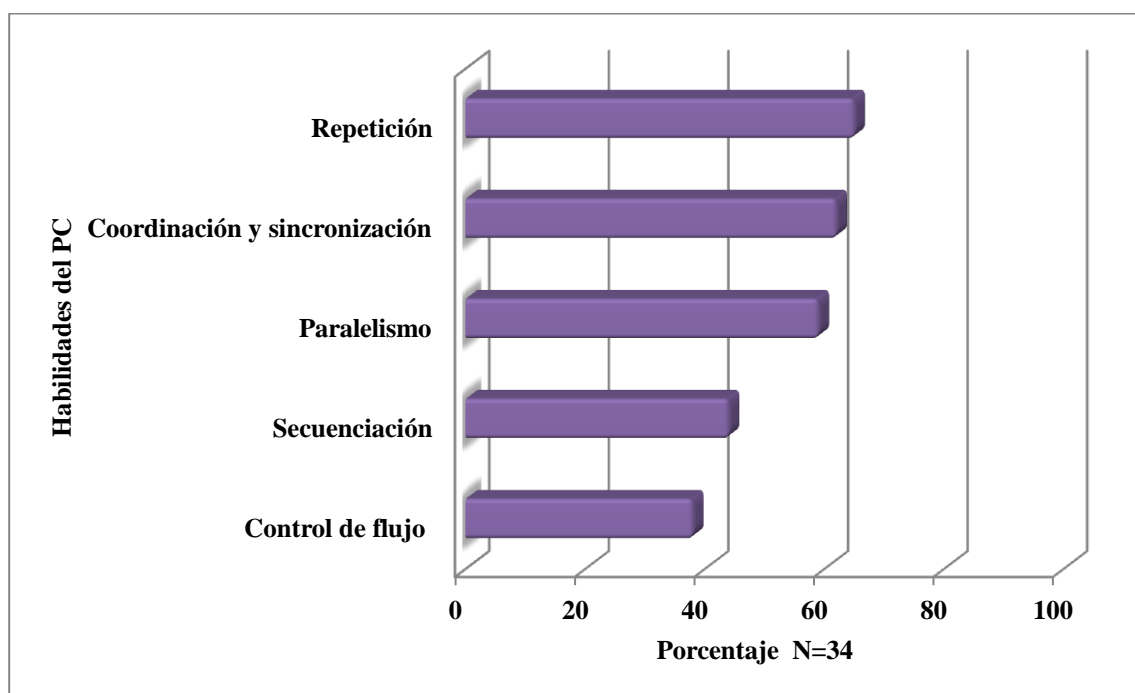


Figura 27: Habilidades del PC consideradas en el post test.

Para identificar el desarrollo de las mismas, se les propusieron a las y los estudiantes códigos programados según los bloques de Scratch que representaban a cada una de las habilidades mencionadas anteriormente. La Repetición fue identificada correctamente por el 65% de los estudiantes siendo la única habilidad que no había sido incluida hasta el momento lo que demostraría que las actividades propuestas y en el orden en el que fueron presentadas al estudiantado les permitió el desarrollo de esta habilidad. Con el 62% sigue la

Coordinación y Sincronización, resultado respaldado por el análisis en [©]Dr. Scratch donde esta habilidad fue la más desarrollada por las y los estudiantes. De manera similar ocurrió con el Paralelismo (59%). La Secuenciación que en el pre test fue reconocida por el 97% de los estudiantes, en este caso lo fue por el 44% lo que podría deberse a que los códigos para ejemplificar dicha habilidad no hayan sido los adecuados y que por tal motivos el estudiantado reconoció en menor medida a dicha habilidad en esa instancia. Finalmente, en el caso del Control de flujo fue reconocida correctamente por el 38% de las y los estudiantes, en el análisis realizado por [©]Dr. Scratch es una habilidad que se encuentra en proceso de desarrollo lo que explicaría el resultado obtenido lo que implicaría que de haber contado con más tiempo para la implementación de la secuencia dicha habilidad podría haberse desarrollado en mayor medida ya que hubiese implicado un trabajo sostenido.

Además de las instancias descriptas hasta el momento, se les plantearon a las y los estudiantes actividades de seguimiento para obtener un registro respecto al estado y al progreso de sus proyectos en Scratch al tiempo que también se indagaba sobre algunas habilidades del PC (Fig. 28). Dichas actividades fueron planteadas en la semana 3 y en la semana 5 donde además del análisis de su propio proyecto se les pidió que analicen un proyecto designado al azar perteneciente a otro grupo.

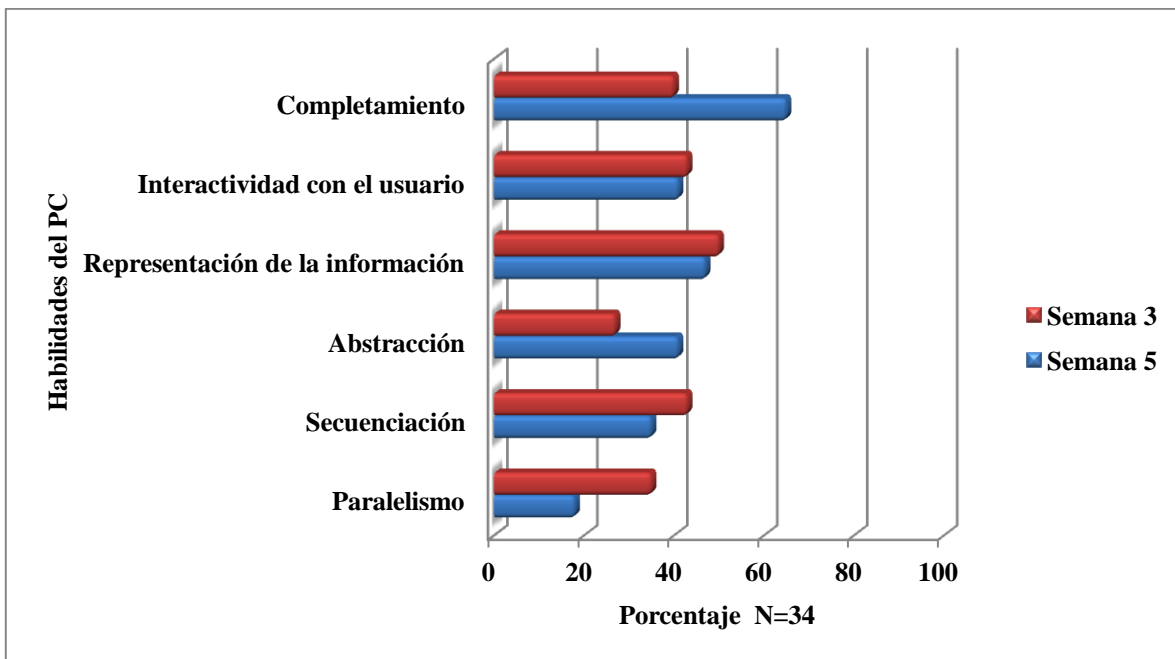


Figura 28: Para cada habilidad del PC se muestra la percepción de las y los estudiantes respecto a mejorar “mucho” cada una de dichas habilidades en sus proyectos. Los porcentajes que completan dichas percepciones hacen referencia a los grados de mejora “poco/nada”.

En relación al trabajo colaborativo, consideraron que es un aspecto que debían mejorar *mucho* en cantidades similares en la semana 3 y en la semana 5 de trabajo (57 y 59 respectivamente). En cuanto a utilizar el tiempo productivamente para realizar el proyecto, los resultados son similares a los indicados para el trabajo colaborativo. De esta manera, las y los estudiantes consideran que deben mejorar *mucho* la utilización del tiempo para realizar los proyectos en un 57% y en un 47% respectivamente. Estos resultados podrían indicar que si bien las y los estudiantes lograron realizar las actividades de manera completa, si hubieran podido contar con un tiempo que les permitiera lograr un trabajo sostenido, podrían mejorar su trabajo colaborativo para realizar las tareas lo que redundaría en un mayor desarrollo de habilidades del PC.

En esta instancia, las habilidades del PC que fueron analizadas fueron las siguientes: Completamiento, Interactividad con el usuario, Representación de la información, Abstracción, Secuenciación y Paralelismo. Respecto al Completamiento el 40% de las y los estudiantes señaló que debían trabajar *mucho* sobre tal aspecto mientras que al finalizar la secuencia didáctica dicho porcentaje fue del 65%. Estos resultados mostrarían que a medida que el estudiantado iba conociendo en mayor detalle el entorno de Scratch y su funcionamiento, advertían las posibles mejoras para que sus proyectos funcionaran correctamente al tiempo desarrollaban la habilidad del completamiento. Acerca de la Interactividad con el usuario, es decir, organizar la interfaz del proyecto para que sea claro y fácil interactuar con él, consideraron que debían mejorar *mucho* este aspecto en porcentajes similares en ambas instancias (43 y 41% respectivamente). Estos resultados pueden combinarse con los obtenidos en [©]Dr. Scratch donde dicha habilidad se ubicó dentro de las habilidades que alcanzaron mayor desarrollo por parte de los estudiantes. Tomando a la Representación de la información el estudiantado consideró, en cantidades similares (50% y 47%) en ambas instancias que debían seguir trabajando mucho sobre dicho aspecto. Estos resultados respaldan a los obtenidos mediante el análisis en [©]Dr. Scratch de los proyectos programados por los estudiantes en los cuales la recopilación y el análisis de datos para representar la información en sus proyectos es de las habilidades que menor grado de desarrollo tuvo por parte del estudiantado.

Siguiendo con el análisis de las habilidades del PC, el 27% las y los estudiantes consideró en una instancia intermedia que debían mejorar *mucho* sus abstracciones para simular procesos biológicos mientras que dicho porcentaje al final de la secuencia de actividades fue del 41%. Esto se puede relacionar con que la capacidad de abstracción es uno de los componentes más difíciles de desarrollar del PC porque involucra procesos

cognitivos de orden superior y alcanzar niveles considerables de desarrollo implica un trabajo sostenido en el tiempo. Referente a la habilidad de la Secuenciación las percepciones de los estudiantes respecto a mejorar *mucho* sus proyectos fueron similares en ambas instancias (43% y 35%). Cabe recordar que este concepto había sido indagado también en el pre test y en el post test donde fue ubicado según el análisis de ©Dr. Scratch como una de las habilidades menos desarrolladas por los estudiantes. Finalmente, en relación al Paralelismo las y los estudiantes indicaron que debían mejorar *mucho* sus proyectos un 35% y un 18% en cada instancia. Que los estudiantes hayan percibido que esta es la habilidad que en menor grado deben mejorar coincide con el análisis en ©Dr. Scratch sobre esta habilidad la cual fue, luego de la sincronización, la habilidad del PC que mayor grado de desarrollo alcanzó por parte de los estudiantes.

Cuando se les propuso a las y los estudiantes las mismas consultas pero referidas al proyecto de un grupo pares, en todas las categorías, a excepción de la Abstracción y la Representación de la información, los porcentajes respecto al grado de mejora fueron similares a los percibidos para sus propios proyectos. Estos resultados pueden deberse al hecho de que, al ser la Abstracción y la Representación dos de las habilidades que según ©Dr. Scratch alcanzaron menor desarrollo por parte de las y los estudiantes, no puedan realizar inferencias en otros proyectos respecto al posible mejoramiento de ambas habilidades ya que dichas habilidades se encuentran en desarrollo.

Con la finalidad de seguir indagando respecto a las habilidades del PC desarrolladas por las y los estudiantes a medida que iban desarrollando conceptos biológicos, en este caso la epigenética, se les propuso como actividad la introducción de cambios en los hábitos de vida de dos personajes hipotéticos (Anexo 4) y que indicaran qué objetos agregarían en sus proyectos y como los programarían utilizando los diferentes bloques de Scratch. El 52% no respondió a la consigna mientras que un 24% respondió qué hábitos modificarían sin indicar la programación que realizarían en Scratch. El 24% restante de las y los estudiantes no sólo indicaron los cambios de hábitos que les propondrían a dichos personajes sino que también propusieron las maneras de programarlos. Expresiones que ejemplifican lo anterior son las siguientes: *“En Maite añadiríamos una pelota de fútbol y detallamos la programación como los lunes y miércoles hace deporte. En Juana añadimos una ensalada y agregamos que cuando iba a McDonald’s se pide una saludable ensalada”* y *“Acompañando a Maite a la verdulería. Agregaríamos el fondo y a su amiga y más carteles que muestren los beneficios de la fruta. Pondríamos bloques de decir por determinado tiempo cierta cosa, el de cambio de fondo y un baile final”*. Las expresiones anteriores

señalarían que, si bien no todo el estudiantado pudo explicar qué objetos agregaría y cómo los programaría casi la mitad del grupo sí pudo realizarlo.

Continuando con el análisis de actividades, en una instancia del post test, se les presentaron a los estudiantes diferentes procesos biológicos representados mediante códigos en Scratch (Fig. 29).

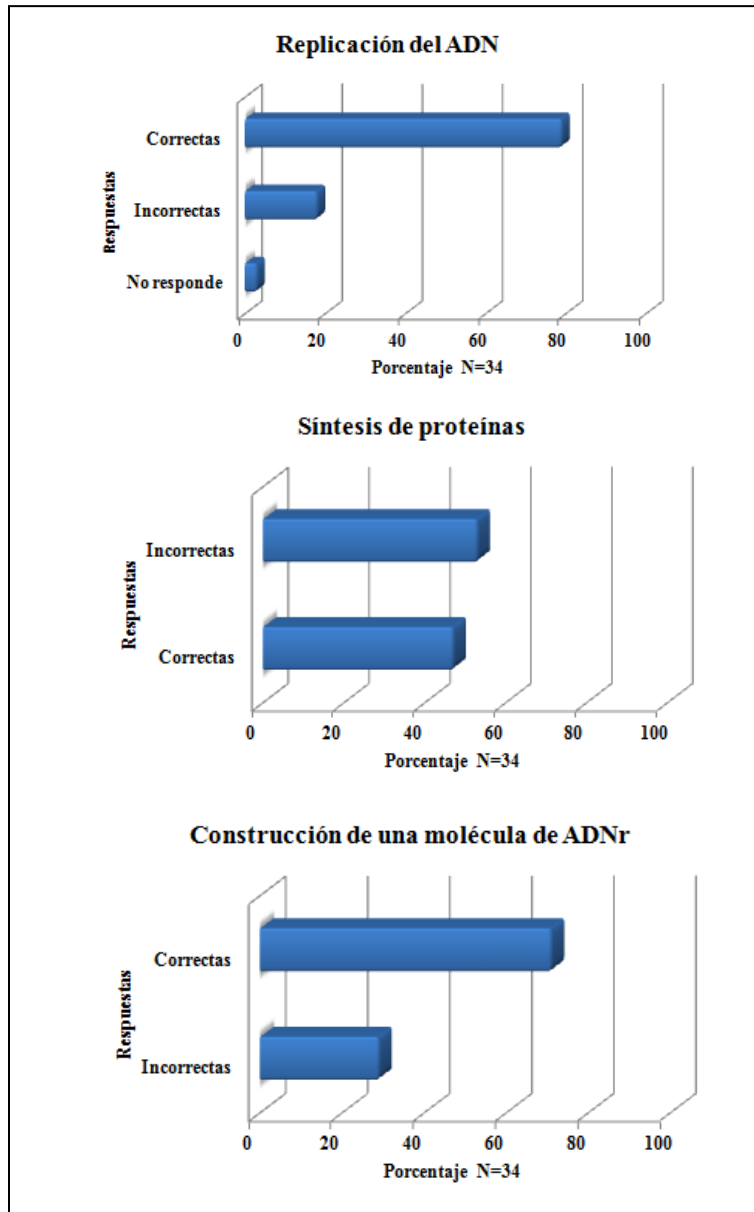


Figura 29: Identificación, por parte de las y los estudiantes, de tres procesos biológicos representados mediante códigos en Scratch.

El 79% de las y los estudiantes pudo reconocer a la replicación del ADN mientras que al proceso de construcción de una molécula de ADN recombinante fue reconocido por el 71%. En lo que respecta a la síntesis de proteínas, el estudiantado identificó a tal proceso en el 47% de los casos. Que la síntesis de proteínas haya sido el proceso biológico menos reconocido puede tener su origen en diversas dificultades tales como confundir los términos proteínas y aminoácidos (Eklund et al., 2007), o que no conectan los conceptos de genes y proteínas haciendo que se generen modelos conceptuales inexactos sobre procesos genéticos (Lewis y Wood-Robinson, 2000). Además, la síntesis de proteínas requiere para su comprensión altos niveles de abstracción ya que implica la integración de diferentes niveles, procesos y factores.

Luego de finalizadas las actividades de la secuencia didáctica, se les consultó a las y los estudiantes en entrevistas a grupos focales sobre la incorporación de Scratch en sus clases y surgieron respuestas del tipo *“Me pareció bastante útil en el sentido de que por lo general uno no se espera que utilicen así, programas de este estilo y que se involucre la programación, entonces me parece que es una buena alternativa para aprender”*, *“Me pareció que es diferente y que está bueno porque mientras vas creando y vas organizando todo lo vas entendiendo. Primero tenés que ver la información, seleccionar la información y ver cómo lo haces para explicarlo”* y *“Me pareció muy útil porque era algo que yo no sabía y ahora aprendí a programar en cierto modo algo”*. Estos resultados coinciden con los registrados por Maloney et al. (2008) quienes encontraron que estudiantes que participaron de actividades en Scratch indicaron que les permitió crear su propio mundo creativo, que les resultó genial y divertido al tiempo les brindaba oportunidades. En ambos casos se encontraron respuestas positivas respecto a la inclusión de Scratch en las clases.

En línea con lo anterior, se les preguntó acerca al grado de dificultad de las actividades planteadas en la secuencia. Las y los estudiantes expresaron que al comienzo utilizar Scratch resultaba lo más difícil pero luego a medida que pasaban las instancias y comprendían su funcionamiento les resultaba fácil utilizarlo. Expresiones del tipo *“Las últimas me fueron pareciendo más fáciles porque ya sabía usar Scratch, las primeras me costaban más pero después lo supe hacer”* y *“Es una mezcla de cosas porque difícil me resulto tratar de que todo saliera bien cuando uno presionaba la banderita. Era como que vos organizabas todos los bloques pero tenías que intentar que esa organización hubiera sido correcta porque sino todo se desordenaba y no resultaba lo que uno buscaba. Pero fácil fue”* dan cuenta de lo anterior. Estos resultados refuerzan la idea de que Scratch resulta útil como primer lenguaje para acercarse a la programación (Fields et al., 2013).

Cuando en el post test los interrogantes hicieron referencia a los aprendizajes que consideraban les permitió desarrollar la utilización de Scratch, se encontraron expresiones como *“A programar una mini-programación, interactuar con la computadora. Me sirvió como para tener una información más concreta y resumida sobre todo lo que es IG”* y *“Aprendí a usar este software que me pareció muy copado y es como un inicio a lo que sería la programación”*. Respecto a este interrogante la docente manifestó que las y los estudiantes aprendieron a utilizar Scratch con expresiones como la siguiente *“Sí, yo creo que sí han aprendido. Sobre todo me parece que rápidamente algunos grupos que han tenido una permanente continuidad porque el tema fue desarrollado en varias clases y los que no hay faltado y han estado en todas las clases lo han hecho en tiempo y forma planteada. Creo que lo pueden seguir bien, con mucha destreza lo he notado”* que reforzarían los resultados respecto a la elección de Scratch como un lenguaje para introducirse en la programación.

En el post test también se les consultó respecto a la importancia de trabajar en grupo durante el desarrollo del proyecto en Scratch sobre la insulina recombinante (Fig. 30).

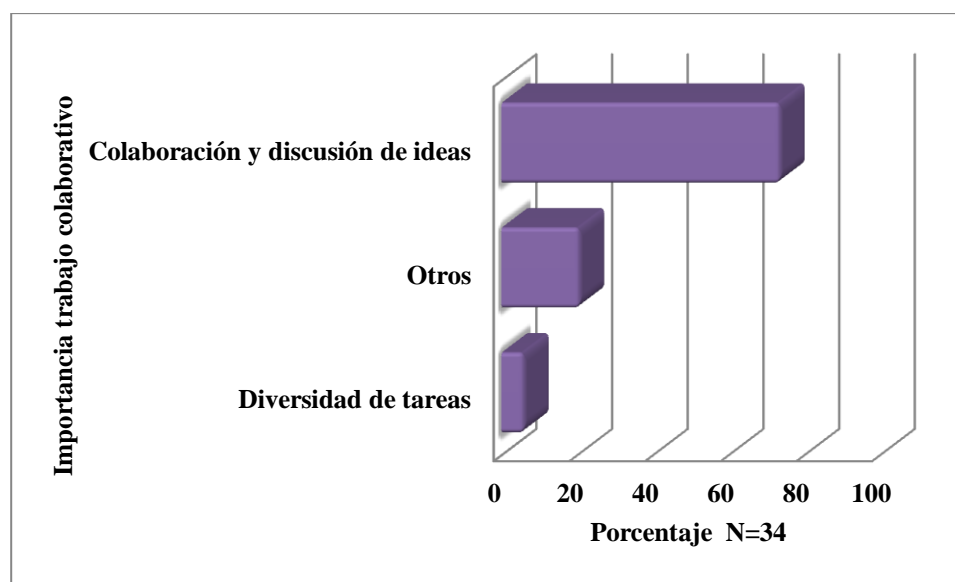


Figura 30: Importancia de trabajar con un par en la elaboración del proyecto en Scratch sobre la *“insulina recombinante”*.

El 74% de las respuestas se agruparon en relación a la colaboración y a la discusión de ideas para la elaboración del proyecto. Al respecto las y los estudiantes manifestaron

dichas respuestas en expresiones como *“Fue muy importante, ya que al trabajar en conjunto nos complementamos para poder realizar mejor las actividades”*, *“Fue muy importante ponernos de acuerdo en cuanto a qué íbamos a poner en el proyecto y cómo lo organizaríamos”*, *“Que nos complementábamos y lo que no entendía o salteaba una, la otra la corregía. Además del intercambio de opiniones que me hacían ver más de un punto de vista”* y *“Me parece que, en ocasiones, trabajar junto a un compañero puede ayudarte a reforzar tus conocimientos y dilucidar ciertas de tus dudas”*.

De manera similar, se consultó a las y los estudiantes integrantes de los grupos focales en las entrevistas la importancia de trabajar con otra persona durante el desarrollo de las actividades propuestas. Expresiones como las siguientes *“Me ayudó bastante porque creo nos complementamos bien, porque capaz que algo que yo no sabía él lo sabía y entonces que hicimos una buena dupla”*, *“Era piola porque era una diversidad de ideas en la cual por ahí lo que uno no veía lo veía el otro, nos complementábamos y quedaba un trabajo mucho más completo y dinámico”* y *“A mí por lo general me gusta trabajar sola pero estuvo bueno trabajar con un compañero porque uno podía también aprender del otro”* dan cuenta de la importancia del trabajo colaborativo en las actividades planteadas siendo Scratch un medio que promueve la comunicación y el trabajo colaborativo según Calder (2010).

En relación a seguir incursionando en el mundo de la programación, se encontraron respuestas del tipo *“Sí, si seguiría porque me pareció muy interesante y no llegue a verlo todo pero quiero seguir viéndolo”* y *“Por diversión no. Pero yo creo es un mundo muy complejo, porque se programa todo, los videojuegos que jugamos hasta las alarmas. Así que yo creo que sería muy interesante”*. Dichas respuestas podrían compararse con las obtenidas por Kalelioğlu y Gülbahar (2014) quienes encontraron que a las y los estudiantes les gustaba la programación al tiempo que les resultaba entretenida y además indicaron que querían seguir aprendiendo sobre la programación.

Finalmente, en el post test se le preguntó a las y los participantes con qué otros contenidos de Biología creían que les sería útil trabajar con Scratch (Fig. 31). El 41% se inclinó por los sistemas del cuerpo humano (*“Trabajaría con los sistemas del organismo humano”*), en cantidades iguales (15%) optaron por célula (*“Estructura celular”*) e hicieron referencia a que se podría trabajar con cualquier tema (*“Creo que Scratch es muy práctico y casi cualquier tema podría ser representado por este medio”*, *“Con todos ya que el programa es muy útil para presentarlo y entenderlo”*). Estos resultados sugerirían que

Scratch es reconocido como una herramienta de aprendizaje factible de ser empleada en el desarrollo de diferentes contenidos en Biología y principalmente con aquellos que implican mayores niveles de abstracción como lo son estructura y reproducción celular o biomoléculas.

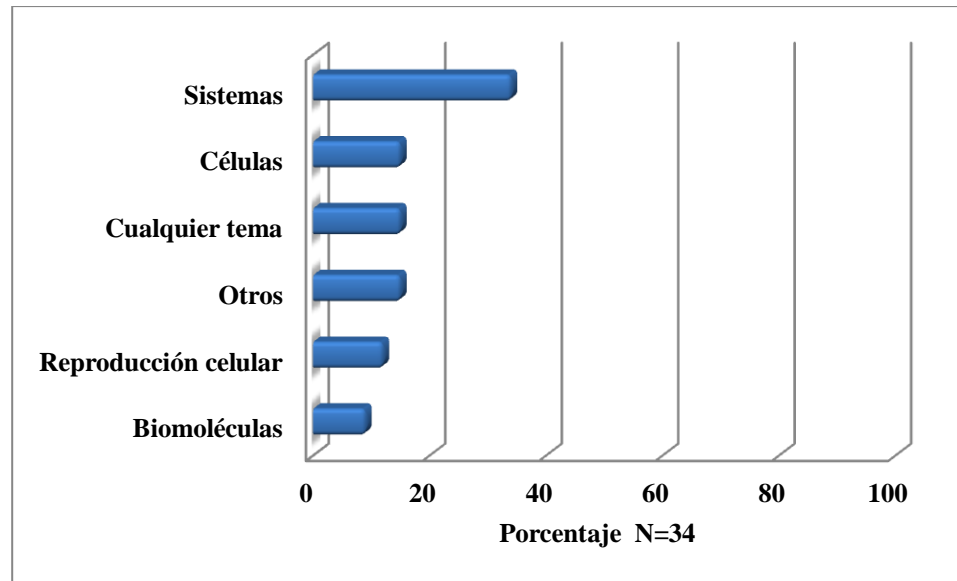


Figura 31: Contenidos que las y los estudiantes consideraron que pueden aprender utilizando Scratch.

Numerosas investigaciones posicionan a Scratch como una herramienta con diversas potencialidades para la enseñanza y el aprendizaje de la programación (Kalelioğlu y Gülbahar, 2014). Existe una tendencia creciente entre diversas instituciones educativas de diferentes niveles de incluir a Scratch en cursos de informática para las personas que se acercan por primera vez a la programación (Resnick et al., 2009). Acerca de lo anterior, los informáticos reconocen el valor de Scratch ya que no se necesita conocer todos los conceptos informáticos para comenzar a programar con dicho lenguaje pero otros sostienen que algunas estructuras, como booleanos, rara vez se utilizan en los proyectos de Scratch ya que no son fáciles de descubrir sin ayuda (Guzdial, 2018; Maloney et al., 2008) pero los comandos de sincronización son muy utilizados. Otro aspecto a considerar es que la inclusión de Scratch permite el desarrollo de las habilidades del PC. En línea con lo anterior, se sugiere que la idea subyacente del PC es desarrollar modelos y simulaciones que permitan la resolución de diferentes problemas (Moursund, 2009). Al respecto Lee et al. (2011) mostraron que estudiantes de secundaria desarrollan activamente el PC mientras diseñan e implementan modelos de relevancia local y en esta tesis lo que se propuso fue

que las y los estudiantes modelicen la construcción de una molécula de ADN_r a través de la IG para una problemática cotidiana concreta por lo que puede considerarse que las actividades diseñadas promovieron el desarrollo de habilidades del PC.

En el siguiente capítulo se muestran las principales conclusiones a las que se arribaron, los aportes y los nuevos interrogantes que surgieron a colación de esta investigación.

Capítulo 5

Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones para cada uno de los interrogantes que guiaron esta tesis en función de los resultados encontrados.

En esta investigación se desarrolló un estudio con el fin de caracterizar la integración de Scratch como herramienta mediadora de la modelización de la IG en una escuela secundaria de la ciudad de Córdoba Capital. Esta investigación tuvo lugar en un contexto específico a partir del cual se proporciona teoría emergente y las características del diseño para que demás docentes puedan reestructurar la secuencia de actividades para adaptarla a sus contextos áulicos particulares.

En relación a la construcción colaborativa de la secuencia didáctica (*objetivo uno*) se logró un diseño que permitió articular dos espacios curriculares, los que se encontraban a cargo de la docente del curso, logrando que las actividades planificadas integraran diferentes conocimientos construidos por las y los estudiantes a lo largo de su trayectoria educativa promoviendo la integración de dichos conceptos con los construidos a partir de la secuencia (Íñiguez Porras y Puigserver Oliván, 2013). A su vez, las consignas planteadas le posibilitaron al estudiantado acercarse a la práctica científica de la modelización creando modelos para la obtención de la insulina recombinante a través de la IG y considerando el papel de la epigenética en este tipo de enfermedades. Es decir, se trataron los contenidos desde una perspectiva transdisciplinar y contextualizada que promovió la construcción de saberes sobre los cuales las y los estudiantes pueden desenvolverse tomando decisiones conscientes y argumentadas. Además, las actividades de seguimiento que se le presentó al grupo de estudiantes les permitió tener un registro de cómo iban construyendo sus saberes al tiempo que realizaban procesos metacognitivos. En relación a la dinámica de trabajo propuesta para que el estudiantado realizara las actividades se observó que permitió el trabajo colaborativo entre el grupo.

En cuanto a la docente a cargo del curso consideró que las actividades contribuyeron a la formación de las y los estudiantes para su desempeño frente a desafíos inmediatos y futuros. En este sentido remarcó la importancia de Scratch porque permitió que el estudiantado utilice la programación para el aprendizaje de la IG y también expresó la posibilidad de adaptar otros contenidos biológicos a la secuencia propuesta ya que permite la representación de las ideas de las y los estudiantes a medida que van construyendo saberes. Acerca del diseño, la docente destacó que no realizaría cambios porque el estudiantado pudo complementar sus aprendizajes, primero aprendiendo a programar y luego utilizando dicha programación para la modelización de la IG.

A continuación se presentan, para cada uno de los interrogantes que guiaron esta tesis, las conclusiones a las que se arribaron en función de los resultados encontrados.

¿Qué conocimientos lograron construir las y los estudiantes a partir de integración de Scratch en la modelización de IG?

La gran cantidad de avances científicos-tecnológicos que involucran a la Genética algunas veces contrasta con el tratamiento que dichos desarrollos reciben en el curriculum en la escuela secundaria (Doménech-Casal, 2016). Por tal motivo el diseño de secuencias didácticas contextualizadas, como la presentada en esta investigación, permiten que las y los estudiantes construyan saberes para actuar de manera reflexiva y crítica sobre situaciones que involucren a la IG. En cuanto al concepto de IG se evidenció que el haber promovido la realización de modelos que involucraran animaciones les permitió a las y los estudiantes comprender los aspectos mecanicistas involucrados en la IG lo que condujo a su conceptualización. Por lo tanto participar de propuestas de modelización que pongan en juego saberes genéticos favorece la comprensión de interacciones a nivel macro, micro y molecular y permite integrar los procesos de IG.

Acerca del reconocimiento respecto a la utilización de organismos transgénicos por parte del estudiantado se destaca que pudo ampliar dicho reconocimiento al poder identificar aplicaciones o productos relacionados a la medicina, a productos farmacéuticos, a la terapia génica y a la medicina forense que al inicio no eran tenidos en cuenta. Sobre la percepción respecto al uso de determinados seres vivos en procesos de IG, las opiniones del estudiantado se correlacionan con la utilidad que tengan los derivados producidos y el organismo implicado en dicha producción siendo la medicina y los microorganismos los principales referentes de cada aspecto. Las percepciones de las personas acerca de la IG se encuentran relacionadas con su conocimiento sobre el tema, personas mejor formadas poseen opiniones más favorables respecto a la IG por lo que ofrecer oportunidades a las y los estudiantes para que construyan saberes relacionados a la IG redituará en una ciudadanía con una formación científica acorde a las exigencias educativas para su posterior desenvolvimiento en la sociedad.

En línea con lo anterior y en relación a los usos medicinales de la IG, el estudiantado pudo reconocer que la insulina que actualmente utilizan las personas con diabetes se obtiene a través de la IG. Consecuentemente el diseño de las actividades

propuestas, al contextualizar el aprendizaje, permitió que las y los estudiantes construyeran conocimientos respecto a la IG logrando que puedan emitir opiniones fundadas, independientemente si son positivas o negativas, respecto a dilemas socio-científicos. En este sentido, los estudiantes necesitan discutir cuestiones sociocientíficas de manera informada no sólo conociendo conceptos básicos de la ciencia sino también conocimientos específicos sobre casos reales, como el propuesto en esta secuencia, que permitan orientar sus análisis.

A su vez la situación que se utilizó para contextualizar el aprendizaje -la producción de insulina recombinante para el tratamiento de la diabetes- permitió la inclusión de los aspectos epigenéticos implicados en el desarrollo de las enfermedades con un componente genético, como la diabetes, lo que promovió en el estudiantado el análisis respecto a las interacciones entre diferentes niveles de organización biológica, como los genes y la postgenómica, evitando explicaciones lineales y simplistas de procesos que involucran a la Genética que por lo general su análisis esta direccionado hacia el determinismo biológico.

En los contextos contemporáneos, las y los estudiantes deben tomar decisiones personales y colectivas acerca de cuestiones que involucran a la ciencia y la tecnología constituyéndose la IG en un claro ejemplo de cómo ambos campos convergen. Sumado a lo anterior, la IG permite el tratamiento de dimensiones sociales, políticas y éticas, siendo particularmente adecuada para contribuir al desarrollo de una ciudadanía íntegra. En este contexto, ofrecer desde la educación en ciencias, herramientas que promuevan el desarrollo de prácticas científicas por parte de las y los estudiantes se establece como una necesidad para promover la alfabetización científica. En esta investigación se le presentó al estudiantado como herramienta mediadora de la práctica científica de la modelización, a la programación a través de Scratch. La construcción de modelos a partir de la programación les permitió comprender las relaciones causales entre diferentes moléculas así como la función ontológica de las mismas siendo dicha comprensión fundamental para entender los procesos implicados en la IG, principalmente la construcción de una molécula de ADNr. En este caso, las animaciones digitales (proyectos de Scratch) que fueron realizadas por el grupo de estudiantes se constituyeron en una herramienta mediadora que les permitió la realización de los modelos de IG al tiempo que pusieron en juego otras habilidades como las referentes al PC.

¿Qué características presentan los modelos de IG contruidos por el estudiantado?

En esta tesis la modelización se encuadró dentro de las prácticas científicas entendiendo a las mismas como una oportunidad para acercar a las y los estudiantes no sólo a la construcción de conocimiento científico sino también a la participación en actividades cognitivas, discursivas y sociales que les permitan desarrollar razonamientos, habilidades y argumentaciones propias de la ciencia (Osborne, 2014). Las actividades aquí propuestas no se corresponde a un ciclo de modelización completo sino que en la secuencia diseñada se incluyeron algunas etapas lo cual se considera válido para desarrollar la construcción de modelos por parte del estudiantado sin necesariamente implicar al ciclo completo. De esa manera, las y los estudiantes modelizaron la construcción de insulina recombinante utilizando IG.

Los modelos contruidos por el estudiantado mostraron las ideas de continuidad y de interacción lo que les permitió expresar los mecanismos explicativos y las relaciones entre los componentes necesarios para la construcción de una molécula de ADN_r -insulina recombinante- sin necesariamente incluir a todos los procesos y factores involucrados. Además pudieron reconocer en sus modelos la ausencia de algunos procesos y factores necesarios para la construcción de una molécula de ADN_r lo que evidencia que la modelización en grupos le permitió revisar sus modelos y acercarse al carácter previsional y perfectible del conocimiento científico. También permitió que el grupo de estudiantes conectaran con fenómenos cotidianos, evitando visiones fragmentadas y deterministas de los procesos biológicos, desarrollando una visión multicausal de los mismos permitiéndole elaborar predicciones y explicaciones.

Involucrar a las y los estudiantes en la construcción de modelos, en lugar de trabajar con modelos proporcionados por profesores les permite modelizar y proponer explicaciones respecto a un proceso o fenómeno. El caso particular de la insulina recombinante, adquirió relevancia ya que para poder comprender las enfermedades que tienen un componente genético, como la diabetes, la práctica de la modelización permitió a las y los estudiantes desarrollar procesos de razonamiento. En este sentido la enseñanza de la Biotecnología brinda la oportunidad de trabajar con modelos en situaciones educativas donde el estudiantado pueda resolver situaciones problemáticas.

Desde dicha perspectiva, enseñar ciencias en torno a modelos teóricos le permitirá

al estudiantado recrear de manera significativa en el aula un cuerpo de conocimientos para comprender el funcionamiento del mundo y en dicho contexto las y los docentes deben asistir dicha recreación para favorecer el estudiantado el desarrollo de herramientas intelectuales. Lo anterior también implica desafíos para didactas de las ciencias en cuanto a la responsabilidad de generar de manera colaborativa con las y los docentes secuencias de aprendizaje que brinden alternativas para que las y los estudiantes modelicen en las clases de ciencias dentro del marco de las prácticas científicas.

En síntesis, involucrar a las y los estudiantes en prácticas de modelización les permite la revisión de sus modelos al tiempo les brinda la oportunidad de construir conocimiento epistemológico. Además, la posibilidad de trabajar colaborativamente en grupos les permitió una constante revisión de sus ideas y las de sus pares logrando interacciones que condujeron al desarrollo colaborativo de modelos en Scratch.

¿Qué habilidades del PC fueron puestas en juego por el estudiantado para construir modelos al realizar proyectos en Scratch?

En esta tesis se propusieron actividades para acercar a las y los estudiantes al desarrollo del PC mediante la programación en Scratch como herramienta para la modelización de la IG. Luego de participar de las actividades el estudiantado reconoció como uno de sus aprendizajes a Scratch lo que indica que utilizar este lenguaje como una primera aproximación a la programación permite que las y los estudiantes se familiaricen con los principales fundamentos de la programación. Además, al tratarse Scratch de un entorno que favorece la comunicación y el trabajo colaborativo promovió el uso de habilidades críticas, metacognitivas y reflexivas desde una perspectiva creativa y exploratoria para la resolución de problemas.

En relación al trabajo colaborativo, las y los estudiantes consideraron que favoreció la discusión de ideas al momento de construir los proyectos en Scratch. Además, la incorporación de Scratch en las clases fue valorada positivamente por las y los estudiantes quienes reconocieron a Scratch como una herramienta para desarrollar diferentes contenidos en Biología, principalmente los que involucran factores y procesos que implican mayores niveles de abstracción como lo son la estructura celular o biomoléculas.

En cuanto a los proyectos construidos por las y los estudiantes se encontraban

dentro de los niveles básicos y medio según Dr. Scratch y si bien los niveles de rendimiento alcanzados por el estudiantado no fueron de los más altos se destaca que pudieron construir habilidades computacionales a excepción del pensamiento lógico. Al respecto, las habilidades del PC se fueron incluyendo de manera paulatina en las actividades de la secuencia diseñada. En relación a las habilidades del PC puestas en juego por las y los estudiantes cuando modelizaron la construcción de una molécula de ADN_r en Scratch, se encontró un gradiente en el nivel de desarrollo de las habilidades del PC. En orden decreciente de desarrollo se encontraron: la Sincronización, el Paralelismo, la Interactividad con el usuario, el Control de flujo, la Abstracción y el Pensamiento lógico. La diferencia en el desarrollo de las diferentes habilidades del PC puede deberse a que algunas habilidades implican mayores desafíos cognitivos para las y los estudiantes y que requieren de un acompañamiento para su desarrollo. En lo que respecta a las habilidades del PC que fueron desarrolladas en menor medida, como la Abstracción y el Pensamiento lógico, puede deberse a que las y los estudiantes requieren de más información para poder realizar la Abstracción de ciertos conceptos, en este caso, referidos a la construcción de una molécula de ADN_r. En línea con lo anterior, la incorporación de Scratch en las clases de ciencia puede contribuir al desarrollo de algunas habilidades de orden superior y directamente relacionada con la adquisición de competencias clave para el estudiantado. Entre dichas habilidades se encuentra la capacidad de plantear interrogantes con respecto a una situación determinada; de proponer hipótesis y modelos conceptuales para explicar la situación inicial; de producir o recopilar información con el propósito de verificar el modelo propuesto es decir, habilidades que utiliza la comunidad científica para la construcción de conocimiento.

En síntesis, numerosas investigaciones posicionan a Scratch como una herramienta con diversas potencialidades para la enseñanza y el aprendizaje de la programación y el desarrollo del PC. El interés por el PC no sólo se encuentra en la comunidad científica, donde la contribución de las ciencias de la computación a la Biología va más allá de la capacidad de buscar a través de bases de datos, sino para la enseñanza de las ciencias, de la Biología en este caso.

Las y los estudiantes encontrarán al finalizar sus estudios secundarios una sociedad donde unir el conocimiento humano a las tecnologías será crucial para su inserción en el mundo donde el PC ocupará un lugar preponderante siendo una competencia básica que la ciudadanía deberá conocer para desenvolverse en la sociedad digital permitiendo la resolución de problemas de manera imaginativa y colaborativa (Wing, 2006). En este

contexto los saberes digitales se constituyen en un derecho que debe fomentarse y protegerse para desarrollar capacidades para interactuar en un contexto digital flexible y variable (Valverde Berrocoso et al., 2015). Se necesita repensar continuamente los enfoques de educación y los usos de la tecnología en la educación para así, como las y los estudiantes participan en el espiral de pensamiento creativo las y los docentes también lo hagan (Resnick, 2007).

Se espera que la secuencia diseñada en esta tesis permita ejemplificar de manera concreta como el PC permite a las y los estudiantes, mediante herramientas computacionales expresarse, resolver problemas y modelizar, esta última una práctica científica que presenta muchas potencialidades dentro de la enseñanza de las ciencias.

Aportes y nuevos interrogantes que surgen a partir de esta tesis

La implementación de la secuencia didáctica mostró que para desarrollar las habilidades del PC se requiere que las y los estudiantes, en un primer momento, tomen contacto con el lenguaje de programación y luego, en una segunda instancia, utilicen los conocimientos que fueron generando en ese primer contacto con el lenguaje seleccionado para programar al tiempo que desarrollan las habilidades del PC para la resolución de una situación problemática. Luego del análisis de los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda revisar y acondicionar el diseño para cada contexto en particular para que las y los estudiantes puedan desarrollar las habilidades del PC y otras relacionadas a los medios digitales mientras modelizan y se involucran en prácticas científicas. En este contexto, los saberes digitales se constituyen en un derecho que debe fomentarse y protegerse para desarrollar habilidades necesarias para interactuar críticamente en un contexto digital flexible y variable (Valverde Berrocoso et al., 2015).

En relación a Scratch como primer lenguaje de programación se sostiene que es una puerta de entrada a la programación y se plantea como posibilidad la incursión a nuevos lenguajes de programación para la integración del PC en la enseñanza de las ciencias, en particular de la Biología y de nuevas problemáticas científicas que surjan del trabajo colaborativo con docentes. Las actividades que se planificarían deberían diseñarse de manera que se pueda lograr un trabajo continuo sostenido en el tiempo.

Más específicamente en lo referente a la IG, se propone diseñar una secuencia que

considere el ciclo completo de modelización, como por ejemplo el propuesto por Garrido Espeja (2016). La autora plantea seis fases: reconocer la necesidad de un modelo, expresar/utilizar el modelo inicial, evaluar el modelo, revisar el modelo, expresar el modelo final y utilizar el modelo para explicar nuevos fenómenos. Se piensa que desarrollar un ciclo de este tipo permitirá que el estudiantado se involucre en la práctica científica de la modelización pudiendo luego aplicar los saberes construidos en otros escenarios contribuyendo a su alfabetización científica.

Los conocimientos generados en esta tesis ejemplifican una manera en la cual se pueden integrar el PC y las prácticas científicas en la enseñanza de la Biología. Se trata de dos aspectos relevantes y necesarios para el desarrollo íntegro de la ciudadanía. Desde esos espacios construcción de conocimiento se busca contribuir a la formación de las personas garantizando el desarrollo de sus saberes, digitales y científicos, para que puedan desenvolverse plena y sustentablemente en el mundo.

Referencias bibliográficas

- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 36, 63-75.
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación química*, 248-256.
- Adúriz-Bravo, A. (2013). A semantic view of scientific models for science education. *Science y Education*, 22(7), 1593-1611.
- Adúriz-Bravo, A. (2015). Pensamiento “basado en modelos” en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista del Instituto de Investigaciones en Educación. Facultad de Humanidades – UNNE*, 6(6), 20-31.
- Adúriz-Bravo, A. (2017). Puentes entre la argumentación y la modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 4491-4496.
- Adúriz-Bravo, A. y Ariza, Y. (2014). Una caracterización semanticista de los modelos científicos para la ciencia escolar. *Bio-grafía*, 7(13), 25-34.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo Aymerich, M. (2001). La didáctica de las ciencias experimentales como disciplina tecnocientífica autónoma. En F.J. Perales (Coor.), *Las didácticas de las áreas curriculares en el siglo XXI*, (pp. 291-302). Granada, España: Grupo Editorial Universitario.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, Número especial, 40-49.
- Ageitos Prego, N. y Puig, B. (2016). Modelizar la expresión de los genes para el aprendizaje de enfermedades genéticas en secundaria. *Revista Ensaio*, 18(1), 65-84.
- Ageitos Prego, N., Puig, B. y Calvo-Peña, X. (2017) Trabajar genética y enfermedades en secundaria integrando la modelización y la argumentación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 86-97.
- Aragón, L., Jiménez-Tenorio, N., Oliva-Martínez, J. M. y Aragón-Méndez, M. (2018). La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso. *Revista Científica*, 32(2), 193-206.
- Ayuso, G. E. y Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 133-157.
- Aznar Cuadrado, V. (2000). ¿Qué sabemos sobre Biotecnología? *Alambique*, 25, 9-14.

- Baeza Bischoffshausen, P., Cabrera Carrasco, A. M., Castañeda Díaz, M. T., Garrido Miranda, J. M. y Ortega Vargas, A. M. (1999). Aprendizaje colaborativo asistido por computador: La esencia interactiva. *Revista Digital de Educación y Nuevas Tecnologías: Contexto Educativo*.
- Bahamonde, N. y Gómez Galindo, A. G. (2016). Caracterización de modelos de digestión humana a partir de sus representaciones y análisis de su evolución en un grupo de docentes y auxiliares académicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(1), 129-147.
- Banet, E. y Ayuso, G. E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 137-153.
- Banet, E. y Ayuso, G. E. (2000). Teaching Genetics at Secondary School: a strategy for teaching about the localitation of Inheritance information. *Science Education*, 84(3), 313-351.
- Barab, S. (2014). Design-Based Research: A methodological toolkit for engineering change. En R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, (pp. 151-170). Nueva York, U.S.: Cambridge University Press.
- Barab, S. y Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Science*, 2(2), 1-14.
- Barr V. y Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: what is involved and what is the role of the computer science education community? *Communications of ACM*, 2(1), 48-54.
- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S. y Ploetzner, R. (2010). Collaborative Inquiry Learning: Models, Tools and Challenges. *International Journal of Science Education*, 32, 349-377.
- Blanco-Anaya, P., Justi, R. y Díaz de Bustamante, J. (2017). Challenges and opportunities in analysing students modelling. *International Journal of Science Education*, 39(3), 377-402.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education. Implications for policy and practice*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Boe, B., Hill, C., Len, M., Dreschler, G., Conrad, P. y Franklin, D. (2013). Hairball: Lint-inspired static analysis of scratch projects. *Proceedings of the 44th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE)*, 215-220.
- Brennan, K., Monroy-Hernández, A. y Resnick, M. (2010). Making projects, making friends: Online community as catalyst for interactive media creation. *New Directions for Youth Development*, 128, 75-83.
- Brennan, K. y Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the

development of computational thinking. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*. Vancouver, Canadá.

-Brennan, K. y Resnick, M. (2013). Imagining, Creating, Playing, Sharing, Reflecting: How Online Community Supports Young People as Designers of Interactive Media. En C. Mouza y N. Lavigne (Eds.), *Emerging Technologies for the Classroom, Explorations in the Learning Sciences, Instructional Systems and Performance Technologies*. New York, U.S.: Springer.

-Browning, M. E. y Lehman, J. D. (1988). Identification of student misconceptions in genetics problem solving via computer program. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(9), 747-761.

-Buckley, B. C. y Quellmalz, E. S. (2013). Supporting and assessing complex biology learning with computer-based simulations and representations. En: D. F. Treagust y C. Y. Tsui (Eds.), *Multiple Representations in Biological Education. Models and Modeling in Science Education*, Vol. 7. Dordrecht, Netherlands: Springer.

-Bundy, A. (2007). Computational thinking is pervasive. *Journal of Scientific and Practical Computing*, 1(2), 67-69.

-Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (2), 227-243.

-Cabo, J. M., Enrique, C., García-Peña, H. y Cortiñas, J. R. (2005). Controversias y dilemas en el aula. El caso de la Biotecnología. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra 7.

-Calder, N. (2010). Using Scratch: an integrated problem-solving approach to mathematical thinking. *Australian Primary Mathematics Classroom*, 15(4), 9-14.

-Carmichael, P. (2000). Computers and the Development of Mental Models. En J. K. Gilbert y C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education*, (pp. 177-189). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.

-Cartier, J. (2000). *Assessment of explanatory models in genetics: Insights into Students' Conceptions of Scientific Models*. (Research Report 99-1). Madison, Wisconsin: National Center for Improving Student Learning and Achievement in Mathematics and Science.

-Clement, P. y Casterá, J. (2013). Multiple representations of human genetics in biology textbooks. En: D. F. Treagust y C. Y. Tsui (Eds.), *Multiple Representations in Biological Education. Models and Modeling in Science Education*, Vol. 7. Dordrecht, Netherlands: Springer.

-Confrey, J. (2006). The evolution of design studies as methodology. En R. K. Sawyer (Ed.) *The Cambridge handbook of the learning sciences*, (pp. 135-152). Nueva York, U.S.: Cambridge University Press.

-Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar:

- una reflexión crítica. *XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Universidad de Huelva (Andalucía). En: http://uhu.es/26edce/actas/docs/conferencias/pdf/26ENCUENTRO_DCE-ConferenciaPlenariaInaugural.pdf
- Crook, S. J. (2009). Embedding Scratch in the classroom. En: <http://scratch.redware.com/scratch-in-theclassroom.html>. Brighton, UK: Redware Research Limited.
- Crujeiras, B. I. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012). Participar en las prácticas científicas. *Alambique*, 72, 12-19.
- Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C. y Woollard, J. (2015). *Computational thinking. A guide for teachers*. Computing at School.
- Dawson V. y Schibeci, R. (2003). Western Australian high school students' attitudes towards biotechnology processes. *Journal of Biological Education*, 38(1), 7-12.
- de la Vega Naranjo, M., Lorca Marín, A. A. y de las Heras Pérez, M. A. (2018). Conocimientos y actitudes hacia la biotecnología en alumnos de último curso de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(5), 3301-3314.
- Denzin, N. K. (1990) Triangulation. En J. P. Keeves (Ed.). *Educational Research, Methodology, and Measurement. An International Handbook*. Oxford, UK: Pergamon Press.
- Develaki, M. (2007). The model-based view of scientific theories and the structuring of school science programmes. *Science and Education*, 16(7), 725-749.
- Develaki, M. (2019). Methodology and Epistemology of Computer Simulations and Implications for Science Education. *Journal of Science Education and Technology*, 28(4), 353-370.
- Díaz Barriga, A. (2013). *Guía para la elaboración de una secuencia didáctica*. Comunidad de conocimiento. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Díaz Moreno, N. y Jiménez-Liso, M. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70.
- diSessa, A. y Cobb, P. (2004). Ontological innovation and the role of theory in design experiments. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 77-104.
- Donolo, D. (2009). Triangulación: Procedimiento incorporado a nuevas metodologías de investigación. *Revista Digital Universitaria*, 10(8). En: <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num8/art53/int53.htm> Octubre 2009.
- Domènech-Casal, J. (2015). Una secuencia didáctica de modelización, indagación y creación del conocimiento científico en torno a la deriva continental y la tectónica de

- placas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 186-197.
- Domènech-Casal, J. (2016). Gene Hunting: Una secuencia contextualizada de indagación alrededor de la expresión génica, la investigación *in silico* y la ética en la comunicación biomédica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 342-358.
- Duncan R. G y Reiser, B. J. (2007). Reasoning across ontologically distinct levels: Students' understandings of molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 938-959.
- Duncan, R. G., Ruppert, J., Bausch, A. y Freidenreich, H. B. (2011). Promoting Middle School Student's Understanding of Molecular Genetics. *Research in Science Education*, 41(2), 147-167.
- Ekborg, M. (2008) Opinion building on a socio-scientific issue: the case of genetically modified plants. *Journal of Biological Education*, 42(2), 60-65.
- España Sanjuan, C. (2017). *Diseño de actividades en Scratch para la dinamización del Museo de Informática*. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica. Universitat Politècnica de València. Valencia, España.
- Falk, H., Brill, G. y Yarden, A. (2008). Teaching a biotechnology curriculum based on adapted primary literature. *International Journal of Science Educations*, 30, 1841-1866.
- Fields, D. A., Giang, M. y Kafai, Y. B. (2013). Understanding collaborative practices in the Scratch online community: Patterns of participation among youth designers. En N. Rummel, M. Kapur, M. Nathan, y S. Puntambekar (Eds.), *CSCL 2013 Conference Proceedings*, Vol. 1, (pp. 200-207). Madison, Wisconsin, U.S: International Society of the Learning Sciences.
- Fisher, J. y Henzinger, T. A. (2007). Executable cell biology. *Nature Biotechnology*, 25, 1239-1249.
- Flores, V. S. y Tobin, A. J. (2003). Genetically modified (GM) foods and teaching critical thinking. *The American Biology Teacher*, 65, 180-184.
- France, B. (2007). Location, Location, Location: Positioning Biotechnology Education for the 21st Century. *Studies in Science Education*, 43(1), 88-122.
- Francoeur, E. (1997). The forgotten tool: The design and use of molecular models. *Social Studies of Science*, 27, 7-40.
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.
- García-Rodeja Gayoso, I. y Lima de Oliveira, G. (2012). Sobre el cambio climático y el cambio de los modelos de pensamiento de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 195- 218.

- García Rovira, M. P. (2005). Los modelos como organizadores del currículo en biología. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 1-6.
- Garrido Espeja, A. (2016). *Modelització i models en la formació inicial de mestres de primària des de la perspectiva de la pràctica científica*. Barcelona, España: Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- Giere, R. N. (1988). *Explaining Science: A Cognitive Approach*. Chicago, U.S.: University of Chicago Press.
- Giere, R. N. (1990). *Explaining Science*. Chicago, U.S.: University of Chicago Press.
- Giere, R. N. (1999). Using Models to Represent Reality. En L. Magnani, N. J. Nersessian y P. Thagard (Eds.), *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*, (pp. 41-58). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.
- Giere, R. N. (2005). Scientific Realism: Old and new problems. *Erkenntnis*, 63,149-165.
- Gilbert, J. K. (1993). *Models y Modelling in science education*. Hatfield, Herts, UK: The Association for Science Education.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to a more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115-130.
- Gilbert, J. K. y Boulter, C. (2000). *Developing models in science education*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. y Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. En J. K. Gilbert y C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education*, (pp. 3-18). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J. K. y Justi, R. (2016). *Modeling-based teaching in science educations*. Cham, Switzerland: Springer Nature.
- Gilbert, J. K., Justi R. y Aksela, M. (2003). The visualization of models: A metacognitive competence in the learning of chemistry. *International conference of the European Science Education Research Association*. Noordwijkerhout, Netherlands.
- Gómez Galindo, A. G. (2014). El uso de representaciones multimodales y la evolución de los modelos escolares. En C. Merino, M. Arellano y A. Adúriz-Bravo, A (Eds.), *Avances en Didáctica de la Química: Modelos y lenguajes*. Valparaíso, Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- Gouws, L. A., Bradshaw, K. y Wentworth, P. (2013). Computational thinking in educational activities: An evaluation of the educational game light-bot. *ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. Canterbury, UK.
- Gravemeijer, K. y Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. En J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney y N. Nieven (Eds.) *Educational Design*

- Research*, (pp.17-51). London, UK: Routledge.
- Gretter, S. y Yaday, A. (2016). Computational Thinking and Media and Information Literacy: An Integrated Approach to Teaching Twenty-First Century Skills. *TechTrends*, 1-7.
- Grover, S. y Pea, R. (2013). Computational thinking in K–12. A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43.
- Guzdial, M. (2008). Paving the way for computational thinking. *Communications of the ACM*, 51(8), 25-27.
- Guzdial, M. (2018). What we care about now, what we'll care about in the future. *ACM Inroads*, 9(4), 63-64.
- Halloun, I. A. (2007). Mediated modeling in science education. *Science and Education*, 16, 653-697.
- Harrison, A. G. y Treagust, D. F. (2002). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Hazzan, O., Gal-Ezer, J. y Blum, L. (2008). A model for high school computer science education: The four key elements that make it! *Technical Symposium on Computer Science Education - SIGCSE*, 281-285.
- Ibáñez Orcajo, T. y Martínez Aznar, M. (2005). Solving problems in genetics (II): Conceptual Restructuring. *International Journal of Science Education*, 27(12), 1495-1519.
- International Society for Technology in Education (ISTE) and The Computer Science Teachers Association (CSTA). (2011). *Operational definition of computational thinking for K-12*
- Íñiguez Porras, F. J. y Puigcerver Oliván, M. (2001). ¿Qué opinan los alumnos sobre la ubicación de los cromosomas? *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 31-32.
- Íñiguez Porras, F. J. y Puigcerver Oliván, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 307-327.
- Izquierdo Aymerich, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. En F. J. Perales y P. Cañal, P. (Comps.), *Didáctica de las ciencias experimentales: Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, (pp.35-64). Alcoy, España: Marfil.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2000): Nuevas técnicas biológicas, antiguas explicaciones. *Alambique: Didáctica de las Ciencias experimentales*, 25, 5-8.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2014). Determinism and Underdetermination in Genetics: Implications for Students' Engagement in Argumentation and Epistemic Practices. *Science and Education*, 23(2), 465-484.
- Jiménez-Liso, M. R., Hernández-Villalobos, L. y Lapetina, J. (2010). Dificultades y

propuestas para utilizar las noticias científicas de la prensa en el aula de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 107-126.

-Johnson, S. y Stewart, J. (1998). Using a model for theory change in science to study students' problem solving in genetics. *The National Association for Research in Science Teaching*, San Diego, California, U.S.

-Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.

-Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.

-Justi, R. y Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.

-Kafai, Y. B. y Fields, D. (2009). Cheating in virtual worlds: Transgressive designs for learning. *On the Horizon*, 17(1), 12-20.

-Kafai, Y. B., Fields, D. A. y Burke, W. Q. (2010). Entering the clubhouse: Case studies of young programmers joining the scratch community. *Journal of Organizational and End User Computing*, 22(2), 21-35.

-Kafai, Y. B., Fields, D. A., Roque, R., Burke, W. Q. y Monroy-Hernández, A. (2012). Collaborative agency in youth online and offline creative production in Scratch. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 7(2), 63-87.

-Kalelioğlu, F y Gülbahar, Y. (2014). The effect of teaching programming via scratch on problem solving skills: A discussion from learners' perspective. *Informatics in Education*, 13(1), 33-50.

-Kelleher, C. y Pausch, R. (2005). Lowering the barriers to programming: A taxonomy of programming environments and languages for novice programmers. *Communications of ACM Computing Surveys (CSUR)*, 37(2), 83-137.

-Kelly, R. M. y Jones, L. L. (2007). Exploring how different features of animations of sodium chloride dissolution affect students' explanations. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 413-429.

-Knippels, M. C. P. J. (2002). Coping with the Abstract and Complex Nature of Genetics in Biology Education: The yo-yo learning and teaching strategy. *Utrecht*: CD-β Press.

-Kinnear, J. (1983) Identification of misconceptions in genetics and the use of computer simulations in their correction. En H. Helm y J. D. Novak (Eds.). *First International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, (pp.84-92). Ithaca, New York, U.S.: Cornell University Press.

-Kibuka-Sebitosi, E. (2007). Understanding genetics and inheritance in rural schools.

Journal of Biological Education, 41(2), 56-61.

-Kordaki, M. (2012). Diverse categories of programming learning activities could be performed within Scratch. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 46, 1162-1166.

-Law, N. y Lee, Y. (2004). Using an iconic modelling tool to support the learning of genetics concepts. *Journal of Biological Education*, 38(3), 118-141.

-Lee, I., Martín, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., Malyn-Smith, J. y Werner, L. (2011). Computational Thinking for youth in practice. *Communications of the ACM*, 2(1), 32-37.

-Lehrer, R. y Schauble, L. (2006). Cultivating Model-Based Reasoning in Science Education. En R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of: The learning sciences*, (pp. 371-387). New York, US: Cambridge University Press.

-Lehrer, R. y Schauble, L. (2012). Seeding evolutionary thinking by engaging children in modeling its foundations. *Science Education*, 96(4), 701-724.

-Lenhart, A. y Madden, M. (2007). Teens, privacy and online social networks: How teens manage their online identities and personal information in the age of My Space. Washington, DC, U.S.: Pew Internet and American Life Project Report, 1-45.

-Lewis, J. y Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, 26(2), 195-206.

-Lewis, J., Leach J. y Wood-Robinson, C. (2000). All in the genes? Young people are understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education*, 34(2), 74-79.

-Lewis, J. y Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance: do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22(2), 177-195.

-Lewontin, R. C. (2000). What do population geneticists know and how do they know it? En R. Creath y J. Maienschein (Eds.), *Biology and epistemology*, (pp. 191-224). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

-Litwin, E. (1998). La didáctica. Una construcción desde la perspectiva de la investigación en el aula universitaria. *Educación*, 3(12), 41-59.

-Malan, D. J. y Leitner, H. H. (2007). Scratch for budding computer scientists. *Communications of ACM SIGCSE Bulletin*, 39(1) 223-227.

-Maloney, J., Peppler, K., Kafai, Y. B., Resnick, M. y Rusk, N. (2008). Programming by choice: Urban youth learning programming with Scratch. *Communications of ACM SIGCSE Conference*. Portland, Oregon, U.S.

-Manovich, L. (2013). *Software Takes Command*. New York, U.S.: Bloomsbury.

-Marbach-Ad, G. (2001). Attempting to break the code in student comprehension of genetic

- concepts. *Journal of Biological Education*, 35(4), 183–189.
- Marbach-Ad. G., Rotbain, Y. y Stavy, R. (2008). Using computer animation and illustration to improve High School students' achievement in Molecular Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 273-292.
- Marbach-Ad, G. y Stavy R. (2000). Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological. Education*, 34(4), 200-205.
- Martínez. M. C. y Echeveste. M. E. (2018). *Cuadernos para la enseñanza: Aprender a programar para integrar(nos)*. Instituto de Capacitación e Investigación de los educadores de Córdoba. Unión de Educadores de la Provincia de Córdoba. Argentina.
- Mayr, E. (2006). *¿Por qué es única la biología? Reflexiones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Buenos Aires, Argentina: Katz Barpal Editores.
- Meerbaum-Salant, O., Armoni, M. y Ben-Ari, M. (2013). Learning computer science - concepts with Scratch. *Computer Science Education*, 23(3), 239-264.
- Ministerio de Educación. Presidencia de la Nación. (2017). *Colección Marcos Pedagógicos Aprender Conectados*. 1° edición. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Dirección Nacional de Innovación Educativa, Secretaría de Innovación y Calidad Educativa.
- Mohapatra, A. K., Priyadarshini, D. y Biswas, A. (2010). Genetically Modified Food: Knowledge and Attitude of Teachers and Students. *Journal of Science Education and Technology*, 19, 489-497.
- Moreno-León, J. y Robles, G. (2015). Analyze your Scratch projects with Dr. Scratch and assess your computational thinking skills. *Proceedings of the Scratch Conference 2015*, (pp. 48–53). Amsterdam, Netherlands.
- Moreno-León, J., Robles, G. y Román-González, M. (2015). Dr. Scratch: Automatic Analysis of Scratch Projects to Assess and Foster Computational Thinking. *RED: Revista de Educación a Distancia*, 46. En: https://www.um.es/ead/red/46/moreno_robles.pdf
- Moreno-León, J.; Robles, G. y Román-González, M. (2016). Code to learn: Where does it belong in the k-12 curriculum? *Journal of Information Technology Education: Research*, 15, 283–303.
- Morrison, M. C. y Morgan, M. S. (1999). Models as mediating instruments. En M. S. Morgan y M. C. Morrison (Eds.), *Models as mediators*, (pp. 10-37). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Moursund, D. (2009). Computational Thinking. *IAE-pedia* En: http://iaepedia.org/Computational_Thinking.
- Muñoz de Malajovich, M. A. (2012). *Biotecnología*. 2° edición. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes Editorial.

- National Research Council. (2010). Committee for the Workshops on Computational Thinking: Report of a workshop on the scope and nature of computational thinking. Washington, DC, U.S.: National Academies Press.
- Nelson, D .L. y Cox, M. M. (2000). *Lehninger principles of biochemistry*. 3° edición. New York, U.S.: Worth.
- Occelli, M., Malin Vilar, T. y Valeiras, N. (2011). Conocimientos y actitudes de estudiantes de la ciudad de Córdoba (Argentina) en relación a la Biotecnología. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 227-242.
- Occelli, M. y Valeiras, N. (2010). La biotecnología y el currículum de la escuela secundaria argentina. *Memorias de las IX Jornadas Nacionales y IV Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. En: <http://congresosadbia.com/ocs/index.php/tucuman2010/tucu2010/schedConf/presentations>
- Occelli, M., Valerías, N. y Bernardello, G. (2015). La biotecnología en libros de texto de escuela secundaria: un análisis de los libros utilizados en Córdoba (Argentina). *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 10(1), 34-44.
- Occelli, M. y Valeiras, N. (2019). Modelizar, pensar y repensar Ciencias Naturales con TIC. En M. Quintanilla Gativa y M. Vauras (Comp.), *Inclusión Digital y Enseñanza de las Ciencias Aprendizaje de competencias del futuro para promover el desarrollo del Pensamiento Científico*. Santiago de Chile, Chile: Editorial Bellaterra.
- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 5-24.
- Oliva-Martínez, J. M. y Aragón-Méndez, M. M. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 195-208.
- Oliveira, A. W. y Sadler, T. D. (2008). Interactive patterns and conceptual convergence during student collaborations in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(5), 634–658.
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 177-196.
- Pallant, A. y Tinker, R. F. (2004). Reasoning with Atomic-Scale Molecular Dynamic Models. *Journal of Science Educations and Technology*, 13(1), 51-66.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Nueva York, U.S.: BasicBooks.
- Pedrancini, V. D., Corazza-Nunes, M. J., Bellanza Galuch, M. T., Olivo Rosas Moreira, A. L. y Ribeiro, A. C. (2007). Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las*

Ciencias, 6(2), 299-309.

-Pedrancini, V. D., Corazza-Nunes, M. J., Bellanza Galuch, M. T., Olivo Rosas Moreira, A. L. y Carvalho Nunes, W. M. (2008). Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. *Ciência y Educação*, 14(1), 135-146.

-Peppler, K. y Kafai, Y. B. (2007). Collaboration, Computation, and Creativity: Media Arts Practices in Urban Youth Culture. En C. Hmelo Silver y A. O'Donnell (Eds.), *Proceedings of the Conference on Computer Supported Collaborative Learning*, New Brunswick, New Jersey, U.S.

-Powell, D. A. (2000) Food safety and the consumer-perils of for risk communication. *Canadian Journal of Animal Science*, 80(3), 393-404.

-Prokop, P., Lesková, A., Kibiatko, M. y Diran, C. (2007) Slovakian students' knowledge of and attitudes toward biotechnology. *International Journal of Science Education*, 29(7), 895-907.

-Puig, B. y Jiménez Aleixandre, M. P. (2011). Different music to the same score teaching about genes, environment and human performance. En T. D. Sadler (Ed.), *Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research*, (pp. 201-238). Dordrecht, Netherlands: Springer.

-Puig, B. y Jiménez Aleixandre, M. P. (2015). El modelo de expresión de genes y el determinismo en los libros de texto de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 55-65.

-Puy Pérez-Echeverría, M., Martí, E. y Pozo, J. I (2010). Los sistemas externos de representación como herramientas de la mente. *Cultura y Educación*, 22(2): 133-147.

-Resnick, M. (2007). Sowing the seeds for a more creative society. *Learning and Leading for Technology*, 18-22.

-Resnick, M. (2013). Learn to code, code to learn. EdSurge.

-Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B. y Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11): 60-67.

-Rinaudo, M. y Donolo, D. (2010) Estudios de diseño. Una alternativa prometedora en la investigación educativa. *RED – Revista de Educación a Distancia*, 22. En: http://www.um.es/ead/red/22/rinaudo_donolo.pdf

-Roa Acosta, R. y Valbuena Ussa, E. O. (2013). Incursión de la biotecnología en la educación: Tendencias e implicaciones. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(2), 156-166.

-Román-González, M. (2015). Computational Thinking Test: Design Guidelines and Content Validation. *7th annual International Conference on Education and New Learning*

Technologies. IATED, Barcelona, España.

-Rotbain, Y., Marbach-Ad, G. y Stavy, R. (2006). Effect of bead and illustrations models on High School students' achievement in Molecular Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(5), 500-529.

-Rouse, W. B. y Morris, N. M. (1986). On looking into the black box: Prospects and limits in the search for mental models. *Psychological Bulletin*, 100, 349-363.

-Ruiz González, C., Banet, E. y Banet, L. L. (2017). Conocimientos de los estudiantes de secundaria sobre herencia biológica: implicaciones para su enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 550-569.

-Rushkoff, D. (2010). *Program or be programmed: Ten commands for a digital age*. New York, U.S.: O/R Books.

-Sadler, T. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 513-536.

-Scaffidi, C. y Chambers, C. (2012). Skill progression demonstrated by users in the Scratch animation environment. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 28(6), 383-398.

-Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B. y Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.

-Sensevy, G., Tiberghien, A., Santini, J., Laubé, S. y Griggs, P. (2008). An epistemological approach to modeling: Cases studies and implications for science teaching. *Science Education*, 92(3), 424-446.

-Shaffer, J. F. (2013). From cow juice to a billion dollar drug, with some breakthroughs in between. *National Center for Case Study Teaching in Science*.

-Smith, A. L. y Williams, M. J. (2007). It's the X and Y thing: Cross-sectional and longitudinal changes in children's understanding of genes. *Research in Science Education*, 37(4), 407-422.

-Srivastava, A. y Ramadas, Y. (2013). Analogy and Gesture for Mental Visualization of DNA Structure. En: D. F. Treagust y C. Y. Tsui (Eds.), *Multiple Representations in Biological Education. Models and Modeling in Science Education*, Vol. 7. Dordrecht, Netherlands: Springer.

-Steffe, L. P., Thompson, P. W y von Glasersfeld, E. (2000). Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. En A. E. Kelly y R. A. Lesh (Eds.) *Handbook of research design in Mathematics and Science Education*, (pp. 256-306). Mahwah, New Jersey, U.S.: Erlbaum.

- Steele, F. y Aubusson, P. (2004). The Challenge in teaching Biotechnology. *Research in Science Education*, 34(4), 365-387.
- Sunkel, G. y Trucco, D. (2012). *Las tecnologías digitales frente a los desafíos de una educación inclusiva en América Latina. Algunos casos de buenas prácticas*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, Chile: Publicación de las Naciones Unidas.
- Tegegne, F., Aziz, A., Bhavsar, H. y Wiemers, R. (2013). Awareness of and attitudes towards biotechnology by Tennessee State university students with different backgrounds and majors. *Journal of Biotechnology Research*, 5, 16-23.
- The Royal Society. (2012). *Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools*. London, UK: The Royal Society.
- Tood, A. y Kenyon, L. (2015). Empirical Refinements of a Molecular Genetics Learning Progression: The Molecular Constructs. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Tsui, C. Y. y Treagust, D. F. (2007). Understanding Genetics: Analysis of Secondary Student's Conceptual Status. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 205-235.
- Tsui, C. Y. y Treagust, D. F. (2010). Evaluating Secondary Students' Scientific Reasoning in Genetics Using a Two-Tier Diagnostic Instrument. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1073-1098.
- Treagust, D. F y Tsui, C. Y. (2013.). *Multiple Representations in Biological Education. Models and Modeling in Science Education*, Vol. 7. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Usak, M., Erdogan, M., Prokop, P. y Ozel, M. (2009). High school and University students' knowledge and attitudes regarding biotechnology. A Turkish experience. *Biotechnology Education*, 37(2):123-30.
- Valverde Berrocoso, J., Fernández Sánchez, M. R. y Garrido Arroyo, M. C. (2015). El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 46(3). En: http://www.um.es/ead/red/46/valverde_et_al.pdf
- Vázquez-Cano, E. y Ferrer Delgado, D. (2015). La creación de videojuegos con Scratch en Educación Secundaria. *Communications Papers Media Literacy y Gender Studies*, 4(6), 63-73.
- Venville, G. J. y Dawson, V. M. (2010). The impact of a classroom intervention on grade 10 students' argumentation skills, informal reasoning and conceptual understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 952-977.
- Venville, G. y Donovan, J. (2007). Developing Year 2 Students' Theory of Biology with Concepts of the Gene and DNA. *International Journal of Science Education*, 29(9), 1111-1131.
- Venville, G. y Donovan, J. (2008). How pupils use a model for abstract concepts in

- genetics. *Journal of Biological Education*, 43(1), 6-14.
- Venville, G., Gribble, S. J. y Donovan, J. (2005). An Exploration of Young Children's Understandings of Genetics Concepts from Ontological and Epistemological Perspectives. *Science Education*, 89(4), 614-633.
- Venville, G. J. y Tregust, D. F. (1998). Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 1031-1055.
- Vosniadou, S. (1999). Mental Models in Conceptual Development. En L. Magnani, N. J. Nersessian y P. Thagard (Eds.). *Model-based Reasoning in Scientific Discovery*, (pp. 353-368). Nueva York, U.S.: Kluwer and Plenum Publishers.
- Walker, D. (2006). Toward productive design studies. En J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney y N. Nieveen (Eds.) *Educational Design Research*, (pp.8-13). London, UK: Routledge.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society a Mathematical Physical and Engineering Sciences*. En: [366\(1881\), 3717-3725. doi:10.1098/rsta.2008.0118.](https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118)
- Wing, J. (2011). Research notebook: Computational thinking. What and why? The Link Magazine, Spring. Carnegie Mellon University, Pittsburgh. En: [https://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why.](https://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why)
- Wood-Robinson, C., Lewis, J. y Leach, J. (2000). Young people's understanding of the nature of genetic information in the cells of an organism. *Journal of Biological Education*, 35, 29-36.
- Wood-Robinson, C., Lewis, J., Leach, J. y Driver, R. (1998). Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 43-61.
- Yarden, H. y Yarden, A. (2013). Learning and Teaching Biotechnology Methods Using Animations. En: D. F. Treagust y C. Y. Tsui (Eds.), *Multiple Representations in Biological Education. Models and Modeling in Science Education*, Vol. 7. Dordrecht, Netherlands: Springer.

Anexos

Anexo 1: Pre test

Esta encuesta es anónima y tiene como objetivo conocer cuáles son los conocimientos de Ingeniería Genética de alumnos de 5° año de la Escuela Secundaria. Esta información nos permitirá tomar datos para una investigación educativa tendiente a mejorar propuestas de enseñanza. Te agradecemos mucho este tiempo dedicado para completar la encuesta y te garantizamos la privacidad de estos datos.

1. Completa la siguiente oración: La Ingeniería Genética es:.....

2. Marca con una cruz el o los conceptos que creas se relacionan con la Ingeniería Genética (podes marcar más de un concepto).

- Ética
- ADN
- Bienes y servicios
- Microorganismos

3. ¿Sabes si utilizaste algún organismo transgénico (o algún producto derivado de un transgénico) en tu vida cotidiana? ¿Cuál/es?.....

4. Marca con una cruz la opción que mejor represente tu punto de vista en relación a que se lleven a cabo los siguientes procesos biotecnológicos:

	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Modificar los genes de plantas para que puedan cultivarse en suelos salinos				
Modificar los genes de bacterias para el mejoramiento de alimentos				
Modificar genes de frutas para mejorar su sabor				
Modificar genes de plantas para				

incrementar su valor nutricional				
Modificar genes de tomates para hacer que su maduración sea más lenta y entonces su duración sea mayor				
Insertar genes de microorganismos en maíz para proveerles resistencia a insectos.				
Aplicar ingeniería genética en vacas para producir medicamentos de uso humano				
Modificar genes de células humanas para el tratamiento de enfermedades genéticas (terapias génicas)				
Manipular genes de animales para mejorar la calidad de su carne o leche				
Aplicar ingeniería genética en microorganismos para producir medicamentos				



5. Lee la siguiente noticia, luego resuelve la consigna:

En Febrero de 2012 se puso en funcionamiento una planta de producción de Bioetanol a partir de maíz transgénico en un barrio del sur de la ciudad de Córdoba. Desde hace varios años, los vecinos denuncian que la fábrica genera malos olores y contamina el aire.



La pericia oficial fue realizada por el Centro de Vinculación de Tecnología Química Industrial (CEQUETI), de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales (UNC). Se encontró que 11 de 12 muestras tenían etanol y también se detectaron tres compuestos (formaldehído, tolueno y xileno) categorizados como residuos peligrosos por la Normativa Nacional. “Estos tres compuestos superaron los niveles guía de la calidad del aire ambiental de la Ley Nacional de Residuos Peligrosos”, aseguran los vecinos en un comunicado.

Desde la empresa prefirieron no dar detalles del trabajo para preservar el secreto de sumario, aunque indicaron que hay una mala interpretación de los resultados realizada por los vecinos. Y además aseguraron que todos los valores están dentro de lo permitido.

“El tolueno y el xileno aparecen entre los gases del fermentador de la empresa que fue muestreado durante este peritaje y el tolueno fue encontrado en el aire del barrio en un valor que multiplica el valor mínimo de contaminación permitido”, dice el comunicado de los vecinos que recibieron la asistencia del médico Medardo Ávila Vázquez. En 2013, Ávila Vázquez realizó un estudio sobre la salud de la población del barrio. Detectó altas tasas de conjuntivitis, cefaleas, trastornos respiratorios, gastritis y dermatitis. Los vecinos creen que la responsable de estos problemas de salud son las emanaciones que provienen de la planta de fabricación de alcohol. Aún no están los resultados y conclusiones definitivas.

Fuentes

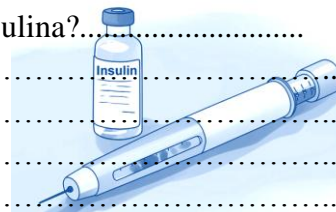
<http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/sigue-la-polemica-por-la-fabrica-de-alcohol-porta>
<http://reduas.com.ar/planta-de-bioetanol-enferma-a-todo-un-barrio-en-la-ciudad-de-cordoba/>

a. Los problemas que denuncian los vecinos crees que se relacionan con (marca sólo una opción):

- El funcionamiento de la fábrica
- El uso de maíz transgénico
- Ambas

Explica tu elección.....
.....
.....
.....

6. ¿Por qué una persona con diabetes necesita inyectarse insulina?.....



.....
.....
.....

7. Actualmente las personas con diabetes se tratan con insulina humana, ¿Conoces cómo se obtiene/fabrica dicha insulina?.....

.....
.....
.....

8. Las bombas de insulina se programan para inyectar insulina de manera constante durante las 24 horas del día. Menciona 2 situaciones cotidianas en donde vos creas que programás.....

.....
.....
.....

9. ¿Qué grado de dificultad piensas que tiene programar? (1 Poco - 10 Mucho).....

10. Marca la opción correcta en cada una de las situaciones planteadas, pero observa el siguiente ejemplo antes de comenzar:

Ejemplo: Debes encerrar con un círculo la respuesta correcta. En este caso cuáles eran las órdenes que llevaban a “Pac-Man” hasta el fantasma por el camino señalado. Es decir, las órdenes que llevan a “Pac-Man” EXACTAMENTE a la casilla en la que se encuentra el fantasma (sin pasarse ni quedarse corto), y siguiendo estrictamente el camino señalado en amarillo (sin salirse y sin tocar las paredes, representadas por los cuadrados anaranjados). La opción correcta, en este ejemplo, es la B y por eso aparece marcada con un círculo.

¿Qué órdenes llevan a Pac-Man hasta el fantasma por el camino indicado?

A

B

C

D

Situaciones a resolver:

a. ¿Qué órdenes llevan a Pac-Man hasta el fantasma por el camino indicado?

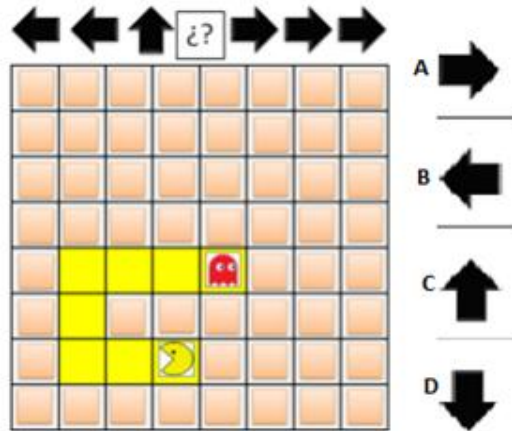
A

B

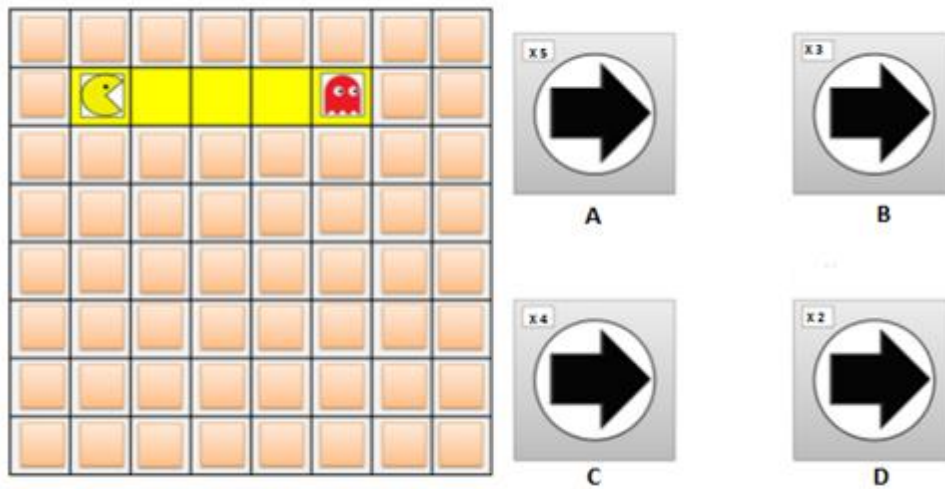
C

D

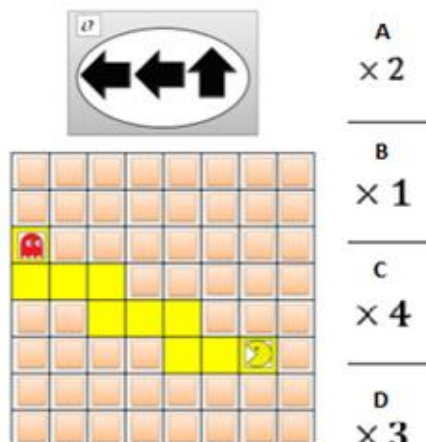
b. ¿Qué orden falta en la secuencia para llevar a Pac-Man hasta el fantasma por el camino señalado?



c. ¿Qué órdenes llevan a Pac-Man hasta el fantasma por el camino señalado?



d. ¿Cuántas veces se debe repetir la secuencia para llevar a Pac-Man hasta el fantasma por el camino señalado?



e. Para llevar a Pac-Man hasta el fantasma por el camino señalado, ¿En qué paso de la siguiente secuencia de órdenes hay un error?

mover 1 pasos → Paso A
 girar 90 grados → Paso B
 mover 1 pasos → Paso C
 girar 90 grados → Paso D
 mover 1 pasos

f. ¿Qué órdenes llevan a Pac-Man hasta el fantasma por el camino señalado?

A repetir 3 veces: mover 4 pasos, girar 50 grados, mover 1 pasos
B repetir 4 veces: mover 3 pasos, girar 90 grados, mover 1 pasos
C repetir 3 veces: mover 4 pasos, girar 90 grados, mover 1 pasos
D repetir 3 veces: mover 4 pasos, girar 90 grados

g. ¿Qué falta en la siguiente secuencia de órdenes para llevar a Pac-Man hasta el fantasma por el camino señalado?

A
 B
 C

Anexo 2: Post test

Esta encuesta es anónima y tiene como objetivo conocer cuáles son los conocimientos de Ingeniería Genética de alumnos de 5° año de la Escuela Secundaria. Esta información nos permitirá tomar datos para una investigación educativa tendiente a mejorar propuestas de enseñanza. Te agradecemos mucho este tiempo dedicado para completar la encuesta y te garantizamos la privacidad de estos datos.

1. ¿Qué crees que aprendiste?.....
.....
.....
.....

2. Creo que aprendí cuando (Puedes marcar más de una opción):

- Observé los videos de Ingeniería Genética
- Observé los tutoriales de Scratch
- Leí diferente información en las actividades
- Planifiqué los proyectos
- Realicé los proyectos en Scratch
- Realicé las actividades solicitadas en cada clase
- Analicé los proyectos de mis compañeros
- Otro:.....



3. Completa la siguiente frase: La Ingeniería Genética es:.....
.....
.....

4. Marca con una cruz el o los conceptos que creas se relacionan con la Ingeniería Genética (Puedes marcar más de un concepto).

- Ética
- ADN
- Bienes y servicios
- Microorganismos
- Otro:.....

5. Marca con una cruz la opción que mejor represente tu punto de vista en relación a que se lleven a cabo los siguientes procesos biotecnológicos:

	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Modificar los genes de plantas para que puedan cultivarse en suelos salinos				
Modificar los genes de bacterias para el mejoramiento de alimentos				
Modificar genes de frutas para mejorar su sabor				
Modificar genes de plantas para incrementar su valor nutricional				
Modificar genes de tomates para hacer que su maduración sea más lenta y entonces su duración sea mayor				
Insertar genes de microorganismos en maíz para proveerle resistencia a insectos.				
Aplicar ingeniería genética en vacas para producir medicamentos de uso humano				
Modificar genes de células humanas para el tratamiento de enfermedades genéticas (terapias génicas)				
Manipular genes de animales para mejorar la calidad de su carne o leche				
Aplicar ingeniería genética en microorganismos para producir medicamentos				

6. ¿Sabes si utilizaste algún organismo transgénico (o algún producto derivado de un transgénico) en tu vida cotidiana? ¿Cuál/es?.....

.....

.....

.....

.....

7. A qué proceso asocias a Scratch (Puedes marcar más de una opción):



- Modelizar
- Representar
- Resumir
- Sintetizar
- Otro:.....

8. Cuando realizaste el proyecto de “La insulina recombinante”, ¿Cuál fue la importancia de trabajar en conjunto con un/a compañer@?.....

.....

.....

.....

9. ¿Con que otro tema de Biología crees que te sería útil trabajar con Scratch?.....

.....
.....
.....

10. ¿Por qué una persona con diabetes necesita inyectarse insulina?.....

.....
.....
.....

11. Actualmente las personas con diabetes se tratan con insulina humana, ¿Conoces cómo se obtiene/fabrica dicha insulina?.....

.....
.....
.....

12. ¿Por qué crees que Maite y Juana a pesar de tener diabetes ambas deben ser tratadas con diferente tipo de insulina? ¿Cuál es el papel de los hábitos alimentarios y del ejercicio en este tipo de enfermedades?.....

.....
.....
.....

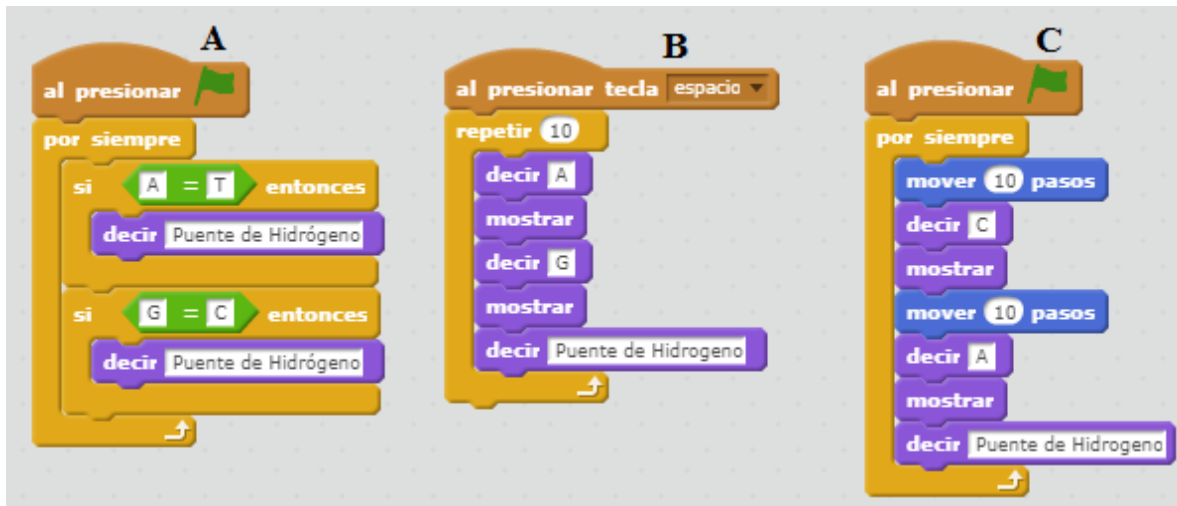
13. Las bombas de insulina se programan para inyectar insulina de manera constante durante las 24 horas del día. Menciona 2 situaciones cotidianas en donde vos creas que programas.....

.....
.....
.....

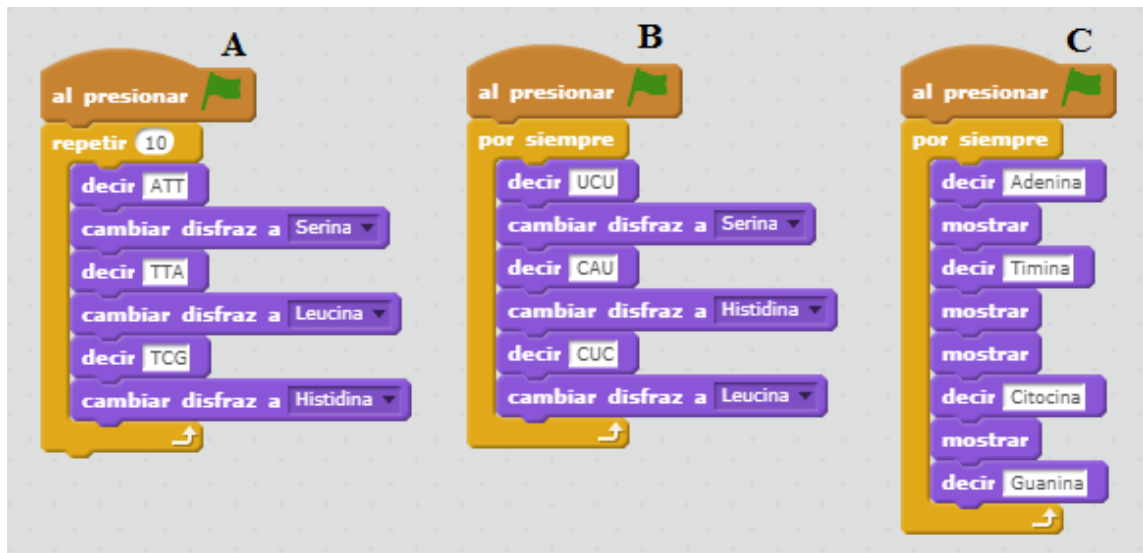
14. Luego de programar durante estas semanas en Scratch, ¿Qué grado de dificultad piensas que tiene programar? (1 Poco - 10 Mucho).....

15. ¿Qué grupo de bloques crees que representa mejor a cada uno de los siguientes procesos? (Sólo una opción es la correcta, enciérrala en un círculo):

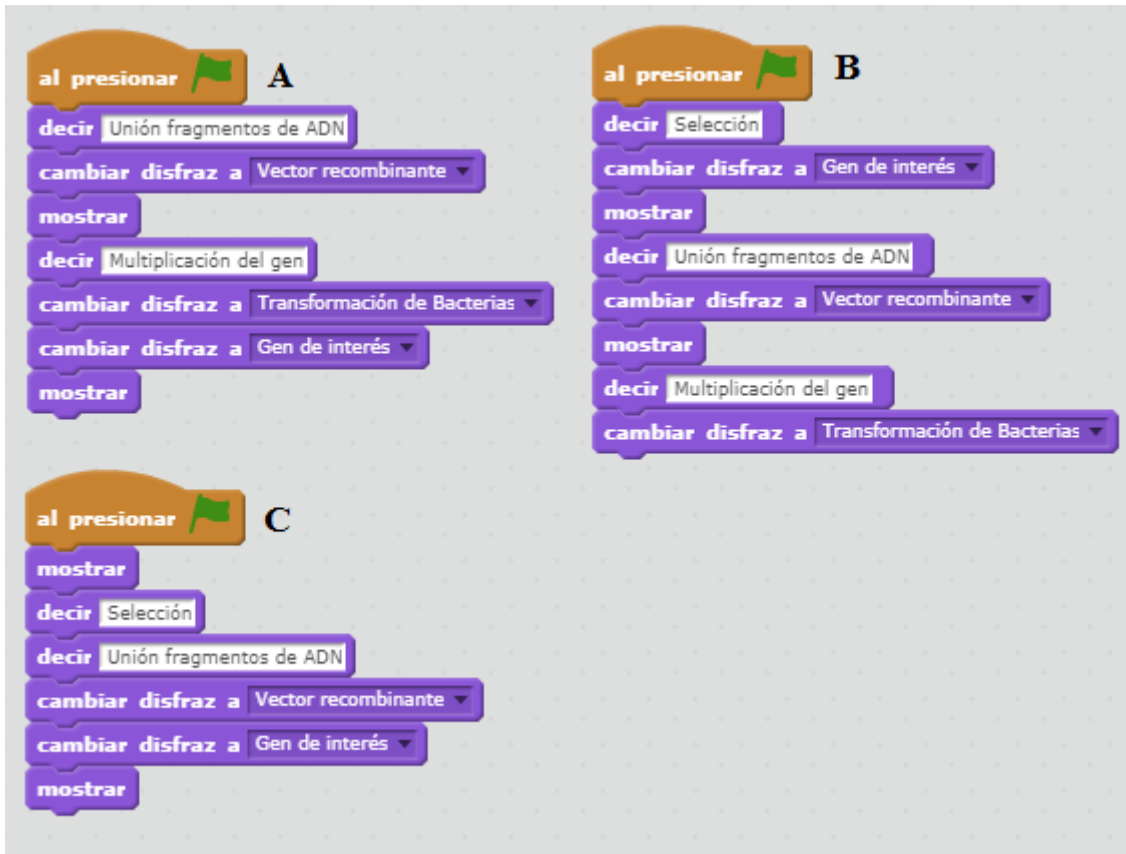
a. Replicación del ADN



b. Síntesis de Proteínas.

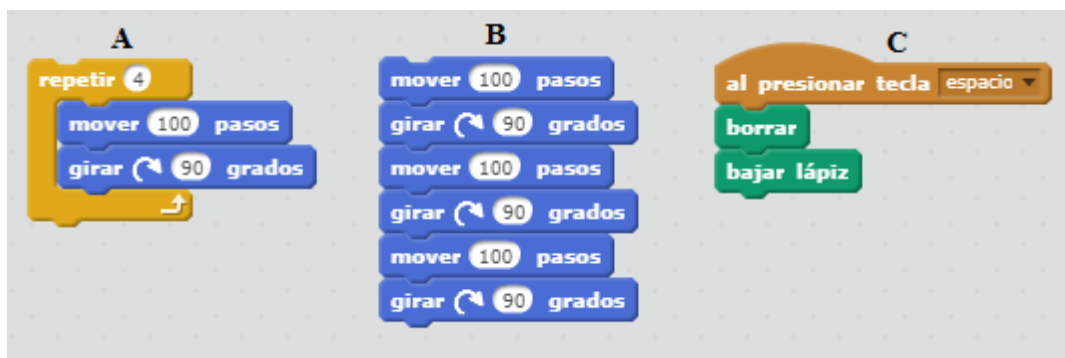


c. Construcción de una molécula de ADN recombinante



16. Selecciona la opción que mejor creas que representa a cada frase:

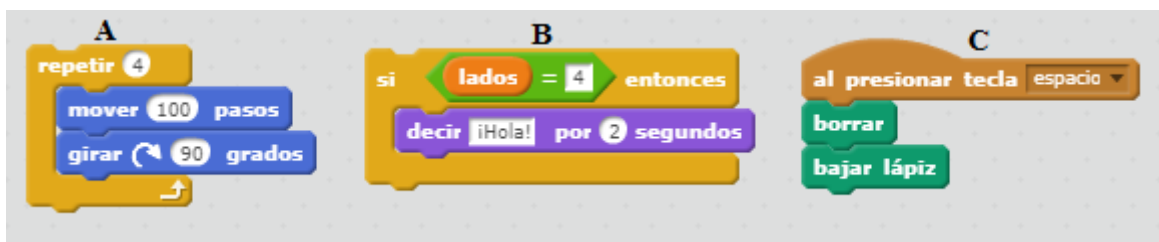
a. Orden de pasos a seguir.



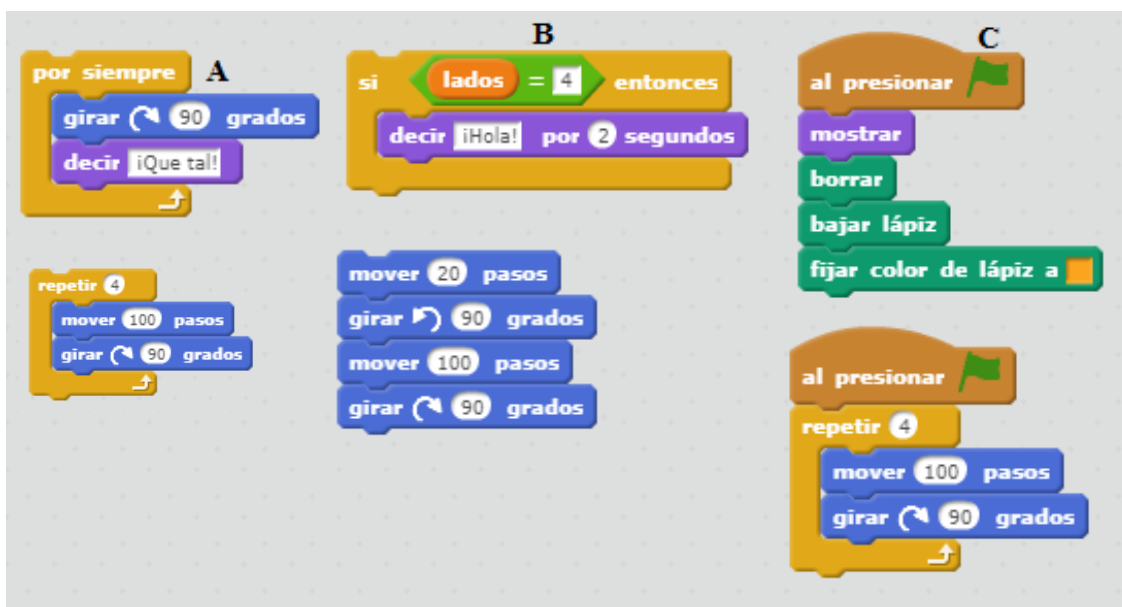
b. Repetir una serie de instrucciones.



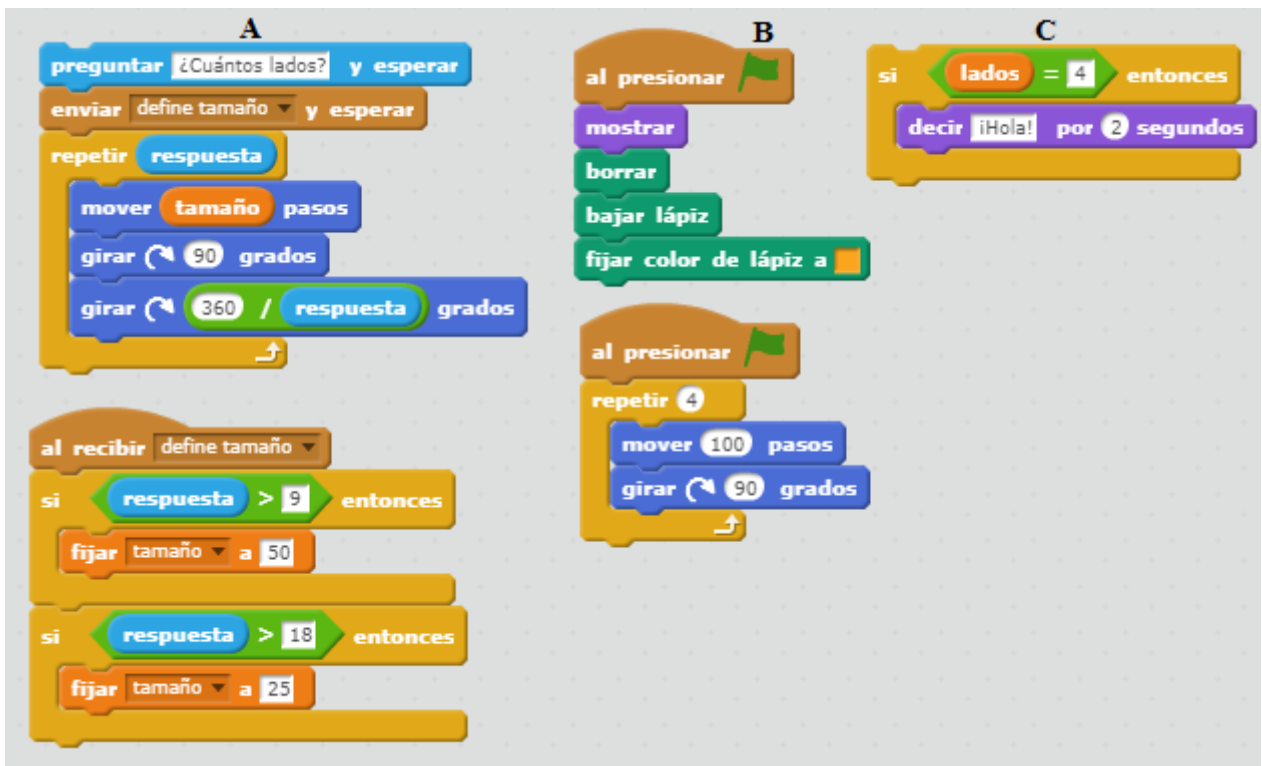
c. Una condición necesaria para que ocurra una acción.

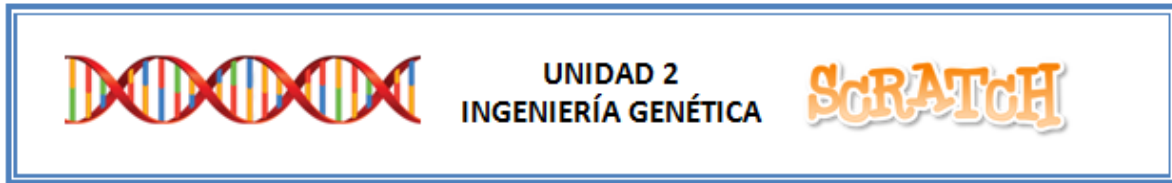


d. Pilas de bloques independientes que se ejecutan en forma paralela.




e. Coordinar y sincronizar acciones



Anexo 3: Actividad de aproximación

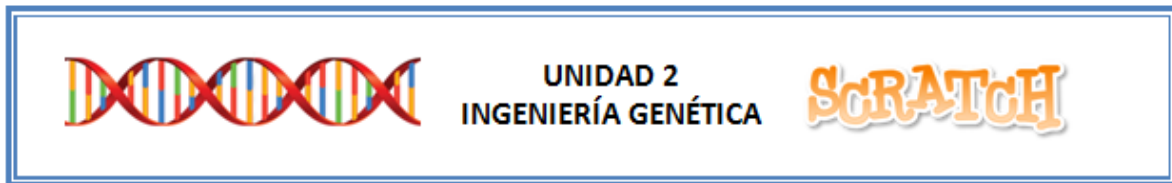
1. Pautas para la utilización de CamStudio.

2. **Scratch**
 - a. Ingresen a la siguiente página web <https://scratch.mit.edu/>
 - b. Observen el menú superior y hagan clic en la pestaña “Acerca de”. Lean el breve texto que allí aparece para familiarizarse con el sitio.
 - c. Vuelvan a la página principal. Nuevamente observen el menú superior. En el mismo hay un buscador (representado por un casillero azul y una lupa). En el mismo busquen contenidos referidos a Biología (Por ejemplo fotosíntesis, sistema digestivo, ADN, entre otros...). Elijan 2 proyectos y hagan correr la animación (para ello deben hacer clic en la “Bandera verde”) observando el código (para ello deben presionar “Ver dentro”).
 - d. Finalmente, créense una cuenta en Scratch. Para ello deberán dirigirse al menú superior y hacer clic en “Únete a Scratch”. Utilizarán una cuenta por grupo (elegir el correo electrónico de cuál de los integrantes utilizarán). No olviden anotar/recordar usuario y contraseña.

3. **Actividad final**
 - a. Inicien sesión en Scratch. Para ello utilicen el usuario y la contraseña que crearon anteriormente.
 - b. Ingresen al siguiente proyecto <https://scratch.mit.edu/projects/226204383/>
 - c. Hagan correr el proyecto y observen los códigos (si no los visualizan recuerden hacer clic en “Ver dentro”). Luego resuelvan las siguientes consignas:
 - ¿Cuál de los siguientes procesos crees que se está representado:
 - Replicación del ADN
 - Síntesis de Proteína
 - ¿Qué representa cada uno de los “cuadrados con letras”? Como por ejemplo 
 - d. Modifiquen el proyecto agregando detalles del proceso biológico representado utilizando las imágenes que se encuentran en la carpeta “Imágenes 1”.
 - e. Envíen el link del proyecto al siguiente mail gimefussero@gmail.com

Anexo 4: Actividades de seguimiento

Semana 2



1. Observen los siguientes videos sobre el “Proyecto Genoma Humano” y realicen las anotaciones necesarias sobre los siguientes aspectos:
 - Concepto de genoma
 - Finalidad/Objetivos del Proyecto
 - Resultados
 - Aplicaciones/Proyecciones

Videos

<https://www.youtube.com/watch?v=fFqfyTxz9C0>



<https://www.youtube.com/watch?v=gMp6MWtpaNM>

Luego de observar los videos y realizar las anotaciones, continúen con las siguientes consignas:

2. Ingresen a Scratch con el usuario y la contraseña que crearon la clase pasada. Una vez que hayan ingresado, diríjense al menú superior y hagan clic en “Sugerencias”. Una vez allí busquen el “Crea una historia” y hagan clic sobre él.
3. En la derecha de la pantalla de despliega un tutorial. Hagan clic en “Haz clic para empezar” y sigan las instrucciones teniendo en cuenta la siguiente aclaración: Deberán realizar un proyecto que en lugar de llamarse “Crea una historia” se llamará “Crea la historia del genoma”. Para realizarlo utilizarán:
 - Las anotaciones que realizaron de los videos.
 - Lo trabajado anteriormente en la asignatura.
 - La carpeta “Imágenes 2” (además de las imágenes que pueden buscar desde la web).
 - El tutorial <https://www.youtube.com/watch?v=8ZrS-R33QDA>
 - El tutorial que les aparecerá en la derecha de la pantalla.

Realicen las modificaciones que crean necesarias para que la historia se adapte a sus necesidades. Por ejemplo: Cuando en un primer momento se les pide que agreguen un fondo pueden agregar fondos que representen un laboratorio o el interior de una célula. Cuando les solicita que agreguen nuevos objetos pueden agregar una molécula de ADN, cromosomas... IMAGINEN, CREAM Y COMPARTAN.

Semana 2

 **UNIDAD 2**
INGENIERÍA GENÉTICA 

1. ¿Qué es la diabetes? ¿Por qué para su tratamiento se utiliza insulina?.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



2. ¿Por qué en un principio se utilizó insulina bovina como fuente de insulina? ¿Por qué no otros animales?.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ¿Cómo podrían hacer insulina humana en un laboratorio? Propongan un método

.....

.....

.....

.....

.....

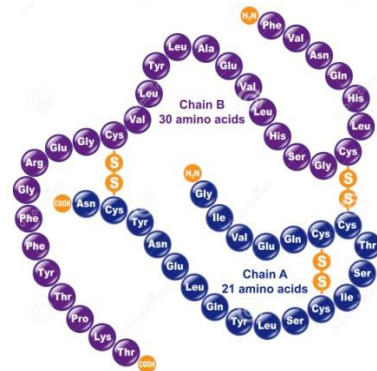
.....

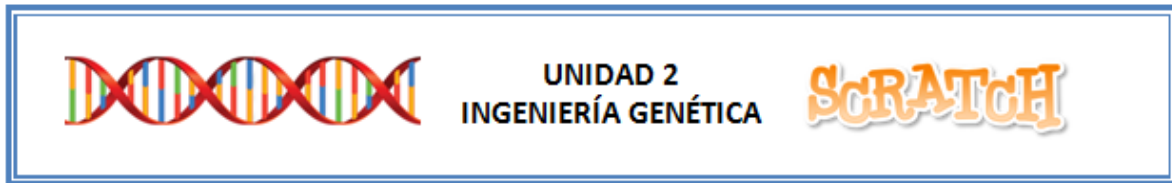
.....

.....

.....

.....



Semana 3

En los mismos grupos de dos integrantes en los que venían trabajando, realicen las siguientes actividades.

1. Lean el texto que se encuentra a continuación. Pueden marcar ideas, realizar anotaciones al margen, cualquier estrategia que favorezca la comprensión del mismo.

TECNOLOGÍA DEL ADN RECOMBINANTE → EL MUNDO ESTÁ A PUNTO DE CAMBIAR

En las décadas del 60 y del 70 se realizaron múltiples descubrimientos científicos que pronto permitirían a los científicos explorar más minuciosamente dentro del “Dogma central de la Biología“(ADN → ARN → Proteínas) para producir proteínas humanas a partir de bacterias. Las bacterias eran utilizadas como “mini fábricas” para producir proteínas vegetales y animales. Para lograr este proceso, los científicos debían poder realizar estos cuatro procedimientos:

1. Obtener el gen (fragmento de ADN) que codifica la proteína de interés.
2. Insertar dicho ADN en ADN bacteriano (plásmido) y así obtener una molécula de ADNr (ADN recombinante: molécula de ADN compuesta por secuencias de ADN de organismos diferentes).
3. Obtener muchas copias de la molécula de ADNr. Dicho proceso se logra introduciendo al ADNr al organismo huésped (bacterias) para que cuando se reproduzcan generen muchas copias de dicho fragmento de ADN.
4. Cultivar dichas células y lograr que produzcan las proteínas de interés.

Estos son los pasos básicos de la Tecnología del ADNr, también conocida como Biotecnología Moderna. El ADNr es ADN de dos organismos diferentes que se han unido en una sola molécula de ADN. ¿Podría este proceso ser utilizado para producir insulina humana en células bacterianas? ¿Se podrían producir cantidades lo suficientemente grandes como para que puedan usarse para tratar la diabetes? Antes de que estas preguntas pudiesen ser respondidas, debieron producirse varios avances en la Biología Molecular.



La primera molécula de ADNr fue producida por Paul Berg en la Universidad de Stanford en 1972. Berg insertó genes de un tipo de virus que infecta bacterias (bacteriófago), en un virus de mamífero, el SV40. Lo realizó “cortando” ambos virus con enzimas de restricción (proteínas que actúan como tijeras moleculares cortando ADN) para eliminar genes del bacteriófago e introducirlos en el virus de mamífero SV 40. Sin embargo, Berg no llegó a insertar esta molécula de ADNr en las células vivas debido a sus preocupaciones sobre potenciales peligros biológicos. Berg recibió el Premio Nobel en 1980 por su trabajo. Mientras que Berg no dio el siguiente paso, Herbert Boyer (Universidad de California en San Francisco) y Stanley Cohen (Stanford) si lo hicieron y crearon en 1973 el primer organismo recombinante. Para lograrlo, utilizaron enzimas de restricción y extrajeron ARN ribosómico (ARNr) de la rana africana (*Xenopus laevis*). Luego insertaron dichos genes en plásmidos (ADN circular proveniente de bacterias que las misma utilizan para producir proteínas) produciendo una molécula de ADNr compuesta por ADN de rana y el ADN bacteriano. Luego, insertaron este ADNr en células bacterianas y observaron que el ADNr se replicaba dentro de las bacterias y que el ARNr de la rana se transcribió. Con este experimento, Boyer y Cohen descubrieron una forma de insertar ADN en otros organismos y producir productos moleculares a partir de él. Es posible que esta tecnología sea utilizada para producir proteínas de otros organismos en bacterias en cantidades lo suficientemente grandes como para ser utilizadas terapias médicas.

Si bien los descubrimientos de Berg, Boyer y Cohen pronto ser utilizado para producir proteínas recombinantes y cambiar el mundo, hubo un gran temor por parte de los científicos (y del público) sobre la seguridad de la Tecnología del ADNr.

En su investigación, Berg estaba usando un virus de mamífero (específicamente de una especie de mono). ¿Qué pasa si los genes que producen proteínas tóxicas se insertaron en bacterias y esas bacterias infectan a las personas? ¿Cómo deberían estos organismos recombinantes estar contenidos de forma segura? ¿Deberían continuar las investigaciones del ADNr sin conocer las respuestas a estos interrogantes?

En 1974, Berg, Boyer, Cohen y otros científicos escribieron una carta a la revista científica Science (una de las más prestigiosas del mundo) que trataba sobre los posibles riesgos biológicos de la tecnología del ADNr. La carta llegó a conocerse como “La carta de Berg”. El reconoció una preocupación sobre las moléculas artificiales producidas a través de la Tecnología del ADNr. Propusieron una interrupción temporal de toda investigación sobre el tema hasta que se evaluaran potenciales riesgos y medidas de seguridad.

En 1975, fue la Conferencia de Asilomar (California) sobre ADNr (coorganizada por Berg). Allí se reunieron 140 científicos, médicos y abogados para discutir los potenciales peligros biológicos y los requisitos de seguridad necesarios para trabajar con ADNr. Los participantes desarrollaron varias pautas para trabajar con ADNr, incluido el uso de cepas



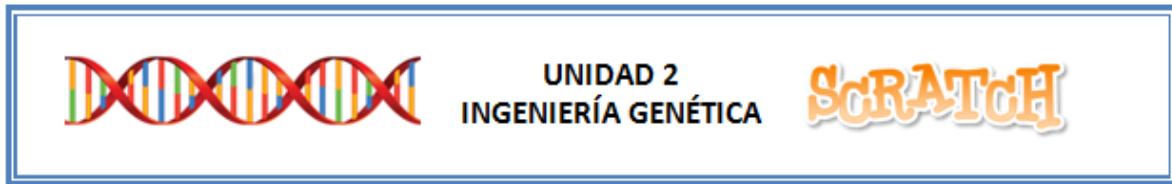
de bacterias que no sobrevivirían fuera del laboratorio y una serie de niveles de riesgo que requieren tipos específicos de contención y medidas de seguridad. Después de la conferencia, la interrupción de la investigación que fue voluntaria durante 8 meses, cesó y la investigación del ADNr floreció. En 1977, Boyer y sus colegas utilizaron la Tecnología de ADNr para producir somatostatina humana recombinante, un neurotransmisor de 14 aminoácidos que regula la secreción de la hormona del crecimiento, como un experimento para probar que proteínas humanas podían ser producidas en bacterias.

2. Observen el siguiente video. <https://www.youtube.com/watch?v=FXM6SpVe6J4>
Tomen nota sobre los aspectos que consideren más relevantes.
3. Luego de la lectura del texto y la observación del video, y teniendo en cuenta lo que trabajaron en la asignatura, elaboren un proyecto en Scratch sobre “La obtención de insulina recombinante”. Para la realización del mismo tengan en cuenta *todos los conceptos y procedimientos biológicos involucrados*.
Para la elaboración del mismo podrán trabajar en esta clase y en las próximas 2.

RECUERDEN INICIAR SESIÓN ANTES DE COMENZAR CON EL PROYECTO PORQUE SI NO SE GUARDARÁN LOS CAMBIOS. UNA VEZ FINALIZADA LA CLASE, ENVIEN LOS AVANCES DEL PROYECTO AL SIGUIENTE CORREO ELECTRÓNICO gimefussero@gmail.com

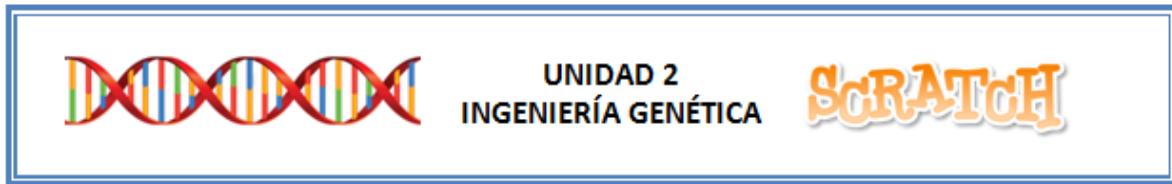
Si necesitan ayuda con Scratch pueden recurrir a observar la continuación del tutorial de la clase pasada:

<https://www.youtube.com/watch?v=8ZrS-R33QDA>
<https://www.youtube.com/watch?v=Shrv7spfLLs>
https://www.youtube.com/watch?v=_fynTYbRy6w
<https://www.youtube.com/watch?v=EN82JTkyxWU>
<https://www.youtube.com/watch?v=5JGLZSptVPQ>

Semana 3

Teniendo en cuenta el estado actual de tu proyecto; ¿Cuál es el grado de mejora que consideras deberían tener cada uno de los siguientes aspectos? Señala con una cruz.

1. Trabajar colaborativamente con mi compañero de grupo.
 MUCHO POCO NADA
2. Utilizar productivamente el tiempo asignado para realizar el proyecto.
 MUCHO POCO NADA
3. Completar el proyecto y hacerlo funcionar correctamente.
 MUCHO POCO NADA
4. Organizar el proyecto para que sea claro y fácil interactuar con él.
 MUCHO POCO NADA
5. Lograr que el proyecto realizado sea original y muestre creatividad.
 MUCHO POCO NADA
6. Recopilar, analizar y representar datos para elaborar el proyecto.
 MUCHO POCO NADA
7. Realizar abstracciones y simular procesos para elaborar el proyecto.
 MUCHO POCO NADA
8. Comprender el uso de los bloques.
 MUCHO POCO NADA
9. Pensar sistemáticamente el orden de los pasos a seguir.
 MUCHO POCO NADA
10. Apilar bloques en dos pilas al mismo tiempo para crear dos hebras temáticas independientes que se ejecutan en forma paralela.
 MUCHO POCO NADA

Semana 4**RETOMAMOS...**

1. Inicien sesión en Scratch y antes de continuar con el proyecto que comenzaron la semana anterior sobre **“La obtención de insulina recombinante”**, resuelvan las siguientes consignas:

- a. ¿Crees que incluiste todos los componentes biológicos necesarios? Marca con una cruz el ó los componentes que creas debes agregar en el proyecto:

- Gen de interés (insulina)
- Plásmido (vector)
- Enzimas de Restricción
- ADNr
- Bacterias
- Clonación
- Marcadores

- b. ¿Los procesos biológicos están representados en su totalidad? Si No

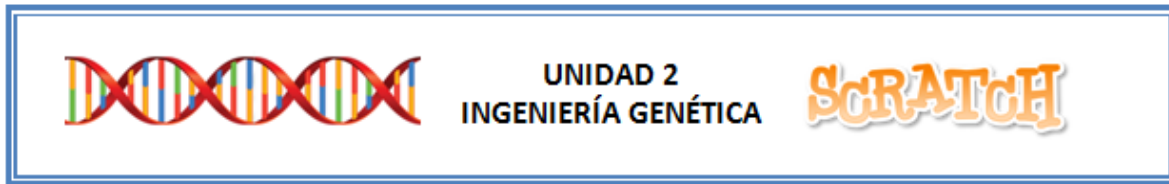
Si tu respuesta es no, marca con una cruz los procesos que creas debes incluir en el proyecto.

- Identificar y cortar el ADN de interés (gen) en sitios específicos con enzimas de restricción.
- Elegir un vector (plásmido por ejemplo) y cortarlo con las mismas enzimas de restricción que al gen de interés.
- Unir los fragmentos de ADN con la enzima ligasa.
- Transformar bacterias con el vector recombinante.
- Clonar las bacterias.
- Extraer y purificar el producto de interés (insulina).

2. Continúen con el proyecto en Scratch teniendo en cuenta sus respuestas anteriores.

3. Una vez finalizado el proyecto, y antes de compartir y enviar el link por mail, hagan click en “Instrucciones” y escriban: * Lo que representaron en el proyecto y *Cómo funciona el mismo (que teclas o qué acciones deben realizarse para que el mismo se ejecute).

Semana 5



CONTINUAMOS...

1. Lean el siguiente texto.

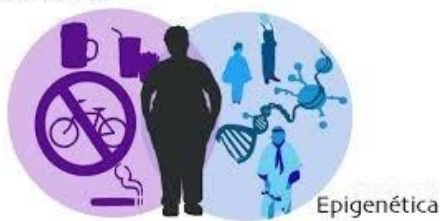
La primera insulina recombinante (*Humulin*) empezó a distribuirse a principios de los años 80 siendo la primer proteína recombinante aprobada como medicamento.

Actualmente, prácticamente todas las personas con diabetes son tratadas con algún tipo de insulina recombinante porque se han conseguido numerosos análogos con diferentes cualidades según las necesidades del paciente. Por ejemplo; si el efecto de la insulina debe ser inmediato (durante un pico hiperglucémico) o persistente en el tiempo. En 1996 se produjo la *Humalog*, una versión de la insulina que, cambiando de posición dos aminoácidos conseguía aumentar la velocidad del efecto. Por otra parte, alargando una de las cadenas con dos aminoácidos y sustituyendo una glicina por una arginina se produjo *Lantus*. Esta versión tenía la particularidad que su efecto se alargara a lo largo del día y no de forma inmediata.



Como se sabe, la diabetes tiene un claro componente genético, por lo general poligénico (muchos genes), que, sin embargo, apenas puede explicar una pequeña fracción de los casos, exceptuando la diabetes monogénica o algunos síndromes poco frecuentes. Para comprender el resto de los casos es necesario tener en cuenta la “epigenética”. La

Estilo de vida



epigenética estudia los mecanismos que controlan el establecimiento de patrones estables de expresión génica que tienen lugar en ausencia de cambios en la secuencia del ADN, silenciando o activando genes de manera selectiva en diferentes células. Es decir, en un organismo donde sus genes son idénticos en todas las células, existirán algunas que sólo expresen un

subgrupo de genes dando lugar a un fenotipo en particular.

Lo interesante es que estos mecanismos epigenéticos se heredan permitiendo al organismo adaptarse a nuevas situaciones respondiendo a señales ambientales. Junto con el bagaje genético de un individuo, esta respuesta a las influencias ambientales



determina la susceptibilidad a una enfermedad. Además, las señales epigenéticas son reversibles, a diferencia de la secuencia del ADN, que permanece invariable salvo en caso de mutaciones. Esto explica cómo intervenciones farmacéuticas o de estilo de vida (como la alimentación y el ejercicio) pueden alterar estados transcripcionales y ejercer una influencia notable sobre el fenotipo. Los procesos epigenéticos pueden contribuir al desarrollo de la diabetes pero también modular los efectos de la exposición ambiental, disminuyendo así el riesgo de desarrollar la enfermedad.

2. Luego de leer el texto observen los siguientes proyectos en Scratch:

MAITE → <https://scratch.mit.edu/projects/230559723/>

JUANA → <https://scratch.mit.edu/projects/230561228/>

3. A continuación resuelvan las siguientes consignas:

- a) ¿Qué tipo de insulina debería utilizar cada una?
- b) ¿Deberían modificar algún hábito? ¿Cuáles? ¿De qué manera? ¿Cómo introducirían dichos cambios en los proyecto de Scratch? Indiquen que “Objetos” agregarían y como los programarían con los “Bloques”.
- c) Si Juana tuviese hijos, ¿Podían tener diabetes? Expliquen.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

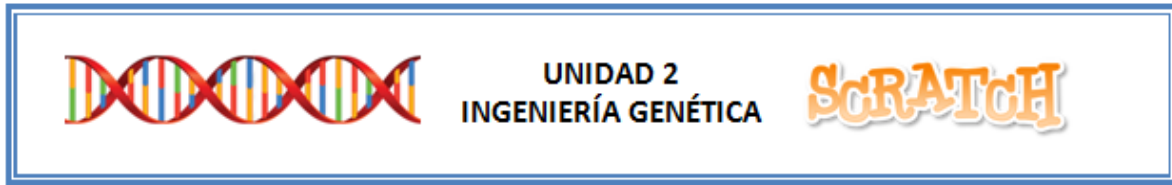
.....

.....

.....

.....

.....

Semana 5

Inicien sesión en Scratch y abran su proyecto sobre “La insulina recombinante”. Analícnelo y luego respondan la siguiente consigna: ¿Cuál es el grado de mejora que consideran deberían tener cada uno de los siguientes aspectos? Señalen con una cruz.

1. Trabajar colaborativamente con mi compañero de grupo.
 MUCHO POCO NADA
2. Utilizar productivamente el tiempo asignado para realizar el proyecto.
 MUCHO POCO NADA
3. Completar el proyecto y hacerlo funcionar correctamente.
 MUCHO POCO NADA
4. Organizar el proyecto para que sea claro y fácil interactuar con él.
 MUCHO POCO NADA
5. Lograr que el proyecto realizado sea original y muestre creatividad.
 MUCHO POCO NADA
6. Recopilar, analizar y representar datos para elaborar el proyecto.
 MUCHO POCO NADA
7. Realizar abstracciones y simular procesos para elaborar el proyecto.
 MUCHO POCO NADA
8. Comprender el uso de los bloques.
 MUCHO POCO NADA
9. Pensar sistemáticamente el orden de los pasos a seguir.
 MUCHO POCO NADA
10. Apilar bloques en dos pilas al mismo tiempo para crear dos hebras temáticas independientes que se ejecutan en forma paralela.
 MUCHO POCO NADA

Observa el proyecto de tus compañeros: Luego resuelvan la siguiente consigna: ¿Cuál es el grado de mejora que consideran deberían tener cada uno de los siguientes aspectos? Señalen con una cruz.

1. Trabajar colaborativamente con mi compañero de grupo.
MUCHO POCO NADA
2. Utilizar productivamente el tiempo asignado para realizar el proyecto.
MUCHO POCO NADA
3. Completar el proyecto y hacerlo funcionar correctamente.
MUCHO POCO NADA
4. Organizar el proyecto para que sea claro y fácil interactuar con él.
MUCHO POCO NADA
5. Lograr que el proyecto realizado sea original y muestre creatividad.
MUCHO POCO NADA
6. Recopilar, analizar y representar datos para elaborar el proyecto.
MUCHO POCO NADA
7. Realizar abstracciones y simular procesos para elaborar el proyecto.
MUCHO POCO NADA
8. Comprender el uso de los bloques.
MUCHO POCO NADA
9. Pensar sistemáticamente el orden de los pasos a seguir.
MUCHO POCO NADA
10. Apilar bloques en dos pilas al mismo tiempo para crear dos hebras temáticas independientes que se ejecutan en forma paralela.
MUCHO POCO NADA

Anexo 5: Entrevistas

Grupos Focales

1. ¿Qué entendiste que es la Ingeniería Genética?
2. Además del caso de la insulina, ¿En qué otros productos/procesos crees que se utilice la Ingeniería Genética?
3. ¿Qué te pareció la utilización de Scratch en las clases?
4. ¿Crees que te permitió algún tipo de aprendizaje? ¿Cuál? ¿Por qué?
5. ¿Seguirás explorando el mundo de la programación? ¿Si No? ¿Por qué?
6. ¿Qué te resultó más fácil de las actividades? ¿Y más difícil?
7. ¿Cómo te resultó trabajar con un compañero? ¿Por qué?

Docente

1. ¿Cuáles son las ventajas que viste de utilizar Scratch en las clases?
2. ¿Qué ventajas tiene la utilización de este tipo de herramientas en la formación integral de los alumnos? ¿Crees que son necesarias para los desafíos inmediatos y futuros?
3. ¿Con qué otro contenido utilizarías Scratch?
4. ¿Qué crees que aprendieron los alumnos?
5. ¿Qué desventajas observaste en su uso?
6. ¿Cuál es el grado de dificultad que a tu criterio tuvo el uso de Scratch?
7. ¿Qué aspectos cambiarías de la propuesta planteada?
8. ¿Le recomendarías el recurso a un colega?
9. ¿Crees que el aprendizaje de IG con esta estrategia respecto a otras es Igual, Mejor o Peor?
10. ¿Cuál crees que es la relación entre esta propuesta y el aprendizaje colaborativo entre los alumnos?