



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAestrÍA Y DOCTORADO
EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA
FACULTAD DE CIENCIAS
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS

CAMPO DE CONOCIMIENTO: COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA

COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA EN VIDEOJUEGOS: EVOLUCIÓN Y JUEGOS SERIOS

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

PRESENTA:

AXEL ALEJANDRO GONZÁLEZ BECERRIL

Director de Tesis:
DOCTORA ROSAURA RUÍZ GUTIÉRREZ
FACULTAD DE CIENCIAS



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

Agradecimientos	1
Introducción	2
1.0 Antecedentes y planteamiento del problema	4
1.1 Videojuegos	4
1.2 Game studies	7
1.3 Juegos y videojuegos	10
1.4 Comunicación de la ciencia y videojuegos	18
1.5 Videojuegos en la comunicación de la ciencia	20
1.6 Juegos serios	24
1.7 El caso de Spore	29
2. Objetivo	34
3. Marco teórico	35
3.1 Evolución	35
3.2 Evolución biológica	35
3.3 El núcleo duro del darwinismo	36
3.4 Dificultades en la comunicación de la evolución	40
4. Metodología	44
4.1 Selección de juegos	44
4.2 Contextos	46
4.3 Revisión general de los juegos	48
4.4 Elementos formales	49
5. Desarrollo	61
6. Resultados	62
6.1 Juegos de exhibición	62
6.2 El juego de las polillas	65

6.3. El juego del pájaro joven	72
6.4 Comparación preliminar	79
6.5 El juego, el algoritmo y el <i>genepool</i>	82
6.6 El juego y el millón de años	106
7.0 Conclusiones y Observaciones	119
7.1 Conclusiones	119
7.2 Observaciones	126
8.0 Anexos	130
8.1 Anexo 1	130
8.2 Anexo 2	133
9.0. Referencias	140
9.1 Bibliografía	140
9.2 Ludografía	144

Agradecimientos:

Al CONACYT por el apoyo con su programa de becas durante el periodo 2013-2015.

A la UNAM por todo lo que me ha dado y lo bueno que hace por México.

Al Posgrado en Filosofía de la Ciencia por darme la oportunidad de enriquecer mi formación profesional y a mis compañeros de comunicación de la ciencia por sus opiniones y sugerencias.

A la Dra. Rosaura Ruíz y al Dr. Ricardo Noguera por ayudarme a definir mi proyecto y por ser guías durante el desarrollo de este escrito.

A todos mis profesores de la maestría en particular a la Dra. Maria del Carmen Sánchez Mora por sus consejos, enseñanzas y por ser ejemplo a seguir en la comunicación de la ciencia.

A Manuel González-Casanova por su orientación y apoyo en esta investigación.

Al Instituto Escuela del Sur por permitirme seguir aprendiendo desde el otro lado del aula, a todos sus profesores y en particular a Leonora Calzada por sus valiosas revisiones en el estilo de este escrito.

A la comunidad de desarrolladores de videojuegos independientes en particular a Hector Guerrero por introducirme al mundo de la programación.

A la comunidad de investigadores de videojuegos de México.

A mis amigos por su respaldo y cariño, en particular a Juan Manoel por la retroalimentación intelectual y a Luis Carlos por el apoyo, revisiones y orientación en el estilo de esta tesis.

A Gis por sus valiosas observaciones, por su cariño y apoyo al final de este ciclo.

Finalmente a mis padres, Rolando Javier y Lilia Alejandra, por estar cuando los necesito, por alimentar mi curiosidad e introducirme desde pequeño al mundo de la ciencia y tecnología.

Introducción

La relación entre videojuegos y comunicación de la ciencia es estrecha. Los primeros videojuegos desarrollados en la década de 1960 se hicieron con la meta de desplegar los avances en cómputo, y desde el mismo principio de esta industria (máquinas de arcade), en la década de 1970, los videojuegos han utilizado a la ciencia como un recurso informacional, estético y narrativo.

Sin embargo, son pocos los videojuegos que buscan comunicar ciencia de una forma adecuada; algunos juegos han sido utilizados como material didáctico dentro de ambientes de aprendizaje formal articulados a programas escolares y otros desarrollados para ambientes de aprendizaje informal se han usado con múltiples propósitos. Muchos de estos juegos suelen ser criticados por dejar de lado la parte lúdica y enfocarse en el contenido e información que presentan, haciéndolos en ocasiones pobres por no integrar de forma balanceada los distintos elementos de los juegos.

En principio, pareciera que cualquier tema científico es factible de comunicarse a través de estrategias alternativas de comunicación como los videojuegos, sin embargo, hay algunos tópicos en particular que resultan más difíciles de comunicar, como el caso de la evolución biológica (las razones de lo anterior serán revisadas más adelante). A pesar de las dificultades y obstáculos se han hecho grandes y fructíferos esfuerzos por desarrollar videojuegos que buscan comunicarla por ser un tema fundamental de la cultura científica y el eje central de la biología moderna.

En esta investigación se desarrolló una primera aproximación al estudio de los videojuegos de comunicación de la ciencia, utilizando como marco de análisis la coherencia y cohesión entre los distintos elementos del juego y su propósito: comunicar evolución por selección natural.

Para realizar el análisis se seleccionaron cuatro videojuegos desarrollados para ambientes de aprendizaje informal, que buscan comunicar evolución por selección natural de forma adecuada.

Tras el análisis se encontró que todos son sistemas con una estructura similar, coherente con el proceso de selección natural, pero que la forma en que incluyeron al

jugador resultó ser muy distinta. Esto se debe a la creatividad de los desarrolladores para resolver la tensión que existe debido a la necesidad de incluir la agencia humana en un juego que aborda un proceso que, por definición, ocurre de forma natural, sin ningún tipo de intervención de nuestra especie.

Nota del autor

Para la investigación se utilizaron lenguaje y modelos provenientes de distintas tradiciones de investigación y se intentó balancear la profundidad con la que se tocaba cada tema, siempre a partir de los objetivos; por ello, a mis colegas biólogos y a compañeros filósofos de la ciencia les pido comprensión por las generalizaciones que se hacen en temas tan complejos y apasionantes como la biología evolutiva o los modelos científicos. A los científicos de la computación les pido sean flexibles con las interpretaciones que hago de los algoritmos, en particular de los algoritmos genéticos.

Esta tesis se encuentra dirigida a comunicadores de la ciencia que busquen investigar videojuegos y necesiten un punto de referencia; de forma secundaria a investigadores de videojuegos que busquen una perspectiva de análisis, a divulgadores de la ciencia que busquen desarrollar videojuegos y finalmente a desarrolladores que busquen producir juegos serios para comunicar ciencia.

Todas las citas en inglés fueron traducidas por el autor a menos que se indique lo contrario.

1. Antecedentes y planteamiento del problema

En este capítulo trataré los antecedentes teóricos de mi investigación; en primer lugar hablaré de los videojuegos y de los estudios académicos que hay al respecto, después, de algunos aspectos generales de la comunicación de la ciencia y de los estudios de videojuegos en este campo, para finalizar con generalidades de la evolución biológica y de la selección natural, así como algunas de las dificultades que se presentan al comunicarla. Aunque estos temas son de muy distintos orígenes y características, servirán de base para ayudar a contestar la pregunta ¿cómo comunican evolución los videojuegos?

1.1 Videojuegos

No existe consenso acerca de cuál fue el primer videojuego; algunos apuntan a *Tennis for two*¹ (1958), otros a *Space War* (1961), sin embargo, estos juegos se desarrollaron dentro de instituciones de investigación y no perseguían ganancias económicas sino mostrar las capacidades de las computadoras. Distinto es el caso de *Pong* (1971), reconocido de manera unánime como el primer videojuego en ser desarrollado para obtener ganancias económicas.

Con *Pong* se inició un cambio en la industria del entretenimiento y se fundó una nueva rama de ella: la industria de los videojuegos. Nolan Bushnell fue el inventor² de esta industria y *Pong* fue el juego. Durante sus primeros años, *Pong* compartió lugar con las máquinas tragamonedas electromecánicas que se encontraban en bares de EUA. En la actualidad, la industria del videojuego tiene ganancias económicas superiores a las del cine (Newman, 2013) y ya no se encuentra sólo en bares, sino en los hogares y en los bolsillos de millones de personas.

¹ Desarrollado en una computadora analógica y mostrada con un osciloscopio.

² Baer en Wolf (2001)

La generalización de plataformas digitales móviles como *tablets* y teléfonos inteligentes a partir del 2010 ha hecho que el número de videojugadores crezca exponencialmente. Ahora, en las tiendas virtuales para *smart phones*³, se ofrece una cantidad mucho mayor de videojuegos que la que había antes de la reciente masificación de los teléfonos inteligentes (ibíd.), y cualquier persona puede jugar gratis en su celular o en el explorador de su computadora, de manera que los ordenadores personales y consolas domésticas ya no son necesarias. Esta generalización del uso de los videojuegos ha generado un “cambio sísmico”⁴ en la industria del entretenimiento, transformándola en una industria cultural relevante. Además, este cambio posibilita que desarrolladores independientes puedan ofrecer sus juegos a un gran público, lo que ha llevado a un refloreamiento de los videojuegos desarrollados por estudios pequeños.

El perfil de los jugadores también ha cambiado, ya no son una minoría de niños o adolescentes que jugaban a finales de la década de 1970 sino hombres que promedian treinta y tres años y que han jugado durante los últimos doce años⁵. Aunque hay que resaltar que los jugadores no son exclusivamente varones; uno de los videojuegos más solicitados en la historia de la industria es *The Sims* (2000-2015), jugado principalmente por mujeres (Gee y Hayes, 2010).

Por otra parte, el impacto sociocultural de los videojuegos ha trascendido el acto mismo del juego y de sus textos secundarios⁶, los videojuegos han creado su propia identidad desde su masificación en los años setenta⁷ y se han convertido en un referente

³ Como la App Store de Android o a la App Store de Mac.

⁴ Newman (2013)

⁵ Tomado de Perron y Wolf (2009)

⁶ Caja, posters, anuncios promocionales y otros.

⁷ Con la introducción de las máquinas de *arcade* (*maquinatas*), y posteriormente las consolas de juego caseras.

cultural que genera sus propias tradiciones, por ejemplo, se ha encontrado que los juegos exitosos normalmente siguen convenciones del *gameplay*⁸, que responden a la tradición misma de los juegos⁹, es decir, dentro del diseño de los videojuegos se retoman elementos de otros anteriores, lo que los hace autorreferentes, y tal característica genera expectativas en los jugadores experimentados. Al mismo tiempo, han surgido manifestaciones culturales estéticas fuera de los videojuegos que están relacionadas con ellos, como el *pixelart* (Fig.1¹⁰)

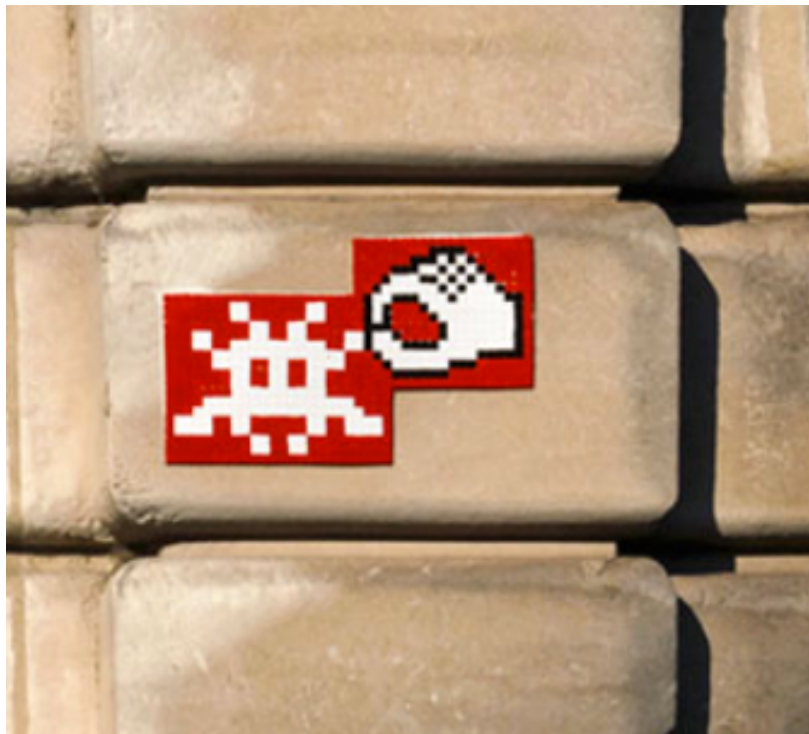


Fig. 1. Obra de *Pixelart* del artista urbano *Space-invader*

⁸ El proceso de jugar el juego, es decir, jugadores interactuando con el sistema o entre ellos (Fernandez-Vara, 2015).

⁹ Esto es discutido por Gee y Hayes (2010) en su libro *Women and Gaming*.

¹⁰ <http://www.space-invaders.com/world/paris/> 01/04/2016

o la *chip tune music*¹¹, que hacen referencia a los juegos digitales y a la identidad *gamer*¹² sin encontrarse ligados, necesariamente, con algún videojuego particular.

El aumento de la importancia económica de los videojuegos¹³, así como su relevancia cultural, nos llevan a pensar que llegaron para quedarse y que su trascendencia será cada vez mayor. Los videojuegos se encuentran ligados a las computadoras digitales y éstas se hallan profundamente integradas a nuestra sociedad, a nuestras relaciones personales y a la forma en la que entendemos el mundo. Para Mäyrä (2006), el significado cultural de los juegos afecta estructuras generadoras de sentido que pueden ser adoptadas sobre individuos o grupos a nivel de prácticas, lenguaje o sensibilidad. Esto es claro si se parte sin prejuicios negativos¹⁴ hacia los videojuegos y si se comienza a entenderlos como objeto de estudio relevante, útil y necesario para la comunicación de la ciencia.

1.2 Game Studies

Los estudios académicos de los videojuegos (Game Studies [GS]) existen desde la década de 1970, pero fue hasta 1990 cuando los videojuegos comenzaron a ser analizados con mayor seriedad (Perron y Wolf, 2009, p. 2)¹⁵, y fue sólo hasta la primera década del siglo XXI cuando su estudio se institucionalizó y desarrolló de forma sistemática como un campo de investigación autónomo. Perron y Wolf dos investigadores del campo y editores en *The Video*

¹¹ Véanse obras del artista urbano *Space Invader*, el *pixel hair* o la música de proyectos como *Zabutom*, *Anamanaguchi* o *8 Bit Weapon*.

¹² Los *gamers* son las personas que juegan videojuegos regularmente, solemos asumirnos como tales.

¹³ Se reportaron ganancias mundiales para la industria durante el 2016 de 99,600 millones de dólares según la consultora Newzoo, en newzoo.com.

¹⁴ Entendiéndolos como una pérdida de tiempo o como un medio que *a priori* fomenta la violencia.

¹⁵ Investigadores del campo y autores de varias recopilaciones del tema.

Game Theory Reader 2 (2009) narran como en un primer momento, los videojuegos se estudiaban desde la teoría de otros campos y como en la siguiente etapa, comenzaron a desarrollar su propia teoría y lenguaje. En ese periodo, la mayoría de los investigadores buscaban definir *juego* por medio de encontrar sus “características esenciales”, a partir de lo cual fueron entendidos como “un nuevo medio, una nueva forma de arte y como una fuerza cultural popular”. Las investigaciones de este periodo mostraron “que es posible aplicar a los videojuegos los términos, ideas, conceptos y métodos preexistentes de forma útil e interesante” al mismo tiempo que señalaron la necesidad de nuevas herramientas teóricas para investigarlos” (ibíd., p. 4)

Los investigadores que establecieron el campo de los Game Studies se formaron en distintas disciplinas, pero se dieron cuenta de la necesidad de estudiar los videojuegos de manera conjunta, en un campo de conocimiento propio. Con tales motivaciones fundaron las revistas académicas *Game studies* (2001), la Asociación de Investigación de Juegos Digitales (DiGRA), en 2003¹⁶, y la revista *Games and Culture* (2006), lo que otorgó autonomía y legitimidad institucional al estudio académico de los videojuegos.

Hasta ahora en México el campo de estudio de los videojuegos está en gestación y no tiene autonomía, ya que las investigaciones ocurren de forma aislada desde distintas disciplinas como la filosofía, pedagogía, estudios culturales o comunicación¹⁷. A pesar de esto, desde la década de 1990, existen textos al respecto e investigadores interesados en el tema, el libro que suele citarse es: *Los videojuegos: un fenómeno de masas*, de Levis (1997).

¹⁶ Digital Games Research Association (2003)

¹⁷ La revista *Bit y Aparte* busca fundar el campo de game studies para los investigadores hispano hablantes, tiene poca difusión en México y entré en conocimiento de esta mientras me encontraba revisando el borrador final de la presente investigación por lo que no fue utilizada.

Desde entonces han sido publicados tesis, artículos e incluso libros acerca de videojuegos y éstos, aunque en general aislados, son cada vez más abundantes.

Por otra parte, en nuestro país, en el foro internacional del videojuego de la ciudad de México DevHr, realizado desde 2010, se presentaron, junto con talleres y pláticas para desarrolladores, algunas charlas que pueden clasificarse como de *Game studies*, pero permanecen como discusiones aisladas. En 2015 se llevó a cabo la primera semana de videojuegos de la ciudad de México (MXGW) donde se mostraron juegos nacionales, conciertos y diversas actividades, y donde se incluyó la quinta edición del foro DevHr, en el que tuve la oportunidad de participar como ponente¹⁸.

Por otra parte, la investigación académica en el campo cada vez se consolida más; mientras se escribía este trabajo (2015-2017) se presentó a *La Finisterra* un grupo de investigadores de videojuegos, anime, cómics, lucha libre y otros productos culturales, al mismo tiempo que se anunció una materia optativa de teoría de videojuegos en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM, donde se aborda el tema desde la comunicación.

El creciente interés académico y la formalización de este es de gran importancia para el desarrollo del campo en nuestro país y resulta positivo ver a cada vez más personas provenientes de de distintas formaciones e instituciones interesarse en el tema.

Los GS son, desde su origen, un campo multidisciplinario amplio y diverso, pero para mantener su integridad Mäyrä (2005, en Perron y Wolf, 2009) señala que se deben seguir “explorando diferencias y similitudes sin perder su núcleo”. Tal núcleo está relacionado con el

¹⁸ Con la ponencia *Juegos serios y ciencia ciudadana*.

uso de términos comunes y propios del campo, que estén integrados en un discurso sofisticado¹⁹ (científico), que se oponga al discurso dominante de la mercadotecnia.

1.3 Juegos y videojuegos

Antes de comenzar a explorar la relación entre comunicación de la ciencia y estudios de juegos es necesario adoptar una definición de videojuego (para esta investigación particular), y con tal objetivo realicé un recorrido panorámico del estudio académico de los juegos no digitales y videojuegos desde los GS.

Como mencioné antes, una de las primeras tareas que se dieron los investigadores de los juegos fue definir *videojuego*, lo cual no ha resultado tarea sencilla, dada la gran diversidad y heterogeneidad de juegos que existe y de las distintas aproximaciones que se utilizan para estudiarlos. En la tradición de los GS, los videojuegos son entendidos como un tipo particular de juego, una extensión de los juegos tradicionales no digitales, así que para entenderlos se ha planteado la meta de entender primero a los juegos, en un sentido amplio, y para ello se ha tomado como primer antecedente el libro *Homo ludens* (1938)²⁰, escrito por Huizinga, en Leiden. En dicha obra, Huizinga reconoce dos características generales de los juegos:

a) Son una actividad que compartimos con otros animales y que está determinada por nuestra biología: “todos los rasgos fundamentales del juego se hallan presentes en el de los animales”²¹

¹⁹ Clara Fernández-Vara (2015) se refiere con *discurso sofisticado* al uso de un lenguaje particular del campo, desarrollado para ser utilizado como herramienta de análisis y diseño, en oposición al *discurso de marketing*, que es el que domina los textos sobre videojuegos. Aclarando que “por ahora el grupo de estudiosos de los juegos [que utiliza un discurso sofisticado] es muy pequeño”.

²⁰ Traducido al español por Alianza Editorial 1972-2012.

²¹ Huizinga (2012), p. 13.

b) Existe una relación entre juegos y cultura en la que se reconoce a los primeros como parte y fundamento de la segunda, así se entiende a los juegos como una acción “llena de sentido”²², que cumple funciones sociales con diferentes significados y que son generadores de distintos aspectos culturales.

Tras reconocer la doble naturaleza de los juegos, Huizinga busca definirlos a partir de las distintas características que comparten:

1- Todo juego es una actividad voluntaria y libre: “El juego por mandato no es juego, [es más bien] una réplica, por encargo, de un juego”²³.

2- Los juegos dan la sensación de ocurrir fuera de la vida corriente, pues no tienen que ver con la “satisfacción de necesidades y deseos, y hasta interrumpe este proceso”²⁴, aunque sí pueden ser relevantes socialmente.

3- Todo juego ocurre en un momento y lugar determinados, es decir, ocurren dentro de límites espacio-temporales²⁵.

4- Los juegos ocurren dentro de un “círculo mágico”²⁶. Esta metáfora se refiere a que los juegos se desarrollan en un orden sometido a reglas tácitas y formales que crean una ilusión. Un *círculo mágico* que exige un orden absoluto, si se rompen las reglas y acaba el orden se acaba la *magia*.

5- Las relaciones sociales y vínculos formados en el juego se extienden más allá del acto del juego. Para los jugadores de un equipo “el sentimiento de hallarse juntos en una situación de excepción, de separarse de los demás, de sustraerse de las normas generales, mantiene su encanto más allá de la duración de cada juego”²⁷.

²² Huizinga (2012), p. 18.

²³ *Ibíd.*, 2012, p. 24.

²⁴ *Ibíd.*, 2012, p. 26.

²⁵ Huizinga, tomado de Salen y Zimmerman (2006, p. 75)

²⁶ La metáfora del *círculo mágico* es muy utilizada dentro de los *game studies* y el desarrollo de juegos. Huizinga menciona que esta ilusión de círculo mágico también se encuentra en las acciones sagradas que ocurren en los templos religiosos, con los estrados judiciales o con los escenarios de los teatros. En este sentido el *círculo mágico* “lleva al mundo imperfecto y a la vida confusa una perfección provisional y limitada”(ibíd. 2012, p.28)

²⁷ *Ibíd.*, 2012, p. 31.

De esta manera, Huizinga sentó las bases para el estudio académico de los juegos y, a pesar de que ha sido criticado, sigue siendo relevante y vigente en algunos de sus planteamientos.

Otro de los libros que suele citarse como antecedente de los GS es *Les jeux et les hommes* (1958), de Roger Caillois²⁸. Este autor parte de criticar los postulados de Huizinga al retomar, descartar y adaptar las características identificadas previamente. Al clasificar los juegos el autor reconoce dos tipos de juego en polos opuestos, entre los cuales hay una gradación continua: *paidia*, juegos improvisados y sin reglas explícitas y *ludus*, los juegos que implican reglas explícitas y un esfuerzo por parte de los jugadores. Además, distingue seis generalidades de los juegos:

1. Son *libres*, en el sentido de que no son obligatorios, si lo fueran perderían su atractivo.
2. Están *situados*, ocurren en límites espacio temporales particulares y definidos de antemano.
3. Son *inciertos*. El curso o resultado de los juegos no puede determinarse de antemano y depende en cierto grado de la iniciativa del jugador.
4. *No productivos*, refiriéndose a que no crean bienes, riqueza, ni nuevos elementos de ningún tipo. Sólo permiten el intercambio de bienes en los juegos de azar²⁹.
5. Son *gobernados por reglas*, dadas por convenciones que suspenden las leyes ordinarias y establecen momentáneamente una nueva legislación independiente.
6. *Hacen creer*³⁰ en una segunda realidad o en una no realidad³¹, en oposición a la vida real.

Como se puede apreciar, los postulados son muy similares a los de Huizinga, aunque Callois agrega el papel de la incertidumbre en el juego (inciso 3) y señala que los juegos sí pueden perseguir deseos o intereses materiales (los juegos de apuestas), pero aclara que no son una actividad productiva (inciso 4).

²⁸ Traducido al inglés como *Man, Play and Games*, en 1961.

²⁹ Indirectamente y como consecuencia de estos.

³⁰ *Make-belive*

³¹ *Unreality*

Tras la publicación de estos dos libros, diferentes autores han escrito respecto al tema; un texto donde se logra conjuntar la diversidad de posturas es *Rules of Play*, de Salen y Zimmerman (2004), en el que los autores, miembros del campo de los GS, parten de revisar diferentes definiciones de juego, incluyendo la de Huizinga y Callois, para elaborar la propia. De esa forma proponen entenderlos como: “un sistema en el que los jugadores se involucran en un conflicto artificial, definido por reglas, que da como resultado una respuesta cuantificable”(ibíd.,p. 80). Más adelante, los autores aclaran que el juego es el resultado de una expresión del sistema, que “emerge de las relaciones que guían el funcionamiento del sistema, ocurriendo en los espacios intersticiales entre y junto sus componentes”(ibíd., p. 304).

De manera similar, Jesper Juul (2005) analizó definiciones anteriores (incluyendo la de Salen y Zimmerman) y desarrolló un modelo general, que parte de las distintas características que han estado presentes en los juegos. A este modelo le llamó “modelo de juegos clásico”³² y distingue seis características de los juegos que se relacionan con tres categorías: El juego como sistema, el jugador y su relación con el juego, y el juego y su relación con el resto del mundo. Las características que distingue el modelo son:

- 1. Reglas:** Los juegos están basados en reglas y éstas se relacionan con el sistema formal del juego.
- 2. Producen resultados variables y cuantificables:** Los juegos tienen resultados de distintos órdenes y magnitudes que se dan según las características del sistema del juego.
- 3. Valorización de la respuesta:** Las respuestas del juego pueden ser positivas y/o negativas con relación a la meta, de acuerdo a la relación entre el jugador y el juego.

³² *Classic Game Model.*

4. Esfuerzo del jugador: El jugador ejerce un esfuerzo para poder influir en el resultado (los juegos son un reto), y éste se dará a partir de las características del sistema y de la relación del jugador con éste.

5. El jugador está involucrado emocionalmente con el resultado del sistema de juego: El jugador ganador será *feliz* (un resultado positivo), pero en el caso de perder el resultado es negativo y produce *frustración*.

6. Consecuencias negociables: Un mismo juego puede ser jugado con o sin consecuencias en la vida real (ejemplo de lo anterior es que el ajedrez puede jugarse por simple entretenimiento o apostando dinero). Esta característica ocurre a partir de la relación del juego con el contexto donde ocurre.

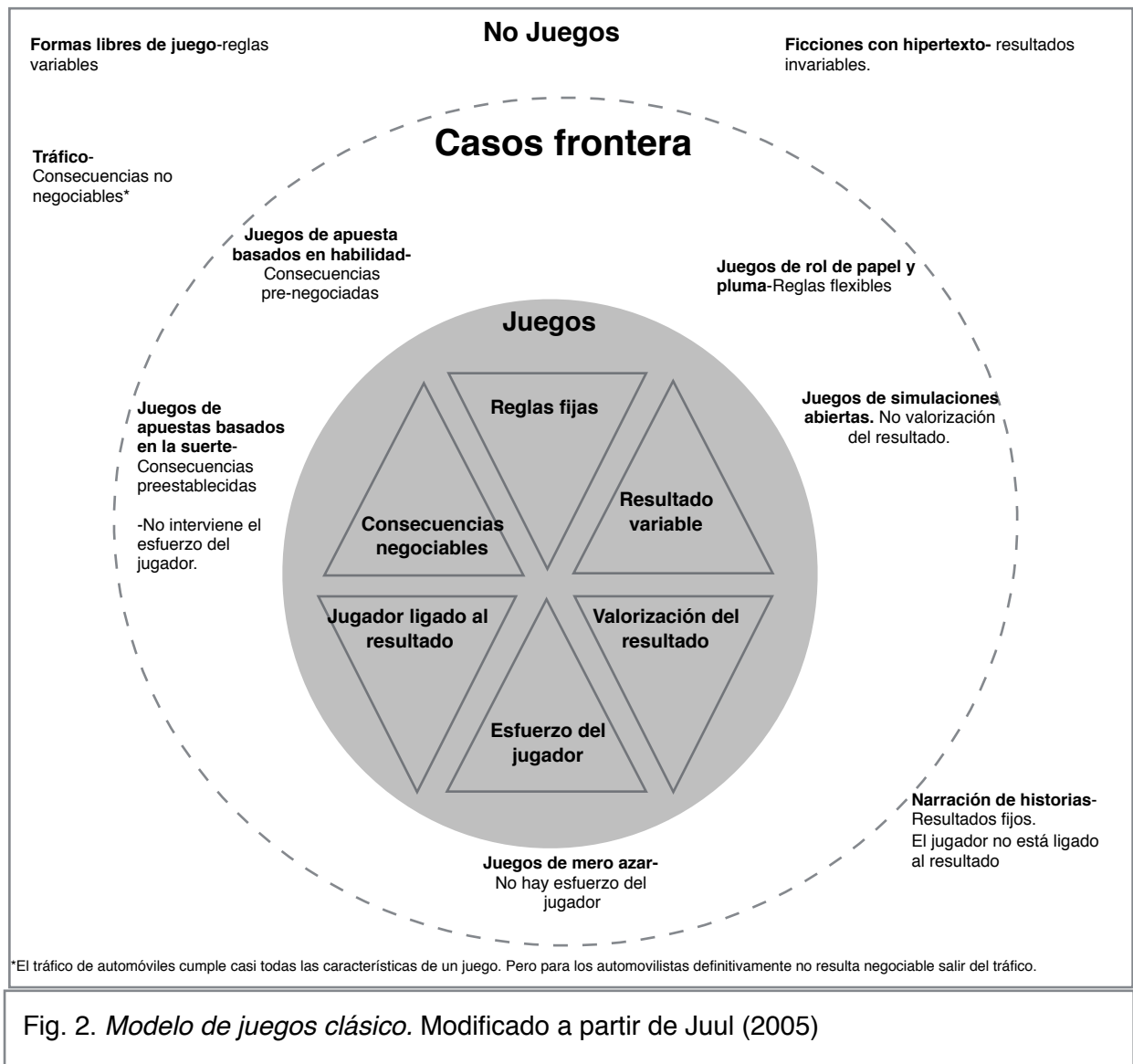
Juul hace notar que estas características, aunque son casi universales, no se encuentran en todos los juegos; existen casos excepcionales, a los que llama juegos frontera (*border-line*), por ejemplo: los juegos que ponen en riesgo la salud de los jugadores no tienen consecuencias negociables, los juegos simulación pueden no tener metas claras o cuantificables y en los juegos de azar el esfuerzo del jugador no influye el resultado (aunque el jugador sienta que sí lo hace).

Para ilustrar las características presentes, en su definición de juego y de los casos frontera en su modelo general, el autor desarrolló un esquema (Fig. 2)³³.

En el modelo de Juul los juegos son “transmediáticos”³⁴, ya que no se encuentran ligados a algún medio en particular o exclusivo. Esto significa que un mismo juego puede transitar de un medio a otro e, incluso, hay juegos que ocurren únicamente en la cabeza de los

³³ Fuente: *On borders of the classic game model*, p. 44

³⁴ Hace la analogía por similitud entre su propuesta para los juegos y la propuesta para la narrativa de Seymour Chatman (1978 en Juul, 2005). Para él la estructura narrativa era independiente del medio, ya que puede pasar de uno a otro. Un libro a una película y viceversa, sin embargo, Juul comenta que “no todo se traspasa igual [...] las novelas son buenas para crear voces internas y pensamientos, mientras que las películas son mejores transportando movimiento”.



jugadores, como el ajedrez a la ciega. Esto es posible porque el *soporte* de los juegos no es *material*, sino que se basa en *soportes inmateriales*. Cuando un juego transita de un medio a otro se mantienen las reglas que determinan “lo que se mueve y las acciones que se permiten, así como sus consecuencias”, sin embargo, las características de los juegos también cambian, dependiendo del medio donde se desarrollen con relación al cómputo y al estado del juego. A partir de esto y de su modelo general Juul identifica las características

particulares de los juegos, cuando ocurren en medios digitales y a partir de modificaciones en su modelo de juegos³⁵:

- 1- En los videojuegos, la computadora es la responsable de mantener el *estado de juego*³⁶ y de ejecutar las reglas (computo de datos³⁷), esto permite que tengan una gran flexibilidad al poder sostener un gran número de reglas y diferentes estados, liberando a los jugadores de esta carga y permitiendo juegos donde los jugadores no conozcan las reglas al iniciar el juego.
- 2- Resultado variable: Las computadoras pueden distinguir resultados imperceptibles a los humanos para determinar resultados finales o temporales.
- 3- Valorización del resultado: Las simulaciones de final abierto como *Sim City* cambian el modelo de juegos básico al remover las metas o, más específicamente, al *no* describir como mejores algunos de los posibles resultados.
- 4- Esfuerzo del jugador: La naturaleza no física de los videojuegos permite al jugador esforzarse de maneras imposibles en otro tipo de juegos. Por ejemplo, controlar múltiples unidades en juegos de estrategia en tiempo real en juegos como *Starcraft*.
- 5- El jugador está ligado emocionalmente al resultado: Incluso en los juegos simulaciones de final abierto donde no hay un resultado específico de triunfo o derrota, pero en estos casos la relación del jugador con el estado del juego se encuentra menos definida que en otro tipo de juegos.
- 6- Consecuencias negociables: Los juegos suelen tener límites espacio temporales, pero algunos videojuegos pueden extenderse más allá de los límites habituales y tener

³⁵ Juul, 2005: 53-54.

³⁶ La forma en la que el juego, como medio, da seguimiento al estado del sistema, ocurre en la memoria de la computadora. Algunos autores sugieren que estudiar estos sistemas como *artefactos* puede ser de gran utilidad para el análisis de los mismos: Hunicke y colaboradores (2001), Sotamaa (2014).

³⁷ La forma en la que el videojuego, como medio, mantiene y ejecuta las reglas decidiendo lo que pasa en respuesta al *input* del jugador.

consecuencias en el mundo real; Juul usa como ejemplo *Magestic*, donde son necesarias llamadas telefónicas reales.

De esta forma, los videojuegos pueden estudiarse desde el modelo de juegos clásico, tomando en cuenta sus características particulares. Juul entiende los videojuegos “como el último desarrollo en la historia de los juegos que se extiende por milenios” y que pueden estudiarse desde su modelo, pero también reconoce que tiene límites, por ejemplo, que éste casi no explica las variaciones entre juegos, ni explica por qué los juegos son disfrutables, además de que deja fuera de foco la relevancia del contexto en el acto del juego.

Esto hace que para Frasca (2007) las definiciones de juego anteriores de Salen-Zimmerman y la de Juul sean incompletas, porque se centran en los juegos como sistemas. Además, explica que a esas definiciones les hace falta prestar atención a la acción del jugador y a los “acuerdos sociales donde participan los agentes” que rodean el juego. Sin embargo, aclara que las definiciones de juego centradas en él como sistema pueden ser sumamente útiles para tratar cuestiones relacionadas al diseño, que es el caso de esta investigación, aunque la metodología que se utilizará también contempla los contextos y algunos aspectos de la relación entre el juego y el jugador.

Tras haber realizado este recorrido panorámico de distintos enfoques a los estudios de los juegos en esta tesis se adoptó la definición de Juul (2005), centrada en el juego como la actividad de un sistema:

Un sistema basado en reglas con un resultado variable y cuantificable, donde [a] diferentes resultados son asignados a diferentes valores [positivos o negativos], [en él] el jugador ejerce un esfuerzo para influir en el resultado y se siente emocionalmente ligado a éste, y donde las consecuencias de la actividad son negociables (Juul. *ibíd.*, p. 36).

Aun cuando la anterior es la definición que se usará en la investigación, no se olvidan las limitaciones señaladas por Frasca³⁸: que un juego no está completo si no hay un jugador que interactúe con él y que durante el juego se encuentre inmerso en una serie de acuerdos sociales dependientes del contexto.

Una vez decididas las particularidades de los juegos y adoptada una definición general se procederá a explorar la relación que existe entre comunicación de la ciencia y videojuegos³⁹.

1.4 Comunicación de la ciencia y videojuegos

En la sección anterior se hizo una revisión panorámica de los GS y se adoptó una definición de los juegos a partir de entenderlos como sistemas. En este apartado se explorará la relación que existe entre la comunicación de la ciencia y los videojuegos.

En la primera parte se explorarán algunas generalidades del campo de la comunicación de la ciencia y se hará una revisión de estudios de comunicación de la ciencia a través de videojuegos, mismos que servirán para ilustrar los dos grupos de juegos que comunican ciencia: los juegos de entretenimiento y los juegos serios⁴⁰ (*serious games*).

En la segunda parte exploraré las características de los juegos serios, así como la problemática que existe con los juegos serios que comunican ciencia. Lo anterior se hará a partir de la revisión de uno de los antecedentes inmediatos de este texto, en el que se analizó un juego que prometió comunicar evolución.

³⁸Frasca (2007) también critica que Juul use resultado variable y valorización del resultado como dos categorías independientes, argumentando que a todo lo variable se le puede asignar un valor. Yo me opongo a esta crítica porque no todo se puede valorizar de forma discreta, recordando a los números imaginarios.

³⁹ A partir de esta página se usarán indistintamente juego y videojuego, a menos que se haga explícito lo contrario.

⁴⁰ Entendidos como juegos que tienen un propósito que va más allá de entretener, ver sección 1.6.

La comunicación de la ciencia no es un campo homogéneo, pero lo entenderé como el campo de conocimiento en el que se estudia “un tipo particular de comunicación, enfocada a contenidos científicos, [...] que abarca la comunicación entre especialistas, la enseñanza y la divulgación, destinada al público lego” (Sánchez-Mora, 2010, p. 16). Las investigaciones que se dan dentro de este campo ocurren desde una multitud de aproximaciones: comprensión pública de la ciencia, alfabetización científica, popularización de la ciencia, entre otras, sin embargo, todas ellas comparten una serie de motivaciones. Para Burns y sus colaboradores (2003) tales motivaciones pueden ser de cinco tipos: lograr que el público tome conciencia de algún tema científico (*Awarenes* [A]), disfrutar de la ciencia (*Enjoyment* [E]), obtener información científica (*Information* [I]), construir, reforzar o cambiar de opinión respecto a algún tema científico (*Opinion* [O]) y comprender el contenido científico (*Understanding* [U]). Dentro de este modelo, al que llamaremos de las vocales, “la comunicación de la ciencia efectiva puede dar una o más de las respuestas AEIOU para cada uno de los participantes en el proceso, incluyen a estudiantes, miembros del público, industria, negocios o gobierno pero también los practicantes de la ciencia y mediadores” (Burns, 2003, p. 196).

Esta aproximación a la comunicación de la ciencia es contextualista, porque entiende a la comunicación de la ciencia como una relación simétrica porque “presenta a la comunicación como un flujo de dos sentidos entre la ciencia y el público” (ibíd., p. 190). Una relación de esa índole, donde la negociación de saberes ocurre en todos los sentidos, implica un público activo, con el cual pueda ocurrir una continua negociación en la creación de sentidos (*meaning making*)⁴¹. Además de que puede producir información útil para la ciencia y los científicos, como ocurre con la ciencia ciudadana. Desde este enfoque se entiende que

⁴¹ Aclaran que no resta valor al conocimiento científico, sino que “toma en cuenta que el significado personal de los hechos es influido por factores sociales, culturales y espacio-temporales particulares”.

la comunicación no sucede sólo a un nivel cognitivo, sino que también ocurre a nivel ético y político. Por otra parte, se opone a la aproximación de déficit, que suele ser la aproximación dominante, donde los científicos o comunicadores son los expertos en posesión de conocimiento y el público es ignorante y debe ser pasivo al recibir el mensaje.

La comunicación de la ciencia también estudia la forma en que sus contenidos se comunican a través de los diferentes medios, así como las diferentes respuestas que estos producen en el público. Desde éstas perspectivas podemos identificar algunas de las aproximaciones a los videojuegos, que ocurren de diferentes formas; por una parte, los videojuegos llevan tiempo utilizándose en ambientes de comunicación de la ciencia, aunque no existiera teoría al respecto, de tal forma que los videojuegos que comunican contenidos científicos se han utilizado en diferentes contextos: desde aulas (aprendizaje formal), hasta museos de ciencia (aprendizaje informal). Por otra parte, desde la investigación en la comunicación de la ciencia, donde los videojuegos apenas están siendo reclamados como un campo de investigación legítimo y en el que su enlace con los GS es algo nuevo. A lo largo de esta investigación mostraré aspectos relevantes de los videojuegos para la comunicación de la ciencia.

1.5 Videojuegos en la comunicación de la ciencia

Por ahora⁴² sólo existen dos artículos en la revista *Science Communication*⁴³ referentes a videojuegos, en éstos se tratan temas de naturaleza muy distinta; uno analiza la presentación y formación de opinión de la ciencia y los científicos en videojuegos comerciales (Dudo *et al*, 2014), mientras que el otro narra y comenta una competencia

⁴² Abril del 2015, a finales de ese año había ya tres, ver Curtis (2015).

⁴³ Ninguno en la revista *Public Understanding of Science* (04/2015)

(organizada por el museo *Welcome Trust*) para hacer videojuegos que comunicaran ciencia. A pesar de que son investigaciones muy distintas, ambas, en sus conclusiones, enfatizan el potencial que tienen los videojuegos para la comunicación de la ciencia, pues éstos representan un mundo nuevo de “tierra fértil para la investigación” (ibíd., p. 22) y ofrecen nuevas oportunidades para que la ciencia se comunique e involucre “con una comunidad más amplia, haciendo uso de las nuevas tecnologías de una manera creativa y entretenida” (Curtis, 2014a, p. 385).

Dudo y sus colaboradores investigaron cómo es que los videojuegos comerciales muestran a la tecnociencia y a los científicos, y cómo las caracterizaciones hechas impactan en la percepción positiva o negativa de los jugadores, relacionando así el aprendizaje informal de la ciencia y la formación de percepciones en los jugadores. Dicha investigación partió de extender⁴⁴ teorías aplicadas a otros medios de entretenimiento, como la televisión, que relacionan la presentación de temas científicos con la comprensión pública de la ciencia. Su investigación fue empírica y consistió en realizar encuestas virtuales⁴⁵ a jugadores de videojuegos comerciales, partiendo de la teoría social que relaciona la presentación positiva de la ciencia en medios de entretenimiento con percepciones favorables de la ciencia en “grupos de personas que comparten ciertos rasgos demográficos”(Dudo *et al*, 2014, p. 2), en este caso un grupo de jugadores.

De esta manera y tras un análisis estadístico, los autores encontraron que los videojuegos comerciales dan, en general, una imagen positiva de la tecnociencia y de los científicos, misma que repercute en cómo los jugadores perciben estos temas. La conclusión

⁴⁴ Aunque al extenderlas los autores de este artículo hacen explícito que están al tanto de las particularidades de este medio: la autonomía del usuario, la inmersión y la interacción.

⁴⁵ Por medio de la plataforma *Mturk* de Amazon. www.mturk.com

fue que “los videojuegos se están volviendo un punto de contacto clave entre la ciencia y los ciudadanos promedio”(ibid., p. 23).

Por su parte, el estudio de Vickie Curtis (2014a) es una narración y análisis de una iniciativa llamada *Gamify Your PhD*, desarrollada por el museo *Welcome Trust*, durante 2012. Los organizadores convocaron a estudiantes y recién egresados de ciencias biomédicas o humanidades médicas para presentar propuestas que trataran un tema de su área de investigación, transformado en una idea para un juego de computadora. Después seleccionaron seis propuestas finalistas y a cada una se le asignó una compañía desarrolladora de juegos para hacer equipo con los estudiantes. El evento tomó la forma de un *Hackfest*⁴⁶ competitivo, que se llevó a cabo en dos días. Al finalizar, cada equipo hizo una presentación de su juego en la que explicaron la ciencia subyacente. El juego ganador fue el que se consideró con mayor potencial para incorporar información científica en un juego entretenido, este fue un *shoot'em-up* (mátalos a tiros), llamado *Dysbiosis*⁴⁷, basado en la inmunología del intestino, en él se representa una lucha entre bacterias buenas y malas. El premio consistió en recibir fondos del *Welcome Trust* para llevar más lejos la idea ganadora y lanzar el juego públicamente.

La investigadora asistió al evento sólo como observadora, con el objetivo de apreciar cómo colaboraban científicos y desarrolladores, e identificar los problemas a los que se enfrentaron; de esta forma, encontró que los científicos se mantuvieron involucrados durante todo el proceso de desarrollo, la comunicación llevó a que el resto del equipo entendiera el contenido y a que los científicos se involucraran en los otros aspectos del proceso. El reto

⁴⁶ Evento en el que programadores y otros desarrolladores se reúnen para desarrollar software de forma colaborativa.

⁴⁷ El juego puede encontrarse en <http://www.kongregate.com/games/forcehabit/dysbiosis> (2016).

principal al que se enfrentaron los equipos fue integrar de manera exitosa la ciencia en un ambiente de juego adecuado. La autora subrayó que continuamente se buscó el balance entre hacer el juego entretenido y científicamente adecuado⁴⁸.

Curtis también ha analizado videojuegos que relacionan al público con los científicos, ya no en la revista *Science Communication*, dirigida a comunicadores de la ciencia, sino orientado a la comunidad de científicos, a través de la revista *Applied & Translational Genomics* (Curtis, 2014b). En su texto exploró una de las líneas que más se ajustan a la aproximación contextualista en la comunicación de la ciencia y que tiene un potencial que apenas está siendo revelado: los juegos de ciencia ciudadana en línea. En dicho artículo la investigadora buscó mostrar el potencial y la oportunidad que los juegos de ciencia ciudadana en línea representan para las ciencias biológicas, a partir de analizar videojuegos como *EteRNA*⁴⁹ o *Foldit*⁵⁰, estos juegos resultan sumamente relevantes para la comunicación de la ciencia, pero analizarlos excede los objetivos particulares de esta tesis.

La investigación de Dudo y sus colaboradores y los hallazgos de Curtis relacionan videojuegos y comunicación de la ciencia desde dos perspectivas distintas, pero en ambos casos se hace notar el potencial que tienen los juegos para la estudio de la comunicación de la ciencia. Una diferencia relevante es que los primeros analizan videojuegos comerciales⁵¹ y la segunda investiga un evento y juegos diseñados específicamente para comunicar ciencia. Los primeros tienen el propósito de producir algún beneficio comercial por medio de ser

⁴⁸ Esta inquietud ha sido extendida por los desarrolladores de proyectos de comunicación informal de la ciencia.

⁴⁹ <http://eterna.cmu.edu/web/> (2016)

⁵⁰ www.fold.it (2016)

⁵¹ *Commercial Of The-Shelf* (COTS) (Witton, 2014).

entretenidos o satisfacer al jugador⁵² y su diseño está orientado a ello⁵³, mientras que el diseño de los segundos se orienta a comunicar ciencia adecuadamente y a ser entretenidos al mismo tiempo. Estos últimos tienen un propósito que va mucho más allá de entretener, es por eso que los podemos considerar como juegos serios.

1.6 Juegos serios

Aunque no existen muchos trabajos referentes a comunicación de la ciencia en videojuegos y estos no están plenamente articulados, sí existen numerosas investigaciones alrededor de los juegos serios.

El término “juego serio” es una estructura sintáctica que forma un oxímoron, mismo que ha sido utilizado con diferentes significados al menos desde el renacimiento (Djaouit, *et al.* 2011). Sin embargo, el significado actual es de la década de 1970 y fue dado por Abt, quien desarrolló la categoría *serious game* para referirse a juegos donde “se tenga la libertad experimental y emocional del juego libre [junto con] la seriedad de pensamiento y de problemas que requiere” (Abt, 1970, p. 11), para él, los juegos serios se encuentran dirigidos principalmente a la educación aunque agrega que “el entrenamiento gubernamental e industrial, la planeación, la investigación, el análisis son campos ricos para el uso de los juegos serios” (ibíd, p. 10).

De forma reciente, este tipo de juegos han sido definidos con la misma motivación como aquellos juegos que “buscan cumplir un propósito más allá del propósito autocontenido de los juegos [entretenimiento]” (Mitgutsch y Alvarado, 2012, p. 121). El propósito puede ser

⁵² Son herederos de la tradición de *Pong*.

⁵³ Los desarrolladores no tienen ningún compromiso para comunicar adecuadamente los contenidos científicos.

el de “transmitir ideas, valores y algunas veces persuadir a los jugadores” (Frasca, 2007, p. 27).

Sin embargo, he encontrado dos problemáticas relacionadas con tal definición: la primera es que en cierto grado todo juego es serio, ya que todos los juegos, al ser productos culturales, tienen propósitos más allá de entretener, y estos pueden ser desde una carga ideológica dada por los desarrolladores al elegir los elementos del juego, como estética o elementos narrativos, hasta la relacionada con los contextos donde ocurre el *gameplay* y con los propósitos de cada jugador. De esta manera, todo juego y acto de juego tendrá, en cierto grado, uno o varios propósitos implícitos o explícitos más allá de entretener. La segunda problemática consiste en atribuir el propósito del juego a jugadores o a desarrolladores, porque mientras los primeros son los que completan el sistema del juego, los segundos lo diseñaron y constriñen la experiencia.

Discutir esas problemáticas supera la intención de esta tesis, por lo que intentaré eludirlas, adoptando una definición de juego serio meramente instrumentalista. Por lo tanto, en este trabajo se va a considerar la seriedad de los juegos únicamente a partir de los propósitos explícitos de sus desarrolladores, por lo que la calidad de éstos, como acotaron Mitgutsch y Alvarado (2012), se puede evaluar desde su diseño y su propósito, analizando la coherencia y cohesión del sistema del juego.

Aunque el estudio de los juegos serios tiene más de cuatro décadas de existencia⁵⁴, ha ido adquiriendo nuevas características y nuevo atractivo desde la masificación de los videojuegos y el crecimiento de la industria. De esta forma, en la actualidad, los videojuegos serios tienen distintos propósitos, por ejemplo: de capacitación o reclutamiento militar

⁵⁴ El libro *Serious Games* de C. Abt es de 1970.

(*America's Army*⁵⁵), para comunicar dinámicas económicas (*McDonalls Video Game*⁵⁶), generar un impacto social (*ICED*⁵⁷), anunciar algún producto⁵⁸ (*Secret Tournament*⁵⁹), educar o ser formativos en las escuelas⁶⁰ y, algunos (como los que analizó Curtis) fueron desarrollados para comunicar ciencia en ambientes de aprendizaje informal. Juegos como estos últimos son los que interesan en el presente trabajo.

Investigaciones respecto a juegos serios se han dado en torno de videojuegos para la educación y juegos con impacto social.

Desde el campo de la educación existe una tradición respecto a la importancia de los juegos para el aprendizaje; Piaget le atribuyó distintos tipos de juego a las distintas etapas de desarrollo de los niños (Pineda, 2013), Montessori y Vygotsky también señalaron la importancia del juego en el aprendizaje (Farber, 2015). Por otra parte, respecto a videojuegos en particular, se ha encontrado que suelen ser desarrollados a partir de la perspectiva conductista, aunque también se ha identificado que los videojuegos simulación resultan “óptimos para la aproximación constructivista [porque permiten a los jugadores] interactuar con los objetos del videojuego, donde se aprende de las propiedades de éstos, sus conexiones y sus aplicaciones” (Rieber, 1996 en Egenfeldt-Nielsen *et al*, 2008, p. 237).

⁵⁵ <http://www.americasarmy.com/> (2016)

⁵⁶ <http://www.mcvideogame.com/> (2016)

⁵⁷ <http://www.icedgame.com/> (2016)

⁵⁸ Juegos de *advergaming*.

⁵⁹ Desarrollado por Nike para el mundial de futbol 2012, en Egenfeldt-Nielsen *et al* (2008).

⁶⁰ *Eduainment* es un término que se usa para hacer referencia a los juegos educativos, suelen desarrollarse de manera articulada a los temarios de la educación formal. Existen muchos ejemplos de estos, por ejemplo, los juegos que se pueden encontrar en: <http://www.education.com/games/educational/> o <http://www.learninggamesforkids.com/>

Otros investigadores que también estudian videojuegos con relación al aprendizaje⁶¹ han desarrollado una aproximación sociocultural (de corte constructivista) a los juegos: “herramientas para construir experiencias de aprendizaje viable [que pueden] mediar entre discusión, reflexión y análisis” (Egenfeldt-Nielsen *et al*, 2008, p. 238)

A pesar de la investigación que existe, autores de recopilaciones recientes del tema reconocen que hacen falta trabajos concluyentes y articulados acerca de la educación en videojuegos (Egenfeldt-Nielsen *et al*, 2008, Pineda, 2013 y Whitton, 2014).

Por otra parte, Flanagan (2009) discutió juegos serios de impacto social⁶², señalando, en primer lugar, que los juegos serios se encuentran entre los más difíciles de diseñar, ya que deben “mantener todos los elementos que hacen a un juego disfrutable mientras comunican efectivamente su mensaje”(p.249) y, en segundo lugar, apuntando a que “los juegos [serios] son marcos que los diseñadores pueden usar para modelar la complejidad de los problemas que enfrenta el mundo y hacer que sean más fáciles de comprender por parte de los jugadores”(p. 249). De esa manera podríamos suponer que ocurre algo similar con los temas complejos de la ciencia que pueden ser difíciles de comprender para el público no científico.

Los diferentes investigadores de los juegos serios están conscientes de que estos deben de evitar ser “brócolis cubiertos con chocolate”, es decir, deben evitar ser juegos con información directa adornada con motivaciones externas, medallas y elementos huecos de *jueguificación*⁶³. En la década de 1980, Malone y Lapper⁶⁴ definieron una serie de elementos

⁶¹ Como James Paul Gee.

⁶² *Social impact games* o *games for change*.

⁶³ *Gamification/Gamificación*. Estos términos se utilizan para nombrar a la implementación de mecánicas de juego a sistemas de diversos cortes que no son juegos con la meta de mejorar sus resultados.

⁶⁴ En Egenfeldt-Nielsen *et al*, (2008)

que son necesarios para que un juego serio genere motivación intrínseca en sus jugadores, estos son: la fantasía, el control o dominio del juego, el reto que represente y que alimente la curiosidad de los jugadores. A pesar de que estos principios pueden ser útiles Egenfeldt-Nielsen y colaboradores (2008) señalan también que esta aproximación no dice cómo llevar los principios a la práctica, además de que deja de lado cuestiones relacionadas con la motivación que surge a partir de la interacción social.

La distinción principal que existe entre la diversidad de tipos de juegos serios es el propósito que hay detrás de su desarrollo. Mientras los juegos de entretenimiento autocontienen su objetivo hacia los jugadores y suelen tener como propósito final generar ganancias económicas para sus desarrolladores, los juegos serios, además de buscar ser entretenidos, tienen otro propósito que va más allá y que puede incluir o no el de generar ganancias económicas directas a partir de la comercialización del juego, aunque esto no significa que no existan intereses y motivaciones por parte de los desarrolladores. Además, cada vez se desarrollan más juegos comerciales y serios a la vez. Un ejemplo paradigmático de esto es la serie de juegos *Rocksmith*, desarrollados por Ubisoft, que tienen como propósito ser entretenidos y enseñar a tocar la guitarra (efecto que logran estos sistemas de juego al extenderse a una guitarra eléctrica real por medio de un cable especial que conecta la guitarra a la consola, convirtiendo al instrumento en el control del juego⁶⁵). Sin embargo, juegos como éste, al menos por ahora, son pocos.

A pesar de que podemos esperar que cada vez se desarrollen más juegos serios comerciales por el crecimiento constante de la industria, éstos pueden llegar a ser problemáticos, particularmente cuando se requiere cierto grado de precisión en el contenido

⁶⁵ Además de por una combinación de las *tablaturas* clásicas, mecánicas similares a las de *Guitar Hero*, junto con videos tutoriales, minijuegos y música de rock.

a comunicar, como cuando se busca comunicar ciencia, ya que en ese caso particular es necesario un cierto grado de coherencia con la tradición científica fuente. ¿Qué pasa cuando un juego comercial presume seriedad para comunicar contenidos científicos adecuadamente y no la tiene?

Esto ocurrió con un videojuego comercial, cuyo caso nos acerca más al tema de esta investigación. Es un juego de evolución biológica, que a pesar de que se promocionó como un juego con solidez científica, al salir al mercado decepcionó a más de un aficionado a la ciencia: *Spore*.

Will Wright es el creador *Spore* y de juegos muy exitosos como las series de *Sim City* y *The Sims*, juegos simulación que marcaron tendencia al incluir en el juego partes donde el participante diseña a los personajes o al *gameworld* (Gee y Hayes, 2010). En 2008, un año antes del cumpleaños 200 de Charles Darwin, Wright hizo un anuncio que emocionó a la comunidad de jugadores: haría un juego sobre evolución y eso no era todo, “lo haría con solidez científica desde el nivel molecular” (Bohannon, 2008). Este juego fue llamado *Spore*.

1.7 El caso de Spore

Acerca de *Spore*⁶⁶ ya se ha escrito, e incluso es referido por algunos investigadores del campo de juegos y educación como un juego que “simula la evolución de una criatura en un universo fantástico [que] habría asombrado a Darwin”⁶⁷, cuando en realidad, me atrevo a suponer que de haberlo asombrado lo hubiese hecho sólo por la novedad tecnológica y no porque el contenido se ajustara a sus ideas, lo que será claro para quienes conozcan de biología evolutiva y experimenten dicho juego.

⁶⁶ Electronic Arts (2008)

⁶⁷ Lacasa, 2011, p. 135

No es mi intención hacer un análisis formal de *Spore*, pero sí lo es utilizarlo para problematizar. En el artículo *Flunking Spore*, editado por la revista *Science*, en 2008, Bohannon narró una investigación que hizo junto con un grupo de científicos alrededor de *Spore*, evaluando su contenido evolutivo con relación a las expectativas que generó. Además de que su mercadotecnia lo presentara como un juego con tema de evolución, también lo promocionó como un juego sólido científicamente. Incluso narra cómo en una parte de su campaña publicitaria, el juego se presentó en un programa del canal televisivo de National Geographic, donde aparecían científicos dando su opinión respecto a *Spore*. Sin embargo, estos científicos pensaban que estaban siendo entrevistados para un documental de evolución del desarrollo y no para uno de un videojuego, lo que llevó a que algunos, como el paleontólogo Neil Shubin⁶⁸, se mostraran inconformes (ibíd.).

Más allá del marketing inadecuado, el juego resultó ser decepcionante, porque falla en la parte relacionada con la biología y evolución biológica. Según Bohannon falla al dejar “la ciencia de lado o al presentarla inadecuadamente” y también porque sostiene que no tiene “nada que ver con evolución”. El autor llega a estas conclusiones tras escuchar a un grupo de científicos expertos que jugaron y comentaron el juego.

Spore es un juego compuesto de cinco etapas seriadas, donde cada una corresponde a un estado de desarrollo evolutivo: fase celular, fase de criatura, fase tribal, fase de civilización y fase espacial, lo que evidencia una de las fallas principales: que el juego contiene una estructura secuencial teleológica y antropocéntrica.

⁶⁸ Descubridor del *Tiktaalik*.

Las dos primeras fases son las que tratan la evolución biológica⁶⁹. La etapa celular consiste en que el personaje del jugador es un organismo unicelular en un medio acuático, el personaje tiene flagelos y ojos, debe sobrevivir evadiendo depredadores más grandes y alimentándose de seres más pequeños, al hacerlo crece y puede alimentarse de los organismos que antes eran sus depredadores. Cuando el organismo virtual se alimenta recupera salud y gana puntos de DNA, que al alcanzar cierto nivel pueden ser usados para entrar en otro escenario, uno de diseño, en el que se pueden mejorar partes de su cuerpo (cambiar el color o agregar o quitar estructuras completamente nuevas, como picos u ojos). Una vez que se junta una cierta cantidad de puntos de DNA se puede pasar al siguiente estado tras presionar el botón *evol/ve*. Al hacerlo se pasa al estado de criatura, pero antes el jugador debe agregar extremidades, al organismo tal como en *The Sims* se agregan ventanas a una casa. En la fase de criatura te encuentras en un mundo abierto en tres dimensiones donde hay otras criaturas a las que puedes atacar o de las que puedes volverte amigo, en esta fase tu personaje debe reproducirse sexualmente, y para esto también se deben acumular puntos de DNA, acercarte al nido y presionar el botón *mate*, después, automáticamente se acerca otro organismo, aparentemente de la misma especie, y aparece un solo huevo que te lleva a la pantalla de diseño donde se te permite modificar tu criatura de forma similar a como ocurría en la fase de célula.

En ambas fases existen las mecánicas de diseño, sin embargo, el diseño activo de un agente con intencionalidad en la evolución de los organismos virtuales se asemeja más a ideas pseudocientíficas como el diseño inteligente, que a la tradición científica evolutiva. Esto se debe a que el propósito de los desarrolladores no era apegarse a la ciencia, aunque eso

⁶⁹ Para motivos de este texto sólo me referiré a estas fases, en la investigación de Bohanon fueron T. Ryan Gregory y Niles Eldredge, dos biólogos evolutivos encargados de jugarlas.

prometió su marketing. *Spore* no cumple con las expectativas que generó, debido a que adolece de seriedad desde el diseño y, como veremos más adelante, no es coherente con los supuestos de la tradición de la biología evolutiva.

Para Mitgutsch y Alvarado (2012), los juegos serios deben estudiarse desde su propósito y relacionar éste a su diseño. Desde esa perspectiva *Spore* no es un juego de evolución, sino un juego de diseño que permite crear objetos y criaturas nuevas, cuestión que crea un conflicto, una disonancia, entre su propósito (la evolución) y sus mecánicas.

Aunque el propósito de los desarrolladores de *Spore* sí hubiera sido hacer un juego serio de evolución hubieran fallado por una mala planeación en su diseño y el juego seguiría siendo incompatible e incoherente con el conocimiento científico del tema. La coherencia es necesaria para que un juego pueda considerarse serio, al menos al comunicar ciencia, y *Spore* no cumple con esto. De aquí se desprende la interrogante ¿qué tanta coherencia es necesaria para que un juego sea serio al comunicar ciencia?, ¿no bastaba con lograr que se tome conciencia del tema (*Awareness*) para hablar de una comunicación de la ciencia exitosa?

En principio, un videojuego que presuma comunicar ciencia seriamente y falle por no ser coherente con su fuente científica, no será necesariamente negativo, a fin de cuentas, llegar a satisfacer alguna de las motivaciones del modelo de las vocales de comunicación de la ciencia ya es importante⁷⁰. Sin embargo, en temas científicos que resultan ser complicados por ser contraintuitivos⁷¹ o controversiales socialmente⁷², puede resultar contraproducente presentar un juego disonante con su tema. *Spore* presenta la evolución a partir de mecánicas

⁷⁰ Burns *et al*, 2003.

⁷¹ Como la mecánica cuántica

⁷² Como con el uso de jarabe de maíz de alta fructuosa (Heiss, 2011).

similares al diseño inteligente y omite los consensos científicos, lo que puede ser perjudicial para la comprensión pública de la ciencia en contextos particulares como el estadounidense.

A lo largo del capítulo he definido las características particulares de los juegos y de los videojuegos, también me he referido al éxito y al potencial que estos tienen en la cultura, en la industria del entretenimiento y en la comunicación de la ciencia, aclarando que tal potencial apenas está siendo explorado.

La comunicación de la ciencia en videojuegos debe estudiar juegos de entretenimiento que incorporan temas científicos o juegos que han sido desarrollados con el propósito de hacerlo seriamente. Aunque existen algunos trabajos que analizan juegos de ciencia sólo hay, a mi saber, análisis de evolución en juegos de entretenimiento y se ha dejado de lado el análisis de los videojuegos serios que comunican evolución. Sobre estos últimos la pregunta de cómo logran su objetivo es la que guía esta investigación.

2. Objetivo

Existen juegos que no pretenden generar ganancias económicas directas, pero que sí persiguen seriedad para comunicar evolución. ¿Quiénes los desarrollan?, ¿qué elementos del sistema utilizan?, ¿cómo los relacionan?, ¿cómo son coherentes con su propósito? y ¿cómo sortean las dificultades para comunicar un tema científico complicado como la evolución? son preguntas que contestaré a lo largo de esta tesis.

De esta forma, el objetivo general de esta investigación es dar luz acerca de cómo los videojuegos serios comunican evolución biológica.

Para cumplir tal objetivo se hará un análisis de cuatro juegos serios desarrollados con el propósito de comunicar evolución. Como marco para el análisis se tomará el modelo del *núcleo duro del darwinismo* junto con una metodología de análisis holístico de videojuegos, adaptada a juegos serios que se presentarán en los capítulos siguientes.

3. Marco teórico

La evolución es un tema central para la comprensión de las ciencias biológicas, sin embargo, por sus características suele ser mal entendida y resulta difícil de comunicar (por razones que se presentarán más adelante). En este capítulo presentaré generalidades de la evolución, el modelo que elegí como punto de referencia para analizar los juegos y algunas dificultades que se han identificado al comunicarla.

3.1. Evolución

El término *evolución* es previo a la teoría evolutiva y, en su sentido amplio, significa cambio, sin embargo, suele usarse para cambios en un sentido positivo. Desde la Inglaterra victoriana, Herbert Spencer hablaba de evolución como un principio universal de progreso, una fuerza intrínseca *inescrutable* (Ruiz y Ayala, 2008). Por otro lado, en medicina, cuando se habla de que evolucionan los enfermos⁷³, la evolución puede ser negativa y su salud empeorar; en este caso el uso del término se asemeja más a su uso en biología.

3.2 Evolución biológica

Antes de que Charles R. Darwin naciera, naturalistas como Lamarck o Erasmus Darwin⁷⁴ ya hablaban del cambio de las especies a lo largo del tiempo; ellos y otros naturalistas se habían dado cuenta de este fenómeno al que llamaron *transmutación* de las especies (Pigliucci y Müller, 2010; Ruse, 2012). Charles R. Darwin y Alfred R. Wallace explicaron por primera vez este proceso a partir de causas naturales, y en 1858 presentaron

⁷³Ruiz (2013). *Darwinismo, su significado, su impacto*, Grandes maestros. Puede escucharse en <http://descargacultura.unam.mx/app1?sharedItem=1844596> (2016)

⁷⁴ El abuelo de Charles

sus ideas en conjunto ante la Sociedad Linneana de Londres. En el texto que se leyó explicaron cómo, de forma independiente, lograron encontrar las causas naturales por las cuales evolucionan las especies, comenzando así el pensamiento evolutivo moderno (Pigliucci y Müller, 2010; Ruse, 2012).

Un año después de que se presentara su texto, Charles Darwin expandió sus ideas evolutivas en su libro más importante: *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. En este libro explicó como todos los seres vivos tenemos un ancestro común del cual evolucionamos y en él también expuso el principal mecanismo por el cual ocurre la evolución, al que llamó *selección natural* (Pigliucci y Müller, 2010). A partir de entonces la teoría evolutiva ha experimentado cambios y se ha fortalecido al mismo tiempo que se incrementa la evidencia que la soporta, sin cambiar su núcleo.

3.3 El núcleo duro del darwinismo

En el ensayo *El núcleo duro del darwinismo*, Rosaura Ruiz y Francisco J. Ayala (2008) hacen una reconstrucción histórico epistemológica del programa de investigación darwiniano; para ello parten del modelo de los programas de investigación científica de Lakatos⁷⁵; un núcleo formado por conjuntos de supuestos interrelacionados que no cambian con el tiempo mientras el programa exista (heurística negativa). El núcleo se encuentra rodeado por un *cinturón* de teorías cambiantes (heurística positiva), que dirigen el programa de investigación.

Para Ruiz y Ayala (ibíd.), en el darwinismo la selección natural forma parte de este núcleo junto con otros supuestos clave como la perspectiva poblacional, la variación o la

⁷⁵ Larry Laudan filósofo de la ciencia desarrolló posteriormente un modelo similar al de Lakatos refiriéndose a tradiciones de investigación científica.

lucha por la existencia. La variación era entendida antes de Darwin por otros evolucionistas, entre ellos Lamarck, como siempre adaptativa, es decir, se pensaba que la descendencia de un organismo siempre iba a tener características que lo ayudaran a sobrevivir, que la variación siempre resultaría positiva y dirigiría la evolución. Sin embargo, en el programa evolutivo darwiniano, las variaciones ocurren al azar y las características particulares que todos los seres vivos tenemos pueden ser beneficiosas o perjudiciales, dependiendo del ambiente en el que se encuentren; de manera que una misma variación puede “resultar favorable en un ambiente, perjudicial en otro e incluso ser neutra en un tercero”⁷⁶.

Ruiz y Ayala (ibíd.) señalan que tras la lectura del *Ensayo sobre los principios de la población*, de Malthus, Charles Darwin adoptó las nociones de competencia intraespecífica y una perspectiva poblacional. Esto significó que Darwin entendió que la competencia más intensa por recursos ocurre entre los seres vivos de una misma especie y, en particular, dentro de los individuos de una misma población, ya que éstos comparten los mismos requerimientos de alimento, espacio y de parejas reproductivas. Por lo anterior, adoptó el término de *Lucha por la existencia* para referirse a que los organismos de una población tienen que *luchar* entre ellos cuando su población es demasiado numerosa en relación con los recursos que consume, de manera que Darwin propuso que los más fuertes triunfarán en esta lucha, sobrevivirán y se reproducirán, heredando sus características a su descendencia. Tal propuesta implica otorgar un carácter relativo a las adaptaciones, donde los individuos están más adaptados sólo con respecto a los otros miembros de la población. A partir de estos razonamientos se concluye que no es el ambiente el que produce las variaciones sino que éste es la fuerza que presiona y selecciona cuáles de estas variaciones azarosas se

⁷⁶ Ibíd., p. 463

conservan y cuáles se eliminan, de tal forma que cualquier característica particular, resultado de la variación que sea adaptativa en la lucha por la existencia, se seleccionará y conservará.

De esta manera, Darwin explicó los diseños adaptativos de los organismos por la combinación de variación y selección natural, siendo ésta el resultado de la lucha por la existencia. A partir de lo anterior, Ruiz y Ayala (ibíd.) reconstruyen el argumento central de la teoría, que he reacomodado de la siguiente manera:

- a) Todas las especies se reproducen en mayor proporción de la que es posible que sobreviva en un territorio.
- b) Tal sobreproducción provoca la lucha por la existencia.
- c) En la lucha por la existencia los organismos portadores de alguna variación que mejore sus posibilidades de aprovechamiento de su nicho ecológico tendrán un mayor número de descendientes.
- d) De manera que los descendientes modificados [que sobrevivan y se reproduzcan] orientarán la transformación de la especie en ese nuevo sentido.

Así la tradición darwiniana muestra cómo en este proceso, a través de iteraciones generacionales, las variaciones favorables se conservan y las perjudiciales se eliminan, lo que explica el carácter adaptativo de los organismos. Respecto a lo anterior, los autores del ensayo señalan dos cuestiones: la primera es que las variaciones bruscas suelen causar desorganización e impedir la supervivencia, por lo que el diseño de los seres vivos es el resultado de cambios graduales que se acumulan por la selección natural a lo largo de generaciones. La segunda es que señalan que la multiplicación de las especies

(diversificación evolutiva) no está directamente promovida por la selección, aunque puede ser el coproducto de ésta.

Por lo tanto, el núcleo del darwinismo se mantiene desde los tiempos de Darwin y Wallace, pero las teorías que lo rodean (la heurística positiva) han cambiado; la selección natural darwiniana no explica ni los mecanismos hereditarios ni el origen de la variación (Jablonka y Lamb, 2005), lo que llevó a que surgieran diversas explicaciones al respecto. Fue hasta la década de 1940 cuando se integraron a la teoría nuevos descubrimientos, incluyendo la genética, que ayudó a generar una versión más completa de la teoría, a la que se llamó *síntesis moderna* de la evolución⁷⁷. En ella se consideraba la información genética como el único mecanismo hereditario en la selección natural. A pesar de los avances que representa, en la síntesis se dejaron fuera algunos descubrimientos como la rápida especiación simpátrica en plantas (Pigliucci y Müller, 2010).

Tras la síntesis se ha ido acumulando cada vez más evidencia empírica, lo que ha llevado a que las teorías que rodean el núcleo se sigan modificando en un proceso de cambio no monolítico que continúa hasta nuestros días. Debido a la cantidad de nuevos descubrimientos, en 2010, Pigliucci y Müller se propusieron coordinar una nueva síntesis evolutiva, una *síntesis extendida*, donde se incorporaran evidencias no contempladas en la *síntesis moderna* (EvoDevo, especiación simpátrica, evolución ecológica, o herencia epigenética).

Por otra parte, existen discusiones en la filosofía de la biología referentes a los niveles (jerarquías) donde ocurre la selección natural (Gould, 2004) y cada vez es más aceptado que la información genética no es el único mecanismo de herencia (Jablonka y Lamb, 2005;

⁷⁷ En ésta se integró la genética de poblaciones a las ideas evolutivas, dándoles un soporte más sólido. Participaron biólogos como Fisher, Haldane, Wright o Dobzhansky (Pigliucci y Müller, 2010).

Pigliucci y Müller, 2010), pero, al mismo tiempo, existe consenso prácticamente general entre los científicos respecto a que la selección natural ocurre y que es una fuerza evolutiva relevante (aunque no la única), lo que mantiene el núcleo de la tradición. En palabras del filósofo de la biología Dupré (2003), la selección natural “sigue siendo la teoría más poderosa [...] que ofrece una explicación de la adaptación de los organismos a su entorno” (p. 37). Es por esto que dentro de la comunicación de la ciencia la selección natural, junto con sus supuestos interrelacionados, que pueden ser entendidos desde el modelo del núcleo, tiene un papel central en la comunicación de la evolución.

3.4 Dificultades en la comunicación de la evolución

Se han identificado dificultades particulares respecto a la comunicación de la evolución por selección natural. Una primera dificultad es que el término evolución, por su uso en el lenguaje común, suele ligarse a progreso, una segunda se encuentra en los términos que Charles Darwin utilizó para referirse al proceso de *selección natural*. Tal problemática ya era identificada desde que Darwin propuso el término, incluso A.R. Wallace trató de disuadirlo de usar el término *selección*: “Wallace [...] sostenía que al hablar de selección parecía hacerse referencia a un seleccionador y afirmaba que se personificaba el proceso” (Ruiz y Rodríguez, 2009, p. 24), a lo que Darwin hizo caso omiso, aunque aclaró en el *Origen* que “en el sentido literal de la palabra, selección natural es una expresión falsa”⁷⁸, y argumentó que el término *selección* se debía entender como una metáfora⁷⁹. Por otra parte, en *el Origen* Charles Darwin utilizó el concepto de selección artificial⁸⁰ como parte de su argumentación para

⁷⁸ Darwin, 2009, p. 98

⁷⁹ Como la que Newton usó para referirse a la *atracción* entre cuerpos. (Ruiz y Ayala, 2008).

⁸⁰ Responsable de las razas de animales y plantas domésticos.

explicar a la selección natural. Ambos tipos de *selección* producen cambios evolutivos en las poblaciones, pero difieren en sus causas. Mientras que la natural es dirigida por el ambiente y es una metáfora, la selección artificial ocurre por la intencionalidad de un grupo de criadores, quienes seleccionan y restringen la reproducción de los miembros de una población.

De esta forma el término *selección*, al ser originario del lenguaje común, resulta polisémico y en el libro de Darwin tiene dos sentidos distintos que hacen referencia a dos procesos diferentes; uno que implica intencionalidad y otro que no. Esta polisemia puede ser responsable de algunos problemas de comunicación y de la comprensión adecuada de su teoría, sin embargo, el término *selección* quedó atrincherado en el concepto de *selección natural* y en la tradición evolutiva.

La selección natural también ha sido considerada una parte importante de la cultura científica, puesto que organiza y unifica la biología (Sánchez-Mora, 2000), pero también ha generado dificultades particulares para su comprensión a distintos niveles, que van más allá del término *selección*⁸¹. Sinatra (2014), un comunicador de la ciencia, ha identificado y enlistado estas dificultades:

1) La evolución entra en conflicto con ideas intuitivas: los niños suelen tener ideas *folk* sobre la evolución biológica, ligadas a un pensamiento esencialista, teleológico⁸², dirigido por la intencionalidad de algún agente. Esto también fue encontrado para adultos por Diamond y Evans (2007), quienes al analizar espacios de aprendizaje

⁸¹ Centrado en la educación formal.

⁸² Con *esencialista* se refieren a que las cosas tienen una esencia que las hace ser como son y que de cierta forma es inmutable. *Grosso modo*, el pensamiento esencialista dice que la Tierra y los seres vivos siempre han sido como son. Con *teleológico* se refiere a que existe un *telos* en el mundo, donde todo tiene un destino a seguir predeterminado, esto se suele aplicar a la evolución de las especies. Con *antropocentrismo* se refieren a que el sentido común hace que nos concibamos como el pináculo de la evolución, más avanzados o superiores a los demás seres vivos, o el centro de la creación, donde todos los seres vivos están para servirnos.

informal, como museos o centros de ciencia, encontraron que la evolución suele ser difícil de comprender porque resulta contraintuitiva, debido a que va en contra del sentido común del público general (que suele tener razonamientos esencialistas, teleológicos y antropocentristas).

2) Sinatra (2007) asimismo subraya que para aprender o enseñar evolución se deben superar los malos entendidos que existen respecto a este tema, por ejemplo, que los “humanos evolucionamos de los monos modernos”.

3) Además indica que la teoría es conceptualmente compleja, es decir, para entender la evolución es preciso adquirir ideas abstractas como sistemas complejos, tiempo profundo⁸³ o incertidumbre.

4) Por otra parte, remarca que aceptar la teoría puede retar la identidad de los individuos.

5) Finalmente, menciona que la comunicación de la teoría puede encontrar obstáculos emotivos y motivacionales.

La identidad de los individuos puede verse afectada al aceptar la evolución, ya que como explicación tiene implicaciones respecto a preguntas trascendentales como ¿quiénes somos? y ¿cuál es nuestro lugar en el universo?, las posibles respuestas pueden generar conflicto en un individuo o incluso en una comunidad, dependiendo del contexto. En este sentido, Diamond y Evans también encontraron que su aceptación puede resultar controversial al entrar en conflicto con creencias y actitudes culturales del público. Se ha reportado que esto ocurre principalmente en regiones donde se hace una lectura literal de textos religiosos, como en los países árabes o en los Estados Unidos de América (Miller *et al*,

⁸³ Tiempo geológico.

2006). Todas estas características hacen que la evolución por selección natural represente un reto para los comunicadores de la ciencia y que deban ser consideradas de forma secundaria en el análisis.

4. Metodología

Para conocer la forma en la que distintos videojuegos serios comunican evolución se realizó un análisis, adoptando como marco el modelo de juegos clásico de Juul (2005), el modelo del núcleo duro del darwinismo (Ruiz y Ayala, 2008) y una metodología propia resultado de la combinación de dos metodologías de análisis para videojuegos. La metodología de análisis que se usó como eje central es la planteada por Fernández-Vara (2015), que consiste en un análisis holístico de los juegos, articulada con el procedimiento de análisis de elementos formales para juegos serios (SGDA⁸⁴) propuesto por Mitgutsch y Alvarado (2012).

4.1 Selección de juegos

Los videojuegos que se analizaron, además de cumplir con las características de los juegos, según Juul, se eligieron a partir de dos características principales: debían ser juegos serios que hubiesen sido desarrollados con el propósito de comunicar evolución biológica por medio de la selección natural y debían haber sido diseñados para jugarse en ambientes de educación informal. Se tomaron en cuenta estas características porque, como se mencionó en el capítulo anterior, la evolución por selección natural es parte del núcleo duro del darwinismo, además de que su comunicación implica algunas dificultades. Respecto a la segunda característica, se eligieron juegos utilizados en ambientes de aprendizaje informal, porque existen pocos estudios al respecto y porque en estos el juego ocurre de manera voluntaria y de forma independiente de los programas de estudio de la educación formal. Con estas consideraciones en mente se eligieron cuatro videojuegos para ser analizados, dos de

⁸⁴ Por sus siglas en inglés.

los cuales son parte de exhibiciones de museos de ciencias, *El juego de las polillas*⁸⁵ y *The evolution experience*⁸⁶; uno desarrollado de forma independiente, *Gene pool swimbots*⁸⁷ y otro de un canal televisivo, *Who want's to live a million years?*⁸⁸. Sólo uno de los juegos analizados se encuentra en castellano y es de origen mexicano.

La metodología que se siguió en la investigación consistió en una contextualización de los juegos, seguida por una revisión general de estos, para finalizar con un análisis de sus elementos formales, teniendo como marco la coherencia y cohesión con relación al propósito. Antes de continuar expondré las características de cada parte de la metodología.

La investigadora Fernandez-Vara (2015) pertenece al campo de los estudios académicos de los juegos, *Game Studies* (GS) y elaboró una metodología holística de análisis, producto de las clases de análisis de videojuegos que ha impartido en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). El análisis contempla y articula tres grandes aspectos para entender los juegos y desarrollar el análisis: los contextos donde ocurren, una descripción del juego y análisis de los elementos formales del sistema. Por otra parte, Mitgutsch y Alvarado (2012), desarrollaron una metodología de análisis para juegos serios que hace énfasis en los elementos formales con relación a la cohesión entre los elementos de diseño y su coherencia con el propósito del juego. A esta clase de análisis la llamaron *Serious Games Design Assessment*⁸⁹(SGDA).

⁸⁵ Universum (DGDC, UNAM).

⁸⁶ Natural History Museum: <http://www.nhm.ac.uk/nature-online/evolution/what-is-evolution/natural-selection-game/the-evolution-experience.html>

⁸⁷ Wiggleplanet: <http://www.swimbots.com/>

⁸⁸ The Science Channel: <http://www.sciencechannel.com/games-and-interactives/charles-darwin-game/>

⁸⁹ Marco de Evaluación de Diseño de Juegos Serios

4.2 Contextos

Los contextos entendidos por Fernández-Vara (ibíd.) permiten obtener información útil para conocer el propósito del juego, su razón y su contenido. Según esta investigadora, por contextos pueden entenderse los aspectos que se relacionan de forma cercana al juego, por ejemplo; los desarrolladores y productores, el hardware o software utilizado o la historia de la producción. Pero también pueden entenderse en una escala mayor, por ejemplo, los eventos sociohistóricos que sucedieron mientras el juego fue desarrollado o el momento en el cual el juego fue comercializado. Asimismo, pueden considerarse sus relaciones con otros medios, a los que llama *paratextos*, como los anuncios promocionales o las imágenes en la caja del juego. De esta manera, para la investigadora, los elementos que se consideran como definitorios de los contextos del juego son: su contexto interno, el equipo de producción, el género del juego, el contexto tecnológico, el contexto sociohistórico, el contexto económico, la audiencia y sus relaciones con otros medios.

Por *contexto interno* del juego se entiende el nivel, capítulo o modalidad a partir de la cual parte el análisis; para ubicarlos es necesario definir las partes del juego que se analizarán, ya que segmentarlo ayuda a situar la discusión. También deberán considerarse la temática de la parte seleccionada y cómo ésta se relaciona con el resto del juego, considerando sus similitudes y diferencias.

Respecto al equipo de producción: el nombre del grupo de desarrolladores puede generar expectativas y también puede relacionar el juego con otros medios, además de que los desarrolladores pueden pertenecer a otros medios. Por ejemplo, Brian Eno⁹⁰ trabajó en el

⁹⁰ Tecladista de la banda *Roxy Music* y uno de los pioneros de la *música ambiental*.

audio de *Spore*, donde asignó diferentes sonidos, que dependían de las acciones del jugador.

El género de los juegos en muchas ocasiones suele ser difícil de determinar y, según los objetivos de quien las proponga, existen distintas clasificaciones. Éstas suelen sobreponerse, pero también pueden ayudar a organizar y crear relaciones entre distintos juegos.

Las plataformas para las que se desarrollan los juegos determinan las características que estos tienen; las diferentes capacidades de los distintos hardware, de memoria, procesamiento de datos, así como los distintos periféricos determinan el diseño del juego y la experiencia de los jugadores.

El contexto sociohistórico consiste en considerar dónde y cuándo fue desarrollado el juego, así como la importancia del periodo histórico particular de desarrollo o la relevancia de la fecha para la cual fue planeada su publicación. De igual forma se debe observar qué aspectos del juego reflejan la cultura donde se produjo. Como se mencionará más adelante, algunos de los juegos mencionados en esta tesis fueron producidos en fechas cercanas al bicentenario del natalicio de C. Darwin y a los ciento cincuenta años de la publicación de su trabajo más importante, en 2009.

Respecto al contexto económico: debe considerarse la forma en que un juego es distribuido, comercializado o monetarizado porque esto tiene una repercusión en su audiencia; no todas las personas pueden darse el lujo de comprar una consola de última generación, así que este elemento definirá al público. Por otra parte, la audiencia es considerada en el desarrollo de los videojuegos y está relacionada no sólo con el contexto económico, como se acaba de mencionar, sino también con el cultural. Los diseñadores

desarrollan los juegos para ser consumidos por un cierto sector poblacional con intereses y capacidades económicas particulares, aunque también hay que mencionar que existen los llamados videojuegos *casuales*, que en teoría buscan ser para todo el público.

Para conocer las relaciones de un juego con otros medios hay que preguntarse acerca de si éste pertenece a alguna franquicia, si es la adaptación o se encuentra relacionado a algún trabajo preexistente (otro juego, un libro o una película) y en el caso de que lo fuera hay que considerar también, los elementos que se mantienen, los que se abandonan y los que se agregan. En el caso de encontrarse relacionados con otro juego (tradicional a digital) hay que tomar en cuenta las reglas y no olvidar la naturaleza transmediática de los juegos, señalada por Juul (ibíd.).

4.3 Revisión general de los juegos

Tras contextualizar los juegos, Fernández-Vara (2015) sugiere hacer una revisión general de estos, con el objetivo de que los lectores que no los conozcan puedan aproximarse a la experiencia de juego. En este caso, propone considerar distintos aspectos tales como el número de jugadores para los cuales está diseñado, sus reglas y metas, sus *mecánicas*, entendidas como “las regulaciones aplicadas al comportamiento del jugador”, es decir, lo que se le permite hacer (este aspecto, al ser parte de las dos metodologías, se abordará al analizar los elementos formales del juego más que en la revisión general).

En la revisión general también se debe mencionar la historia del juego, el *gameworld*⁹¹ (mundo ficticio donde ocurre el juego), los espacios del juego (que incluyen desde el espacio

⁹¹ La forma en la que “es imaginado el mundo donde las acciones y eventos del juego toman lugar”. No todos los juegos buscan representar un mundo ficticio, pero cuando esto ocurre el mundo puede crear expectativas acerca de las reglas y mecánicas del juego.

físico y social donde se encuentra el juego, hasta el espacio virtual ficticio en el cual se desarrolla el *gameplay*), la experiencia de juego, que puede ser subjetiva o trabajarse mediante observación directa o etnográficamente (dependiendo de las metas de la investigación) y, por último, se deben considerar las comunidades que pueden formarse alrededor de los juegos, cuestión señalada desde la investigación de Huizinga.

Después de la revisión general de los juegos, Fernandez-Vara (ibíd.) propone hacer un análisis de los elementos formales del diseño, lo que ayuda a entender la descripción de componentes más detallados de los juegos, que a su vez permiten entender con mayor profundidad cómo funcionan. Lo anterior no significa únicamente una descripción, sino que también se considera cómo se relacionan los elementos de los juegos entre sí y con sus metas.

Para llevar a cabo lo anterior también se utilizó junto con lo propuesto por Fernandez-Vara la metodología pensada para el análisis del diseño de juegos serios⁹², a partir de sus elementos formales propuesta Mitgutsch y Alvarado (2012).

4.4 Elementos formales

Análisis SGDA

Mitgutsch y Alvarado (ibíd.) señalan que los juegos serios cada vez atraen más la atención de diversos sectores de la sociedad y que cada vez hay más juegos que aspiran a ser validados como herramientas útiles y constructivas para fomentar el aprendizaje, el cambio social y la mejor comprensión de temas sociales. En contraste, señalan, existen pocos estudios que los evalúen y los que existen se restringen a la calidad de la información,

⁹² Recomendada para juegos serios por la misma Fernandez-Vara (2015).

no a su impacto real en los jugadores o a la calidad de su diseño integral. Con esos motivos proponen estudiar los juegos serios desde un marco holístico, con la intención de analizar el diseño formal conceptual y su relación con los propósitos explícitos o implícitos del juego: “un intento de dar estructura al estudio del diseño conceptual formal de estos juegos, con relación a sus propósitos explícitos o implícitos” (p. 121). Para esto proponen prestar atención a distintos elementos formales del juego junto con su coherencia y cohesión, utilizando el propósito y a la audiencia como marco para el análisis.

El propósito del juego, en el caso de los juegos serios, suele ser declarado por los diseñadores e idealmente será coherente con los elementos del contenido e información que despliega, en las mecánicas, dinámicas⁹³, ficción, narrativa, estética y gráficos. Siguiendo su metodología, se asume que los juegos serios tienen un propósito explícito o implícito que surge de las intenciones de sus desarrolladores, a diferencia de lo que ocurre en juegos de entretenimiento, donde su propósito (entretener) está autocontenido. De esta forma, los juegos serios son específicamente diseñados para lograr un propósito que va más allá del juego mismo y tal propósito se refleja directamente en el objetivo del juego y en su tema, pero también en las intenciones del diseñador y en su meta de impactar a los jugadores de una manera específica.

La información que contienen los juegos tiene que ver con los hechos y datos ofrecidos y utilizados en él, pero también en este aspecto se debe prestar atención a la

⁹³ Entendidas como los comportamientos que ocurren en juego mientras es jugado, es “el sistema de juego en acción incluyendo a las relaciones entre el jugador y el sistema”. Fernandez-Vara (ibíd., p. 248)

información comunicada procedimentalmente⁹⁴, es decir, a la información que se despliega en el acto de juego por medio de las mecánicas y dinámicas del sistema de juego y el jugador.

Las mecánicas ya mencionadas en la revisión general del juego, como las posibilidades de acción en el *gameworld*, consisten en las acciones que el jugador puede realizar dentro del juego, por ejemplo “saltar”, “correr”, “disparar” o “comer”. En este sentido, las mecánicas se encuentran fuertemente ligadas a las reglas y, en realidad, pueden entenderse como un subconjunto de éstas. Para el análisis las mecánicas deberán recuperarse y articularse con los otros elementos del sistema como las dinámicas, estética, las imágenes o audio.

Siguiendo la metodología SGDA, la ficción y la narrativa son aspectos que se relacionan con la historia, presentación del *gameworld*⁹⁵ y personajes que se encuentran en él. Por estética y gráficos se refieren al lenguaje audiovisual: características estéticas, imaginario, preferencias de estilo, medio artístico, así como la conceptualización de las técnicas gráficas de computadora usadas en el diseño para presentar los elementos involucrados en el juego que, a su vez, definen los aspectos que enmarcan el contenido de información.

Por último, la audiencia, como marco de evaluación, hace referencia a lo adecuado del juego con respecto a su público meta. En la metodología utilizada, esta parte enmarca los

⁹⁴ Ian Bogost (2007) habla de la procedimentalidad para referirse a una de las características particulares de los juegos. Él se refiere a la retórica procedimental como a las “representaciones e interacciones basadas en las reglas en vez de la palabra hablada, escrita, las imágenes o vídeos. Este tipo de persuasión está ligada al núcleo de lo que permiten las computadoras: las computadoras corren procesos, ejecutan cálculos y sus reglas se basan en manipulaciones simbólicas”. En este escrito utilizaremos el concepto de procedimentalidad en un sentido más amplio, entendiendo que los juegos serios no solo tienen como objetivo persuadir. No debe confundirse con contenido generado procedimentalmente, que está más relacionado a programación de los juegos en cuanto a la forma en que el código genera elementos del sistema. Ver Fernandez-Vara (2015:134-136).

⁹⁵ El mundo ficticio donde ocurre el juego.

cinco elementos anteriores (propósito, contenido e información, mecánicas, ficción-narrativa y estética-gráficos) en términos de su grupo objetivo (público meta), sus conocimientos previos en videojuegos (*play literacy*) y el tema general del juego. En juegos de comunicación científica también es conveniente preguntarse por sus conocimientos científicos previos (*scientific literacy* o alfabetización científica).

La coherencia y cohesión en el sistema del juego tienen la función de enlazar y articular los distintos elementos para el análisis, ya que el SGDA no sólo consiste en descomponer el juego en sus elementos de diseño, sino en examinar cómo se relacionan unos con otros y con el propósito general, para formar un todo que deberá ser coherente y capaz de evitar conflictos dentro del sistema.

Elementos formales para Fernandez-Vara (2015)

Fernández-Vara (ibíd.) además de recomendar la metodología SGDA para analizar elementos formales de los juegos serios propone los propios no enfocados a este tipo de juegos, ella propone distinguir:

1-Las reglas del mundo de juego: Aunque no todos los juegos incluyen mundos ficticios, los que lo hacen deben incluir reglas que operen en ellos, las reglas del mundo del juego restringen lo que puede hacerse en ellos, las reglas pueden buscar imitar a las reglas que operan en el mundo real, u operar de forma distinta, por ejemplo; en un entorno ficticio con fuerza de gravedad las reglas que la rigen pueden buscar imitar el comportamiento de nuestra realidad o no hacerlo.

2-Reglas diegéticas y extradiegéticas: Los términos *diegético* y *extradiegético* son tomados de la teoría de cine, donde los elementos diegéticos son los que ocurren dentro de

los mundos ficticios y pueden ser percibidos por los personajes que habitan en ellos y los elementos extradiegéticos son los que experimenta el espectador pero que no pueden ser percibidos por los personajes que habitan en el mundo ficticio. En los juegos, las reglas pueden presentarse en ambos niveles y ambos tipos en combinación, afectan la forma en la que ocurre el juego.

3- Guardado de juego: No es un elemento que se encuentre en todos los juegos, pero cuando está presente, la frecuencia con la que el juego permite guardarse afecta directamente a la experiencia del jugador; un juego que puede guardarse todo el tiempo fomenta la experimentación y la toma de riesgos, en cambio, un juego que únicamente pueda guardarse en ciertos puntos será más demandante hacia el jugador e inhibirá la experimentación y toma de riesgos.

4- Niveles de abstracción: La autora retoma la idea de Juul de niveles de abstracción⁹⁶, para ella, estos niveles dependen de la relación de superposición el mundo ficticio y las reglas implementadas en él. La investigadora agrega que “entre mayor sea el área de superposición entre reglas y el mundo ficticio mayor será la fidelidad de la simulación”(p. 129). Las reglas establecen los aspectos con los que el jugador puede interactuar y prestar atención a los niveles de abstracción permite determinar la complejidad de una simulación y los aspectos del mundo ficticio que se implementan o sólo son representados.

⁹⁶ Para Juul (2007) los niveles de abstracción están determinados por la intersección entre la mera ficción y la ficción que es implementada en las reglas del juego.

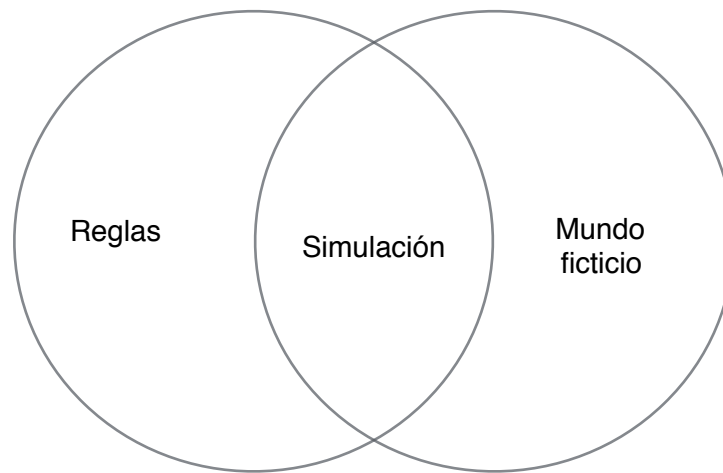


Fig. 3. Tomado de Fernandez-Vara (2015). La simulación es la superposición entre las reglas y el mundo ficticio.

5- Valores y retórica procedimental: Se pueden encontrar valores culturales y sociales en la forma en la que opera el mundo de juego. La ideología se refleja en el grupo de reglas que funcionan dentro del juego en cuanto a lo que consideran positivo que es premiado, y lo que es negativo y es castigado. La forma en la que el grupo de reglas rige, se relaciona a la retórica procedimental del juego, este concepto desarrollado por Bogost (2007) hace referencia a la forma en la que el sistema del juego persuade al jugador a partir de las dinámicas.

6- Contenido generado por código duro y por código procedimental: Son las formas en las que el contenido puede ser generado, el contenido generado por código duro es presentado igual cada vez que se juega y permite la memorización de pasos o secuencias de juego para superarlo en cualquier sesión de juego. Por otra parte, el contenido procedimental es el que le da instrucciones a la computadora para generar contenido distinto cada sesión de juego por ejemplo: mapas de juego distintos en diferentes sesiones de juego.

7- Dinámicas del juego: Son los comportamientos del juego generados por las reglas en acción, incluyendo al sistema junto con la acción del jugador, o las estrategias a las que el

juego dirige al jugador para lograr sus metas. Las reglas determinan a las dinámicas y en algunos juegos un pequeño grupo de reglas puede generar dinámicas complejas.

8- Mediación (la brecha entre el jugador y el juego): Son los elementos formales que le permiten al jugador interactuar con el juego es decir; la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI), el personaje o el punto de vista de la cámara. Los elementos en los que puede intervenir el jugador que pueden ser de manipulación directa o manipulación indirecta (tras ser manejados los elementos dan una retroalimentación que puede ser inmediata, elementos de mediación directa, o demorar en ocurrir, elementos de mediación indirecta).

9- Periféricos y esquemas de control: Son el hardware que permite al jugador participar en el juego; controles, teclados, identificadores de movimiento u otros dispositivos. Son los dispositivos que permiten que el mundo ficticio se extienda al espacio de juego en el mundo real. La investigadora señala que el uso de los periféricos o esquemas de control requiere ciertas habilidades por parte del jugador.

10- Niveles de dificultad y balance del juego: La dificultad del juego es relativa y depende del jugador, sin embargo, un análisis de los elementos formales permite analizarla de una forma más objetiva. Los elementos a los que se debe prestar atención son: El número de obstáculos y su frecuencia. La longitud de nivel y su relación con el guardado del juego. Las habilidades que se requieren para jugar ya sean reflejos, velocidad de reacción, pensamiento estratégico o la reflexión para la resolución de problemas. En algunos juegos la dificultad puede modificarse en la configuración del sistema, lo que puede resultar útil para adaptarse a distintos tipos de jugadores. Por otra parte, el balance del juego es el proceso por el cual el sistema ajusta las dinámicas de forma automática, para darle al juego la dificultad adecuada, aumentando la dificultad cuando el jugador mejora, o disminuyéndola si

el jugador falla. El balance sirve para crear un ritmo, una sensación de progreso y el estado ideal de “flujo”⁹⁷.

11- Representaciones de diseño visual, diseño de sonido y música: Pueden “crear un humor, expresar los temas y contribuir a la narrativa” (ibíd., p. 149). También son una vía de retroalimentación al jugador, pueden ser diegéticas o extradiegéticas y pueden hacer alusión a representaciones de otros medios como a películas, comics, o a otros videojuegos.

12- Juegos dirigidos por reglas y juegos dirigidos por metas: Los juegos suelen estar dirigidos por un balance entre reglas y metas. Los que tienen un fuerte componente de reglas pueden entenderse como juegos de emergencia y los juegos donde dominan las metas pueden clasificarse como juegos de progresión. En los juegos dirigidos por reglas, la acción los jugadores junto con las reglas puede producir resultados emergentes, entendidos como “los resultados o eventos del juego [que] son generados por el jugador interactuando con el sistema, haciendo referencia específica al *gameplay*” (Fernandez-Vara, ibíd., p. 151), de esta forma la emergencia es fuente de variación en el juego, por ejemplo, los juegos competitivos suelen tener una gran emergencia durante el *gameplay* y la forma de superarlos suele ser adoptando una estrategia en vez de memorizar una secuencia de pasos.

Por otra parte las metas son “las condiciones que definen cómo avanzar o ganar en el juego” (Ibíd., p. 151) y los juegos dirigidos por este aspecto consisten en completar metas consecutivas que ayudan a marcar avance del juego y generar progresión. Los juegos de progresión suelen tener un fuerte componente de historia. La investigadora señala que la

⁹⁷ Flujo o *Flow* es el concepto que hace referencia al estado mental ideal que se encuentra entre la ansiedad y el aburrimiento. Fue desarrollado por Csikszentmihalyi.

progresión y la emergencia pueden encontrarse en diferentes proporciones, en distintos momentos de un mismo juego.

13- Niveles y diseño de nivel: El análisis de diseño de niveles, estudia la naturaleza de los retos del juego y su distribución en el espacio ficticio. El diseño de los niveles puede utilizarse para enseñarle al jugador las mecánicas básicas del juego de forma interactiva u orillarlos a transitar por ciertos espacios en momentos particulares del juego. Debido a que los niveles se encuentran planeados desde el diseño del juego, su análisis debe de incluir hipótesis de las razones del diseño que busquen explicar por qué los niveles son de la forma en que se presentan.

14- Diseño de toma de decisiones: Consiste en el análisis de las opciones que se le presentan al jugador y las consecuencias de estas elecciones. Las diferentes opciones llevarán a distintas consecuencias preestablecidas desde el diseño. La toma de decisiones puede ocurrir todo el tiempo o pueden ser parte clave del juego, así “comparar los resultados de distintas decisiones puede ayudar a revelar el tema del juego” (ibid, p. 162). Este aspecto se encuentra relacionado a la retórica y objetivos del juego.

15- Los *cheats*, *hacks*, *mods* y *bugs*: Los *cheats* son dispositivos que permiten cambiar el juego y hacerlo más sencillo, por ejemplo pueden dar inmunidad frente a los enemigos o vida infinita, además puede encontrarse desde el diseño en el juego como atajos creados por los desarrolladores, o también pueden haber sido creados por terceros con dispositivos externos. Los *hacks* son modificaciones o alteraciones al juego, por ejemplo, programadores expertos pueden cambiar elementos básicos de los juegos como el diseño visual de los personajes, su análisis permite conocer otras formas de pensar el juego. Los *mods* son modificaciones de los juegos motivadas por los propios juegos que suelen tener integradas herramientas para que los jugadores desarrollen su propio contenido, este

aspecto suele estar relacionado a la creación de comunidades donde se pueden compartir los contenidos generados dentro de la comunidad. Los *bugs* son errores técnicos del juego que hacen que este funcione de forma distinta a la esperada. En ocasiones pueden quitarle la jugabilidad o pueden hacer al juego demasiado sencillo.

Los elementos formales según Fernandez-Vara y sus preguntas guía para su identificación son recuperados en el anexo 1.

Como ya se mencionó en la presente investigación, se consideraron elementos formales, considerados relevantes para los objetivos de la investigación, provenientes de las dos metodologías revisadas.

La forma en la que se combinaron las dos metodologías para esta investigación fue considerando los tres aspectos propuestos por Fernandez-Vara (contextos, revisión general y elementos formales) enriqueciendo los elementos formales de acuerdo a la metodología SGDA. De esta forma se ignorarán algunos elementos formales que no están presentes en ninguno de los juegos analizados como *Cheats, mods, hacks y bugs*, y se combinarán otros como las representaciones de diseño visual y de sonido (ver Fig. 5). Por lo que en la presente investigación se tomaron en cuenta doce elementos formales procedentes de ambas metodologías.

Los elementos considerados son: 1-El propósito del juego. 2-El contenido e información, incluyendo la forma en la que se genera el contenido, la información, la retórica procedimental y el diseño en la toma de decisiones. 3-Las mecánicas y dinámicas ambas determinadas por las reglas, por lo que se prestará atención a si el juego es dirigido por reglas o metas. 4- La ficción del juego y su narrativa. 5- El nivel de abstracción del juego como simulación. 6-La mediación del juego. 7- La estética, representaciones visuales y de sonido (es una fusión entre los elementos propuestos en ambas metodologías que hace

referencia a la estética y representaciones de diseño visual, de sonido y musical). 8-Los niveles y diseño de niveles. 9-La dificultad y balance de juego. 10- Los periféricos y esquemas de control. 11- La audiencia que funciona como marco y 12- La coherencia y cohesión entre los distintos elementos y su propósito.

Fig.4. Elementos formales considerados

Elemento formal	Metodología que lo propone
1- Propósito del juego	SGDA
2- Contenido e información	SGDA
3- Mecánicas y dinámicas	SGDA y Fernandez-Vara (2015)
4- Ficción y narrativa	SGDA
5- Nivel de abstracción	Fernandez-Vara (2015)
6- Mediación del juego	Fernandez-Vara (2015)
7- Estética, representaciones de visuales y de sonido	SGDA y Fernandez-Vara (2015)
8- Niveles y diseño de niveles	Fernandez-Vara (2015)
9- Dificultad y balance del juego	Fernandez-Vara (2015)
10- Periféricos y esquemas de control	Fernandez-Vara (2015)
11- Audiencia	SGDA
12- Coherencia y cohesión	SGDA

Fig. 5. Tabla condensada de la metodología utilizada

Partes del análisis	Elementos a considerar
Contextos	<ul style="list-style-type: none"> -Interno -Equipo de producción -Género -Tecnológico -Sociohistórico -Económico -Audiencia -Relaciones con otros medios
Revisión general	<ul style="list-style-type: none"> -Número de jugadores -Metas y reglas -Mecánicas -Historia -Mundo ficticio -Experiencia de juego -Comunidades
Elementos formales	<ul style="list-style-type: none"> -Propósito del juego -Contenido e información -Mecánicas y dinámicas -Ficción y narrativa -Nivel de abstracción -Mediación -Estética y representaciones visuales y de sonido. -Niveles y diseño de niveles -Niveles de dificultad y balance de juego -Periféricos y esquemas de control -Audiencia como marco -Coherencia y cohesión entre los elementos y con su propósito.

5. Desarrollo

Utilizando la combinación de metodologías propuesta para esta investigación se buscaron los elementos o las interacciones entre éstos que presentan directa o procedimentalmente la evolución por medio de selección natural.

Los primeros juegos que se analizaron fueron *Selección natural: el juego de las polillas* y *The evolution experience*⁹⁸, que se compararon por sus similitudes: ambos tienen el objetivo de comunicar la evolución por selección natural, de complementar exposiciones en museos o centros de ciencia, además poseen mecánicas y reglas parecidas, aunque guardan diferencias particulares que dan experiencias estéticas distintas.

Posteriormente, se analizó *Gene pool swimbots*⁹⁹, juego simulación que busca mostrar el proceso de selección natural a partir de criaturas que pretenden simular seres vivos y surge a partir de adaptar un algoritmo de ciencias de la computación. Por último, se analizó *Charles Darwin's Game of survival*¹⁰⁰, desarrollado por *Science Channel*, canal televisivo ligado a *Discovery Communications*. Los cuatro juegos tienen el propósito general de comunicar evolución de forma seria, pero para hacerlo recurren a distintas estrategias que se presentarán y analizarán a continuación.

Se realizó una tabla comparativa de los elementos formales de los juegos analizados que se encuentra en el anexo 2.

⁹⁸<http://www.nhm.ac.uk/nature-online/evolution/what-is-evolution/natural-selection-game/the-evolution-experience.html> hasta el 06/08/2015 cuando fue dada de baja la exposición virtual de la que formaba parte. Actualmente se puede jugar en el archivo de la página: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20100512152935/http://nhm.ac.uk/nature-online/evolution/what-is-evolution/natural-selection-game/the-evolution-experience.html>

⁹⁹ Wiggleplanet: <http://www.swimbots.com/>

¹⁰⁰ The Science Channel: <http://www.sciencechannel.com/games-and-interactives/charles-darwin-game/>

6. Resultados

6.1- Juegos de exhibición

En 1999 se aprobó en los distritos de Texas que la evolución biológica quedara fuera de la currícula escolar, sin embargo, no todos los involucrados con la decisión estaban conformes; un profesor de *high-school* desobedeció y continuó enseñando el tema, pero al enfrentarse a la hostilidad de la comunidad, como reporta Ferrara (2013), cambió de estrategia y comenzó a comunicar evolución a través de un juego; al hacerlo recurrió a lo que para Ferrara y Bogost se conoce como retórica procedimental.

El juego que usó el profesor, Al Frisby, consistió en pintar palillos de dos colores: verdes y azules y de tirarlos en el césped, de forma que representaran presas. Después les dio tenedores y cucharas a sus alumnos, que tenían el papel de depredadores, y les dijo que atraparan todas la presas que pudieran. Al repetir este proceso mostró que algunas presas tenían más posibilidades de sobrevivir que otras, dependiendo de sus características y del ambiente (Ibíd.).

A través de este juego simuló parcialmente la selección natural y la comunicó procedimentalmente, sin definir, al menos de forma proposicional, este proceso natural a sus alumnos. Esta actividad escolar no fue una idea completamente original del profesor, sino que él aprovechó una actividad escolar que ya era utilizada por profesores de ciencias y que se encontraba definida formalmente desde 1987 en un libro de texto para profesores de Colorado Springs¹⁰¹, titulado *Natural Selection a simulation*¹⁰² (Fig. 6). Sin embargo, es posible que este juego escolar, con sus variaciones, sea aún más antiguo dentro del gremio

¹⁰¹ *Biological Science: An Ecological Approach*, BSCS Green Version, Teacher's Edition. Consultado en <http://eric.ed.gov/?id=ED300241> (14/06/2015)

¹⁰² En ésta se usan círculos de papel en vez de palillos, un fondo que se sugiere cambie de color y el proceso se repite a partir de la proporción de color de los supervivientes que heredan sus características, según el paso seis del procedimiento.

Investigation 9.2 NATURAL SELECTION— A SIMULATION

Introduction

Natural selection appears to be the chief mechanism of evolutionary change. Biologists regard it as the process that has populated our planet with diverse life forms and that gave rise to humans. It continues today to shape the living world. In this investigation you will experience one way natural selection operates.

Materials (per team of 4 to 6)

piece of fabric 3 feet X 6 feet
containers with 100 paper chips of assorted colors
small bowl

Procedure

1. Spread out the fabric habitat on a table top.
2. Appoint 1 team member as the keeper of your vial of paper chips. With your backs turned, allow the keeper to spread the chips uniformly over the fabric, making sure no chips stick together.
3. Imagine yourselves as predators, the paper chips as your prey, and the fabric background as your habitat. One at a time, turn around and select a paper chip using only your eyes to locate it. Do not use your hands to feel the chips. When you have a paper chip, place it in the bowl. Take turns until only 25% of the paper chips remain on the fabric. Your teacher will help you determine individual quotas to ensure survival of 25% of the chips.
4. Carefully shake the fabric to remove the survivors.
5. Group the survivors according to color. Arrange them in a horizontal row about 1 cm apart. Place chips of the same color together. Record the numbers of each color that survived.
6. Assume each survivor produces 3 offspring. Using your teacher's reserve supply, place 3 chips of the same color underneath each survivor.
7. Mix the survivors and their offspring thoroughly and distribute them as in procedure 3.
8. Repeat the entire process of selection (procedures 3–7) 2 more times.

Discussion

1. Study your survivor populations.
 - (a) Was 1 color of paper chip represented more than others in the 1st generation of survivors?
 - (b) Were shades of that color also represented?
 - (c) What, if any, change occurred between the 1st and 2nd, and between the 2nd and 3rd generation survivors?
2. Compare the original and survivor populations. Is there any color from the original population that is not represented in the survivor population?
3. Examine your survivor chips and the fabric from which you took them. How do you think the colors of the survivors related to their habitat?
4. Assuming no new individuals migrate into the habitat, what do you think the character of the population will be like? Will it change with time?
5. If new individuals with different colors do migrate in, what do you think the effect on the population will be, assuming the habitat and predators remain the same? What will be the effect if the habitat and predators change?

Investigation 9.2 NATURAL SELECTION

This investigation provides an opportunity for students to experience how coloration and habitat can operate together. The investigation will take about 45 minutes depending on the number of groups and the number of paper chips used.

Procedure

Punch quarter-inch paper chips out of construction paper, 500 each of 10 different colors. Use a wide variety of colors such as red, orange, purple, green, blue, yellow, brown, gray, black, and white. To speed preparation, fold the paper to 4 thicknesses before you punch it out. Put chips of each color into separate plastic vials and shake well.

Remove 10 chips from each of the 10 vials to create populations of 100 each. Place chip populations in separate vials.

Choose fabric patterns that simulate natural environments, such as floral, leaf, or fruit prints. The patterns should have several colors and be of intricate design. Test 10 colored chips against the material to make sure some of them bend well. Select several designs, each with a different predominant color. It then will be possible to demonstrate the evolution of different adaptive color types from the same starting population.

Dim the lights if possible. Make sure all the participants stand with their backs toward the habitat so they do not prematurely locate any chips. At a signal, have the predators take turns picking out chips.

Quota for each predator depends on team size. Signal the participants to stop when only 25% of the chips remain. If more than 25 chips remain, have the predators select the overage. Minor variations in number (2 or 3) are acceptable, and the survivor count need not be corrected.

Other simulations are possible with these materials. By using 2 different sizes of paper chips, or by marking half the chips with felt markers, you can select for 2 or more characteristics at the same time. You also can use thicker and thinner chips, or whole and half chips. To simulate mutation, have students add several new chips to an adapted population and continue the selection process.

Discussion

1. (a, b) The most abundant color or colors will be determined by the color(s) of the habitat(s).

Fig.6. Fragmento de actividad formalizada para educación formal.
Natural Selection a simulation (Una simulación de selección natural).

de profesores de ciencias.

Los juegos de exposiciones que se analizarán a continuación son videojuegos con mecánicas y dinámicas similares a la actividad escolar *Natural selection a simulation*, pero en plataformas digitales. En la sala de evolución de Universum¹⁰³ se pueden encontrar varios multimedios que buscan comunicar diferentes aspectos de la teoría evolutiva, uno de los cuales es un videojuego que representa la selección natural, que ejemplifica el caso histórico del melanismo industrial¹⁰⁴. Por otra parte, en la exposición virtual *Nature Online*, del Natural History Museum de Londres (NHM)¹⁰⁵, dentro de la sección *What is evolution?*, se encuentra el juego *The evolution experience*, en el que se representa la selección natural con un caso hipotético de mimetismo en escarabajos.

Estos juegos muestran estructuras parecidas a la del juego utilizado por Frisby para abordar el tema, ambos conservan las reglas y dinámicas generales del juego no digital, operan con recursos tecnológicos similares, además de que forman parte de una exposición de evolución.

¹⁰³ Museo y centro de ciencias de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

¹⁰⁴ Durante la Revolución Industrial, en Inglaterra, los árboles cambiaron de color, debido al hollín liberado por la combustión de carbón de las fábricas. Las polillas también cambiaron de color, pero en este caso se debió a la evolución, no al hollín (al menos directamente). Cuando los árboles eran claros (por los líquenes que crecían en su corteza), las palomillas negras resultaban evidentes para sus depredadores y no llegaban a adultas ni a reproducirse, mientras que las palomillas blancas, que se confundían con los líquenes, sí llegaban a adultas y dejaban descendencia; la descendencia heredaba sus características de color de sus padres, aunque siempre había alguna que nacía negra. Cuando los árboles cambiaron de color (a tonos cada vez más oscuros) por el humo del carbón, las palomillas blancas fueron detectadas fácilmente por sus depredadores. De manera que las que estaban mejor adaptadas dejaron de estarlo y las que no lo estaban se adaptaron, mostrando la selección natural en acción.

¹⁰⁵ Dada de baja del sitio oficial en agosto del 2015.

6.2 Selección natural: el juego de las polillas

El juego se presenta en dos pantallas táctiles, colocadas verticalmente para operarse de pie, en las que puede leerse: “Selección Natural: El juego de las polillas” y más abajo en la pantalla, “toca la pantalla para jugar” (Fig. 7). Como ya se mencionó el juego forma parte de la sala de evolución de Universum y fue desarrollado para los visitantes de la sala por el departamento de multimedia de este centro en 2008, con asesoría del equipo multidisciplinario de desarrollo de la sala.



Fig. 7. Primera pantalla de *Selección Natural: el juego de las polillas*

A lo largo de este juego se explica y presenta el melanismo industrial, así como el impacto del agente seleccionador en una población simulada de polillas. De manera que puede agruparse dentro del género de los juegos simulación con final cerrado, debido a que tiene una duración preestablecida. El juego fue exhibido desde 2008, en vísperas de 2009, año que fue reconocido por diversas instituciones como el *año de la evolución*, ya que se cumplían 200 años del nacimiento de Charles R. Darwin y 150 años de la publicación de *El Origen de las especies*. Parte del equipo de producción del juego reconoce que se encuentra inspirado en contenidos que presentan mecanismos evolutivos de la página *Understanding Evolution*¹⁰⁶, del Museo de Paleontología de la Universidad de California, en la que se

http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0_0_0/evo_14 (Consultada en Julio del 2015).

muestra el proceso de evolución por selección natural con imágenes y texto, como los que se muestran en la figura 8.

La investigación de este juego se realizó en visitas a la sala durante 2014 y 2015. *Selección natural: el juego de las polillas* (JP) es para un sólo jugador, quien opera como depredador y agente seleccionador en la simulación de selección natural, mediante la mecánica principal del juego, que es atrapar polillas tocando la pantalla sobre los gráficos de estas. En el juego, el participante no está representado dentro de la pantalla y debe asumir el personaje de un depredador que debe encontrar y tocar (atrapar) todas las polillas que pueda, en el menor tiempo posible. Así, las reglas del *gameplay* consisten en atrapar polillas (o no) durante 28 segundos, antes del cambio de pantalla y es imposible acelerar o detener este cambio.

Este juego que utiliza las herramientas presentadas por Gonzalez-Casanova (2007), uno de los desarrolladores del juego, tiene una estructura lineal de siete pantallas (Fig. 9): Una de portada, una introductoria¹⁰⁷, una primer pantalla de *gameplay*, donde el fondo del escenario es claro (Fig. 10), otra pantalla de guión intermedio¹⁰⁸, una pequeña animación introductoria y un segundo *gameplay*, donde el escenario es oscuro (Fig. 11), una pantalla de estadísticas finales, donde se te indica cuántas polillas de cada color atrapaste en cada *gameplay* y una pantalla de cierre¹⁰⁹, desde la cual se puede volver a la pantalla de datos o regresar a la pantalla introductoria.

¹⁰⁷ Donde puede leerse: “Aquí viven y se están reproduciendo constantemente las polillas que pueden ser blancas o negras. Conviértete en un depredador y trata de atrapar en el menor tiempo posible la mayor cantidad de polillas, sin importar el color. Toca para comenzar”.

¹⁰⁸ Donde puede leerse: “La contaminación ha hecho que la corteza de los árboles se oscurezca”.

¹⁰⁹ Donde puede leerse: “Dentro de una misma especie hay seres con características diferentes que les permiten sobrevivir más fácil en diferentes ambientes. Este es un ejemplo de evolución en acción, es un cambio resultado de la selección natural. Gracias por jugar”.

Natural selection, in a nutshell:

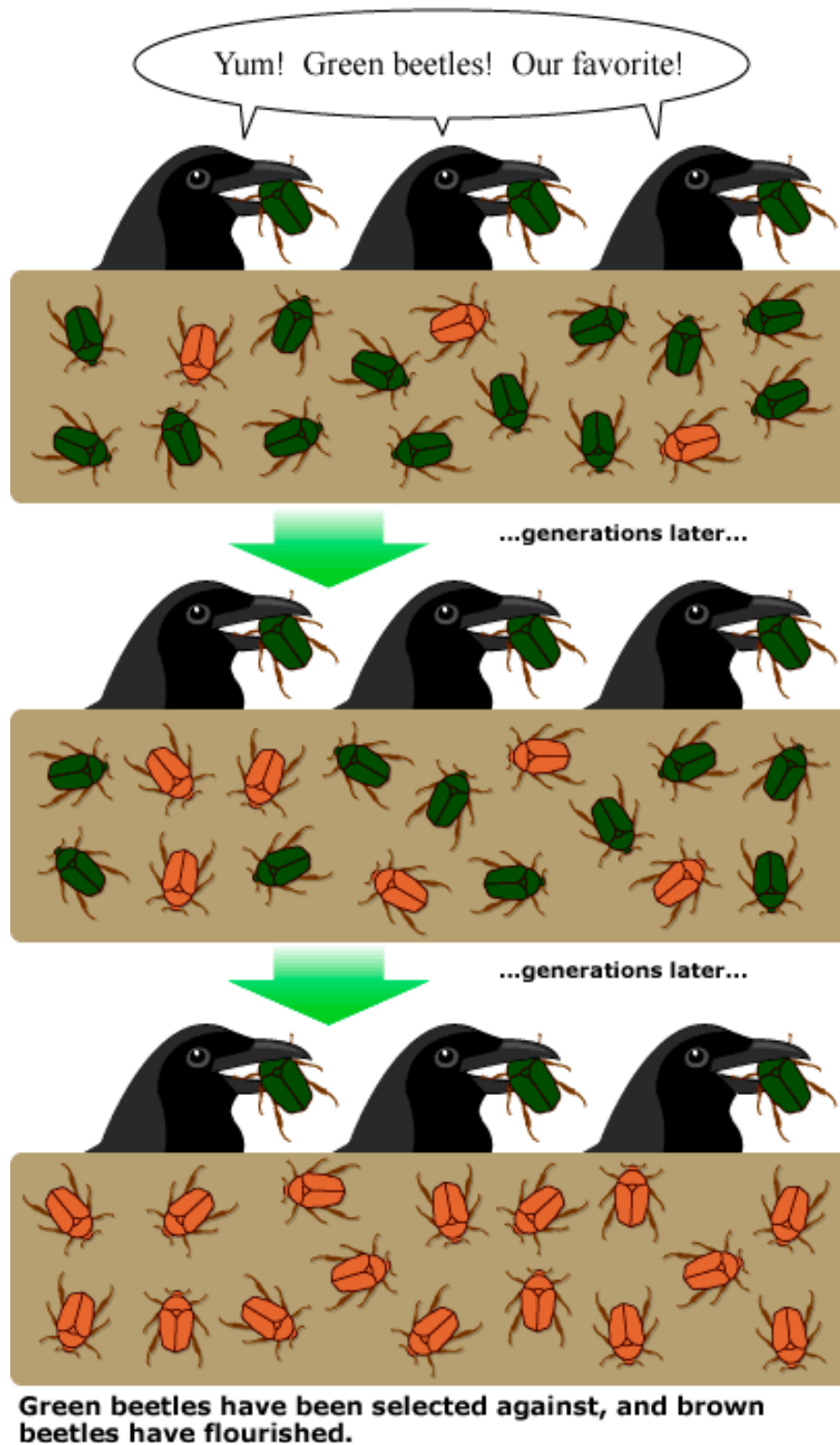


Fig. 8. Imagen tomada de la página del Museo de Paleontología de la Universidad de California

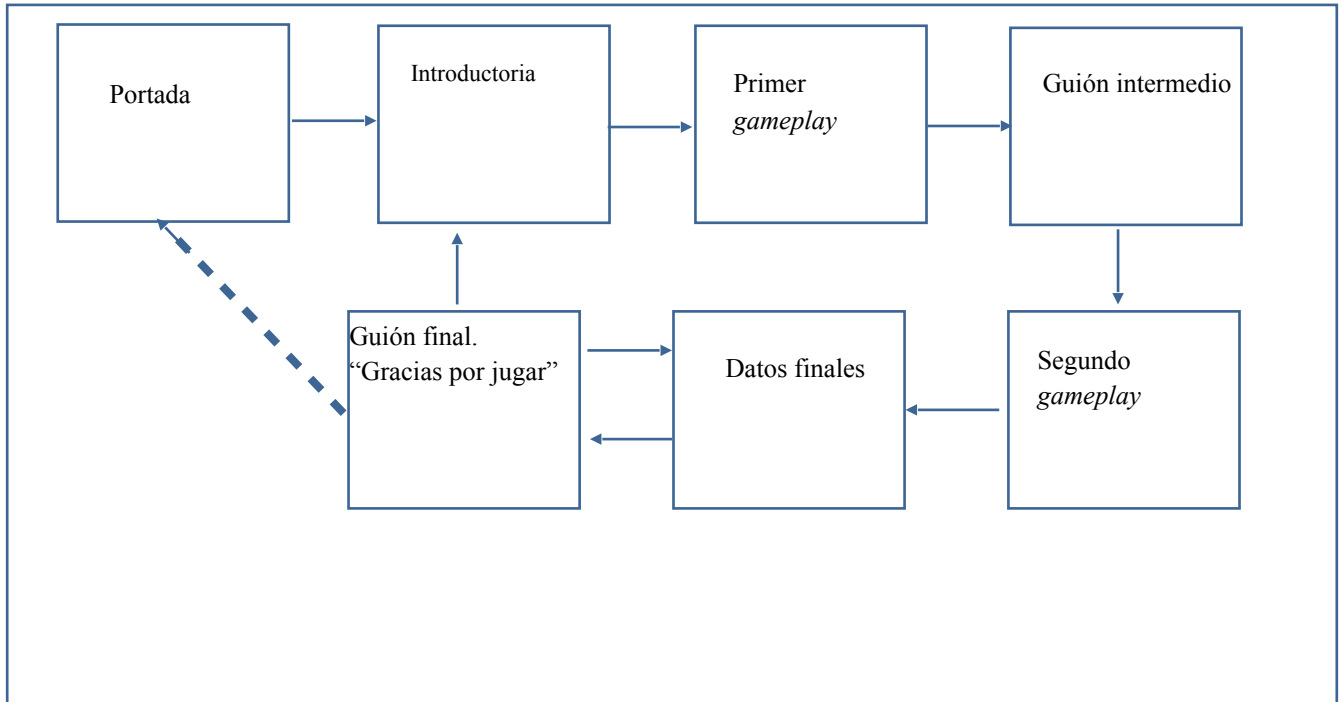


Fig. 9. Estructura de pantallas de *Selección natural: Juego de las polillas*



Fig. 10. Primera pantalla de *gameplay*



Fig. 11. Segunda pantalla de *gameplay*

Las pantallas de *gameplay* consisten en un fondo de árboles y polillas, que representan un *gameworld* que consiste en un bosque antes y después de que el hollín cambiara su color.

De esta forma el diseño del *gameworld* se mantiene sencillo, de forma similar los elementos del *gameworld* tienen diseños simples, árboles y polillas, blancas con líneas horizontales grises o negras y un fondo gris. Logrando un diseño simple pero efectivo para lograr el camuflaje en las polillas.

Por otra parte, la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) se encuentra conformada por cuatro iconos extradiegéticos indicadores del estado del juego que dan una retroalimentación inmediata al jugador. Al centro de la parte superior hay una elipse y dentro del ella hay una animación con cuatro polillas, el color de éstas cambia dependiendo de la proporción de colores en la población. También como parte de la GUI, en la parte inferior izquierda de la pantalla hay una barra donde se indica de manera porcentual las diferencias de color en la población como mediación directa (cambia de inmediato cada vez que atrapas una polilla), y en la parte central inferior se muestra con número el total de polillas ingeridas y en la parte inferior derecha hay una barra que decrece y representa el tiempo restante.

El juego tiene únicamente un sonido, un “beep” extradiegético que suena cada vez que se toca la pantalla y las reglas del mundo ficticio hacen que las polillas nunca dejen de aparecer, aunque cambian las proporciones de color según las que son atrapadas. La reproducción ocurre en tiempo real durante el *gameplay*, haciendo difícil distinguir que las que sobreviven efectivamente heredan su color. Dado que las polillas nunca dejan de aparecer y a que no hay ninguna penalización o incentivo cuando las atrapas o cuando no lo haces, el juego no presenta ningún reto. Aunque cambie el desempeño del jugador, el resultado final del juego siempre será el mismo y el trabajo que haga sólo se reflejará en la

GUI y en los datos finales. En el juego es imposible ganar o perder, de hecho éste puede terminarse sin haber comido una sola polilla y sólo iniciándolo, como si se tratara de una animación.

Por otra parte, la información que presenta en las pantallas introductoria, de guión intermedio y de datos finales hace referencia escrita a la selección natural y al melanismo industrial. En la introductoria se narra, en un texto rico en contenido y de poca extensión, la visión poblacional, la identidad del personaje, la meta del juego, la mecánica principal y se presenta el esquema de control:

“Aquí viven y se están reproduciendo constantemente las polillas, que pueden ser blancas o negras. Conviértete en un depredador y trata de atrapar, en el menor tiempo posible, la mayor cantidad de polillas, sin importar el color. Toca para comenzar.”

En la intermedia se hace énfasis en el ambiente cambiante por la actividad humana y se introduce al segundo nivel:

“La contaminación ha hecho que la corteza de los árboles se oscurezca.”

Mientras que en el guión final se hace una recapitulación del proceso:

“Dentro de una misma especie hay seres con características diferentes que les permiten sobrevivir más fácil en diferentes ambientes. Este es un ejemplo de evolución en acción, es un cambio, resultado de la selección natural. Gracias por jugar.”

El contenido de los guiones es coherente con la selección natural y el resto del núcleo, ya que ofrece una visión poblacional y muestra que existe variación dentro de una población, que puede ser más adaptativa o menos, dependiendo del ambiente. La retórica procedimental se presenta con el efecto del jugador en el sistema, así el efecto del jugador en la población de polillas en un principio se asemeja al de los depredadores en el mundo real. Sin embargo, el hecho de que la población total de insectos no disminuya a pesar de la

acción del jugador lleva a que no haya una lucha por la existencia y a que el *gameworld* se comporte de forma distinta al mundo real, en este aspecto que es clave para la explicación de la evolución por selección natural de acuerdo al modelo del núcleo duro del darwinismo.

Por otra parte, la mecánica del juego, que consiste en *atrapar* polillas, efectivamente pone al jugador en el papel de un depredador, pero a pesar de esto la selección que se hace en la primera pantalla de *gameplay* parece no afectar la segunda, haciendo difusos los efectos de la depredación en el color de la población a lo largo del tiempo. En cambio, al mostrar el bosque en dos momentos sucesivos en los que las cortezas son de distinto color se muestra como el color adaptativo de la población de polillas también cambia en relación con el ambiente, lo que para una audiencia de no expertos resulta positivo, pues disminuye la posibilidad de malinterpretar el proceso, porque va contra el pensamiento esencialista y teleológico. Además, facilita la comprensión de la selección natural y de la evolución, al articularse al resto de la sala a la que pertenece.

6.3 El juego del pájaro joven

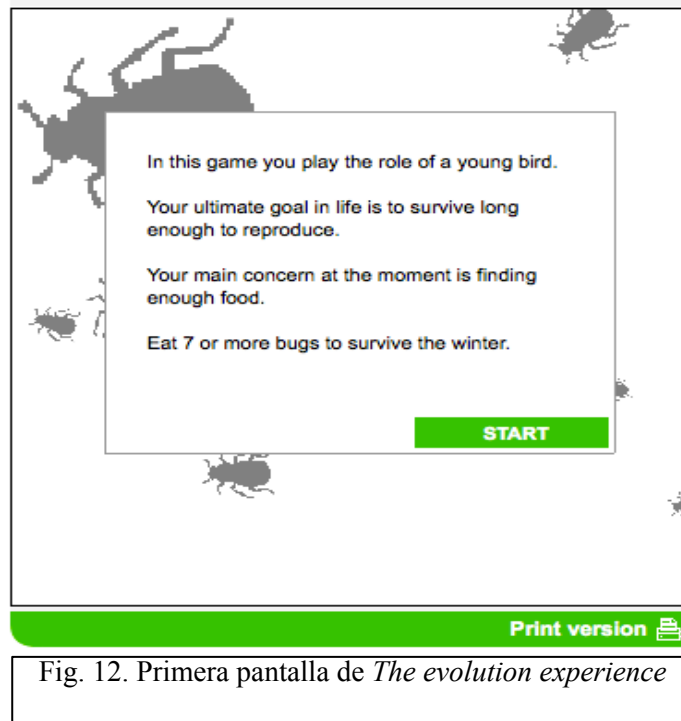
Este juego fue parte de la exposición virtual *Nature Online*, del Natural History Museum (NHM), y se encontraba en la parte de evolución.

La sala virtual dedicada a la evolución tiene tres secciones principales por las que se puede navegar tituladas *What is evolution?*, *What is the evidence?* y *How did evolutionary theory develop?* La primer sección tiene a su vez tres partes; una que presenta la teoría, otra que busca explicar cómo trabaja la teoría con texto e imágenes y una última que presenta al juego analizado: *The evolution experience*.

La exhibición virtual fue dada de baja, junto con el juego, como parte de remodelaciones del sitio del NHM a partir del 6 de agosto de 2015. El equipo de remodelación de la página dejó claro que partes de ésta no serían remplazadas¹¹⁰. Sin embargo, el juego y versiones pasadas de esta página se conservan en el archivo web del Reino Unido¹¹¹, donde

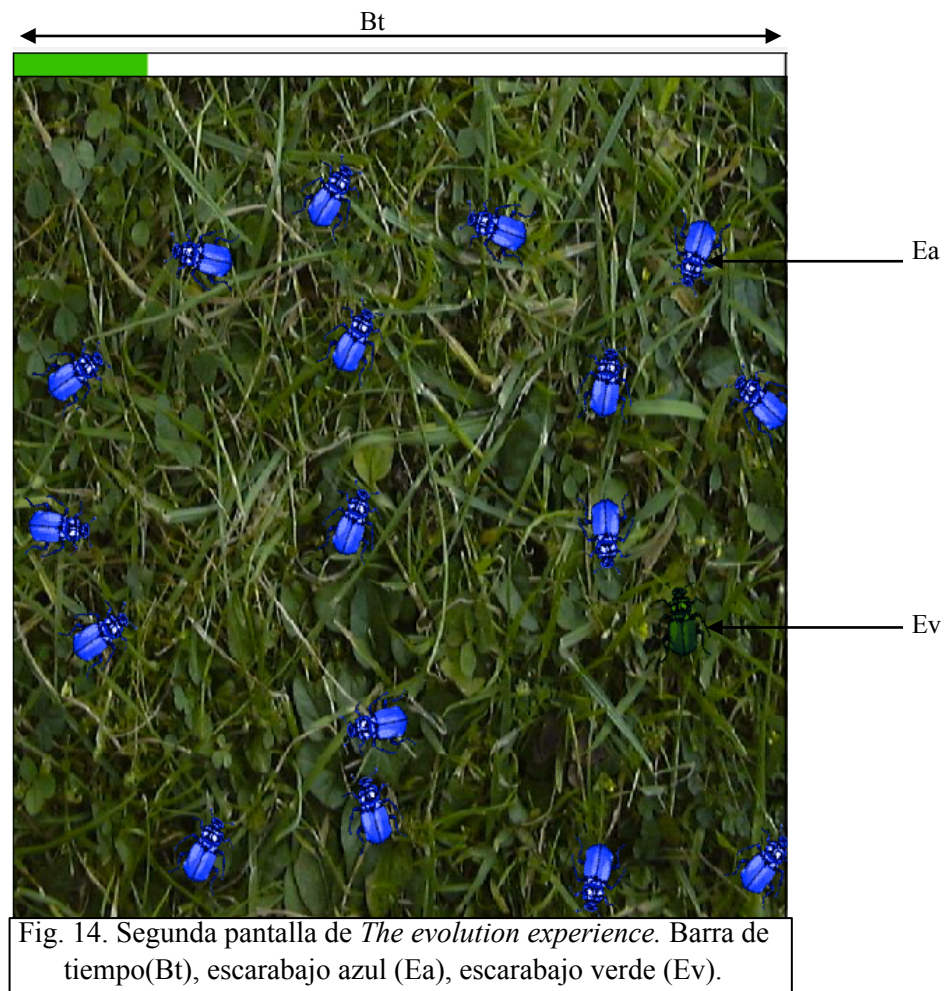
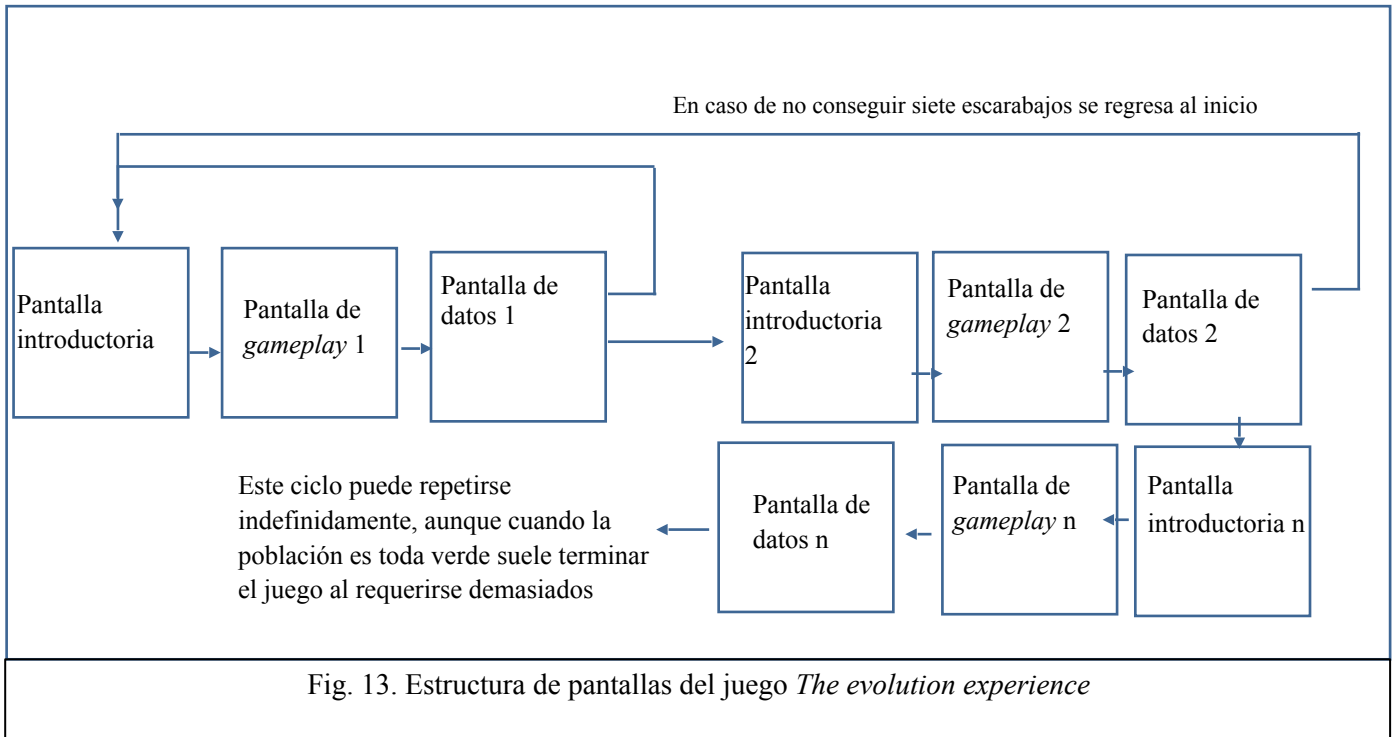
The evolution experience

Play our evolution game and experience natural selection first hand!



¹¹⁰ <http://www.nhm.ac.uk/about-us/we-are-redeveloping-our-website.html#sthash.nxz5EqZM.dpuf> (17/08/2015)

¹¹¹ <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20100512152935/http://nhm.ac.uk/nature-online/evolution/what-is-evolution/natural-selection-game/the-evolution-experience.html> (17/08/2015)



aún se puede jugar. El juego es ejecutado en *flash*, por lo que no es visible en dispositivos móviles, sino solo desde exploradores de computadoras personales.

El título del juego, *The evolution experience* [EE], es seguido de un subtítulo que dice: “Juega nuestro juego de evolución y experimenta la selección natural de primera mano”¹¹². Al igual que JP éste también está relacionado al juego no digital y es una simulación de final cerrado dirigida a los visitantes de una exhibición de evolución, que en este caso es virtual.

El juego es de primera persona para un sólo jugador, la meta es *atrapar* siete escarabajos antes de que acabe el tiempo (aproximadamente siete segundos). Por lo tanto, las dinámicas y mecánicas del *gameplay* son muy similares a las del juego de las polillas, pero como veremos a continuación no son idénticas, lo que repercute en la experiencia de juego.

Su estructura es lineal-iterativa (Fig. 13), y en ésta hay sólo tres tipos de pantalla, que pueden repetirse de forma periódica mientras el jugador cumpla con la meta del *gameplay*. El primer tipo de pantalla es la introductoria, que cumple las funciones de indicar el número mínimo de escarabajos que debes comer¹¹³ y de justificar el *gameplay*, ya que contiene guiones que contribuyen a la historia (Fig. 12). El segundo tipo es de *gameplay* (Fig. 14), donde se presenta un *gameworld* que consta de un fondo verde (una fotografía de césped), con ilustraciones de escarabajos (azules o verdes) y de una barra indicadora del tiempo, que se encuentran sobrepuestos a la foto. El tercer tipo de pantalla (Fig. 15) aparece al acabar el *gameplay* y es la pantalla de datos, que consiste de dos partes: un recuadro superior donde se muestra la población total de escarabajos, dividida en dos renglones (azules y verdes), y

¹¹² Todas las traducciones de los textos de los juegos fueron hechas por el autor de la tesis.

¹¹³ A partir del tercer ciclo de juego, el texto que se encuentra en este tipo de pantalla es aleatorio entre cuatro opciones.

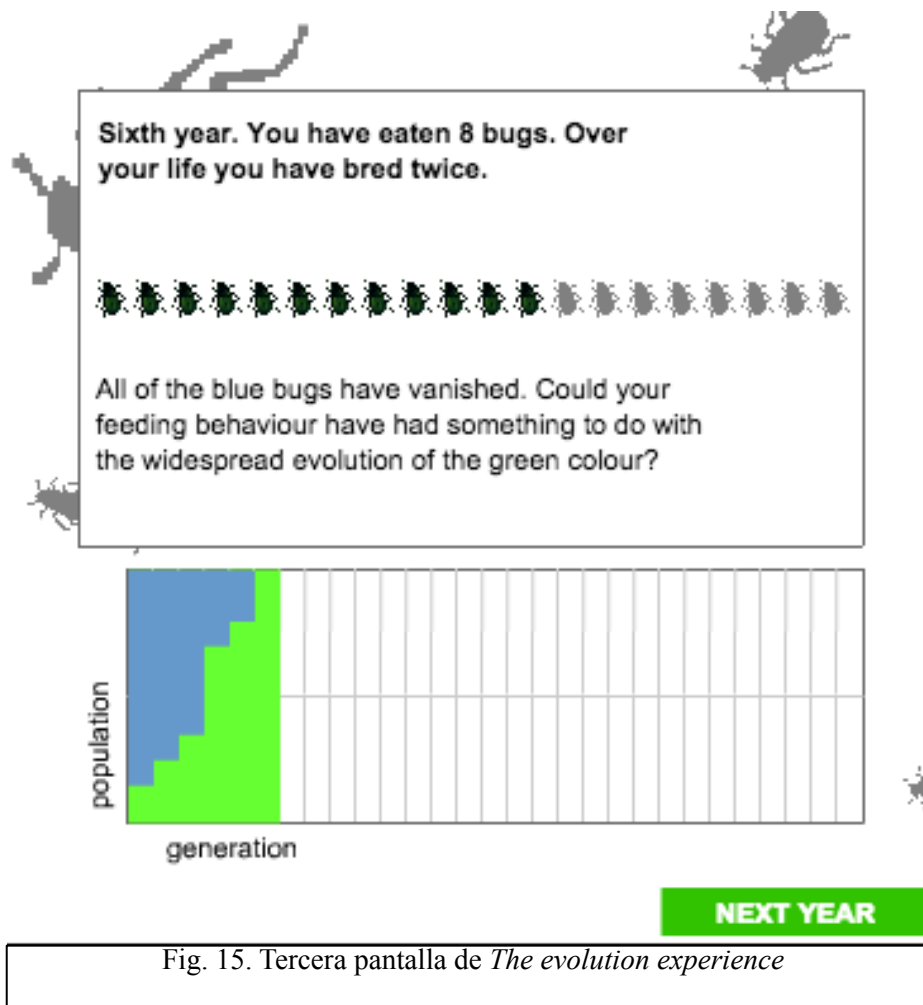


Fig. 15. Tercera pantalla de *The evolution experience*

una gráfica en la sección inferior donde se grafican las generaciones contra la población, con sus respectivos colores, junto con un texto que cambia y hace alusión a la población de insectos representada en la gráfica. Al poner el cursor sobre el recuadro superior aparece un cuadro de texto que indica el número de escarabajos de cada color que comiste en el último *gameplay*. En caso de haber conseguido comer la cantidad mínima de escarabajos se puede presionar el botón “*next year*” y avanzar a una segunda iteración del juego, un segundo año, que implica volver a la pantalla de inicio y luego a un segundo *gameplay*, donde la proporción de escarabajos de cada color ha cambiado de acuerdo con la segunda pantalla de datos, donde hay una gráfica que muestra la abundancia de los diferentes colores. Por otra parte, en caso de no comer la cantidad mínima de escarabajos en el tiempo establecido se indica

con una calavera, junto con un mensaje, la muerte del personaje y el juego termina. Cuando se cumple con la cantidad mínima de escarabajos ingeridos al terminar el tiempo se indica el avance al siguiente ciclo de juego, aparentemente las iteraciones del juego pueden darse indefinidamente, aunque en la práctica la dificultad en incremento pone un límite.

Además, los textos de la pantalla introductoria y de la pantalla de datos finales suelen cambiar en los diferentes ciclos, modificando continuamente la historia del juego y el destino del personaje en cada sesión; en el primer y segundo ciclos el texto de la pantalla introductoria es constante, pero a partir del tercero el texto presentado varía de forma aleatoria entre cuatro opciones que introducen la situación del personaje. Una de las opciones indica que el personaje se reprodujo y ahora tiene que alimentar a sus crías, las otras tres narran que éste no pudo reproducirse por distintas razones, mala suerte, enfermedad o una herida. Por otra parte, la cantidad de escarabajos que se indica comer suele ser siete, pero también varía y puede llegar a más de 10. Estos números son independientes del texto con el que se presentan, pero están ligados a las proporciones de colores de escarabajos en la población, por ejemplo, el juego llega a pedir 12 escarabajos cuando van varios ciclos de una población completamente verde, orillando al jugador a perder. El número de escarabajos que el sistema establece no tiene una conexión directa con el texto que lo acompaña en la pantalla, sino con el desempeño logrado en ciclos de juego anteriores e incluso, si no se recarga la página, con intentos anteriores, esto habla de que el diseño del sistema considera el balance de dificultad del juego.

Con cada ciclo la pantalla de datos se va enriqueciendo y se pueden apreciar gráficamente los cambios en las proporciones de cada iteración, dependiendo de la selección de cada año. Algo interesante es que aunque la meta final del juego es que el personaje se

reproduzca, el jugador no influye directamente en esto, sólo aumenta sus posibilidades al mantenerlo vivo varios años, en cambio, sí influye activamente en el color de la población de escarabajos en el tiempo, aunque esta no sea su meta.

En las pantallas de *gameplay* hay una población con un número limitado de escarabajos verdes y azules de alrededor de 20. Las proporciones de color de la población son principalmente azules en un inicio y en los ciclos posteriores cambian, dependiendo de los colores de los escarabajos sobrevivientes: los azules suelen ir disminuyendo y los verdes aumentando. Después de algunos ciclos comiendo escarabajos azules estos pueden llegar a desaparecer, lo que provoca que la población general sea completamente verde y que se mantenga así. En cambio, si se intenta intencionalmente desaparecer a los individuos verdes, comiendo a los pocos individuos que hay en los primeros ciclos, el sistema lleva a la población de estos a resurgir en ciclos posteriores.

La historia del juego siempre termina cuando el personaje muere, pero antes de esto la narración se encuentra indeterminada, circunstancia que, junto con los cambios de dificultad, invitan a jugar más de una ocasión. Además, la pantalla de datos hace evidente el impacto del jugador en el estado del juego, cuestión que se reafirma con las modificaciones en el color de la población de ciclos siguientes.

El juego implica un cierto grado de dificultad desde el primer ciclo, debido a lo breve del tiempo (sólo siete segundos), por lo que el jugador debe encontrar y elegir al menos un escarabajo por segundo, lo cual es un reto para los novatos. Si el reto es superado, el jugador puede avanzar un año, de no ser así habrá perdido. El juego no presenta animaciones ni audio, pero presenta una ventana *pop up*, justo antes del tercer *gameplay*, donde se indica que también existen escarabajos verdes y se muestra una imagen donde se resalta uno.

El *gameworld* es de dos dimensiones y consiste en pasto de fondo, escarabajos y el ave (que no tiene representación gráfica), y a pesar de que en éste se combina fotografía con ilustraciones, se logra el propósito de hacer unos escarabajos más visibles que otros (Fig.15). La interacción del jugador con el juego ocurre por medio del cursor de la computadora personal y de los *clicks* que se hagan en el mouse o *pad*. En las pantallas de *gameplay* sólo es posible interactuar con los escarabajos, por lo que su grado de abstracción resultado de la relación entre las reglas y el mundo ficticio es alto, al igual a lo que ocurre en JP. La estética del diseño de la interfase utiliza un estilo de *pixelart* para los escarabajos que no son monocromáticos sino que presentan distintas tonalidades de cada color que ayudan al camuflaje sobre la foto de césped.

Este juego tiene como mecánica principal la misma que la de JP; atrapar insectos virtuales, también son similares en su principal regla, atrapar el mayor número posible de objetivos en tiempo limitado. Sin embargo, las dinámicas son un tanto distintas, porque en este juego sí existe una regla que indica una cantidad mínima de insectos que debes comer si quieres continuar jugando. Por otra parte, también se diferencian en que la historia de este juego es impredecible, porque cambia ligeramente en las diferentes sesiones.

El juego, como ya se mencionó, tiene una estructura lineal iterativa que consta de pantalla introductoria, pantalla de juego y pantalla de datos finales. El texto donde se presenta la historia del personaje ocurre en la pantalla introductoria y ésta se vuelve impredecible a partir del tercer ciclo. En el primer ciclo se presenta al personaje, su objetivo, su meta y la meta del jugador:

“En este juego asumes el rol de un ave joven. Tu meta es sobrevivir lo suficiente para reproducirte. Come al menos siete escarabajos para sobrevivir el invierno.”

En el segundo ciclo se hace referencia a que eres joven y no pudiste reproducirte por inexperiencia. A partir del tercer ciclo el texto de la pantalla introductoria varía de forma impredecible entre las cuatro opciones mencionadas más arriba

La secuencia de narraciones siempre cambia porque en cada ciclo el sistema del juego elige aleatoriamente entre las cuatro opciones¹¹⁴, lo que suele producir narraciones diferentes en las diferentes sesiones de juego.

Considero importante mencionar que los textos en las pantallas de datos hacen referencia a las proporciones de color en la población de escarabajos. En el texto de la parte superior se indica el año del juego (ciclo), el número de escarabajos que se han atrapado, en caso de haber sobrevivido y el total de veces que te has reproducido. En la parte inferior de la pantalla está la gráfica que señala los cambios de color de la población en el tiempo y su relación con tu comportamiento como depredador (Fig. 15).

Los diferentes elementos formales en EE son coherentes entre sí y también con la selección natural, debido a que presentan una visión poblacional donde hay variaciones adaptativas de color y también donde la lucha por la existencia es una constante para el personaje y para la población de escarabajos. De igual forma, al encontrarse dividido en años que corresponden a varias iteraciones, los efectos de la selección son fácilmente apreciables en la evolución de la población de escarabajos.

6.4 Comparación preliminar

Ambos juegos fueron desarrollados para exposiciones, presencial y virtual, lo que hace que se encuentren articulados de manera estrecha con el resto de sus respectivas exposiciones. Ambas son simulaciones de final cerrado que sitúan al jugador en primera

¹¹⁴ Incluso pueden ocurrir redundancias.

persona como un depredador y usan poblaciones de insectos de dos colores como presa. Además, sitúan al jugador como agente seleccionador que debe buscar y atrapar insectos con un tiempo limitado. Asimismo, difieren entre sí en distintos niveles: narrativa, estética, contenido y dinámicas del sistema que llevan a diferentes experiencias de juego y a presentar la selección natural de manera distinta.

En la simulación del proceso de selección en JP, la reproducción, nacimiento de insectos se da todo el tiempo, lo que hace que las generaciones se superpongan y que mediante los iconos de estado, el jugador pueda apreciar el cambio proporcional de colores en tiempo real. Por otra parte, el número de individuos de la población no merma a pesar de la selección y hay polillas disponibles durante los 28 segundos de *gameplay*. En cambio, en EE la población de escarabajos durante el *gameplay* es limitada y los escarabajos de algún color pueden acabarse (porque no se reproducen todo el tiempo), y sólo al avanzar de año (ciclo) se ven los efectos de la selección. Esta segmentación del proceso de selección natural en los diferentes ciclos (iteraciones) de juego puede hacer evidentes los efectos de la lucha por la existencia en el gráfico comparativo que aparece en el tercer tipo de pantalla, donde se muestra el cambio proporcional de color en la población, aunque esto sea distinto a lo que ocurre en la naturaleza. En ambos juegos el esfuerzo que el jugador invierte en las pantallas de *gameplay* es una analogía de la lucha por la existencia.

Los dos juegos coinciden con aspectos del núcleo duro del darwinismo y el contenido que presentan como texto o visualmente es coherente con este modelo. Coinciden en que ambos representan la variación poblacional por medio de insectos que nacen de dos colores. También son similares en que la lucha por la existencia se representa a través de la selección activa del jugador (depredador), donde el ambiente (color del fondo) es determinante para dirigir la variación que resulte adaptativa y la herencia se representa con

el cambio de proporciones de color en la población, a partir de los sobrevivientes de la depredación. Esta mecánica es en general la misma que la utilizada en el juego simulación escolar (Fig.7), pero con un juego no digital, sin embargo, son diferentes en las formas en las que presentan procedimentalmente el proceso, porque aunque la mecánica de juego es la misma, las reglas del juego no lo son. La muerte sin descendencia es el resultado del fracaso en la lucha por la existencia, este aspecto se presenta en EE porque el personaje que controla el jugador puede morir y por otra parte el sistema de juego registra y muestra tras cada ciclo de juego el número de descendientes que ha tenido el personaje, estas características no están presentes en JP.

Por otra parte, JP presenta un caso histórico (del melanismo industrial), mostrando cómo un ambiente cambiante repercute directamente en la evolución de la población virtual, mientras que en EE el ambiente es constante, pero el sistema presenta seguimiento generacional en los cambios de color de la población. Al presentar un ambiente cambiante JP atiende dificultades para entender el pensamiento evolutivo, esto no pasa en EE, donde los escarabajos verdes siempre están mejor adaptados. Ambos juegos cumplen su propósito al comunicar evolución por selección natural de una forma que es coherente al núcleo duro del darwinismo y lo hacen a partir de mecánicas similares y una estructura general similar, aunque difieren en sus reglas.

El juego que se analizará a continuación está dado por un sistema más complejo y pone al jugador frente a una población de seres virtuales: *Genepool Swimbots*.

6.5 El juego, el algoritmo y el *genepool*

El término “*genepool*” es utilizado como metáfora en las ciencias biológicas y en particular en la genética de poblaciones para referirse a todos los genes que existen en una población, y suele traducirse al castellano como “*acervo genético*”. *Genepool Swimbots* es un juego simulación de final abierto que busca imitar la evolución biológica. Para hacerlo, sitúa al jugador como observador y agente de cambio en una

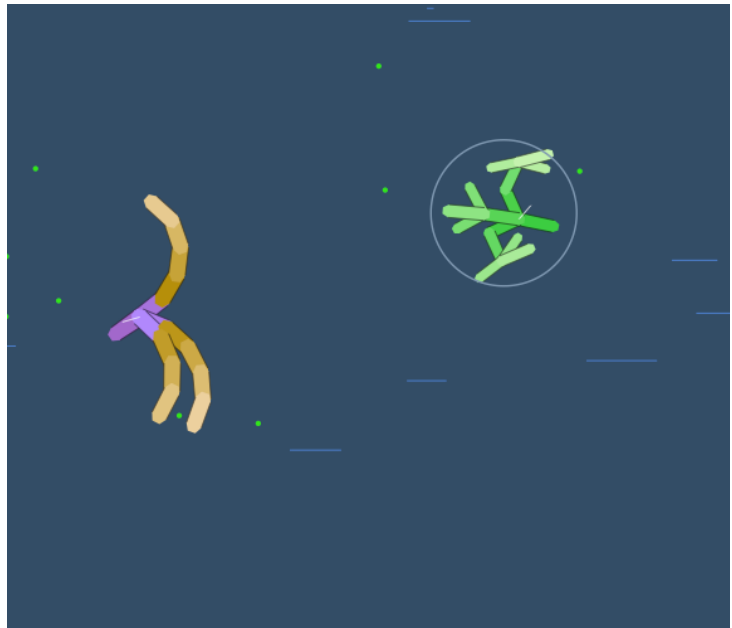


Fig. 16. *Game world* de *GenePool Swimbots*. Consiste de un fondo, *swimbots* y *bits* de comida.

piscina virtual habitada por una población de *swimbots*. Los *swimbots* son entidades artificiales y su población evoluciona a partir de un algoritmo bioinspirado. *GenePool Swimbots* [GP] fue desarrollado por WiigglePlanet, empresa fundada por Jeffrey Ventrella, quien mediante su software busca (según su página de internet) explorar la intersección entre lo real y lo virtual con “seres vivos auto-animados”. El juego puede descargarse de forma gratuita para distintos sistemas operativos¹¹⁵ y según Ventrella fue diseñado “para lograr traer a la luz algunos de los principios de la evolución de una forma entretenida e instructiva”¹¹⁶.

¹¹⁵ La que se utilizó para el análisis fue la 6.0 para Mac

¹¹⁶ Ventrella, 2005

Este juego se basa en *Darwin Pond*, un juego simulación desarrollado anteriormente por Ventrella para Rocket Science Games Inc., que nunca salió a la venta, pero que tras la desaparición de su compañía desarrolladora fue liberado en internet de forma gratuita. A diferencia de los juegos de exhibición analizados más arriba, que son adaptaciones de una simulación no digital, *GenePool Swimbots*¹¹⁷ tiene como base un algoritmo utilizado en las ciencias de la computación; un algoritmo evolutivo.

Las ciencias de la computación suelen ver a los seres vivos como una inspiración; ideas como la inteligencia artificial y la vida artificial encuentran su génesis ahí. Como parte de este cómputo bioinspirado se ha desarrollado la computación evolutiva y, dentro de esta, se encuentran algoritmos evolutivos como los algoritmos genéticos [AG].

Los algoritmos: son herramientas creadas para resolver problemas computacionales “una secuencia de instrucciones que le dice a la computadora lo que debe hacer” (Domingos, 2015, p. 1), en otras palabras, secuencias de pasos específicos que se le indican a la computadora para resolver problemas. Muchos de los efectos de los algoritmos suelen ser visibles gracias a la iteración (la repetición secuencial) de éstos; algunos procesos naturales tienen estructuras que pueden modelarse como algoritmos y también despliegan sus efectos con la iteración, la evolución por selección natural es un proceso de este tipo y los AG se inspiran en ella.

Melanie (1996), autora del libro *An Introduction to Genetic Algorithms*¹¹⁸, narra de qué manera la estructura base de los AG fue desarrollada por John Holland entre las décadas de 1960 y 1970 para “estudiar el fenómeno de adaptación que ocurre en la naturaleza y para desarrollar formas en que los mecanismos de la adaptación natural sean importados a

¹¹⁷ Al igual que Darwin Pond.

¹¹⁸ *Una introducción a los algoritmos genéticos*

computadoras” (ibíd., p. 3), es decir, que este tipo de algoritmos se utilizan dentro de la biología para simular poblaciones reales y también dentro de las ciencias de la computación, adaptando la estructura de este proceso biológico a una herramienta de cómputo.

En los algoritmos genéticos, además de imitar el proceso de la evolución, se utilizan términos biológicos de forma similar a como se usan en esta ciencia. Así, Melanie los describe como:

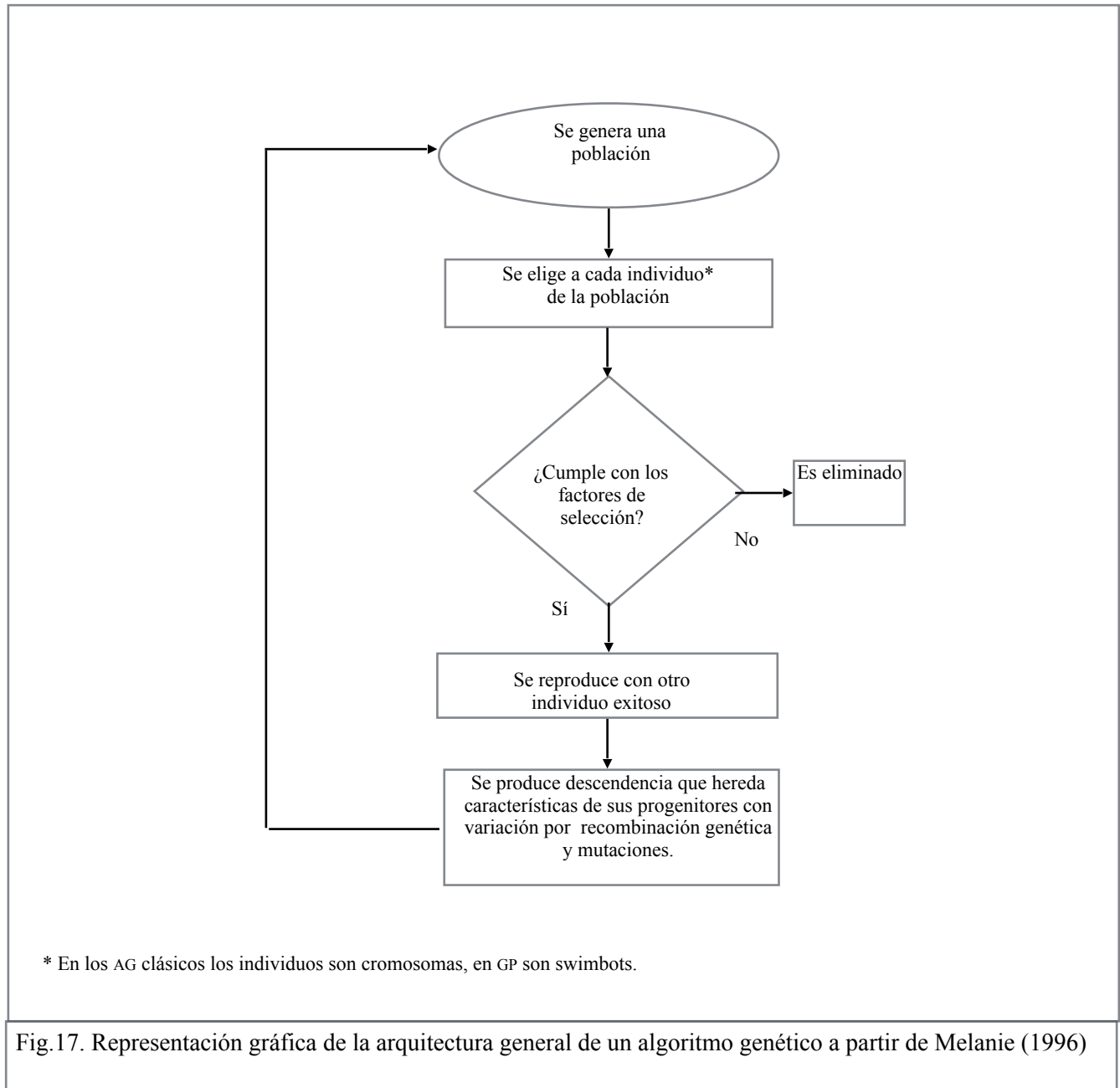
Un método para cambiar a una población de “cromosomas” (por ejemplo un código de ceros y unos) a una nueva población, al usar un tipo de “selección natural” junto con operadores inspirados en la genética, como mutaciones, cruzamientos e inversiones (ibíd., p. 3).

Además agrega que dentro de los AG:

Los cromosomas dentro de una población de un AG suelen tomar la forma de cadena de bits. Cada locus del cromosoma tiene dos alelos posibles: 0 ó 1. Cada cromosoma puede ser concebido como un punto en el espacio de búsqueda de candidatos a la solución [del problema]. La población de cromosomas durante el proceso del AG, reemplaza sucesivamente una población con otra. Los AG suelen requerir una función que le asigne un valor de aptitud a cada cromosoma de la población. La aptitud de un cromosoma dependerá de la forma en la que resuelva el problema en cuestión (ibíd., p. 7).

Estas características hacen que los AG clásicos sean coherentes con el proceso de selección natural e incluyan terminología y nociones de la biología moderna que forman parte de la heurística positiva del programa de investigación, como la herencia o mutaciones genéticas. Así, estos algoritmos (Fig.17) presentan una población de cromosomas donde no todos pasarán sus genes a la siguiente generación, ya que existen más cromosomas de los que podrán heredar sus genes y donde los únicos que pasen serán los que cumplan los

requisitos del operador de selección. Los cromosomas más adaptados en la lucha por la existencia son los que se ajustan a un operador de selección, y estos son los que podrán heredar a su descendencia sus genes recombinados con los de su pareja y mutados de



acuerdo con otro operador. En estos algoritmos se sitúa la selección natural a nivel de genes y cromosomas, no de individuos, pero esto es distinto en GP.

El AG que presenta GP va más allá de las líneas de código, y se despliega por medio de agentes inmersos en un *gameworld*. Cada agente, tiene características únicas determinadas por sus cromosomas, siendo el código (genotipo) el que determina al fenotipo. Las características de los cuerpos de los *swimbots*, su tipo de movimiento y su comportamiento dan lugar al fenotipo y el desempeño de cada fenotipo resulta relevante para el algoritmo genético y la evolución de la población.

La evolución de la población de *swimbots* no ocurre a partir de la evaluación de código simple, como en los AG clásicos, sino que es el resultado del desempeño de los fenotipos de los *swimbots* inmersos en el *gameworld* junto con la agencia del jugador durante múltiples generaciones.

Por otra parte los AG clásicos suelen desarrollarse para resolver un problema y detenerse una vez que se cumpla su objetivo, mientras que en GP no existe dicho objetivo y el juego se detiene en cuanto el jugador lo decide, sin importar que todos los *swimbots* hayan desaparecido. De esta forma el juego adapta las reglas de los AG clásicos y hace que parte de la estructura del algoritmo ocurra dentro del *círculo mágico* y parte fuera (la recombinación y las mutaciones genéticas).

Respecto a su estructura, el juego tiene una pantalla principal que muestra un escenario bidimensional que consiste en un fondo con una animación simple sobre el que hay *swimbots* y *bits* que les dan energía virtual (Fig.18).

Sobre el escenario se despliega la GUI, una serie de iconos extradiegéticos, una cruz navegadora que permite desplazarse en cuatro ejes sobre la piscina, un símbolo + y un - para hacer *zoom* en el *microscopio* y seis botones; cinco en la parte superior y uno en la parte inferior derecha, debajo de la cruz (Fig. 19) que como se revisará más adelante, están relacionados a las mecánicas extradiegéticas del juego y con la presentación de su estado.

En el mundo ficticio habitan dos tipos de entidades, los *bits* y los *swimbots*. Los *bits* permanecen estáticos y dan energía virtual a los *swimbots*. Los *swimbots* de una población son distintos entre sí (al menos de que sean clones), cada uno está formado por uno o varios segmentos y gasta energía virtual todo el tiempo, entre más activo sea más energía virtual gastará, por lo que existen diferentes grados de la eficiencia energética entre las distintas criaturas virtuales. Los *swimbots* obtienen energía virtual a partir de sus padres y de los *bits* de la piscina. Cuando los *swimbots* gastan energía virtual, ésta regresa a la piscina (esto no se representa en la pantalla¹¹⁹) y forma nuevos *bits*, es decir, que la piscina, dichas entidades forman un sistema virtual energéticamente cerrado.

Los *swimbots*, al imitar a seres vivos y necesitar energía virtual, presentan diferentes “estados mentales” que se rigen por un algoritmo determinante en su comportamiento (Fig. 20). Cuando un *swimbot* tiene poca energía virtual buscará alimento, si tiene una cantidad óptima de energía buscará pareja, si la encuentra y logra reproducirse dejará una parte de su energía virtual y de su información genética a su descendencia; el *estado mental* de un *swimbot* se puede saber al observar el vector que se presenta en su segmento raíz. Si son dos vectores verdes estará buscando o persiguiendo *bits* y si es una línea o una flecha blanca estará buscando o persiguiendo pareja.

¹¹⁹ Ventrella (2005)

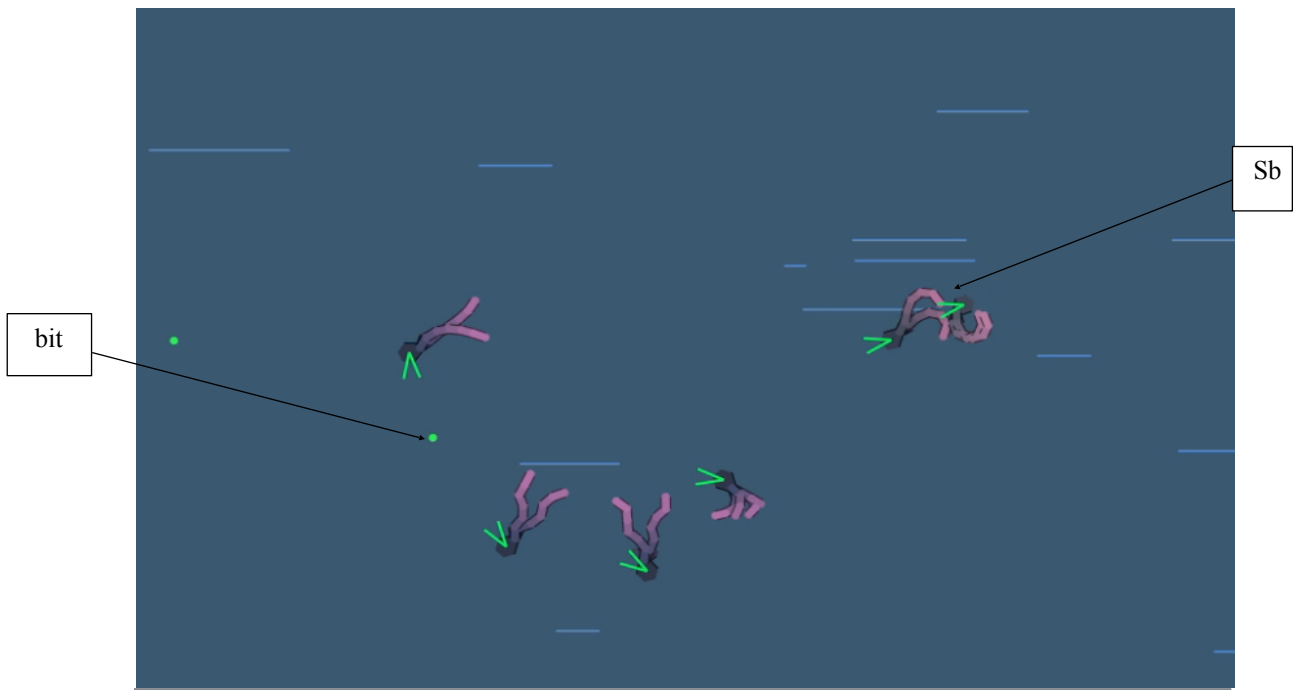


Fig.18. *Swimbots* (Sb) compitiendo por un *bit* de energía.

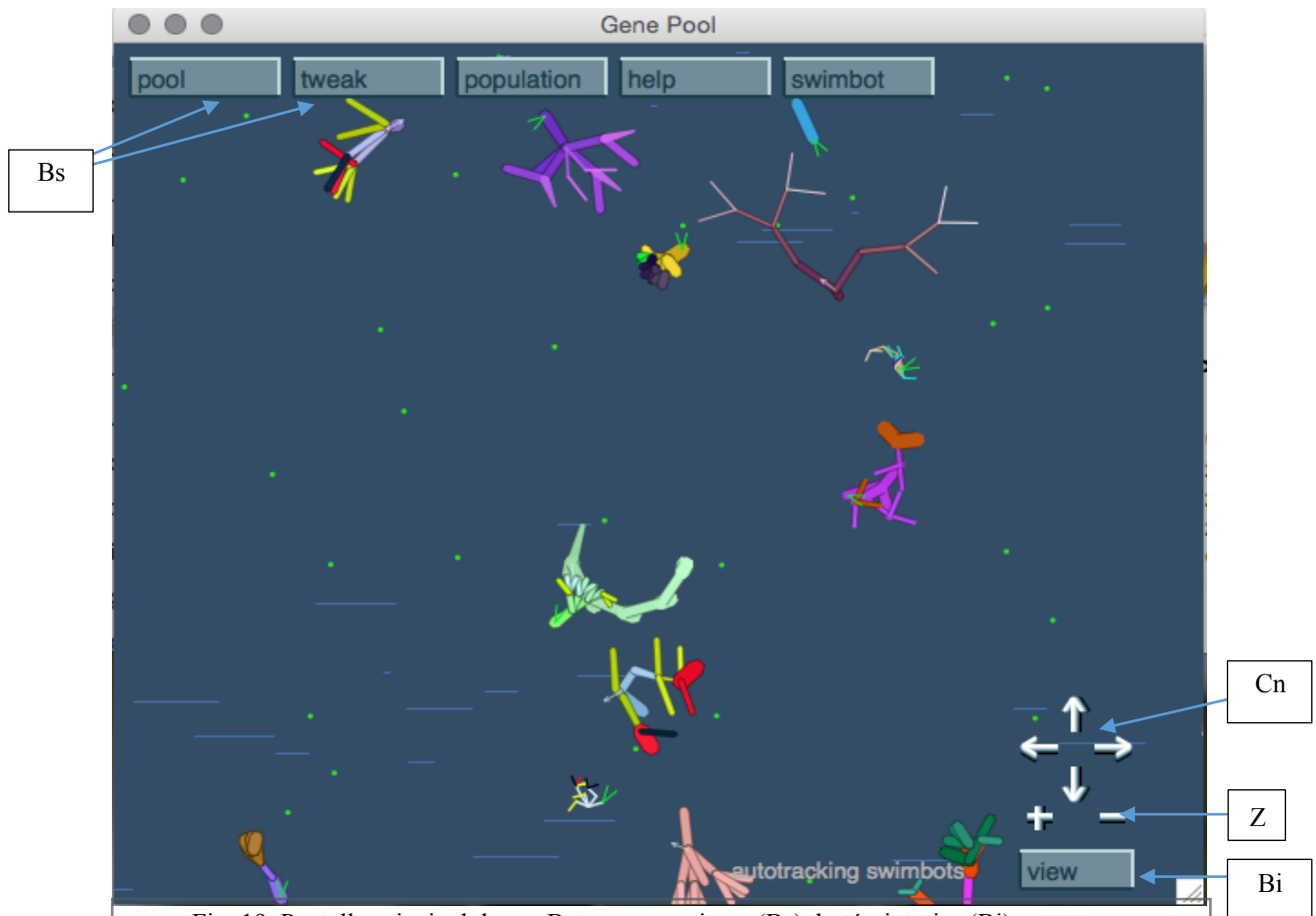


Fig. 19. Pantalla principal de GP. Botones superiores (Bs), botón interior (Bi), cruz navegadora (Cn) y zoom (Z).

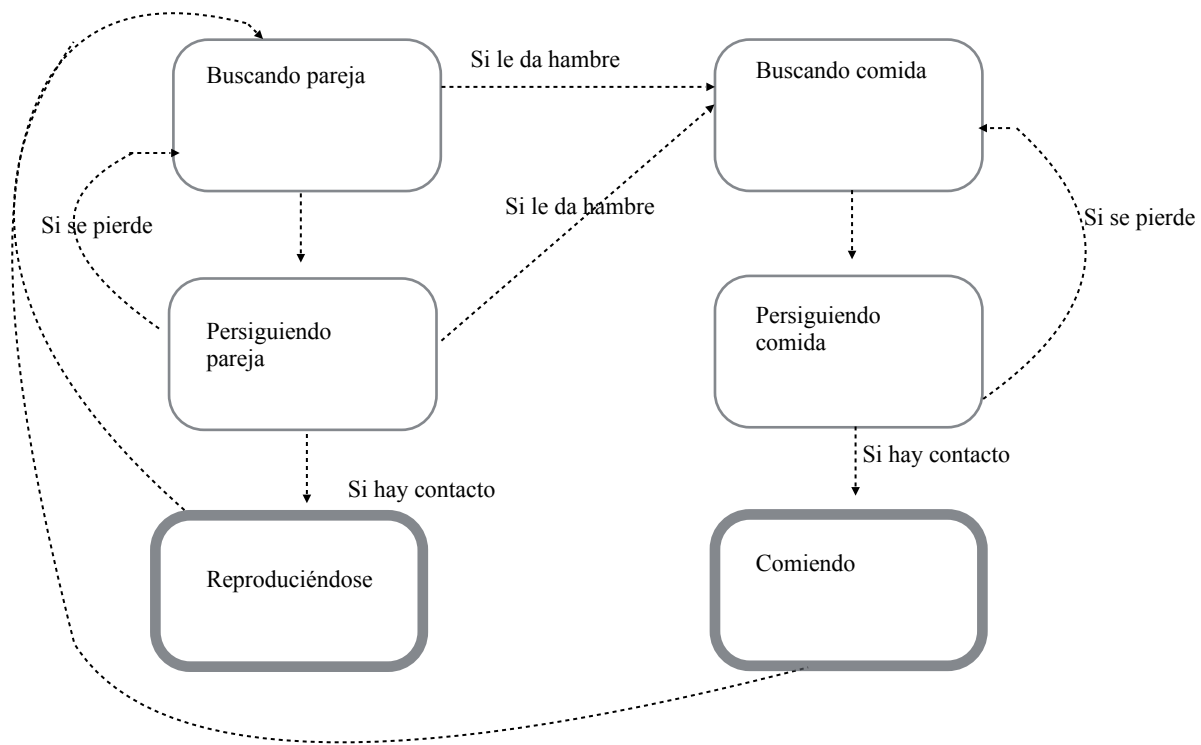


Fig. 20. Representación de los estados mentales de los *swimbots*. Traducido de Ventrella, 2005.

Los *swimbots* producen una sola cría por contacto reproductivo, sin embargo, si su energía virtual lo permite, pueden tener varios encuentros reproductivos consecutivos y producir varios descendientes de forma casi simultánea, esto permite apreciar la variabilidad en la descendencia de un mismo par de progenitores.

Tras cada contacto reproductivo fuera del círculo mágico ocurre parte del algoritmo genético cuando la información genética de los progenitores se recombina y a la información resultante le ocurren mutaciones que finalmente se traducen a un nuevo *swimbot*. En la piscina aparece una pequeña elipse blanca, en el que se encuentra la descendencia que crece en pocos segundos y que se va haciendo transparente de forma gradual hasta que

desaparece cuando el nuevo *swimbot* con un fenotipo único alcanza su tamaño adulto, comenzando inmediatamente a buscar comida o pareja (Fig. 21).

Ventrella (2005) describe su software en un ensayo para el libro *Artificial Life Models in Software* y menciona que en los *swimbots* el número, las características y el ángulo en el que se articulan sus segmentos, el color y el movimiento son cualidades que están determinadas por genes de los *swimbots*. De esta forma, el sistema aunque se comporta en su base como un AG, también presenta genotipos relacionados a fenotipos, algo que no ocurre en los AG clásicos.

El número de segmentos de los *swimbots*, así como sus ramificaciones pueden variar, pero todo *swimbot* tiene un segmento que es diferente al resto, es en éste donde se encuentra la boca y los supuestos órganos sexuales, tal segmento es llamado “raíz” por sus desarrolladores y se puede identificar porque es el segmento donde aparece un vector o flecha blanca cuando el *swimbot* busca una pareja o por una o dos líneas verdes que forman una boca cuando busca alimento (Fig. 21).

La posición del segmento raíz, la morfología del *swimbot* (largo, ancho, color y ángulo de reposo, que es relativo a la parte a la que se encuentra articulado cada segmento), y su motricidad están determinados por genes. La motricidad de cada *swimbot* es el resultado de la combinación de “las fases y amplitudes de funciones *seno* por segmento”, cuando el movimiento de los diferentes segmentos se combina genera un movimiento de nado único para todo el *swimbot*; algunos son capaces de nadar, otros no. También tienen de los segmentos genes que determinan la frecuencia de los movimientos.

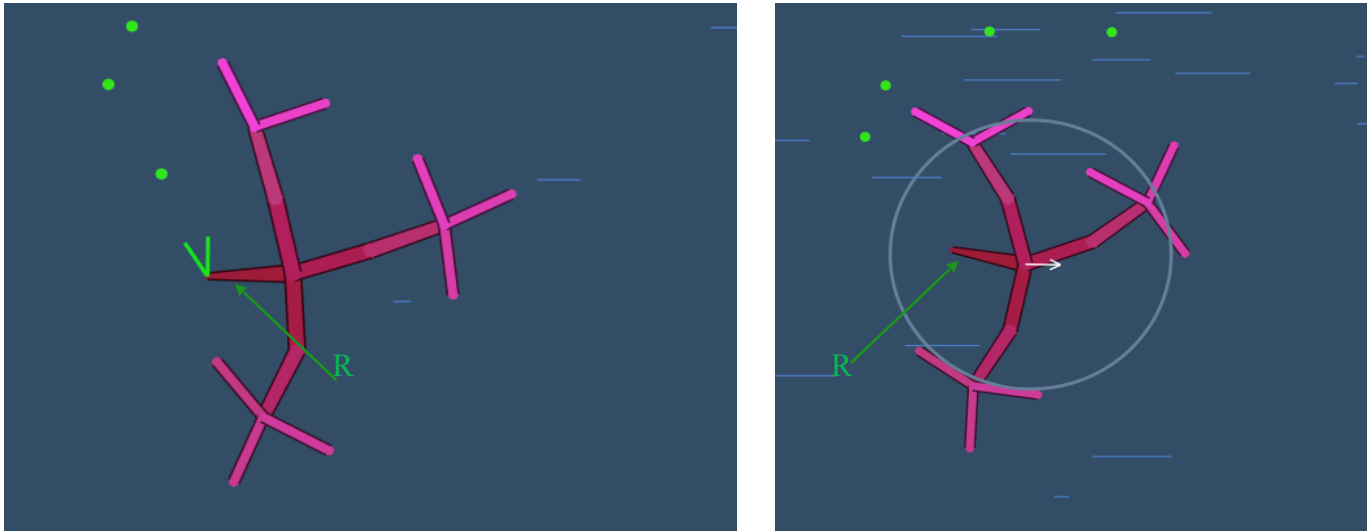


Fig.21. Izquierda: *swimbot* persiguiendo comida. Derecha: mismo *swimbot* persiguiendo pareja después de haberse alimentado. La parte de la boca y la reproductiva se encuentran en los extremos opuestos del segmento raíz (R).

Aunque los genes pueden ser modificados por el jugador como parte de las mecánicas extradiegéticas (como se verá más adelante), se puede suponer que no fueron creadas para el diseño de fenotipos ya que la relación genotipo-fenotipo se encuentra oculta al jugador, algo opuesto a lo que ocurre con *Spore*¹²⁰.

Ventrella (ibíd.) también comenta que dentro de la piscina los *swimbots* tienen una posición, orientación y velocidad de translación y de rotación particulares; estos parámetros son los que se tomarán en cuenta cuando un *swimbot* busque reproducirse. Cuando un *swimbot* tiene un estado mental de búsqueda sólo tiene acceso a una imagen parcial de la piscina, pero con esta puede determinar las coordenadas de la mejor opción de pareja o alimento. El contacto entre un *swimbot* y su alimento o pareja se da cuando éste se encuentra a una distancia menor que la longitud de su boca o vector reproductivo.

¹²⁰ Ver antecedentes.

El mundo ficticio se inspira en el campo de visión de un microscopio, esto se puede deducir porque al presionar el botón “*view*” emerge una ventana donde se puede elegir la “vista del microscopio” (Fig. 22), que permite enfocar toda la piscina y seguir a uno o un grupo de *swimbots* particular. Por otra parte, en esta ventana también se puede elegir “mini-dramas”; cuando se elige una de las opciones el sistema elige y enfoca a los *swimbots* que se encuentran en una situación particular en ese momento. Por ejemplo, al elegir “*mutual love*” (Fig. 23) la cámara de la pantalla principal hará un acercamiento a *swimbots* que se persigan buscando reproducirse entre sí; al elegir “*most prolific*” la cámara centrará al *swimbot* que tenga una mayor descendencia y al elegir “*oldest virgin*” encuadrará justo al *swimbot* más viejo que no se haya reproducido, que suelen ser *swimbots* que no pueden nadar. Esta ventana es particularmente útil porque permite conocer el estado de la población de *swimbots*: el más prolífico mostrará los fenotipos que resulten más adaptados y el “*oldest virgin*” mostrará a los menos adaptados de la población. Los *swimbots* que se muestran en “*most energy efficient*” son los que se desplazan más con menos energía virtual y pueden o no coincidir con los más prolíficos porque, en ocasiones, aunque sean eficientes al desplazarse, no tienen buena orientación y suelen fallar al llegar a su objetivo.

Por otra parte, los *swimbots* más eficientes suelen tener fenotipos que asemejan a seres vivos acuáticos, suelen ser lineales alargados o fusiformes y moverse de manera ondulante, una convergencia con la forma de nado de serpientes o peces. Además, los nombres de los mini-dramas personifican a los *swimbots*, tal como lo hacen ciertos documentales de vida silvestre, y los muestran en situaciones que pudieran ocurrirle al *Homo sapiens*, por ejemplo, al elegir “*mutual love*” el jugador puede observar *swimbots* inmersos en situaciones que asemejen amores que se ven frustrados por un tercero o amores consumados a pesar de que parecieran imposibles. De esta forma el juego guía al jugador y



Fig. 22. Ventana que surge al presionar el botón “view”.

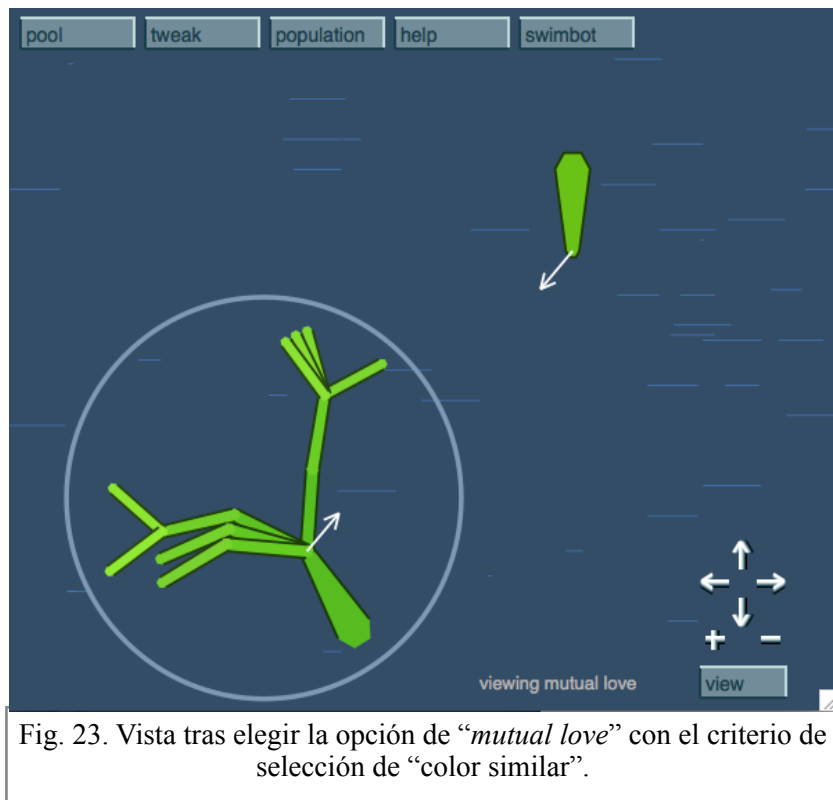


Fig. 23. Vista tras elegir la opción de “mutual love” con el criterio de selección de “color similar”.

lo lleva a personificar a los *swimbots* por medio de la sección de mini-drama. Los jugadores también pueden intervenir en la resolución de estas situaciones y decidir su desenlace, lo que puede llegar a resultar atractivo.

Al ser una simulación abierta y encontrarse en línea de forma gratuita, GP puede dar distintas experiencias, dependiendo de los intereses de cada jugador y los contextos de juego. Por ejemplo, cuando el juego ocurre de manera voluntaria en un ambiente informal, es de esperar que cada jugador se planteará sus propias metas, sin embargo, cuando ocurre en ambientes de aprendizaje formal, es decir, cuando juega en ambientes de educación formal podemos esperar que sea una actividad dirigida, voluntaria o involuntaria y articulada a un tema del programa, por lo que en este caso la simulación sí podría tener metas grupales, pero externas.

El juego es para un solo jugador y el sistema de juego carece de elementos que permitan interactuar con otros jugadores, en la página web del juego tampoco se da espacio a la interacción entre jugadores o el surgimiento de comunidades. Esto lleva a que dicha interacción en ambientes informales se restrinja a pequeñas líneas de texto en internet en foros, blogs o sitios de videojuegos como *newgrounds*¹²¹, pero estos comentarios ocurren de forma aislada y no existen comunidades consolidadas allí. A pesar de lo anterior, existe la posibilidad de compartir el código¹²² de algún *swimbot* si se copian sus parámetros en la opción “*engeenier*”, que se revisará más adelante.

¹²¹ <http://www.newgrounds.com/bbs/topic/1360161> 08/07/2015

¹²² En los comentarios del video “*Bloodbot vs Triworm*” (<https://www.youtube.com/watch?v=YPXOVHnVz7E> consultado el 20/07/2015) es compartido el código de un *swimbot* llamado “*Bloodbot*”.

Los *swimbots* son solo uno de los seres auto-animados creados por la compañía desarrolladora *Wiggleplanet*, pero son los únicos que evolucionan.

El propósito del juego se encuentra en la primera ventana que emerge al presionar el botón de ayuda:

Sé testigo de la evolución darwiniana mientras cientos de organismos simulados compiten por sexo y comida. Explora este acuario virtual de criaturas y su proto-nado, y observa cómo las preferencias reproductivas pueden afectar el curso de la evolución.

El tiempo es importante para el juego porque los cambios en las dinámicas y su efecto en la población de *swimbots* pueden tardar decenas de minutos y porque el tiempo interno del mundo ficticio determina la edad de los personajes que pueden morir de viejos al superar las 40 000 unidades de tiempo virtual, cincuenta unidades de tiempo equivalen a alrededor de tres segundos. Esto hace que la simulación tenga un desarrollo histórico único cada vez que se inicia, tal como ocurre con los seres vivos en la naturaleza.

Como ya se mencionó, el juego no tiene metas claras, basta con que el jugador inicie el juego para que éste pueda desarrollarse y la población evolucione, sin embargo, las mecánicas permiten intervenir en cualquier momento y modificar el curso de la evolución de la población.

Las mecánicas que presenta el juego son tanto diegéticas como extradiegéticas. Las diegéticas permiten mover a los *swimbots* o a los *bits* de energía dentro de los límites del mundo virtual de dos dimensiones. Las extradiegéticas pueden llevarse a cabo al presionar los botones de la GUI en la pantalla principal, éstas mecánicas podrían agruparse en el verbo “modificar”, ya que en ellas el juego permite cambiar distintos parámetros de la simulación.

El primer botón de izquierda a derecha es “*pool*” y muestra, tras presionarlo, una ventana en la que los jugadores pueden elegir entre cuatro estados iniciales para la

simulación, dos secciones en la parte inferior, una para guardar piscinas y otra para acceder a piscinas guardadas, en la parte inferior izquierda de esta ventana se encuentra un botón que permite detener el tiempo de la simulación. Los cuatro estados iniciales que se pueden elegir son: uno totalmente aleatorio en cuanto a genes, lo que produce distintos tipos de *swimbots*, y con una distribución aleatoria de *swimbots* y de *bits* en la piscina, este estado es el que se muestra en el juego de facto al iniciarse. Un segundo estado llamado “*Neighbourhoods*” acomoda a los *swimbots* en una rejilla donde se encuentran ordenados de acuerdo a su similitud y a la misma distancia entre sí y de los *bits* (Fig. 24). Un tercero llamado “*Froggies*” donde los *swimbots* asemejan a ranas, al tener dos extremidades unidas al segmento “raíz” y son de color verde, pero difieren en sus otras características, como en las particularidades de cada extremidad. Finalmente, el cuarto tipo de estado muestra la piscina con *bits*, pero sin *swimbots*; es una plantilla en blanco en la que se pueden insertar *swimbots* aleatorios o guardados¹²³, lo que según el texto que se adjunta a esta opción la hace ideal para experimentar con variedades guardadas o para iniciar la población desde el primer individuo.

El segundo botón de la parte superior de la pantalla principal es “*tweak*” y en la ventana que emerge al seleccionarlo se pueden modificar las dinámicas que fungen como “leyes de la naturaleza” por medio de dos secciones. En la primera se pueden modificar características relacionadas a los *bits* de energía, como su magnitud energética, el umbral de hambre de los *swimbots* y la cantidad de energía virtual que se le da a la descendencia, y en la segunda sección, se puede elegir la preferencia sexual de la población, aunque únicamente se permite elegir una a la vez (Fig. 25).

¹²³ Presionando el botón “*swimbot*”.

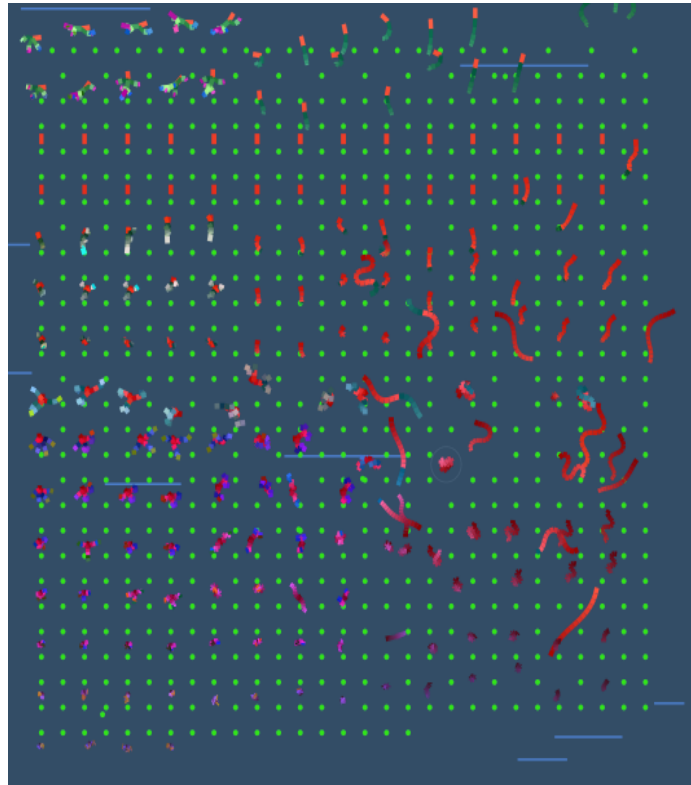


Fig. 24. Pantalla principal unos segundos después de haber elegido el estado inicial de juego.

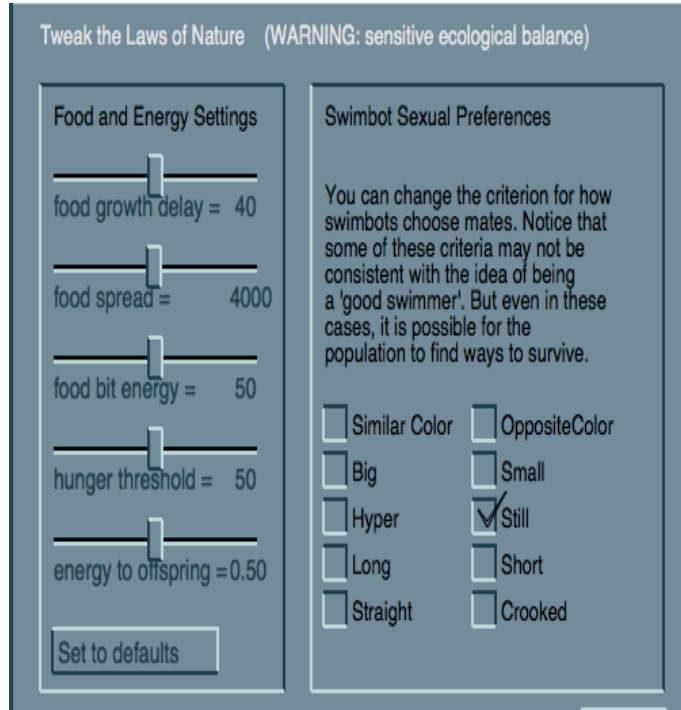


Fig. 25. Ventana que emerge tras presionar el botón “tweak”.

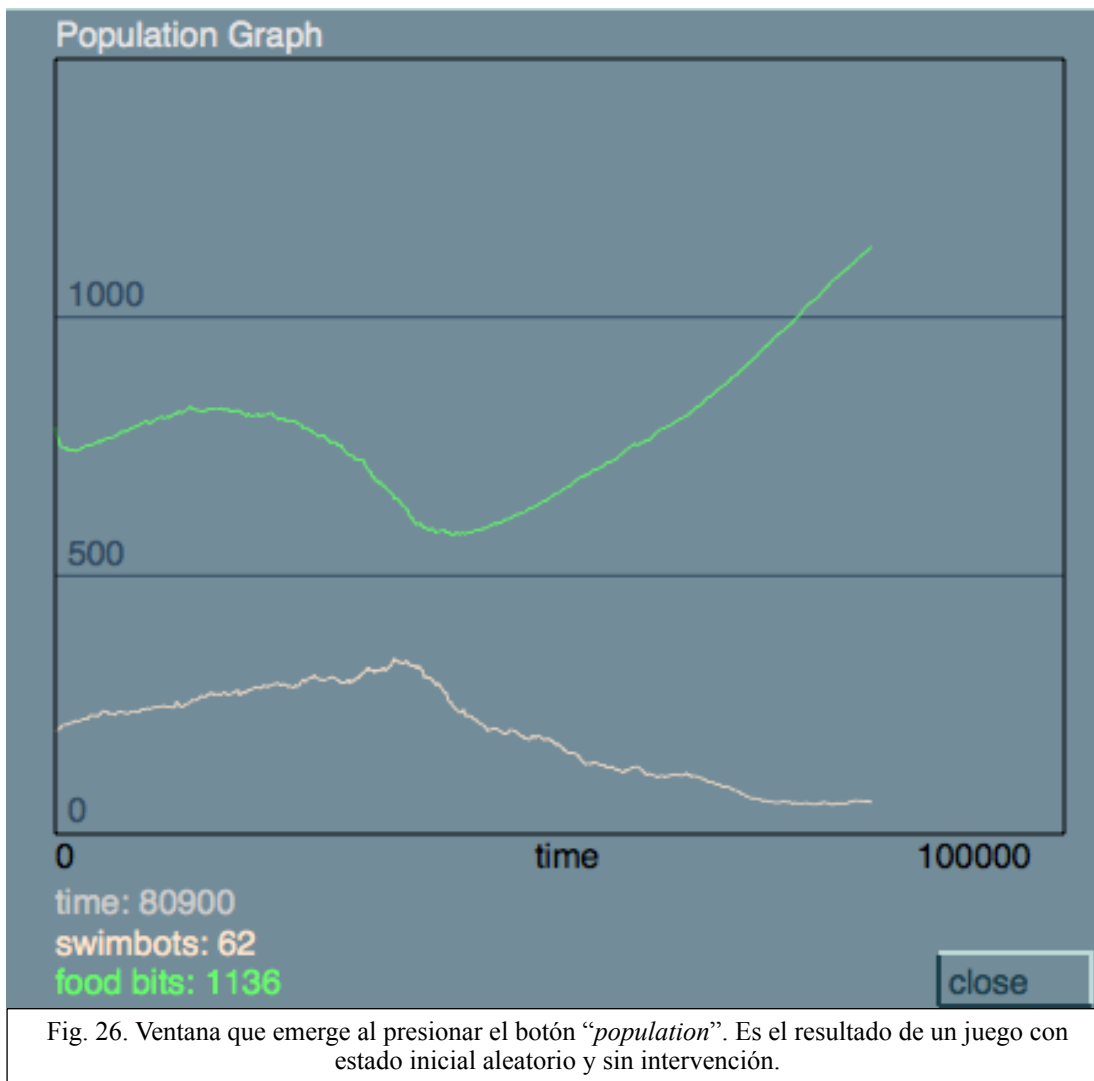


Fig. 26. Ventana que emerge al presionar el botón "population". Es el resultado de un juego con estado inicial aleatorio y sin intervención.

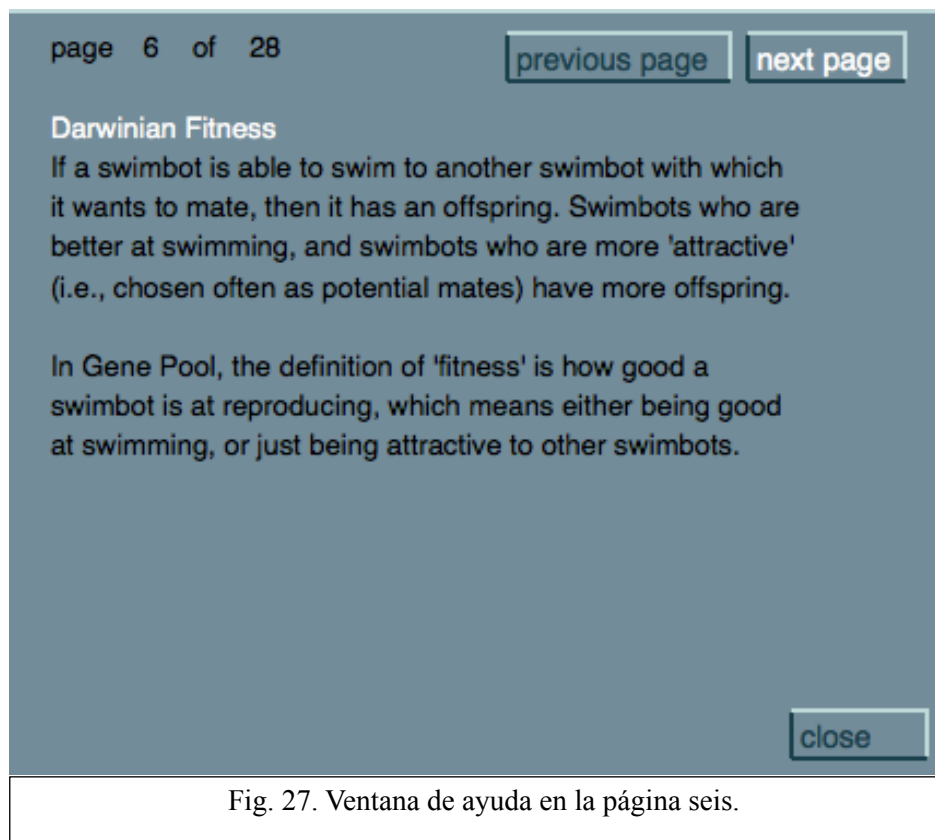


Fig. 27. Ventana de ayuda en la página seis.

El tercer botón de la parte superior de la ventana dice “*population*” y al presionarlo emerge una gráfica de la población de *swimbots* y de *bits* a lo largo del tiempo (Fig. 26). En el eje x se muestra el tiempo, que ocurre en unidades de tiempo del juego, que son más breves que los segundos. En el eje y se muestra el número de *bits* o de *swimbots* por unidad de tiempo, de forma que los cambios de la población se hacen evidentes para cualquiera que pueda interpretar gráficas cartesianas con dos ejes. Debajo de la gráfica se indica el tiempo virtual transcurrido, el número de *swimbots* y el número de *bits*.

El cuarto botón de la ventana principal es el botón de ayuda, “*help*”. Aunque en este no se encuentran mecánicas, resulta relevante porque tras presionarlo se puede acceder a 28 ventanas de texto donde se presenta información referente al juego. La información que se presenta pertenece a diferentes niveles; desde las instrucciones básicas del juego, el funcionamiento de los *swimbots*, hasta explicaciones de la teoría darwiniana (Fig. 27).

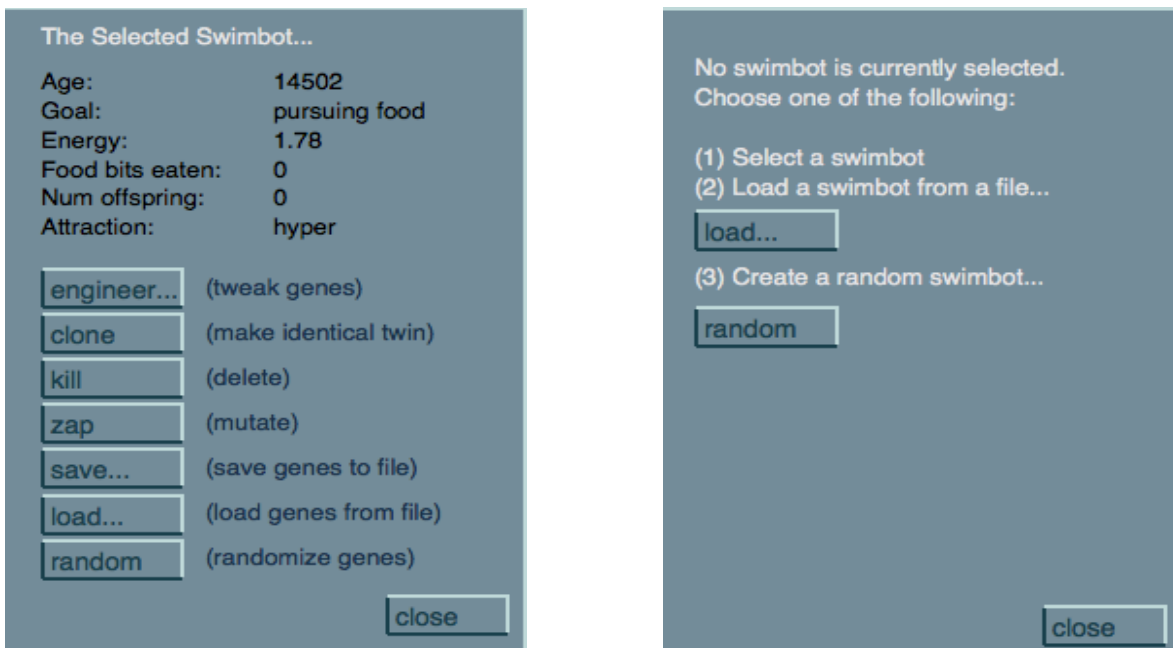


Fig. 28. Ventanas que emergen al presionar el botón *swimbot*: la de la izquierda corresponde a cuando se tiene un *swimbot* seleccionado, la de la derecha a cuando no se tiene seleccionado a ninguno.

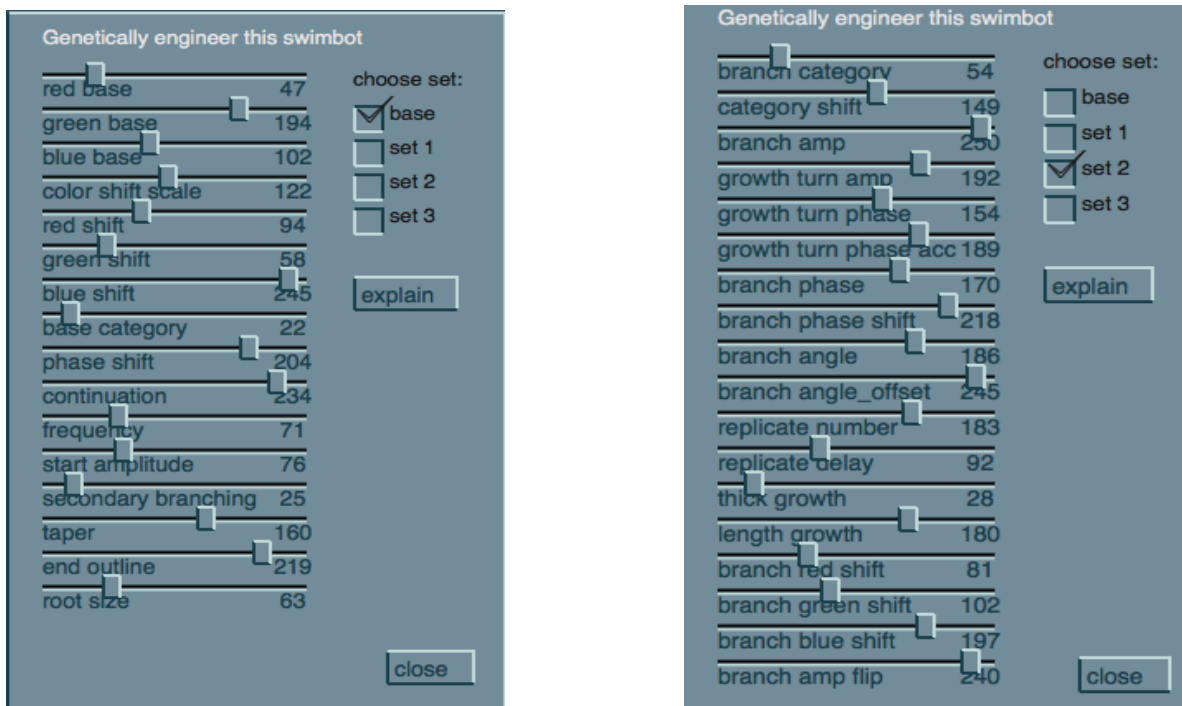


Fig. 29. Ventanas que emergen al presionar el botón *engineer*. Izquierda: *set* base de genes del *swimbot*. Derecha: *set* dos de genes del *swimbot*.

El quinto botón de la pantalla principal dice “*swimbot*” y al presionarlo pueden emerger dos tipos de ventana distintos, dependiendo de si se tiene seleccionado a un *swimbot* o no. En caso de no tenerlo seleccionado en esta ventana se puede cargar un *swimbot* previamente guardado o generar uno aleatorio, en caso de tener a alguno seleccionado muestra el estado general del *swimbot* en cuestión y se puede guardar (Fig. 28). En la ventana que emerge al tener uno seleccionado se muestran las características, el “estado mental del *swimbot*” y se puede modificar su código genético al presionar el botón “*engineer*”. Al hacerlo se puede acceder a cuatro secciones, desde las cuales se pueden modificar los genes de cada *swimbot*.

Los genes se encuentran interrelacionados e incluso algunos inhiben a otros y, tal como se indica en una de las ventanas de la sección de ayuda, los resultados de los diseños emergentes “son impredecibles” y aunque cada gen haga referencia a alguna característica fenotípica con un pequeño texto bajo cada *slider* no existe ningún tipo de visualización previa del *swimbot* resultante. Esto lleva a que el diseño de *swimbots* desde el código resulte sumamente complicado, por otra parte los valores de cada cromosoma pueden ser capturados manualmente y con ellos se puede replicar un *swimbot* se en otra computadora

Las modificaciones que se pueden hacer en los genes de los *cromosomas* son finitas porque cada gen se puede modificar dentro de valores en una escala que va de 0 a 255¹²⁴ por medio de *sliders* (Fig. 29). Al existir un número limitado de variaciones para cada gen y de genes para cada cromosoma el número de combinaciones posibles tiene límites que determinan el número posible de diferentes *swimbots*. Esta característica otorga un rango de diversidad finita pero suficientemente grande para satisfacer los objetivos del juego.

¹²⁴ Por lo que posiblemente se encuentre en ocho bits (255 es el número más grande en base 10 que puede alcanzarse con ocho bits).

Como ya se mencionó, las mecánicas del juego son diegéticas y extradiegéticas, porque el jugador puede modificar tanto las reglas que rigen a las dinámicas de la simulación como con los elementos que habitan el *gameworld*; si un jugador detiene el tiempo para acomodar a los *swimbots* combinará mecánicas de ambos niveles, en esta combinación se encuentran muchas de las posibilidades de exploración del juego. Algunas de estas mecánicas están relacionadas con la estructura del AG, por ejemplo, al modificar los parámetros de preferencias sexuales se obtendrán resultados distintos en la evolución de la población; si se elige como preferencia sexual “*same color*” los *swimbots* tenderán a desplegar comportamientos endogámicos y cuando esto ocurre, después de unas horas, pocas “cepas” de *swimbots* dominarán la piscina. Por otra parte, al elegir “*still*” los *swimbots* incapaces de nadar resultaran atractivos y tendrán más descendientes que los demás, esta preferencia en particular se opone al principal factor de selección que es el nado eficiente y cuando se elige la presencia de *swimbots* inmóviles se extiende mucho más de lo que suele ocurrir con las otras opciones. Tal relación de tensión entre selección natural y la sexual en GP fue explorada por Ventrella en el ensayo ya citado.

Las mecánicas que permiten modificar a las dinámicas de la simulación se encuentran muy limitadas desde el diseño por ejemplo; sólo se permite elegir una preferencia sexual a la vez (por lo que no se pueden hacer combinaciones de criterios) y el tiempo no se puede ni adelantar ni regresar, sólo detener. Estas limitaciones le dan cohesión y coherencia a la simulación y evitan que despliegue estados distintos a los esperados. El juego no presenta metas u objetivos concretos, esta característica hace del juego una simulación de final abierto y un juego frontera¹²⁵.

¹²⁵ Ver antecedentes.

Este “juego simulación” es diferente a “simulaciones científicas” porque no está dirigido a la producción de conocimiento científico de ningún programa de investigación, sino que busca mostrar la evolución de seres virtuales por un mecanismo análogo al proceso de evolución por selección natural. Esto es posible porque el juego se rige por la estructura de un algoritmo evolutivo coherente con el núcleo duro.

Si un jugador decidiera únicamente establecer parámetros iniciales y dejar operar sin intervención a la simulación se volvería un observador del juego y el sistema se asemejaría a la selección natural, pero al utilizar las mecánicas diegéticas y manipular a los *swimbots* el jugador se vuelve un elemento activo en la simulación y ésta puede llegar a asemejarse más a la selección artificial, por ejemplo, si el jugador alimenta a un *swimbot* inmóvil este puede sobrevivir y morir de viejo en lugar de morir por hambre y si se eligiera como criterio de preferencia sexual “*still*” podría llegar a ser muy prolífico y exitoso.

Las dinámicas presentan una visión poblacional con variación en la descendencia, donde la evolución de la población es dirigida por los más adaptados, de forma similar a como ocurre en las poblaciones de seres vivos. En este juego la lucha por la existencia ocurre respecto al ambiente y frente a otros *swimbots*.

Ventrella (Ibíd.) hace explícito que GP se dirige a tres tipos de audiencia: a investigadores de vida artificial, a niños (como material de referencia para mostrar dinámicas evolutivas complejas al mismo tiempo que es divertido), y a alumnos de carreras de ciencias como una herramienta para enseñar y aprender evolución.

Lo anterior es posible al transportar la estructura de un algoritmo científico bioinspirado a sus jugadores por medio de agentes, un *gameworld* y mecánicas que permiten la experimentación dentro de límites bien establecidos, llevando a que los jugadores sean

participantes y observadores del despliegue de la evolución de una población de seres artificiales.

Ventrella también presume atender con GP al llamado del biólogo Richard Dawkins, quien tras reflexionar en torno a simulaciones de vida artificial¹²⁶ incita a desarrollar modelos “más naturalistas de vida artificial”, de esta forma, para Ventrella, GP presenta, además de la coherencia de los AG clásicos, características extra particulares, como que cada *swimbot* presenta genotipo, que de acuerdo a las interacciones de genes produce un fenotipo particular. En los AG tradicionales sólo es el código (genotipo), el que es seleccionado.

En GP, se presenta un mundo ficticio simple con sólo dos tipos de entidades *bits* y una especie de *swimbots* (todos los *swimbots* pueden reproducirse entre sí). El ambiente simple, la estética y algunos textos sugieren que la intención de los desarrolladores es simular un cultivo de microorganismos vistos al microscopio y no una población de seres vivos en su ambiente natural. Las reglas hacen al sistema energéticamente cerrado y el fluido de la piscina no tiene corrientes, a diferencia de lo que sucedería en ecosistemas reales.

El ambiente del mundo virtual opera como factor de selección, porque en él habitan los *swimbots*, inmersos en el espacio y el tiempo virtuales. Los *swimbots* deben alcanzar *bits* inmóviles de comida y pareja reproductiva antes de que sus reservas de energía o su tiempo de existencia acaben, los que logran reproducirse heredan sus características a su descendencia, de esta forma el espacio-tiempo del *gameworld*, se relaciona a la evolución de la población de *swimbots*. En la naturaleza ocurre un proceso análogo aunque con otro grado de complejidad.

A diferencia de lo que ocurre en los juegos de exhibiciones analizados antes, GP no tiene una mecánica principal sino que presenta una diversidad de mecánicas que orientan al

¹²⁶ En *Escalando el monte improbable* (1996)

juego hacia la exploración y experimentación. Además, dinámicas como el despliegue de una gráfica, que emerge tras presionar “*population*” o los diferentes mini-dramas son útiles para la reflexión y el análisis del estado de la simulación. Estos aspectos parecen ser ideales para jugadores entusiastas de la ciencia, de las simulaciones biológicas, o para ser utilizado como herramienta pedagógica.

La estética del juego, junto con su información y estructura análoga a un AG (incluyendo mecánicas y dinámicas) son las formas en las que el juego se vuelve coherente al desplegar la evolución por selección natural. En el caso de GP, el AG se ha adaptado para comunicar un proceso del dominio de la ciencia del que fue inspirado, la evolución, de esta forma se integra orgánicamente al juego que busca comunicar selección natural.

6.6- El juego y el millón de años

El último juego que se analizará fue desarrollado en un contexto diferente a *GenePool Swimbots* y al de los juegos de exposiciones; *Who wants to live a million years?* (WL) es un juego simulación de selección natural de final cerrado, desarrollado para la página web de un canal televisivo; *The Science Chanel*, que es parte de Discovery Network, cadena televisiva originada a partir de *Discovery Chanel* y que transmite en televisión de paga en los EUA.

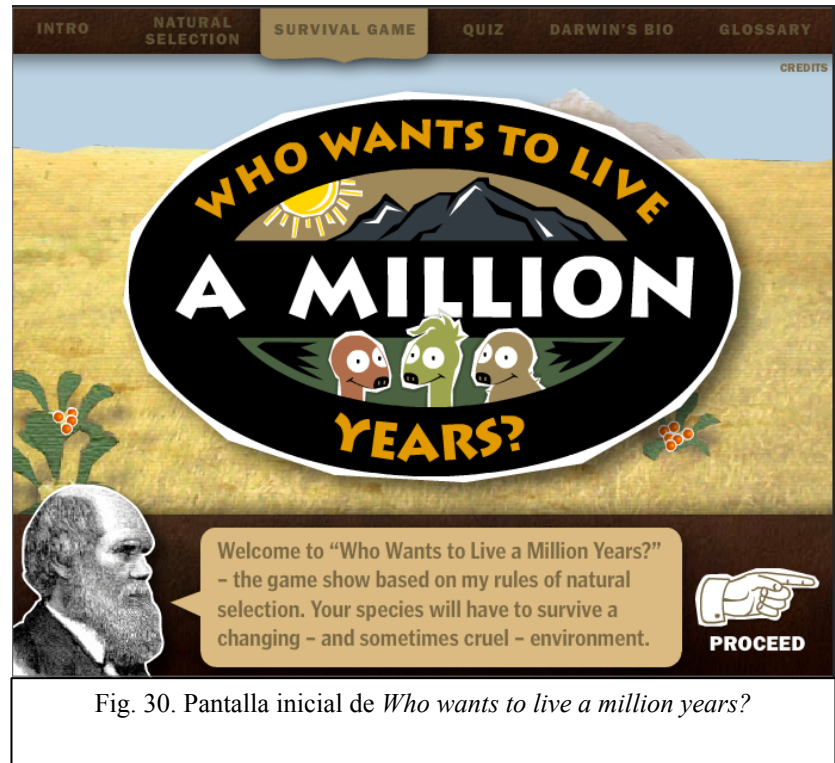


Fig. 30. Pantalla inicial de *Who wants to live a million years?*

El juego fue desarrollado para jugarse en la página del canal televisivo por *Swarm Interactive Inc.* compañía que se presenta en su página web¹²⁷ como una empresa desarrolladora, especializada en realizar animaciones e interactivos médicos para hospitales, para médicos y para la educación. En ningún lugar de la página se menciona el desarrollo de juegos ni de WL en particular. Su página muestra que suelen desarrollar software

¹²⁷ <https://www.swarminteractive.com/> consultada 21/08/2015

científicamente adecuado; en WL, en una pequeña ventana emergente, los desarrolladores se dan crédito y citan a su fuente científica¹²⁸, un libro de divulgación científica.

El libro que utilizaron como fuente para sostener científicamente el juego se intitula *Science Matters; Achieving Scientific Literacy*. En éste, los autores, Hazen y Trefil (2009) tocan temas científicos de muy distintos campos: “de la tectónica de placas a leptones y a la primer célula viva”, según un texto en su portada. El capítulo 18 se intitula “Evolución” y en él abordan el tema desde diferentes enfoques, presentando el tema de forma integral; entre otras cosas escriben cómo la evolución ha provocado controversia social en el contexto estadounidense en el cual, como ya se mencionó, existe un debate acerca de la enseñanza de la evolución en las escuelas. En ese capítulo también mencionan la evolución molecular, evidencias de la evolución, incluyendo el ejemplo del melanismo industrial, y la evolución biológica por medio de selección natural.

Para los autores del libro, Darwin tuvo tres conclusiones con relación a la selección natural: la primera es que las especies presentan variaciones en sus características, la segunda es que muchos de los rasgos de los progenitores son heredados a la descendencia, y la tercera (y su “mayor contribución”), reconocer que la variación y la herencia de los rasgos influyen en la supervivencia y reproducción en un ambiente natural. Cuando las características fenotípicas incrementan las posibilidades de sobrevivir y reproducirse se heredarán aumentando su presencia en la población. Esta definición es parcialmente coherente con el núcleo duro de la evolución, porque no incluye la competencia que existe dentro de una misma población, recordando el marco teórico: las especies se reproducen en mayor proporción de la que es posible que sobrevivan en un territorio, lo que suele provocar una lucha por la existencia entre los individuos de una misma población.

¹²⁸ Esto no ocurre en ninguno de los otros juegos analizados.

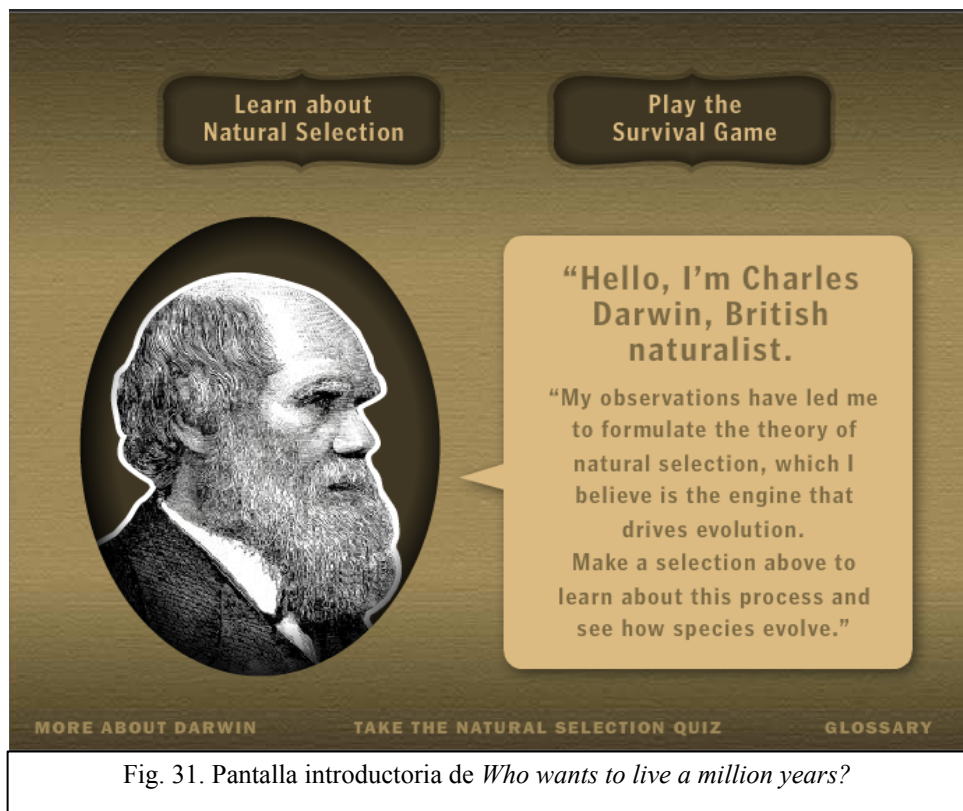


Fig. 31. Pantalla introductoria de *Who wants to live a million years?*

Los registros más antiguos del juego que se encuentran en línea son de finales de 2008, es decir, en vísperas de los 200 años del natalicio de Charles Darwin y a 150 años de la publicación de *El origen de las especies*. Un momento sociohistórico excepcional, marcado por una atracción renovada hacia la teoría evolutiva y hacia Darwin. Es muy probable que, como en el caso de JP o *Spore*, lo anterior influyera en el desarrollo del juego.

El juego es para un jugador y se encuentra en la sección de videos e interactivos del canal televisivo, como un archivo *flash*. Aunque se está empotrado en la página web del canal no está articulado con otros elementos relacionados con evolución dentro del sitio, esto parece haber sido contemplado desde su concepción. Lo anterior explicaría el diseño integral del juego y por qué de las cinco ventanas sólo una es de *gameplay* (*survival game*).


Las seis ventanas principales que conforman al juego se encuentran ordenadas de forma no lineal¹²⁹; una es introductoria (Fig. 31), otra explica la selección natural mediante una serie de pantallas lineales donde se mencionan tres partes del proceso de selección natural, a través de texto y pequeñas animaciones (Fig. 32). Una tercera presenta el *gameplay*, la cuarta permite leer una pequeña biografía de Charles Darwin Fig. 33), la quinta conduce a un cuestionario para evaluar conocimientos, que consta de 10 preguntas con cuatro posibles respuestas; las preguntas van desde la teoría de la selección natural hasta el nombre del barco en que viajó Darwin (Fig. 34) y al terminarlo presenta el puntaje de las respuestas correctas. La sexta es un glosario con definiciones de evolución, selección natural, especie, rasgo, variación, reproducción y descendencia.

A pesar de que la estructura del juego sugiere una secuencia en las ventanas, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, los jugadores pueden seleccionar desde un inicio el *gameplay*. La estructura general de las pantallas de selección natural y del *gameplay* es la misma: como parte de la GUI tienen una barra en la parte superior que permite acceder a las distintas pantallas desde distintos botones y en la parte inferior hay otra barra más gruesa, en el que del lado izquierdo aparece un dibujo con el rostro de Charles Darwin que emite sonidos como balbuceos, al mismo tiempo que son sincronizados con la aparición de distintos textos a su derecha y que están relacionados con la pantalla que se encuentre abierta. Por otra parte, el área central de la pantalla, que se encuentra entre las dos barras, cambia dependiendo la opción que se elija y es donde se presenta el *gameplay* al presionar el botón de *survival game* (Fig. 35).

¹²⁹ Aunque sí presentan una secuencia sugerida, de izquierda a derecha en el *banner* y de arriba hacia abajo en la pantalla introductoria: Introducción, información, juego y *quiz*.

INTRO **NATURAL SELECTION** SURVIVAL GAME QUIZ DARWIN'S BIO GLOSSARY CREDITS

Part 1: Every species exhibits variations.




Not all members within a species are exactly the same. Individuals frequently exhibit variations in color, size, strength, etc. Some variations are subtle, others can be more extreme.

GO TO NEXT PART!

INTRO **NATURAL SELECTION** SURVIVAL GAME QUIZ DARWIN'S BIO GLOSSARY CREDITS

Part 2: Many traits are passed from parents to their offspring.




You can see how this happens just by looking in the mirror. You may have inherited your mother's eye color, or your father's height.

GO TO NEXT PART!

INTRO **NATURAL SELECTION** SURVIVAL GAME QUIZ DARWIN'S BIO GLOSSARY CREDITS

Part 3: Life in the wild is competitive, and organisms with the most beneficial traits will prosper. This is commonly known as "survival of the fittest."



If an organism is born with traits that help it survive or attract mates, it will likely produce more offspring than rivals without those traits. Eventually, beneficial traits can spread throughout a species.

PLAY THE SURVIVAL GAME!

Fig. 32. Secuencia de pantallas que emergen al presionar el botón *Natural Selection*. Enumera tres partes: 1) Variaciones en la especie, 2) herencia de los caracteres a la descendencia y 3) supervivencia diferencial a partir de los rasgos adaptativos.



Fig.33. Pantalla que muestra la biografía de C. Darwin

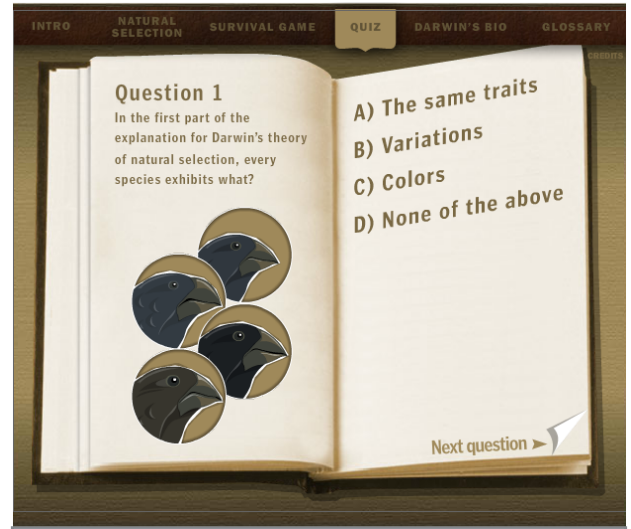


Fig.34. Pantalla que muestra el cuestionario.

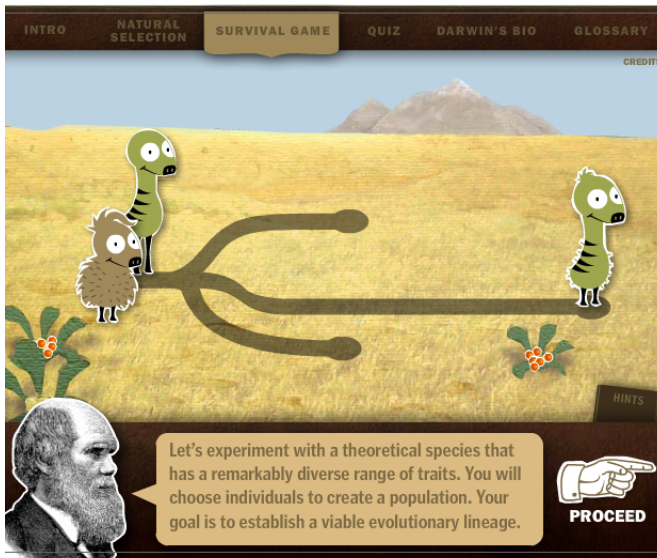


Fig.35. La caricatura de Darwin expone la meta del juego.



Fig.36. Ventana emergente donde se explican las características de cada fenotipo, nótese que todos tienen pros y contras.

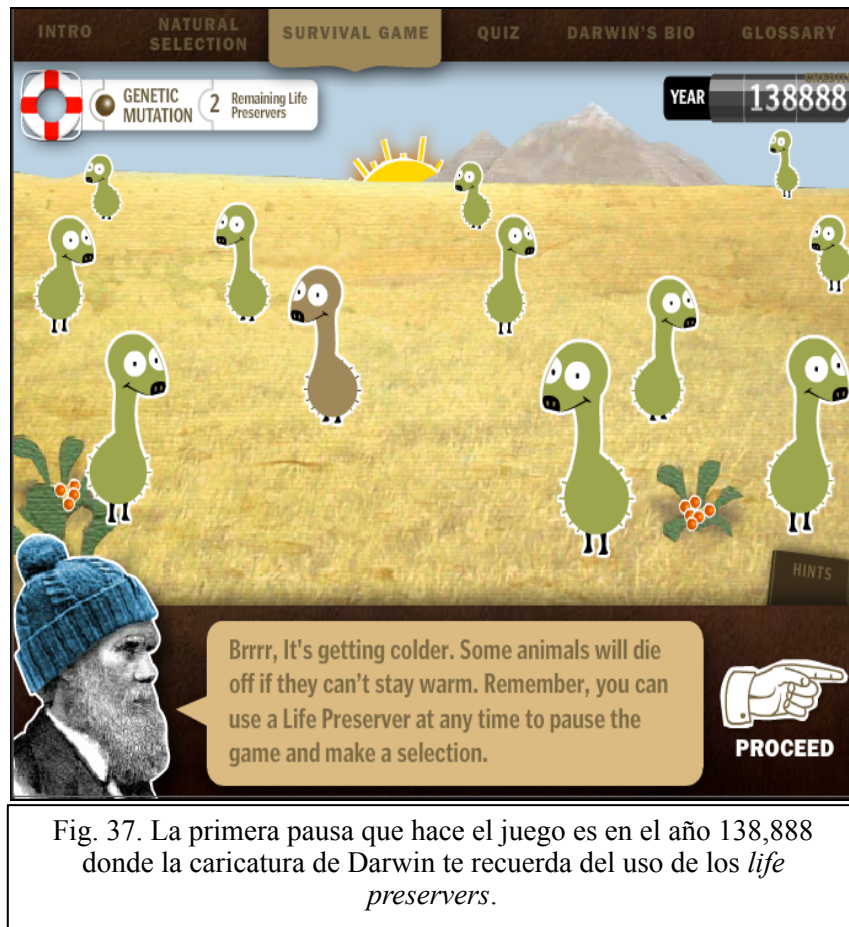


Fig. 37. La primera pausa que hace el juego es en el año 138,888 donde la caricatura de Darwin te recuerda del uso de los *life preservers*.

La pantalla de *gameplay* del juego inicia tras una pequeña introducción (Fig. 35), donde la caricatura de Darwin te indica la meta general del juego:

“Vamos a experimentar con una especie hipotética que tiene un amplio rango de características. Deberás elegir a los individuos para iniciar una población, tu meta es establecer un linaje evolutivo viable.”

La especie hipotética a la que se refiere son animales de apariencia mamiferoide, que habitan un mundo ficticio parecido a nuestro planeta. La meta del juego es lograr que la población de estos animales sobreviva en el mundo ficticio con un ambiente cambiante durante un millón de años. Para ello el jugador debe elegir tres individuos, que conformarán su población inicial; cada uno de ellos puede contar con diferentes fenotipos ligados a

características adaptativas. Las características de estos se explican al presionar una pequeña pestaña de la GUI que se encuentra en la parte superior de la barra inferior, titulada “*hints*” (consejos), al presionarla emerge una ventana en la que se encuentran los distintos fenotipos de los animales hipotéticos y se mencionan las características de cada uno (Fig. 36).



El *gameplay* inicia tras elegir a los tres animales hipotéticos y presionar el botón *proceed*, después el sistema duplica cada fenotipo, dando lugar a la población de seis individuos. Durante el *gameplay* emergen dos iconos de estado en la parte superior de la pantalla del lado izquierdo: el icono representa a los *life preservers* junto a un texto que dice *genetic mutation* y del lado derecho se encuentra el contador de tiempo. Los *life preservers* son parte eje de la mecánica principal del juego.

Al iniciar el juego el contador de tiempo siempre se detiene en tres momentos, primero, en el año 138,888, donde la caricatura de Darwin te recuerda que los *life preservers* pueden utilizarse en cualquier momento (Fig. 37).

La segunda pausa ocurre en el año 416,666 y la tercera en el año 694,444. Entre estos momentos la población de animales cambia en diferentes cuadros a partir de las características del ambiente del mundo ficticio y los fenotipos de la población, aumentando la abundancia de alguno y provocando la disminución de otro. Los distintos cambios ambientales son aleatorios, de forma similar a como ocurre con *The evolution experience*, pero en este caso sólo habrá tres eventos ambientales en todo el *gameplay*, en

Charles Darwin “Who Wants to Live a Million Years?” http://science.discovery.com/interactives/literacy/darwin/darwin.html The Science Channel	
Part I – 1. Every species exhibits _____. 2. List at least two variations between the finches pictured. 3. What causes the finches to have these different traits?	Part III – 1. Organisms with the most beneficial traits will prosper. This is known as _____. 2. Organisms that survive will only pass on their beneficial traits if they do what?
Part II – 1. Many _____ are passed from parents to their _____. 2. Offspring get (all or some) traits from each parent.	Darwin’s Bio: 1. The boat that Darwin sailed on when he visited the Galapagos Islands was called: _____ 2. Where was Charles Darwin born? 3. What was the name of the book that Charles Darwin wrote?

Fig. 39. Fragmento de una de las hojas de actividades desarrolladas por profesores de EUA para articularlo en la educación formal.
 Tomado de: <https://sdsta.k12.sd.us/newsletter/Vol114Oct2009/Vol114Oct2009.pdf> (11/10/2015)

consecuencia el juego ocurra en un tiempo limitado, además en este juego los eventos aleatorios sí afectan al mundo ficticio.

Las mecánicas del juego consisten en hacer las selecciones de fenotipos adecuadas y en hacerlas en los momentos apropiados, es decir que giran al rededor de desarrollar una estrategia efectiva de juego. Cuando se presiona *life preserver* se detiene el tiempo del mundo virtual y se permite elegir una mutación para ayudar a la población a adaptarse al escenario en cuestión, incorporando un nuevo fenotipo. Así, la mecánica principal del *gameplay* gira en torno de la selección de la población inicial y en el uso efectivo de los dos *life preservers* que pueden usarse en casi cualquier momento durante el millón de años virtual. Los cambios ambientales que ocurren en el mundo ficticio pueden ser de distintos tipos; la llegada de depredadores, la caída de un asteroide, glaciaciones o frutos que crecen en lo alto de los árboles. En algunos casos los cambios ambientales no te permiten el uso de *life preservers*, como cuando cae un asteroide (Fig. 38), así las mecánicas del juego hacen énfasis en el papel del azar y de la contingencia para la evolución. Por lo tanto resulta complicado que la narrativa de la historia del *gameworld* sea dos veces la misma, por otra parte, puede resultar difícil llegar al millón de años antes de encontrar una estrategia adecuada. Las variaciones en el desarrollo del juego invita a jugarlo más de una ocasión y a probar distintas estrategias para completar la meta.

El mundo ficticio del juego se presenta en una sola pantalla, que muestra un paisaje que se asemeja a nuestro planeta e incluso cuando aparecen depredadores estos están representados por una figura de apariencia humana, un cavernícola que porta un garrote, sin embargo, los animales mamíferos no representan ningún animal en particular. Cada *gameplay* dura poco tiempo y para desarrollar una estrategia eficiente para completar la meta

se deben conocer en general las diferentes características de los distintos fenotipos, por esta razón es difícil completar la meta del juego la primera vez que se juega.

Por otra parte, el juego ha sido adoptado por la comunidad de profesores de educación formal de Estados Unidos, que desde distintas plataformas virtuales comparten el juego junto con propuestas de actividades escolares (Fig. 39). Esto posiblemente se deba a su pertenencia al canal televisivo de dicho país y a la pugna social entre creacionistas y evolucionistas.

El propósito de este juego, al igual que de los otros juegos analizados, es comunicar selección natural, y como se mencionó más arriba, los desarrolladores lo hicieron a través de un juego integral, ya que tiene desde introducción hasta una evaluación del tema. De esta manera, la información del software se encuentra distribuida principalmente en las pantallas de introducción del *gameplay* y en la introducción general. En la primera, como se mencionó antes, se presenta el proceso de selección natural mientras que en la segunda se expone la meta del juego y un poco de información del proceso biológico. En ambas la información que presenta el tema se despliega en textos y pequeñas animaciones a partir de una secuencia de tres etapas: variación, herencia de caracteres y lucha por la existencia (Fig. 32).

En el *gameplay*, las reglas extradiagéticas que determinan las dinámicas muestran un ambiente siempre cambiante, que cada tres segundos presenta eventos en una secuencia de apariencia aleatoria, que busca representar las contingencias del ambiente, esta analogía puede ser útil al no presentar la evolución como teleológica sino dependiente del ambiente. Asimismo, las mecánicas del juego también participan en el despliegue de información, ya que el contenido desplegado procedimentalmente pone en evidencia el papel de los cambios ambientales y la importancia que las variaciones fenotípicas para la evolución de las

poblaciones. Aunque las mecánicas también implican que el jugador debe ser un seleccionador activo en los momentos adecuados para auxiliar a la población.

Al ser de final cerrado, el juego presenta una narrativa determinada de la misma forma que se encuentra determinada la de *Evolution experience*, es decir, existe un número limitado de escenarios posibles, pero el orden en que estos ocurren se encuentra indeterminado, por otra parte, se diferencia de este juego porque tiene una duración determinada en la que el ambiente cambia drásticamente en tres ocasiones.

Además, la estética del juego muestra un mundo caricaturizado similar a nuestro planeta, sin embargo, los seres vivos virtuales a los que se tiene que ayudar a sobrevivir no se asemejan a ningún ser vivo que exista en la realidad, pero aparentan ser mamíferos bípedos. Por otra parte, la voz de Darwin es grave y consiste en balbuceos sincronizados a un texto que se despliega a la par en la barra inferior de la pantalla. El *gameworld* carece de música ambiental, pero presenta otros sonidos, por ejemplo, cuando cae un asteroide. Estos sonidos ayudan a caricaturizar el proceso y le dan al juego un tono informal.

Como se mencionó al inicio de este análisis, el juego fue desarrollado para los visitantes de la página de internet del canal *Science*, es decir, para gente interesada en la ciencia. A pesar de esto, el juego fue adoptado por profesores de ciencias de EUA, quienes lo han aprovechado en espacios de aprendizaje formal y lo han replicado en distintas páginas web (a pesar de que el juego no ofrece esta opción de manera nativa). Lo anterior hace suponer que al menos en ese país hay una necesidad en la educación formal de medios alternativos (los videojuegos son uno fundamental) que comuniquen evolución de una forma integral y que se encuentren disponibles de forma gratuita en línea. Esto lleva a preguntarnos si este fenómeno se puede extender a otros países y a otros contenidos científicos

controversiales, pero para contestar a estas interrogantes hacen falta más investigaciones de corte empírico.

El éxito del juego entre profesores posiblemente se deba a que, de forma general, es coherente con la selección natural y en que hace énfasis en el ambiente cambiante y azaroso. Algunas de sus debilidades son que deja de lado la lucha por la existencia que existe dentro de los individuos de una población y que aunque los desarrolladores hacen explícita su preocupación por citar la fuente científica del videojuego, ésta no proviene directamente de la comunidad de científicos sino que es una fuente de divulgación, donde el proceso científico fue simplificado a una secuencia de tres etapas, que ya mencioné. Lo anterior deja trunca su coherencia con el modelo del núcleo duro, puesto que reduce la lucha por la existencia a las presiones del ambiente sobre la población, dejando fuera la competencia por los recursos.

7.- Conclusiones y observaciones

7.1- Conclusiones

Los juegos analizados fueron seleccionados por tener el propósito explícito de comunicar evolución por selección natural de una forma seria. Tras el análisis se encontró que, de forma general, los cuatro juegos revisados son coherentes con la selección natural, según el modelo del núcleo, aunque se aproximan al tema de distintas formas.

La perspectiva poblacional es uno de los aspectos en los que todos los juegos resultaron coherentes; los cuatro presentaron una población inicial con variación: en *Selección natural: El juego de las polillas* (JP), la variación se encuentra en el color (mitad de la población blanca, mitad negra), en *Evolution experience* (EE), los individuos son, en un inicio, principalmente azules y pocos verdes; en el caso de *Who wants to live a millón years?* (WL), la primera mecánica de juego consiste en elegir tres fenotipos para la población inicial, mientras que en *GenePool Swimbots* (GP) se puede crear una población inicial al elegir fenotipos, aunque por *default* la población es aleatoria. Los individuos de las poblaciones en los distintos juegos tienen diferentes grados de complejidad: simples, como la de EE, donde los escarabajos son imágenes estáticas, o tan complejas como la de GP, donde cada personaje tiene un código genético y un fenotipo correspondiente.

Tal como se trató en el marco teórico, en la naturaleza, la selección se da como resultado de la lucha por la existencia, porque “todas las especies se reproducen en mayor proporción de la que es posible que sobreviva en un territorio” (Ruiz y Ayala, 2008, p. 467). Lo anterior lleva a que los individuos sean seleccionados por la naturaleza de muy distintas formas, incluyendo la competencia por recursos o por pareja, pero también por depredadores o contingencias del ambiente. De esta forma “los organismos portadores de alguna variación

que mejora sus posibilidades de aprovechamiento de su nicho tienen un mayor número de descendientes” (ibíd., p. 467).

Los distintos juegos también abordan el proceso de selección de forma heterogénea: en los juegos de exposición (EE y JP) los factores de selección son las diferencias en el color del fondo del escenario con respecto al color de los insectos, y es el jugador quien realiza la selección a partir de los que logre distinguir según su color, su relación con el color del fondo y su posición en la pantalla; los individuos que el personaje no coma serán los que se encuentren más adaptados y dejen descendencia, heredando su color. De manera que en estos juegos la selección es el resultado de una tensión entre el sistema (color del fondo y ubicación) y las capacidades del jugador que controla al personaje. Lo anterior implica que la mecánica principal de juego es atrapar polillas tocando la pantalla sobre ellas. Este tipo de juegos se basan en la capacidad innata de reconocimiento de patrones que tenemos los *Homo sapiens*, tal vez ligada a nuestro pasado evolutivo¹³⁰.

Por otra parte, en WL la selección es desarrollada únicamente por el sistema y ocurre en tres ocasiones a lo largo de cada partida de juego, que corresponden a los cambios ambientales del mundo virtual, cambios aleatorios pero finitos. En este juego la sobrepoblación y la competencia intrapoblacional no son un factor de selección, es decir, que dejan trunco el despliegue del proceso y su coherencia con el modelo del núcleo duro del darwinismo, esto se debe posiblemente a que la fuente científica que citan los desarrolladores también carece de estos aspectos. Los cambios en el ambiente también están presentes en los juegos de exposiciones, como en el caso de JP, en el que ocurre un cambio en el color de fondo (del bosque claro a oscuro), lo que afecta el desempeño del

¹³⁰ Este aspecto es explorado en el proyecto *Nightjar* de las universidades de Exeter y Cambridge por medio de un juego de ciencia ciudadana. Ver <http://nightjar.exeter.ac.uk/> (12/12/2016).

jugador y de forma emergente modifica las proporciones fenotípicas de la población; este aspecto es relevante para evitar desplegar un juego que se entienda como teleológico. En GP, los factores de selección también ocurren con respecto al ambiente, ya que están relacionados con la capacidad de nado de los *swimbots*, pero también con las variables que controlan los fenotipos que resultan atractivos para otros seres virtuales. Estos dos factores son ejercidos por las dinámicas del sistema, pero sus variables pueden ser modificadas por los jugadores. De esta forma, el ambiente es estable o cambiante a partir del control del jugador y tales modificaciones al sistema son las mecánicas más abundantes en el juego.

En el modelo del núcleo duro del darwinismo, como se revisó en el marco teórico, la herencia biológica es relevante, porque los descendientes que hereden variaciones favorables para sobrevivir y reproducirse en un contexto ambiental particular serán los que orienten la evolución de la población. Sin embargo, el modelo no incluye los mecanismos hereditarios ni tampoco el origen de las variaciones en los individuos. La herencia está presente en todos los juegos analizados; en los de exposiciones los progenitores heredan las características y la variación se restringe a dos colores, en JP todo el tiempo nacen mariposas de los dos colores, aunque las selecciones que hace el jugador afectan la proporción de cada una, en el EE, el sistema produce variación de forma asimétrica: los escarabajos verdes surgen por variación aunque no haya progenitores de ese color, mientras que no sucede lo mismo con los azules, que una vez que desaparecen de la población no resurgen.

En GP, los mecanismos de herencia y variación son dados por el sistema y permanecen ocultos al jugador, estas dinámicas no pueden alterarse aunque el jugador sí puede producir variación al modificar el código de los *swimbots*.

En WL, los individuos sí heredan sus características a sus descendientes, pero no se originan nuevas variaciones por parte del sistema de forma automática sino que son los jugadores quienes mediante los *life preservers* otorgan variación a la población. Intervenir en el momento y de la forma adecuada es la principal mecánica de juego, sin embargo, esto lo aleja de lo que ocurre en la naturaleza, donde no hay intencionalidad que dicte las variaciones o que pueda detener el tiempo.

Así se encontró que los cuatro juegos analizados abordan el proceso por medio de sistemas con estructura general similar a la estructura del núcleo duro para la selección natural y también a la de los algoritmos genéticos, sin embargo, las particularidades que la estructura adopta en cada juego dependen de las reglas, dinámicas del sistema y del momento en que se introducen las mecánicas, lo que, mezclado con los elementos estéticos, ficcionales, narrativos, informacionales, entre otros, pueden producir diversas experiencias de juego¹³¹.

Los videojuegos analizados tienen estructuras generales similares a la de los algoritmos genéticos y al igual que estos despliegan el proceso evolutivo tras iteraciones. Las iteraciones varían en número según el juego, desde dos en JP, hasta números ilimitados en GP. En la naturaleza y en los juegos las iteraciones son las generaciones de seres vivos y en este aspecto todos fueron coherentes con el modelo.

Un primer aspecto al que se enfrentan los diseñadores de juegos que buscan desplegar algún proceso natural de forma seria es que en el sistema de juego deben introducir de alguna forma la agencia e intencionalidad humana para generar mecánicas de

¹³¹ Sólo considerando los sistemas de juego. Sin duda los contextos particulares de juego así como la historia de cada jugador también influirán.

juego divertidas, sin contradecir el proceso que buscan mostrar. En caso de la evolución biológica la tensión en este aspecto es alta, porque introducir intencionalidad puede conducir a malos entendidos y llevar a que el juego promueva, sin intención, explicaciones pseudocientíficas como el diseño inteligente¹³² lo que hace que el diseño de este tipo de juegos represente un reto para los desarrolladores.

Otro aspecto difícil de plasmar en un juego es la contingencia, que es un concepto importante para entender la evolución de las especies en nuestro planeta que abarca desde el azar en las variaciones fenotípicas, hasta contingencias ambientales a nivel biosfera. Dos de los juegos analizados HL y JP buscan presentar la contingencia en sus mundos virtuales al crear dinámicas del sistema que eligen aleatoriamente entre diferentes escenarios. Aunque estos escenarios no son muchos, dan al jugador la ilusión de un mundo ficticio que presenta contingencias al igual que en el mundo real. Las contingencias del mundo ficticio también ayudan a generar distintas narrativas en distintas sesiones de juego.

Para crear juegos coherentes con sus objetivos, los desarrolladores enfocaron las mecánicas de juego a distintos momentos del proceso evolutivo, aquí se encuentran sus principales diferencias, de manera que mientras la mecánica de juego de los juegos de exposiciones (JP y EE) se encuentra en el momento de la selección, que yace en las capacidades de reconocimiento de patrones y de reacción de los jugadores, en WL la mecánica principal del juego se localiza en la producción de variación en la población y, en el caso de GP, las mecánicas de juego giran en torno a la modificación del sistema que rige el *gameworld* y sobre los personajes que lo habitan (Fig.40).

¹³² Como ocurre en *Spore*.

La complejidad de cada juego está dada por los propósitos de los desarrolladores, incluyendo su público meta, sin embargo, todos tienen la misma estructura base, que es coherente con la tradición evolutiva. Por su complejidad WL, EE y JP podrían transitar con pocas modificaciones a medios no digitales, mientras que GP se podría trasladar, pero se tendrían que usar seres vivos reales en lugar de *swimbots* y por ello se perdería mucho del control que el jugador tiene sobre las variables del sistema.

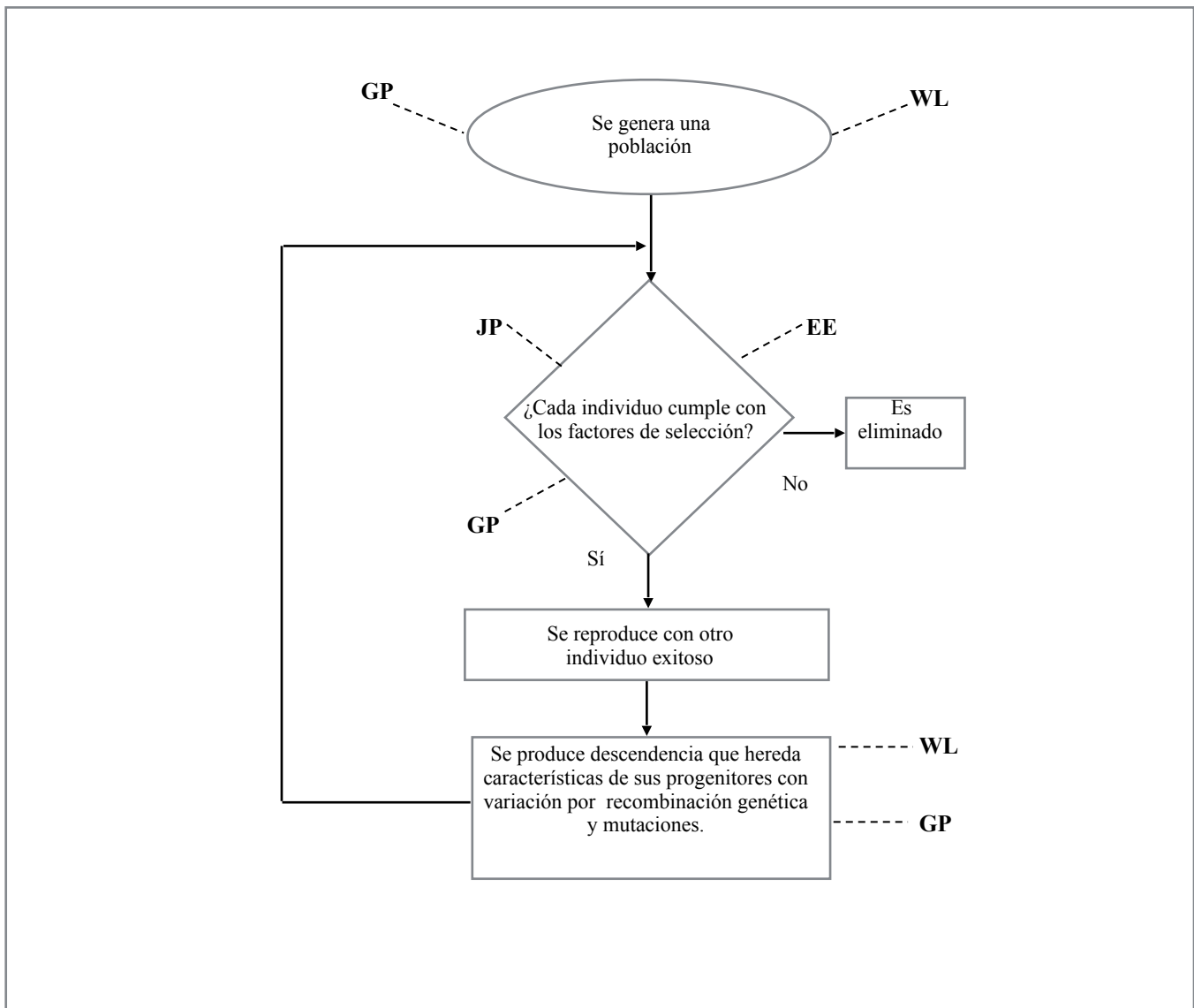


Fig.40. Estructura general que comparten los juegos analizados. Las líneas punteadas con abreviaturas señalan los lugares en las que los distintos desarrolladores incluyeron las mecánicas. En GP y WL el jugador puede generar la población inicial, en JP, EE, GP puede participar como operador de selección, y en WL o GP el jugador puede introducir nuevas variaciones a la población.

En los videojuegos, son las computadoras las que soportan el sistema de juego, ya que ellas establecen sus elementos y aplican las reglas de forma que constriñen el grado de control en la interacción de los jugadores. Lo anterior, a partir de la agencia de los jugadores en el sistema, permite el despliegue de diversos estados del sistema preestablecidos y planeados con el objetivo de crear distintos grados de flexibilidad o indeterminación. En este sentido, podemos pensar a GP como un juego con un alto grado de indeterminación que invita a la experimentación y a JP como uno con poca indeterminación; el primero puede llegar a desplegar un gran número de estados que sus desarrolladores no imaginaron mientras que en el segundo el efecto que los jugadores tienen sobre el resultado final del juego es poco y resulta más similar a una presentación digital. Sin embargo, los cuatro juegos analizados aprovecharon las características del medio, lo que permite mantener la estructura algorítmica iterativa, con la que se puede modelar el proceso y también la complejidad de su resultado.

Tras este análisis podemos concluir que los videojuegos serios analizados reflejan su propósito en todos sus aspectos: desde la estructura general de los sistemas de juego hasta su estética, narrativa, información o por su retórica procedimental a partir de iteraciones de un sistema con estructura similar a la de los algoritmos genéticos y coherente, en general, con la selección natural según el modelo del núcleo duro del darwinismo.

Tras tales conclusiones proponemos que los juegos digitales pueden ser utilizados para comunicar ciencia al modelar procesos naturales complejos como estructuras algorítmicas y sus iteraciones, como ocurrió con la evolución biológica en los juegos analizados. Desde luego, esta es sólo una aproximación, pues las posibilidades de desarrollo son virtualmente ilimitadas.

7.2- Observaciones

En este apartado, más allá de los objetivos formales de esta investigación retomaré algunos aspectos de la relación entre la comunicación de la ciencia y los videojuegos que pueden servir como puntos de referencia para investigaciones futuras.

Los juegos digitales se encuentran ligados a las plataformas para las que son desarrollados, por ejemplo, los juegos en *flash* parecieran estar destinados a desaparecer si no son adaptados a otro formato de software o si no tienen la capacidad de replicarse cuando desaparezca el medio en el que se encuentran empotrados, como ocurrió con *Evolution experience* o como tal vez sucederá con *El juego de las polillas* (si se hace una remodelación o cambio en la exposición de evolución de Universum).

Por otra parte, resulta sugerente que existe una demanda, al menos en EU, de medios alternativos para la enseñanza de evolución en las clases de ciencias de la educación formal. Un ejemplo de ello es el juego desarrollado por el canal televisivo WL, que fue adaptado y replicado en internet por profesores de ciencias de ese país con gran éxito. Es posible que la entusiasta recepción del juego esté relacionada con el interés de muchos profesores por buscar recursos para afrontar la controversia social, particularmente intensa, en torno a la evolución biológica en dicho país. Su éxito también puede adjudicarse a que es un juego autónomo de su contexto y su enfoque holístico (incluye ventanas con información adicional del tema y de autoevaluación) o a la promoción que pudo haber tenido desde el canal televisivo.

La investigación también arrojó información al respecto de que más allá de que ocurra en ambientes de aprendizaje formal o informal, la comunicación de la ciencia en videojuegos sucede en dos niveles: uno donde la ciencia y la tecnología son solo una referencia, un recurso estético o narrativo, en los que no existe ningún compromiso con la fidelidad ni

coherencia con el conocimiento científico fuente, y un segundo, donde se localizan los juegos para los que comunicar ciencia de forma adecuada es un propósito, una meta. Sin embargo, existe un continuo denso y difuso entre estos dos niveles y sus diferencias están dictadas por los propósitos de los desarrolladores de cada juego. Como se mencionó al inicio de esta investigación, según algunas aproximaciones, basta con que se tome conciencia de algún tema científico [A] para que sea considerado un logro. También se argumentó que en temas científicos socialmente controversiales, como la evolución biológica, es necesario lograr cierto grado de coherencia científica para evitar incoherencias o contradicciones con el proceso.

Los juegos serios en la comunicación de la ciencia pueden ajustarse tanto al modelo de déficit donde los científicos o comunicadores son considerados expertos y el público es considerado un receptor pasivo e ignorante, como a aproximaciones contextualistas donde se toma en cuenta el contexto y los conocimientos previos del público que tiene un papel activo en la comunicación. Lo que puede hacer a los videojuegos un medio ideal para la segunda aproximación al propiciar el diálogo horizontal entre no científicos e investigadores, en este sentido, cada vez son desarrollados más juegos que marcan un nuevo paradigma en la forma de comunicar ciencia y que facilitan una comunicación horizontal entre no científicos y especialistas: los videojuegos serios de ciencia ciudadana¹³³. Videojuegos de ciencia ciudadana como *Fold.it*, *eteRNA*, *Galaxyzoo*, *Fraxinus*, entre otros, son cada vez más abundantes y relevantes, porque con ellos los ciudadanos pueden ser participantes activos en la construcción de conocimiento científico al mismo tiempo que se apropian de éste, pero para que esto ocurra el contexto donde ocurre el juego debe de ser adecuado. Estos juegos también pueden ser evaluados y actualizados constantemente gracias a internet, si su

¹³³ Mismos que he analizado en una investigación presentada en el foro internacional del videojuego DevHr 2015.

sistema y conectividad lo permiten. De esta manera también puede haber un diálogo continuo entre jugadores, desarrolladores y científicos.

Además se debe tomar en cuenta que los juegos, al ser sistemas digitales, pueden ser replicados prácticamente sin costo, por lo que en potencia se pueden distribuir a grandes públicos en diferentes momentos y lugares con relativa facilidad.

Por otra parte, los mundos virtuales, aunque no exclusivos de los videojuegos, tienen límites espacio temporales flexibles. Esta flexibilidad en las dinámicas de tiempo y espacio que opera en el mundo ficticio, resulta ideal para acercar a los jugadores a procesos que ocurren a escalas espacio temporales muy distintas a las de la vida cotidiana, por ejemplo, en *Fold.it* se juega con proteínas que miden nanómetros y en *WL* se tiene que sobrevivir un millón de años en un juego que dura pocos minutos.

En cuanto a la metodología utilizada, resultó útil la combinación de dos metodologías aunque no fueran desarrolladas para analizar propiamente comunicación de la ciencia. Sin embargo, a manera de sugerencia, para investigaciones futuras, valdría la pena enriquecerla en sus tres aspectos (revisión general, contextos y elementos formales). De esta forma, en la parte de la revisión general del tema científico que presenta en el juego y que se quieren analizar, así como el nivel de alfabetización científica del público meta. En la parte de los contextos valdría la pena incluir el contexto de producción del modelo o teoría científica que trata el juego, y también su estado actual incluyendo las controversias que puedan existir en torno a él. También puede serlo incluir la coherencia y cohesión con respecto a la fuente científica. La coherencia dependerá naturalmente de los objetivos del juego, pero en caso de ser juegos que traten temas de ciencia socialmente controversiales parece necesario ser cauteloso para lograr un análisis integral.

Los videojuegos, dependientes a la tecnología, mutan al mismo tiempo que esta lo hace y sus límites están marcados por ella y la creatividad de los desarrolladores. Los videojuegos también suelen hacer referencias a temas científicos, pero pocos son los que se proponen hacerlo seriamente. Tras hacer un recorrido general del campo parece evidente que los videojuegos ofrecen posibilidades revolucionarias para la comunicación de la ciencia, además de que son una plataforma relativamente barata para lograr una comunicación a grandes públicos sin importar su ubicación espacio temporal, lo que hace que su investigación y su desarrollo sean cada vez más relevantes para la comprensión pública de la ciencia.

8-Anexos:

8.1- Anexo 1

Elementos formales según Fernandez-Vara (2015)		Preguntas guía para la identificación de los elementos formales en el juego sugeridas por la autora
1	Reglas del mundo ficticio	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo opera el mundo de juego independientemente de la acción del jugador? - ¿Qué acciones le permite al jugador? - ¿Qué tipos de comportamiento fomenta o inhibe?
2	Reglas diegéticas y extradiegéticas	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Los habitantes del mundo de juego a qué elementos pueden reaccionar y percibir? - ¿Qué acciones son explicadas como un elemento narrativo y cuáles no?
3	Guardar el juego	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Se puede guardar el estado de juego, dejar de jugar y regresar al estado guardado? - ¿El juego puede ser guardado en cualquier momento o sólo en puntos específicos? - ¿Existe un límite de juegos guardados que puede tener un jugador?
4	Relaciones entre las reglas y el mundo ficticio	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Con qué aspectos del mundo ficticio puede interactuar el jugador ? - ¿Cuáles son los aspectos representados del mundo ficticio con los que el jugador no puede interactuar? - ¿Qué aspectos del mundo ficticio han sido dejados fuera?
5	Valores y retórica procedimental	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué es lo que el juego premia?¿qué castiga? - ¿Qué omisiones o inclusiones en el diseño pueden reflejar una postura ideológica? - ¿Qué aspectos del juego presentan valores socioculturales o éticos? - ¿De que forma el juego expresa una ideología?
6	Contenido generado por código duro y por código procedimental	<ul style="list-style-type: none"> - ¿El contenido cambia cada vez que se inicia el juego? - ¿El jugador puede dominar el juego aprendiendo una secuencia?
7	Dinámicas del juego	<ul style="list-style-type: none"> - ¿El jugador tiene la posibilidad de desarrollar distintas estrategias para superar lo retos del juego? - ¿Cómo es que algunos elementos específicos fomentan o inhiben ciertas formas de jugar? - ¿Qué estrategias son las que dominan entre los jugadores?

Elementos formales según Fernandez-Vara (2015)		Preguntas guía para la identificación de los elementos formales en el juego sugeridas por la autora
8	Mediación	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál es el punto de vista que presenta el juego? - ¿Cómo el punto de vista le da un papel al jugador? - ¿Cuáles son los elementos en la pantalla que le dan información al jugador acerca de como jugar? - ¿Cómo interviene el jugador en el mundo ficticio?, ¿por manipulación directa o indirecta?
9	Periféricos y esquemas de control	<ul style="list-style-type: none"> - ¿El juego utiliza algún tipo de hardware especial o hardware estándar? - ¿Las acciones y su relación con el control siguen las convenciones de algún género de juegos?
10	Niveles de dificultad y balance del juego	<ul style="list-style-type: none"> - ¿El juego tiene una configuración que permite cambiar la dificultad? - ¿Qué tan frecuentes son los retos en el juego? - ¿Qué tanta libertad de acción tiene el jugador para recuperarse tras un error? - ¿El juego le enseña al jugador a mejorar, o espera cierto conocimiento o habilidades de él? - ¿Qué elementos del juego cambian mientras este avanza para hacerlo más difícil?
11	Representaciones de diseño visual, diseño de sonido y música.	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué aspectos audiovisuales indican el tema del juego? - ¿Cómo es que el diseño audiovisual ayuda a entender la interacción con el juego? - ¿Cómo es que los audiovisuales aprovechan la tecnología del medio? - ¿El juego evoca la estética de otros juegos o plataformas?
12	Juegos dirigidos por reglas y juegos dirigidos por metas	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo es que el balance entre reglas y metas determina el <i>gameplay</i>? - ¿El juego puede describirse como un juego de estrategia, uno donde se completen acciones específicas, o una combinación de ambas? - ¿El juego cambia cada vez que se juega o es el mismo?
13	Niveles y diseño de niveles	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo se divide el espacio que define al nivel? - ¿Cuál es la meta o sub metas del nivel? - ¿Cuáles son los retos del nivel? ¿Cómo se distribuyen en el espacio? - ¿Cómo el nivel intenta integrar el <i>gameplay</i> con la historia del juego?, o ¿la historia es independiente de las acciones del jugador?

Elementos formales según Fernandez-Vara (2015)		Preguntas guía para la identificación de los elementos formales en el juego sugeridas por la autora
14	Diseño de toma de decisiones	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué tan frecuentemente el jugador debe tomar decisiones? - ¿Qué tipo de opciones se le presentan al jugador?, ¿son binarias o múltiples? - ¿La relación entre elecciones y sus consecuencias es clara? ¿cómo se relacionan espacial y temporalmente?
15	<i>Cheats, Mods, Hacks y Bugs</i>	<ul style="list-style-type: none"> - En caso de haber <i>cheats</i> ¿quién los creó los desarrolladores o un tercero? - En caso de que el juego tenga modificaciones ¿fueron creadas por los jugadores y herramientas del juego o por algún programador experto? - ¿Qué aspectos revelan las modificaciones?

8.2- Anexo 2

Tabla comparativa de elementos formales de los distintos juegos analizados				
Elementos Formales	<i>Selección natural: El juego de las polillas</i> (JP)	<i>The evolution experience</i> (EE)	<i>GenePool Swimbots</i> (GP)	<i>Who wants to live a million years?</i> (WL)
1-Propósito del juego	Comunicar evolución por selección natural	Comunicar evolución por selección natural	Comunicar principios de la evolución, como la selección natural	Comunicar evolución por selección natural
2-Contenido e información	<p>-Caso histórico del melanismo industrial</p> <p>-Procedimentalmente presenta el proceso de selección natural en sus dinámicas, al mostrar un ambiente cambiante, variación de color en la población y la lucha por la existencia resultado de la selección del jugador.</p> <p>-Los efectos de la selección no son muy claros porque la población de polillas de algún color nunca desaparece, al seleccionar a las polillas sólo se modifican temporalmente los indicadores de la GUI.</p>	<p>-Trata la historia de vida de un ave joven, el personaje del jugador durante los distintos años (ciclos de juego).</p> <p>-Los eventos que ocurren en la narración son independientes de la acción del jugador, excepto cuando no puede cumplir las condiciones del <i>gameplay</i> y el personaje muere.</p> <p>-Procedimentalmente la acción de la selección del jugador afecta la evolución de la población de escarabajos, esto se hace explícito en la gráfica de la pantalla de datos.</p>	<p>-El contenido y la información se presenta como texto en las ventanas de ayuda y hace referencia al funcionamiento del juego y a la teoría de la evolución.</p> <p>-La selección natural se presenta procedimental al cambiar la población tras varias generaciones resultado del uso de un algoritmo genético como estructura base para el juego aunque permanece fuera del <i>círculo mágico</i>.</p>	<p>-Narración de la teoría de la selección natural y de su contexto de producción presentada por medio de texto y como una animación que inicia al presionar el botón de <i>selección natural</i>.</p> <p>-Procedimentalmente presenta la evolución de la población de mamíferos tras transcurrir el tiempo y los eventos en el mundo virtual.</p>

Tabla comparativa de elementos formales de los distintos juegos analizados

Elementos Formales	<i>Selección natural: El juego de las polillas</i> (JP)	<i>The evolution experience</i> (EE)	<i>GenePool Swimbots</i> (GP)	<i>Who wants to live a million years?</i> (WL)
3-Mecánicas y dinámicas	<p>-Es un juego dirigido por metas.</p> <p>-La meta principal del juego es atrapar la mayor cantidad de polillas antes de que termine el tiempo.</p> <p>-La mecánica principal es <i>atrapar</i> polillas tocando la pantalla sobre ellas.</p> <p>-En cuanto a dinámicas, las polillas no dejan de aparecer, sólo cambian sus proporciones a lo largo de cada <i>gameplay</i>.</p> <p>-No hay penalización en caso de no <i>comer</i> polillas o recompensa en caso de hacerlo. Esto hace irrelevante que se cumpla o no la meta.</p>	<p>-Es un juego dirigido por metas.</p> <p>-La meta principal del juego es <i>atrapar</i> la cantidad establecida de escarabajos antes de que termine el tiempo.</p> <p>-La mecánica principal es <i>comer</i> escarabajos haciendo <i>click</i> derecho sobre ellos.</p> <p>En cuanto a las dinámicas:</p> <p>-Hay una barra de tiempo extradiegética que representa el tiempo de cada <i>gameplay</i>. La población disminuye por la acción del jugador en cada <i>gameplay</i>.</p> <p>-En caso de que atrape una cantidad mayor o igual a la establecida, el jugador pasará a la siguiente iteración, en caso de no hacerlo perderá el juego.</p> <p>-Las proporciones de los colores de las polillas cambian en cada <i>gameplay</i> dependiendo de las polillas que no fueron atrapadas por el jugador en el <i>gameplay</i> anterior.</p>	<p>-Es un juego dirigido por reglas.</p> <p>-No tiene una meta preestablecida y es de final abierto.</p> <p>-Las mecánicas diegéticas permiten mover a los swimbots, acercarlos o alejarlos del alimento o de posibles parejas.</p> <p>-Las mecánicas son extradiegéticas y permiten modificar las reglas que rigen al <i>gameworld</i> y al comportamiento de los <i>swimbots</i>.</p> <p>-No existe retroalimentación en caso de tener una población abundante o nula, de hecho el juego sigue funcionando aunque haya desaparecido toda la población.</p>	<p>-Es un juego dirigido por una meta que consiste en lograr que los seres que habitan el mundo virtual sobrevivan durante el millón de años virtual. Para lograr la meta el uso estratégico de las reglas es necesario.</p> <p>-La mecánica principal del juego es extradiegética y consiste en utilizar los <i>life preservers</i> para detener el tiempo y elegir seres vivos con genotipos apropiados.</p> <p>-En cuanto a dinámicas, la presencia de cambios ambientales impredecibles muestra la importancia de los cambios en el ambiente para la evolución de la población.</p> <p>-En caso de que los fenotipos no sean adecuados para el ambiente la población puede extinguirse y el juego terminar.</p>

Tabla comparativa de elementos formales de los distintos juegos analizados

Elementos Formales	<i>Selección natural: El juego de las polillas</i> (JP)	<i>The evolution experience</i> (EE)	<i>GenePool Swimbots</i> (GP)	<i>Who wants to live a million years?</i> (WL)
4- Ficción y narrativa	<p>-El jugador ocupa el personaje de “un depredador” en un ambiente cambiante por la contaminación industrial.</p> <p>-El juego narra por medio de texto y animaciones un caso histórico en el que se pudo apreciar la evolución en acción.</p>	<p>-El jugador ocupa el personaje de un ave joven que busca sobrevivir y reproducirse.</p> <p>-La narración de la vida del ave es distinta en cada sesión de juego, esto se debe a que de forma aleatoria se eligen los eventos en la vida del ave en la pantalla de datos tras el segundo ciclo. Esta narración cambia en cada sesión de juego pero es independiente del desempeño del jugador en el <i>gameplay</i> y en ella se narra el éxito o fracaso reproductivo del personaje.</p>	<p>-El jugador no se encuentra representado como algún personaje del <i>gameworld</i> pero puede interpretarse como un científico que observa e interactúa con un cultivo de seres vivos microscópicos.</p> <p>-El juego no tiene una historia de fondo únicamente presenta textos con información del juego que surgen tras presionar el botón de ayuda siendo un recurso guía en la exploración del juego.</p>	<p>-El jugador no se encuentra representado en el <i>gameworld</i>. Al transcurrir el juego se despliega la historia de una población de seres vivos que busca sobrevivir un millón de años en los que pueden ocurrir cambios ambientales aleatorios.</p> <p>-Los cambios ambientales que ocurren son elegidos por el sistema de forma aleatoria haciendo que la narrativa del juego cambie en cada sesión de juego.</p>
5-Grado de abstracción de la simulación	<p>-El mundo virtual es simple y aunque busca simular un proceso del mundo real su grado de abstracción es alto al reducirse a pocas reglas.</p> <p>-El personaje no cuenta con una representación gráfica, sólo puede realizar una acción como depredador y una especie de posible alimento.</p> <p>- El mundo virtual presenta dos estados del ambiente a lo largo del tiempo. Esto junto con las dinámicas del sistema junto a la acción del jugador buscan desplegar el proceso de evolución en la población de polillas.</p>	<p>-El mundo virtual es simple y aunque busca simular un proceso del mundo real su grado de abstracción es alto al reducirse a pocas reglas.</p> <p>-El personaje no cuenta con una representación gráfica pero se comenta que es un ave. Sólo puede realizar una acción como depredador y sólo existe una especie de posible alimento.</p> <p>-El mundo virtual se mantiene invariable en los distintos ciclos de juego, sin embargo los colores en la población de escarabajos virtuales puede cambiar en los distintos ciclos de acuerdo a la acción del jugador.</p>	<p>-Es el juego analizado que tiene un menor grado de abstracción, debido a las reglas que rigen a los swimbots.</p> <p>-Cada swimbot presenta comportamiento, movimiento, y características únicas determinadas por su código. Además en caso de reproducirse heredan sus características a su descendencia de forma análoga a lo que ocurre en los seres vivos.</p>	<p>-El mundo virtual es simple y aunque busca simular un proceso del mundo real su grado de abstracción es alto.</p> <p>-El tiempo es un factor importante de este juego porque reduce un millón de años a unos pocos minutos y la mecánica principal implica detener el tiempo virtual.</p> <p>-En el mundo virtual las reglas dictan cambios ambientales aleatorios que buscan ser una abstracción de las contingencias del ambiente en el mundo real.</p> <p>-Como parte de los cambios ambientales se incluye la presencia nuevas especies, siendo el juego analizado que presenta una mayor diversidad de especies virtuales representadas.</p>

Tabla comparativa de elementos formales de los distintos juegos analizados

Elementos Formales	<i>Selección natural: El juego de las polillas</i> (JP)	<i>The evolution experience</i> (EE)	<i>GenePool Swimbots</i> (GP)	<i>Who wants to live a million years?</i> (WL)
6-Mediación	<p>-El jugador ocupa el papel de un depredador, aunque no se aclara su especie ni se representa de forma gráfica.</p> <p>-El jugador interviene sobre las polillas por mediación directa al tocar la pantalla sobre ellas.</p>	<p>-El jugador es representado con texto como un “ave” y no se le representa gráficamente.</p> <p>-El jugador interviene sobre los escarabajos por mediación directa al hacer <i>click</i> con el cursor sobre ellos.</p>	<p>-El jugador no es representado en el mundo virtual del juego. -Aunque las dinámicas y la información del juego orientan al jugador a asumir en primera persona el papel de un explorador de la simulación y a experimentar con ella.</p> <p>- Cuando el jugador manipula a los <i>swimbots</i> dentro del mundo virtual ocurre por mediación directa. En cambio, cuando el jugador puede modificar las reglas que rigen al mundo ficticio y las reglas que rigen a las preferencias de los <i>swimbots</i> los efectos tardan en ser visibles.</p>	<p>-El jugador no es representado en el juego, ni gráfica ni textualmente y ocurre en primera persona. Puede intervenir directamente en el mundo virtual al detener su tiempo e insertar nuevos fenotipos dos veces durante un millón de años.</p> <p>-La mediación ocurre de forma directa al detener el tiempo con los <i>life preservers</i> pero de forma indirecta porque los efectos del éxito de los fenotipos que se incorporan a la población tardan en ser visibles.</p>

Tabla comparativa de elementos formales de los distintos juegos analizados

Elementos Formales	<i>Selección natural: El juego de las polillas</i> (JP)	<i>The evolution experience</i> (EE)	<i>GenePool Swimbots</i> (GP)	<i>Who wants to live a million years?</i> (WL)
7-Estética y representaciones visuales y de sonido	<p>-Diseño visual de los <i>gameworld</i> tiene una estética simple, las polillas no tienen tonalidades y las blancas tienen líneas horizontales grises.</p> <p>-El fondo de árboles tampoco tiene muchos detalles y su cambio de color es coherente con la historia del melanismo industrial al ser presentada por una animación entre los dos escenarios.</p> <p>-El mundo ficticio es útil para mostrar el efecto del ambiente en la acción del jugador y a su vez en la población de polillas,.</p> <p>-El audio es prácticamente nulo, sólo suena un “beep” extradiagético cada vez que se toca la pantalla.</p>	<p>-El diseño visual del <i>gameworld</i> consiste en una fotografía de césped e ilustraciones escarabajos verdes y azules con distintos tonos que representan brillo y sobra.</p> <p>-La GUI del <i>gameplay</i> consiste en una barra de tiempo que se encuentra en la parte superior de la pantalla e indica el tiempo restante de cada <i>gameplay</i>.</p> <p>-El juego no presenta animaciones ni sonido.</p>	<p>-El diseño visual del <i>gameworld</i> consiste en un fondo y sólo dos elementos dentro de el, los <i>bits</i> de alimento que son representados por puntos y los <i>swimbots</i> que presentan características únicas en cuanto a color, número de segmentos y movimientos.</p> <p>-Los <i>swimbots</i> al ser “seres vivos artificiales” presentan distintos comportamientos dictados por <i>estados mentales</i>.</p> <p>-El juego no presenta representaciones de sonido.</p>	<p>-El diseño visual del <i>gameworld</i> busca asemejarse a una caricatura del planeta Tierra, en él cual ocurren distintos eventos aleatorios, que buscan simular las contingencias del ambiente.</p> <p>-Además de los personajes mamíferos que debe cuidar el jugador, existen plantas y depredadores que participan como factores de selección en la evolución de la población.</p> <p>-Hay pocas representaciones de sonido, en particular los balbuceos extradiagéticos que hace la imagen de Darwin o sonidos que acompañan a algunos de los eventos contingentes.</p>
8-Niveles y diseño de niveles	<p>-El juego consiste en dos niveles seriados, uno con fondo claro y otro con fondo oscuro ambos presentan la misma dificultad pero el cambio de color del fondo del escenario es clave para mostrar procedimentalmente el efecto del ambiente en el efecto del jugador como depredador en la población de polillas.</p>	<p>-En cada iteración el juego presenta niveles prácticamente idénticos, lo único que cambia son las proporciones de color de los escarabajos (que cambian dependiendo de la iteración anterior) y la dificultad dependiendo del número de escarabajos que el sistema pide.</p> <p>-El juego siempre termina cuando el personaje muere, al no poder cumplir la cantidad de escarabajos que solicita el sistema que puede llegar a ser excesiva.</p>	<p>-El juego presenta un único nivel flexible, porque sus características pueden ser modificadas al modificar las reglas extradiagéticas que rigen al <i>gameworld</i>.</p> <p>-En este mundo ficticio sólo hay dos entidades formando un sistema energético cerrado.</p> <p>-El nivel fomenta la exploración y está diseñado para asemejar la vista en el microscopio de un grupo de microorganismos.</p>	<p>-El juego presenta un único nivel de <i>gameplay</i> con tres pausas que indican cambios en el ambiente.</p> <p>-Los cambios en el ambiente orillan al jugador a introducir nuevos fenotipos en la población.</p>

Tabla comparativa de elementos formales de los distintos juegos analizados

Elementos Formales	<i>Selección natural: El juego de las polillas</i> (JP)	<i>The evolution experience</i> (EE)	<i>GenePool Swimbots</i> (GP)	<i>Who wants to live a million years?</i> (WL)
9-Niveles de dificultad y balance del juego	-La dificultad de los dos niveles es la misma pero cambian las condiciones que hacen visibles a las polillas. Por otra parte el juego no representa un reto porque no hay consecuencias cuando el jugador falla en cumplir la meta y deja de atrapar polillas, de hecho el ciclo de juego puede terminar sin que el jugador haya atrapado una sola polilla.	-La dificultad incrementa en cada iteración del <i>gameplay</i> porque se exige al jugador que <i>atrape</i> una cantidad de escarabajos cada vez mayor hasta que se vuelve imposible de superar. El juego lleva un registro de los <i>gameplay</i> anteriores para adecuar la dificultad al jugador, esto se pierde si el jugador recarga la página web.	El juego no presenta dificultad de forma preestablecida, esta se determinará por los objetivos de cada jugador. A pesar de esto, si es posible que se <i>extingan</i> todos los <i>swimbots</i> de la población aunque en ese caso el juego no se detiene y el tiempo virtual sigue transcurriendo.	- La dificultad del juego se encuentra en los cambios ambientales del mundo ficticio. Para superar el reto el jugador debe elegir a los fenotipos adecuados y en el uso de los <i>life preservers</i> en el momento adecuado. - Los cambios que presente el ambiente con respecto a la selección inicial de fenotipos le darán al juego una dificultad variable en las distintas sesiones de juego.
10-Periféricos y esquemas de control	Pantalla táctil	Ratón o <i>Pad</i> de computadora personal	Ratón, <i>Pad</i> de computadora personal o pantalla táctil de <i>iPad</i>	Ratón o <i>Pad</i> de computadora personal
11-Audiencia como marco	Dirigido a los visitantes de la sala de evolución de <i>Universum</i>	Dirigido a visitantes digitales a la exhibición virtual <i>Nature Online</i>	Dirigido a investigadores de vida artificial, a niños y a alumnos de carreras de ciencias como una herramienta pedagógica	Dirigido a visitantes digitales del sitio virtual de <i>The Science Channel</i>

Tabla comparativa de elementos formales de los distintos juegos analizados

Elementos Formales	<i>Selección natural: El juego de las polillas</i> (JP)	<i>The evolution experience</i> (EE)	<i>GenePool Swimbots</i> (GP)	<i>Who wants to live a million years?</i> (WL)
12-Coherencia y cohesión	<p>-Tanto la coherencia como la cohesión son altas porque la estética, la narrativa, las representaciones visuales y la información giran en torno al tema de la selección natural durante el caso histórico del melanismo industrial y se encuentran bien articuladas entre sí.</p> <p>-La estructura del juego permite que el proceso se muestre de procedimentalmente mediante las dinámicas del juego y la acción del jugador.</p> <p>-Lo anterior hace que el juego sea coherente con la estructura del modelo del núcleo duro del darwinismo.</p>	<p>-Son altas porque la estética, la narrativa, las representaciones visuales y la información giran en torno al tema de la selección natural y tienen cohesión entre sí.</p> <p>-La estructura general del juego muestra de forma procedimental la importancia de las iteraciones para el proceso de selección natural.</p> <p>-El juego también busca representar en su narrativa la importancia de las contingencias en el éxito biológico del personaje.</p> <p>-Lo anterior hace que el juego sea coherente con la estructura del modelo del núcleo duro del darwinismo.</p>	<p>-La coherencia y la cohesión son altas porque tanto los elementos estéticos, las representaciones visuales, la información o las dinámicas giran en torno a simular la evolución por selección natural.</p> <p>-Las dinámicas de este juego hacen que se muestre procedimentalmente al comportarse como una simulación de agentes regida por un algoritmo genético, la estructura de dicho algoritmo es coherente con los postulados del núcleo duro.</p> <p>-En este juego el jugador puede modificar algunas de las dinámicas del mundo ficticio y observar su impacto en la población de los seres que lo habitan.</p>	<p>-El juego presenta coherencia con respecto a su propósito y a la fuente científica que citan los desarrolladores. Sin embargo algunos elementos como la mecánica de interrumpir el tiempo e introducir fenotipos rompe con la coherencia del juego al introducir aspectos sobrenaturales en la narrativa.</p> <p>-La estructura general del juego hace que las dinámicas muestren a las contingencias ambientales como el principal factor de selección en la evolución de la población.</p> <p>-Los distintos eventos ambientales aleatorios dan la sensación de contingencias en el ambiente, de forma análoga a las que ocurren en el mundo real.</p> <p>-La mecánica de juego que consiste en detener el tiempo virtual e introducir mutaciones de forma intencional, rompe con la coherencia del proceso natural que busca comunicar el juego.</p>

9- Referencias:

9.1- Bibliografía

Aarseth, E. (2001), en Perron y Wolf (2009), *The Video Game Theory Reader 2*, Roudledge, Taylor & Francis Group.

Abt, C. (1970), *Seriuos Games*, University Press of America.

Baer, R. (2001), en Wolf (2001), *The Medium of the Video Game*, University of Texas Press.

Bogost, I. (2007), *Persuasivo Games. The Expressive Power of Videogames*, MIT.

Bohanon, J. (2008), "Flunking Spore", en *Science*, 322 (5901): 531.

Burns, T.W., O'Connor D.J. y S.M. Stocklmayer (2003), *Science Communication: A Contemporary Definiton*. *Public Understanding on Science* 12:183-202.

Callois, (1958-2001), *Man, Play and Games*, University of Illinois Press.

_____, (1958), en Salen y Zimmerman (2006), *The Game Design Reader. A Rules of Play Anthology*, MIT.

Csikszentmihalyi. (2008). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, Harper Perennial Modern Classics.

Curtis (2014a), "Public Engagement Trough the Development of Science-Based Computer Games: The Welcome Trust's 'Gameify Your PhD' Initiative", en *Science Communication*, 36 (3):379-387.

_____, (2014b), *Online citizen science games: oportunities for the biological sciences. Applied & Translational Genomics*. 3 (4):90-94.

_____, (2015), *Motivation to Participate in an Online Citizen Science Game: A Study of Foldit*. en *Science Communication*, 37 (6):723-746.

Darwin (1859-2009), *El origen de las especies por medio de la selección natural*, tr. de Antonio Zulueta, UNAM/Academia Mexicana de Ciencias/Editorial Catarata/Consejo Superior de Investigaciones Científicas, México.

Diamond y Evans (2007), "Museums Teach Evolution", en *Evolution*, 61(6):1500-1506.

Djaouit, Alvarez, Jessel y Rampnoux. 2011, *Origins of Serious Games*, en *Serious Games and Edutainment Applications*. Springer. p25-43.

Domingos Pedro. 2015. *The master algorithm*, Basic Books.

Dudo, Cicchirillo, Atkinson y Marx (2014), "Portrays of Technoscience in Video Games: A Potential Avenue for informal Science Learning", en *Science Communication*, 36(2): 219-247.

Dupré (2003), *El legado de Darwin. Qué significa hoy la evolución*, Katz.

Egenfeldt-Nielsen, Heide y Tosca (2008), *Understanding Video Games. The Essential Introduction*, Roudledge, Taylor & Francis Group.

Farber M. (2015), *Gamify your Classroom. Afield guide to game-based learning*, Peter Lang.

Fernandez-Vara (2015), *Introdution to Game Analysis*, Roudledge, Taylor & Francis Group.

Ferrara J. (2013), *Games for persuasión: Procedurality, and the Lie of Gamification. Games and Culture*, 8 (4): 289-304.

Flanagan M. (2009), *Critical Play. Radical Game Design*, MIT.

Frasca, (2007), *Play the Message*, tesis, Universidad de Copenhague

Gee y Hayes (2010), *Woman and Gaming. The Sims and 21st Century Learning*, Palgrave McMillan.

- González-Casanova M. (2007), "Tecnologías de la comunicación e información en los museos de ciencias", en *Museología de la Ciencia. 15 años de experiencia*, Rico, Sanchez-Mora, Tagaña y Tonda (coord). DGDC-UNAM.
- Gould S.J. (2004), *La estructura de la teoría de la evolución. El gran debate de las ciencias de la vida*, Tusquets (Metatemas).
- Hacen R. y Trefin (2009), *Science Matters. Achieving Scientific Literacy*, Anchor Books.
- Hunike, LeBlanc y Zubek (2010), *MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research*, en <http://www.cs.northwestern.edu/~hunicke/MDA.pdf>.
- Huizinga (1938), *Homo Ludens*, Alianza Editorial.
- _____ (1938), en Salen y Zimmerman (2006), *The Game Design Reader. A Rules of Play Anthology*, MIT.
- Jablonka y Lamb (2005), *Evolution in Four Dimensions*, MIT.
- Juul J. (2005), *Half-reall. Videogames between real rules and fictional worlds*, MIT.
- _____ (2007), "A Certain Level of Abstracción", en *Situated Play: DiGRA 2007 Conference Proceedings*: 510-515.
- Lacasa P. (2011), *Los videojuegos. Aprender en mundos reales y virtuales*, Morata.
- Malone y Lapper (1987) en Egenfeldt-Nielsen, Heide y Tosca (2008), *Understanding Video Games. The Essential Introduction*, Roudledge, Taylor & Francis Group.
- Mäyrä F. (2005), en Perron y Wolf (2009), *The Video Game Theory Reader 2*, Roudledge, Taylor & Francis Group.
- _____ (2006), "A Moment in the Life of a Generation (Why Game Studies Now?)", en *Games and Culture*. 1(1): 103-106.
- Melanie, M. 1996. *An introduction to Genetic Algorithms*. MIT.
- Milani (Coord) (1987), *Biological Science: An Ecological Approach*, BSS, Green Version. Teacher's Edition. Biological Sciences Curriculum Study. Kendall/ Hunt Publishing Company. Colorado Springs. p277-278.

Miller, Scott y Okamoto (2006), "Public Acceptance of Evolution", en *Science* 313 (5788): 765-766.

Mitgutsch y Alvarado (2012), *Proposeful by Design? A Serious Game Assessment Framework. Proceedings of the International Conference on the Foundations of Digital Games.*

Newman (2013), *Videogames*, Roudledge, Taylor & Francis Group.

Perron y Wolf (2009), *The Video Game Theory Reader 2*, Roudledge, Taylor & Francis Group.

Pigliucci y Müller (2010), *Evolution the Extended Synthesis*, MIT.

Pineda Alonso (2013), *Los videojuegos como estrategia de apoyo para enriquecer el proceso didáctico en la educación*, tesis, UNAM.

Rieber (1996), en Egenfeldt-Nielsen, Heide y Tosca (2008), *Understanding Video Games. The Essential Introduction*, Roudledge, Taylor & Francis Group.

Ruiz R. y F. Ayala (2008), "El núcleo duro del darwinismo", en *Fundamentos históricos de la Biología*, Lorente, Ruiz, Samundio y Noguera (comp.), UNAM

Ruiz y Rodríguez (2009), *Selección natural: tres fragmentos para la historia. Charles Darwin, Alfred Russel Wallace*, UNAM/Catarata/CSIC y AMC

Ruiz R. (2013), Conferencia: *Darwinismo, su significado, su impacto*. Grandes maestros. UNAM, puede escucharse en <http://descargacultura.unam.mx/app1?sharedItem=1844596>

Ruse, (2012), *The Philosophy of Human Evolution*, Cambridge.

Salen y Zimmerman (2004), *Rules of Play. Game Design Fundamentals*, MIT.

_____ y Zimmerman (eds.) (2006), *The Game Design Reader. A Rules of Play Anthology*, MIT.

Sánchez-Mora M. (2000), *La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes*, tesis, Facultad de Ciencias-UNAM.

Sánchez-Mora A. (2010), *Introducción a la comunicación escrita de la ciencia*, Universidad Veracruzana.

Sinatra G. (2014), *Overcoming the Challenges of Teaching and Learning about Biological Evolution*. <https://evolution-institute.org/article/overcoming-the-challenges-of-teaching-and-learning-about-biological-evoluti/>.

Sotamaa O. (2014), "Artifact", en *The Routledge Companion to Video Game Studies*, Wolf y Perron (eds.), Roudledge, Taylor & Francis Group.

Ventrella J. 2005. *GenePool: Exploring The Interaction Between Natural Selection and Sexual Selection*. En *Artificial Life Models in Software*. Springer p 91-96.

Whitton N. (2014), *Digital Games and Learning. Research and Theory*, Roudledge, Taylor & Francis Group.

Wolf (2001), *The Medium of the Video Game*, University of Texas Press.

9.2- Ludografía:

Anim-X. *Magestic*. E.A. 2001. Windows.

Armada de los Estados Unidos de América. *America's Army*. 2002. Windows.MacOSX, Linux.

Atari. *Pong*. Arcade.1971.

Biosvert y Rodriguez. *Iced!*.2008. Windows. MacOSX.

Blizazrd. *Starcraft*. 1998-2015. Windows, MacOS/OSX, Nintendo 64.

Forcehabit. *Dysbiosis* .2012.Unity Web Player.

Galaxy zoo team. *GalaxyZoo*. 2007. Web.

Higinbotham. *Tennis for two*. Donner, 1958.

Maxis. *The Sims*. 2000-2016. Multiplataforma.

Maxis. *Sim City*. 1989-2014. Multiplataforma.

Molleindustria. *Mc Donalls Video Game*. 2006. Web, Flash.

Museo de Historia Natural de Londres. *The evolution experience*.2006-2015.Web.

Nike. *Secret Tournament*. 2012. Web.

Nintendo. *Mario Kart*. 1992-2014. Multiplataforma-Nintendo.

Russell, Graetz y Wiitanen.*Space War*. 1961. PDP-1.

Swarm Interactive. *Who wants to live a million years?*. 2008. Web.

Ubisoft .*RockSmith*. 2012-2013. Multiplataforma.

UNAM-DGDC. *El juego de las polillas*. 2008. Exhibición de evolución *in situ*.

Universidad de Cambridge. *Fraxinus*. 2013. Facebook.

Universidad Carnegie Mellon y Universidad de Stanford.*EteRNA*.2010. Web.

Universidad de Washington. *Foldit*. 2008. Windows.MacOSX, Linux.

Wigglet Planet.1997. *Genepool Swimbots*. Windows. MacOSX. IOS-IPad.