
Técnicas bio-inspiradas
para la generación procedimental de
historias en literatura y videojuegos de
mundo abierto.

*Bio-inspired techniques for procedural generation of backstories
in literature and open world videogames.*



Memoria de tesis

Rubén H. García Ortega

Directores:

Juan Julián Merelo Guervós
Pablo García Sánchez

Escuela de Doctorado de Ciencias, Tecnologías e Ingenierías.
Programa de Doctorado en Tecnologías de la Información
y la Comunicación.
Universidad de Granada

Febrero 2022

Técnicas bio-inspiradas
para la generación procedimental de
historias en literatura y videojuegos
de mundo abierto.

*Bio-inspired techniques for procedural generation of backstories
in literature and open world videogames.*

Memoria de tesis

Versión 1.0

Directores:

**Juan Julián Merelo Guervós
Pablo García Sánchez**

**Escuela de Doctorado de Ciencias, Tecnologías e Ingenierías.
Programa de Doctorado en Tecnologías de la Información
y la Comunicación.
Universidad de Granada**

Febrero 2022

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Rubén Hector García Ortega
ISBN: 978-84-1117-371-1
URI: <http://hdl.handle.net/10481/75420>

*A mi mujer Olga, por apoyarme, motivarme y ayudarme.
Este proyecto, uno más de los que compartimos en la vida, ha sido, como
siempre, un trabajo en equipo.*

Agradecimientos

A todos aquellos que han hecho posible este trabajo, y en especial:

A mis directores de tesis, Juan Julián y Pablo, por su ayuda y dedicación durante toda esta investigación. Por enseñarme a ser riguroso en los planteamientos, a explicar los resultados y a redactar los artículos que, a su modo, también deben “contar una historia”.

A aquellos que, en el trabajo, han apoyado mi doctorado, permitiéndome flexibilizar mi tiempo y compaginar mis vida laboral y académica, especialmente a Juan Manuel, Miguel Ángel, Alejandro, Gad, Steve, Joaquín y Michele.

A aquellos que han colaborado en los artículos científicos que he publicado, a Ángel, Antonio, Aránzazu y Maribel, ayudando con los análisis de datos, con las traducciones al inglés y con las definiciones de conceptos.

A mi familia, por animarme y apoyarme en esta carrera de fondo, sin ninguna duda de que la lograría terminar. Me gustaría mencionar especialmente a mis padres, por ser un modelo para sus hijos y educarnos con valores como la honestidad, la integridad y el trabajo, tan necesarios para la vida y que han sido vehículo para desarrollar esta tesis. También me gustaría mencionar a mi mujer, Olga, por estar ahí siempre que he tenido cualquier duda, siempre con el consejo adecuado.

A mis amigos, con los que de pequeño jugaba a juegos de rol (de dados, papel, lápiz y mazmorras) donde hacía de “director de juego”, sin los que jamás me habría planteado lo difícil que es crear historias para personajes secundarios, “esbirros” y “monstruos finales”, ni habría querido hacer algo al respecto. ¡Algún día volverán esas partidas y aplicaré lo que he aprendido!

A los creadores de videojuegos de mundo abierto, por transportarnos a la Italia renacentista, a mundos de fantasía medieval o al salvaje oeste americano, inspirando esta tesis.

A todo amigo y conocido que se ha interesado por mi investigación, que me ha hecho preguntas interesantes o que, simplemente, ha escuchado mis disertaciones planteándose si algún día las máquinas reemplazarán a los guionistas. Les respondo de nuevo, la técnica avanzará pero el ser humano es irremplazable.

Resumen

El propósito de esta tesis es desarrollar metodologías que faciliten el diseño de historias vitales masivas, originales, interesantes y coherentes entre sí, de personajes no jugadores en videojuegos de mundo abierto. Para lograrlo se han definido, desarrollado y evaluado dos metodologías (ascendente y descendente) basadas en técnicas bio-inspiradas, que usen elementos a dos niveles: eventos o acciones de los personajes a bajo nivel y recursos reiterativos a mayor nivel (tales como arquetipos, estructuras de guión o recursos narrativos).

La metodología ascendente está basada en un enfoque híbrido *computación evolutiva / modelo basado en agentes*, para la generación de eventos masivos de bajo nivel en mundos virtuales donde emergen, de forma auto-organizada, recursos reiterativos de interés potencial para las historias. Los resultados obtenidos tras su evaluación indican que esta permite la aparición de los recursos reiterativos objetivo, dándole relevancia a la coherencia espacio-temporal de los eventos. Sin embargo, dicha metodología presenta retos como la dificultad de diseño de los agentes, eventos y recursos candidatos, o de que dichos recursos emerjan en mayor o menor cantidad en el mundo virtual, afectando negativamente al interés potencial. Para solventar este problema, se plantea la metodología descendente, basada en algoritmos evolutivos que seleccionan combinaciones de recursos reiterativos interesantes, usando una red neuronal para predecir su calidad potencial. Los resultados obtenidos tras su evaluación indican que esta permite optimizar combinaciones de recursos reiterativos con coherencia contextual, creatividad y un alto grado de interés potencial. Este enfoque implica un mayor esfuerzo para el autor/guionista a la hora de interpretar dichos recursos como hechos narrables y aportar su coherencia espacio-temporal a nivel de estados del mundo y de los personajes.

Ambos enfoques, ascendente y descendente, abordan el problema de generación de historias de un modo complementario, siendo buenas herramientas candidatas para la asistencia al autor/guionista del mundo virtual, que tendrá, en última instancia, la responsabilidad de su uso y adaptación a los personajes no jugadores y su narración o forma final.

Abstract

The purpose of this thesis is to develop methodologies that support the design of massive, original, interesting and coherent life stories of non-player characters in open-world video games. To achieve this, two methodologies (bottom-up and top-down) based on bio-inspired techniques have been defined, developed and evaluated, using elements at two levels: low-level character events or actions and higher-level reiterative resources (such as archetypes, script structures or narrative resources).

The bottom-up methodology is based on a *hybrid evolutionary computation / agent-based model* approach for the generation of massive low-level events in virtual worlds where reiterative resources of potential interest for stories emerge in a self-organized way. The results obtained after its evaluation indicate that it allows the emergence of the target reiterative resources, giving relevance to the spatio-temporal coherence of the events. However, this methodology presents challenges such as the difficulty of designing candidate agents, events and resources, or that these resources emerge in greater or lesser quantity in the virtual world, negatively affecting the potential interest. To solve this problem, the top-down methodology is proposed, based on evolutionary algorithms that select combinations of interesting reiterative resources, using a neural network to predict their potential quality. The results obtained after its evaluation indicate that it allows optimizing combinations of reiterative resources with contextual coherence, creativity and a high degree of potential interest. This approach implies a greater effort for the author/scriptwriter when interpreting these resources as narratable facts and providing their spatio-temporal coherence at the level of world and character states.

Both bottom-up and top-down approaches address the problem of story generation in a complementary way, being good candidate tools for assisting the author/scriptwriter of the virtual world, who will ultimately be responsible for their use and adaptation to the non-player characters and their final narrative or form.

Índice

Agradecimientos	VII
Resumen	IX
Abstract	XI
1. Introducción	1
1.1. Objetivo de la tesis	1
1.2. Motivación de la tesis	1
1.3. Estructura de la memoria	5
2. Contexto científico-tecnológico	7
2.1. Conceptos base en el contexto de la narrativa	7
2.1.1. La historia y sus elementos	7
2.1.2. Contenido y forma	8
2.1.3. Definición de recursos reiterativos	9
2.1.4. Ejemplos paradigmáticos de recursos reiterativos	10
2.1.5. Recursos reiterativos para el modelado de historias	12
2.1.6. Integración de conceptos sobre narrativa en la tesis	13
2.2. Las historias en los videojuegos	13
2.2.1. Personajes jugadores y no jugadores, principales y secundarios	13
2.2.2. Misiones primarias, secundarias y logros	14
2.2.3. El papel de la guionización	15
2.2.4. Los videojuegos de rol, de mundo abierto y RPGs tipo sandbox	16
2.2.5. La inmersión del jugador	17
2.2.6. Tipos de videojuegos según su producción	18
2.2.7. Las historias en videojuegos son extrapolables a otros medios	19
2.2.8. Integración de los conceptos sobre videojuegos en la tesis	19
2.3. La generación de historias en videojuegos	19

2.3.1.	Tipos de contenido que pueden generarse	21
2.3.2.	Generación de tramas en videojuegos	21
2.3.3.	Creatividad en PCG	22
2.3.4.	Evaluación de coherencia, originalidad e interés en las historias	23
2.3.5.	PCG como entornos de desarrollo o herramientas de asistencia al autor	24
2.3.6.	La narración interactiva como fuente de inspiración	25
2.3.7.	Integración de conceptos sobre PCG en la tesis	26
2.4.	La generación de historias como un problema complejo	26
2.4.1.	Orígenes de datos	27
2.4.2.	Sistemas multiagente	27
2.4.3.	Diseño de agentes	28
2.4.4.	Algoritmos Genéticos	29
2.4.5.	Redes neuronales	30
2.4.6.	Integración de conceptos sobre Problemas Complejos en la tesis	31
3.	Enfoque ascendente	33
3.1.	Metodología	33
3.1.1.	Modelado del sistema multiagente	33
3.1.2.	Modelado del Evaluador	37
3.1.3.	Modelado del algoritmo evolutivo	38
3.1.4.	Evaluación, ejecución y uso de resultados	39
3.1.5.	Características de la aproximación	40
3.2.	Diseño experimental del enfoque ascendente	40
3.2.1.	Diseño del Experimento 1: Recursos reiterativos sencillos	41
3.2.2.	Diseño del Experimento 2: Arquetipos del monomito	45
3.3.	Ejecución y resultados	49
3.3.1.	Ejecución y resultados del Experimento 1	50
3.3.2.	Ejecución y resultados del Experimento 2	51
3.4.	Conclusiones de los experimentos para la tesis	54
3.4.1.	Conclusiones del experimento 1	54
3.4.2.	Conclusiones del experimento 2	54
4.	Enfoque descendente	55
4.1.	Metodología	55
4.1.1.	Selección del número de recursos reiterativos y sus restricciones	55
4.1.2.	Modelado del Algoritmo Genético	57
4.1.3.	Modelo predictivo	58

4.1.4. Evaluación, ejecución y uso de resultados	58
4.1.5. Características de la aproximación	59
4.2. Diseño experimental del enfoque descendente	59
4.2.1. Objetivo	59
4.2.2. Aplicación de la metodología	60
4.3. Ejecución e interpretación de resultados	63
4.3.1. Selección de parámetros del modelo de predicción: . .	63
4.3.2. Selección de parámetros del Algoritmo Genético	64
4.3.3. Ejecución del Algoritmo Genético:	65
4.4. Conclusiones del experimento para la tesis	65
5. Conclusiones generales y nuevas líneas de investigación	67
5.1. Trabajo futuro	68
A. Publicaciones científicas del autor respecto a la tesis	71
Bibliografía	73

Índice de figuras

3.1. Diagrama de capas de abstracción de unidades narrativas en el enfoque ascendente.	34
3.2. Diagrama conceptual de los procesos del enfoque ascendente.	34
3.3. Diagrama de estados del agente (Enfoque ascendente, experimento 1).	42
3.4. Diseño arquitectónico (Enfoque ascendente, experimento 2). Los detalles de esta arquitectura pueden consultarse en [28] .	46
3.5. Árbol de comportamiento del agente (Enfoque ascendente, experimento 2).	47
3.6. Definición del cromosoma (Enfoque ascendente, experimento 2).	48
3.7. Fitness frente al número de perfiles en el entorno 1 (Enfoque ascendente, experimento 1).	50
3.8. Fitness frente al número de perfiles en el entorno 2 (Enfoque ascendente, experimento 1).	51
3.9. Fitness frente al número de perfiles en el entorno 3 (Enfoque ascendente, experimento 1).	52
3.10. Comparación de los resultados para las funciones de fitness M, A y AD (columnas) donde se muestra la evolución del fitness, el número de ocurrencias del monomito y en número de ocurrencias de cada arquetipo (filas).	53
4.1. Diagrama de capas de abstracción de unidades narrativas en el enfoque descendente.	56
4.2. Diagrama conceptual de los procesos del enfoque descendente.	56
4.3. Valores candidatos del tamaño de la población (Enfoque descendente).	61
4.4. (a) Gráfica de grupos hexagonales de las evaluaciones de errores para todas las películas con color en escala logarítmica. (b) Valor absoluto promedio de errores por número de recursos. (c) Desviación típica del error absoluto por número de recursos reiterativos.	64

- 4.5. Gráfico de cajas para cada una de las combinaciones de parámetros del algoritmo genético. 65
- 4.6. Resultados de la ejecución del Algoritmo Genético (enfoque descendente). 66

Índice de Tablas

3.2. Parámetros utilizados en la experimentación (Enfoque ascendente, experimento 2).	45
3.5. Fitness promedio de cada configuración (Enfoque ascendente, experimento 1).	50
4.3. Valores candidatos de la tasa de mutación (Enfoque descendente)	61
4.5. Valores candidatos de la tasa de cruzamiento (Enfoque descendente).	61
4.7. Número de ejecuciones (Enfoque descendente).	61
4.9. Criterio de parada (Enfoque descendente).	62
4.11. Parámetros del perceptrón multicapa (Enfoque descendente) .	62
4.13. Evaluación de parámetros del perceptrón multicapa usando validación cruzada de 3 iteraciones y ordenada según puntuación.	63

Capítulo 1

Introducción

1.1. Objetivo de la tesis

El propósito de esta tesis es facilitar el diseño de historias vitales masivas, creativas, interesantes y coherentes de Personajes no Jugadores (PNJs) en videojuegos de mundo abierto.

Para lograrlo se definirán, desarrollarán y evaluarán dos metodologías con aproximaciones diferentes:

- una metodología ascendente, basada en una aproximación híbrida Computación Evolutiva - Modelo Basado en Agentes, para la generación de eventos masivos en mundos virtuales donde emerjan estructuras narrativas de interés potencial para el lector, y
- una metodología descendente, basada en Algoritmos Evolutivos, que usa como modelo predictivo del interés una Red Neuronal entrenada con un conjunto de combinaciones de recursos reiterativos y su calidad conjunta, para la selección de aquellos recursos con un alto interés potencial, que servirán de guía para un posterior desglose en eventos masivos.

1.2. Motivación de la tesis

El desarrollo masivo de historias para miles de Personajes No Jugadores (PNJs), que aporten de verosimilitud a un videojuego de rol (*Role Playing Game*, RPG) tipo *sandbox* es una tarea muy compleja que, en caso de hacerse manualmente, implica una enorme inversión de recursos, y en caso de realizarse automáticamente, suele tratar a la historia de los PNJs de un modo repetitivo, por lo que pueden generar poco interés. Para dotar de verosimilitud a los mundos abiertos virtuales en videojuegos, es necesario desarrollar herramientas que permitan la generación masiva de historias que puedan

ofrecer un contexto de los PNJs coherente, interesante y original que promuevan la inmersión del jugador en dicho mundo.

Es necesario reseñar la importancia de la industria de los videojuegos en la actualidad. Se trata, hasta la fecha, de la industria del entretenimiento con mayor crecimiento, pasando de los 8.000 millones de dólares de ingresos mundiales en 2006 a los 178.000 millones de dólares en 2021 [19], con 2.700 millones de jugadores en todo el mundo [18]. Sus ingresos superan los de las industrias editorial, de los periódicos, del cine y de la música, solo por debajo de la industria de la televisión [55] con 400.000 millones de dólares de ingresos mundiales. Se estima que hay alrededor de 25 millones de desarrolladores de videojuegos en todo el mundo [53] y 1.181.019 videojuegos diferentes [69] considerando consolas de última generación y plataformas digitales para portátiles, sobremesa y tablets.

En un entorno de semejantes cifras, el desarrollo de videojuegos es un área altamente competitiva, y no todas las empresas desarrolladoras de videojuegos tienen capacidad para llevar a cabo grandes producciones. Según [27], aunque el 19 % de las empresas que desarrollan videojuegos tienen más de 500 empleados y pueden permitirse realizar *triple-A* [3], un mayor porcentaje son empresas pequeñas que se mueven en el mundo del videojuego independiente, ya que el 15 % tienen de dos a cinco empleados y el 19 % tienen un único empleado. Una de las principales diferencias entre juegos *triple-A*, *triple-I* e independientes es que las empresas que desarrollan estos últimos tienen menos capacidad de especialización en las diferentes facetas del videojuego [62] haciendo difícil alcanzar el grado de calidad y cantidad de elementos de los *triple-A*, pero con una mayor capacidad de experimentación.

Además, el trabajo creativo es de vital importancia en el desarrollo de videojuegos. Desarrollar un videojuego es una actividad multidisciplinar, y el arte representa, empatado con el marketing, el mayor porcentaje del coste total, representando el 37 % en juegos *triple-A*, mientras que la programación y la depuración representan tan solo el 15 %. Es decir, se destinan más recursos a tareas de naturaleza creativa como el diseño de terrenos, texturas, efectos sonoros, música o personajes que a la programación de las mecánicas de juego.

Dentro del trabajo creativo en el desarrollo de videojuegos, el diseño de personajes es un elemento clave dado que su verosimilitud permite a los jugadores empatizar con ellos, mejorando la experiencia de juego. Esto es especialmente relevante en RPGs, la categoría de videojuegos más jugada junto a los FPSs, con un 13 % de cuota.

Asimismo, no debemos olvidar que cuanto mayor es el mundo virtual, más difícil es generar recursos. En un ámbito más específico, y especialmente en los RPG, podemos encontrar los videojuegos de mundo abierto, donde vastos mundos están habitados por miles de PNJs con los que interactuar. Llevar a cabo un diseño de personajes complejo, con verosimilitud y tramas

únicas en un mundo abierto se traduce en un trabajo creativo realmente enorme .

En este punto de la argumentación, la generación automática de contenidos podría ayudar a reducir costes. Dicho de otro modo, en un mercado tan emergente y exigente, realizar RPGs de mundo abierto con un diseño de personajes complejo, especialmente por parte de empresas desarrolladoras independientes, supone un esfuerzo sumamente elevado. Es en este contexto donde la investigación actual cobra especial relevancia, dado que la inteligencia artificial puede permitir la reducción de costes, mejorando la credibilidad de las historias dentro de los videojuegos.

Disponer de historias que den un trasfondo a los personajes no jugadores podría enriquecer el mundo virtual. En videojuegos de mundo abierto, la mayoría de PNJs suelen ser figurantes, pero aun así son relevantes para la inmersión del jugador. Los trasfondos de los PNJs son una pieza clave en videojuegos de mundo abierto , ya que sirven para dar contexto a las diferentes subtramas y misiones que el jugador deba afrontar a lo largo del juego, tanto a las primarias como a las secundarias.

Además, los eventos de las vidas de los personajes deberían ser coherentes entre sí y con el mundo virtual donde se han producido. Aunque el diseño de personajes no es tan relevante como el guión del juego, sus trasfondos requieren de la existencia de una línea de tiempo y una causalidad [52] que permita dar consistencia y realismo a los eventos. Una red que relacione a los diferentes personajes, objetos y entornos podría replicar la estructura que muestran las redes sociales reales, llamadas de mundo pequeño (entorno cercano de cada ser humano).

La sucesión de eventos que interrelacionan a diferentes personajes podría generar, además, estructuras narrativas a un nivel superior. Su detección, análisis y promoción, por parte de los guionistas y desarrolladores del mundo virtual podría permitirles modelar narrativas más depuradas que permitan contar “historias” al jugador .

Estas estructuras narrativas podrían ser modeladas como recursos reiterativos (en inglés, *tropes*) literarios o audiovisuales. El estudio de obras literarias, películas, series y cómics, genera una corpus de estructuras comunes que pueden utilizarse en los trasfondos de los PNJs. A priori, es difícil establecer qué estructuras o combinaciones de ellas funcionan mejor o peor en un contexto específico, aunque intuitivamente podemos evaluar una obra finalizada, a posteriori. Existen miles de recursos estudiados y localizados en obras artísticas. Por poner un ejemplo, una de las estructura más influyente a la hora de diseñar historias es el “monomito” o “viaje del héroe” , que puede encontrarse tanto en mitos y leyendas de nuestras civilizaciones como en multitud de libros y películas actuales.

Por otro lado, podría fomentarse la originalidad de las historias de los personajes secundarios, sus perfiles, arquetipos y trasfondos en los mundos

abiertos. Dicho de otro modo, aunque el conjunto de la tipología de eventos se repita, las estructuras narrativas que generen la instanciación de dichos eventos podrían ser diferentes y únicas dentro del videojuego. En este punto cabe preguntarse si sería posible alcanzar algún nivel de creatividad, dado que, de no ser así, podrían ser repetitivos y afectar negativamente al desarrollo del videojuego.

El problema que se plantea podría considerarse “complejo”. La creación masiva de eventos que se intercalan e interrelacionan en una línea espacio-temporal haciendo emerger estructuras narrativas que concuerden con los recursos reiterativos estudiados y conocidos, tiene las características de un problema complejo, donde elementos similares se pueden relacionar de formas muy diversas para generar infinidad de patrones, a priori impredecibles, que, en su conjunto, pueden afectar a la experiencia videojuego positiva o negativamente.

En última instancia, la supervisión, adecuación y narrativa final de los eventos y estructuras generadas requerirían de la intervención experta. El problema que se está definiendo entra dentro de la Generación Procedimental de Contenidos (*Procedural Content Generation*, PCG), que se clasifican en función de su grado de uso. Un uso básico de PCG, planteado como una “Herramienta de asistencia al autor”, únicamente para esbozar un mundo virtual con personajes y hechos (eventos) que puedan verse a alto nivel como estructuras con las citadas características serviría de base para que los guionistas y desarrolladores pudiesen evaluarlo, ajustarlo como contenido, y darle una forma narrativa que encaje con la intencionalidad del juego, usándose como vehículo para mejorar la experiencia del usuario.

En términos generales y considerando los antecedentes planteados, el problema es que los desarrolladores de videojuegos de mundo abierto no disponen de herramientas para generar trasfondos masivos de PNJs, de forma creativa, interesante y coherente para mejorar la verosimilitud e inmersión en sus mundos virtuales.

Las técnicas bio-inspiradas han probado su efectividad para abordar problemas complejos. Por ejemplo, los algoritmos evolutivos son utilizados para el diseño de sistemas de distribución de aguas, topologías de circuitos impresos o infraestructuras de redes de comunicaciones móviles. Las redes neuronales, por otro lado, son utilizadas en los sistemas de reconocimiento de voz e imágenes, predicciones bursátiles y conducción autónoma.

Por un lado, existen aproximaciones híbridas Computación Evolutiva - Modelo basado en Agentes (EC-ABM) que podrían permitir a “personajes virtuales” interactuar en mundos virtuales para generar secuencias de eventos que podrían ser evaluados y optimizados mediante algoritmos evolutivos, buscando la emergencia de estructuras narrativas a un nivel superior, en lo que podríamos llamar una aproximación ascendente.

Por otro lado, una aproximación basada en Algoritmos Evolutivos que

use una red neuronal para el cálculo del fitness, podría permitir la búsqueda de conjuntos de estructuras narrativas interesantes intentando predecir su calidad. Dicha aproximación serviría de andamio para, a posteriori, generar interacciones entre personajes de un mundo virtual que se adecuen a dichas estructuras en lo que podríamos llamar una aproximación descendente.

Considerando dichos antecedentes, el propósito de la tesis es proveer unas metodologías basadas en técnicas bio-inspiradas, tales como sistemas auto-organizados, algoritmos evolutivos y redes neuronales, en enfoques ascendentes y descendentes, para la asistencia al diseño de historias vitales masivas, creativas, interesantes y coherentes de PNJs en videojuegos de mundo abierto (mencionado al principio de la tesis).

1.3. Estructura de la memoria

En primer lugar es necesario contextualizar la investigación, aportando terminología y definiciones de conceptos que serán utilizados a lo largo de la memoria, citando estudios donde se utilicen y elaboren, y que sirvan de referencia, a varios niveles: narrativa, videojuegos, generación de contenidos y técnicas bio-inspiradas para abordar problemas complejos. Dicho contexto científico-tecnológico se describe en el capítulo 2.

A continuación se explican los enfoques de generación de historias con metodología “ascendente” y “descendente”, en los capítulos 3 y 4 respectivamente, incluyendo los experimentos que permitan evaluar su idoneidad y limitaciones. Para cada experimento se detallan sus fases de diseño, configuración, ejecución, interpretación de resultados y conclusiones.

En base a los experimentos realizados usando ambos enfoques, se extraen las conclusiones generales de la tesis, y se presentan nuevas líneas de investigación y trabajo futuro, como detalla el capítulo 5.

Finalmente, se incluye un listado de los estudios publicados en el contexto de este trabajo por el autor, en el capítulo 6, así como la bibliografía citada en la presente memoria, en el capítulo 7.

Capítulo 2

Contexto científico-tecnológico

Con objeto de contextualizar las soluciones propuestas para abordar el problema de la generación de historias masivas, es necesario proporcionar una visión del estado actual y describir una serie de conceptos citando estudios donde se utilicen y desarrollen, a nivel narrativo (Sección 1), de videojuegos (Sección 2), de generación de contenidos (Sección 3) y los problemas complejos (Sección 4).

2.1. Conceptos base en el contexto de la narrativa

Las soluciones propuestas hacen uso de conceptos como “mundos virtuales”, “personajes”, “eventos” y “recursos reiterativos”. Dichos conceptos, entre otros, son descritos a continuación.

2.1.1. La historia y sus elementos

En el contexto de esta tesis utilizaremos el término “historia” en sus acepciones quinta, sexta y séptima según el diccionario de la Real Academia Española [66], siendo estas “Conjunto de los acontecimientos ocurridos a alguien a lo largo de su vida o en un período de ella”, “relación de cualquier aventura o suceso” o una “Narración inventada”, respectivamente. Cuando hablemos de una historia, normalmente nos referiremos a una sucesión de hechos, eventos, acaecimientos expresados como una sucesión ordenada de forma temporal y causal, pero también podremos hablar de la historia de un personaje como el conjunto de acontecimientos de su vida, es decir, como su historia vital, que, en un mundo inventado, serviría para que el autor de una obra pudiese contextualizarlo, ayudando a explicar su estado y decisiones.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Historia	“ <i>Conjunto de los acontecimientos ocurridos a alguien a lo largo de su vida o en un período de ella.</i> ” (Real Academia Española, 2022, definición 5). <i>Relación de cualquier aventura o suceso. “He aquí la historia de este negocio.”</i> (Real Academia Española, 2022, definición 6). “ <i>Narración inventada.</i> ” (Real Academia Española, 2022, definición 7)	La palabra “historia” será interpretada como un conjunto de hechos conectados entre sí y que podrán afectar a múltiples personajes, mientras que se usará el término “historia vital” cuando se haga referencia a los eventos acontecidos a una persona a lo largo de su vida.

El desglose de los elementos principales que conforman la narración [80] incluye a la figura del narrador (o narradores), los hechos u acciones, los personajes, el espacio y el tiempo.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Personaje	“ <i>Cada uno de los seres reales o imaginarios que figuran en una obra literaria, teatral o cinematográfica.</i> ” (Real Academia Española, 2022, definición 2)	En el contexto de las historias en videojuegos, el término hará alusión a personajes jugadores (PJ) y personajes no jugadores (PNJ).
Hecho	“ <i>Acción u obra.</i> ” (Real Academia Española, 2022, definición 4)	Acción o evento concreto llevado a cabo por uno o varios personajes, en un momento y lugar específicos.
Espacio y Tiempo	“ <i>Categorías sobre las que se articula la estructura de las obras narrativas dramáticas o líricas con componentes narrativos.</i> ” [71]	Dimensiones de los hechos o eventos, que servirán para aportar coherencia y causalidad a las historias.

2.1.2. Contenido y forma

Una obra literaria tiene un contenido y una forma [72]. El contenido hace referencia al significado, argumento o tema, es decir, a lo que se cuenta. La forma, sin embargo, hace referencia al modo de expresar las ideas, en otras palabras: cómo se dice. Esta distinción es importante dado que las diferentes metodologías y técnicas mostradas en la tesis estarán centradas en la generación de contenidos, siendo su forma final responsabilidad del guionista.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Contenido	<i>“En una obra literaria, tema o idea tratados, distintos de la elaboración formal.”</i> (Real Academia Española, 2022, definición 4)	La generación de mundos virtuales, personajes, eventos y gran parte de los recursos reiterativos se circunscribe al contenido de la obra.
Forma	<i>“En un texto literario, estilo o modo de expresar las ideas.”</i> (Real Academia Española, 2022, definición 4)	En general, aunque algunos recursos reiterativos hagan referencia a la forma, esta queda fuera del estudio de la tesis.

2.1.3. Definición de recursos reiterativos

Las situaciones u objetos reiterativos, también conocidos como motivos, son un elemento clave en el análisis literario de una obra [78].

En principio podremos encontrar múltiples términos que hacen alusión al mismo concepto de manera informal, como puede ser situaciones, objetos o recursos reiterativos o recurrentes, motivos, tópicos, lugares comunes, patrones, convenciones o “tropos”.

Aunque este concepto en inglés se exprese como “*trope*”, y en español se pueda traducir libremente como “tropo”, evitaremos dicho término dado que sus acepciones en el Diccionario de la Lengua Española [66] no incluyen dicha definición; en su lugar, podremos encontrar que “tropo” hace alusión a un texto breve con música usado en la edad media o a un tipo de figura retórica como son la metáfora, la metonimia y la sinécdoque.

Según la web TVTropes [77], podríamos traducir la definición de “trope” como un “recurso narrativo o convención, un atajo para describir situaciones que el narrador puede asumir razonablemente como reconocibles por la audiencia”. Dicha definición presenta una gran alineación con el concepto de motivo, situación u objeto reiterativo que se usará como parte de la formulación de la tesis. Aunque también, se ajusta parcialmente al concepto de tópico, que se define como “Vocablo que se aplica a los lugares comunes, ideas y procedimientos estilísticos muy repetidos” [72]. “The Oxford Dictionary of Literary Terms” [6] define “trope” como “recursos o patrones recurrentes” y en su trabajo, [59] lo define como “unidades de popularidad, recurrente en trabajos a lo largo del tiempo y ganando significado a través del reconocimiento de la audiencia por sus connotaciones y asociaciones”.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Recurso reiterativo , Situación/Recurso/Objeto reiterativo/recurrente, motivo, tópico, lugar común, patrón, convenciones o “tropo” (informal).	motivo: “ <i>En arte, rasgo característico que se repite en una obra o en un conjunto de ellas.</i> ” (Real Academia Española, 2022, definición 3). Trope: “Recurso narrativo o convención, un atajo para describir situaciones que el narrador puede asumir razonablemente como reconocibles por la audiencia.” (TvTropes) Trope: “Recursos o patrones recurrentes” (The Oxford Dictionary of Literary Terms, 2015) [6]. Tópico: “Vocablo que se aplica a los lugares comunes, ideas y procedimientos estilísticos muy repetidos”. [71]. Trope: “Unidad de popularidad, recurrente en trabajos a lo largo del tiempo y ganando significado a través del reconocimiento de la audiencia por sus connotaciones y asociaciones” [59]	Uno de los elementos claves de la tesis, que se modelará como estructuras de alto nivel sobre los eventos, que se podrán localizar en el conjunto de hechos de un mundo, provocar su emergencia y usarse como métricas de interés para el lector.

Ahondando en el concepto los recursos reiterativos, y de acuerdo a la Tabla Periódica de la narración [41], existe una clasificación que incluye, (según una traducción libre al español), recursos estructurales (como la estructura en 3 actos, la revelación o el clímax), de “entorno, leyes y guiones” (como la llamada a la aventura o el viaje del héroe), modificadores de historia (como más allá de lo imposible o cruzar la línea dos veces), mecanismos de guión (o “plot devices”, como el Phlebotinum aplicado o *Deus ex machina*), tipos de héroes (como los héroes, los antihéroes o los héroes clásicos), tipos de villanos (como el archienemigo, el malo final o el dragón), modificadores de personaje (como el protagonista, el antagonista o el cretino de buen corazón), arquetipos (como el científico loco, el narrador o el líder rebelde), meta-recursos (o metatropes, como la cuarta pared o la regla de la diversión), de producción (como el canon o las referencias) y de audiencia (como “la voluntaria suspensión de la incredulidad” o “la voz de dios”). Como veremos en sucesivos capítulos, algunos tipos serán más fácilmente trasladables al contenido (tipos y modificadores de personajes, estructura, escenarios, leyes guiones, arquetipos, ...) mientras que otros se adecuarán más a la forma de la obra, o incluso al contexto en el que la obra se publica o reproduce (metatropes, producción, ...).

2.1.4. Ejemplos paradigmáticos de recursos reiterativos

Los recursos reiterativos han sido estudiados desde hace años. Por citar algunos ejemplos, los arquetipos, utilizados por Platón, fueron estudiados en la psicología analítica de Carl Gustav Jung a principios del siglo XX,

y son definidos como comportamientos y patrones temáticos y lingüísticos en folklore y literatura, universalmente aceptados y presentes en el colectivo imaginario [34]. En el contexto de los videojuegos, los arquetipos suelen utilizarse para pre-diseñar las habilidades de los personajes (por ejemplo, ladrón, guerrero o mago), lo cual recuerda más al concepto de perfil.

Otro ejemplo es el formalismo de Propp [63], editado por primera vez en 1928 y basado en siete roles diferentes, cada uno con una lista de acciones que pueden tomar el control del curso de la historia en una secuencia fija de 31 funciones. En el contexto de la generación de historias, los formalismos de Propp han sido utilizados para construir sistemas que generan instancias de cuentos rusos tradicionales [36] de historias y discursos con personajes, lugares y objetos relacionados con la prefectura Iwate en Japón mediante micro/macro técnicas [47].

Algunos recursos reiterativos han sido ampliamente adoptados y académicamente estudiados, tales como la estructura en tres actos formulada por [26], el Mac-Guffin popularizado por Hitchcock [76], y el arma de Chekhov, formulada por el escritor ruso de epónimo nombre, según [11]. Aunque tal vez el recurso reiterativo de mayor trascendencia en la cultura popular es el monomito, comúnmente denominado “El viaje del héroe”, estudiado por Joseph Campbell en 1949 en “El héroe de las mil caras” [16] y posteriormente revisado desde la industria del cine por Vogler en 2007 en “El viaje del escritor” [79]. El monomito divide la historia en tres actos (salida, iniciación y retorno) con 17 fases no obligatorias que sirven de estructura tanto de mitos antiguos como de aventuras modernas. Aunque el monomito ha sido aplicado a literatura y medios tradicionales, también se manifiesta en videojuegos modernos como Skyrim y Mass Effect [51]. En su trabajo, Bartle [7] identifica y examina la aplicación de elementos clave del monomito en los videojuegos y descubre que los jugadores juegan a mundos virtuales como medio de auto-descubrimiento, siguiendo inconscientemente como camino predeterminado el monomito.

Existen miles de recursos reiterativos y su número no para de crecer, siendo descubiertos y catalogados cada día por profesionales y entusiastas de la narrativa. Su estudio es orgánico, dinámico y extensivo.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Arquetipo	<i>“Modelo, ejemplo, prototipo en el que se resumen las características esenciales de algo o de alguien.”</i> [71]. <i>“Imágenes o esquemas congénitos con valor simbólico que forman parte del inconsciente colectivo.”</i> (Real Academia Española, 2022, definición 4)	Recurso reiterativo que será usado de forma sistemática para intentar generar estructuras de monomito.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Monomito (viaje del héroe)	Término acuñado por Joseph Campbell para definir el modelo básico de relatos épicos en todo el mundo.	Recurso reiterativo que será estudiado, desglosado a nivel arquetípico y modelado para su posterior emergencia en historias masivas.

2.1.5. Recursos reiterativos para el modelado de historias

En general, podríamos decir que el conjunto de recursos reiterativos de una historia definen su arquitectura narrativa general, sobre la que, eventualmente, podrá crearse la narración. Estos recursos reiterativos no definen unívocamente una historia pero si la restringen, de manera que podemos caracterizar una obra mediante el conjunto de recursos reiterativos que posee, permitiéndonos definirla, categorizarla y modelarla desde una perspectiva matemática. En esta tesis, se usará el concepto de ADN de recursos reiterativos, haciendo una analogía con el ADN, que restringe las características de un organismo. Sin embargo, es necesario mencionar que estos recursos son conceptos vivos, cambiantes, que se crean a medida que surgen patrones en nuevas obras artísticas, por lo que, por definición, el ADN de recursos reiterativos es incompleto y evolutivo.

reiterativos

Algunos autores han basado sus estudios en los recursos reiterativos, sirviendo de inspiración para esta tesis.

Un ejemplo es el estudio de [59] en el que se extraen los recursos de la wiki TvTropes y características de la web IMDb, y utilizan el coeficiente de similitud de Jaccard para medir la similitud de conjuntos de recursos, descubriendo que dicha similitud predice moderadamente otras medidas externas de crítica y popularidad. Como veremos posteriormente, este estudio sirve de inspiración del modelo descendente de generación de historias de esta tesis.

Otro ejemplo es el trabajo de [74] en el que unos agentes dependen de algunos recursos reiterativos extraídos de TvTropes para obtener una narrativa consistente, describiendo las normas sociales que modelan el mundo en el que viven. Los recursos son seleccionados manualmente por los autores, modelados mediante el lenguaje TropICAL y usados como entrada de un razonador lógico.

Por último, en su estudio, los autores [39] crean una herramienta de apoyo al autor en el que dicho autor puede usar 94 de los 176 *tropos* de la Tabla Periódica de *Tropos* para generar una estructura narrativa y elementos del juego de cartas “Érase una vez” para completarla, pudiendo generar tramas para videojuegos.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
TvTropes	Wiki angloparlante que colecciona recursos y convenciones de guiones.	Los recursos de TV Tropes servirán como medio de generación de historias y para la predicción de las valoraciones de las películas.
IMDb	Base de datos de información relacionada con películas, programas de televisión, directores, actores y personajes ficticios.	Las películas, su número de votos, géneros y puntuaciones servirán para entrenar modelos de predicción.
Coefficiente de Jaccard	Estadística que sirve para medir la similitud y diversidad entre dos conjuntos.	Será utilizado para evaluar la originalidad de las historias generadas.

2.1.6. Integración de conceptos sobre narrativa en la tesis

La tesis se centra en la generación de eventos que conformarán los hechos, argumentos y tramas, dado un contexto espacio-temporal, para que sirvan como contenido de historias concurrentes, haciendo uso de los recursos reiterativos (convenciones, arquetipos, tropos, . . .) como medio para dotar y medir su idoneidad a nivel argumental. Este conjunto de eventos podrá servir como trasfondo de tramas principales, de especial utilidad en mundos abiertos.

2.2. Las historias en los videojuegos

Dado que el objetivo de la tesis se centra en los videojuegos, es necesario explicar aquellos conceptos que serán utilizados a lo largo de la memoria.

2.2.1. Personajes jugadores y no jugadores, principales y secundarios

En términos generales, existen dos tipos de personajes en los videojuegos: Los Personajes Jugadores (PJ) y los Personajes No Jugadores (PNJ). Los PJ son aquellos que la audiencia puede manejar. Por el contrario, los PNJ no son jugables por la audiencia, es decir, son manejados por la máquina, normalmente con mayor o menor grado de inteligencia artificial, en función de las necesidades.

Asimismo, una segunda división de los personajes, y considerando aquellos videojuegos que cuentan una historia, podríamos hacer una separación entre los tipos de personajes que participan de dicha historia: Protagonistas y personajes secundarios. Los personajes principales suelen estar asociados

a los PJ, es decir, los videojuegos suelen centrarse en una trama principal en la que el/los protagonista/s son manejados por el jugador. Del mismo modo, los personajes secundarios suelen estar manejados por la máquina (PNJs) y su misión es apoyar las tramas principales, ya sea para oponerse a los protagonistas, colaborar con ellos o simplemente “vivir” en el mundo virtual para proveer de realismo y mejorar la inmersión del jugador, como si de figurantes de una película se tratasen.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
PJ	<i>“Sigla de personaje jugador. En videojuego MMO y MMORPG: Personaje creado por el jugador para participar en un videojuego.” [64]</i>	En general, se buscará la inmersión del PJ mediante la generación de un mundo virtual habitado con personajes secundarios y figurantes que generen interés y muestren una historia con coherencia.
PNJ	<i>“Sigla de personaje no jugador. RPG: Personaje controlado por la CPU con el que es posible interactuar para conversar, comprar o intercambiar objetos, subir de nivel, etc.” [64]</i>	En general, las historias generadas masivamente y debidamente revisadas, narradas e interpretadas, servirán de trasfondo de los PNJs.
Protagonista	<i>“Primer actor o personaje principal de una obra narrativa o teatral.” [71]</i>	En principio, PJ en el videojuego
Personaje primario	<i>“Personaje que figura entre los protagonistas, o bien entre los personajes del relato principal de una obra.” [71]</i>	PJ y PNJs guionizados manualmente, con la finalidad de que participen en la trama principal.
Personaje secundario	<i>“Personaje de menor importancia que el primario.” [71]</i>	PNJs cuyas historias vitales son susceptibles de ser generadas automáticamente.
Personaje figurante	<i>“Personaje secundario que resulta pasivo por lo que respecta al desarrollo de una intriga. La utilización de figurantes en novela y teatro suele ser de utilidad para mostrar un determinado espacio social.” [71]</i>	PNJs cuyas historias vitales serán generadas automáticamente.

2.2.2. Misiones primarias, secundarias y logros

Centrándonos en aquellos videojuegos que presentan una historia al jugador, por norma general, la trama se desarrolla en un hilo principal con una serie de hitos o hechos que se suceden y que permiten que la historia principal avance. Por otro lado los videojuegos pueden incluir misiones llamadas secundarias, puramente opcionales, cuya función es permitir al personaje entrenar, explorar el mundo, conseguir recursos útiles o información, o simplemente entretener.

Además, y especialmente en juegos que ofrecen una gran cantidad de actividades, interacciones y mejoras, los sistemas de logros ayudan a que los jugadores puedan explorar las diferentes facetas del juego sacando mayor partido al mundo creado. Los logros, en este sentido, funcionarán como misiones secundarias.

Por último, el PJ podrá interactuar con el mundo virtual, el que se incluyen los PNJs. Es en estos personajes sobre los que se centra la tesis, dotándoles de contenidos que puedan ser utilizados como historias vitales y que puedan aportar verosimilitud e interés al mundo virtual. Esta labor de creación de eventos e historias masivas para un mundo abierto con gran cantidad de PNJs, manteniendo una coherencia y usando recursos interesantes y originales es el problema complejo que se trata de abordar en esta tesis.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Misión principal	<i>“Parte de la historia videojuego que es imprescindible completar para avanzar en la trama principal cuya duración y dificultad suelen ser superiores a las del resto del juego.” [64]</i>	La “misión principal” se asocia a una trama diseñada manualmente para el videojuego por los guionistas y para el PJ, por lo que, no es objetivo de la tesis su generación. Sin embargo sí podría restringir de algún modo las historias generadas para los PNJs.
Misión secundaria	<i>“Parte opcional de la historia videojuego y que no es necesario completar para avanzar en la trama principal cuya duración y dificultad pueden variar mucho.” [64]</i>	Su uso es similar al de la misión principal, es decir, no objetivo de la tesis.
Logro	<i>“Objetivo extra de un videojuego con el fin de extender la duración de éste al proponer un desafío al jugador más allá de completar su historia.” [64]</i>	Su uso es similar al de la misión principal, es decir, no objetivo de la tesis.

2.2.3. El papel de la guionización

El esfuerzo de guionización de un videojuego se reduce a medida que la misión tiene menos importancia, y esto es especialmente visible en juegos con vastos mundos virtuales, gran cantidad de actividades y muchos PNJs. Las tramas principales de un videojuego, guiadas por hitos en sus misiones principales suelen estar guionizadas como si de una película o un libro se tratase. Por otro lado, a medida que la actividad tenga menor relevancia en la historia principal, su esfuerzo en guionización decrece, optándose por conversaciones y comportamientos prediseñados, historias recurrentes de menor interés narrativo y personajes más planos, como sucede en *sandbox* RPGs

actuales. El objetivo de la tesis es facilitar el diseño de historias de PNJs en este tipo de juegos, de modo que su creación requiera una menor inversión de tiempo.

2.2.4. Los videojuegos de rol, de mundo abierto y RPGs tipo sandbox

En secciones anteriores se han mencionado ciertas características de algunos videojuegos: que cuenten una historia, guiada por misiones principales y secundarias, en un vasto mundo virtual con multitud de acciones, actividades y PNJs. Un tipo de videojuego que aúna todas estas características es el RPG tipo *sandbox*. RPG proviene de las siglas *Role Playing Game*, un tipo de juego de rol por ordenador, también llamado CRPG por tratarse de un videojuego en lugar del clásico Juego de rol de lápiz y papel, donde el personaje tiene una serie de características que evolucionan y mejoran a medida que se juega. Un RPG tipo *sandbox* es aquel donde el jugador tiene libertad para explorar un mapa de grandes dimensiones (también denominado de mundo abierto [2]), llevar a cabo misiones e interactuar con una gran cantidad de personajes. De ahí la importancia de los PNJs y la necesidad de mejorar su verosimilitud.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
RPG	<i>“Del inglés role playing game ‘videojuego de rol’. Este género tiene su origen en los juegos de rol de mesa especialmente en Dungeons & Dragons (Dragones y Mazmorras).” [64]</i>	Los RPG serán objetivo de la tesis como soporte de experiencias lúdicas con interacciones entre personajes principales, secundarios y figurantes (PNJs).
Género RPG	<i>“Videojuego en el que el jugador controla las acciones de un personaje o grupo de personajes en un mundo con un grado variable de detalle, y que incluye diversos escenarios, mecánicas, una desarrollada historia, elementos narrativos, el crecimiento del personaje del jugador mediante niveles, cierta complejidad, así como también la presencia de rejugabilidad e inmersión narrativa.” [64]</i>	Los videojuegos de género RPG serán objetivo de la tesis como soporte con una componente narrativa muy alta, con una gran inmersión por parte del jugador (de ahí la importancia de los PNJs).
Mundo abierto	<i>“Modelo de diseño de videojuegos en el que se otorga libertad de movimiento al jugador por el mundo virtual e interactuar en gran medida con los elementos que lo componen.” [64]</i>	Los videojuegos de mundo abierto serán objetivo de la tesis al mostrar un vasto mundo virtual habitado potencialmente por cientos o miles de PNJs.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Sandbox RPG	<i>“Videojuego de mundo abierto donde el jugador cuenta con libertad para moverse por un mapa de grandes dimensiones, afrontar las distintas misiones principales o secundarias en el momento y orden que decida e interactuar con gran cantidad de personajes o PNJ.” [64]</i>	Los videojuegos <i>sandbox</i> RPG serán el objetivo primordial de la tesis al unir RPG y mundo abierto, de modo que los habitantes del vasto mundo virtual puedan aportar verosimilitud a dicho mundo e inmersión en las narrativas, ya sean tramas guiadas por misiones principales, secundarias o logros.

2.2.5. La inmersión del jugador

Un elemento de vital importancia en los videojuegos que cuentan historias, especialmente en RPGs tipo *sandbox* es la inmersión del jugador en ese mundo y en las historias que en él suceden. Para ello, la percepción del mundo debe ser creíble, dejando de un lado el término “realista”, dado que en ocasiones el mundo de fantasía que nos ofrece el videojuego no se rige por las normas de la realidad. Hablar de credibilidad en un sentido absoluto es complicado, dado que depende en gran medida de las limitaciones técnicas, por lo que un videojuego que puede considerarse creíble en un momento dado puede no serlo tanto pasados unos años. La técnica debe sacrificar detalles en pro del rendimiento y de la optimización de recursos.

En cualquier caso, la inmersión del jugador se verá afectada por la capacidad del juego de transmitir una credibilidad y verosimilitud en cuanto a los elementos, personajes, interacciones e historias. Además, según [8] los trasfondos de los personajes son una parte importante de la narrativa.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Inmersión del jugador	<i>“Característica de un videojuego que define su capacidad para hacer creer al jugador que forma parte del mundo virtual que representa, envolviéndolo a través de su atmósfera, banda sonora, gráficos y jugabilidad.” [64]</i>	El fin último de dar soporte a la creación de historias masivas en PNJs es permitir que los autores de un videojuego puedan ofrecer una mayor inmersión en el mundo virtual.

En lo que atañe al objetivo de la tesis, la credibilidad de las tramas y de las interacciones de personajes es otro elemento que afecta a la inmersión, y esto es especialmente relevante en RPGs tipo *sandbox*, en los que el modelado de las tramas principales es muy cuidado, pero la mayoría de PNJs y sus interacciones están ausentes o, en el mejor de los casos, pre-diseñadas, dando la sensación de ser meros figurantes.

2.2.6. Tipos de videojuegos según su producción

Igualmente, es importante reseñar que en la industria de los videojuegos, igual que en Hollywood, existen las grandes producciones (llamadas triple-A) y las pequeñas (llamadas independientes), con grados intermedios como las AA (con menor presupuesto que los triple-A) y las triple I (independientes con alto presupuesto). Últimamente se habla también de videojuegos cuádruple-A, que siguiendo el símil de Hollywood, podría corresponder a las más grandes superproducciones. Como podemos imaginar, los videojuegos triple-A son desarrollados por compañías con cientos de desarrolladores, poseen un mayor presupuesto y, por lo general, ofrecen más horas de juego y una mayor calidad de contenidos. En el otro extremo los juegos independientes son desarrollados por empresas pequeñas, con desarrolladores más generalistas, un presupuesto y recursos limitados, aunque una mayor libertad creativa. Sin entrar en debates sobre la idoneidad de los dos modelos, existe una realidad innegable: una desarrolladora independiente tiene, a día de hoy, mayores problemas al desarrollar un RPG tipo *sandbox*, ya que éste requiere de gran cantidad de recursos y diseños que aporten esa credibilidad y esa inmersión. Por descontado, las limitaciones suelen compensarse con una gran creatividad, que en ocasiones implica el uso de inteligencia artificial para el apoyo de la creación de elementos del juego [38].

Por otro lado, cuando hablamos de producción, algunos autores [44] afirman el reto que supone su creación, por su efecto de “producción multiplicativa”, es decir, los elementos involucrados en el desarrollo de un producto audiovisual necesitan trabajar de manera conjunta y un simple elemento fallido puede provocar un desastre en cascada. Este efecto se agrava cuanto mayores son las limitaciones del desarrollo y menor es el presupuesto.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Videojuego triple-A	<i>“Videojuego desarrollado por una empresa que cuenta con un presupuesto elevado para su producción, promoción y distribución.”</i> [64]	Por su elevado presupuesto podrá permitirse, en general, mayor esfuerzo en la creación de elementos tales como el diseño de personajes.
Videojuego independiente	<i>“Videojuego desarrollado por una industria que trabaja de manera independiente, es decir, sin ceñirse a las órdenes o pautas de un tercero, generalmente una empresa editora, que influya en el proceso de edición.”</i> [64]	Por su reducido presupuesto, por norma general, podrá dedicar un menor esfuerzo en la creación de elementos tales como el diseño de personajes, por lo que es más proclive al uso de herramientas de generación de contenidos.

2.2.7. Las historias en videojuegos son extrapolables a otros medios

Hasta este punto hemos estado hablando de historias y de videojuegos como medio para contar dichas historias y hacer al jugador partícipe de una experiencia inmersiva. Es necesario destacar que los conceptos que estamos tratando en esta tesis, especialmente aquellos relativos a la narración, a los personajes y sus tramas, son igualmente aplicables a otros medios como pueden ser el cine, la televisión, la radio, los libros, los cómics o las novelas gráficas. En última instancia y salvando las diferencias de cada medio y su dinámica particular, una historia, unos hechos que interrelacionan a unos personajes (el contenido que se explicaba anteriormente), no depende tanto del medio que se use para ser transmitido (más relacionado con su forma). En el contexto de esta tesis, las herramientas de apoyo a la generación de tramas en mundos abiertos pueden ser aplicadas a cualquiera de estos medios, siendo el autor el responsable de configurar su uso y adecuar su forma final.

2.2.8. Integración de los conceptos sobre videojuegos en la tesis

Este tesis plantea el estudio de diferentes técnicas para el apoyo a la creación de historias masivas, que se muestra de especial utilidad para apoyo al modelado de personajes secundarios PNJs, que mejoren la inmersión en RPGs tipo *sandbox*, especialmente (aunque no exclusivamente) en un contexto de recursos limitados como puede ser el de una empresa desarrolladora independiente.

2.3. La generación de historias en videojuegos

Los videojuegos de mundo abierto suelen utilizar técnicas de Generación Procedimental de Contenidos (PCG). Desde los inicios de la tesis, la PCG está ganando popularidad debido a dos razones principales. La reducción de coste que ofrece para los desarrolladores y la capacidad de rejugabilidad que implica para los jugadores. Como un ejemplo paradigmático, podemos citar el videojuego independiente “No Man’s sky”, ganador de tres premios de la crítica incluyendo mejor juego original y el elogio especial por la innovación en la *Entertainment Expo 2014*.

Según [82] hay una taxonomía de Generación Procedimental, en función de diferentes aspectos: Según su tipo se puede generar contenido opcional o contenido necesario, según el determinismo se pueden generar contenido de forma aleatoria o de forma determinista, según la controlabilidad se puede generar contenido controlable o no controlable, según su interactividad se puede generar contenido autónomo o de iniciativa mixta y según su adaptabilidad se puede generar contenido agnóstico a la experiencia o dirigido por

la experiencia.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
PCG	<i>“Dicho de la creación de escenarios u otros elementos de un videojuego: Que ha sido generado mediante un algoritmo en lugar de a mano.” [64]</i>	Las técnicas exploradas en la tesis se engloban en el área de la PCG.
Contenido necesario	Contenido que es requerido para completar el nivel	En principio, queda fuera del objetivo de la tesis.
Contenido opcional	Contenido que puede ser descartado o intercambiado por otro	Objetivo de la tesis, dado que esta se centra en PNJ que quedan fuera de tramas principales.
Determinismo en PCG	“Aleatorio” / “determinista”: El término hace referencia a la cantidad de aleatoriedad en la generación de contenidos. Una alta aleatoriedad ofrece una alta variabilidad a costa de la controlabilidad.	Las técnicas utilizadas en esta tesis son “aleatorias”.
Controlabilidad en PCG	“Controlable” / “No controlable”: El término hace referencia a los diferentes mecanismos que permiten reproducibilidad, como el uso de semillas aleatorias, o la capacidad de restringir los resultados de las ejecuciones.	Las técnicas utilizadas en esta tesis son “controlables”, dado que permiten al autor configurar restricciones.
Iteratividad en PCG	“Constructivo” / “Generación y testeo”: El término hace referencia al momento de la generación del contenido. Se considera constructivo a contenido generado durante la fase de diseño del videojuego, mientras que el de tipo “generación y testeo” se genera y se prueba su idoneidad durante el juego.	Aunque las técnicas utilizadas en esta tesis podrían ser de las dos modalidades, debido a la complejidad del problema y sus restricciones se plantea como una herramienta de soporte al autor para la fase de diseño, siendo los guionistas quienes validen y adapten los resultados.
Autonomía en PCG	“Autónomo” / “de iniciativa mixta”: El término hace referencia al nivel de autonomía de la generación, es decir, si requiere o no de un humano.	Las técnicas utilizadas en esta tesis son “de iniciativa mixta”, dado que el resultado será un contenido que deberá ser revisado y adaptado al mundo virtual.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Adaptatividad en PCG	“Agnóstico a la experiencia” / “dirigido por la experiencia”: El término hace referencia a si el contenido será generado considerando el comportamiento o la experiencia del jugador.	Dado que las técnicas se enfocan como herramientas de soporte al autor, en principio, su adaptabilidad dependerá de cómo use los contenidos el autor.

2.3.1. Tipos de contenido que pueden generarse

Tal y como describe [4] y siguiendo la clasificación de [43], existen cinco clases de contenidos que pueden ser generados procedimentalmente: “bits de juego” o unidades básicas tales como sonidos, vegetación o estructuras, “espacio de juego” como mapas compuestos e “game bits”, “sistema de juego” como ecosistemas o redes de carreteras, “escenarios de juego” como la historia o los conceptos de niveles, y el “diseño del juego” como las reglas y objetivos.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Bits de juego	<i>Unidades elementales del contenido del juego que no afectan a la ejecución del juego cuando son consideradas de manera independiente</i> [4]	En el contexto de la investigación, podremos considerar que PNJs (que representen a personajes figurantes) y objetos podrán ser interpretados como bits de juego.
Espacio de juego	<i>Representa el entorno en el que se juega. Está compuesto por diferentes bits de juego.</i> [4]	No objeto de la investigación.
Sistema de juego	<i>Por ejemplo, ecosistemas, red de carreteras, planificación urbana.</i> [4]	No objeto de la investigación.
Escenarios de juego	<i>Entorno en el que ocurren los eventos.</i> [4]	Las historias de los PNJs transcurrirán en un mundo virtual que podrá ser mapeado con los escenarios de juego.
Sistema de juego	<i>Reglas y objetivos</i> [4]	En el contexto de la investigación, el sistema de juego debe estar alineado con los videojuegos RPG tipo <i>sandbox</i> .

2.3.2. Generación de tramas en videojuegos

De acuerdo a la clasificación de usos realizada por [21], podemos encontrar un uso básico de PCG, un uso intenso y un uso *core* o central.

El uso básico incluye los “bits” de juego, las historias, los personajes o los mapas. Según los autores, mientras que un diseño manual de dichos

recursos permite que los desarrolladores puedan hacer los ajustes precisos en cuanto a combinaciones, relaciones y balance de juego, es necesario recalcar que este proceso demanda mayor producción y presupuesto que la generación procedimental de contenidos [43]. Como ejemplo reciente, podemos hablar de “*The witcher 3: Wild Hunt*”, un videojuego triple-A creado por CD Projekt Red, que ofrece contenido único que incluye actuaciones y locuciones que suponen más de 200 horas de juego.

El uso intenso de la PCG permite extender el juego más allá de las tramas principales, permitiendo a los guionistas centrarse en desarrollar las historias, misiones e hitos que permitirán avanzar a la trama principal, mientras que el sistema de PCG pueda encargarse de generar un área de juego virtualmente infinita para que los jugadores puedan entrenar o entretenerse. Un ejemplo de dicha aproximación es el algoritmo llamado “Radiant Quest System” [54] desarrollado por Bethesda para “*The Elder Scrolls V: Skyrim*”, que permite combinar automáticamente recursos del juego incluyendo líneas de actuación para que PNJs puedan ofrecer al jugador nuevas misiones. Por supuesto, el uso masivo de esta técnica extiende el juego hasta el infinito pero puede volverse repetitiva en sus dinámicas y a nivel narrativo, muy poco trascendente para la historia.

Por último, el uso central de la PCG, según estos autores, es el uso de PCG en elementos básicos de la experiencia de juego, avance y trama principal, y requiere que las dinámicas de juego sean suficientemente fuertes como para darle soporte.

El objetivo de la tesis es dar soporte a la creación de historias vitales de PNJs, por lo que encaja principalmente con un uso básico de PCG.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Uso básico de PCG	Generación de contenidos que no afectan a las tramas y alcance del videojuego.	En principio, el apoyo a la generación masiva de historias para PNJ pertenece a esta categoría.
Uso intensivo de PCG	Generación de contenidos que pueden extender el videojuego con tramas secundarias.	No objeto de la investigación.
Uso central de PCG	Generación de contenidos que afectan a elementos básicos de la experiencia de juego, avance y tramas principales.	No objeto de la investigación.

2.3.3. Creatividad en PCG

Según Boden [12], [13] existen 3 tipos de procesos generativos de ideas: La creatividad combinacional consiste en la generación de ideas nuevas combinando ideas preexistentes. La creatividad exploratoria consiste en la ge-

neración de nuevas ideas explorando un espacio conceptual establecido. Finalmente, la creatividad transformacional es similar a la exploratoria solo que requiere rechazar alguna de las restricciones que definen este espacio o alguna de las suposiciones del problema.

Considerando esta tipología, a la hora de generar historias de forma automática, debemos preguntarnos qué tipo de creatividad se estará aplicando y cuáles son sus expectativas.

Dado que las técnicas usadas en la investigación de esta tesis harán uso de recursos reiterativos conocidos, y combinaciones de ellos, los resultados mostrarán una creatividad de tipo combinacional.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Creatividad combinacional	Tipo de creatividad que consiste en la generación de ideas nuevas combinando ideas preexistentes	Las técnicas exploradas en esta investigación parten del uso de recursos reiterativos conocidos, que se combinarán para formar nuevas historias.

2.3.4. Evaluación de coherencia, originalidad e interés en las historias

Intentemos definir en qué consiste la evaluación de una historia. De acuerdo con [83], la complicación de la evaluación de un contenido auto-generado, en este caso, una historia, no sólo deriva de su naturaleza no determinística, sino también de la naturaleza subjetiva, diversa y estocástica de la audiencia.

A priori hay diferentes facetas de una historia que pueden cumplirse en mayor o menor medida: que la historia sea coherente, que la historia sea original y que la historia sea interesante.

Que la historia sea coherente es, a priori, sencillo de evaluar analizando los eventos individuales. Si definimos un evento como una acción llevada a cabo por uno o varios personajes, en un lugar y un momento dado y que afectan a otros personajes o cosas del mundo virtual, la verificación de la coherencia consiste en evaluar los estados inicial y final de los elementos y confirmar que son congruentes en el espacio-tiempo. Si un elemento tiene dos estados espacio-tiempo diferentes y no congruentes en el mismo momento, podremos invalidar la congruencia de la historia.

La originalidad es difícil de medir, dado la complejidad del contenido y de la forma de cada historia. Sin embargo, al usar los conjuntos de recursos reiterativos como medio de definir una historia (con sus limitaciones, por supuesto), se podrían utilizar coeficientes de Jaccard [59], para medir la distancia entre los conjuntos de recursos existentes en las historias conocidas y los de las historias generadas.

Respecto al interés de la historia, existen diferentes aproximaciones en los trabajos existentes. Por un lado, pueden utilizarse directamente las opi-

niones del autor o de la audiencia, como sucede en el trabajo de [39]. También pueden usarse modelos predictivos de Inteligencia Artificial, basados en la sabiduría de opiniones colectivas [70] en plataformas online, tal y como hicieron [46]; en su trabajo, usaron diferentes modelos predictivos para la nota de las películas en IMDb a partir de características de dichas películas, concluyendo que las redes neuronales daban el mejor resultado, frente a combinaciones lineales y regresiones lineales múltiples.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Coherencia	<i>“Relación lógica y jerárquica de todos los elementos de un texto.”</i> [71]	Hablaremos de coherencia de una historia a nivel de eventos, que implicará que exista una causalidad entre los eventos y restricciones en los estados de los personajes, espacio y tiempo (por ejemplo, un mismo persona no podrá estar en dos lugares al mismo tiempo).
Originalidad	<i>“Característica de una obra que no denota imitación y se distingue de las ya conocidas por su novedad.”</i> [71]	Hablaremos de originalidad de una historia en tanto en cuanto la combinación de recursos reiterativos no se repita.
Interés	<i>“Inclinación del ánimo hacia un objeto, una persona, una narración, etc.”</i> (Real Academia Española, 2022, definición 4)	Hablaremos del interés de una historia como la potencial atención que pueda obtener del jugador en base a los recursos reiterativos que contenga.

2.3.5. PCG como entornos de desarrollo o herramientas de asistencia al autor

En el mundo del desarrollo de software, una herramienta de PCG puede ser implementada de diferentes modos en función del uso que se desee dar, desde *frameworks* de desarrollo que ofrezcan una interfaz para la creación de elementos, a herramientas de asistencia al autor, que sólo asistan a la creación de los elementos en una fase previa. En el contexto de la generación de historias basadas en recursos reiterativos, el enfoque de la tesis es la creación de una herramienta de asistencia al autor, dada la complejidad de generar historias coherentes, interesantes y originales.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Herramienta de asistencia al autor	Del inglés <i>authoring tool</i> . Software que da soporte a la creación de documentos, especialmente multimedia.	El objetivo de la investigación es el desarrollo de herramientas de asistencia al autor, que permitan generar posibles contenidos de historias, que el autor podrá seleccionar, revisar, modificar y narrar como trasfondos de personajes.

2.3.6. La narración interactiva como fuente de inspiración

Aunque esta tesis presenta elementos comunes con la ficción interactiva y la narración interactiva, su objetivo no incluye estos conceptos; sin embargo, aún es interesante repasarlos y mencionar algunos trabajos que utilizan elementos comunes con la presente tesis.

Para comenzar, y según [5] la narración interactiva o drama interactivo se define en un mundo virtual donde el usuario es libre de interactuar con PNJs y objetos en una experiencia interesante desde el punto de vista dramático, que debería ser diferente en cada ejecución y adaptada a las interacciones del usuario. Existen una gran cantidad de aproximaciones entre las que destacan, en orden de aparición, “TALE-SPIN”, “The OZ project”, “Virtual storyteller”, “Thespian” y “Façade”.

En 1977 se publica TALE-SPIN [58], un programa que simula comportamientos racionales mediante un solucionador de problemas orientado a metas y submetas que genera eventos, un mecanismo de aserción de dichos eventos y adición en una base de conocimiento sobre el mundo, relaciones sociales, etc, y un mecanismo de inferencia que es capaz de inferir consecuencias de las acciones. La interactividad del usuario permite definir condiciones iniciales del entorno, responder a preguntas y seleccionar conductas de los personajes.

En 1992 [9] [50], se describe el Proyecto OZ (Oz Project), un sistema para generación de dramas interactivos, que incluye un mundo físico, unos personajes y un interactuador que existen dentro de dicho mundo, una teoría de presentación que muestra el mundo al interactuador y un gestor de drama que influye en las mentes de los personajes, en el mundo físico y en la teoría de presentación.

En 2003 nace Virtual Storyteller [73], un sistema que utiliza agentes inteligentes como personajes para generar tramas, guiados por otro agente llamado director, que conoce la estructura del guión. Los personajes poseen objetivos y realizan planes para alcanzarlos usando un sistema de razonamiento basado en reglas, que serán validados por el director. Por último el narrador y el cuentacuentos (storyteller) se encargarán de las capas narrativa y de presentación.

En 2005 nace Thespian [68], una arquitectura para la creación de he-

herramientas pedagógicas basadas en drama interactivo. Construido sobre un sistema multiagente dirigido por metas con soporte a la “teoría de la mente”, que les permiten formar modelos mentales del resto de elementos del mundo virtual, permitiéndoles razonar sobre sus comportamientos y relaciones, de modo que se puedan codificar y ajustar objetivos pedagógicos como condiciones del modelo.

En 2006 nace Façade [57], una historia interactiva basada en Inteligencia Artificial que usa un aproximación a medio camino entre narrativa estructurada, que puede ofrecer una experiencia de juego depurada, y simulación, dado que los personajes son agentes autónomos que muestran personalidad, emoción y realismo (además de discursos en lenguaje natural). Un motor de drama gestiona los comportamientos de los agentes frente a las interacciones del interactuador, usando *story beats*, o mínimas unidades de acción dramática (definido como *bits en la sección 2.3*) permiten avanzar la trama, y que, unidas, conformarán la historia final.

2.3.7. Integración de conceptos sobre PCG en la tesis

El objetivo de la tesis es el de explorar técnicas para el desarrollo de herramientas de apoyo al autor en la generación de historias para PNJs basadas en un sistema de Generación Procedimental de Contenidos de carácter opcional, de generación aleatoria, controlable, constructiva y autónoma. Dicho sistema mostraría una creatividad de tipo combinacional. Las historias se evaluarán desde diferentes perspectivas como son la coherencia, la originalidad y el interés. Algunos conceptos de la ficción interactiva serán aplicables, como pueden ser el uso de agentes autónomos o las unidades narrativas que unidas formarán tramas.

Queda fuera del objetivo de la tesis las tramas principales, secundarias o logros del juego dado que definen en gran medida dinámicas vitales del juego (uso central o intensivo de PCG), centrándose esta tesis únicamente en los PNJs.

2.4. La generación de historias como un problema complejo

Generar historias automáticamente en mundos abiertos masivamente habitados, especialmente si queremos que estas sean coherentes, originales e interesantes es un problema denominado “adaptativo complejo” [49], especialmente la emergencia de recursos reiterativos a partir de eventos o hechos [67].

Un sistema es un conjunto de elementos que interactúan entre sí para alcanzar un objetivo. Un sistema complejo es un sistema cuyo comportamiento es imprevisible [17]. Es importante no confundir complejidad con

complicación; complicación hace referencia a la dificultad para comprender un sistema, no con la imprevisibilidad de sus resultados.

Según las definiciones comúnmente aceptadas, un sistema complejo está compuesto por elementos relativamente idénticos, su interrelación es local, originan un comportamiento emergente que no se observa a partir de los elementos aislados y es difícil predecir su evolución.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Sistema complejo	Conjunto de elementos que interactúan entre sí, pero cuyo comportamiento es imprevisible.	Se considera que la generación de historias masivas tiene una componente compleja por la enorme red de interconexiones entre personajes, objetos, lugares y eventos, que no solo debe ser capaz de mostrar estructuras interesantes sino que además debe cumplir unas restricciones de coherencia.

2.4.1. Orígenes de datos

Para los diferentes experimentos, utilizaremos recursos reiterativos como los ya mencionados, con especial hincapié en el monomito o viaje del héroe, descrito por [16]. y [79].

Respecto al conjunto de recursos reiterativos, existe una web angloparlante llamada TVTropes, donde se categorizan, interrelacionan y describen, hasta la fecha, más de 6.000 entradas, usando para su explicación y ejemplificación el lenguaje natural. Las categorías no están estructuradas como un árbol dirigido y acíclico, sino como un grafo que presenta ciclos.

Respecto al corpus de obras y sus valoraciones, podemos encontrar webs como Metacritic (juegos, cine, TV y música), Rotten Tomatoes (cine y TV) o IMDb (cine y TV). IMDb ofrece su base de datos para la investigación que incluye obras, sus metadatos, los géneros a los que pertenece, el número de votos y su nota promedio, entre otros.

2.4.2. Sistemas multiagente

Los sistemas multiagente son aquellos compuestos por sistemas inteligentes, autónomos, normalmente reactivos, proactivos y sociales. Su uso incluye aplicaciones gráficas como juegos de ordenador, modelado de personajes en películas, sistemas de defensa coordinados, sistemas de logística o sistemas de información geográfica. En el contexto de los mundos virtuales, el primer modelo social generativo ampliamente conocido fue definido por [25]. Otros ejemplos descritos con anterioridad son los proyectos Thespian [68], Virtual Storyteller [73] y Façade [57].

Según la metodología propuesta por [35], los sistemas autoorganizados se pueden modelar como agentes (sistema multiagente) considerando conceptos como la “*satisfacción*” de los objetivos de los agentes y del sistema, la “*fricción*” entre dichos agentes y sus “*sinergias*”.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Agente	<i>Un agente es una descripción de una entidad que actúa en su entorno [35]</i>	Se usará el concepto de agente autónomo como abstracción simplificada de personaje, capaz de llevar a cabo acciones que generen eventos que puedan, a posteriori, ser adaptados al videojuego.
Sistema autoorganizado	<i>Un sistema descrito como auto-organizado es uno cuyos elementos interactúan para alcanzar dinámicamente una función global o comportamiento. [35]</i>	Se buscará la emergencia de recursos reiterativos a partir de las interacciones de personajes, que a priori, pueden no mostrar ese comportamiento de forma individual.

2.4.3. Diseño de agentes

Existen diferentes aproximaciones a la hora de modelar agentes: Por un lado, las Máquinas de Estado Finito [14] (o autómatas finitos) son modelos computacionales con un estado inicial, un conjunto de estados intermedios y finales, y unas funciones de transición entre estados. Normalmente se representan mediante Diagramas de Estados, un tipo de grafos dirigidos, o mediante tablas de transiciones. Un uso común de Máquinas de Estado Finito, es el modelado de enemigos en videojuegos de acción.

Por otro lado, el modelo de BDI [65] (del inglés *belief-desire-intention*, traducido libremente como Creencia, Deseo e Intención) es capaz de percibir e inferir hechos de su entorno, que permiten definir unas metas y elaborar planes o secuencias de acciones para llevarlas a cabo. Dicha arquitectura aplicada al diseño de agentes permite modelar comportamientos sociales de forma natural.

Finalmente, los Árboles de Comportamiento [75] (BT) son modelos basados en árboles dirigidos, donde los nodos pueden ser nodos “selectores” y nodos “tarea”, que son ampliamente utilizados en el diseño de PNJs debido a su simplicidad y su soporte en frameworks de desarrollo populares como Unity o Unreal Engine.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Máquinas de Estado Finito (<i>Finite State Machines</i> , FSM)	<i>Una Máquina de Estados Finito es un modelo computacional que se ejecuta a través de un algoritmo para simular lógica secuencial. Dicha lógica secuencial está representada usando estados, que controlarán la esencia del comportamiento.</i> [10]	En el contexto de la investigación se realizan experimentos modelando los agentes como Máquina de Estado Finito por su simplicidad.
BDI	(Del inglés belief-desire-intention) <i>Modelo teórico de agentes racionales que ofrece terminología y estructura conveniente para el modelado de agentes, permitiendo comportamientos de dominio específico complejos.</i> [81]	En esta tesis no se llega a utilizar esta aproximación, aunque queda como trabajo futuro.
Árboles de comportamiento	<i>“Formalismo, principalmente usado por la industria del videojuego para modelar el comportamiento de PNJs.”...“Los Árboles de Comportamiento muestran gran parecido a las Máquinas de Estado Finito jerárquicas salvo que, en lugar de estados, el bloque de construcción principal es la tarea.”</i> [75]	En el contexto de la investigación se realizan experimentos modelando los agentes como Árboles de Comportamiento por su simplicidad.

2.4.4. Algoritmos Genéticos

Los Algoritmos Genéticos [37] son métodos que se encuadran dentro de las metaheurísticas, y más específicamente a los algoritmos evolutivos, inspirados por el proceso de selección natural, para resolver problemas de búsqueda y optimización. En los Algoritmos Genéticos, los individuos de una población, todos ellos soluciones válidas al problema, son evaluados mediante una función llamada fitness, y se seleccionan aquellos que están mejor adaptados (mayor fitness) para cruzar las soluciones, mutarlas y generar una nueva población, de manera iterativa, hasta que se cumpla una condición de parada definida.

Los Algoritmos Genéticos han sido utilizados satisfactoriamente para la optimización de historias, por ejemplo, evolucionando gramáticas que modelan relaciones causales para que generen nuevas narrativas [15], o evolucionando las personalidades de los agentes para que puedan ser percibidas de una forma más divertida en un contexto de dibujos animados [60]. En el trabajo [22] se describe un algoritmo evolutivo que, dada una plantilla narrativa, adapta los marcadores de posición para producir una versión que genere suspense cercano al deseado.

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Algoritmo Genético	(Traducción libre) Tipo de algoritmo evolutivo en el que los símbolos (normalmente llamados “genes”) que representan posibles soluciones son generados. Esta generación de símbolos suele incluir el uso de mecanismos análogos al proceso de cruzamiento en recombinación genética y un índice de mutación ajustable. Una función de fitness es usada en cada generación para mejorar gradualmente las soluciones, en analogía a la selección natural. (Enciclopedia Britannica, 2022)	En el contexto de la generación de historias, los algoritmos genéticos serán usados para optimizar parámetros de Sistemas Multiagente, como medio de adaptación de su comportamiento emergente, y también para optimizar conjuntos de recursos reiterativos según su potencial interés.

2.4.5. Redes neuronales

Las Redes Neuronales son modelos inspirados en el funcionamiento del cerebro, utilizadas para resolver problemas de Inteligencia Artificial. Tal y como explica [40], cada neurona asocia un peso a cada entrada, calcula una suma ponderada y aplica una función de activación para devolver una salida.

En la red neuronal más ampliamente usada, el perceptrón multicapa, las neuronas se pueden organizar en capa de entrada, capas ocultas y capa de salida, interconectadas entre sí, de modo que las salidas de una capa sean las entradas de la siguiente. Cuando la red neuronal posee dos o más capas ocultas, recibe el nombre de Red Neuronal Profunda (Deep Neural Network). El Perceptrón multicapa puede, a priori aproximar cualquier función que se desee (teorema de aproximación universal [45]) Una vez entrenado, un perceptrón multicapa puede usarse como un modelo de predicción.

Las redes neuronales son aplicables a gran cantidad de problemas. Algunas de las más populares son las redes Neuronales Convolucionales, que pueden ser utilizadas para el procesamiento de imágenes, y las Redes Neuronales Recurrentes, que pueden ser utilizadas para traducciones de texto.

En el contexto de la predicción de la calidad de una obra narrativa, las redes neuronales han sido utilizadas para predecir la nota de películas de IMDb a partir de sus características [46].

Concepto	Definición	Uso conceptual en la tesis
Perceptrón multicapa	<i>Red neuronal que contiene una o más capas intermedias entre los nodos de entrada y la salida, que son ocultas desde ambos nodos. Cada neurona de la red incluye una función de activación no lineal que es diferenciable. Las neuronas de cada capa están conectadas con algunas o todas las neuronas de la capa anterior.</i> [23]	Los Perceptrones multicapa serán utilizados para modelar sistemas de predicción de nota potencial que puedan ser usados para el cálculo del fitness en Algoritmos Genéticos.

2.4.6. Integración de conceptos sobre Problemas Complejos en la tesis

La generación de historias masivas, coherentes, interesantes y originales es un problema complejo, que será abordado con técnicas bio-inspiradas, tales como sistemas autoorganizados, algoritmos genéticos y redes neuronales. Para el diseño de los agentes, se utilizarán Máquinas de Estado Finito y Árboles de Comportamiento. Los datos sobre recursos reiterativos y valoración de obras artísticas podrán obtenerse de fuentes de Internet. En el siguiente capítulo presentaremos la primera aproximación al problema: una metodología ascendente que a partir de un entorno dinámico y complejo permita extraer recursos reiterativos a partir de los eventos que generan.

Capítulo 3

Enfoque ascendente

A nivel de granularidad del contenido de una historia, podemos encontrar elementos básicos (hechos, es decir eventos que suceden a personajes y objetos del mundo en un determinado espacio y tiempo) y estructuras complejas (recursos reiterativos que relacionan lugares, momentos, personajes y hechos, de forma específica para conseguir un efecto narrativo, como la estructura en tres actos, el Mac-Guffin, el arma de Chekhov o el viaje del héroe, tal y como se explicó en las Secciones 2.1.3 y 2.1.4). Podemos establecer una jerarquía vertical, de los elementos citados, siendo la capa inferior (la base) los elementos básicos y la capa superior las estructuras complejas. Por descontado, cada capa tiene características diferentes. Mientras que la capa inferior, la de los eventos, aporta la causalidad y coherencia espacio-temporal de las historias, la capa superior debe aportar su interés y originalidad.

Como puede observarse en la Figura 3.1, un enfoque ascendente de construcción de contenido consiste en generar elementos básicos (eventos) masivamente, que a su vez desencadenen estructuras complejas del nivel superior. Dicho de otro modo, un enfoque ascendente generará los eventos básicos de personajes (a priori, sin un conocimiento explícito del interés o interpretación de su entrelazamiento) buscando una emergencia de patrones y estructuras interesantes.

3.1. Metodología

La metodología propuesta incluye el modelado del sistema multiagente, del evaluador y del algoritmo evolutivo, como puede verse en la Figura 3.2.

3.1.1. Modelado del sistema multiagente

El sistema multiagente funciona como generador de eventos de personajes virtuales, que servirán como base para las historias, en ejecuciones que llamaremos “simulaciones”. Dentro de una simulación, cada agente interac-

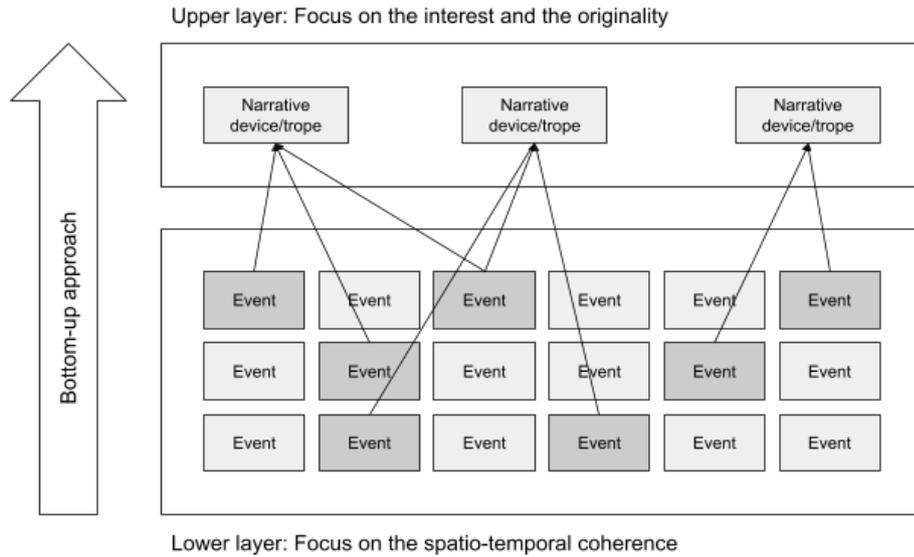


Figura 3.1: Diagrama de capas de abstracción de unidades narrativas en el enfoque ascendente.

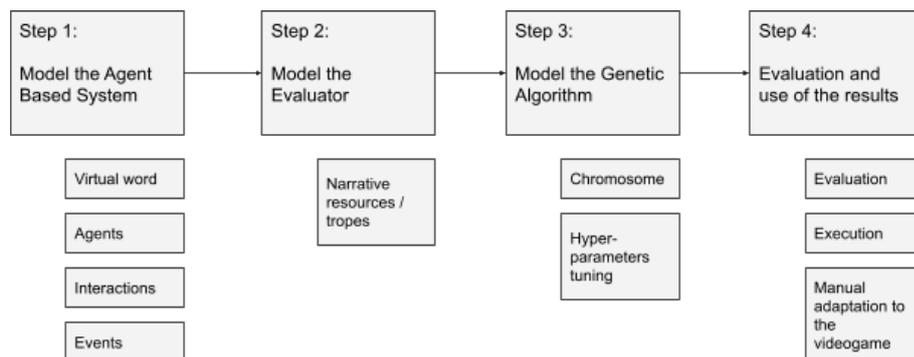


Figura 3.2: Diagrama conceptual de los procesos del enfoque ascendente.

túa con su entorno múltiples veces a lo largo del tiempo, pudiendo cambiar su estado, el de otros agentes, el de objetos del mundo y el del propio mundo, en una consecución temporal y causal de eventos, aportando coherencia desde la base. Un sistema de tales características, incluso con un conjunto pequeño de eventos disponibles, será capaz de generar infinidad de patrones y estructuras de mayor nivel que puedan ser de interés desde un punto de vista narrativo, y cuya emergencia sea promovida. Como veremos, los elementos del sistema multiagente no serán modelados de forma compleja, en su lugar, serán abstracciones y simplificaciones convenientes, que permitirán trabajar con los conceptos narrativos y de coherencia que interesen para la creación de historias.

3.1.1.1. Mundo virtual

Los agentes llevarán a cabo sus acciones en un mundo virtual, que aportará las dimensiones espacial y temporal de los eventos. Cada agente ocupará un lugar en dicho mundo y podrá interactuar con su entorno, es decir con otros agentes y elementos que le rodeen, permitiendo además su movimiento dentro del propio espacio. Una simplificación útil y sencilla es el uso de un tablero o rejilla rectangular, como si de un juego de mesa se tratase. Una celda podría adquirir un significado durante una fase posterior de narración, pudiendo representar espacios cerrados, abiertos, ciudades, zonas geográficas o países, siendo de especial utilidad en videojuegos *sandbox RPG* en los que los mapas son muy extensos, dado que, en última instancia, el mundo virtual servirá para restringir los eventos, dando soporte a historias “locales” interconectadas entre sí.

3.1.1.2. Agentes

Un agente, dentro del mundo virtual, será una simplificación de personaje con unas acciones cuyos eventos puedan modelar recursos reiterativos. Los agentes serán autónomos, es decir, cada agente tomará sus decisiones en función del estado del mundo, de su entorno y de su estado propio. Debe tenerse en cuenta que el fin último del sistema multiagente es conseguir la emergencia de estructuras específicas, y que esta emergencia podrá conseguirse con eventos sencillos, interconectados entre sí de múltiples formas, con características auto-organizativas y de sistemas complejos, por lo que no se requerirá un diseño complejo del agente que imite a la realidad, sino uno que ofrezca variedad y combinabilidad.

Una forma de modelar agentes es usar Máquinas de Estado Finito (*Finite State Machine*, FSM), definidas como un conjunto de estados y unas reglas que permiten cambiar de estado, pudiendo el agente tener un único estado en cada momento. Una FSM permitirá que, un mismo agente, en circunstancias diferentes pueda llevar a cabo acciones diferentes. Su diseño será clave para

la emergencia de estructuras narrativas de alto nivel.

Otra alternativa, es el uso de Árboles de Comportamiento (*Behavior Tree*, BT), modelados como árboles dirigidos en los que hay un nodo raíz, nodos selectores y nodos tarea. Los nodos son responsables de ejecutar sus subtareas en orden, decidiendo, en función de su respuesta, si continúa ejecutando la siguiente tarea. Los árboles de comportamiento podrán implementar una pizarra compartida que usarán para publicar y consumir información de globalmente en múltiples nodos.

3.1.1.3. Interacciones

Las diferentes interacciones entre agentes con otros elementos del mundo y con el propio mundo, darán lugar a eventos coherentes, interpretables como estructuras narrativas, que servirán de base para la narración. A la hora de diseñar un agente, las interacciones deben seleccionarse de manera que puedan modelar las estructuras o recursos reiterativos que nos interesan y que queremos que emerjan, pero debemos asegurarnos de que los eventos son compartidos por múltiples estructuras, en otra palabras, que pocos tipos de eventos puedan dar lugar a un gran número de estructuras diferentes.

En primer lugar, cuando hablamos de posibles interacciones con el mundo, no solo hablamos de las funciones primitivas de obtención de información, tales como observar el entorno o saber qué agentes u objetos están cerca, sino de otras acciones que pueden tener efectos sobre el mundo, tales como desplazarse.

En segundo lugar, el mundo virtual podrá tener objetos, es decir, elementos que no son agentes, pero que les afectan y les motivan en sus decisiones, ya sea porque los necesitan para llevar a cabo su vida virtual o porque sean convenientes para las estructuras o recursos reiterativos que se deseen promover.

Por último, el mundo virtual permitirá que los agentes interactúen entre sí, generando conflictos, desenlaces e interacciones que motivarán a los propios agentes a realizar acciones determinadas.

3.1.1.4. Eventos

Los eventos serán los “bloques de construcción” de elementos y estructuras de mayor nivel que tendrán una componente narrativa de interés. Dicho de otro modo, al disponer de pocos tipos de eventos, estos individualmente tendrán una baja relevancia narrativa; sin embargo, cuando estos eventos interrelacionen a diferentes agentes (abstracción de personajes) de forma masiva, mostrando estructuras que puedan narrar recursos reiterativos reiterativos, tendrán una alta relevancia.

Los eventos podrán generarse como información estructurada ya sea en formato binario o de texto, campos de tamaño fijo, tabulares, XML o JSON,

conteniendo una serie de elementos como el turno/fecha, la posición en el mapa, el identificador de agente que lleva a cabo la acción, el identificador de la acción y los personajes y objetos afectados. La elección del formato, especialmente considerando que los eventos podrán ser de carácter masivo, afectará al espacio en memoria utilizado y al rendimiento de la capa del razonador.

Una opción interesante es generar los eventos o traducirlos en una fase posterior, a predicados lógicos, para que puedan, más tarde, servir de base de razonamiento en un paradigma declarativo como podría ser Prolog (utilizado en los experimentos de esta tesis).

3.1.1.5. Parametrización del sistema multiagente

Un sistema multiagente masivo como el propuesto, es un sistema complejo, en el que una pequeña decisión en cuanto al diseño de un componente puede tener grandes efectos sobre el resultado final. A priori, incluso un diseño cuidadoso de los agentes y el mundo virtual, podrían no desencadenar la emergencia de estructuras de interés, sobre todo si estas presentan cierta complejidad e intercalado de eventos. Por ello, es necesaria una parametrización, tanto de las características del mundo virtual (tamaño del mapa, número de agentes, número de turnos, etc) como de los agentes (probabilidad de realizar ciertas acciones, alcance de la visión, etc). Dicha parametrización podrá servir para guiar la generación de eventos, en una fase posterior.

3.1.1.6. Perfiles de los agentes

Por un lado, los sistemas autoorganizados pueden funcionar con agentes de similares características (parametrización), aunque su uso en generación de historias y su paralelismo con personajes dentro de dichas historias lleve a pensar que podría requerirse que diferentes agentes tengan diferentes parametrizaciones, lo que en la práctica añade complejidad si hablamos de generación masiva de historias y por lo tanto parametrización masiva. Una alternativa es el uso de perfiles o personalidades, con parametrizaciones diferentes, de modo que cada agente pueda tener asignado una personalidad y por lo tanto, una parametrización.

3.1.1.7. La capa como componente software

Visto como un proceso de caja negra, el Sistema Multiagente recibe una serie de parámetros y devuelve un log de eventos.

3.1.2. Modelado del Evaluador

El proceso intermedio de evaluación permite la extracción de los recursos reiterativos de interés a partir de los logs de ejecución o predicados generados

por el sistema multiagente.

3.1.2.1. Expresiones regulares

Cuando el formato de los logs es de texto, y especialmente cuando los campos tienen un formato tabular, la búsqueda de estructuras de interés narrativo podría modelarse mediante el uso de expresiones regulares, cuya entrada es el log general del mundo virtual, ordenado temporalmente. Aunque el proceso es eficiente para estructuras sencillas, un razonamiento complejo que involucre múltiples eventos con múltiples actores, podría llevar a expresiones complejas de diseñar y pesadas de ejecutar.

3.1.2.2. Programación lógica

Cuando el formato de los logs son predicados lógicos, podrían servir como premisas o base de verdad de un modelo lógico en Prolog que implemente también términos para la consulta de las estructuras buscadas. Esta aproximación ofrece mayor flexibilidad que las expresiones regulares dado que permite definir estructuras como predicados lógicos, que a su vez pueden depender de la existencia de otras estructuras.

3.1.2.3. La capa como componente software

Visto como un proceso de caja negra, el Evaluador recibe un log de eventos y devuelve las estructuras o recursos reiterativos encontrados.

3.1.3. Modelado del algoritmo evolutivo

La parametrización del sistema multiagente implica un espacio de búsqueda de parámetros candidatos, en el que habrá soluciones con mayores o menores garantías de permitir la emergencia de recursos reiterativos de interés. Por ello, se propone el uso de un algoritmo genético que permita la exploración de dicho espacio en la búsqueda de combinaciones óptimas de parámetros.

3.1.3.1. Codificación del cromosoma

Se hará necesario definir un cromosoma donde se incluyan parámetros del mundo virtual como el tamaño del mapa, el número de agentes, el número de turnos, o la presencia de objetos, y parámetros de los agentes, como sus probabilidades para llevar a cabo ciertas acciones o sus características, multiplicados por el número de perfiles o personalidades que se modelen. Un número de personalidades similar a número de agentes resultaría en un cromosoma de un gran tamaño que, en la práctica, tarde mucho en converger. Por esto es necesario ajustar y reducir al máximo el número de parámetros

del Sistema Multiagente y el número de perfiles, de modo que el tamaño del cromosoma permita la ejecución del algoritmo genético en un tiempo razonable.

Por último, según el Sistema Multiagente definido, los genes del cromosoma podrán ser de diferentes tipos: valores enteros (número de agentes, tamaño del mapa, número de turnos), o reales entre 0 y 1 (probabilidades de realización de acciones).

3.1.3.2. Ajuste de hiperparámetros del Algoritmo Genético

La selección y ajuste de parámetros del Algoritmo Genético (tamaño de la población, estrategias de selección y de reemplazamiento, probabilidades de mutación y de cruzamiento, criterio de parada) es una fase de vital importancia, computacionalmente costosa, y que requerirá de múltiples ejecuciones y un análisis comparativo. En algunos casos, valores a los que se ha llegado mediante pruebas manuales o que son ampliamente utilizados en problemas similares, permitirán reducir el tiempo de puesta en producción de la metodología.

3.1.3.3. Fitness

Dado que se busca la emergencia de recursos reiterativos de alto nivel, la función de fitness deberá considerar qué recursos quieren promoverse y en qué cantidad, ya sea mediante una función única o mediante un algoritmo multiobjetivo.

3.1.4. Evaluación, ejecución y uso de resultados

Se propone la ejecución de las diferentes combinaciones de parámetros del algoritmo genético un número suficiente de veces (al menos 10 e, idealmente, 30), que a su vez lancen múltiples simulaciones aleatorias del Sistema Multiagente (al menos 10 e, idealmente, 30), todas ellas evaluadas mediante el Evaluador. Mientras que, instancias de este problema pueden durar pocos segundos, múltiples grandes simulaciones con miles de agentes, durante muchos turnos, generarán grandes logs con cientos de miles de eventos, que pondrán a prueba los recursos del Evaluador.

Una vez el Algoritmo Genético haya encontrado un valor óptimo par el cromosoma, generar un mundo virtual consistirá en lanzar varias simulaciones del Sistema Multiagente con dichos valores y usar el Evaluador para encontrar las estructuras de interés, que se corresponden con los recursos reiterativos objetivo, y elegir la simulación que mejor se ajuste a las necesidades del videojuego.

Una vez hecho esto, el narrador puede utilizar todos estos recursos para asignar los identificadores de agente a sus personajes, trasladar los eventos

del log a hechos dentro del mundo objetivo y evaluar e incluir los recursos reiterativos como historias vitales de los personajes que puedan contextualizar el mundo virtual.

3.1.5. Características de la aproximación

El enfoque ascendente tiene como principal ventaja la coherencia, dado que los eventos del mundo son generados con absoluta causalidad y son conexos.

Limitaciones

- Requiere de un diseño de eventos que puedan dar lugar a estructuras de mayor nivel, que se ajusten a recursos reiterativos buscados, por lo que requiere de mucho análisis manual.
- Dicha traducción a eventos ha de hacerse de manualmente y modelarse como expresiones regulares o predicados lógicos.
- La generación del agente ha de hacerse de manera que su funcionamiento sea simple pero parametrizable y pueda generar los eventos considerados.
- El ajuste de parámetros del Algoritmo Genético puede ser costoso en tiempo y memoria.
- No hay garantía de que una ejecución parametrizada del Sistema Multiagente genere los predicados esperados.

3.2. Diseño experimental del enfoque ascendente

En el contexto de la tesis se hicieron varios estudios desde el enfoque ascendente, entre los que se encuentran “My life as a sim: Evolving unique and engaging life stories using virtual worlds” [1], “Emerging archetypes in massive artificial societies for literary purposes using genetic algorithms” [29], “A methodology for designing emergent literary backstories on non-player characters using genetic algorithms” [31] and “The Story of Their Lives: Massive Procedural Generation of Heroes’ Journeys Using Evolved Agent-Based Models and Logical Reasoning” [28].

A continuación se describen 2 experimentos, uno con recursos reiterativos “sencillos” [1] y otro con recursos reiterativos más “complejos”, los arquetipos presentes en el monomito o “viaje del heroe” [28].

3.2.1. Diseño del Experimento 1: Recursos reiterativos sencillos

El primer experimento se basa en Máquinas de Estado Finito para modelar comportamientos animales, instintivos y de supervivencia, y de cuyas interacciones emergen estructuras de diversa complejidad pero con un significado narrativo.

3.2.1.1. Objetivo

El objetivo del experimento es probar la metodología ascendente con diferentes conjuntos de recursos reiterativos (entornos) donde se pruebe la emergencia de un único recurso sencillo, varios recursos sencillos y varios recursos más complejos, con interdependencias.

3.2.1.2. Hipótesis

Es posible definir de forma simplificada y hacer emerger estructuras narrativas:

- basadas en la memoria como podría ser la “revancha”.
- múltiples estructuras narrativas simultáneamente, modeladas como arquetipos en el contexto de un RPG de acción, con *guerreros expertos*, *guerreros inexpertos*, *oprimidos*, *indefensos* y *población superviviente*.
- arquetipos *shakesperianos* y del *monomito*, como los *amantes desafortunados*, la *sombra*, el *héroe*, el *mentor* y los *guardianes del umbral*.

Cuando hay múltiples recursos que pueden relacionarse con personajes, usar varios perfiles ayudará a su emergencia.

3.2.1.3. Aplicación de la metodología

Modelado del ABM

Modelado del mundo virtual El mundo virtual es una cuadrícula de tamaño variable, con igual número de filas que de columnas, donde los personajes no pueden compartir celda. Cada personaje podrá moverse a cualquiera de las nueve celdas adyacentes, y cuando sobrepase el tablero por un extremo, se coloca automáticamente en el otro.

Modelado de los agentes Los agentes se modelaron como Máquinas de Estado Finito (ver Figura 3.3) e intentan simular sistemas vivos, es decir, que nacen, crecen, se relacionan, se reproducen y mueren.

Se diseñaron 4 estados, de los cuales algunos no son excluyentes: vivo, con hambre, buscando pareja y esperando descendencia.

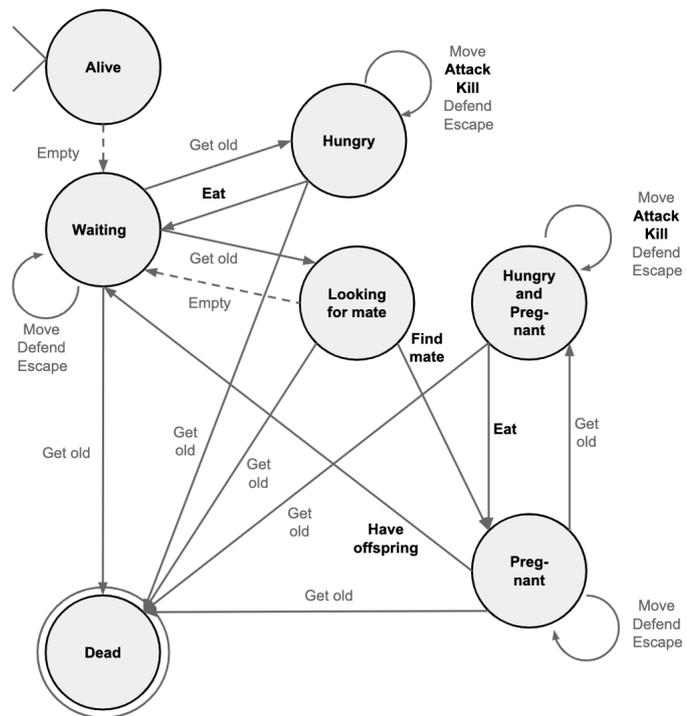


Figura 3.3: Diagrama de estados del agente (Enfoque ascendente, experimento 1).

Modelado de las interacciones Se diseñaron 9 acciones: nacer, comer, moverse, atacar, defenderse, escapar, encontrar pareja, tener descendencia y morir.

Cada posible acción se regirá por el estado interno del agente (nivel de vida y nivel de hambre), los elementos cercanos (otros agentes o comida) y diferentes propiedades que se traducen como probabilidades de realizar las acciones.

Modelado de los eventos Los eventos se almacenaron en formato log, donde cada línea incluye identificador de personaje, de acción y valores de las propiedades del evento.

Modelado del Razonador Se definieron diferentes recursos reiterativos, todos ellos definidos para 1000 turnos:

Entorno 1: Un recurso sencillo que implica “memoria”.

- El recurso “*revancha*” se modeló usando la siguiente estructura de eventos: Un agente (a) “ataca” a otro (b) y pasado un tiempo el segundo agente (b) “ataca” al primer agente (a).

Entorno 2: Múltiples recursos inspirados en RPGs de acción.

- El recurso “*guerrero experto*” se modeló usando la siguiente estructura de eventos: Un agente “ataca” al menos 5 veces satisfactoriamente.
- El recurso “*guerrero inexperto*” se modeló usando la siguiente estructura de eventos: Un agente falla al “atacar” al menos 5 veces.
- El recurso “*oprimido*” se modeló usando la siguiente estructura de eventos: Un agente recibe al menos dos “ataques” sin ceder la posición.
- El recurso “*indefenso*” se modeló usando la siguiente estructura de eventos: Un agente recibe al menos diez “ataques” cediendo la posición.
- El recurso “*población superviviente*” es una estructura global que busca que un 60% de la población esté viva al finalizar los 1000 turnos.

Entorno 3: Múltiples recursos interrelacionados, inspirados en literatura shakespeariana y el “viaje del héroe”.

- El recurso “*amantes desafortunados*” se modeló usando la siguiente estructura de eventos: dos agentes “tienen descendencia”, y sus ascensores se han “atacado” entre sí.
- El recurso “*sombra*” se modeló usando la siguiente estructura de eventos: un agente (a) que “ataca” a otro (b) y como resultado, este último (b) muere.

- El recurso “*héroe*” se modeló usando la siguiente estructura de eventos: un agente (a) que ataca a un agente marcado con el recurso “shadow”.
- El recurso “*mentor*” se modeló usando la siguiente estructura de eventos: un agente (a) que da comida a otro (b) marcado con el recurso “shadow”.
- El recurso “*guardián del umbral*” se modeló usando la siguiente estructura de eventos: un agente (a) que ataca a un agente marcado con el recurso “heroé” (b) al menos dos veces.

Los recursos fueron traducidos a expresiones regulares sobre un log de campos con formato tabulado y cientos de miles de entradas.

Modelado del Algoritmo Genético

Modelado del cromosoma El cromosoma incluye:

- 1 alelo para el número inicial de agentes.
- 1 alelo para el tamaño del mundo (número filas o columnas).
- 1 alelo para el número de ítems de comida que se añadirán aleatoriamente por día.
- 12 alelos para las probabilidades (que rigen la Máquina de Estado Finito de los agentes) multiplicados por el número de perfiles (cada agente tiene asignado uno de los cinco perfiles, que permitirán modelar probabilidades en su comportamiento).

Fitness Cada simulación fue evaluada y sus recursos reiterativos extraídos. Cada entorno usó una función sobre el número de recursos encontrados:

- Entorno 1: Suma total de recursos encontrados.
- Entornos 2 y 3: Función de distribución normal sobre el número de personajes marcados con un recurso partido el total de personajes, con media desplazada al 0.22; por lo tanto, si cada recurso se emerge en el 22% de los personajes del mundo, la puntuación será máxima.

El fitness de un cromosoma se calculó como el valor promedio de los fitness individuales de 10 simulaciones del mundo usando los parámetros que codifica dicho cromosoma.

Genético La Tabla 3.2 resume los hiperparámetros del Algoritmo Genético que fueron seleccionados empíricamente tras múltiples ejecuciones.

Parámetro	Valor
Codificación	12 alelos por perfil
Función Fitness	Promedio de 10 ejecuciones.
Selector Natural	Ratio original: 0.9
Operador de cruce	Tasa: 35 %
Operador de mutación	Tasa deseada: 12
Condición de parada	100 generations
Tamaño de población	30

Tabla 3.2: Parámetros utilizados en la experimentación (Enfoque ascendente, experimento 2).

3.2.2. Diseño del Experimento 2: Arquetipos del monomito

Para el experimento 2 se realizó una arquitectura más compleja (que puede verse en la Figura 3.4) y que está descrita en más profundidad en el trabajo publicado en [28].

3.2.2.1. Objetivo

El objetivo del experimento es probar la metodología ascendente con conjuntos de recursos reiterativos complejos, como pueden ser los arquetipos de personajes presentes en el monomito, de vital importancia en las historias como se explica en la sección 2.1.4.

3.2.2.2. Hipótesis

Es posible definir de forma simplificada (y hacer emerger) arquetipos de personajes presentes en el monomito o “viaje del héroe”: El uso de un modelo lógico permitirá realizar potentes consultas sobre el mundo sin tener que implementar complejas expresiones regulares.

3.2.2.3. Aplicación de la metodología

Modelado del ABM

Modelado del mundo virtual El mundo virtual es un tablero de tamaño 8x8, como el del ajedrez. Cada pieza dentro del tablero (agente) podrá moverse a cualquiera de las nueve celdas adyacentes, y cuando sobrepase el tablero por un extremo, se colocará automáticamente en el otro extremo.

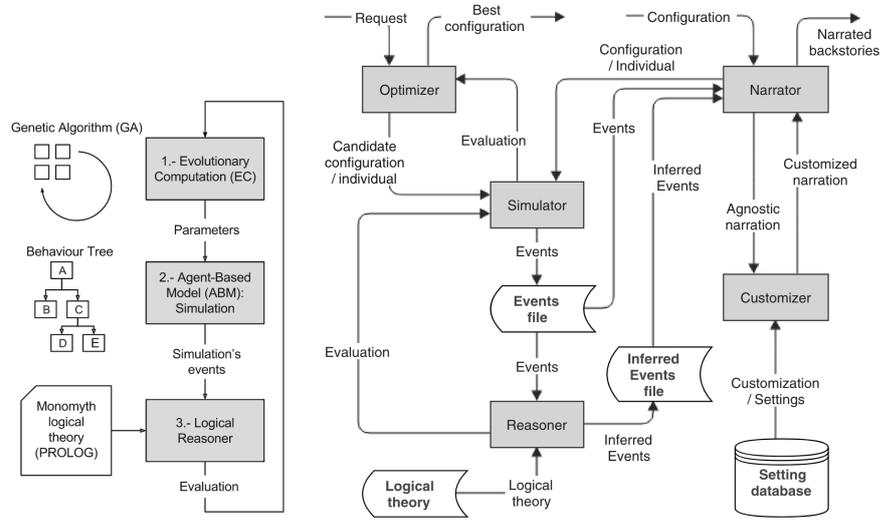


Figura 3.4: Diseño arquitectónico (Enfoque ascendente, experimento 2). Los detalles de esta arquitectura pueden consultarse en [28]

Modelado de los agentes Las piezas (los agentes) poseen propiedades como la forma (que sirve para determinar el desenlace de conflictos, funcionando como un juego de suma 0 al estilo de “piedra, papel o tijera”), el color (que sirve para modelar las metas) y matrices de afinidad (que permiten implementar mecanismos de “fricción” y “sinergia” [35]).

Modelado de las interacciones Se usó un Árbol de Comportamiento para modelar las acciones de los agentes (ver Figura 3.5).

Modelado de los eventos Los eventos fueron modelados como predicados lógicos usando el formalismo $Predicado(t, x_0, \dots, x_n)$ donde t es el instante de tiempo y cada x es un elemento del mundo (personaje, celda, un momento, la propiedad de un elemento o un valor). Cada predicado tiene un nombre, una cardinalidad y una interpretación, que es la descripción del evento en lenguaje natural.

Modelado del Razonador El razonador (hecho en Prolog) utiliza predicados para inferir la existencia de recursos reiterativos. Contemplamos dos tipos de predicados en función del origen: aquellos que han sido generados por un agente en el mundo virtual (verdades del mundo) y aquellos que han sido inferidos por el razonador, relacionados con el monomito (deducciones del mundo). Asimismo, contemplamos 4 tipos de predicados en función de su utilidad para el monomito: Los generados por los agentes, los ayudantes

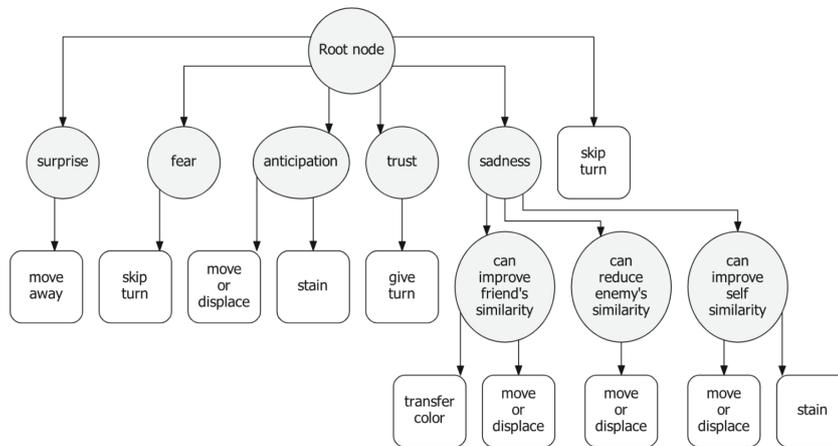


Figura 3.5: Árbol de comportamiento del agente (Enfoque ascendente, experimento 2).

(ayudan a localizar arquetipos del monomito), los facilitadores (arquetipos del monomito) y el monomito.

Los predicados facilitadores (o arquetipos del monomito) son “el heroe”, “el mentor”, “el guardian del umbral”, “el heraldo”, “el cambiaformas”, “la sombra”, “el aliado” y “el embaucador”.

Modelado del Algoritmo Genético

Modelado del cromosoma El cromosoma, mostrado en la Figura 3.6 tiene 52 alelos:

- 7 alelos para la configuración global, incluyendo tamaño del mundo, número de piezas iniciales y objetos del tablero.
- 15 alelos (x3) para cada perfil (forma) del agente (pieza).

Selección de parámetros del GA Utilizamos un modelo generacional, con selección por torneo binario y sin elitismo. Nuestro operador de mutación es polinomial y nuestro operador de cruce es $blx - \alpha$, ambas buenas elecciones cuando nuestros genes están codificados como valores numéricos. El número de individuos en las poblaciones es de 30, la condición de terminación es alcanzar 40 generaciones y el tiempo máximo para deducir los predicados de los eventos del mundo es de 300 segundos. Para reducir la incertidumbre en la evaluación de un individuo, utilizamos el promedio explícito (25), utilizando la media de 15 ensayos. El rango para el número

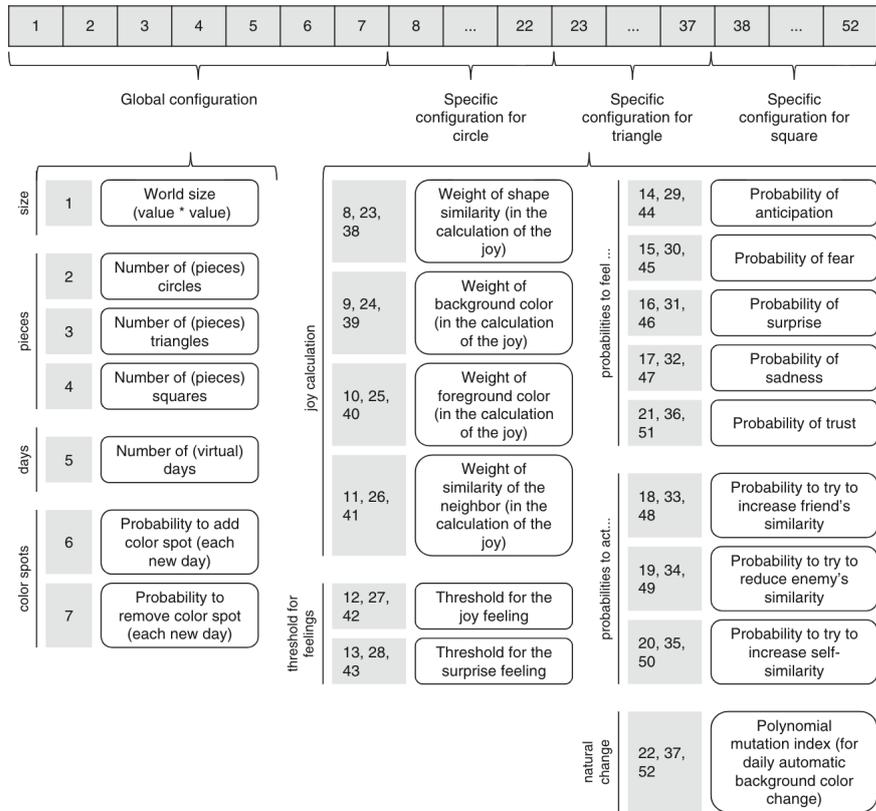


Figura 3.6: Definición del cromosoma (Enfoque ascendente, experimento 2).

de piezas es (0-15) para cada forma, por lo que la solución final puede tener (0-45) piezas. El tamaño del mundo puede variar de 8×8 (64 celdas) a 16×16 (256). El rango de días virtuales para cada simulación es de (2-128).

Función fitness Dado que estamos interesados en la promoción del monomito, el fitness utilizado considera los arquetipos que pueden deducirse mediante el razonador.

Dado A_i un arquetipo en el conjunto de todos los T predicados candidatos, definimos A como: $A = \{\text{Conflict, Journey, Shadow, Hero, Mentor, Herald, Guardian, Allied, Trickster, Shapeshifter, Monomyth}\}$ y $|A|$ como el número de ocurrencias del predicado localizado por el Razonador al final de la simulación, definimos los tres siguientes métodos de evaluación del fitness:

- Cantidad de ocurrencias del monomito encontradas (F_M): cuenta el número de ocurrencias del predicado “monomyth”, por lo que supone la métrica de más básica que se puede implementar.

$$F_M = |A_{Monomith}| \quad (3.1)$$

- Cantidad de ocurrencias totales (F_A): cuenta el número de ocurrencias del monomito, de los predicados facilitadores (arquetipos) y de los predicados ayudantes.

$$F_A = \sum_{i=0}^T |A_i| \quad (3.2)$$

- Cantidad de ocurrencias totales distribuidas por predicado (F_{AD}): cuenta el número de ocurrencias del monomito, de los predicados facilitadores (arquetipos) y de los predicados ayudantes, promoviendo la aparición de todos los arquetipos por igual.

$$F_{AD} = \sum_{i=0}^T \log_{10}(|A_i| + 1) \quad (3.3)$$

Aunque la primera métrica definida (F_M) ya permite medir el objetivo, las dos métricas extra (F_A y F_{AD}) permiten guiar la evolución promoviendo la aparición de predicados intermedios, que facilite la generación de monomitos.

3.3. Ejecución y resultados

Perfiles	Entorno 1	Entorno 2	Entorno 3
1	495.513 ± 20.091	0.765 ± 0.037	2.584 ± 0.044
2	471.206 ± 24.550	1.063 ± 0.115	2.433 ± 0.145
3	455.42 ± 28.240	1.093 ± 0.063	2.336 ± 0.141
4	431.926 ± 31.682	1.084 ± 0.048	2.281 ± 0.052
5	411.24 ± 25.023	1.045 ± 0.110	2.266 ± 0.068

Tabla 3.5: Fitness promedio de cada configuración (Enfoque ascendente, experimento 1).

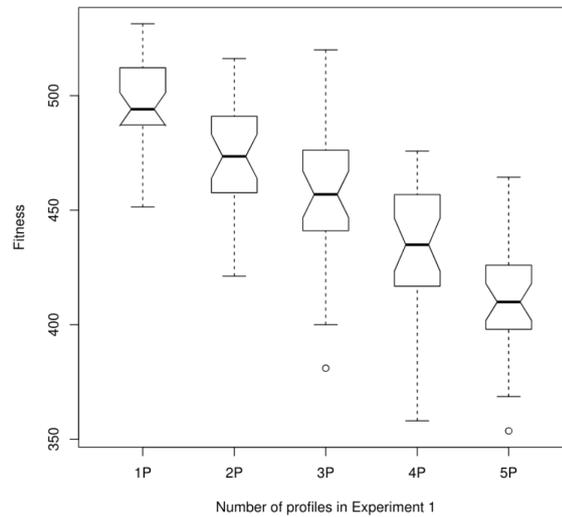


Figura 3.7: Fitness frente al número de perfiles en el entorno 1 (Enfoque ascendente, experimento 1).

3.3.1. Ejecución y resultados del Experimento 1

El Algoritmo Genético se ejecutó 30 veces con los parámetros definidos en la sección anterior, con uno, dos, tres, cuatro y cinco perfiles.

La Tabla 3.5 muestra los promedios de los mejores fitness y el promedio de los fitness de cada población con cada configuración de perfiles.

Los gráficos de cajas de las mejores soluciones se muestran en las Figuras 3.7, 3.8 y 3.9.

Respecto al primer entorno (Figura 3.7), la comparación por pares de Kruskal-Wallis y Wilcoxon muestran diferencias significativas en todas las configuraciones ($p\text{-value} \ll 0.05$) excepto entre p2 y p3 ($p\text{-value} = 0.3$), por lo que podemos concluir que en este tipo de entorno con un único recurso global basta con usar un único perfil.

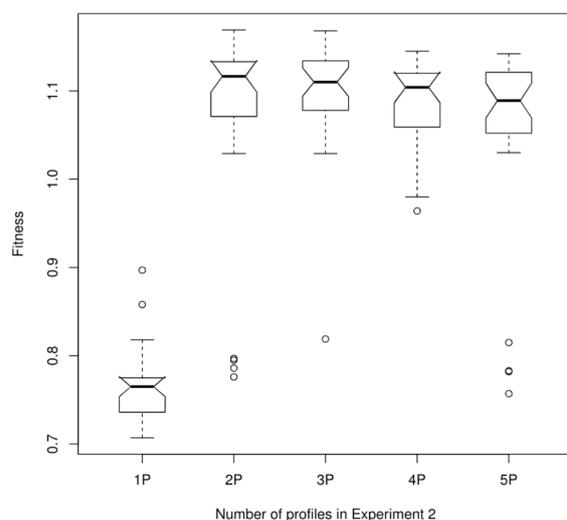


Figura 3.8: Fitness frente al número de perfiles en el entorno 2 (Enfoque ascendente, experimento 1).

Respecto al segundo entorno (Figura 3.8), la comparación por pares de Kruskal-Wallis y Wilcoxon muestran diferencias significativas en todas las configuraciones ($p\text{-value} \ll 0.05$). Por un lado, el uso de un único perfil no es suficiente para conseguir los mejores resultados, pero no parece haber grandes diferencias entre el uso de dos, tres, cuatro o cinco perfiles.

Respecto al tercer entorno (Figura 3.9), la comparación por pares de Kruskal-Wallis y Wilcoxon muestran diferencias significativas en todas las configuraciones ($p\text{-value} \ll 0.05$) salvo para p3 y p4 ($p\text{-value} > 0.05$). El fitness decrece cuanto mayor es el número de perfiles. Esto puede deberse a que este contexto requiere de múltiples acciones diferentes, y define recursos en base a otros recursos, por lo que tal vez se beneficie de la optimización de un único perfil que permita que la solución compleja converja antes que con un cromosoma de mayor tamaño.

3.3.2. Ejecución y resultados del Experimento 2

Los experimentos se ejecutaron con las tres funciones fitness definidas anteriormente: Cantidad de ocurrencias del monomito encontradas (M), Cantidad de ocurrencias totales (Fa) y cantidad de ocurrencias totales distribuidas por predicado (Fad) El predicado monomito depende directa e indirectamente de una gran cantidad de predicados (eventos del mundo, ayudantes y facilitadores), por lo que no puede ser buscado directamente, como se ve en los gráficos denominados ‘Fitness M’ y ‘Monomito en fitness M’. Sin embargo, si guiamos el proceso evolutivo teniendo en cuenta también los predicados

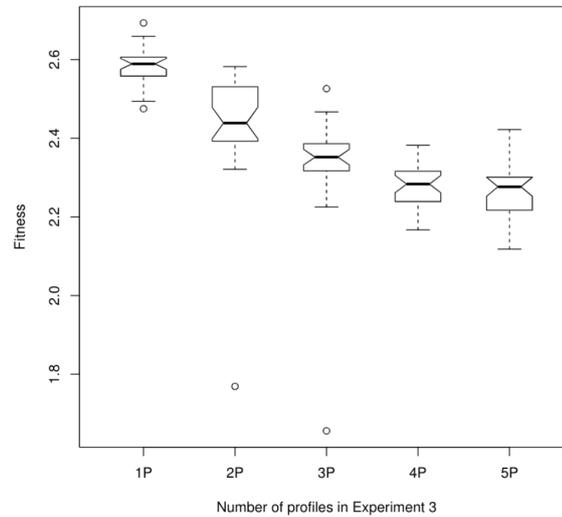


Figura 3.9: Fitness frente al número de perfiles en el entorno 3 (Enfoque ascendente, experimento 1).

facilitadores, como hacen A y D, podemos hacer que surja el monomito completo con nuestro sistema. El fitness AD consigue mejores soluciones que el fitness A, ya que promovemos la aparición de nuevos los predicados (y todos ellos son necesarios para el monomito).

En el gráfico "Monomito fitness A" podemos observar que el monomito emerge puntualmente pero el Algoritmo Genético lo pierde en favor de nuevas apariciones del Aliado, como muestra el gráfico "facilitadores en fitness A"; sin embargo, no ocurre en AD, como se muestra en "Monomito en fitness AD", donde el número de monomitos fluctúa pero mantiene una tendencia.

En cuanto a los facilitadores encontrados, su ritmo de aparición está alineado con las aplicaciones reales del monomito: Los aliados, los guardianes del umbral y los embaucadores tienen muchas más apariciones que el resto.

El Héroe y la Sombra son los protagonistas y deben aparecer sólo lo necesario. Por último, los Cambiaformas, los Mentores y los Heraldos son personajes poco comunes que dependen de predicados difíciles de satisfacer.

Estos índices de aparición también confirman que nuestro modelo lógico para el monomito está alineado con el descrito por Vogler. Sin embargo, el fitness AD promueve una menor diferencia en el número de apariciones que el fitness A.

Como no estamos interesados en el número de arquetipos específicos sino en el número de monomitos encontrados, favorecemos el uso de AD.

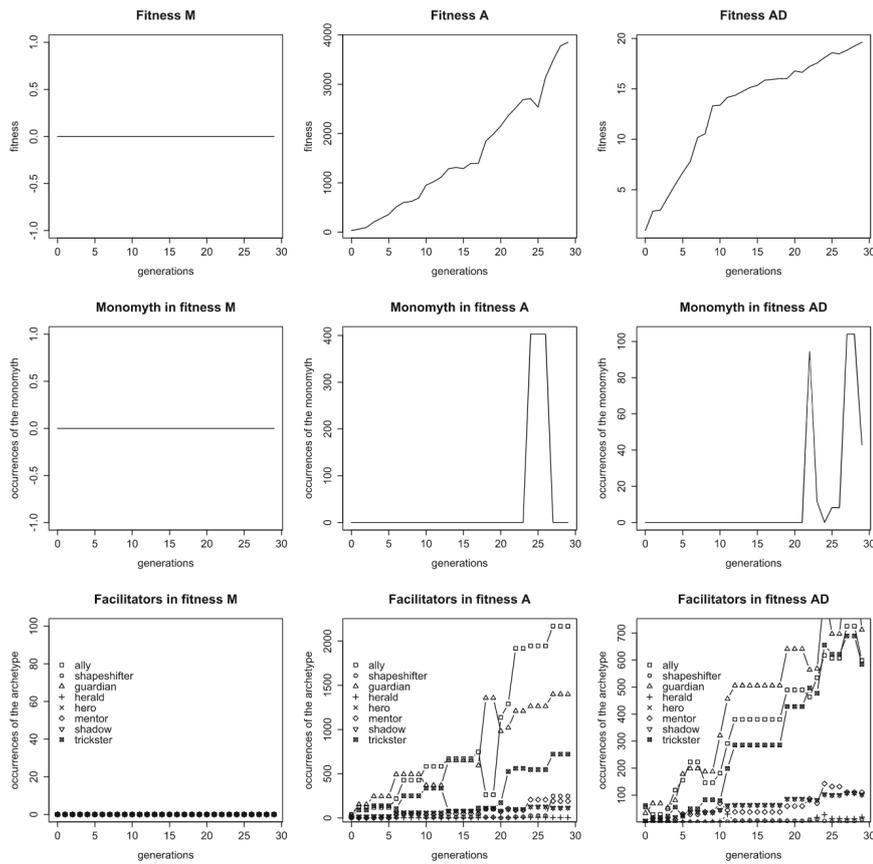


Figura 3.10: Comparación de los resultados para las funciones de fitness M, A y AD (columnas) donde se muestra la evolución del fitness, el número de ocurrencias del monomito y en número de ocurrencias de cada arquetipo (filas).

3.4. Conclusiones de los experimentos para la tesis

3.4.1. Conclusiones del experimento 1

En base a los resultados obtenidos, la metodología ha permitido usar agentes sencillos, definir estructuras que modelan recursos reiterativos, en base a sus acciones y permitir que emerjan. Esto incluye casos en los que hay un único recurso reiterativo emergente deseado (escenario 1), en casos en los que hay varios recursos sencillos deseados (escenario 2) y en los que la presencia de recursos depende a su vez de otros recursos (escenario 3).

El número de múltiples perfiles para los agentes es de utilidad cuando los recursos que han de emerger puedan beneficiarse de que los agentes tengan comportamientos diferentes, aunque debe tenerse en consideración que el uso de varios perfiles multiplica el tamaño de cromosoma, haciendo que la solución tarde más en converger.

Por último, debe reseñarse la dificultad de modelar los recursos en base a las interacciones o tipos de evento de los agentes y el mundo virtual, y el trabajo creativo necesario para interpretar los recursos reiterativos en base a las posibles interacciones de los personajes. Un agente básico mostrará un conjunto de acciones sencillo con el que será difícil modelar recursos específicos, por lo que, en última instancia, el modelado de los agentes restringirá los recursos que podrán modelarse y por lo tanto, emerger. Es por ello que en el segundo experimento se utilizan agentes de mayor complejidad y cuyas interacciones permiten ser usadas para modelar más recursos reiterativos.

3.4.2. Conclusiones del experimento 2

Los experimentos demuestran que la aparición del monomito puede verse favorecido por la búsqueda de facilitadores, es decir, los predicados que se encuentran en el monomito, en lugar de centrarse únicamente en el número de ocurrencias del monomito. Además, premiar la diversidad de arquetipos suele conducir a mejores soluciones. Así, estos experimentos demuestran que el monomito puede surgir en este tipo de modelos basados en agentes y que puede aplicarse para generar masivamente trasfondos poblados de arquetipos.

Capítulo 4

Enfoque descendente

Un enfoque descendente de construcción de contenido (en contraposición al ascendente) como el que puede verse en la Figura 4.1 consiste en buscar elementos de la capa superior, es decir, estructuras complejas para luego contextualizarlas en elementos básicos, es decir, hechos concretos de personajes en el mundo virtual, en el nivel inferior. Dicho de otro modo, un enfoque descendente seleccionará recursos reiterativos (como la estructura en tres actos, el Mac-Guffin, el arma de Chekhov o el viaje del héroe, descritos en las Secciones 2.1.3 y 2.1.4), en principio, sin un conocimiento explícito de los eventos que deben generar dichas estructuras, y, en una fase posterior, apoyar la generación los eventos que les den soporte.

4.1. Metodología

La metodología propuesta, resumida en la Figura 4.2, incluye la selección de recursos reiterativos, el modelado del Algoritmo Genético y de la Red Neuronal que servirá para predecir la nota potencial.

4.1.1. Selección del número de recursos reiterativos y sus restricciones

En términos generales, la metodología propone la búsqueda automática de conjuntos de recursos reiterativos, sin restricciones, de interés en una historia para su posterior conversión a eventos concretos por parte del autor.

Otra opción es diseñar previamente grafos de interacciones entre personajes basadas en estructuras narrativas interesantes (estructuras en 3 actos, resolución de conflictos, etc), donde los nodos podrán ser personajes, lugares, objetos y tipos de eventos, y donde las relaciones indiquen qué elementos participan de los mismos eventos. De este modo, cada nodo podrá ser “marcado” con un recurso que apoye su narración, apoyando la aproximación descendente y la traducción de recursos a eventos. Es importante remarcar que los

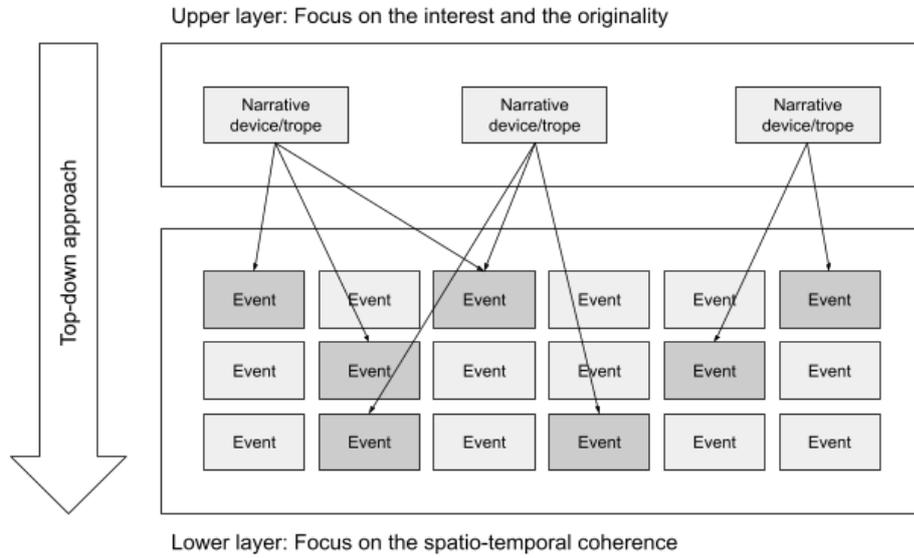


Figura 4.1: Diagrama de capas de abstracción de unidades narrativas en el enfoque descendente.

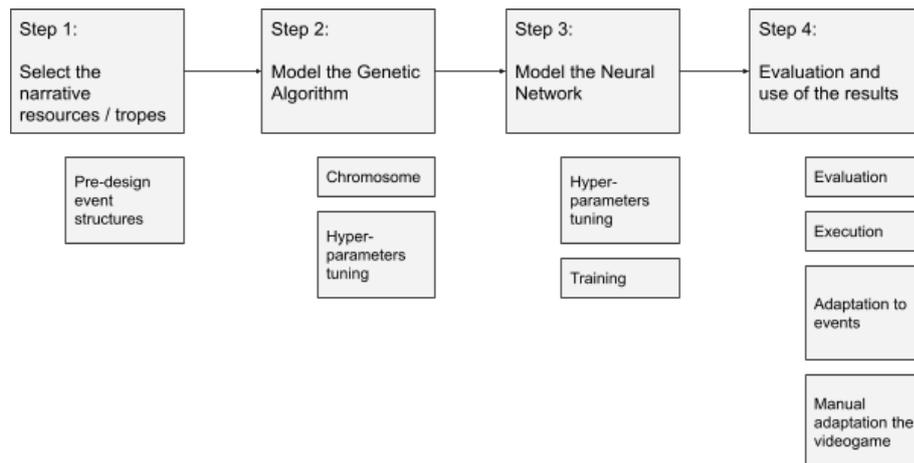


Figura 4.2: Diagrama conceptual de los procesos del enfoque descendente.

eventos que formarán parte de estas tramas serán más generales que los eventos a bajo nivel que podría generar un Sistema Multiagente, aunque deberán mantener sus propiedades de causalidad y coherencia espacio/temporal.

Limitación de recursos candidatos No todos los recursos reiterativos son fáciles de aplicar al contenido de las historias, especialmente los meta-recursos (o *metatropes*), de producción y de audiencia. Es responsabilidad del autor decidir si se quieren considerar y, en caso afirmativo, cómo se plasmarán en las historias. Los géneros (literarios, de cine, de cómic, ...) también podrán considerarse, aunque, de nuevo, su aplicación dependerá de las expectativas de las historias.

Igualmente, en ciertas circunstancias será deseable, en función de la historia, que unos recursos sean considerados y otros no, especialmente si el autor está diseñando una historia que se adecúa a un contexto espacial, temporal o atmósfera.

Por último, en el caso de que el autor disponga de eventos prediseñados en arcos argumentales, con un conjunto fijo de lugares, personajes, objetos y tipos de eventos, se deberán elegir los recursos según su tipología, descartando aquellos que no sean aplicables.

4.1.2. Modelado del Algoritmo Genético

Al igual que en el enfoque ascendente híbrido EC-ABM, el enfoque descendente utiliza Algoritmos Genéticos para optimización; en lugar de optimizar parámetros de generación de simulaciones de mundos virtuales mediante Sistemas Multiagente, optimiza conjuntos de estructuras o recursos reiterativos que definan de manera única a una obra de carácter narrativo. De ahora en adelante llamaremos a este conjunto, ADN de recursos, por sus similitudes con el ADN en biología.

4.1.2.1. Codificación del cromosoma

Un cromosoma será un conjunto de recursos reiterativos (ADN de recursos), y cada gen podrá tomar el valor (identificador), en principio, de cualquier recurso disponible. El tamaño será fijo y podrá depender del número de personajes, lugares, objetos y eventos.

En algunas situaciones, podrán restringirse los recursos reiterativos candidatos para ciertos genes del cromosoma, de modo que ciertas posiciones se correspondan con eventos específicos prediseñados de la historia (de estructura de guión, de personaje, de conflicto, de resolución, de transporte, de lugar, etc).

Genético Al igual que en el enfoque ascendente, la selección y ajuste de parámetros del Algoritmo Genético (tamaño de la población, estrategias de

selección y de reemplazamiento, probabilidades de mutación y de cruzamiento, criterio de parada) es una fase de vital importancia que se beneficiará de un análisis comparativo, aunque en ocasiones, y por razones de tiempo, sea conveniente el uso de valores comúnmente utilizados o alcanzados mediante pruebas manuales.

4.1.3. Modelo predictivo

El Algoritmo Genético debe ser capaz de usar métricas de interés, por lo que se propone el uso de un modelo de predicción de nota potencial basado en redes neuronales.

Como modelo predictivo se utilizará un perceptrón multicapa, por ser considerado un aproximador universal de funciones, entrenado con conjuntos de datos que incluyen conjuntos de recursos en obras narrativas y la nota otorgada.

4.1.3.1. Ajuste de hiperparámetros del modelo predictivo

De nuevo se precisa de una selección y ajuste de parámetros, en este caso de la red neuronal (tipo de activación, número de capas ocultas, número de neuronas en cada capa, la tasa de aprendizaje, el tipo de solucionador, etc) que permita obtener mejores resultados.

4.1.4. Evaluación, ejecución y uso de resultados

En primer lugar, deberán ejecutarse las diferentes combinaciones de parámetros de la red neuronal un número suficiente de veces (al menos 10 e, idealmente, 30) para obtener el modelo de predicción que mejores resultados ofrece y evaluar su calidad.

En segundo lugar, y ya con un modelo de predicción debidamente entrenado, deberán ejecutarse las diferentes combinaciones de parámetros del Algoritmo Genético un número suficiente de veces (al menos 10 e, idealmente, 30).

La solución tardará más o menos en converger en función del número de recursos candidatos por gen y el tamaño del cromosoma.

Una vez el Algoritmo Genético haya encontrado una solución óptima para las restricciones de la historia (plasmadas en el diseño del cromosoma), los recursos resultantes deberán aplicarse para generar eventos del mundo virtual.

Una vez hecho esto, el narrador puede utilizar todos estos recursos para generar eventos o utilizar eventos prediseñados, evaluarlos y adaptarlos para su uso en historias vitales de los personajes que aporten contexto al mundo virtual.

4.1.5. Características de la aproximación

El enfoque descendente tiene como principal ventaja el potencial interés o idoneidad de las combinaciones de recursos, dado que usa un modelo de predicción de calidad.

Limitaciones

- Los conjuntos de recursos pueden ser muy grandes y variados por lo que se requiere de una supervisión y adaptación a la obra final, que puede llevar a descartar y modificar la solución obtenida.
- La causalidad y coherencia espacio-temporal queda en manos del autor, siendo el último responsable de la idoneidad de los resultados obtenidos.

4.2. Diseño experimental del enfoque descendente

En el contexto de la tesis se hicieron varios estudios desde el enfoque descendente, entre los que se encuentran “Overview of PicTropes, a film trope dataset” [32] y “Tropes in films: an initial analysis” [33], en los que se evalúan y estudian los recursos reiterativos (*tropos*) y películas extraídos de TvTropes, que a su vez sirven para dar soporte al experimento, publicado como “StarTroper, a film trope rating optimizer using machine learning and evolutionary algorithms” [30].

4.2.1. Objetivo

El objetivo del experimento es probar la metodología descendente, generando conjuntos sintéticos de recursos reiterativos, que aplicados en una película, maximicen su nota potencial. Como base de conocimiento se usaron 11.846 películas en las que se detectaron, en suma, 26.246 recursos reiterativos diferentes (extraídos de TVTropes) y que incluyen sus géneros filmicos y sus notas (extraídos ambos de IMDb).

4.2.1.1. Hipótesis

- Es posible seleccionar automáticamente un conjunto de recursos reiterativos (*tropos*) que maximicen la nota potencial de una historia donde dichos recursos sean utilizados.
- El proceso muestra creatividad combinatorial y los conjuntos son originales.

4.2.2. Aplicación de la metodología

Selección de recursos reiterativos Los 26.246 recursos localizados en las 11.846 películas son valores candidatos del conjunto de recursos (*tropos*), independientemente de su tipo o popularidad. En este caso se optó por no restringir la tipología de recursos dado que la finalidad era obtener la mejor combinación posible, aunque esto implicase un mayor esfuerzo en una potencial traducción de recursos reiterativos a posibles historias y posibles eventos.

Asimismo, un estudio comparativo de los conjuntos reveló que la mayoría de películas estaban descritas con unos pocos recursos reiterativos, pero siempre tenían uno o varios géneros, así que se añadieron los 27 géneros fílmicos como valores candidatos de los recursos.

Es importante mencionar que la obtención del conjunto de datos implicó el uso de *crawlers web* que extrajesen las películas y recursos de TvTropes, y, en un segundo paso, aplicar heurísticas para mapear películas de TvTropes con las de IMDb basadas en normalización de los nombres (CamelCase a Title Case, eliminación de caracteres no alfanuméricos, espacios en blanco redundantes, separación de nombre y año, y consideración del título original y el título en inglés), para conseguir mapear conjuntos de recursos reiterativos (de cada película) y las notas asociadas a dichos conjuntos.

Modelado del Algoritmo Genético Modelado del cromosoma: Se utilizó un cromosoma de 30 genes, por tratarse de la mediana de recursos por película en el conjunto de datos y por tratarse de un número de recursos que modelan películas con un amplio rango de variabilidad de nota (entre 1.3 y 9.5). Cada gen podrá tomar el valor de cualquier recurso reiterativo o género fílmico.

Los algoritmos genéticos requieren un ajuste de sus parámetros principales [24]: tamaño de la población (μ), tasa de mutación (p_m), y tasa de cruzamiento (p_c).

Para ello se realizaron distintas ejecuciones con diferentes valores (que se pueden consultar en las Tablas 4.3, 4.3, 4.5, 4.7 y 4.9) de estos parámetros para encontrar la combinación que ofrece mejores resultados.

Tamaño de la población (μ)	Descripción
50	Valor de facto sugerido por [48]
100	100, el valor por defecto utilizado por la biblioteca <i>inspyred</i>
200	200, el elemento siguiente en la serie $\mu = 50 * 2n, n \in \{0, 1, 2\}$

Figura 4.3: Valores candidatos del tamaño de la población (Enfoque descendente).

Tasa de mutación (p_m)	Descripción
0,03	Una mutación por cromosoma [42]. Valor base.
0,0016	Mitad del valor base (=0.03 / 2)
0,06	Doble del valor base (=0.03 * 2)

Tabla 4.3: Valores candidatos de la tasa de mutación (Enfoque descendente)

Tasa de cruzamiento (p_c)	Descripción
0,25	(Valores que permiten explorar el espacio de búsqueda)
0,5	“
0,75	“

Tabla 4.5: Valores candidatos de la tasa de cruzamiento (Enfoque descendente).

Nº mínimo de ejecuciones	Descripción
3000	(valor obtenido por ensayo error)

Tabla 4.7: Número de ejecuciones (Enfoque descendente).

Criterio de parada	Descripción
Cuando la mejor generación no mejore en las últimas 10.000 evaluaciones	(valor obtenido por ensayo error)

Tabla 4.9: Criterio de parada (Enfoque descendente).

Parámetro	Valores candidatos
Activación	ReLU / tanh
Número de capas ocultas	1 / 2
Número de neuronas por capa	162 / 883/29, según la regla de pirámide geométrica [56]
Tasa de aprendizaje	Constante / Adaptativa
Solucionador	Adam / Gradiente estocástico (Sgd)

Tabla 4.11: Parámetros del perceptrón multicapa (Enfoque descendente)

Modelado del sistema de predicción de la nota potencial: Definición de entradas / salidas: El perceptrón multicapa debe recibir un total de 26.273 entradas booleanas cuyo índice corresponde con el de la lista de recursos reiterativos disponibles y géneros filmicos. La salida será un valor real que representará la nota predicha, teóricamente, entre 0 y 10.

Selección de parámetros del Algoritmo genético: Se seleccionaron los candidatos mostrados en la Tabla 4.11.

	Activa- ción	Alpha	capas interme- dias	Tasa de aprendi- zaje	Max iter	Solucio- nador	Media	Std
0	Relu	0.0001	(162,)	Constante	100	Sgd	0.250449	0.00775062
1	Relu	0.0001	(162,)	Adaptativa	100	Sgd	0.247197	0.00662991
2	Tanh	0.0001	(162,)	Constante	100	Sgd	0.242164	0.0088337
3	Tanh	0.0001	(162,)	Adaptativa	100	Sgd	0.240557	0.00857194
4	Relu	0.0001	(883, 29)	Constante	100	Sgd	0.224481	0.00950363
5	Relu	0.0001	(883, 29)	Adaptativa	100	Sgd	0.216897	0.0208249
6	Tanh	0.0001	(883, 29)	Constante	100	Adam	0.173729	0.04267
7	Tanh	0.0001	(883, 29)	Adaptativa	100	Adam	0.166007	0.0396141
8	Tanh	0.0001	(883, 29)	Constante	100	Sgd	0.164613	0.0280966
9	Tanh	0.0001	(883, 29)	Adaptativa	100	Sgd	0.16356	0.0320443
10	Tanh	0.0001	(162,)	Adaptativa	100	Adam	-0.132811	0.0604104
11	Tanh	0.0001	(162,)	Constante	100	Adam	- 0.136999	0.0436053
12	Relu	0.0001	(883, 29)	Constante	100	Adam	-0.444568	0.100033
13	Relu	0.0001	(883, 29)	Adaptativa	100	Adam	-0.450668	0.203108
14	Relu	0.0001	(162,)	Constante	100	Adam	-0.708584	0.0805029
15	Relu	0.0001	(162,)	Adaptativa	100	Adam	-0.723516	0.0966577

Tabla 4.13: Evaluación de parámetros del perceptrón multicapa usando validación cruzada de 3 iteraciones y ordenada según puntuación.

4.3. Ejecución e interpretación de resultados

4.3.1. Selección de parámetros del modelo de predicción:

Se realizaron validaciones cruzadas de 3 iteraciones (*3-fold cross-validation*) sobre cada posible combinación de parámetros (activación, número de capas ocultas, número de neuronas por capa, tasa de aprendizaje y tipo de solucionador), obteniéndose el promedio y la desviación típica. La puntuación de validación (*validation score*) es la media de puntuaciones del modelo entrenado con un 90% de los datos (conjunto de entrenamiento) frente al 10% de datos no usados para entrenamiento (conjunto de validación) para cada iteración.

Los resultados en la Tabla 4.13 muestran que la máxima puntuación se consigue usando una estructura de una capa oculta ([26,273/162/1]), con activación ReLu, tasa de aprendizaje constante y solucionador de gradiente estocástico.

Tras entrenar el Perceptrón Multicapa con los hiperparámetros seleccionados, el conjunto de datos de recursos reiterativos, mientras mejorase en las últimas 10 ejecuciones consecutivas, la evaluación mostró convergencia a un error cuadrático medio de entrenamiento de 0.410 y un error cuadrático medio de validación de 0.357, que implica que el modelo es un buen predictor, dado que ambos valores son similares y no hay sobreajuste. El error

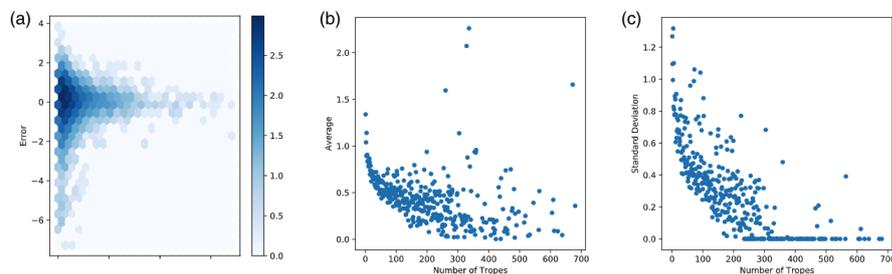


Figura 4.4: (a) Gráfica de grupos hexagonales de las evaluaciones de errores para todas las películas con color en escala logarítmica. (b) Valor absoluto promedio de errores por número de recursos. (c) Desviación típica del error absoluto por número de recursos reiterativos.

cuadrático medio raíz, que es una métrica en unidades de nota, tiene un valor de 0.597 para nuevas predicciones, que implica que en algunos casos, la nota predicha puede superar el 10.

Para poder anticiparnos a los resultados, agrupamos los errores en la predicción de las notas según el número de recursos reiterativos de cada conjunto. La Figura 4.4 muestra como, en la mayoría de los casos, el error en la predicción es de 0 (a). Hay infraestimaciones y sobreestimaciones, especialmente en el rango de recursos reiterativos con más ocurrencias. La red neuronal tenderá a infraestimar las películas con pocos recursos, y su nota será más precisa a medida que se incremente el número de recursos, lo cual es consistente con que las películas con más recursos sean más populares y probablemente mejor descritas. Según (c), un menor número de recursos reiterativos implica una mayor desviación, y esto está alineado con que los datos hayan sido generados por los usuarios, por lo que las películas menos populares están peor descritas en número de recursos. También indica que el número de tropos es un buen predictor.

Respecto al peso de los géneros, se hizo un experimento para valorar películas con cada uno (y solo uno) de los 27 géneros, y el promedio fue $5,511(\pm 0,010)$, lo que indica que elegir un género u otro no limita, en principio, la nota potencial y que todos los géneros pueden tener buenas y malas películas (ver Figura 4.4).

4.3.2. Selección de parámetros del Algoritmo Genético

Se ejecutaron 30 veces cada posible combinación de μ , p_m y p_c , obteniéndose como mejor resultado $p_m = 0,5$, $p_c = 0,25$, y $\mu = 200$, con un fitness promedio de $9,602(0,542)$ (ver Figura 4.5).

Cómo métricas de similitud, se aplicó el coeficiente de Jaccard [61] definido como la cardinalidad de la intersección de los conjuntos, dividida

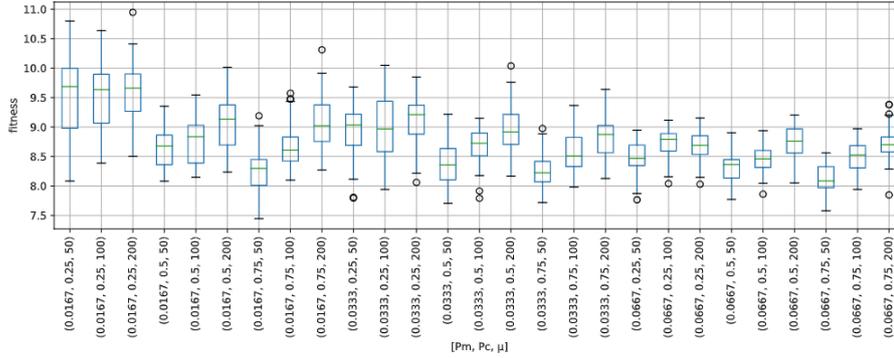


Figura 4.5: Gráfico de cajas para cada una de las combinaciones de parámetros del algoritmo genético.

por la cardinalidad de la unión de dichos conjuntos.

$$C_J(T_A, T_B) = \frac{|T_A \cap T_B|}{|T_A \cup T_B|} \quad (4.1)$$

Dado que los conjuntos a comparar podían tener distinto tamaño, se utilizó una segunda métrica ad-hoc, definida como la cardinalidad de la intersección de los conjuntos dividida por la longitud del conjunto generado (30):

$$C_C(T_S, T_B) = \frac{|T_S \cap T_B|}{L(T_S)} \quad (4.2)$$

4.3.3. Ejecución del Algoritmo Genético:

Se ejecutó el algoritmo genético 30 veces y se analizaron los resultados, como muestra la Figura 4.6.

Según (a) y (b), las soluciones conseguidas mediante esta técnica tienen una nota potencial elevada: 9,602 ($\pm 0,542$). Para calcular la originalidad de las obras, comparamos los conjuntos sintéticos obtenidos entre sí (435 pares) y con el corpus de películas del conjunto de datos (322.980 pares), usando los coeficientes descritos anteriormente: el de Jaccard (b)(e) y coeficiente ad-hoc (c)(f). Como podemos observar los promedios quedan por debajo de 0,05. Las soluciones generadas son más parecidas entre sí que respecto al resto de obras (su índice se duplica).

4.4. Conclusiones del experimento para la tesis

Podemos confirmar que las hipótesis planteadas se cumplen: En primer lugar, la metodología permite seleccionar automáticamente un conjunto de

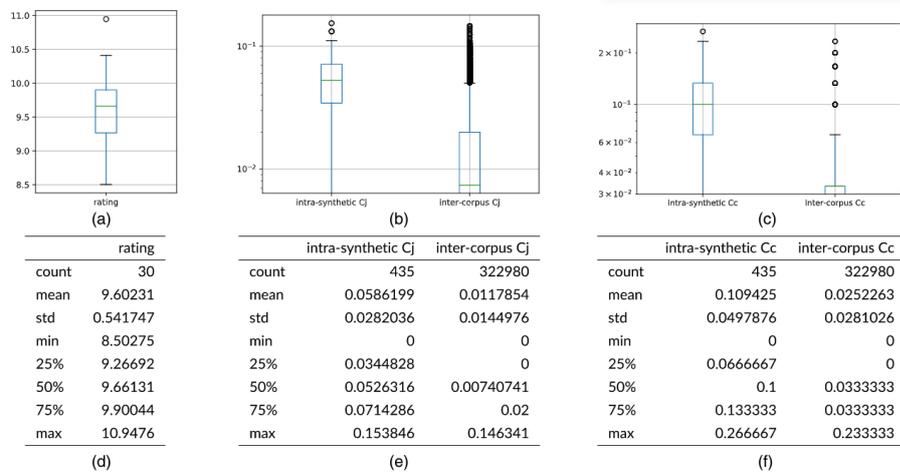


Figura 4.6: Resultados de la ejecución del Algoritmo Genético (enfoque descendente).

recursos reiterativos (*tropos*) que maximicen la nota potencial de una historia donde dichos recursos sean utilizados.

En segundo lugar, un estudio de similitud muestra que el proceso muestra creatividad combinatorial y los conjuntos son originales.

Posteriormente, se asociaron los conjuntos de recursos reiterativos a las notas y los géneros de las películas, usándolo satisfactoriamente como un conjunto de datos con el que entrenar un perceptrón multicapa, demostrando que tal modelo es capaz de predecir razonablemente las notas de las películas.

El algoritmo genético, que usa el perceptrón multicapa como modelo predictivo de la nota, fue capaz de generar conjuntos de recursos reiterativos con puntuaciones potenciales elevadas, cercanas al 10.

Capítulo 5

Conclusiones generales y nuevas líneas de investigación

El propósito de esta tesis es desarrollar metodologías que faciliten el diseño de historias vitales masivas, originales, interesantes y coherentes entre sí, de Personajes no Jugadores (PNJs) en videojuegos de mundo abierto.

Las conclusiones son las siguientes:

1. La metodología de enfoque ascendente es capaz de permitir la emergencia de recursos reiterativos, diseñados como estructuras de eventos generados a partir de las interacciones de agentes en un mundo virtual, siendo los comportamientos parametrizables y dicha parametrización codificable como un cromosoma de un algoritmo genético que evalúa los recursos encontrados.
2. Con la metodología ascendente pueden hacerse emerger recursos reiterativos sencillos, usando agentes simples con pocos estados y conjunto limitado de eventos, como sucede en el experimento 1.
3. Con la metodología ascendente pueden hacerse emerger recursos reiterativos de mayor complejidad, como los arquetipos presentes en el monomito o “viaje del héroe”, usando agentes más complejos y un conjunto de eventos suficiente que permita su modelado, como sucede en el experimento 2.
4. A pesar de los resultados satisfactorios, la metodología ascendente presenta limitaciones respecto a la cantidad y variedad de los recursos reiterativos que pueden emerger (y detectarse), requiriéndose una selección y diseño previo de todos los recursos candidatos y no asegurándose su aparición en la proporción esperada, por lo que se propone una metodología con enfoque descendente.
5. La metodología de enfoque descendente es capaz de encontrar conjun-

tos de recursos reiterativos, seleccionados de un corpus con miles de recursos, que poseen una elevada calidad potencial de las historias que los implementen y muestren creatividad combinacional al ser capaz de detectar combinaciones de recursos reiterativos muy diferentes a los existentes.

6. Una red neuronal es un buen predictor de la nota de una película si es entrenada con un conjunto de datos que contiene secuencias de recursos reiterativos detectados en películas y su nota media, extraídos de bases de datos de internet, de modo que pueda ser usada por un algoritmo genético en un enfoque descendente de búsqueda de conjuntos de recursos reiterativos (experimento 3).
7. Ambas metodologías permiten la generación procedimental de contenidos (de carácter opcional, de generación aleatoria, controlable, constructiva y autónoma) de elementos a bajo nivel (eventos) y a alto nivel (recursos reiterativos) que puedan ayudar al autor/guionista de un videojuego de mundo abierto, mediante herramientas de asistencia al autor, a diseñar el mundo virtual. Las técnicas citadas pueden ser aplicadas a otros contextos, como el de generación de guiones de películas o series, de libros, de comic o de novelas gráficas.
8. Dado que la fortaleza de la metodología descendente es la selección de recursos reiterativos con potencial interés, y la de la metodología ascendente es la de generar masivamente personajes, objetos, lugares y eventos coherentes entre sí, el problema de generar historias podría abordarse con una metodología híbrida. Dicha aproximación podría hacer uso del enfoque descendente para localizar recursos reiterativos de interés, y, una vez revisados y definidos por el autor/guionista, el enfoque ascendente podría generar los eventos a bajo nivel que permitan emerger los recursos reiterativos objetivo.

5.1. Trabajo futuro

Aunque la tesis ha demostrado que se pueden generar eventos a bajo/alto nivel que permitan diseñar historias masivas, originales, interesantes y coherentes entre sí, se han detectado varias limitaciones que habría que abordar en un trabajo futuro:

1. En principio es posible usar agentes de carácter general o abstracto, como en los experimentos realizados, pero sus interacciones y eventos deberán ser trasladados al videojuego, de modo que tengan sentido en su mundo virtual. Este proceso se simplificaría si se utilizasen agentes específicos para el videojuego, cuyas interacciones tengan sentido en el

contexto del videojuego, y puedan trasladarse directamente a historias de los PNJs.

2. Una gran versatilidad de parametrización del comportamiento del agente implica un cromosoma de mayor tamaño, haciendo más lenta su convergencia. Si además, se usan varios perfiles, el tamaño del cromosoma se multiplicará y dicho efecto se hará más notable. Este problema podría mitigarse con un diseño de agentes con mayor inteligencia, cuyo comportamiento, de forma natural, permita la emergencia de los parámetros.
3. Los comportamientos de los agentes pueden restringir las combinaciones de eventos de modo que ciertos recursos reiterativos tengan pocas (o nulas) probabilidades de emerger. Este problema podría solventarse mediante el uso de programación evolutiva, de modo que se optimice el comportamiento de los agentes, no sus parámetros.
4. La metodología descendente ha podido ser probada para el caso general sin restricciones de recursos reiterativos candidatos, por lo que un trabajo futuro es pre-diseñar una estructura de personajes, objetos, lugares e interacciones como un grafo, cuyos nodos puedan quedar “marcados” con los recursos (de personaje, de lugar, de objeto, de conflicto, etc), limitando los valores de los alelos del cromosoma y permitiendo la generación de hechos a bajo nivel.
5. También es necesario destacar que la solución probada en el enfoque ascendente usa un conjunto limitado de recursos reiterativos. Como trabajo futuro se plantea escalar la solución, ya sea creando múltiples soluciones que se encadenarían para generar mayores historias o siendo capaces de evaluar una solución del algoritmo genético por partes, sumando las notas de las sub-historias.
6. La red neuronal permite predecir la calidad de los conjuntos de recursos reiterativos. Sin embargo, otra posible ampliación es explorar el uso de métricas de interés diferentes, como las basadas en reglas asociativas o en similitud semántica.
7. Se dispone de una gran cantidad de recursos reiterativos provenientes de bases de datos de internet, pero dichos recursos, a día de hoy, no están descritos con una gramática formal, sino con descripciones en lenguaje natural y ejemplos. Una descripción formal de los recursos permitiría su procesamiento automático en eventos de nivel inferior más fácilmente.
8. Los experimentos no pudieron incluir una narración de historias que contemplen los eventos (bajo nivel) y los recursos reiterativos (alto

nivel) para permitir su evaluación, por lo que se plantea el uso de GPT3 [20] para generación de textos.

9. Igualmente, ya fuese mediante la generación de textos o cualquier otra representación válida, sería interesante la evaluación subjetiva de los resultados de por humanos.
10. Los enfoques ascendente y descendente ofrecen ventajas y limitaciones que podrían superarse con enfoque híbridos, por ejemplo, un enfoque descendente podría permitir seleccionar recursos reiterativos de interés, que pudiesen hacerse emerger con el enfoque ascendente.

Apéndice A

Publicaciones científicas del autor respecto a la tesis

1. García-Ortega, Rubén Héctor, Pablo García Sánchez, y Juan J. Merelo-Guervós. «Tropes in films: an initial analysis». arXiv:2006.05380 [cs.DL], 7 de junio de 2020. <http://arxiv.org/abs/2006.05380>.
2. García-Ortega, RH, García-Sánchez, P, Merelo-Guervós, JJ. StarTroper, a film trope rating optimizer using machine learning and evolutionary algorithms. *Expert Systems*. 2020;e12525. <https://doi.org/10.1111/exsy.12525>
3. Overview of PicTropes, a film trope dataset Overview of PicTropes, a film trope dataset. arXiv · Sep 28, 2018
4. García-Ortega, Rubén H., et al. “The Story of Their Lives: Massive Procedural Generation of Heroes’ Journeys Using Evolved Agent-Based Models and Logical Reasoning.” *Applications of Evolutionary Computation*. Springer International Publishing, 2016. 604-619.
5. García-Ortega, Rubén H., Pablo García-Sánchez, J. J. Merelo, María Isabel G. Arenas, Pedro A. Castillo, and Antonio M. Mora. “How the World Was MADE: Parametrization of Evolved Agent-Based Models for Backstory Generation.” In *Applications of Evolutionary Computation*, pp. 443-454. Springer International Publishing, 2015.
6. García-Ortega, Rubén Héctor, Pablo García-Sánchez, Antonio Miguel Mora, and Juan Julián Merelo. “A Methodology for Designing Emergent Literary Backstories on Non-Player Characters Using Genetic Algorithms.” In *Proceedings of the 2014 Conference Companion on Genetic and Evolutionary Computation Companion*, 49–50. Vancouver, BC, Canada: ACM, 2014.

7. García-Ortega, R.H., Pablo García-Sánchez, and J.J. Merelo. “Emerging Archetypes in Massive Artificial Societies for Literary Purposes Using Genetic Algorithms.” arXiv Preprint arXiv:1403.3084, 2014.
8. Garcia-Ortega, Ruben H., Pablo Garcia-Sanchez, Antonio M. Mora, and J.J. Merelo. “My Life as a Sim: Evolving Unique and Engaging Life Stories Using Virtual Worlds.” In Proceedings of the Fourteenth International Conference on the Synthesis and Simulation of Living Systems, 4:580–87. New York, NY, USA, 2014.

Bibliografía

- [1] My life as a sim: Evolving unique and engaging life stories using virtual worlds. pages 580–587. MIT Press Journals, 2014.
- [2] E. Aarseth. From hunt the wumpus to everquest: introduction to quest theory. pages 496–506, 2005.
- [3] N. Ahmed. Aaa games vs. indie games: What are the differences? <https://www.makeuseof.com/aaa-games-vs-indie-games-differences/>. Accedido: 2022-15-01.
- [4] A. Amato. Procedural content generation in the game industry, 3 2017.
- [5] M. Arinbjarnar, H. Barber, and D. Kudenko. A critical review of interactive drama systems. 2009.
- [6] C. Baldick. *The Oxford Dictionary of Literary Terms*. Oxford University Press, 2015.
- [7] R. A. Bartle. Massively multihero: why people play virtual worlds. pages 128–133. University of Wolverhampton School of Computing and Information Technology, 2004.
- [8] C. Bateman. *Game writing: Narrative skills for videogames*. Bloomsbury Publishing USA, 2021.
- [9] J. Bates. *The nature of characters in interactive worlds and the Oz project*. Citeseer, 1992.
- [10] L. Bertolini. *Hands-On Game Development without Coding: Create 2D and 3D games with Visual Scripting in Unity*. Packt Publishing, 2018.
- [11] P. M. Bitsilli, T. W. Clyman, and E. J. Cruise. *Chekhov's Art, a Stylistic Analysis*. Ardis, 1983.
- [12] M. A. Boden. *The creative mind: Myths and mechanisms*. Routledge, 2004.
- [13] M. A. Boden. Creativity as a neuroscientific mystery. *Neuroscience of creativity*, pages 3–18, 2013.

- [14] T. L. Booth. *Sequential Machines and Automata Theory*. Wiley, 1967.
- [15] V. Bui, H. Abbass, and A. Bender. Evolving stories: Grammar evolution for automatic plot generation. pages 1–8, 2010.
- [16] J. Campbell. *The Hero with a Thousand Faces*. New World Library, 2008.
- [17] F. S. Caparrini. Sistemas complejos. <http://www.cs.us.es/~fsancho/?p=sistemas-complejos-2>. Accedido: 2022-15-01.
- [18] J. Clement. Number of gamers worldwide 2021 | statista. <https://www.statista.com/statistics/293304/number-video-gamers/>. Accedido: 2022-15-01.
- [19] J. Clement. Video game market value worldwide | statista. <https://www.statista.com/statistics/292056/video-game-market-value-worldwide/>. Accedido: 2022-15-01.
- [20] R. Dale. GPT-3: What’s it good for? *Natural Language Engineering*, 27(1):113–118, 2021.
- [21] V. T. de Araujo Rafael and Souto. Game worlds and creativity: The challenges of procedural content generation. pages 443–455. Springer International Publishing, 2017.
- [22] P. Delatorre, C. León, and A. S. Hidalgo. Improving the fitness function of an evolutionary suspense generator through sentiment analysis. *IEEE Access*, 9:39626–39635, 2021.
- [23] P. Education. *Machine Learning, 1e*. Pearson Education India.
- [24] A. E. Eiben and S. K. Smit. Evolutionary algorithm parameters and methods to tune them. In Y. Hamadi, É. Monfroy, and F. Saubion, editors, *Autonomous Search*, pages 15–36. Springer, 2012.
- [25] J. M. Epstein, R. Axtell, and . Project. *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*. MIT Press, 1996.
- [26] S. Field. *Screen Play*. Dell Publications, 1982.
- [27] D. G. 45+ video games industry statistics, facts, and trends for 2021. <https://techjury.net/blog/video-games-industry-statistics/>. Accedido: 2022-15-01.
- [28] R. H. García-Ortega, P. García-Sánchez, J. J. M. Guervós, A. S. Ginés, and Á. F. Cabezas. The story of their lives: Massive procedural generation of heroes’ journeys using evolved agent-based models and logical reasoning. In G. Squillero and P. Burelli, editors, *Applications*

- of Evolutionary Computation - 19th European Conference, EvoApplications 2016, Porto, Portugal, March 30 - April 1, 2016, Proceedings, Part I*, volume 9597 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 604–619. Springer, 2016.
- [29] R. H. García-Ortega, P. García-Sánchez, and J. J. Merelo. Emerging archetypes in massive artificial societies for literary purposes using genetic algorithms. 3 2014.
- [30] R. H. García-Ortega, P. García-Sánchez, and J. J. Merelo-Guervós. Star-troper, a film trope rating optimizer using machine learning and evolutionary algorithms. volume 37. Blackwell Publishing Ltd, 12 2020.
- [31] R. H. García-Ortega, P. García-Sánchez, A. M. Mora, and J. J. Merelo. A methodology for designing emergent literary backstories on non-player characters using genetic algorithms. pages 49–50. Association for Computing Machinery, 2014.
- [32] R. H. García-Ortega, J. J. Merelo-Guervós, P. G. Sánchez, and G. Pitaru. Overview of pictropes, a film trope dataset. 9 2018.
- [33] R. H. García-Ortega, P. G. Sánchez, and J. J. Merelo-Guervós. Tropes in films: an initial analysis. 6 2020.
- [34] J. Garry, H. M. El-Shamy, and H. M. Shami. *Archetypes and Motifs in Folklore and Literature: A Handbook*. M.E. Sharpe, 2005.
- [35] C. Gershenson. A general methodology for designing self-organizing systems. *arXiv preprint nlin/0505009*, 2005.
- [36] P. Gervás. Propp’s morphology of the folk tale as a grammar for generation. 2013.
- [37] D. E. Goldberg, G. D. Edward, D. E. G. Goldberg, and V. Goldberg. *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley Publishing Company, 1989.
- [38] J. Grinblat, C. Manning, and M. Kreminski. Emergent narrative and reparative play. In A. Mitchell and M. Vosmeer, editors, *Interactive Storytelling*, pages 208–216, Cham, 2021. Springer International Publishing.
- [39] A. Guarneri, L. A. Ripamonti, F. Tisconi, M. Trubian, D. Maggiorini, and D. Gadia. Ghost: A ghost story-writer. volume Part F131371. Association for Computing Machinery, 9 2017.
- [40] A. Géron. *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems*. O’Reilly Media, 2019.

-
- [41] J. Harris. Periodic table of storytelling. <https://jamesharris.design/periodic/>. Accedido: 2022-15-01.
- [42] I. Harvey. Artificial evolution: a continuing saga. pages 94–109, 2001.
- [43] M. Hendrikx, S. Meijer, J. V. D. Velden, and A. Iosup. Procedural content generation for games: A survey. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)*, 9:1–22, 2013.
- [44] T. Hennig-Thurau and M. B. Houston. Entertainment product decisions, episode 1: The quality of the entertainment experience, 2019.
- [45] K. Hornik, M. Stinchcombe, and H. White. Multilayer feedforward networks are universal approximators. *Neural networks*, 2:359–366, 1989.
- [46] P.-Y. Hsu, Y.-H. Shen, and X.-A. Xie. Predicting movies user ratings with imdb attributes. pages 444–453, 2014.
- [47] S. Imabuchi, T. Akimoto, J. Ono, and T. Ogata. Koserube: An application system with a propp-based story grammar and other narrative generation techniques. pages 248–253, 2012.
- [48] K. A. D. Jong and W. M. Spears. An analysis of the interacting roles of population size and crossover in genetic algorithms. pages 38–47, 1990.
- [49] A. Juarrero. Dynamics in action: Intentional behavior as a complex system. *Emergence*, 2:24–57, 2000.
- [50] M. T. Kelso, P. Weyhrauch, and J. Bates. Dramatic presence. *PRESENCE: Teleoperators & Virtual Environments*, 2(1):1–15, 1993.
- [51] E. Knopf et al. The rationalist’s spirituality: Campbell’s monomyth in single-player role-playing videogames skyrim & mass effect. Master’s thesis, University of Sydney., 2013.
- [52] R. Li. Generative probabilistic programming in games: Creating character backgrounds using a bayesian network, 2021.
- [53] V. Lieby. Evans data corporation | worldwide professional developer population’s slow growth rate may return to pre-pandemic levels as early as 2022 | press release. <https://evansdata.com/press/viewRelease.php?pressID=293>. Accedido: 2022-15-01.
- [54] L. Maciak. Skyrim: Radiant quest system | terminally incoherent. <http://www.terminally-incoherent.com/blog/2011/12/16/skyrim-radiant-quest-system/>, 2011. Accedido: 2022-15-01.

- [55] M. Mamerow. Gaming industry vs. other entertainment industries (2021) - raise your skillz. <https://raiseyourskillz.com/gaming-industry-vs-other-entertainment-industries-2021/>. Accedido: 2022-15-01.
- [56] T. Masters. *Practical Neural Network Recipes in C++*. Academic Press, 1993.
- [57] M. Mateas and A. Stern. Façade: An experiment in building a fully-realized interactive drama. volume 2, pages 4–8, 2003.
- [58] J. R. Meehan. Tale-spin, an interactive program that writes stories. volume 77, pages 91–98, 1977.
- [59] C. Mellina and S. Svetlichnaya. Trope propagation in the cultural space, 2011.
- [60] M. Nairat, P. Dahlstedt, and M. G. Nordahl. Character evolution approach to generative storytelling. pages 1258–1263, 2011.
- [61] S. Niwattanakul, J. Singthongchai, E. Naenudorn, and S. Wanapu. Using of jaccard coefficient for keywords similarity. volume 1, pages 380–384, 2013.
- [62] J. PErez. games vs indie games - california business journal. <https://calbizjournal.com/%D0%90%D0%90%D0%90-games-vs-indie-games/>. Accedido: 2022-15-01.
- [63] V. Propp, L. Scott, and L. A. Wagner. *Morphology of the Folktale: Second Edition*. University of Texas Press, 2010.
- [64] I. Ramírez. *Diccionario de términos de videojuegos*. Diccionarios. Editorial Verbum, 2021.
- [65] A. S. Rao, M. P. Georgeff, et al. Bdi agents: from theory to practice. volume 95, pages 312–319, 1995.
- [66] Real Academia Española. Diccionario de la lengua española, 23.^a ed., [versión 23.5 en línea]. <https://dle.rae.es>, 2 2022. Accedido: 2022-15-01.
- [67] G. A. Sack. Character networks for narrative generation: Structural balance theory and the emergence of proto-narratives. *Complexity and the human experience: Modeling complexity in the humanities and social sciences*, pages 81–104, 2014.
- [68] M. Si, S. C. Marsella, and D. V. Pynadath. Thespian: Using multi-agent fitting to craft interactive drama. pages 21–28, 2005.

- [69] J. Sobolev. How many video games exist? – gaming shift. <https://gamingshift.com/how-many-video-games-exist/>. Accedido: 2022-15-01.
- [70] J. Surowiecki. *The Wisdom of Crowds*. Knopf Doubleday Publishing Group, 2005.
- [71] A. Tasende. *Diccionario de términos literarios: un diccionario que facilita la lectura y el análisis de la literatura*. DICCIONARIOS LEXICOS. Espasa, 2011.
- [72] A. M. P. Tasende. *Diccionario de términos literarios: un diccionario que facilita la lectura y el análisis de la literatura*. Espasa, 2011.
- [73] M. Theune, S. Faas, A. Nijholt, and D. Heylen. The virtual storyteller: Story creation by intelligent agents. volume 204215, page 116, 2003.
- [74] M. Thompson, J. Padget, and S. Battle. Governing narrative events with tropes as institutional norms. pages 133–137, 2016.
- [75] J. Tremblay. Understanding and evaluating behaviour trees. *McGill University, Modelling, Simulation and Design Lab, Tech. Rep*, 2012.
- [76] F. Truffaut, A. Hitchcock, and H. G. Scott. *Hitchcock*. Simon Schuster, 1984.
- [77] TVTropes. Tropes - tv tropes. <https://tvtropes.org/pmwiki/pmwiki.php/Main/Tropes>. Accedido: 2022-15-01.
- [78] Universidad América Latina. Taller de lectura y redacción ii. http://ual.dyndns.org/Biblioteca/Bachillerato/Taller_Lectura_Redaccion_II/Pdf/Sesion_02.pdf. Accedido: 2022-15-01.
- [79] C. Vogler. *The Writer's Journey: Mythic Structure for Storytellers and Screenwriters*. Pan, 1999.
- [80] Xunta de Galicia. Elementos de la narración. https://www.edu.xunta.gal/centros/cafi/aulavirtual/pluginfile.php/25982/mod_resource/content/0/Unidad_3/Web_Texto_Narrativo/elementos_de_la_narracin.html. Accedido: 2022-15-01.
- [81] L. T. Yang. *Mobile Intelligence*. Wiley, 2010.
- [82] G. N. Yannakakis and J. Togelius. *Artificial intelligence and games*. Springer, 2018.
- [83] G. N. Yannakakis and J. Togelius. Generating content, 2018.