

Cadenas de Markov aplicadas al aprendizaje a nivel preescolar

Markov chains applied to learning at preschool level

MONTECILLO-PUENTE, Francisco Javier†*, LÓPEZ-ENRIQUEZ, Renato y CRUZ-LOERA, María de la Luz

Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra. Calle Manuel Gómez Morín 300, Janicho, 38933 Salvatierra, Gto.

ID 1^{er} Autor: *Francisco Javier, Montecillo-Puente* / **ORC ID:** 0000-0001-9540-9228, **Researcher ID Thomson:** X-2309-2018, **CONACYT CVU ID:** 50009

ID 1^{er} Coautor: *Renato, López-Enriquez* / **ORC ID:** 0000-0001-5708-3239, **Researcher ID Thomson:** Y-4493-2018, **CONACYT CVU ID:** 954847

ID 2^{do} Coautor: *María de la Luz, Cruz-Loera*

DOI: 10.35429/JBE.2019.9.3.1.8

Recibido 11 de Julio, 2019; Aceptado 28 de Septiembre, 2019

Resumen

El objetivo de este trabajo presentar el uso de video juegos para dispositivos móviles para al aprendizaje de niños(as) a nivel preescolar utilizando cadenas de Markov. En este trabajo se revisaron los contenidos de la Secretaría de Educación de México a nivel preescolar y se entrevistaron a algunos educadores para determinar que contenido son clave. Por otro lado, el uso de tecnologías móviles por infantes actualmente es común en medios urbanos y de uso medio-bajo en medios rurales. De lo anterior, se propuso el desarrollar algunas aplicaciones que fortalezcan el aprendizaje de contenidos oficiales a nivel preescolar. Sin embargo, una tarea siempre difícil es determinar y evaluar el nivel de aprendizaje en el video juego se propuso una cadena de Markov. La principal, contribución de este trabajo es el uso de técnicas de inteligencia artificial para evaluar el aprendizaje de contenidos oficiales usando dispositivos móviles.

Cadenas de Markov, Aprendizaje, Aplicaciones móviles

Abstract

The objective of this work is to present the use of video games for mobile devices applied to learning process of children at preschool level using Markov chains. In this work, study goals stated by the Mexican Ministry of Education were reviewed at the preschool level and some educators were interviewed to determine main key goals. On the other hand, the use of mobile technologies by infants is currently common in urban areas and medium to low use in rural areas. From the above, it was proposed to develop some applications that strengthen the learning of official content at the preschool level. However, an always difficult task is to determine and evaluate the level of learning in the video game a Markov chain was proposed. The main contribution of this work is the use of artificial intelligence techniques to evaluate the learning of official contents using mobile devices.

Markov Chains, Learning, Mobile Applications

Citación: MONTECILLO-PUENTE, Francisco Javier, LÓPEZ-ENRIQUEZ, Renato y CRUZ-LOERA, María de la Luz. Cadenas de Markov aplicadas al aprendizaje a nivel preescolar. Revista de Educación Básica. 2019. 3-9: 1-8.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: frajaher_79@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La calidad educativa es uno de los temas de interés por organizaciones internacionales y por los gobiernos de los países, (Acuña & Pons, 2016). Para entender el significado de calidad educativa se han realizado propuestas sobre sus características por varias organizaciones, tales como: la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), el Fondo Monetario Internacional (FMI), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), entre otras. Dentro de los aspectos a considerar sobre educación de calidad se tienen:

- 1) Infraestructura y equipamiento escolar. En donde aparte de las instalaciones y servicios básicos, se considera el acceso y uso correcto de las tecnologías para la educación.
- 2) Evaluación del desempeño docente. Este punto, tiene como objetivo determinar la calidad de la enseñanza por sus docentes.
- 3) Formación docente inicial y continua. El objetivo en este caso es atraer a mejores aspirantes para la docencia. Aquí se da por sentado la mala preparación de los docentes, ya que esta profesión es una puerta fácil para estudiantes de mediano y bajo rendimiento.

En lo que respecta a la evaluación de la educación en México en las pruebas de PISA de la OCDE realizada en el 2015, México se encuentra entre los últimos 12 lugares de 72 países evaluados y último en los países miembros de la OCDE, (INEE, 2017). La prueba evalúa conocimientos y habilidades en las áreas de lectura, ciencias y matemáticas, .

Por otro lado, en lo que respecta al uso de tecnologías de la información y en particular sobre el uso de computadoras o dispositivos móviles estudios han reportado que su uso por niños entre 6 y 12 años muestra que son superiores a 70 % en regiones urbanas y 45% en regiones rurales, (Bringué et al, 2011).

Principalmente, su uso se focaliza principalmente al entretenimiento, en particular a la visualización de videos y a los video juegos. En este sentido, los teléfonos móviles y las tabletas con sistema Android son los dispositivos que predominan en su uso.

Existen algunos esfuerzos en el desarrollo de contenidos para aprendizaje, tales como dragonbox y curiosamente. En dragonbox se desarrollan videojuegos de números, álgebra y geometría. En intensamente comenzado desarrollando un sistema interactivo para el reconocimiento de figuras geométricas, sin embargo cambiaron a contenidos audiovisuales en YouTube.

Las áreas que esta siendo utilizada en muchos ámbitos son la inteligencia artificial y el machine learning (aprendizaje automático). Los métodos de estas áreas se han aplicado con gran éxito al reconocimiento de voz, al reconocimiento de escritura, al reconocimiento facial, en seguridad informática, en robótica, en finanzas entre otras.

En este trabajo, como lo establecen las organizaciones internacionales para desarrollar una educación de calidad se recomienda el buen uso de las tecnologías de la información. Por lo que en este trabajo se propone el desarrollo de aplicaciones móviles enfocadas al aprendizaje a nivel preescolar utilizando video juegos y machine learning. Estas aplicaciones, además consideran las competencias que marcan los planes de estudio oficiales de la secretaria de educación de México. De aquí nuestro objetivo es evaluar si el uso adecuado de aplicaciones para apoyar al proceso de enseñanza-aprendizaje es pertinente.

Para presentar el trabajo realizado, en este artículo en la Sección 2 se presentan los contenidos oficiales de nivel preescolar. En la Sección 3 se describe el framework utilizado para el desarrollo de video juegos. Luego, las cadenas de Markov se presentan en la Sección 4. Posteriormente, un caso de estudio es presentado en la Sección 5. Finalmente, los resultados y conclusiones se presentan en las Secciones 6 y 7, respectivamente.

Contenidos oficiales a nivel preescolar

Los contenidos de la secretaria de educación a nivel preescolar se enfocan a once ámbitos, (SEP, 2017). En una situación ideal, los niños y niñas al egresar de su educación preescolar habrán adquirido de los 11 ámbitos las habilidades y conocimientos siguientes:

- i. Lenguaje y comunicación. Expresa emociones, gustos e ideas en su lengua materna. Usa el lenguaje para relacionarse con otros. Comprende algunas palabras y expresiones en inglés.
- ii. Pensamiento matemático. Cuenta al menos hasta 20. Razona para solucionar problemas de cantidad, construir estructuras con figuras y cuerpos geométricos y organizar información de formas sencillas (por ejemplo, en tablas).
- iii. Exploración y comprensión del mundo natural y social. Muestra curiosidad y asombro. Explora el entorno cercano, plantea preguntas, registra datos, elabora representaciones sencillas y amplía su conocimiento del mundo.
- iv. Pensamiento crítico y solución de problemas. Tiene ideas y propone acciones para jugar, aprender, conocer su entorno, solucionar problemas sencillos y expresar cuáles fueron los pasos que siguió para hacerlo.
- v. Habilidades socioemocionales y proyecto de vida. Identifica sus cualidades y reconoce las de otros. Muestra autonomía al proponer estrategias para jugar y aprender de manera individual y en grupo. Experimenta satisfacción al cumplir sus objetivos.
- vi. Colaboración y trabajo en equipo. Participa con interés y entusiasmo en actividades individuales y de grupo.
- vii. Convivencia y ciudadanía. Habla acerca de su familia, de costumbres y tradiciones, propias y de otros. Conoce reglas básicas de convivencia en la casa y en la escuela.

- viii. Apreciación y expresión artísticas. Desarrolla su creatividad e imaginación al expresarse con recursos de las artes (por ejemplo, las artes visuales, la danza, la música y el teatro).
- ix. Atención al cuerpo y la salud. Identifica sus rasgos y cualidades físicas, y reconoce las de otros. Realiza actividad física a partir del juego motor y sabe que es buena para la salud.
- x. Cuidado del medioambiente. Conoce y practica hábitos para el cuidado del medioambiente (por ejemplo, recoger y separar la basura).
- xi. Habilidades digitales. Está familiarizado con el uso básico de las herramientas digitales a su alcance.

Sin embargo, para evaluar esta habilidades para cada niño y niña se sugiere que debe haber docentes preparados, flexibilidad curricular, una relación entre la escuela y la familia, materiales educativos, infraestructura y equipamiento. En lo que respecta a la infraestructura y equipamiento esta considera biblioteca, equipo de computo, conectividad, red interna, aulas de clase y aulas de medios. Y en la relación entre escuela y familia, se establece que para que el alumno logre el perfil de egreso el apoyo de casa debe ser incondicional.

Framework de video juegos para la plataforma Android

Los dispositivos móviles como son principalmente los teléfonos inteligentes y tabletas actualmente contienen no solo aplicaciones (apps) para comunicación sino también para oficina, dibujo, redes sociales, entretenimiento, entre otras. Dentro de apps las de entretenimiento están los video juegos que normalmente demandan una mayor cantidad de recursos de procesamientos de los dispositivos. Para el desarrollo de video juegos existen diferentes herramientas con y sin licenciamiento como Unity o Unreal Engine. En nuestro caso, optamos por utilizar el framework libre presentado en (Zechner, 2011) para el desarrollo de nuestras aplicaciones. Para el desarrollo de video juegos en Android es necesario utilizar las librerías de bajo nivel de OpenGL.

Para la realización de un framework de video juego, se debe tener componentes para: uso texturas, uso de tipografía, uso sonidos, uso de animaciones, uso interacción táctil, uso de sensores inerciales, detección de colisiones, representación de objetos estáticos, representación de elementos dinámicos, efectos especiales, manejo de ventanas, opciones de configuración y guardar información de avance. Este framework utiliza el patrón de desarrollo Modelo-Vista-Controlador. En donde el estado de los objetos y del mundo del video juego forman parte del Modelo; las ventanas, la tipografía, las texturas, animaciones y sonidos son parte de la Vista; y los niveles, la estrategia del juego y el cambio de estado de los objetos son parte del Controlador, ver Figura 1.

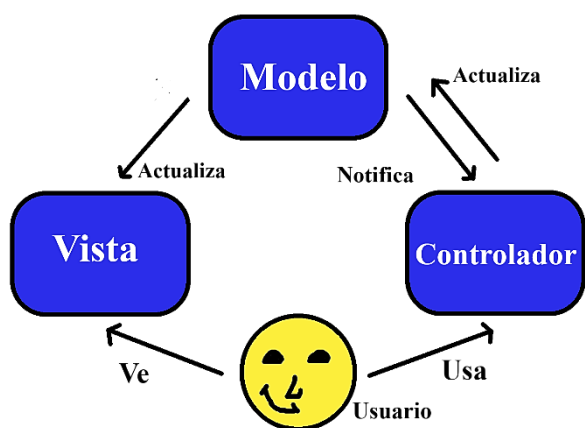


Figura 1 Framework para video juegos utilizando el patrón Modelo-Vista-Controlador

El para la creación de video juegos involucra diferentes profesionistas como programadores, diseñadores gráficos, animadores, músicos, escritores, por mencionar algunos. El proceso de desarrollo de videojuegos considera las siguientes etapas: concepción, historia, arte conceptual, sonido, mecánica de juego, diseño de programación, planificación, producción, programación, ilustración, interfaz, modelado y animación, diseño de sonido y pruebas, (Harviainen et al., 2015) (Fullerton, 2014)(Zichermann & Cunningham, 2011).

Cadenas de Markov

Las cadenas de Markov son una de las herramientas de machine learning, cuyo propósito es el cambio de estados basado en procesos estocásticos, (Privault, 2013) (Shalev-Shwartz & Ben-David, 2014).

Es decir, suponiendo que existen n variables aleatorias X_i (espacio de estados) la probabilidad que exista un evento (cambio del estado X_{i-1} al estado X_i) solo depende del estado anterior en un instante determinado k viene dado por :

$$Pr^{(k)}_{ij} = Pr^k (X_j|X_{j-1}) \tag{1}$$

En general un cambio de estado en una cadena de Markov, ocurre cuando la probabilidad de que ocurra el evento es superior a la probabilidad de cambio. En la Figura 2, se puede observar una representación de una cadena de Markov.

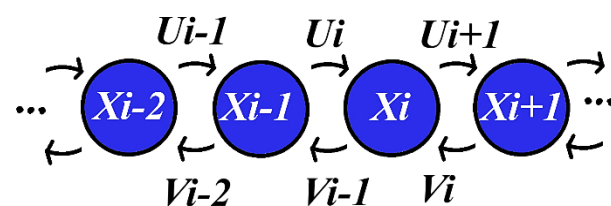


Figura 2 Diagrama de una cadena de Markov y sus probabilidades de cambio de estado U_k y V_k .

Desarrollo de Videojuegos Educativos Usando una Cadena de Markov

Para presentar nuestro caso de estudio, sobre aplicaciones para fortalecer el aprendizaje a nivel preescolar se realizaron 20 encuestas a educadoras de diferentes escuelas coincidieron en un 90% que los dos principales ámbitos que detonan gran parte del aprendizaje en los estudiantes son el tanto 1) lenguaje y comunicación y 2) pensamiento matemático. Mas específicamente el aprendizaje de silabas y los números. Por lo que, para la etapa de concepción de la app (videojuego) se decidió una aplicación para reconocer los números 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 8, y 9. Se decidió realizar un juego donde los números aparecieran del cielo como una especie de lluvia, en espacios naturales donde hay objetos que el estudiante reconoce, y que los fuese eliminando los números según se indica. En lo que respecta al diseño, que involucra la idea mas especifica del videojuego y la programación se consideró lo siguiente:

- a) Historia. El jugador debe consumir los números indicados como objetivo y conseguir el puntaje necesario para cambiar de nivel.

- b) Arte conceptual. Se utilizaran elementos que el niño reconoce y se familiarizara en la escuela. Por recomendaciones de las educadoras se sugiere que letras y números que aparezcan estén bien definidos. La paleta de colores debe ser una en la cual estén los niños(as) acostumbrados. Por sugerencia, también las formas como arboles, montañas, nubes, entre otras deben estar igualmente definidas.
- c) Sonidos. Se crearon los sonidos de los números, de los contactos, del cambio de nivel y de la presentación del numero objetivo. Así como un tema de la banda sonora del videojuego.
- d) Mecánica del videojuego. Un objeto volador que puede ser una nube, avión, mariposa, nave espacial y fantasma que lanzan objetos. Los objetos pueden ser números u obstáculos, si tocas un numero incrementas tu puntaje y si tocas un obstáculo te debilitas. Los objetos voladores, lanzan los objetos de forma diferente dependiendo del nivel de avance. Además, el numero objetivo va cambiando el cual se da a conocer por medio de audio-texto-símbolo, texto-símbolo y solo voz. Para hacer el cambio de nivel se crea una cadena de Markov que se describe al final de esta sección.
- e) Diseño de la programación. Se utilizo la metodología SCRUM para su desarrollo y programación, (Rubin, 2012).
- f) Ilustración. Este videojuego se basa en texturas y sprites (secuencias de texturas que representan una animación).

Para implementación la cadena de Markov, se asume que los parámetros del videojuego son variables estocásticas. En el videojuego existe un objeto que lanza números y el jugador debe tocar el numero objetivo que se indique. Existen diferentes parámetros que cambian el nivel de dificultad del juego. Los parámetros que se consideran son los siguientes:

- a) AD, tres presentaciones en que se da a conocer el jugador cual es el objetivo. En la primera se pronuncia el número y se presenta visualmente su símbolo, en la segunda se presenta el símbolo y en la tercera solo se pronuncia el numero.

- b) SP, cinco niveles de velocidad en la que los números caen.
- c) TZ, cuatro tamaños de zona de toque valida.
- d) SC, cuatro niveles de puntaje consecutivo. Por ejemplo, que acierte correctamente al objetivo de forma consecutiva 2,3,4 o 5 veces.
- e) NGM, cinco modos de generación de números. En el primero solo se lanza un numero, en el segundo se lanzan triadas de números consecutivos, en el tercero se lanzan triadas no consecutivas, en el cuarto se lanzan los diez números consecutivos y en el ultimo se lanzan los diez números en forma aleatoria.

Considerando todas las combinaciones posibles existen 1200 posibles configuraciones, muchas de estas con variaciones muy sutiles. Para agruparlas realizamos un sistema de puntaje donde por ejemplo, para el parámetro AD se asigna 1, 2 y 3 puntos para cada forma en que se da a conocer el objetivo. Este mismo procedimiento se aplica a los otros parámetros. Si realizamos todas las combinaciones de puntajes se obtiene la Tabla 1.

Nivel de puntaje	Numero de combinaciones	Nivel de puntaje	Numero de combinaciones
5	1	14	162
6	5	15	135
7	15	16	99
8	34	17	63
9	63	18	34
10	99	19	15
11	135	20	5
12	162	21	1
13	172		

Tabla 1 Nivel de puntaje y su numero de combinaciones. En la primera columna se indica el nivel de puntaje y en la segunda la cantidad de combinaciones que tienen ese puntaje

Con estos niveles de puntaje, originados de los parámetros, se agruparon los puntajes de la siguiente forma {5,6}, {7,8,9}, {10,11,12}, {13}, {14,15,16}, {17,18,19} y {20,21} para definir los estados X_i ($i=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$) de la cadena de Markov que corresponden a los niveles de dificultad muy fácil, fácil, intermedio, medio, avanzado 1, avanzado 2 y experto, respectivamente.

Para definir, el cambio de estado se va analizando la interacción del jugador con el videojuego, en particular si durante un nivel el jugador comete pocos errores durante varias partidas de cada nivel este avanza al nivel siguiente. En caso, de que cometa muchos errores el jugador retrocede al nivel anterior. En la Figura 3, se presenta la cadena de Markov creada para establecer el cambio de nivel. Los valores V_i y U_i son las probabilidades que permiten cambiar de estado, siendo X_0 (nivel muy fácil) el estado inicial y X_6 (nivel experto).

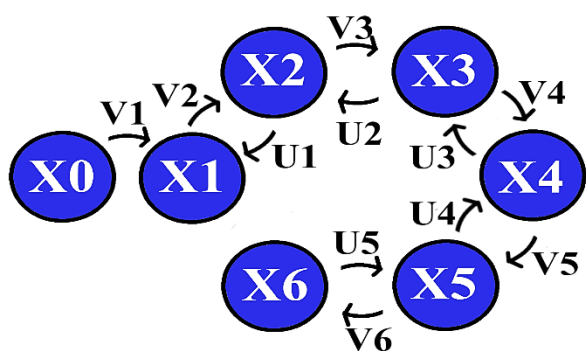


Figura 3 Cadena de Markov para el cambio de nivel de dificultad del videojuego

Resultados

Se creó un videojuego para apoyar el aprendizaje de los números en los niños de preescolar. En esta sección primero se describirán cada una de las partes del videojuego y se discutirán las decisiones tomadas para su implementación. En la segunda parte presentarán los resultados de la evaluación de la aplicación en niños de preescolar. En lo que respecta a la implementación del videojuego primero se presentarán recursos (assets) utilizados. En la Figura 4, se muestran los objetos voladores. Los objetos que se indican se obtuvieron realizando la pregunta a los niños de los objetos que hay en el cielo y de objetos que vuelan, se eligieron los más comunes y también los menos comunes. Algunos de los objetos que no se consideran fueron el pájaro, el dragón y los superhéroes.



Figura 4 Objetos voladores que aparecen en el juego, nube, avión, mariposa, nave espacial y fantasma

Los números mostrados en la Figura 5, estos se asignaron tomando como referencia los colores con los que se representan las notas musicales en el xilófono, que es un instrumento lúdico presente en las aulas y en las guías de preescolar. Además, por sugerencia de educadoras de preescolar los números deben estar bien definidos.



Figura 5 Números lanzados por los objetos voladores

Las imágenes de fondo del video juego son diferentes paisajes, estos se muestran en la Figura 6. Estas imágenes representan la importancia del diseño gráfico: la primera imagen fue realizada por un profesional, en cambio el resto fue realizada por amateurs.

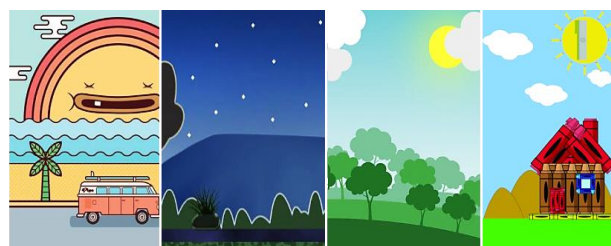


Figura 6 Imágenes de fondo del videojuego

En tanto que los recursos para mostrar el número objetivo se muestran en la Figura 7, como se puede observar los colores corresponden a los empleados para los números lanzados por los objetos.



Figura 7 Recursos para mostrar visualmente el objetivo

Los recursos visuales en algunos casos tienen animaciones en forma de sprites (secuencias de imágenes), tales como los objetos voladores y los objetivos.

Los recursos auditivos consisten de: temas musicales, sonidos de los números, sonidos de toque correcto, sonido de toque incorrecto y de cambio de nivel. Ejemplos de generación de números y de presentar el número objetivo se muestran en las Figuras 8 y 9, respectivamente. Estas imágenes son tomadas de una partida del videojuego, en particular se observan dos objetos voladores (el avión y la nave espacial), dos imágenes de fondo y como se presenta el objetivo de manera visual. Para cambiar la dificultad recordemos que se utiliza una cadena de Markov como se describe en la Sección 5.



Figura 8 Generación de números, de izquierda a derecha: solo caen el mismo número, caen en triadas consecutivas y caen todos los números en forma aleatoria



Figura 9 Se muestra como se indica el número objetivo, si es el caso se reproduce el audio del número o no

Para evaluar si los videojuegos sirven para el apoyo en el aprendizaje se utilizó un grupo de preescolar de segundo grado con 24 niños, en este nivel los niños reconocen los números. Primero aplicamos una prueba de forma individual donde se les preguntaron los números en forma aleatoria, de aquí solo 5 niños lograron identificar los números. Luego, se les facilitaron dispositivos con el videojuego durante 15 minutos, después se les aplicó la misma prueba y ahora se obtuvo que 14 niños lograron identificar los números correctamente. Esto corresponde con que 13 niños lograron alcanzar el nivel intermedio y 6 lograron alcanzar el nivel avanzado 1.

También, se les preguntó si habían utilizado un celular, tableta o computadora donde resultó que todos habían utilizado estos dispositivos. Además, se les preguntó que si les gustó el juego, de donde se obtuvo 19 respuestas positivas. Estuvimos como observadores los autores del artículo y tres educadoras, de donde detectamos que cuando de les explico la dinámica los niños se emocionaron. La mayoría se reía e intercambiaban con sus compañeros el nivel en el que estaban, en cambio solo unos pocos no entendían la mecánica del videojuego. También se notó cierto nivel de descontrol, principalmente por el tema musical y al audio de los números.

En un entorno menos planeado, el videojuego se les dio sin ninguna explicación a niños de entre 3 y 4 años, así como niños de primer grado de primaria. Los niños pequeños solo daban toques a la pantalla si realmente reconocían el objetivo y en 3 o 4 minutos se aburrían, sin embargo algunos repetían con sí voz los números. Para los niños de primero de primaria, ellos rápidamente identificaron la mecánica del juego y se emocionaban al identificar los números y avanzar a los niveles siguientes. Además, la mayoría preguntó porque no agregamos sumas y restas.

Conclusiones

En este trabajo se presentó el desarrollo de un videojuego para apoyar el aprendizaje de los números para niños(as) de preescolar en donde el cambio de dificultad se realiza utilizando una cadena de Markov. En este trabajo, el uso de las cadenas de Markov para nuestro caso de estudio ha mostrado que se puede utilizar como supervisor para evaluar el grado de aprendizaje en los niños, ya que existe una estrecha relación entre el nivel indicado por la cadena de Markov y la prueba realizada.

Por otro lado, para evaluar el aprendizaje se deben de contar con más actividades y aplicar una evaluación continua. En este punto uno de las sugerencias que se hace en preescolar es que los educadores no evalúen, sino que supervisen el aprendizaje ya que las actividades están enfocadas al descubrimiento, exploración y acercamiento tanto de conocimientos como a la aula de clases.

Sin embargo, es importante estar asesorados con personal de enseñanza capacitados y con la disposición a incorporar nuevas herramientas en su labor de enseñanza. En este punto, lo más importante es trabajar con el personal que está día a día en el salón de clases. Otro aspecto a considerar, en este mismo sentido, es la aceptación de los padres al uso de videojuegos por sus hijos(as) para apoyar el aprendizaje. Los videojuegos en la interacción y mecánica de juego incorporan elementos de aprendizaje visual y auditivo, así como elementos espaciales, análisis, pensamiento lógico y desarrollo de la intuición. En México, como infraestructura considera equipamiento informático con conectividad, red interna y equipo de cómputo. Sin embargo, es necesario desarrollar contenidos adecuados para este nivel escolar. Si bien, algunos esfuerzos como Curiosamente o DragonBox se enfocaron a este nivel escolar principalmente fue por los creadores acercar estas herramientas a las escuelas, que las escuelas busquen estas herramientas. Curiosamente actualmente se enfoca a realizar videos para la plataforma YouTube y DragonBox es utilizada como herramienta en algunos países como Estados Unidos, Noruega, Francia, Alemania, Uruguay y España. Como lo mencionan los creadores de DragonBox este tipo de videojuegos aportan en el niño compromiso, exploración, reflexión y aplicación de conocimientos.

En general en el estado del arte sobre herramientas para aprendizaje se enfocan principalmente al estudio de números o idiomas. El primero es porque los números cuentan con una estructura que se puede trasladar con cierta facilidad a programas, y el inglés por la necesidad de comunicarse. Otros contenidos como historia, español, formación cívica y ética, deportes, tienen un grado de dificultad mayor para trasladarlas a un videojuego. Sin embargo, estas temáticas son un área para explorar.

Referencias

- Acuña Gamboa & Pons Bonals (2016). Rev. Int. Investig. Cienc. Soc.
- Gabe Zichermann & Christopher Cunningham, (2011). Gamification by Design Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps, O'Reilly.
- <https://dragonbox.com>
- <https://unity.com/es>
- <https://www.blender.org>
- <https://www.curiosamente.com>
- <https://www.khronos.org/opengles/>
- <https://www.unrealengine.com/en-US/>
- INEE (2017). México en PISA 2015. México: INEE.
- J. Tuomas Harviainen, Mikko Meriläinen & Ommi Tossavainen (2015). The Game Educator's Handbook Revised International Edition
- Kenneth Rubin, (2012). Essential Scrum: A Practical Guide to the Most Popular Agile Process.
- Mario Zechner, (2011). Beginning Android Games, Apres.
- Nicolas Privault, (2013). Understanding Markov Chains: Examples and Applications (Springer Undergraduate Mathematics Series), Springer.
- SEP (2017). Aprendizajes Clave Para La Educación Integral. Ciudad de México.
- Shai Shalev-Shwartz & Shai Ben-David, (2014). Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms, Cambridge University Press.
- Tracy Fullerton, (2014). GAME DESIGN WORKSHOP A Playcentric Approach to Creating Innovative Games, CRC Press.
- Xavier Bringué Sala, Charo Sádaba Chalezquer & Jorge Tolsá Caballero (2011). Foro Generaciones Interactivas, Fundación Telefonica.