

UNIVERSIDAD MAYOR
FACULTAD DE HUMANIDADES
DIRECCIÓN POSTGRADOS
EN EDUCACIÓN

Efecto de un modelo neurodidáctico de gamificación en el aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo de la flauta dulce en estudiantes de tercero básico de un colegio municipal de Las Condes

TESIS PARA OPTAR AL GRADO
ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN
NEUROCIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

Elías Alejandro Espinoza Mora

Francisco José Serrano Aspée

Profesor Guía Mg. Orestes Omar García Figueredo

2018

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al cuerpo de profesores de este Magister en Neurociencias de la Educación, a los maestros que nos acompañaron en todo este proceso y en especial a nuestro profesor guía Omar García que siempre estuvo apoyándonos y ayudándonos con su experiencia para el desarrollo de esta investigación.

También queremos agradecer al establecimiento educacional que nos permitió desarrollar esta tesis, y en especial a nuestra querida amiga y colega Mariela Morales que nos ayudó al desarrollo de la misma.

Además, nada de esta tesis habría sido posible sin el apoyo de los creadores y representantes del software educativo *flutemaster*. Gracias Joao por permitirnos usar el software que desarrollaste junto al equipo de *insignio labs*. Siempre les estaremos agradecidos infinitamente por su disposición y colaboración en esta investigación.

Por último agradecer a nuestras familias y a las personas (amigos, colegas, compañeros, etc.) que siempre estuvieron diciéndonos que podíamos lograr nuestro objetivo de consagrarnos como especialistas en Neurociencias Educativas a pesar de los obstáculos y de lo complejo que podía ser el camino.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Formulación del Problema.....	8
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	13
1.4. Preguntas de investigación.....	16
1.5. Objetivo general.....	17
1.6. Objetivo específicos.....	17
1.7. Hipótesis.....	17
2.1. Neurociencias.....	19
2.1.1. La neurona.....	21
2.1.2. La Sinapsis.....	21
2.1.3. Neurotransmisores.....	21
2.1.4. El Sistema nervioso.....	22
2.1.5. El encéfalo.....	22
2.1.6. El cerebro.....	22
2.1.6.1. Tálamo.....	23
2.1.6.2. Áreas sensoriales primarias.....	23
2.1.6.3. Áreas sensoriales secundarias o asociativas.....	23
2.1.6.4. Áreas sensoriales terciarias o asociativas.....	24
2.1.6.5. Corteza motora.....	24
2.1.6.6. Corteza prefrontal.....	25
2.1.6.7. Hipocampo.....	26
2.1.6.8. Núcleo Accumbens.....	27
2.1.6.9. Amígdala.....	28
2.1.7. Estímulo.....	28
2.1.7.1 Estímulo y sistema nervioso.....	28
2.1.8. Potenciación a largo plazo.....	29
2.1.9. Neuroplasticidad.....	30

2.1.10. Memoria	30
2.1.10.1. Memoria sensorial.....	32
2.1.10.2. Memoria a corto plazo	32
2.1.10.3. Memoria de trabajo	33
2.1.10.4. Memoria a largo plazo	33
2.1.11. Aprendizaje	34
2.1.11.1. Aprendizaje significativo	34
2.1.11.2. Aprendizaje motor.....	35
2.1.12. Motivación	37
2.1.13. Neuropsicología	39
2.2. Gamificación.....	39
2.2.1. Software didáctico Flutemaster	40
2.3. Neurodidáctica.....	41
2.3.1. Modelo neurodidáctico	43
2.3.2. Modelo neurodidáctico de gamificación	44
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	46
3.1. Diseño de la Investigación	46
3.1.2. Funcionamiento teórico/práctico del modelo neurodidáctico de gamificación en el aprendizaje de las notas en la flauta dulce (descripción de la variable independiente aplicada al grupo experimental)	52
3.2. Hipótesis aplicadas a los resultados	63
3.3. Universo, población de referencia y muestra	63
3.4. Instrumentos Y Técnicas De Análisis.....	63
CAPÍTULO IV: RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	70
4.1. Corroboración de los datos estadísticos	70
4.2. Resultados	75
4.3. Análisis.....	80
4.4. Discusión.....	84
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	89
5.1. Generales.....	89
5.2. Desde los objetivos	91
5.3. Desde lo teórico	93

5.4. Limitaciones 94
5.5. Proyecciones..... 95
BIBLIOGRAFÍA..... 96
ANEXOS..... 103

SOLO USO ACADÉMICO

RESUMEN

En este estudio se plantea la elaboración y la experimentación de un modelo neurodidáctico de gamificación en el aprendizaje de cinco notas en la flauta dulce como medio para facilitar la conexión entre las neurociencias y la educación. Considerando una muestra aproximada de 70 estudiantes, niños y niñas de entre ocho y nueve años, los investigadores establecieron dos grupos didácticos, uno control y uno experimental, con el objetivo de determinar qué modelo educativo podía tener un mayor efecto en el aprendizaje del contenido musical. El diseño cuasi experimental contó con mediciones antes y después de la intervención. El análisis de los datos fue realizado con el software SPSS Versión 24. Los resultados señalan que no existen diferencias significativas entre el modelo didáctico tradicional y el modelo neurodidáctico de gamificación en el aprendizaje de la flauta dulce. Se concluye que el cerebro es capaz de adaptarse a los diferentes entornos de aprendizaje por su alta capacidad de plasticidad.

Palabras clave: enseñanza, alumno, educación básica

Abstract

This research considers the elaboration and experimentation of a neurodidactic model of gamification in the learning of five notes on the recorder as a means to facilitate the connection between the neurosciences and education. Considering an approximate sample of 70 students, boys and girls between eight and nine years old, the researchers established two didactic groups, one control and one experimental, with the objective of determining which educational model could have a greater effect on the learning of musical content. The quasi-experimental design included measurements before and after the intervention. The analysis of the data was done with the software SPSS Version 24. The results indicate that there are no significant differences between the traditional didactic model and the neurodidactic model of gamification in the learning of the recorder. It is concluded that the brain is able to adapt to different learning environments due to its high capacity for plasticity.

Keywords: teaching, student, primary school

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se han realizado múltiples intentos por integrar los conocimientos de las neurociencias al ámbito educativo, esencialmente el aspecto didáctico, sin embargo este aún no siempre ha resultado de la forma esperada. La construcción de este puente neurocientífico-educativo se ha dificultado por la presencia y expansión de neuromitos; estilos de aprendizaje, inteligencias múltiples, ambientes enriquecidos, entre otros (Barraza, 2016), el avance rápido de la ciencia y en su aplicación tardía con teorías ya obsoletas, el desconocimiento del funcionamiento del sistema nervioso por parte de los docentes, y la falta de autocrítica y reflexión pedagógica respecto a los hallazgos educativos o el uso de recursos didácticos o material concreto que potencien el aprendizaje de los estudiantes. Una de las maneras de enlazar este puente entre neurociencias y educación es mediante la investigación aplicada de los conocimientos del sistema nervioso en conjunto con los pedagógicos. Llevando esta idea a una situación más concreta, se puede construir este enlace mediante modelos neurodidácticos que favorezcan la aplicación de las neurociencias en el aula. Esto llevó a los investigadores a desarrollar un prototipo de aprendizaje basado en la gamificación y en el uso de recursos pedagógicos para guiar el proceso y la adquisición del contenido, complementando de esta manera la vivencia que otorga el uso de un software educativo lúdico asociado al mundo de la gamificación.

Para conocer y describir si la aplicación de este modelo neurodidáctico de gamificación en el aprendizaje de un contenido (en este caso las notas sol, la, si, do agudo y re agudo en la flauta dulce soprano) pudo tener un mayor efecto que el de una clase tradicional, los investigadores optaron por desarrollar una investigación cuantitativa de tipo cuasi experimental con una duración de ocho sesiones de clases. Para llevar a cabo este experimento se consideró dos grupos que compartieran las mismas características; niños y niñas de tercero básico, de un mismo colegio. Estos tuvieron una medición pre test para cotejar en los niños de cada curso el nivel de conocimiento de la flauta dulce. Posteriormente, finalizada la intervención se les midió a los dos grupos su nivel de conocimientos en las notas de la flauta dulce a través de un post test.

Para realizar la aplicación de esta investigación se trabajó con niños de tercero básico tal como se mencionó anteriormente, es decir, la edad de estos estudiantes varía entre ocho y nueve años, hubo presencia de hombres y mujeres ya que el colegio es mixto. La intervención experimental se realizó durante 90 minutos a la semana que correspondió al horario asignado al ramo de artes musicales. La muestra de estudio estuvo compuesta por aproximadamente 70 niños, los cuales se dividieron en dos cursos de 35 niños.

El instrumento para la recogida de datos fue un test creado por los investigadores ya que no existe una prueba estandarizada aplicada al instrumento de flauta dulce a las necesidades científicas de este estudio. Por lo demás este test fue sometido a revisión de expertos (profesores de música, expertos evaluación y currículum) con el objetivo de que fuera validado para su uso en esta tesis.

El plan de análisis consistió en evaluar los conocimientos y capacidades de los niños antes de la intervención (aunque no conozcan nada del instrumento), realizar la misma en ambos grupos, evaluar con el instrumento después del experimento y comparar si estos datos son estadísticamente significativos en términos de aprendizaje. Los investigadores supusieron que su modelo iba a obtener mejores resultados en el aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo, que el grupo control ya que contemplaba componentes neurodidácticos (motivación, estimulación de la curiosidad, desafíos, retroalimentación de la información, variedad de repertorio, etc.), que no tiene el modelo tradicional. Por otro lado, es importante mencionar que el modelo del software buscó generar cercanía con los estudiantes del grupo experimental ya que estos niños por motivos etarios son denominados popularmente como “nativos digitales” al tener un acercamiento constante al uso de las tecnologías de la información (Prensky, 2009).

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes.

Hace aproximadamente tres décadas, comenzó a surgir de manera potente en el mundo, la idea de diseñar propuestas neuro-pedagógicas para mejorar los resultados educativos (Campos, 2014). Si bien este planteamiento prometía bastante con respecto a los beneficios que podía tener para el amplio espectro del mundo educacional, al mismo tiempo carecía de un rigor científico neuro-didáctico que lo respaldase y le permitiese comprender, comprobar, contrastar y cuestionar los resultados obtenidos a través este diálogo transdisciplinario. Es por ello, que con el paso del tiempo, esta idea se ha ido validando desde diferentes concepciones, enlaces y enfoques, con el fin de generar una conexión neuro-educativa que aporte de manera práctica y rigurosa a las diversas ramas de la educación (currículum, didáctica, evaluación de los aprendizajes) y a la amplia gama de agentes involucrados en el ámbito escolar (Sol Benarós y otros autores, 2010).

Sin embargo, es importante señalar que desde sus inicios hasta la actualidad, la tarea de integrar las neurociencias y la educación, ha sido una labor compleja, principalmente, debido a que hasta el momento no se ha desarrollado un consenso unificado en relación a cómo debe establecerse este enlace. Hasta ahora, una de las posibles sugerencias de cómo deben integrarse las neurociencias a la educación, es la propuesta realizada por Bruer en 1997 (Campos, 2014). En esta vinculación neuro-educativa, dicho autor expresa que las neurociencias educativas deben constituirse a partir del diálogo entre educación, psicología cognitiva y neurociencias, siendo en este caso la psicología cognitiva, el anclaje más potente y rápido para comprender los fenómenos que ocurren tanto en el sistema nervioso como en el educativo, desde un aspecto conductual. No obstante y tal como señala Sol Benarós y otros autores, hay muchas diferencias epistemológicas, conceptuales y metodológicas que resolver en esta conversación interdisciplinaria, lo cual hace que esta integración neuro-educativa se vea entorpecida y difícil de comprender. Un buen ejemplo de este último punto, podría ser que no existe un acuerdo en cómo se deben estudiar, aplicar e investigar las neurociencias educativas (ya sea desde el laboratorio hacia el aula o desde el aula hacia

el laboratorio); el método de investigación a utilizar (educativo o neurocientífico); el tiempo que debe durar una investigación de este corte, etc. Esta brecha podría disminuir en la medida que profesionales de diferentes disciplinas contribuyan a resolverla críticamente a través de su práctica (Sol Benarós y otros autores, 2010). Ricardo Puebla concuerda con este último punto y es más enfático al apuntar que es necesario un encuentro mutuo entre neurocientíficos y educadores; por un lado los neurocientíficos con experiencia docente deben aproximarse a la educación para transferir a los profesores hallazgos reales de la disciplina neurocientista, ayudando a eliminar las falsas creencias basadas en el funcionamiento del cerebro, mientras que por el otro, es imprescindible que los educadores se acerquen a especialistas competentes en neurociencias para transformar sus inquietudes pedagógicas en posibles preguntas de investigación científica (Puebla, 2011).

Por otra parte, las neurociencias de la educación, en sus intentos de ser una ciencia prescriptiva con respecto a qué estrategias o metodologías educacionales basadas en el cerebro son las mejores para usar en el aula, también han sido fuertemente cuestionadas. Esto porque hasta el momento no se ha evidenciado una práctica educativa real y exitosa que esté diseñada y sustentada bajo el amparo de las neurociencias educativas y que haya resuelto problemas educacionales reales y complejos (Bruer, 2016). Dicha crítica se puede ver aún más acentuada si se toma en cuenta el análisis planteado por Bishop con respecto al hecho de que las neurociencias educativas no necesariamente contribuyen al quehacer curricular, didáctico o evaluativo. Para Bishop, hay tres categorizaciones que explican estas limitantes en las neurociencias educativas: la primera limitante es, que al aplicar hallazgos de la psicología cognitiva en la educación, el acto de conocer cómo funciona el sistema nervioso es un hecho prescindible; la segunda es, que al intentar aplicar hallazgos neurocientíficos interesantes en la educación, se puede generar un debate acerca de si este conocimiento es realmente aplicable al campo educativo (o bien se puede generar la creación de un neuromito); la tercera y última limitante es, que probablemente, se pueden generar resultados neurocientíficos con un potencial de aplicación en el ámbito educativo a través de este incipiente campo, pero para que ocurra aquello, se necesita a lo menos de una

década de investigación en las neurociencias educativas para que tales conocimientos sean puestos en la práctica curricular, didáctica o evaluativa (Bruer 2016).

Con respecto a la defensa de esta integración neuro-pedagógica, hay autores que sostienen que las neurociencias educativas por ahora tienen muy pocos ejemplos de aplicación pertinentes en el ámbito educacional, principalmente, porque esta subdisciplina neurocientífica todavía se encuentra en sus primeras fases de progreso (Bruer, 2016). Gabrieli comparte esta apreciación y es categórico al afirmar que “*la neurociencia cognitiva todavía no influye en las prácticas y en las políticas educativas*” (Bruer, 2016), lo cual sugiere que hay que esperar una cierta cantidad tiempo para localizar posibles aplicaciones de las neurociencias a la educación. Desde otra perspectiva, Puebla parece mostrarse más esperanzado al postular que este encuentro entre las ciencias del sistema nervioso y la educación, tendrá más sentido, solo cuando los investigadores educacionales y los profesores se acerquen a conversar con las disciplinas neurocientíficas para resolver interrogantes relacionadas con la comprensión, el análisis, la experimentación o la valoración de los métodos didácticos, la teoría educativa, el proceso evaluativo, las políticas educacionales y/o el currículo (Puebla, 2011).

Es posible distinguir entonces, que por una parte existen individuos que creen que las neurociencias si pueden integrarse a la educación, y con ello el desarrollo de aplicaciones e investigaciones en el ámbito neuro-educativo, mientras que por la otra vereda, hay sujetos que argumentan que este puente más que ser una construcción compleja, es una conexión imposible, innecesaria sin sentido práctico para la educación y de la cual hay que tomar las precauciones necesarias (Campos, 2014). No obstante y en respuesta a estos últimos individuos, es válido afirmar que el intento por convenir un pacto entre las neurociencias, la psicología cognitiva y la educación, cada vez es más viable. Esto se puede ver reflejado en varios eventos que han ocurrido en los últimos años en diferentes partes del mundo; la apertura de centros de investigación relacionados con las neurociencias, la educación y el aprendizaje (el centro para las Neurociencias en Educación de la Universidad Cambridge, el instituto Max Planck en Alemania, el programa Brain and Learning de la OCDE, el centro para la neurociencia educativa de la

Universidad de Birbeck, etc.), la creación de posgrados educacionales centrados en neuro-educación/neuro-didáctica (Programa de Neurodidáctica de la Universidad Juan Carlos, Programa de Neurociencias aplicadas a la educación Universidad Finis Terrae, Programa de Neurociencias de la Educación de la Universidad Mayor, Programa de Doctorado en Neurociencias y Educación de la Universidad de Valencia, etc.), la inclusión de ramos de neurociencias en las carreras y posgrados de pedagogía (psicología del aprendizaje y neurociencias, educación emocional, etc.) y la realización de encuentros/congresos en el que el tópico principal son los aportes de las neurociencias a la educación. Vale destacar, que para lograr dicha conexión se han tomado como base determinados conocimientos neurocientíficos: la plasticidad cerebral, la neurobiología del aprendizaje, las etapas del neurodesarrollo, las funciones cognitivas básicas y superiores, las funciones ejecutivas, la eliminación de neuromitos, y el uso de las nuevas tecnologías o del juego como recursos didácticos interactivos para el aprendizaje, entre otros.

Sin embargo y porque se considera necesario mencionarlo, parece ser que el modo en que se está construyendo este enlace neurocientífico-educativo en el mundo, aparentemente tiene múltiples vertientes, acepciones y enfoques en torno a cómo debe ser su modelo, sus propuestas y su impacto en la educación (Sol Benarós y autores, 2010). Un claro ejemplo de esto, es el hecho de que aún no existe un acuerdo conceptual correspondiente a qué son las neurociencias educativas, la neuro-educación o la neuro-didáctica, y al menos si existiera alguno en relación a estas y otras probables definiciones, tampoco hay un modelo teórico-práctico de investigación neurocientífico-educativo que permita estudiar esta gama de sub-disciplinas (Puebla, 2011). Es pertinente sugerir entonces, que la investigación e inclusión de las neurociencias en y para la educación, es un reciente campo que está creciendo paulatinamente y que está en búsqueda del desarrollo (o de la verificación) de propuestas educativas didácticas, curriculares o evaluativas a través de métodos de investigación concernientes, dinámicos y fiables que permitan la comprobación de tales aplicaciones o concepciones educacionales.

Así es como hasta el momento, no se conoce la existencia de algún modelo neuro-didáctico, de alguna teoría neuro-educativa o de algún método evaluativo que esté sustentado bajo el amparo de las neurociencias. Solamente divagan ideas y conceptos en torno a cómo puede funcionar esta conexión, mas no hay prototipos neuro-educativos capaces de ser replicables en el aula o de ser usados como base teórica para la posible indagación en el ámbito neurocientífico y/o educativo.

La inclusión de las nuevas tecnologías en el sistema educativo, el redescubrimiento de la escritura como elemento facilitador para la formación de memorias a largo plazo, la comprensión de cómo aprende y olvida el cerebro, o el análisis de las funciones cognitivas superiores en la adquisición de nuevos conocimientos, son algunos de los tópicos de interés e investigación en las neurociencias cognitivas que pueden influir a futuro, y de manera significativa, en el replanteamiento de la formación pedagógica, la práctica docente y las políticas educacionales. Por lo tanto, se sugiere que la creación de propuestas neuro-educativas, la comparación entre determinados modelos neuro-didácticos y/o la experimentación constante y activa de cómo aprende el cerebro en el aula, pueden ser el paso para generar cambios en el sistema educativo, y con ello la inclusión práctica y crítica de las neurociencias en el aula.

Para los investigadores, estas propuestas neuro-educativas tienen que estar en directa relación con el concepto de gamificación, ya que es una técnica de aprendizaje que pretende trasladar la mecánica de los videojuegos al ámbito educativo-profesional con el objetivo de conseguir mejores resultados, tanto como para adquirir de mejor forma algunos conocimientos, mejorar alguna habilidad, o también recompensar acciones, entre otros. El modelo de juego podría funcionar si es que se consigue motivar a los estudiantes, desarrollando un mayor compromiso por parte de estos con la actividad que se está desarrollando, e incentivando el ánimo de superación. Se utiliza una serie de técnicas mecánicas y dinámicas extrapoladas de los juegos. Una de ellas es la forma de recompensar al usuario en función de los objetivos alcanzados (Gaitán, 2013).

Este tipo de aprendizaje gana terreno en las metodologías de formación debido a su carácter lúdico, que facilita la interiorización de conocimientos de una forma más divertida, generando una experiencia positiva en el usuario.

1.2. Formulación del Problema

Según la definición elaborada por Gerhard Preiss, se puede definir a la neurodidáctica como “una disciplina que intenta configurar el aprendizaje de la forma que mejor encaje en el desarrollo del cerebro” (Preiss y Friedrich, 2003). Es un nuevo campo educativo que tiene por objetivo principal, integrar los conocimientos provenientes de las neurociencias a la práctica pedagógica para así mejorar los procesos de aprendizaje-enseñanza en el aula. Según Preiss, las estrategias didácticas que pueden ser diseñadas a partir de esta propuesta tienen una base en la neurobiología del aprendizaje, el neurodesarrollo, las emociones y los procesos cognitivos (Preiss y Friedrich, 2003).

Por tanto, se puede sugerir que la principal diferencia entre una didáctica tradicional versus una sustentada en las neurociencias, radica primordialmente en la manera de concebir cómo ocurre el aprendizaje de los estudiantes. Para un profesor sin conocimientos en neurociencias, el logro de los objetivos educativos se puede cumplir si en una clase X dispone los elementos didácticos de una determinada manera, si tiene en cuenta el desarrollo psicológico de sus estudiantes y si además sabe cómo estimularlos para que el aprendizaje sea significativo desde un aspecto cognitivo. Por otra parte, para un especialista en neurociencias educativas, el logro de los objetivos en una clase Y, se puede alcanzar si conoce el efecto, disposición y procesamiento de ciertos estímulos en el sistema nervioso, si sabe qué tipo de propuestas didácticas son las más apropiadas para cierta edad por la interacción neuronal que ocurre en los períodos del neurodesarrollo, y si es que también comprende cómo funcionan los mecanismos de plasticidad y formación de memorias a largo plazo en el sistema nervioso. Es decir, mientras que el didacta tradicional observa el aprendizaje de los estudiantes desde un aspecto psicológico, el neurodidacta lo hace desde un enfoque neuro-conductual.

Sin embargo, y porque así lo han corroborado ciertos académicos de la literatura neurocientífica-educativa (Bruer, 2016), aparentemente todavía no existen propuestas didácticas basadas en las neurociencias que puedan asegurar que al estimular de una determinada forma a los estudiantes, se logren resultados de aprendizaje basados en cómo funciona el cerebro. A pesar de ello, lo que sí se puede asegurar, es el hecho de que la mayoría de intervenciones didácticas realizadas en entornos educativos y que aseguran estar basadas en el funcionamiento del sistema nervioso, han estado sustentadas bajo el amparo de los neuromitos o “falsas creencias acerca de cómo el cerebro procesa la información” (Barraza, 2016). Algunos de los neuromitos más famosos que han dado paso a intervenciones educativas son: los estilos de aprendizaje Visual, Auditivo, Kinestésico (VAK), las inteligencias múltiples de Howard Gardner, el enriquecimiento ambiental estudiado en ratas o los periodos críticos de aprendizaje. Cabe señalar que algunos de estos neuromitos cuando han sido testeados, controlados e investigados en profundidad, no han demostrado efectividad en el logro o mejora sustancial de los aprendizajes (Barraza, 2016).

No obstante, aunque el panorama neuro-didáctico parezca algo desalentador y complicado por la falta de argumentos para llevar a la práctica los conocimientos del cerebro al aula, también es importante reconocer que la neurodidáctica es un campo naciente que recién está comenzando a ofrecer posibles respuestas acerca de cómo se puede ayudar al cerebro de los estudiantes para que estos aprendan de la manera más óptima en el contexto del aprendizaje escolar. Por lo mismo, existe una falta de sustento teórico-práctico que pueda asegurar qué tipos de modelos de estimulación neurodidácticos son los más aptos para lograr efectos concretos en el ámbito educacional (formación de memorias a largo plazo, propuestas para aprovechar eficientemente la memoria de trabajo, mecanismos para favorecer la motivación, etc.).

Frente a aquello y al no existir propuestas neuro-didácticas que puedan ser testeadas o replicadas conforme a los resultados obtenidos, cabe la necesidad de generar modelos o circuitos neuro-didácticos que favorezcan la investigación práctica de las neurociencias en el entorno educativo con la intención científica de que estos mismos

prototipos puedan ser analizados, cuestionados, refutados o mejorados por otros investigadores del mismo ámbito.

Sin embargo, y como la cantidad de posibilidades para diseñar estrategias de enseñanza son infinitas (en este caso los modelos neuro-didácticos), es pertinente señalar, que una investigación neuro-didáctica debe tener muy claro los objetivos con los que se ha desarrollado un cierto modelo educativo. Esto, principalmente porque el procesamiento de la información en el sistema nervioso cambia cuando se alternan los estímulos al ser percibidos o analizados en un nivel cerebral básico o superior; una información X al ser procesada en nivel cognitivo Y, no tendrá el mismo resultado cuando esa misma información X sea procesada en un nivel cognitivo T. En el primer caso se podría generar un resultado Z, mientras que en el segundo, se podría originar un resultado S o bien un producto que se asemeje en un pequeño porcentaje a Z.

Hay experimentos en psicología que validan esta teoría del procesamiento de la información. Un ejemplo de ello, es el estudio realizado John Bransford y Marcia Johnson en 1972 (Tomado de Gluck y otros autores, 2009). En aquel experimento, los investigadores le leyeron a grupo de personas un párrafo carente de sentido y sin muchas conexiones mnemónicas que le permitieran recordar fácilmente la información al escucharlo. Por lo mismo, no fue algo misterioso, el hecho que la mayoría de la gente recordara muy poca información; aproximadamente sólo el 20% de las ideas presentadas en el texto. No obstante, a un segundo grupo de individuos a los que se les leyó el mismo párrafo, previo a que escucharan este texto, se les mostró un dibujo que retrataba las mismas ideas del relato. Se demostró de esa manera, que los individuos que observaron primero el bosquejo y luego escucharon la información, fueron capaces de recordar dos veces más la información del relato en comparación al otro grupo. Por lo mismo es un hecho a considerar, que la disposición de los elementos en el proceso de codificación tiene efectos significativos en la memoria y en el aprendizaje; los sujetos que primero escucharon el relato y luego vieron la animación, no rememoraron de mejor manera la información que aquellas personas que nunca vieron el dibujo. Solamente los individuos que conocían anteriormente la ilustración recordaron bien el texto percibido. Esto al

parecer explica, que la información no puede ser procesada de cualquier modo en el sistema nervioso, ya que una organización no óptima de los estímulos en el proceso de codificación, generaría ciertos efectos en el proceso de almacenamiento y recuperación de los datos en la memoria (Gluck y otros autores, 2009). Aplicando este mismo conocimiento al ámbito neuro-didáctico, se puede afirmar que al existir una gran cantidad de posibilidades pedagógicas para estimular el cerebro de un individuo (conocimientos didácticos, métodos, tecnología, infraestructura, etc.), la disposición en la que se organicen estos estímulos en algún modelo neurodidáctico del procesamiento de la información – predispuestos desde una concepción o ideología educativa – tendrá un cierto grado de impacto en la percepción, codificación, almacenamiento y recuperación de los contenidos por parte del sistema nervioso.

El uso de preguntas para estimular la curiosidad, la repetición de contenidos para fortalecer las conexiones sinápticas o el empleo de la escritura para favorecer la formación de memorias a largo plazo, son algunos de los posibles elementos pedagógicos que pueden ser utilizados para diseñar e investigar modelos neuro-didácticos (Puebla, 2011). La disposición, complemento o sustracción de alguno de los mismos (o de otros probables factores) en algún circuito del procesamiento de la información, puede ser lo que genere diferencias entre una didáctica y otra. Específicamente con respecto al aprendizaje de un contenido.

Hasta el momento, en las neurociencias de la educación, todavía no se ha demostrado, al menos desde un aspecto neuro-conductual, alguna investigación que haya utilizado a las neurociencias como base para desarrollar una metodología de aprendizaje en el aula. Si existe alguna, los autores señalan que deben ser muy pocas, esto porque el puente entre neurociencias y educación recién se está empezando a construir.

Por otra parte, se sostiene que para realizar una investigación en el marco neuro-didáctico, se debe poseer un marco teórico-práctico bastante sólido en neurociencias, psicología y educación para argumentar el porqué de una intervención educativa, esto, para evitar caer en falsas creencias acerca del funcionamiento del cerebro, y a la vez,

para fundamentar las razones que justifican la intervención didáctica a investigar. Es por ello, que los investigadores al conocer y analizar los efectos de la curiosidad, la meta memoria, la escritura, la repetición de estímulos y el proceso de clasificación en el cerebro, han optado por diseñar un modelo neuro-didáctico para el procesamiento de la información en relación a un contenido específico de una clase de música (notas musicales: la si, do agudo y re agudo de la flauta dulce soprano) con el fin de experimentar el diseño educativo que han elaborado. Esto lo hacen considerando el impacto que pueden tener estos componentes en el aprendizaje de cualquier disciplina. Por esta misma razón, los autores sostienen que su diseño es necesario llevarlo a testeo para comprobar si el prototipo es factible de ser utilizado en otras asignaturas.

Por lo tanto, se puede evidenciar que frente a la necesidad de llevar de manera teórica-práctica las neurociencias al aula, es fundamental resolver de qué manera se puede hacer. Una de las posibles propuestas, son los modelos neuro-didácticos para el procesamiento de la información, y aunque estos puedan variar según la organización, adición o sustracción de ciertos estímulos, se pueden considerar para desarrollar una investigación neuro-didáctica. No obstante, como no se conocen hasta la fecha modelos de este tipo en las neurociencias educativas, sería pertinente partir por describir y comparar el efecto de alguno de estos prototipos en el aprendizaje de algún contenido y asignatura en particular.

Es de este modo, que el principal problema de investigación que evidencian los autores en la presente tesis, es la propuesta de una nueva didáctica centrada en cómo funciona y procesa la información el sistema nervioso con respecto a un contenido en particular en una clase específica (en este caso notas de flauta dulce, clase de música), ya que aunque se sabe que el cerebro es capaz de adaptarse a diferentes contextos y entornos por su capacidad de supervivencia y plasticidad (Mora, 2016), los investigadores señalan que la escuela no ofrece las mejores condiciones para que este órgano aprenda, de la manera más óptima y eficiente, los contenidos estipulados en el currículum. Se hace indispensable entonces para las neurociencias de la educación, y especialmente para la neurodidáctica, la experimentación de un prototipo educativo con base neurocientífica en

una clase X que pueda ser llevado a la práctica, analizado, refutado y mejorado por otros expertos, con la pretensión de que este u otros modelos didácticos puedan ayudar a sustentar y conectar cada vez más el puente entre sistema nervioso y educación.

Los investigadores están conscientes que si bien no pueden resolver todos los elementos asociados a cómo aprende el cerebro a través de un modelo del procesamiento de la información elaborado por ellos en esta tesis de neurodidáctica, sostienen que es necesario experimentar con un prototipo práctico en el aula para ir generando respuestas en torno a esta nueva disciplina educativa.

1.3. Justificación e importancia de la investigación.

Dentro de las razones más significativas para justificar el desarrollo de esta investigación, se pueden mencionar las siguientes: aportar al puente que se está construyendo entre neurociencias y educación, elaborar un modelo de investigación neuro-didáctico que pueda ser práctico y crítico para su aplicación en el aula, evitar la creación de un neuromito.

Aportar al puente que se está construyendo entre neurociencias y educación: Al realizarse esta investigación, se está colaborando de manera práctica y teórica al enlace denominado neuro-educación. Hasta la fecha la cantidad de investigaciones, publicaciones o intervenciones educativas basadas en conocimientos neurocientíficos es casi nula y eso se puede verificar con el simple hecho de que los programas de especialización en neurociencias educativas o los centros de investigación que se dedican a estudiar el sistema nervioso desde el contexto escolar, han empezado a desarrollarse hace muy poco tiempo. Por ende, la literatura y las experiencias prácticas observadas desde el paradigma neurocientífico-educativo, es de un porcentaje bastante bajo. Se hace necesario por tanto una investigación como esta, y otras que están surgiendo, ya que en cierto modo esto puede ayudar al acercamiento entre neurociencias y educación, aunque sea desde un aspecto didáctico y neuro-conductual.

Elaborar un modelo de investigación neuro-didáctico que pueda ser práctico y crítico para su aplicación en el aula: Los autores sostienen que al proponer un modelo

didáctico basado en los aportes de las neurociencias, este debe ser observado desde una concepción neuropsicológica del aprendizaje, es decir, desde un enfoque que analice cómo ocurre el procesamiento de los estímulos por parte del sistema nervioso. Por lo tanto, para comprender la aplicación de este modelo neuro-didáctico en el aula, se tiene que tener en cuenta algunos conceptos relevantes que son parte del lenguaje neurocientífico; algunos de estos códigos lingüísticos son por ejemplo: atención, percepción, memoria sensorial, memoria de trabajo, memoria a largo plazo, estructuras neuro-anatómicas (involucradas en los procesos cognitivos), entre otros; el diseño de este prototipo, implica una comprensión, análisis y toma de decisiones respecto a porqué se seleccionaron y organizaron de una determinada forma las experiencias didácticas y los sistemas neurocognitivos involucrados en el procesamiento de la información al momento de que los estudiantes aprendieran el contenido de notas de flauta dulce en la clase de música. De esta manera, la creación de este modelo neurocientífico-educativo permite por un lado desarrollar una comprensión práctica de cómo ocurre el aprendizaje en los estudiantes cuando se disponen a aprender un contenido específico, mientras que por otro, también facilita la propuesta de nuevos prototipos neuro-didácticos o la mejora de este mismo por parte de diferentes profesores/investigadores interesados en lograr que el circuito de aprendizaje sea más eficiente a partir de las posibles cambios que ellos consideren necesario hacer con respecto a la disposición de los elementos en el modelo original.

Evitar la creación de un neuromito: Según Paulo Barraza, la idea de que la educación y las neurociencias dialoguen con el fin de que mejoren las prácticas educativas, parece un hecho bastante interesante y promisorio (Barraza 2016). A pesar de ello, la construcción de este puente neuro-educativo, se ha dificultado y perjudicado por falsas creencias de los profesores respecto al funcionamiento del cerebro. Estas atribuciones erróneas en torno al sistema nervioso se denominan neuromitos. Según la OCDE, un neuromito se puede definir como “una concepción errónea generada por un malentendido, una mala interpretación o una cita equivocada de datos científicamente establecidos para justificar el uso de la investigación cerebral en la educación y otros contextos” (Tomado de Fernández, 2017). Según las diferentes investigaciones que se

han realizado respecto a esta problemática neuro-educativa, los resultados arrojan que un gran porcentaje de los profesores cree en algún neuromito, o bien asegura que alguna de estas incorrectas creencias neurológicas puede tener un efecto significativo en el aprendizaje de los estudiantes. Es por este motivo, que otra razón que justifica el desarrollo de esta investigación, es para impedir la creación de algún neuromito educativo en relación a la problemática expuesta en la presente tesis. Si bien los investigadores sugieren que su modelo neuro-didáctico para el procesamiento de la información puede tener efectos importantes en el aprendizaje de un contenido en particular (ya que está fundamentado desde una perspectiva ontogénica y neuropsicológica), ellos nunca han especulado que el procesamiento de la información para el aprendizaje del mismo u otro contenido, no pueda lograrse con respecto a otro tipo de estimulación cognitiva, solamente han explicitado que este modelo puede tener implicaciones didácticas interesantes más favorables que otros debido a que está fundamentado desde una mirada neurocognitiva. Por lo mismo, ellos sostienen que al experimentar con su modelo en términos del procesamiento de la información y el aprendizaje del contenido en cuestión (notas de flauta dulce), puede ser una manera práctica de evitar la formación de un neuromito y de disminuir la brecha entre las neurociencias y la educación.

Con respecto a la relevancia e impacto que puede tener esta investigación se considera que la problemática y los resultados del experimento pueden ser de gran importancia a las siguientes personas: profesores, didactas e investigadores de las neurociencias en educación.

En primer lugar se considera que esta investigación puede ser relevante para los profesores debido a que esta propuesta educativa se puede utilizar en el contexto escolar para el aprendizaje de los contenidos proporcionados por el currículum nacional. Si bien el modelo para el procesamiento de la información expuesto en esta tesis está pensado para un contenido de música, este mismo prototipo puede ser utilizado para el aprendizaje de otro contenido. Esta tesis puede permitirles a los profesores utilizar las neurociencias de una manera didáctica y crítica teniendo en cuenta los mecanismos

neurobiológicos que se suscitan en el sistema nervioso cuando se estimula la activación de los circuitos neurodidácticos propuestos en esta investigación.

En segundo lugar, se estima que a los estudiosos de la didáctica también les podría llamar la atención, la investigación en cuestión. Esto principalmente porque al ser personajes involucrados en el proceso de aprendizaje-enseñanza, siempre están buscando nuevas maneras y posibilidades para generar espacios de aprendizaje estimulantes y acordes a las necesidades del estudiantado. La presente investigación les puede facilitar argumentos para defender una postura didáctica centrada en las neurociencias.

Por último y en tercer lugar, se piensa que a los estudiosos de las neurociencias y la educación también les podría llamar profundamente la atención el conocer acerca de este tema principalmente ya que cómo se están construyendo puentes entre las neurociencias y la educación, esta investigación puede servir como un marco teórico y un argumento para fundamentar el por qué las neurociencias y la educación deben integrarse para generar un nuevo paradigma educativo centrado en el cerebro. Dichos sujetos podrían basarse en esta investigación para crear nuevos prototipos neurodidácticos, mejorar el modelo propuesto o bien ponerlo a prueba frente a otros modelos neurodidácticos.

1.4. Preguntas de investigación.

¿Puede un modelo neurodidáctico para el procesamiento de la información llegar a ser capaz de generar efectos en el aprendizaje de la flauta dulce más que una clase de música con características comunes y tradicionales?

¿Puede el planteamiento de un especialista en neuro-didáctica ser capaz de generar efectos significativos en el aprendizaje de un contenido en comparación a un profesor que tiene una comprensión más conductual de la didáctica y la educación?

¿Puede este modelo neuro-didáctico aportar de manera práctica y teórica al puente que se está construyendo entre las neurociencias y la educación?

1.5. Objetivo general

Determinar si el efecto de un modelo neurodidáctico de gamificación en el aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo de la flauta dulce soprano en niños de tercero básico es mejor que el de un modelo tradicional, considerando un grupo experimental y grupo control con mediciones antes y después de la intervención.

1.6. Objetivo específicos

- Evaluar la metodología a utilizar en cada uno de los grupos que va a participar de la investigación, considerando las características propias de cada modelo didáctico para el aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo de la flauta dulce soprano.
- Comparar los resultados obtenidos por el modelo didáctico tradicional con el modelo neurodidáctico de gamificación para determinar su pertinencia en el aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo de la flauta dulce soprano.
- Establecer si existen diferencias estadísticamente significativas entre un grupo y otro considerando las mediciones pre y post test

1.7. Hipótesis

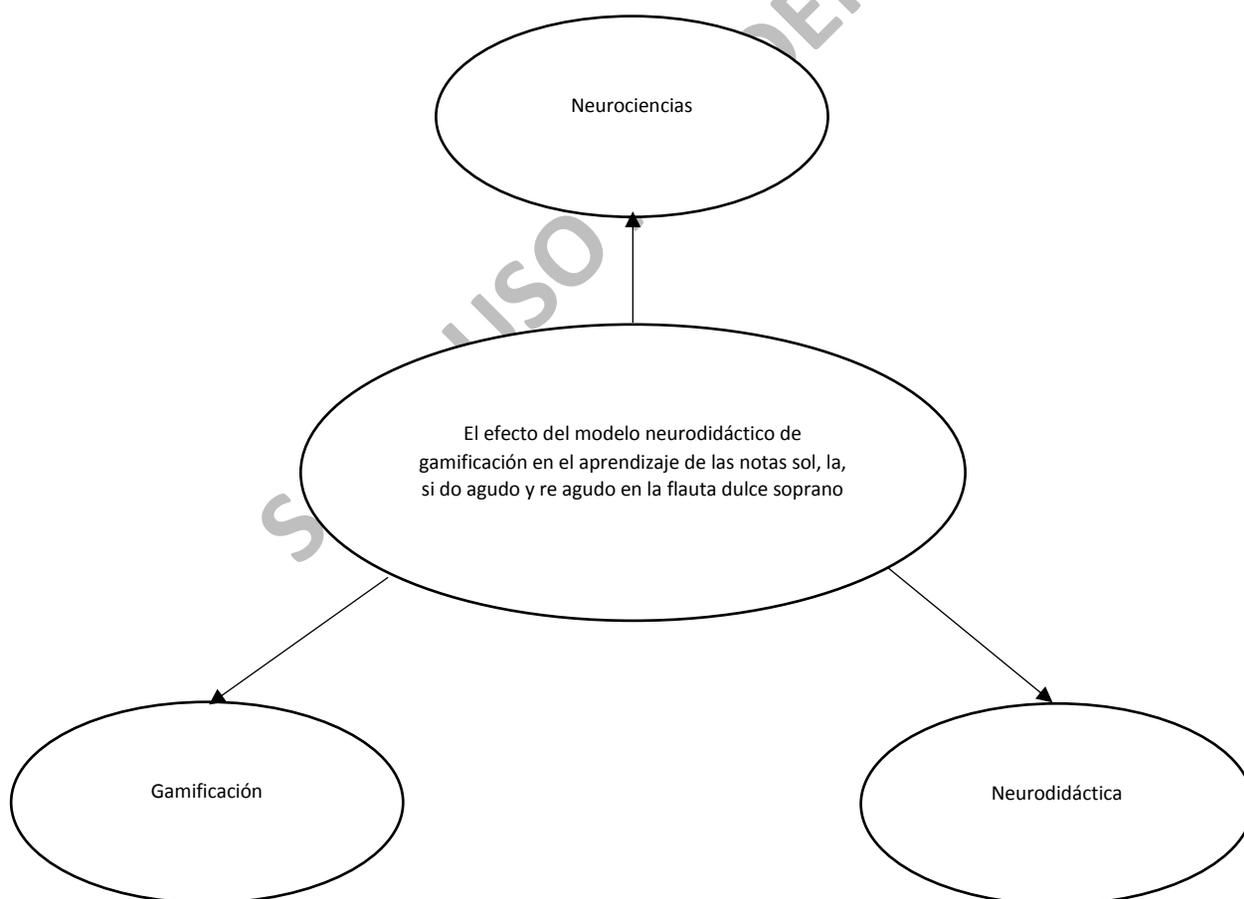
Dado el carácter experimental del diseño, se optó por formular la siguiente hipótesis general de trabajo:

El grupo que será sometido a un diseño neurodidáctico de gamificación en el aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo en la flauta dulce soprano tendrá mejores resultados que aquel que será sometido a una enseñanza de tipo tradicional.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En el esquema que se presentará a continuación se expondrán los temas que conforman el marco teórico y la visión de los investigadores en relación a cómo estos puntos interactúan y se vinculan desde las diferentes esferas del conocimiento. Por otra parte, los contenidos mostrados en este organizador gráfico, harán referencia a los subtítulos del capítulo II denominado Marco Teórico. Estos contenidos serán presentados a continuación según el estilo y la secuenciación que han determinado los investigadores en su propuesta de tesis.

Esquema 1: El efecto del modelo neurodidáctico de gamificación en el aprendizaje de las notas sol, la, si do agudo y re agudo en la flauta dulce soprano



2.1. Neurociencias

Es el conjunto de diferentes disciplinas que convergen en comprender el actuar del sistema nervioso en función de los mecanismos biológicos que subyacen a los procesos cognitivos y mentales al interactuar con el medioambiente. De esta manera, esta rama interdisciplinaria busca comprender y analizar cómo los circuitos neuronales establecidos durante del desarrollo del sistema nervioso humano le permiten percibir, procesar, almacenar y recuperar la información en respuesta a estímulos externos o procesamientos internos de determinada información. Las neurociencias además buscan comprender las bases neurobiológicas de ciertas conductas como emoción, interacción social, marketing, aprendizaje, educación, etc. y de cómo diferentes situaciones (el pensamiento, enfermedades neurodegenerativas, las acciones, entre otros) pueden alterar o regular el funcionamiento de la correlación cerebro-conducta. (Lavados y Slachevsky, 2013).

José Antonio Portellano señala que las neurociencias pueden ser agrupadas en neurociencias conductuales y no conductuales, tal como se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 1: Principales Neurociencias no conductuales

NEUROCIENCIAS NO CONDUCTUALES	Neurobiología	• Estudio de la anatomía, fisiología y bioquímica del sistema nervioso.
	Neurología	• Estudio y tratamiento de los trastornos del sistema nervioso.
	Neurofisiología	• Estudio de la actividad funcional del sistema nervioso.
	Neuroanatomía	• Estudio de la estructura y morfología del sistema nervioso.
	Neurofarmacología	• Estudio del efecto de los fármacos sobre el sistema nervioso.

Fuente: Portellano (2005).

Tabla 1.2: Principales Neurociencias conductuales

NEUROCIENCIAS CONDUCTUALES	Psicobiología	• Estudio de las bases biológicas de los procesos mentales.
	Psicología Fisiológica	• Estudio de los mecanismos neurobiológicos del comportamiento mediante la manipulación directa del cerebro en experimentos controlados.
	Psicofisiología	• Estudio de la relación entre los procesos psicológicos y los procesos fisiológicos subyacentes en seres humanos, sin recurrir a técnicas invasivas.
	Psicofarmacología	• Estudio de los efectos de los psicofármacos sobre el comportamiento.
	Neuropsicología	• Estudio de las relaciones entre el cerebro y la actividad mental superior.
	Neurociencia Cognitiva	• Estudio de las bases neurales de la cognición en sujetos sanos mediante neuroimagen funcional.

Fuente: Portellano (2005).

Para los autores de esta tesis, las neurociencias que pueden cumplir un papel significativo en la investigación neurocientífica-educativa, son las neurociencias de tipo conductual, siendo la neuropsicología y la neurociencia cognitiva las más relevantes en ese sentido. Sostienen además que, el aspecto conductual es un medio de observación importante para la toma de decisiones didácticas respecto a cómo aprende y se desenvuelve el cerebro en el aula. Resaltan además que la neuropsicología sería por tanto la disciplina neurocientífica educativa por excelencia ya que esta combina los aspectos cognitivos, conductuales y emocionales, integra los aspectos didácticos del aprendizaje al momento de ser aplicados (cuando se realiza una tarea se puede observar la conducta) y además permite conocer qué es lo que está ocurriendo en el sistema nervioso cuando se está procesando la información. Otro argumento que hace que la neuropsicología sea la disciplina base de la neurociencia educativa, es que permite explicar los resultados obtenidos y /o las herramientas de aprendizaje desarrolladas a

partir de un enfoque neurocientífico, a personas que no tienen un amplio conocimiento de las neurociencias.

2.1.1. La neurona

Es la unidad principal del sistema nervioso central (SNC). Su función es la comunicación entre diversas regiones mediante la propagación de impulsos nerviosos. Estas señales se transmiten hacia centros nerviosos u órganos diana, generando una respuesta en ellos (Bravo, 2001; Nieto Gil, 2011).

La neurona está constituida por el cuerpo celular o soma y las prolongaciones citoplasmáticas. Éstas últimas son de dos tipos: dendritas y axón. Las dendritas tienen muchas extensiones y el axón solo una.

2.1.2. La Sinapsis

Las neuronas no contactan físicamente entre sí, sino más bien están separadas por un espacio microscópico denominado *sinapsis*. Este espacio que media entre los terminales de las prolongaciones del axón de la neurona presináptica y las espinas dendríticas o el soma de una neurona adyacente (neurona postsináptica) es el que permite que se comunique químicamente la información proveniente de estímulos aferentes o eferentes en el SNC (Bravo, 2001; Gluck y otros, 2009). La comunicación neuronal ocurre mediante la transmisión de agentes químicos denominados neurotransmisores; no obstante, esta transmisión sináptica también podría ocurrir mediante el flujo de corrientes eléctricas.

2.1.3. Neurotransmisores

Son agentes químicos que permiten la comunicación neuronal a través la hendidura sináptica. Si el umbral del impulso nervioso es capaz de generar un potencial de acción en la membrana celular de la neurona presináptica, entonces esta forma vesículas que contienen las moléculas del neurotransmisor que llegaran a la membrana de los botones terminales del axón para luego ser depositadas en la sinapsis como

neurotransmisores y así ser recibidas por receptores especializados en la neurona postsináptica (Bravo 2001; Gluck y otros, 2009).

Los neurotransmisores pueden agruparse en cuatro categorías: monoaminas (dopamina, noradrenalina, serotonina, melatonina), acetilcolina, ciertos aminoácidos (glutamato, aspartato, ácido gammaaminobutírico o GABA, glicina) y péptidos (endorfinas, oxitocina, vasopresina). No obstante, el estudio de la neurología microscópica sugiere que el listado de neurotransmisores que circula en el SNC es mucho más extenso (Nieto Gil, 2011).

2.1.4. El Sistema nervioso

Está formado por un tejido nervioso, compuesto por las neuronas y las células gliales. Su función principal es la comunicación entre las diferentes regiones del organismo, la cual depende de las propiedades físicas, químicas y morfológicas de las neuronas (Nieto Gil, 2011).

El sistema nervioso (SN) se divide en el sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico (SNP). El SNC está constituido por el encéfalo y la médula espinal (Portellano, 2005; Nieto Gil, 2011).

2.1.5. El encéfalo

Está constituido por el cerebro, el cerebelo y el tronco cerebral. Son los tres grandes órganos que llenan el cráneo. Están unidos entre sí (Nieto Gil, 2011).

2.1.6. El cerebro

Es el más grande y el más importante de los tres órganos que componen el encéfalo (es el 85% de esta triada). Se compone, entre otros elementos, por agua (78%), lípidos (10%) y proteínas (8%). Su masa se sitúa entre 1,3 y 1,4 kg (Nieto Gil, 2011).

En este órgano se distinguen dos hemisferios: hemisferio derecho y hemisferio izquierdo. Al mismo tiempo, cada hemisferio se divide en cuatro lóbulos, esto son frontal, parietal, temporal y occipital.

2.1.6.1. Tálamo

Estructura neuronal que recibe la información periférica proveniente de los órganos de los sentidos a través de los receptores sensoriales (imágenes, sonidos, percepciones táctiles, etc.) y que se encarga de retransmitirla a zonas corticales y no corticales mediante los axones que proyecta. Una metáfora para comprender la funcionalidad que tiene el tálamo en el proceso de aprendizaje, es imaginarlo como una puerta en la cual entra toda la información sensorial al cerebro (memoria y aprendizaje). Esta información sensorial que ha pasado por el tálamo, será gestionada, asociada y almacenada representativamente a posteriori, en las áreas corticales correspondientes (Nieto Gil, 2011).

2.1.6.2. Áreas sensoriales primarias

Regiones cerebrales que se encargan de procesar en primera instancia los estímulos sensoriales provenientes del tálamo. Estas son la corteza auditiva primaria que se ubica en el lóbulo temporal, la corteza somatosensorial primaria que se localiza en el lóbulo parietal y la corteza visual primaria que se encuentra en el lóbulo occipital

Dichas zonas cerebrales son el primer eslabón encargado de procesar corticalmente la información sensorial que recibe cada área especializada mencionada anteriormente. Luego, estas regiones transmiten esta información a áreas corticales próximas, para generar un procesamiento más complejo y avanzado (Rains y Campos, 2004; Lavados y Slachevsky, 2013).

2.1.6.3. Áreas sensoriales secundarias o asociativas

Regiones cerebrales que reciben proyecciones desde una corteza sensorial primaria específica con el objetivo de procesar la información de manera más elaborada y posteriormente enviarla a otras áreas corticales. Relacionan las experiencias sensoriales previas, con las nuevas, mediante los mecanismos de percepción propios de estas áreas secundarias.

Reciben el nombre de área visual secundaria, área auditiva secundaria y área somatoestésica (o parietal secundaria), y constituyen el procesamiento cognitivo previo a la integración de estas tres modalidades sensoriales en las regiones corticales terciarias de asociación (Rains y Campos, 2004; Lavados y Slachevsky, 2013).

2.1.6.4. Áreas sensoriales terciarias o asociativas

Zona cortical especializada en la cual converge y se integra la información proveniente de cada una de las áreas sensoriales secundarias. La información asociada en esta región occipito-parieto-temporal permite el desarrollo de procesos perceptivos complejos debido a la integración multimodal de los datos provenientes de cada uno de estos tres lóbulos (Rains y Campos, 2004; Lavados y Slachevsky, 2013).

2.1.6.5. Corteza motora

Se localiza en los lóbulos frontales de la corteza cerebral y constituye la unidad funcional más importante de la especie humana (Portellano, 2005). La región motora principalmente se conforma por dos áreas: el área pre motora y el área motora.

El área pre motora se ubica delante de la corteza motora y es la región encargada de organizar y coordinar los programas necesarios para que la acción motriz sea ejecutada adecuadamente en la corteza motora. Si bien no rige los movimientos específicos musculares, guarda relación con los movimientos más genéricos, como por ejemplo el movimiento de la cabeza. En adición, la corteza pre motora contiene la información respecto a la programación, planificación y realización de las futuras actividades motoras. Para lograrlo, utiliza las experiencias almacenadas previamente en la corteza cerebral (Nieto Gil, 2011).

Por su lado, la región motora se localiza por delante de la Cisura de Rolando y su función principal consiste en convertir y ejecutar en movimientos reales el bosquejo elaborado por el área pre motora. Para lograr esto, hay fibras nerviosas que se originan y se proyectan de esta corteza hacia el tronco cerebral y médula espinal, permitiendo de esta manera la realización de la actividad motora mediante los músculos efectores del

lado opuesto del cuerpo (Portellano, 2005). Sus aferencias provienen del tálamo, de las cortezas sensoriales, de los ganglios basales, del cerebelo y del área pre motora. Además, en esta área cerebral están las representaciones neuronales de todas las partes musculares de una persona; sin embargo, estas no simbolizan de manera proporcional la extensión anatómica de cada músculo. Según el homúnculo de Penfield, existe mayor masa cerebral en regiones motoras como los dedos de la mano o los labios en comparación a los brazos o las piernas en donde la concentración de masa neuronal motora es más pequeña. Esta distribución neuronal motora se justifica a partir de la relevancia que tiene un sector muscular específico en la supervivencia de un individuo.

2.1.6.6. Corteza prefrontal

Se ubica en la región anterior del lóbulo frontal y representa la base de los procesos más específicos para el desarrollo del pensamiento, la cognición, el control de las emociones y del comportamiento (Lavados y Slachevsky, 2013). En términos funcionales, esta región sintetiza la información proveniente de los lóbulos sensoriales (occipital, temporal y parietal), que ellos habían recibido y procesado del mundo externo y del organismo en sí mismo. En adición, esta región prefrontal se encarga de regular las estructuras encefálicas, asociar los nombres con los objetos concernientes para darle un significado, coordinar y organizar la memoria de trabajo, guiar las funciones cognitivas y los conocimientos acumulados en la memoria semántica/explicita (Nieto Gil, 2011).

Probablemente una de las funciones más representativas que aloja y ejecuta la corteza prefrontal junto a las acciones mencionadas previamente es la de planificar, dirigir, supervisar y controlar el comportamiento en el logro de uno o varios objetivos específicos de una determinada tarea. Dicha faena, recibe el nombre de funciones ejecutivas y es mediada en gran parte por el córtex prefrontal. Para algunos neurocientíficos, la corteza prefrontal en armonía con las funciones ejecutivas, representaría metafóricamente lo que hace un director de orquesta: tomar la información almacenada en los sistemas de memoria y utilizarla para realizar diferentes

procedimientos: elaborar conceptos, generar inferencias, organizar y clasificar la información de nuevos modos, etc. (Nieto Gil, 2011).

2.1.6.7. Hipocampo

También conocido como caballito de mar por su gran parecido con este animal marino, es una estructura neuronal que se localiza en el interior de los lóbulos temporales. La principal función que cumple esta región cerebral es la de aprender información acerca de conceptos semánticos (por ejemplo, aprender el nombre de la capital de Chile o de un familiar) o también la de almacenar sucesos autobiográficos (por ejemplo el recuerdo de lo que hizo una persona en las vacaciones del año pasado). Su funcionalidad depende de la constitución de tres elementos: giro dentado, subículo e hipocampo. Dichas regiones están interconectadas y la información que pasa por ellas fluye siempre en el mismo sentido (Nieto Gil, 2011).

El circuito principal del procesamiento de la información en el hipocampo es en serie: la corteza entorrinal (parte del giro parahipocampal) envía la información al giro dentado mediante sus neuronas piramidales. Las neuronas del giro dentado denominadas como neuronas granulares, captan la información y la llevan al hipocampo a través de sus axones también conocidos como fibras musgosas. Al llegar la información al hipocampo, los axones de este último conocidos como fibras colaterales de Schaefer, hacen sinapsis en las células piramidales del subículo, el cual devuelve a su vez la información a la corteza entorrinal (Nieto Gil, 2011).

Los estudios en neuropsicología han revelado que a las personas con lesiones en la región hipocampal les resulta imposible aprender información semántica y episódica nueva. Probablemente el caso más significativo en la historia de la neuropsicología, es el caso de H.M., un paciente al cual le extirparon los lóbulos temporales mediales con el objetivo de reducir los ataques de epilepsia que sufría. Si bien hubo una gran disminución respecto a la frecuencia y gravedad de los ataques epilépticos, las consecuencias en su memoria fueron desastrosas: H.M. perdió en su cerebro la capacidad de formar recuerdos

debido a que no tenía un hipocampo que le permitiese retener la nueva información (Gluck y otros, 2009).

2.1.6.8. Núcleo Accumbens

Estructura cerebral subcortical perteneciente a la zona ventral del cuerpo estriado. Conformar parte importante del circuito de recompensa y contribuye enormemente al momento de integrar aspectos relacionados con la cognición, la motivación y la motricidad, convirtiéndose en uno de los núcleos primordiales que posibilita que la voluntad se traduzca en acción, facilitando de este modo la realización de conductas asociadas al placer (Castellano, 2017).

El núcleo Accumbens se divide en dos partes: zona central (Core) y corteza (Shell). La zona central realiza actividades vinculadas principalmente a la motricidad, estableciendo conexiones con los ganglios basales, la sustancia negra y el córtex motor. Por tanto, es una región que se activa al momento de ejecutar acciones con componente emocional dirigidas hacia un objetivo determinado.

Por su lado, la corteza del núcleo Accumbens también conocida como Shell, destaca por su cuantioso número de conexiones neuronales con el sistema límbico y la formación hipocampal, considerándose por lo demás, como la parte más relacionada con las emociones de este núcleo subcortical. También establece una gran cantidad de conexiones eferentes con el lóbulo frontal.

Respecto al proceso de aprendizaje, el núcleo Accumbens cumple diferentes funciones; en el aspecto motivacional, integra la disposición y emoción del individuo y la convierte en acción motora con la ayuda de las conexiones provenientes de la corteza prefrontal y los ganglios basales; cumple un papel significativo en la planificación de la conducta en conjunto con los lóbulos frontales y evalúa los estímulos desde un ámbito emocional a partir de la integración emoción-motivación-acción; con respecto al aprendizaje y memoria tiene una gran importancia al momento de automatizar conductas asociadas a la obtención de una recompensa (Castellano, 2017). También contribuye en el proceso de habituación.

2.1.6.9. Amígdala

Estructura neuronal perteneciente al sistema límbico. Coordina su trabajo junto a la formación hipocampal. La principal función que cumple la amígdala es seleccionar adecuadamente la información que llegará al cerebro con el objetivo de detectar si hay indicios de peligro que puedan afectar la supervivencia física o moral del individuo (Nieto Gil, 2011). Si algo es percibido y analizado como amenazante, la amígdala pone en marcha un programa de respuesta fisiológica emocional intensa para indicarle al organismo que debe luchar, huir o camuflarse, esto en conjunto con otras estructuras límbicas.

La amígdala determina la relevancia del estímulo en función de la posible utilidad que pueda tener para su vida (esta estructura podría activarse tanto en situaciones amenazantes como placenteras y gratificantes). Por tanto, es una estructura cerebral que contribuye representativamente en la selección y el procesamiento de los estímulos que deben ser almacenados en la memoria a largo plazo (Nieto Gil, 2011).

2.1.7. Estímulo

Energía externa capaz de desencadenar una reacción funcional en un organismo. Pueden ser de tipo físico, químico, mecánico, entre otros (RAE, 2016).

2.1.7.1 Estímulo y sistema nervioso

En los órganos de los sentidos hay estructuras especializadas denominadas receptores. Estos últimos son parte del sistema nervioso y ayudan a que la información proveniente del ambiente externo sea interpretada posteriormente por conexiones neuronales específicas para dar una respuesta a ese estímulo si es que se produce el potencial de umbral necesario para que ese receptor específico sea activado.

Por lo tanto, los receptores se encargan de transformar los diversos tipos de energía del estímulo procedente del entorno en potenciales electroquímicos, estos a su vez son capaces de generar un impulso nervioso en el primer nódulo de Ranvier o en la región proximal del axón. Posteriormente, estos impulsos se extienden a centros superiores y

generan patrones de conectividad neuronal que evocan una actividad de tipo motor o sensitiva (Bravo, 2011; Gluck y otros, 2009).

2.1.8. Potenciación a largo plazo

En 1949 el neurocientífico canadiense Donald Hebb estableció la siguiente teoría: *“las neuronas que disparan juntas se conectan entre sí”*. En otras palabras, si hay dos neuronas que a menudo descargan al mismo tiempo, la sinapsis establecida entre ambas debería fortalecerse, conectando de esta manera a ambas neuronas.

Este refuerzo sináptico, generaría algún tipo de crecimiento o cambio metabólico en una o ambas células, de modo que así aumentaría la eficiencia de la neurona presináptica para excitar a la postsináptica. Para que pueda ocurrir esta potenciación a largo plazo (PLP) es necesario que exista simultaneidad, sincronización y activación coincidente entre ambas células nerviosas (Gluck y otros, 2009).

Para los neurólogos Bliss y Lomo (1973), la PLP contribuye un papel significativo en la formación de la memoria. Precisamente ellos le denominaron potenciación a largo plazo a este fenómeno de fortalecimiento sináptico duradero entre dos neuronas.

Para que pueda ocurrir una PLP, se requieren la concomitancia de ciertas condiciones. Según Nieto Sampedro (Nieto Gil, 2011), la frecuencia de estimulación no provoca la PLP, a menos que haya existencia de un alto nivel de concentración de ión calcio en los terminales sinápticos y que además la activación se origine en un número al menos mínimo de axones. El reforzamiento decisivo de una sinapsis sólo es posible si previamente esa sinapsis ha sido reforzada de manera temporal.

A diferencia de la memoria a corto plazo que no necesita ser reforzada transitoriamente ante las señales que puedan llegar, debido a la excitación de la sinapsis, la memoria a largo plazo necesita de un reforzamiento de las sinapsis, para convertirse en permanente (Gluck y otros, 2009). En otras palabras, la repetición del estímulo que está siendo captado por los receptores especializados e interpretado por el encéfalo,

puede llegar a ser capaz de generar memorias a largo plazo en el sistema nervioso, siempre y cuando se cumplan las condiciones señaladas previamente.

2.1.9. Neuroplasticidad

Es la capacidad del sistema nervioso para modificarse a sí mismo, producto de su capacidad para interpretar los impulsos nerviosos provenientes del mundo externo, o bien, de su capacidad para autogenerar impulsos nerviosos que permitan controlar la conducta y las funciones corticales superiores. Estas modificaciones actúan en diferentes niveles del sistema nervioso; son consecuencias de los procesos de sensación, percepción, pensamiento y otras funciones cognitivas.

El encéfalo y los otros órganos que lo constituyen, a modo de una analogía, son como la plastilina. Esta puede ser moldeada continuamente, a merced, dentro de ciertos límites.

La neuroplasticidad está asociada a cambios bioquímicos lo que trae como consecuencia, cambios morfológicos. En otras palabras, el incremento y desarrollo de ciertas estructuras del cerebro se debe a una mayor y frecuente activación en comparación a otras áreas menos estimuladas (Justel y Díaz, 2012). Ejemplo de esto es el estudio realizado en Londres sobre taxistas londinenses y un aumento en una parte de su hipocampo, estructura del cerebro que se encarga de la memoria y del aprendizaje espacial, debido a su gran capacidad para aprenderse unas 25.000 rutas a diferencia de conductores ordinarios. El estudio descubrió que el tamaño de esa parte del hipocampo, estaba relacionada con el tiempo que habían estado conduciendo, lo cual sugería que la estimulación producida por recorrer la ciudad londinense en el taxi, generó un cambio en sus conexiones neuronales y en consecuencia, en la estructura cerebral involucrada (Punset, 2009).

2.1.10. Memoria

Según Jonh Pinell (Pinell, 2007), la memoria es el almacenamiento de los cambios ocurridos en el cerebro producto de las experiencias de aprendizaje (neuroplasticidad);

dicho registro mnésico puede ser evocado posteriormente, de manera consciente o inconsciente.

Para Joaquín Fuster (Fuster, 2010), la memoria tiene las siguientes características: “a) *almacena en sí misma el innato aparato nervioso para adaptarse al medio; b) tiene que pasar para su viabilidad por un período crítico posnatal de ‘ensayo’ –sensorial y motor– a modo de consolidación inicial en el individuo; y c) se reactiva, como en el reconocimiento de memoria, con actos perceptivos o motores en el resto de la vida.*” (Fuster, 2010).

Cabe señalar que hay diferentes tipos de memorias. Jesús María Nieto Gil en su libro *Neurodidáctica* las clasifica de la manera que se señala en la tabla siguiente, junto a las estructuras encefálicas involucradas.

Tabla N° 2. Organización de las memorias

GRANDES SISTEMAS	SISTEMAS Y SUBSISTEMAS DE MEMORIA		ESTRUCTURAS ENCÉFALICAS INVOLUCRADAS
Memoria no declarativa o implícita	Por asociación	Memoria de destrezas psicomotrices o procesual Memoria de reflejos condicionados Memoria emocional Memoria de olores y sabores	Amígdala, cerebelo
	No por asociación	Sensibilización y habituación	Áreas sensoriales
Memoria declarativa o explícita	Memorias a corto plazo	Memoria sensorial Memoria a corto plazo no operativa Memoria de trabajo u operativa	Cortezas frontal y sensoriales
	Memorias a largo plazo	Memoria episódica o autobiográfica. Incluye imágenes (todos orificios de la flauta dulce tapados...) y la denominación (se llama nota do)	Formación hipocampal
		Memoria semántica o conceptual. Incluye conceptos, atributos, relaciones... integrados en categorías jerárquicas que constituyen redes conceptuales: <<perro>> está dentro de <<mamífero>>, éste junto con <<aves>>, <<peces>>, dentro de <<vertebrados>>...<<animales>>...<<vivos>>... esta memoria está en continua reestructuración.	Cortezas sensoriales

Fuente: Jesús María Nieto Gil (2010). *Neurodidáctica* (adaptación).

2.1.10.1. Memoria sensorial

Es considerada como un tipo de memoria a corto plazo. Evoca sensaciones breves, pasajeras, de lo que acaba de percibirse después de haber vivido una experiencia sensorial relacionada con estímulos visuales, auditivos o de otro tipo. El tiempo de almacenamiento de esta memoria es de uno o dos segundos. Los contenidos que se van registrando en ella se van sustituyendo, como la secuencia de una película, y no se pueden analizar y categorizar debido a que son previos a toda interpretación consciente, es decir, son de carácter pre-categorial (Nieto Gil, 2011).

Las cortezas sensoriales primarias son las primeras áreas que se activan en el procesamiento cortical de la información proveniente de los sentidos (Gluck y otros autores, 2009). Estas cortezas sensoriales son la base para el procesamiento posterior de la información y su correspondiente almacenamiento en la memoria a largo plazo.

2.1.10.2. Memoria a corto plazo

Memoria transitoria que permite retener pocas unidades de información (entre cinco a nueve elementos), por una reducida cantidad de tiempo (entre 15 y 30 segundos), mientras se determina la importancia que tiene esa información para el individuo (Nieto Gil, 2011).

A diferencia de la memoria sensorial, la memoria a corto plazo evidencia una interpretación consciente y una categorización de los elementos captados por los sentidos. Depende, entre otros factores, de la atención que el sujeto ponga en los contenidos que están siendo almacenados en la memoria sensorial y de la relación que tengan esos contenidos con las necesidades e intereses del individuo.

Si existe repetición de los bloques de información sensorial y los contenidos están involucrados emocionalmente con las motivaciones del individuo, es probable que la información que está siendo retenida por unos segundos en la memoria a corto plazo, se transfiera exitosamente a la memoria a largo plazo.

2.1.10.3. Memoria de trabajo

Wagner (Nieto Gil, 2011) entiende por memoria de trabajo u operativa, a la fracción de la memoria a largo plazo que es activada temporalmente. Esta memoria es activada por una extensa red de memoria perceptiva y motora a largo plazo, misma red que puede ser extendida por nuevos estímulos y experiencias de aprendizaje (Nieto Gil, 2011). Esta memoria se caracteriza por integrar la información sensorial recibida en el presente con la memoria a largo plazo para ejecutar algún procedimiento, tomar decisiones o resolver alguna problemática. Es de corta duración, aunque mayor que la de memoria a corto plazo. Trabaja con representaciones simbólicas provenientes de las diferentes modalidades sensoriales y es un medio que permite inscribir algunos fragmentos de la información en la memoria a largo plazo.

Se le atribuye como el centro de la consciencia ya que al estar involucrada en las funciones ejecutivas del más alto desarrollo cognitivo como planificar, organizar y ensayar (Nieto Gil, 2011), actúa como un administrador general que selecciona aquella información que se conservará y registrará en la memoria a largo plazo, además de recuperar datos que considere significativos en dicha memoria.

2.1.10.4. Memoria a largo plazo

Es el resultado del procesamiento explícito de la información, permitiendo que esta sea retenida de manera prolongada en el sistema nervioso. A diferencia de la memoria sensorial que es tipo pre categorial, la memoria a largo plazo se clasifica como categorial. Además se considera que al ser declarativa o explícita, esta es una memoria que se evoca de manera consciente. Las estructuras neuronales asociadas a este proceso nemónico son el hipocampo, los lóbulos temporales y las estructuras del sistema límbico. Se han identificado tres procesos importantes en la formación de la memoria explícita a largo plazo: codificación, almacenamiento y recuperación (Nieto Gil, 2011).

2.1.11. Aprendizaje

Aprender es, en esencia, ser capaz de sobrevivir. La raza humana fue capaz de aprender cómo hacer fuego para calentarse, cocinar la carne y de esa forma lograr enfermarse menos. Aprendió a cultivar la tierra para asegurar alimento y así no depender tanto de la suerte en la caza, construyó viviendas para resistir el frío. Aprendiendo se ha ido construyendo el futuro y solo así se puede conseguir que la especie siga existiendo (Martín-Retortillo, 2017).

Los avances en neurociencias han sido los principales responsables de que se pueda comprender el funcionamiento del cerebro y ver el importante papel que desarrolla la curiosidad y la emoción tienen durante el proceso de la adquisición de nuevos conocimientos. En las aulas o en la vida, no necesariamente se consigue un conocimiento a través de la memorización, ni al repetirlo de forma reiterada, sino al hacer, experimentar y, sobre todo conseguir emocionarse. Las emociones, el aprendizaje y la memoria están directamente relacionadas entre sí. Desde la neurociencia educativa, es importante destacar que la inteligencia es un concepto multidimensional, por eso es que un mismo ambiente de aprendizaje debería llevar a los niños a explorar, pensar y expresar sus ideas dentro del contexto en el cual se desenvuelven (González, 2016).

En cuanto a la neurociencia aplicada en la educación, se puede mencionar que actualmente existen diversas pruebas de cómo un ambiente de aprendizaje equilibrado y motivador requiere a los niños de un mejor aprendizaje. Por esto es que los niños aprenden de manera social, es decir con la ayuda de otros, desde la interacción, desarrollando activamente la comprensión y dinámica con el entorno físico, social y emocional.

2.1.11.1. Aprendizaje significativo

Los conceptos nuevos que son aprendidos, se les puede dar un valor nuevo al relacionarlos e incorporarlos a otros conceptos o ideas que se tenían previamente. Este proceso es llevado a cabo a través de los llamados organizadores previos, éstos pueden

estar presentes en forma de frases o gráfica y están diseñados principalmente para poder otorgar el “andamiaje mental” que tiene como objetivo aprender nueva información (Ausubel, 1983).

De esta forma, el mapa conceptual que desarrollaron los autores Ausubel y Novak, es un dispositivo de instrucción que utiliza este aspecto de la teoría para permitir la instrucción de los estudiantes; es una manera de interpretar las relaciones entre ideas e imágenes

Ausubel también menciona la importancia de la recepción del aprendizaje en lugar de aprender por descubrimiento, y del aprendizaje significativo en lugar de aprender de memoria. Declara que su teoría sólo es aplicable a la recepción de aprendizaje en el entorno escolar. De igual manera, no postula que el aprendizaje por descubrimiento no es funcional, sino más bien que no es del todo eficaz en las personas ya que deben relacionar los nuevos conocimientos con los conceptos relevantes que ya conocen. El nuevo conocimiento debe interactuar con la estructura del conocimiento del alumno.

El aprendizaje significativo se puede contrastar con el aprendizaje de memoria. Este último también puede incorporar nueva información en la estructura de conocimiento preexistente pero sin interacción. La memoria mecánica se utiliza para recuperar secuencias de objetos, tales como números de teléfono, por ejemplo. Sin embargo, no resulta de ninguna utilidad para el estudiante en la comprensión de las relaciones entre los objetos.

2.1.11.2. Aprendizaje motor

Puede definirse como un cambio relativamente permanente en el rendimiento o en las potencialidades de comportamiento que se puede conseguir mediante la experiencia o la práctica y que implica una serie de modificaciones en el área del sistema nervioso central que generalmente no se puede observar, que pueden inducir mediante cambios en la actuación en los aspectos cognitivos y motores. Estos cambios se ven reflejados en la mejora de algunas capacidades de elaboración de la información, volviéndose así un

proceso mucho más rápido, económico y eficaz. De esta forma, se logra llevar a cabo un movimiento seguro, fluido y preciso (Otero, 2013).

El aprendizaje motor va haciendo su aparición de una forma más bien gradual, con el paso progresivo de una fase inicial donde se debe comprender la tarea y luego coordinar la fase torpe a una fase final de comprensión profunda y donde el movimiento llega a estar completamente automatizado (Glencross, 1993). Luego de eso la incertidumbre de enfrentar una nueva tarea en diversas ocasiones, va quedando de lado, modificándose por una conducta que tiene mayor seguridad y desenvoltura.

Existen tres etapas que logran diferenciarse en este aprendizaje, dentro de las cuales se presentan distintos niveles de evolución para las habilidades: etapa verbal-cognitiva, etapa motora y etapa autónoma (Fitss y Posner, 1967), también son entendidas como de coordinación gruesa, de coordinación fina y de disponibilidad variable (Meinel y Schnabel, 1977). No siempre logra determinarse de manera concreta, visible y precisa el traspaso de una etapa a otra, es decir, las tres etapas forman parte importante de un proceso evolutivo que en realidad es íntegro y no se puede dividir de forma rígida, ya que también puede haber estancamientos y/o regresiones.

Al iniciar una nueva tarea, son muchas dificultades a las que se ve enfrentado un individuo, sobre todo si ésta es de un carácter complejo. El primer problema para quien es el principiante es comprender cuál es el objetivo, cuándo es el momento para comenzar la acción, cómo hay que comportarse, a qué se debe prestar mayor atención, qué hacer y cuáles son los efectos de la acción. Esta etapa es definida como etapa verbal-cognitiva o verbal-motora (Adams, 1971), debido a la importancia de los procesos verbales para lograr una buena comprensión cognitiva de la tarea a realizar. La verbalización juega un rol de doble función: ayuda a la organización y también sirve para memorizar las percepciones relativas al entorno. Esta actividad requiere un esfuerzo importante y sostenido por parte de los procesos de atención y, debido a eso, hace difícil el hecho de elaborar otras informaciones de manera simultánea para llevar a cabo otras tareas relacionadas. Por esta razón, las actividades verbales, útiles en la fase inicial para

facilitar la consecución de una primera aproximación del gesto, pronto pierden importancia (Singer, Lidor y Caraugh, 1993).

En esta fase, la estructura del movimiento sólo corresponde a grandes rasgos con lo exigido por la tarea, y luego el rendimiento es decadente. Se comienza a enarbolar una representación mental que suele ser visual al comienzo y se caracteriza por seguir siendo aún un poco torpe y parcial, del discurso y de la acción. La tarea se lleva a cabo si las condiciones son muy favorables. Puede haber bastantes errores, no se economiza en cuanto a las etapas y finalmente son bastante confusas las sensaciones motoras. Esto se relaciona directamente con algunas tensiones musculares y reducción de los grados de libertad del movimiento. Los incrementos en el aprendizaje de la forma base de la acción son bastante expeditos en comparación con otras etapas que hay dentro del proceso de adquisición. Se logra diferenciar las estrategias que son útiles para desarrollar la tarea y luego se retienen, mientras que las inapropiadas se descartan para no seguir siendo usadas (Thomas, Thomas y Gallagher, 1993).

2.1.12. Motivación

Es el interés que surge desde un individuo para conseguir un aprendizaje o por las actividades que logran desarrollar el logro de éste. Dicho interés puede hacer su aparición de dos formas distintas, ya sea intrínsecamente, o extrínsecamente. Existe una diferencia con lo que se le llama motivación dentro de las aulas, que solo hace alusión a las actividades o recursos que un docente utiliza para que sus estudiantes puedan motivarse. Puede entenderse como el motor que mueve a las personas en una dirección y con un objetivo claro y determinado. Constituye, por tanto, un elemento que condiciona casi en su totalidad la capacidad para aprender. Los intereses, dependen en parte del recorrido que tenga una persona, pero también de que los contenidos que se presenten para el aprendizaje, sean significativos y tengan una utilidad (Martínez-Salanova 2015).

Es muy importante para un niño en el proceso de encontrar sus motivaciones, el refuerzo positivo y la atención que un adulto pueda darle (padres, profesores); de ahí que

las expectativas de los demás, juegan un papel bastante importante para los estudiantes (Macmillan, 1993).

Por otro lado, se debe considerar la motivación como una amplia capacidad que pretende enseñar valores superiores como la satisfacción por el trabajo bien hecho, la superación personal, la autonomía y la libertad que da el conocimiento. También, la motivación es una cuestión de procedimientos que implica un trabajo importante, relacionar contenidos, trabajar en equipo, etc.

Hay algunos neurotransmisores que son capaces de comandar redes neuronales completas, y la condición que se debe dar para que se consiga el funcionamiento de este proceso es el aprendizaje. Mientras ese comando no se ajuste de forma íntegra, al realizar cualquier nueva tarea se cometerá los mismos errores una y otra vez. Por eso es que el ensayo y el error son fundamentales, ya que desde ahí se ajusta finalmente dicho comando. A consecuencia de ello comenzará a establecerse el hábito, es decir, la capacidad de llevar a cabo un acto cualquiera, pensando únicamente en lo indispensable y dejando todo lo demás por cuenta de una especie de programa predeterminado que quedó automatizado por debajo de la consciencia con la práctica frecuente de una actividad, o sea mediante varias repeticiones (Vestfrid, 2013).

Las repeticiones deben hacerse de forma consciente ya que, la atención desarrolla un papel bastante importante en la rapidez y seguridad con que la memoria logra retener la información. El cerebro es quien puede automatizar pensamientos, intenciones y actos. Esto habilita una eficiencia mayor del pensamiento y las acciones conscientes (Alonso, 2016).

Cada vez que, por ejemplo, se hace un movimiento y se repite, se va reforzando un mecanismo que es indispensable para comandar ese movimiento, esto va desde las neuronas hasta las terminaciones nerviosas en las fibras musculares. Las primeras veces, probablemente se pueden contraer músculos que no necesariamente deberían intervenir, provocando eso una lentitud y/o torpeza que más tarde, mediante el ensayo reiterado, debería ir desapareciendo. Mientras mayor sea la atención para dominar esos

efectos, más rápidamente se podrá aprender a hacer correctamente el movimiento indicado. Finalmente, llegará el momento en que se podrá hacer el movimiento, sin la necesidad de pensar en ello.

2.1.13. Neuropsicología

Es una neurociencia que se dedica al estudio de la relación cerebro-conducta tanto en sujetos normales como en aquellos que han sufrido algún tipo de daño cerebral. Se diferencia de otras neurociencias conductuales en su objeto de estudio, ya que se focaliza en comprender las bases neurobiológicas de los procesos cognitivos superiores. Por esta misma razón, la neuropsicología se dedica a estudiar a los seres humanos y los procesos mentales que subyacen a la especie: sensación, percepción, memoria, pensamiento, funciones ejecutivas.

Su carácter interdisciplinar con otras disciplinas neurocientíficas le ha permitido consolidarse como especialidad gracias a las aportaciones de estas mismas. Algunas de las ramas que sustentan el estudio de la neuropsicología son la neurología, biología, neurofisiología, psicología experimental, farmacología, fisiología y psicología cognitiva, entre otras. Los aportes en el campo de la neuropsicología son utilizados principalmente en medicina, terapia ocupacional, psicología, aunque hoy gracias a la construcción entre neurociencias y educación, es posible que en un futuro se observe a docentes con un bagaje de conocimiento respecto a los conceptos asociados a esta neurociencia conductual (Mora, 2014).

2.2. Gamificación

El término (o ludificación) tiene sus orígenes en el rubro de la industria digital, aproximadamente en el año 2008. Su definición no es otra cosa que el uso de elementos de juego en contextos no lúdicos.

Esto se refiere a que se introducen elementos y estructuras de los juegos en actividades que no necesariamente tienen directa relación con la distensión y/o recreación; nada tienen que ver con estrategias de recreación y diversión, por ejemplo,

competencias o premios para motivar la participación activa de las personas involucradas (Kapp, 2012).

Uno de los objetivos de la gamificación es averiguar cuál es la fórmula que hace tan certeros y efectivos a los videojuegos, sobre todo en cuanto al tema de la concentración, atención, participación y motivación, y luego replicar esa fórmula para aplicar esos mismos principios a otras áreas del conocimiento (Zichermann, 2013).

Las mecánicas de juego son las responsables de hacer que el usuario se sienta parte dentro de esta interacción, por ejemplo el hecho de ganar puntos, sobrepasar niveles para conocer nuevos y más difíciles, obtener trofeos, desafíos, etc.

El aprendizaje muchas veces es visto por los estudiantes como un proceso tedioso, aburrido y complicado, sobre todo considerando el contexto en el que se desenvuelven, donde la enseñanza tradicional es la que impera. Debido a eso los investigadores sostienen que es importante la gamificación como una temática a considerar dentro del proceso enseñanza-aprendizaje, principalmente por los siguientes puntos: estimula la participación de los estudiantes, simplifica las actividades complejas, existe una retroalimentación positiva constante, promueve la perseverancia, fomenta el compañerismo, transforma actividades aburridas en actividades lúdicas y entretenidas, crea ambientes de confianza.

2.2.1. Software didáctico Flutemaster

Software didáctico para el aprendizaje de la flauta dulce soprano, creado y desarrollado por la empresa *Class Splash*. Mediante una historia lúdica en la que se involucra al usuario, el jugador tiene que tapar determinados orificios de la flauta dulce soprano y además soplar el instrumento con el objetivo de que cuando suene se eliminen los murciélagos que están atentando contra el alimento (fresas) de un dragón llamado Cornelius. El videojuego educativo está pensado para ser utilizado por niños de seis a once años. Se puede jugar a través del computador o mediante un sistema tipo Android. Por otra parte el software *flutemaster* ha recibido algunas condecoraciones por su aporte al aprendizaje de la música y de la flauta dulce soprano (Educator's choice mayo y

noviembre 2012, App of the year 2013, APP ME UP - VIP Best App 2014, 5 Stars 2014, Top Best Apps For Kids mayo 2015).

Fotografía N° 1. Software didáctico Flute Master



Para los investigadores, este software cumple con las condiciones necesarias para ser considerado como un recurso de gamificación. En consecuencia es un elemento indispensable para el desarrollo de la investigación dado que es parte fundamental del modelo neurodidáctico de gamificación.

2.3. Neurodidáctica

Es la especialidad que se dedica a optimizar el proceso de aprendizaje-enseñanza a partir de los diversos conocimientos provenientes de las neurociencias: neurodesarrollo, imágenes por resonancia magnética, neuropsicología, neurociencia molecular, etc. Es una disciplina que puede ayudar, a los profesores y especialistas en educación, a comprender y a valorar cómo se modifican los circuitos neuronales en el

cerebro de un niño cuando aprende; la neurodidáctica puede ayudar a los docentes a diseñar mejores estrategias y herramientas de enseñanza (Preiss, 2003).

Para José Ramón Gamo, el principal pilar en el que debe sustentarse la neurodidáctica es la neuropsicología (Gamo, 2016). Dicho autor especifica que la neurodidáctica al ser concebida como un puente entre neurociencias, educación y psicología, necesita de una especialidad neurocientífica conductual que conecte e integre estas tres disciplinas. Por lo tanto, la neuropsicología simboliza el fundamento científico más sólido sobre el cual se deberían construir las teorías pedagógicas y didácticas del siglo actual; a través de esta misma disciplina neurocientífica se pueden desprender los conocimientos básicos y prácticos del funcionamiento cerebral para desarrollar mejores didácticas y tecnologías educativas (Gamo, 2016).

Para este neuropsicólogo español, la didáctica puede enriquecerse de los conocimientos neurocognitivos para proponer cambios en las metodologías de enseñanza actuales. Este autor propone utilizar soportes visuales, como esquemas gráficos, videos o esquemas interactivos, que requieran de la participación del estudiante y de la cooperación entre compañeros. El neuropsicólogo señala: *“El cerebro es un órgano social que aprende haciendo cosas con otras personas”*. Gamo, señala además que más del 50 % de las clases de primaria, en gran parte del planeta, se transmiten únicamente de forma oral. En la secundaria esto llega al 60% y en la universidad a casi el 80%. El neuropsicólogo, sostiene por lo demás, que el modelo pedagógico y los métodos de aprendizaje basados en el estudiante como receptor pasivo de la información no funcionan, ya que lo que necesita el cerebro para aprender, es emocionarse.

Los sucesos que contienen una carga emocional positiva o negativa para un individuo, se graban mejor que aquellos que no le afectan y que no tienen interés para él. Estos hechos se olvidan rápidamente. La amígdala, responsable de la carga emocional en la formación de recuerdos de la memoria episódica, influye en la elaboración de memorias en el hipocampo y la corteza rinal (Hernández y Weber, 2003).

Uno de los procesos didácticos que postula este referente de la neurodidáctica al momento de hacer clases, reside primero en motivar al alumno, posteriormente captar su atención y finalmente recurrir a su memoria. De este modo, las metodologías que sean aplicadas según este esquema didáctico, es probable que produzcan éxito en el aprendizaje de aquello que se quiere enseñar debido a que se estimulan los circuitos de recompensa, de atención y de memoria en las estructuras especializadas para activar estos mecanismos (Gamo, 2016).

Referente a esta nueva disciplina educativa, campusano agrega; “solo la cooperación entre didáctica y neurología, puede permitir el desarrollo nuevas estrategias de aprendizaje más participativas e interactivas, con las que los profesores/educadores puedan conocer mejor y hacer prosperar los talentos de sus estudiantes”. Es decir, que gracias a esta construcción entre neurociencias y didáctica, los profesores podrían ayudar a sus estudiantes a aprender con todo su potencial cerebral en el aula.

2.3.1. Modelo neurodidáctico

Según la Real Academia Española (RAE), la palabra modelo se define como “arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo”, es decir, es un esquema o construcción teórica/práctica que puede ser replicado en diferentes situaciones o contextos. En consecuencia y siguiendo la conceptualización realizada por la RAE con respecto a la definición de modelo, los autores de esta investigación establecen que un modelo neurodidáctico sería un prototipo educativo instruccional que busca optimizar el aprendizaje de los estudiantes a través de una adecuada y planificada estimulación de los procesos cognitivos.

Además, se pretende lograr que con este arquetipo didáctico, las experiencias de aprendizaje brindadas a los alumnos puedan ser significativas y eficaces en las distintas funciones cognitivas asociadas al proceso de aprendizaje (sensación, percepción, memoria de trabajo, memoria a largo plazo, razonamiento, etc.) y a las diferentes estructuras cerebrales involucradas en el mismo. Por tanto, un modelo neurodidáctico de aprendizaje al ser organizado y planificado desde una concepción ideológica educativa

basada en el funcionamiento del cerebro y la conducta, procura diseñar, obtener y medir el impacto de sus resultados mediante un enfoque neuropsicológico tal como ha sugerido José Ramón Gamo en sus aportes a la definición de neurodidáctica.

A pesar de que hasta la fecha no existe una definición concreta de lo que son los modelos neurodidácticos de aprendizaje (ya que es una definición propuesta por los tesisistas), se puede señalar a juicio de los investigadores, que con el paso del tiempo las neurociencias aplicadas a la educación podrían llegar a dar respuesta a la elaboración y desarrollo del concepto de modelos neurodidácticos y con ello su uso práctico y crítico en el aula: modelos para el aprendizaje infantil, modelos para el aprendizaje preadolescente, modelos para el aprendizaje cooperativo, modelos neurodidácticos de gamificación, etc.

Es posible deducir entonces, según la explicación de los autores de la presente tesis, que solamente la investigación en neurodidáctica será la que dará paso a la elaboración, práctica, teorización y cuestionamiento de los modelos educativos tradicionales, contemporáneos y futuros.

2.3.2. Modelo neurodidáctico de gamificación

Según la definición propuesta por los autores en esta investigación a partir del concepto de modelo neurodidáctico elaborado por ellos mismos y tomando en cuenta el concepto de gamificación, un modelo neurodidáctico de gamificación, sería un arquetipo instruccional de aprendizaje que busca comprometer a los estudiantes mediante la impronta del juego y de lo lúdico. Principalmente se diferencia del concepto de gamificación, debido a que la planificación y estimulación cognitiva propia del modelo neurodidáctico, no pretende solamente involucrar a los estudiantes en su aprendizaje mediante el aspecto lúdico, sino que también procura que las experiencias proporcionadas en la clase, tengan un impacto significativo a nivel cognitivo, emocional y conductual.

Como este modelo neurodidáctico de gamificación se desprende de la idea de modelo neurodidáctico, este también se compone de diferentes fases o etapas que le permitirán pasar a la siguiente; cada fase de aprendizaje del modelo neurodidáctico de

gamificación está planificado desde una óptica neuropsicológica. Por lo mismo, cada etapa del prototipo tiene un objetivo en el ámbito cognitivo: la estimulación de ciertas áreas cerebrales con determinadas experiencias de aprendizaje puede generar cambios a nivel de conexiones sinápticas.

En consecuencia, las estrategias de repetición, procesamiento profundo de la información, la estimulación novedosa a través del juego u otras maniobras didácticas que puedan ser parte de este u otros modelos neurodidácticos de gamificación, son elementos que tienen un fin determinado en la estimulación neurocognitiva cuando son aplicados a través del prototipo.

En síntesis, a través este modelo, la gamificación en el aula se controla desde un aspecto neuropsicológico. Por lo tanto esto puede ayudar de forma representativa a los actores que son parte en el proceso del aprendizaje: los maestros comprenden lo que está ocurriendo en el cerebro de los niños cuando suministran la experiencia de aprendizaje gamificada más la consiguiente retroalimentación cognitiva, por su lado los niños aprenden de manera taxonómica y desafiante mediante esta metodología neurodidáctica.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la Investigación

Los investigadores de la presente tesis, después de haber elaborado la metodología neurodidáctica de gamificación estipulada en el capítulo anterior, decidieron que la mejor forma de demostrar los resultados de este modelo educativo, es mediante la propuesta de un diseño de investigación cuasi-experimental.

Se optó por este diseño cuasi-experimental, debido a que es un esquema de investigación alternativo a los experimentos de asignación aleatoria y porque además es un diseño mucho más flexible respecto al control experimental de determinadas situaciones sociales (Bono Cabre, 2012). Según Campbell y Stanley, un cuasi experimento es una situación social en la que el investigador no puede controlar a voluntad la variable independiente ni tampoco puede crear los grupos experimentales al azar, sin embargo, puede introducir cambios en el diseño experimental a partir del procedimiento de recolección de datos (Arcega y otros, 2009). Agregando a esta definición, Arnau establece que un cuasi-experimento es un modelo de investigación en el cual el criterio para establecer a los sujetos, unidades o condiciones del tratamiento experimental, no está regido de manera fortuita (Arnau, 1995 tomado de Bono Cabré, 2012). En términos generales, los diseños de tipo cuasi-experimental al presentar una serie de variables incapaces de ser controladas, requieren de una mayor flexibilidad para poder validarse como experimentos. Por tanto, dicha razón justifica la denominación de cuasi-experimental (Bono Cabré, 2012).

En el caso de la presente investigación, al no ser posible distribuir de manera azarosa a los niños que participaron de la investigación, el horario de clases, los profesores que hicieron clases u otras variables que pudieron influir de manera significativa en el experimento, los investigadores tomaron la decisión de optar por el modelo de investigación cuasi-experimental debido a que sostienen que es el diseño más óptimo para obtener resultados respecto a la metodología didáctica elaborada por ellos.

Con el objetivo de obtener los resultados de aprendizaje en función del modelo neurodidáctico de gamificación y de su aplicación en el aula, y al mismo tiempo de comparar estos resultados con el uso de otro modelo didáctico (uno de tipo tradicional) para determinar cuál de los dos es más efectivo en el aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo en la flauta dulce soprano, se estableció que el diseño cuasi-experimental de la investigación debía estar conformado por dos grupos, un grupo experimental en el cual se administró el modelo neurodidáctico de gamificación con el fin de comprender y analizar sus efectos en el aprendizaje de las notas sol, la si, do agudo y re agudo de la flauta dulce soprano, y un grupo experimental al cual se le proporcionó un modelo didáctico tradicional para probar sus efectos en los mismos contenidos de aprendizaje de este instrumento. Ambos grupos tuvieron evaluación pre test y post test.

Es importante señalar que se contempló el uso de un grupo experimental alternativo, en este caso el grupo con metodología didáctica tradicional, debido a que los investigadores consideraron que la mejor manera de comparar los resultados obtenidos a partir de la aplicación del modelo neurodidáctico de gamificación diseñado por ellos, es teniendo un grupo alternativo de comparación (Arcega y otros, 2009). Si bien este segundo grupo de comparación no cumplió con las condiciones necesarias para ser considerado como grupo control propiamente tal, los investigadores sugieren que puede ser utilizada esta denominación técnica como sinónimo para el grupo en cuestión debido a las características socioculturales educativas que implica el uso de este modelo didáctico tradicional en el aula.

Se destaca además que, de acuerdo al tipo de investigación y los objetivos a conseguir en esta, los diseños cuasi-experimentales pueden ser clasificados en diseños transversales y longitudinales (Bono Cabré, 2012). Los diseños transversales se caracterizan por el diseño de comparación de grupo, mientras que los longitudinales permiten analizar los efectos y sus posibles causas (Arcega y otros, 2009). En el caso de la presente tesis y conforme al objetivo general perseguido por los investigadores, se tomó la decisión de optar por un diseño cuasi-experimental de tipo transversal debido a que este modelo de investigación permite comparar las dos didácticas señaladas

anteriormente y evidenciar si existen diferencias estadísticas significativas entre ambas metodologías. Específicamente, se escogió un diseño de investigación cuasi-experimental de carácter transversal denominado como diseño de grupo control no equivalente (DGCNE). Este diseño establece la existencia de dos o más grupos que se han articulado de manera natural (como lo pueden ser dos cursos de un mismo colegio), y que por tanto pueden ser designados mediante el azar como grupo experimental o bien como grupo control (Arcega y otros, 2009). Previamente a realizar el experimento, a ambos grupos se les aplicó un pre test para corroborar si existió igualdad de condiciones antes de la administración del tratamiento experimental. Luego de que fue administrado el tratamiento en cuestión (en este caso a ambos cursos), se aplicó un post test para determinar si existieron cambios entre los dos grupos respecto a la variable de estudio.

En síntesis y en concordancia a lo señalado anteriormente, la administración del tratamiento experimental en el grupo del modelo neurodidáctico de gamificación y el grupo del modelo didáctico tradicional, en el diseño cuasi-experimental escogido por los investigadores, consistió en los siguientes pasos:

- a) Solicitar los permisos correspondientes a los directivos del establecimiento educacional y posteriormente a los padres. Esto se realiza en término éticos para que exista un consentimiento por parte de todos los agentes involucrados de manera indirecta en la investigación.
- b) Aplicar un pre-test en los dos grupos antes de la intervención didáctica para determinar si existe un grado de igualdad respecto a los conocimientos y ejecución de este instrumento musical conforme a las notas sol, la, si, do agudo y re agudo.
- c) Determinar mediante el azar el grupo que será sometido al modelo neurodidáctico de gamificación y el grupo que utilizará el modelo didáctico tradicional en el aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo.
- d) Administrar el tratamiento correspondiente a ambos grupos de manera equitativa con el objetivo de evitar que existan desigualdades didácticas al momento de aprender las notas en la flauta dulce. Por ejemplo en la primera clase, cada curso aprendió una nota

con la didáctica correspondiente (nota si). En la segunda clase aprendió una segunda nota que será la misma en ambos grupos (nota la) y que incluyó un repaso de la anterior, y así sucesivamente hasta completar las demás notas. Se contempló además, que cada curso tuvo su propio proceso de evaluación como parte del proceso didáctico de cada modelo de aprendizaje. Por tanto, se esperó que el aprendizaje de las cinco notas musicales (sol, la, si, do agudo y re agudo) en conjunto con el proceso evaluativo, sumen un total de ocho sesiones aproximadamente, al ser aplicados los respectivos modelos en el aprendizaje de la flauta dulce.

e) Aplicar un post-test para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos modelos didácticos respecto al aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo en la flauta dulce soprano.

De esta manera, es importante señalar que al quedar dos grupos con dos modelos didácticos diferentes de aprendizaje respectivamente, se pudieron identificar y traducir estas dos metodologías como las variables independientes que pudieron influir significativamente en el resultado final del experimento. Estas variables independientes son

Variable independiente 1 (grupo experimental):

- Uso de un modelo neurodidáctico de gamificación elaborado por los investigadores. Este modelo se conforma del software educativo flutemaster y de una estimulación cognitiva traducida en motivación, experimentación sensorial, procesamiento profundo de la información, guías y retroalimentación del aprendizaje. Se utilizó este modelo neurodidáctico con el grupo experimental para establecer si existieron efectos significativos en el proceso de aprendizaje de este instrumento. El grupo de niños al que se le administró este modelo didáctico, usó esta metodología por una cantidad de dos meses (ocho sesiones aproximadamente) en la clase de música.

Variable independiente 2 (grupo control/comparación):

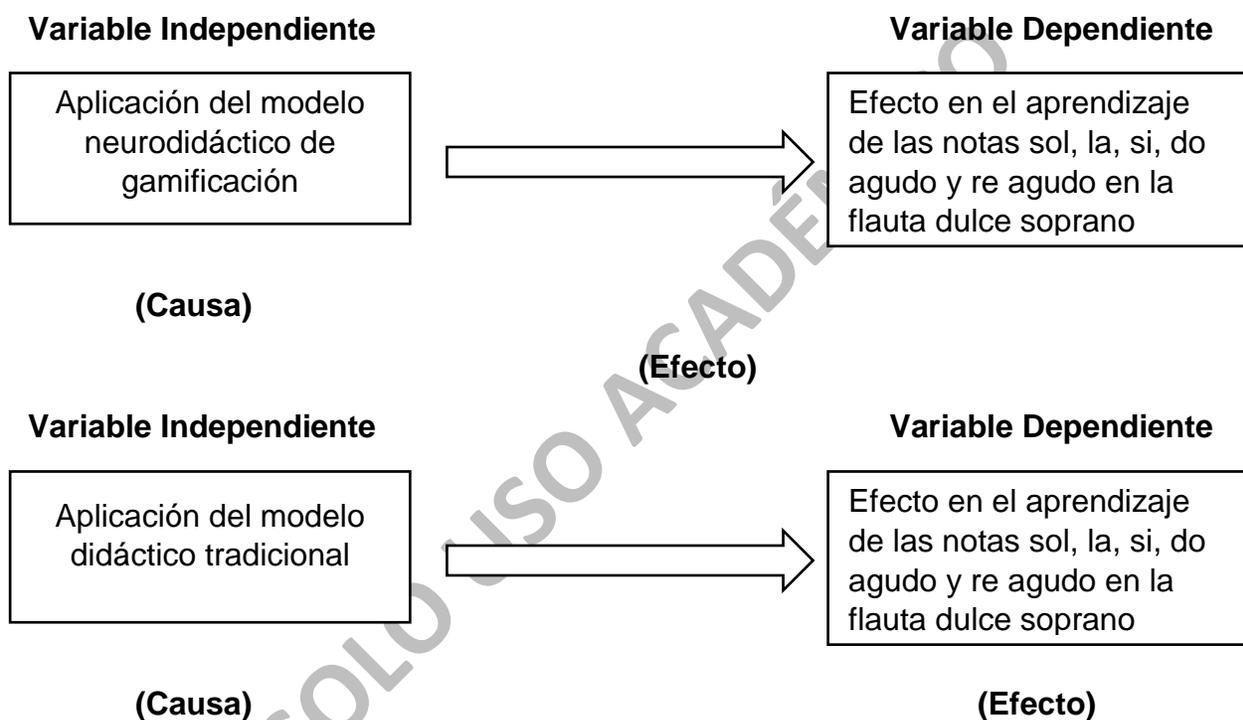
- Uso de un modelo didáctico tradicional guiado por las condiciones socioculturales de la educación formal. Este modelo se conforma del uso de pizarra, partituras, lápiz, papel y evaluaciones en el proceso de aprendizaje. Este método tuvo las mismas condiciones de aprendizaje del modelo neurodidáctico de gamificación (nivel de progresión de aprendizaje, notas a ejecutar, etc.) aunque no con una variedad de estímulos sensoriales y cognitivos como los presentados en el modelo elaborado por los investigadores, no obstante, con este método se presentó el mismo tipo de desafíos y de dificultad de aprendizaje que la otra metodología señalada anteriormente. Es importante recordar que si bien este grupo también cumplió con las características de un tratamiento experimental y no de un grupo testigo o blanco, se denominó grupo control ya que sigue los mismos cánones de un modelo de educación formal según el planteamiento señalado por los investigadores. El grupo de niños al que se le administró este modelo didáctico tradicional, utilizó esta metodología por una cantidad de dos meses en la clase de música.

Por otro lado, la variable dependiente que se identificó y seleccionó como objeto principal de estudio de la presente tesis, fue el aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo en la flauta dulce soprano, variable que por lo demás, estuvo supeditada al efecto que pudo tener cada una de las didácticas aplicadas en la intervención. A su vez, esta variable dependiente se subdividió en las siguientes variables:

- Efectos en el aprendizaje de conocimientos explícitos de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo en la flauta dulce soprano.
- Efectos en el aprendizaje procedimental de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo en la flauta dulce soprano.

Conforme a la identificación y establecimiento de las variables independientes y dependientes de esta investigación cuasi-experimental, se ha elaborado el siguiente esquema de representación gráfico que simboliza el paradigma de la investigación, el diseño seleccionado, el problema de investigación, el tratamiento experimental que se administró en ambos modelos didácticos y las variables a controlar en el desarrollo del experimento.

Esquema N° 3: Variables independientes y dependiente del experimento



Variables a controlar		
a) del estudiante: *que traiga su instrumento para practicar en la clase	b) sala de clases: *que se encuentre equipada con un proyector data, computador y parlantes (en el caso del modelo neurodidáctico de gamificación) *que se encuentre equipada con una pizarra y plumones (en el caso del modelo tradicional de aprendizaje)	c) de los profesores: *manejo de la metodología a aplicar (en cada uno de los modelos didácticos) *manejo del instrumento musical *respetar las sesiones de aplicación del experimento

3.1.2. Funcionamiento teórico/práctico del modelo neurodidáctico de gamificación en el aprendizaje de las notas en la flauta dulce (descripción de la variable independiente aplicada al grupo experimental)

Al principio de la clase, se comienza estimulando la curiosidad de los estudiantes mediante preguntas con el objetivo de comprometerlos a participar y de favorecer la formación de memorias a largo plazo. Para lograrlo, a los alumnos se les presenta un estímulo visual por cada incógnita y un total de cuatro alternativas para responder cada una de las preguntas expuestas. Después de ser presentada la interrogante, los estudiantes levantan su mano para señalar cual es la opción que creen correcta. Este componente del modelo se desprende de una investigación efectuada en la Universidad de California, en Davis, en la cual se arrojaron motivos neurobiológicos por los cuales el cerebro es capaz de recordar la información (Castro, 2015). El estudio señaló que al parecer la curiosidad y expectación que genera un tema ponen al cerebro en un estado en el que se le facilita aprender y retener la información. Según los antecedentes planteados en este estudio, las estructuras neuronales que permiten generar esta activación de la curiosidad son la Amígdala, el Núcleo Acumbens y el Hipocampo (Castro, 2015). El hecho que permitió que se activaran estas áreas cerebrales, fue la de estimular a los participantes con preguntas tipo trivia y la presentación de estímulos ajenos a estas interrogantes. En el caso del modelo neurodidáctico, se estimuló el cerebro de los niños con preguntas acerca de la flauta dulce con el objetivo de motivar su curiosidad mediante un power point. Esto se realizó al comienzo de la clase.

Posteriormente, los estudiantes son invitados a experimentar sensorialmente, a través un software para el aprendizaje de la flauta, la nota a conocer y ejecutar. El programa le da la posibilidad a los niños de aprender una nota musical mediante el método analítico mediante tres canciones por cada nivel o nota a estudiar. Los estudiantes en esta primera instancia del modelo de aprendizaje, solamente conocen y experimentan la nota musical con el respectivo acompañamiento visuoespacial y musical del juego educativo de la canción número uno. En términos neuropsicológicos, se espera que los alumnos activen las áreas sensoriales primarias y secundarias con la experiencia

proporcionada. Según Robert Marzano, psicólogo educacional, estas regiones cerebrales son fundamentales para la posterior formación de memorias a largo plazo en el cerebro (Marzano, 2007). Sin la entrada sensorial de la información en estas áreas, el efecto de la memoria de trabajo y de la memoria a largo plazo será evidentemente nulo.

Luego del primer acercamiento sensorial experimentado por los estudiantes a través del software, el juego indica una cantidad total de puntos obtenidos respecto a la ejecución hecha. El total de puntos alcanzados por los estudiantes en esta primera experiencia sensorial del contenido se anota en la pizarra y se señala con el número uno, referente a la canción uno, más los puntos obtenidos en dicho tema (por ejemplo canción 1 – 30/42 aciertos). Esta validación del puntaje se hace después de que los niños han tocado al menos una segunda vez el tema número uno. A continuación se presenta un ejemplo de lo que aparecerá en la pantalla cuando los niños hayan completado esta primera ronda con el uso del software *flutemaster*.

Fotografía N°2. Ejemplo de primera ronda con tema 1 para el aprendizaje de la nota Si



Después de realizar la validación del puntaje del primer tema en la pizarra, se invita a los niños a ejecutar el segundo tema musical del correspondiente nivel con el objetivo de que se estimulen las neuronas asociativas y la consecuente formación de memorias

en la corteza cerebral. Si bien se repiten los mismos pasos que la primera experiencia sensorial postulada anteriormente, la diferencia que existe entre el primer y segundo acercamiento del contenido a través del software, radica en el proceso de aprendizaje que subyace en esta nueva vivencia educativa; se espera por tanto en términos neuropsicológicos que el cerebro de cada niño comience a asociar significativa y paulatinamente la información proveniente del medio externo, aunque sea de una forma simple e instintiva. Vale decir, que lo que se espera por parte de los investigadores en términos neuropsicológicos, es que la información comience a procesar de manera activa en la memoria de trabajo para consolidarse a posteriori en la memoria de trabajo.

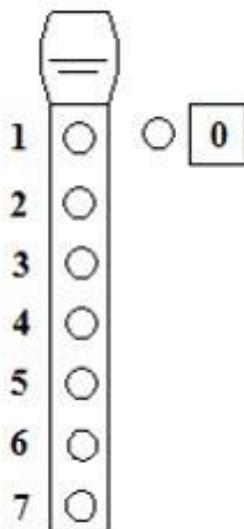
Siguiendo con la próxima fase del modelo neurodidáctico y recordando un paso anterior del mismo, se realiza una validación de puntos de la segunda experimentación sensorial activa realizada por los estudiantes. Esto se hace igual que la vez anterior; la cantidad total de puntos alcanzados por los niños se escribe en la pizarra y se señala con el número dos, referente a la canción dos, más los puntos obtenidos en dicho tema (por ejemplo canción 2 – 38/52 aciertos). Esta validación del puntaje se anota luego de que los niños hayan tocado al menos una segunda vez el tema número dos.

Fotografía N° 3. Ejemplo de primera ronda con tema 2 para el aprendizaje de la nota Si



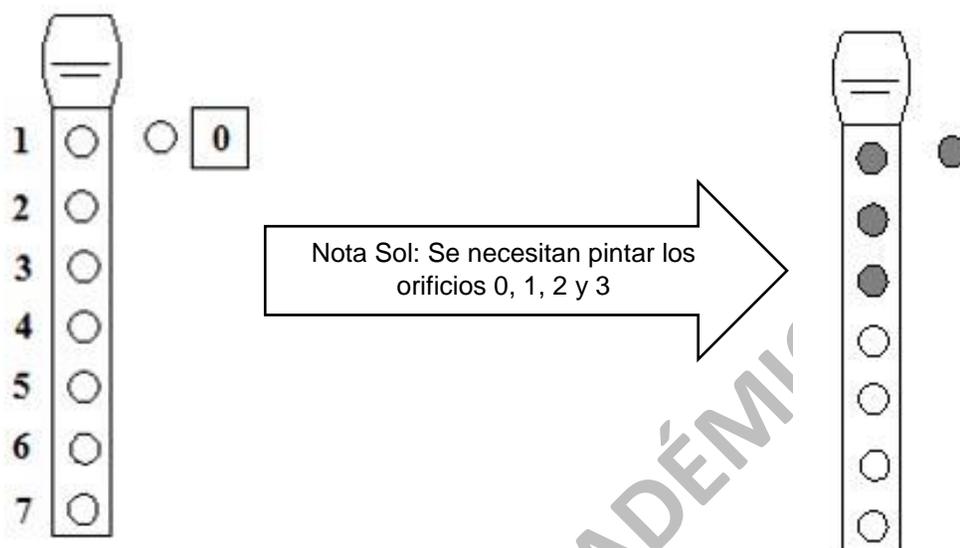
Si bien hasta el momento la información ha sido procesada en el cerebro de una manera activa aunque probablemente no de manera significativa para el estudiante, sino más de forma instintiva, esta fase del modelo neurodidáctico ha sido denominada, según los investigadores, como fase del procesamiento profundo de la información (Gluck y otros, 2009). En esta secuencia del diseño instruccional, se les pide a los estudiantes que se concentren y establezcan conexiones de aprendizaje entre los conocimientos previos que tienen almacenados en su memorias con aquella información que está siendo presentada en ese instante. Para lograrlo, se les muestra en la pizarra un código de números que van desde el 0 hasta el 7 (es decir, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) y que se relacionan de manera individual con cada orificio de la flauta dulce soprano. Vale decir, que el orificio de atrás es el 0, el primer orificio de adelante es el 1, el segundo es el 2 y así, sucesivamente, hasta llegar al 7. A continuación se presenta un modelo de una flauta dulce pura, es decir una en la que solo se muestran los números del 0 al 7, sin que los orificios sean tapados.

Dibujo N° 1. Flauta con códigos numéricos para el aprendizaje de las notas



La importancia de este código número en la fase del procesamiento profundo de la información, se revela cuando se le pide a los estudiantes establecer relaciones visuoespaciales entre la nota que se ha experimentado sensorialmente con el software y el número asignado para cada orificio. Un ejemplo de esto, sería que si después de haber ejecutado en la flauta dulce las dos primeras canciones correspondientes al nivel de la nota sol y se haya anotado en la pizarra el puntaje cosechado por los jugadores, se escribiera en la pizarra una flauta con el código numérico para que los niños solamente posando los dedos en el instrumento realicen el enlace significativo entre orificio y número cuando se les solicite. En el caso de esta nota (sol) los niños tendrían que responder en un tanto conceptual como procedimentalmente que para ejecutar esta nota se tendrían que tapar los orificios 0, 1, 2 y 3. La idea de por qué se quiso incluir este sistema para el procesamiento de la información como componente del modelo neurodidáctico de gamificación, nace a partir de una investigación realizada en neurociencias por Davachi y colaboradores, en la cual el objetivo era conocer cómo funcionaba el cerebro de un grupo de individuos al pedirles que procesaran una palabra de dos maneras diferentes; la primera era que pronunciaran una palabra al revés (por ejemplo FELIZ como ZILEF) y la segunda condición era la de generar una imagen mental respecto a ese vocablo. El estudio demostró que la condición de pronunciar la palabra era una estrategia cognitiva muy superficial, mientras que la de generar una imagen producía una mejora en términos del recuerdo de la información (Gluck y otros, 2009). En términos neurobiológicos, se demostró que la condición de generar una imagen generó una gran actividad cerebral en la corteza frontal izquierda, el hipocampo izquierdo y las áreas cercanas al lóbulo temporal medial, regiones cerebrales que están implicadas con el procesamiento de la información a largo plazo (Gluck y otros, 2009). A continuación se presenta un ejemplo de cómo los niños podrían enlazar la información previa con la nueva utilizando este sistema numérico propuesto por los tesisistas en el aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo.

Dibujo N° 2 y 3 Ejemplo del proceso de representación simbólica utilizando los códigos numéricos



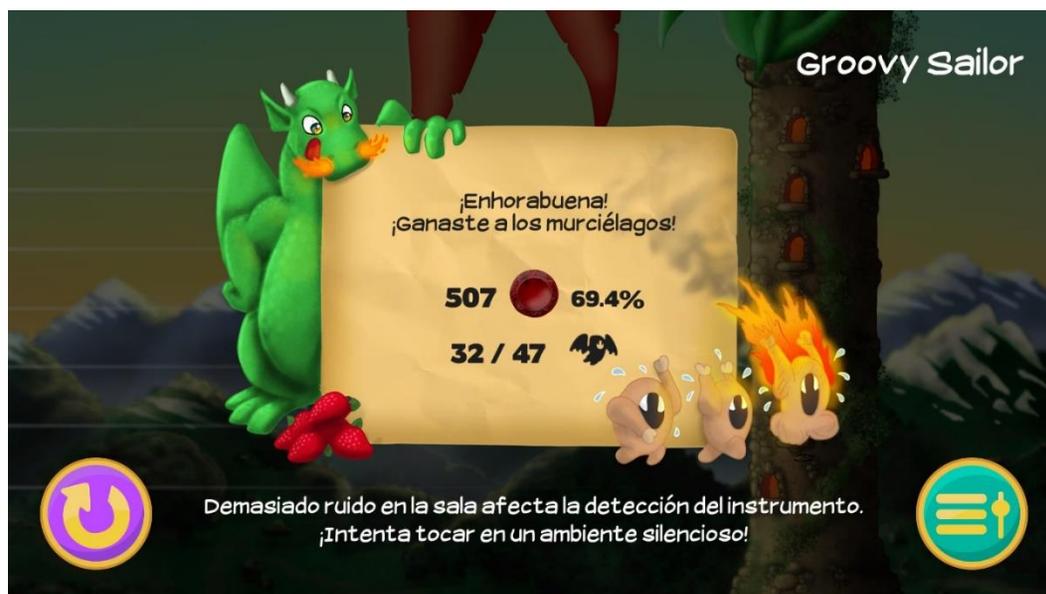
Al completar esta fase de procesamiento significativo de la información y de la experimentación sensorial realizada previamente, se da paso a la tercera fase de experiencia sensorial con el software.

En la tercera fase de experimentación sensorial, se invita a los niños a ejecutar el tercer y último tema musical del nivel que se está jugando en el flutemaster. En este periodo del modelo, se espera que los niños sean más conscientes de su aprendizaje y de la nota que están ejecutando en la flauta dulce. Por tanto, lo que se espera en términos neuropsicológicos es que la información se esté asociando cada vez a nivel neuronal, producto de la repetición suministrada por el modelo y por el enlace significativo que se genera entre la información sensorial y los esquemas cognitivos almacenados.

Después de pasar por este tercer nivel de experimentación sensorial con el software educativo, se realiza una tercera validación de puntos respecto a esta experiencia de aprendizaje gamificada. Y tal como se hizo en las dos veces anteriores, se anota en la pizarra el número de la canción (en este caso la número tres) y el total de

la cifra numérica cosechada por los niños en el tema musical (por ejemplo canción 3 – 32/47 aciertos). Al igual que las veces previas, esta validación del puntaje se escribió después de que los alumnos hayan ejecutado, al menos en una segunda oportunidad, la canción número tres.

Fotografía N° 4. Ejemplo de primera ronda con tema 3 para el aprendizaje de la nota Si



Luego de haber recibido esta tercera validación de puntaje, se decidió incluir en el modelo neurodidáctico para el aprendizaje de la flauta, una fase de retroalimentación cognitiva mediante la escritura. Esta fase de retroalimentación cognitiva del aprendizaje supone un recurso didáctico para la formación y/o consolidación de las memorias respecto al contenido estudiado. Según la Dra. Berninger, al escribir se activan en el cerebro las áreas relacionadas con la motricidad, estas son las áreas de planificación y del control motor. No obstante, según ella esto adquiere aún más relevancia ya que se activa el giro fusiforme, una región cerebral en donde el lenguaje y lo visual se combinan. Es en esta circunvolución, el giro fusiforme, en donde los estímulos se convierten en letras y palabras escritas (Klass, 2016).

Además muchos neurocientíficos argumentan que el hecho de escribir a mano sería un elemento significativo para el neurodesarrollo y su no inclusión en el currículo podría traer graves consecuencias para el cerebro tales como disfunciones en las funciones ejecutivas, rendimiento académico o memoria. Con el desarrollo de la tecnología, la escritura ha ido quedando de lado y con eso los aportes que tiene para el cerebro. Parece ser que en los niños que tienen un desarrollo normal del cerebro, las redes neuronales que activan al momento de teclear en un dispositivo electrónico no son las mismas que cuando escriben en papel (Klass, 2016). Para los investigadores, este ejemplo en ningún caso es para demostrar que las nuevas tecnologías deberían eliminarse del currículo y la didáctica escolar, sino más bien es para explicar que la escritura puede ser un gran apoyo en lo que refiere a la tecnología didáctica y en consecuencia, en el proceso educativo. Los tesisistas sostienen que este componente de retroalimentación de la información mediante la escritura puede vincular ambas tecnologías (escritura y el uso del software) y así potenciar de manera integral el proceso de aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo en la flauta dulce soprano.

Complementando esta fase del procesamiento propuesto por los investigadores, el modo en que opera esta parte del modelo neurodidáctico de aprendizaje, es principalmente a través del sistema de símbolos explicado previamente en la fase del procesamiento profundo de la información. Es decir, que los niños al escribir la información en el papel, no solamente la están recordando, sino que además están estableciendo conexiones neuronales entre la información previa y la nueva, a través del refuerzo cognitivo de la escritura. Una aplicación de esto puede ser que si en la clase de música se está estudiando la nota sol, luego de haber pasado taxonómicamente por los niveles correspondientes a este modelo neurodidáctico, los estudiantes tendrían que enlazar significativamente la información sensorial de la nota sol escribiendo que esta nota se hace tapando los orificios 0, 1, 2 y 3; además de esto tendrían que colorear en la hoja proporcionada, los orificios de la flauta dulce que son parte de esta misma nota musical.

Ya en la penúltima fase del modelo neurodidáctico, se invita a los niños a ejecutar las tres canciones del nivel establecido para la nota que se está aprendiendo. En esta cuarta fase de experimentación sensorial que se concibe más bien como una práctica integradora de los conocimientos y habilidades adquiridas en la clase de música, los estudiantes aplican contextualmente la nota en curso como una forma de reforzar el contenido estudiado en la clase. Para lograr esto, se explica a los estudiantes que se tocarán nuevamente los tres temas musicales del nivel correspondiente a la nota que se está estudiando de la misma manera en que fueron presentados en la clase, es decir: en primer lugar, la canción número uno, en segundo lugar, la canción número dos, y en tercer lugar, la canción número tres.

Finalizando con la última etapa del modelo neurodidáctico, en esta fase de aprendizaje, el profesor anotará el puntaje final obtenido por los niños en cada uno de los tres temas del nivel correspondiente. Al tocar cada canción nuevamente como parte de esta experiencia gamificada de aprendizaje, el fin que tiene esta última vivencia en el modelo elaborado es que los niños puedan superarse a sí mismos en afinidad a los resultados obtenidos previamente en la clase. Por tanto, se espera que los alumnos cultiven mediante esta fase del modelo experimental, una mentalidad de crecimiento con el objetivo de que comparen su nuevo desempeño con el propio obtenido previamente al principio de la instrucción. Según las investigaciones realizadas por psicóloga Carol Dweck, las personas tienen dos tipos de mentalidad: una de tipo fijo y una de tipo creciente (Guillén, 2015). Dweck, sostiene que la mentalidad de tipo creciente es aquella que usa un individuo cuando cree que sus habilidades personales pueden siempre potenciarse y desarrollarse, es decir, no tiene límites. En cambio la mentalidad de tipo fija, es una mentalidad muy limitante, en la cual un individuo con estas características es menos perseverante y menos propenso a los nuevos desafíos y retos. Complementando esta idea, los estudios en neurociencias demuestran que al parecer la gente con mentalidad de crecimiento presenta mayor activación frente a los desafíos y nuevos retos que la gente con mentalidad fija (Guillén, 2015). Se ha incluido este concepto del *mind set* en esta parte del modelo neurodidáctico, ya que los investigadores sostienen que a

lo largo del proceso, la motivación intrínseca que pueda ser generada en los niños que usen este modelo, será mayor ya que compararán su desempeño con el logrado en las clases previas.

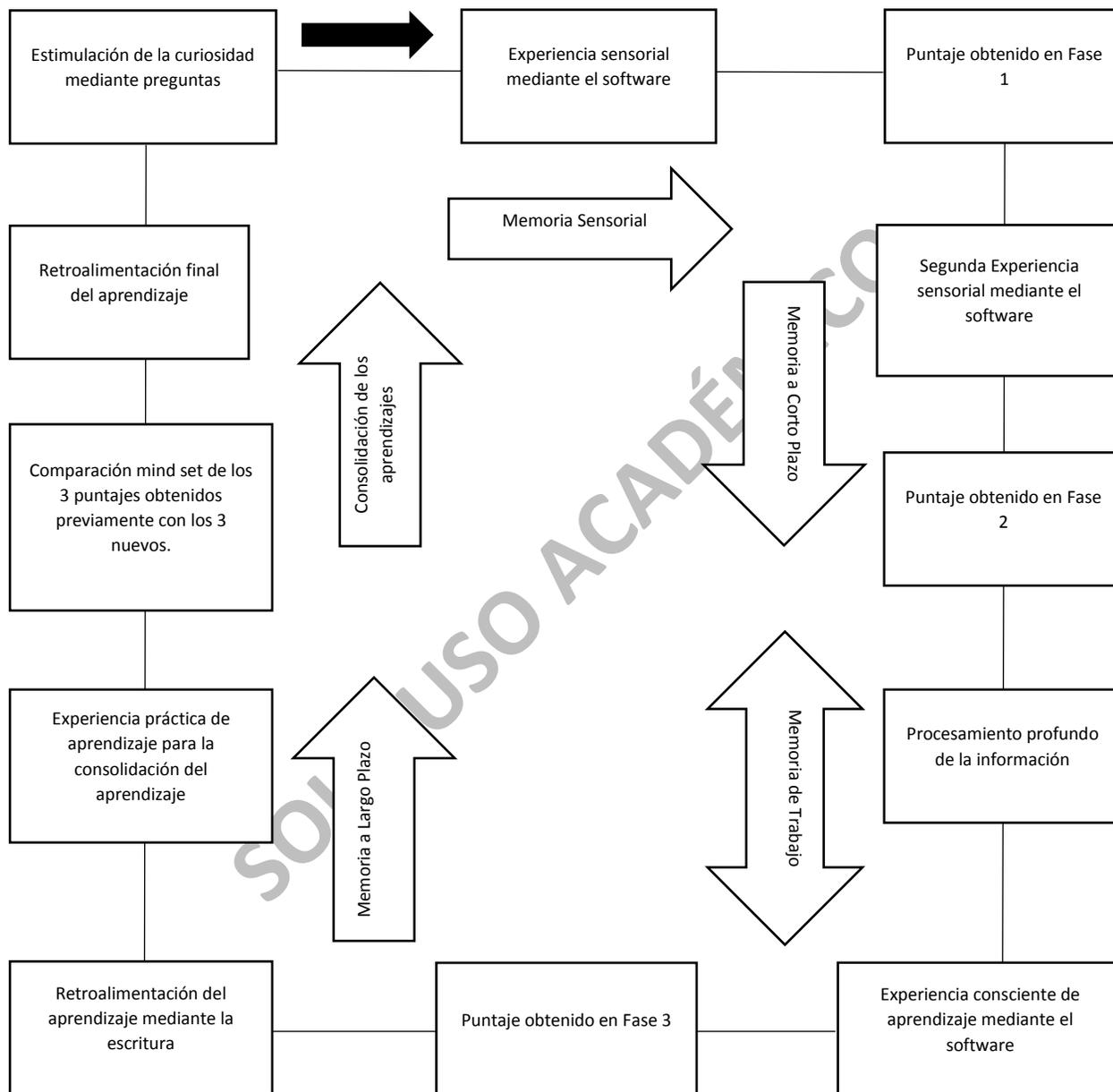
Para materializar esta última idea en el modelo neurodidáctico sugerido en esta investigación, se escriben los nuevos resultados a la derecha de los alcanzados anteriormente, anotando debidamente las cifras numéricas de cada canción y el título del tema musical. Esto para establecer una comparación numérica entre el antes y el después de la nota musical que se está estudiando (ejemplo canción 1 – 30/42 aciertos / canción 1 – 39/42 aciertos). En el caso de que los niños no alcancen a igualar o superar el puntaje obtenido la primera vez en esta nueva ronda de práctica, se les puede invitar nuevamente a repetir la experiencia para que logren el objetivo señalado en esta fase del modelo. Después de hacer esto, la clase finaliza y con ello el reinicio del modelo neurodidáctico para la próxima lección.

Fotografía N° 5. Ejemplo de segunda ronda con tema 1 para el aprendizaje de la nota Si



A continuación, se presenta un esquema que representa el funcionamiento del modelo neurodidáctico de gamificación elaborado por los investigadores.

Esquema N° 2: Funcionamiento del modelo neurodidáctico de gamificación



Fuente: Elaboración propia

3.2. Hipótesis aplicadas a los resultados

Como parte de la planificación del marco metodológico, los investigadores sugieren la aplicación de las siguientes hipótesis respecto a los resultados obtenidos y la comparación de los mismos mediante las correspondientes pruebas estadísticas.

H0: No existe una diferencia estadísticamente significativa en el puntaje total obtenido de la prueba entre los niños en los cuales se aplica el modelo neurodidáctico de gamificación creado por los investigadores y los niños en los cuales se utiliza un modelo didáctico tradicional.

H1: Existe una diferencia estadísticamente significativa en el puntaje total obtenido de la prueba entre los niños en los cuales se aplica el modelo neurodidáctico de gamificación creado por los investigadores y los niños en los cuales se utiliza un modelo didáctico tradicional.

3.3. Universo, población de referencia y muestra

El universo estuvo conformado por la comunidad escolar de todos los establecimientos educacionales de la región metropolitana.

La población de referencia estuvo representada por la comunidad educativa de los establecimientos municipales de la comuna de Las Condes

La muestra bajo estudio, estuvo conformada por 36 estudiantes del grupo experimental en los que se aplicó una didáctica tradicional, y 35 estudiantes del grupo experimental que fueron sometidos a la intervención del modelo neurodidáctico de gamificación diseñado por los investigadores. Ambos grupos pertenecieron a un mismo establecimiento municipal de la comuna de Las Condes.

3.4. Instrumentos Y Técnicas De Análisis

Al ser escogido un diseño de investigación cuasi-experimental que permite comparar los resultados de aprendizaje respecto a las notas sol, la si, do agudo y re agudo de la flauta dulce soprano entre dos grupos diferentes, los investigadores

sostienen que la mejor forma de obtención de los datos, es a través de un test que pueda medir y cuantificar los conocimientos y habilidades en relación a la variable de estudio.

Sin embargo como la variable independiente que se está estudiando (notas sol, la, si, do agudo y re agudo en la flauta dulce soprano) no posee ningún test estandarizado que la pueda medir, los investigadores tomaron la decisión de ellos mismos elaborar un instrumento que pueda evaluar y cuantificar las conductas asociadas al aprendizaje de estas notas musicales.

Para lograrlo, se identificó, seleccionó y dividió la variable dependiente de la presente investigación en diferentes aspectos relacionados con el aprendizaje. A su vez, esta sub-clasificación de la variable dependiente desarrollada por los investigadores, permitió que la construcción del instrumento opere de manera objetiva y funcional al momento de ser aplicado.

En las siguientes páginas se presentan la tabla de operacionalización de la variable dependiente correspondiente al estudio del modelo neurodidáctico de gamificación.

SOLO USO ACADÉMICO

Tabla N° 3: Operacionalización de las variables (primera parte)

Variable	Tipo de Variable	Operacionalización	Categorización Dimensiones
Notas sol la, si, do agudo y re agudo en la flauta dulce soprano	Dependiente	<p>Nota Sol: Frecuencia de 1584 Hz. Se ejecuta tapando el orificio de atrás y los tres primeros orificios de adelante.</p> <p>Nota La: Frecuencia de 1760 Hz. Se ejecuta tapando el orificio de atrás y los dos primeros orificios de adelante.</p> <p>Nota Si: Frecuencia de 1980 Hz. Se ejecuta tapando el orificio de atrás y el primer orificio de adelante.</p> <p>Nota Do Agudo: Frecuencia de 2112 Hz. Se ejecuta tapando el orificio de atrás y el segundo orificio de adelante.</p> <p>Nota Re Agudo: Frecuencia de 2376 Hz. Se ejecuta tapando el orificio de atrás y los dos primeros orificios de adelante.</p>	1.- Conceptual
			2.- Procedimental motor

Fuente: Tomado y modificado de <http://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.cl/2013/08/que-es-operacionalizacion-de-variables.html>

Tabla N° 3.1: Operacionalización de las variables (segunda parte)

Definición	Indicador	Nivel de Medición	Unidad de Medida	Instrumento
(1.- Conceptual) Aprendizaje asociado a la memoria de tipo declarativa o explícita. Este tipo de información se asocia al qué y se almacena en proposiciones. Dichas proposiciones son capaces de formar redes complejas de información.	Reconocer notas musicales de la flauta dulce marcando la alternativa correcta	Intervalar o numérica	Puntos	Test (ítem 1)
	Pintar orificios según la nota solicitada	Intervalar o numérica	Puntos	Test (ítem 2)
(2. Procedimental motor) Aprendizaje asociado a la memoria de tipo implícita o de habilidades motoras. Este tipo de aprendizaje no se puede ser declarado verbalmente. Se asocia al cómo en términos motores. El proceso de aprendizaje motor se va automatizando con la práctica.	Tapar los orificios de la flauta dulce en la nota solicitada	Intervalar o numérica	Puntos	Test (ítem 3)

Fuente: Tomado y modificado de <http://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.cl/2013/08/que-es-operacionalizacion-de-variables.html>

Según el planteamiento sostenido por los investigadores respecto a lo que significa aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo, ellos establecieron que este se configura en dos aspectos: aprendizaje conceptual y aprendizaje procedimental motor. Para el diseño del instrumento en cuestión se tomaron como referencia ciertos niveles taxonómicos de aprendizaje para la evaluación de ambas categorías.

Para el dominio de habilidades cognitivas correspondiente al aprendizaje conceptual de las notas en la flauta dulce, se seleccionaron los niveles de aprendizaje

reconocimiento y comprensión debido a que son procesos cognitivos básicos relacionados con la memoria que no requieren de un análisis profundo o síntesis de la información (Gallardo, 2010), es decir, según los investigadores son el sustrato cognitivo necesario para medir el impacto de ambas metodologías en un nivel de aprendizaje conceptual básico.

Por su parte, para el dominio de habilidades motoras perteneciente a la definición operacional de aprendizaje procedimental motor de las notas en la flauta dulce, se estableció el nivel de aprendizaje reconocimiento, debido a que es un nivel taxonómico que mide el recuerdo asociado de un movimiento sin la necesidad de que esta información motora sea procesada de manera profunda (Gallardo, 2010). Según los autores este nivel taxonómico de testeo psicomotriz puede proporcionar información respecto al recuerdo de las notas aprendidas con las didácticas correspondientes.

Cabe destacar que para la creación de cada una de las tablas de especificaciones pertenecientes a los dominios de habilidades cognitivas y motoras, se utilizó la taxonomía de aprendizaje de Marzano y Kendall (Marzano y Kendall, 2007). Estas se presentan a continuación mediante el siguiente formato.

Tabla N° 4. Especificaciones para el dominio de habilidades cognitivas

Contenidos/Objetivos	Reconocimiento	Comprensión	Análisis	Aplicación	Total de preguntas por contenido
Concepto de notas sol, la, si, do agudo y re agudo de la flauta dulce soprano	4	4			8

Fuente: tomado y adaptado de Gallardo, K. (2010). Manual de uso de la nueva taxonomía de Robert Marzano y John Kendall.

Tabla N° 4.1. Especificaciones para el dominio de habilidades motoras

Contenidos/Objetivos	Reconocimiento	Comprensión	Análisis	Aplicación	Total de preguntas por contenido
Notas sol, la, si, do agudo y re agudo de la flauta dulce soprano	15				15

Fuente: tomado y adaptado de Gallardo, K. (2010). Manual de uso de la nueva taxonomía de Robert Marzano y John Kendall.

El instrumento utilizado en esta investigación fue sometido a la revisión de expertos (profesores de música, neurociencias, currículum y evaluación) debido a que no es un test estandarizado para medir la variable de estudio en cuestión. El objetivo de realizar esta consultoría fue validar el test en los aspectos de la redacción, el contenido, si es apto para la edad de los niños en los que se está aplicando, si mide lo que se pretende medir, etc. En otras palabras se buscó desarrollar un instrumento válido y seguro al momento de recolectar los datos de la investigación.

Respecto a la técnica de análisis utilizada en la presente tesis, los investigadores tomaron la decisión de usar una prueba estadística de tipo paramétrica debido a que la variable de estudio perteneciente a la investigación es de tipo cuantitativa. Específicamente, se ha optado por utilizar la prueba paramétrica T de Student porque es una prueba que permite comparar y valorar si las medias de dos grupos establecen diferencias estadísticamente significativas entre ambos, esto siempre y cuando se cumplan los supuestos de distribución normal e igualdad de varianzas (Gómez-Gómez, Danglot-Banck y Vega-Franco, 2013). Sin embargo, cuando estos supuestos o filtros no se comportan de la manera esperada al momento de analizar los datos en la prueba T de Student, hay que aplicar una prueba estadística de tipo no paramétrica para lograr el objetivo planteado al comienzo de la investigación. En el caso de que esto ocurra, se tiene que aplicar la prueba estadística U de Mann-Whitney (Universidad de Barcelona, 2017) tal como lo señala el siguiente flujograma.

Tabla N° 5. Flujograma para elegir la prueba estadística adecuada

Grupos	Objetivos	Distribución normal	Distribución no normal	Binomial
Dos	No pareados	Prueba de T de Student no pareada	U de Mann-Withney	Prueba exacta de Fisher (χ^2 para muestras grandes)
Dos	Pareados	Prueba de T de Student pareada	Wilcoxon	McNemar

Fuente: Tomado y adaptado de Gómez-Gómez M y cols. Cómo seleccionar una prueba estadística

Un análisis más prolongado y detallado de la selección de la prueba estadística se realizará en siguiente capítulo en el cual se presentará los resultados obtenidos a partir de los datos recolectados. Se señala además que para realizar el análisis de los datos recogidos con el instrumento, los investigadores optaron por utilizar el programa estadístico IBM SPSS Statistics Versión 24.

SOLO USO ACADÉMICO

CAPÍTULO IV: RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

4.1. Corroboración de los datos estadísticos

Antes de realizar el correspondiente análisis estadístico de los datos obtenidos antes y después de la intervención con el respectivo instrumento de evaluación, se presenta nuevamente la hipótesis planteada anteriormente en el capítulo tres.

H0: No existe una diferencia estadísticamente significativa en el puntaje total obtenido de la prueba entre los niños en los cuales se aplica el modelo neurodidáctico de gamificación creado por los investigadores y los niños en los cuales se utiliza un modelo didáctico tradicional.

H1: Existe una diferencia estadísticamente significativa en el puntaje total obtenido de la prueba entre los niños en los cuales se aplica el modelo neurodidáctico de gamificación creado por los investigadores y los niños en los cuales se utiliza un modelo didáctico tradicional.

Para determinar si existe una diferencia estadística entre ambas metodologías educativas al momento de aplicar la prueba de análisis de resultados, los investigadores optaron por utilizar un nivel de significancia α (alfa) de un 5%, esto porque es el porcentaje de error comúnmente utilizado en el ámbito de la investigación en ciencias sociales (Molina, 2016). El nivel alfa 5% puede ser también expresado con la cifra decimal 0.05.

Se establece por tanto que $\alpha = 0.05$, y que dicho grado de significancia será utilizado para las diferentes mediciones estadísticas a realizar con los datos obtenidos.

Por otra parte, y tal como se mencionó previamente, esta investigación al ser un estudio transversal que tiene por objetivo principal comparar los resultados obtenidos en dos tratamientos diferentes que fueron aplicados de manera paralela en el aula (modelo neurodidáctico de gamificación y modelo didáctico tradicional) en relación a las mediciones pre y post test, los investigadores escogieron la prueba estadística T de Student.

Dicha prueba fue seleccionada debido a que permite comparar si existen o no, diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los dos grupos independientes a partir de la hipótesis sugerida previamente. Sin embargo, y porque así lo establecen los parámetros de medición estadística, se sabe que antes de ejecutar la prueba T de Student y calcular la significancia estadística producto de la comparación entre ambas medias, hay que corroborar dos supuestos estadísticos preliminares: la distribución de normalidad de los datos y el supuesto de igualdad de varianzas (citar Gómez).

El supuesto de normalidad, establece que se debe corroborar si la variable aleatoria en los grupos en los cuales ha sido administrado el respectivo tratamiento, se comporta normalmente. Para comprobar esto, se utiliza la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) cuando la muestra supera la cantidad de 30 individuos (> 30) o bien, la prueba de Chapiro Wilk cuando la muestra es inferior a 30 individuos (< 30). El criterio para concluir si la variable aleatoria se distribuye de forma normal es tomando lo siguiente:

- a) Si el P-valor obtenido en esta prueba es igual o mayor ($= >$) a α (0.05), se debe aceptar H_0 , lo cual significa que los datos provienen de una distribución normal.
- b) Si el P-valor obtenido en esta prueba es menor ($<$) a α (0.05), se debe aceptar H_1 , lo cual establece que los datos no provienen de una distribución normal.

En el caso de la presente investigación, al existir un total de 71 casos y por tanto superar el rango de 30 individuos, se llevó a cabo la prueba de K-S para determinar si la variable aleatoria se comportaba normalmente.

Por otra parte, el filtro o supuesto de igualdad de varianzas, señala que se debe corroborar si las varianzas de cada grupo se comportan de manera igual o distinta. Esto se realiza utilizando la prueba de Levene. Para confirmar si existe igualdad de varianzas entre ambos grupos, se establecen los siguientes criterios estadísticos:

- a) Si el P-valor obtenido en esta prueba es igual o mayor ($=>$) a alfa, se debe aceptar H_0 , lo cual significa que las varianzas entre ambos grupos son iguales

b) Si el P-valor obtenido en esta prueba es menor ($<$) a alfa, se debe aceptar H1, lo cual establece que si existe diferencia significativa entre las varianzas de ambos grupos.

Si ambos filtros son aprobados con éxito, prueba de normalidad y eventualmente la de igualdad de varianzas, entonces se puede proceder a realizar el análisis estadístico con la prueba T de Student. Previo a esto, se procede a presentar las medias de cada grupos respecto al puntaje obtenido en las mediciones pre y post test.

Tabla N° 6: Medias obtenidas en mediciones pre y post en cada modelo

Dato	Grupo	Media obtenida
Puntaje total obtenido en la prueba de flauta dulce – Pre Test	Modelo Neurodidáctico de Gamificación	13,9143
	Modelo Didáctico Tradicional	13,3056
Puntaje total obtenido en la prueba de flauta dulce – Post Test	Modelo Neurodidáctico de Gamificación	27,9091
	Modelo Didáctico Tradicional	27,9688

Posteriormente a haber presentado las medias obtenidas de cada metodología aplicada antes y después de la intervención, los investigadores realizaron la prueba de normalidad y de igualdad de varianzas con los datos obtenidos para concluir si es factible realizar la prueba T de Student.

Tabla N° 7: Resumen de Casos en Puntaje Total de prueba flauta dulce en la medición Pre Test

Didáctica	N de casos válidos	Porcentaje	N de casos perdidos	Porcentaje	N de casos totales	Porcentaje
Modelo Neurodidáctico de Gamificación	35	100,0%	0	0,0%	35	100,0%
Modelo Didáctico Tradicional	36	100,0%	0	0,0%	36	100,0%

Tabla N° 8: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov en Puntaje Total de prueba flauta dulce Pre Test (Tomado de análisis de datos SPSS versión 24)

Didáctica	Significancia	Mayor, menor o igual a α (0.05)	Validez para la distribución normal de los datos
Modelo Neurodidáctico de Gamificación	,010	Mayor	Los datos provienen de una distribución normal
Modelo Didáctico Tradicional	,000	Menor	Los datos no provienen de una distribución normal

En el caso del análisis estadístico realizado en el apartado de Puntaje total obtenido en la prueba de flauta dulce – Pre Test en ambos grupos, la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov señaló que los datos se comportaron de forma normal solamente en un grupo, mientras que en el otro esto no ocurrió. Se asumió por tanto, en términos estadísticos, que al no existir una significancia (P-Valor) mayor al valor α establecido por los investigadores (0.05), no fue posible hacer una comparación estadística de los promedios obtenidos entre ambos grupos.

Tabla N° 9: Resumen de Casos en Puntaje Total de prueba flauta dulce Post Test

Didáctica	N de casos válidos	Porcentaje	N de casos perdidos	Porcentaje	N de casos totales	Porcentaje
Modelo Neurodidáctico de Gamificación	33	94,3%	2	5,7%	35	100,0%
Modelo Didáctico Tradicional	32	88,9%	4	11,1%	36	100,0%

Tabla N° 10: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov en Puntaje Total de prueba flauta dulce Post Test

Didáctica	Significancia	Mayor, menor o igual a α (0.05)	Validez para la distribución normal de los datos
Modelo Neurodidáctico de Gamificación	,200	Mayor	Los datos provienen de una distribución normal
Modelo Didáctico Tradicional	,004	Menor	Los datos no provienen de una distribución normal

Ahora en el caso del análisis estadístico realizado en el apartado de Puntaje total obtenido en la prueba de flauta dulce – Pos Test en ambos grupos, la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov estableció un resultado similar al presentado anteriormente, es decir, que solamente uno de los grupos mostró una distribución normal de los datos. En consecuencia, se dedujo nuevamente en términos estadísticos que, al no existir una significancia (P-Valor) mayor al valor α establecido por los investigadores (0.05) en esta medición, no fue posible realizar una comparación estadística de los promedios obtenidos en la prueba post test de flauta dulce. En consecuencia, los datos analizados al no provenir de una distribución normal, en el puntaje total obtenido en las mediciones pre y post test de cada uno de los modelos didácticos, los investigadores tomaron la decisión de no realizar la prueba de igualdad de varianzas de Levene para corroborar ese supuesto. Por lo mismo, se señala que tampoco fue posible efectuar la

prueba de T de Student para comparar los promedios obtenidos en ambas metodologías. Tal como se señaló anteriormente, en el caso de que no pudiera ser aplicada la prueba T de Student por no ser superados los filtros estadísticos, se utilizaría la prueba estadística U de Mann-Whitney (Gómez y otros). Si bien hay autores que sostienen que puede ser aplicada la prueba T de Student a pesar de que los datos no se distribuyan de manera normal (Sánchez, 2015), los investigadores optaron por utilizar una prueba estadística que se acomode al contexto de los filtros estadísticos, que como ocurrió en este caso, no pudieron superarse al ser aplicada la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

4.2. Resultados

La U de Mann-Whitney, es una prueba estadística de tipo no paramétrica que compara las medianas entre dos muestras independientes (Universidad de Barcelona, 2017). Los datos a comparar pueden provenir de una variable ordinal o de una cuantitativa con libre distribución, como lo es en el presente caso. Se sugiere en lo posible utilizar esta prueba estadística cuando se hayan explorado algunos métodos gráficos o algebraicos (por ejemplo la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov o ShapiroWilk). Es importante señalar que la U de Mann-Whitney debe ser utilizada cuando el objetivo sea comparar dos muestras independientes (Rivas-Ruiz y otros, 2013). Dicho argumento es el que explica porque los investigadores decidieron efectuar dicha prueba estadística. Para llevarla a cabo, al igual que con la prueba T de Student, se utilizó el programa SPSS Statistics Versión 24. Para determinar si se acepta la Hipótesis alterna o nula planteada por los investigadores al comienzo de la tesis o bien de este mismo capítulo, se utilizarán el siguiente criterio con un alfa del 0.05.

- a) Si la significancia obtenida en la prueba U de Mann-Whitney es mayor a 0.05 entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.
- b) Si la significancia obtenida en la prueba U de Mann-Whitney es inferior a 0.05 entonces se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla N° 11: Medianas de cada grupo respecto al puntaje obtenido en las mediciones pre y post test

Dato	Grupo	Mediana
Puntaje total obtenido en la prueba de flauta dulce – Pre Test	Modelo Neurodidáctico de Gamificación	14,00
	Modelo Didáctico Tradicional	12,00
Puntaje total obtenido en la prueba de flauta dulce – Post Test	Modelo Neurodidáctico de Gamificación	27,00
	Modelo Didáctico Tradicional	27,50

A simple vista, se puede observar que la mediana entre el modelo neurodidáctico de gamificación y el modelo didáctico tradicional en el puntaje obtenido en la prueba de flauta dulce – pre test, establece una diferencia estadística significativa aparentemente nula (14 para el modelo neurodidáctico y 12 para el modelo didáctico tradicional). Al parecer, este mismo hecho ocurrió también con la medición post test en ambos modelos de aprendizaje (27 para el modelo neurodidáctico de gamificación y 27,5 para el modelo didáctico tradicional). Para comprobar si existieron diferencias significativas entre ambos grupos, se aplicó esta segunda prueba estadística escogida por los investigadores (U de Mann-Whitney).

Como esta prueba se aplica sin la necesidad de que los datos provengan de una distribución normal (a diferencia de la prueba T de Student en la que los datos si debían cumplir con este requisito), se procede a presentar los datos analizados con el software SPSS Versión 24 para comparar si las medianas obtenidas en cada prueba-grupo en función de la medición realizada (pre y pos test) son estadísticamente significativas entre sí.

Tabla N° 12 Mediana del Puntaje Total de prueba flauta dulce en la medición Pre Test

Dato	Grupo	Mediana
Puntaje total obtenido en la prueba de flauta dulce – Pre Test	Modelo Neurodidáctico de Gamificación	14,00
	Modelo Didáctico Tradicional	12,00

Gráfico N° 1: Comparación de puntaje pre test a través de las medianas

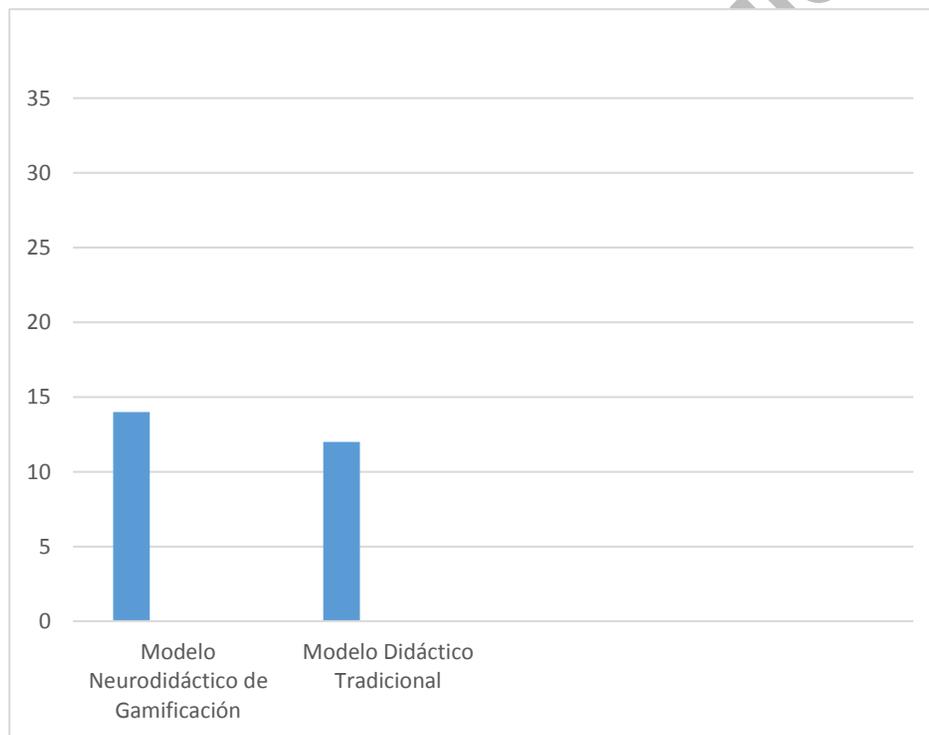


Tabla N°13: Prueba U de Mann-Whitney en Puntaje Total de prueba flauta dulce Pre Test (Tomado de análisis de datos SPSS versión 24)

Estadísticos de prueba	
U de Mann-Whitney	546,500
Significancia asintótica (bilateral)	,319

Como puede observarse, el análisis estadístico del programa SPSS establece que la mediana de cada metodologías es similar en la medición pre test (14,0 para el modelo neurodidáctico de gamificación y 12,00 para el modelo didáctico tradicional), algo parecido a lo mostrado anteriormente en la tabla 6 de las medias, lo cual indica que al parecer, no hubieron diferencias significativas entre un curso y otro antes de la intervención. De hecho, al realizar la interpretación estadística de la prueba U de Mann de Whitney proporcionada por el software SPSS, se determina que el P-Valor o grado de significancia obtenido (0,319) al ser mayor que el nivel alfa de 0,05, se acepta la hipótesis nula la cual sostiene que no existe una diferencia estadística significativa entre ambos grupos antes de la intervención.

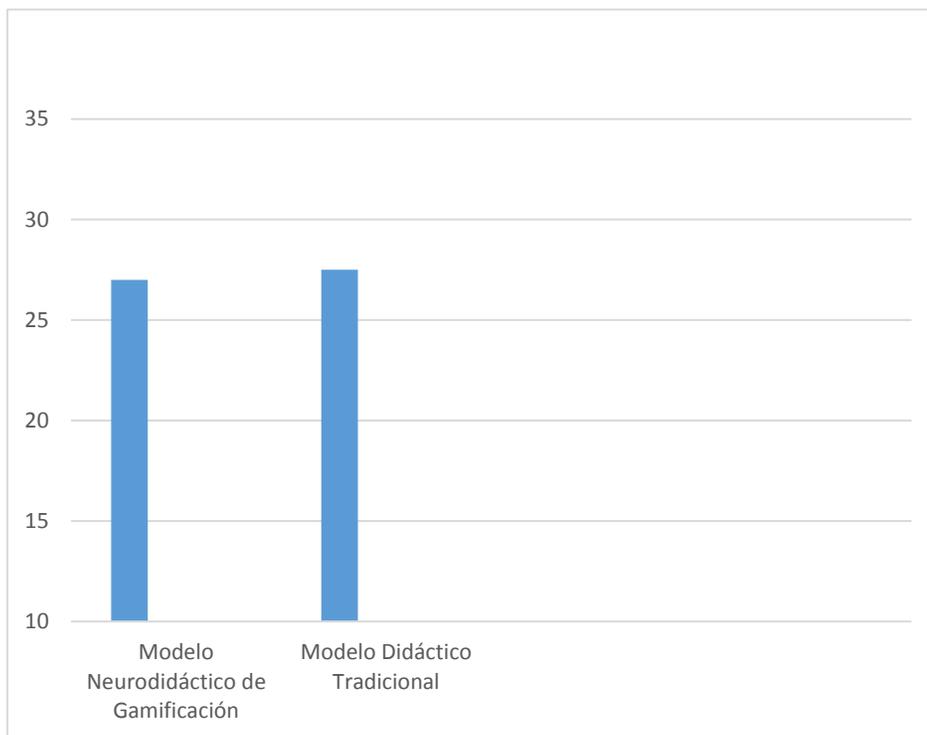
A pesar de que este hecho puede parecer bastante obvio en relación a que ninguno de los dos grupos tenía conocimientos acerca del instrumento, es un dato interesante que refleja la igualdad de condiciones antes de ser realizada la intervención experimental. Por tanto se puede determinar mediante los números y la prueba efectuada, que ambos grupos comenzaron de manera homogénea. Incluso las medias antes de la intervención de ambos grupos indican que hay una similitud estadística (13,91 para el modelo neurodidáctico y 13,30 para el modelo didáctico tradicional).

Por otra parte, los datos arrojados según el programa SPSS para el análisis de los datos en la medición post intervención son los siguientes:

Tabla N°14: Mediana del Puntaje Total de prueba flauta dulce en la medición

Post Test

Dato	Grupo	Mediana
Puntaje total obtenido en la prueba de flauta dulce – Post Test	Modelo Neurodidáctico de Gamificación	27,00
	Modelo Didáctico Tradicional	27,50

Gráfico N° 2: Comparación de puntaje post test a través de las medianas**Tabla N° 15: Prueba U de Mann-Whitney en Puntaje Total de prueba flauta dulce Post Test (Tomado de análisis de datos SPSS versión 24)**

Estadísticos de prueba	
U de Mann-Whitney	525,500
Significancia asintótica (bilateral)	,974

Según lo observado con los resultados obtenidos en la medición post test de ambos grupos, la comparación realizada con la prueba U de Mann-Whitney estableció que la diferencia entre las medias de cada didáctica aplicada (27,00 para modelo neurodidáctico de gamificación y 27,5 para modelo didáctico tradicional) no son estadísticamente significativas debido a que el P-Valor conseguido en el análisis estadístico es de 0,974. Este último valor al ser mayor que 0,05 determina que se rechaza la hipótesis alternativa y que en consecuencia se acepta la hipótesis nula, la cual sostiene

que no existen diferencias significativas entre los modelos didácticos utilizados respecto al aprendizaje de las notas sol, la si, do agudo y re agudo. Seguramente si se hubiese aplicado la prueba T de Student en este análisis post test, se habría obtenido el mismo resultado ya que los promedios entre ambas didácticas post intervención no reflejaron una diferencia significativa desde el aspecto numérico (27,90 para el modelo neurodidáctico de gamificación y 27,96 para el modelo didáctico tradicional).

4.3. Análisis

Los resultados obtenidos mediante la prueba estadística utilizada, apuntan a que tanto en el pre test como en el post test, no existen diferencias estadísticas significativas. Según los tesisistas, esto puede explicarse mediante el siguiente análisis de los resultados.

- Respecto al pre test, se puede deducir que el resultado similar entre los dos grupos es porque el nivel de aprendizaje de las notas de la flauta dulce de ambos fue nulo y sin experiencias previas. Esto señala que hay una homogeneidad cognitiva y procedimental motora, antes de realizar la intervención. Este es un dato importante ya que determina que previo al experimento los dos grupos estaban en igualdad de condiciones, por lo que eran homogéneos y comparables entre sí.

- En relación a los resultados arrojados en el post test, el análisis estadístico indica que ninguno de los grupos aprendió más que el otro en términos cuantitativos, ya que ambos cursos tuvieron un rendimiento similar en el aprendizaje de las notas de la flauta dulce. Este hecho ocurrió de igual forma en cada uno de los ítems evaluados, tanto en su momento de evaluación post test como de pre test. Se recuerda que estos ítems fueron analizados utilizando la U de Mann-Whitney ya que no pudieron ser comparados mediante la prueba estadística T de Student.

Se puede señalar, entonces, que a partir de los resultados alcanzados y la aceptación de la hipótesis planteada, ningún curso sobresalió por sobre el otro en la variable aleatoria observada en función de las didácticas aplicadas. Según los investigadores esto puede explicarse por las siguientes razones:

1) Ambas metodologías cumplen con los requisitos para que un niño aprenda las notas sol, la, si, do agudo y re agudo de la flauta dulce. Ninguna es mejor que la otra en términos de estimulación cognitiva, a pesar de que las experiencias sean diferentes. No necesariamente porque una didáctica sea más vanguardista en el ámbito tecnológico y gamificada (como lo fue el uso del software flutemaster) va a obtener mejores resultados que una didáctica tradicional. Además, es posible que el procesamiento de la información elaborado por los investigadores en las diferentes partes de la clase pudo haber complementado en gran medida el aprendizaje de la flauta dulce en el grupo que se aplicó esta didáctica. Sin embargo, no se puede demostrar con el test utilizado que este agregado cognitivo más el software es mejor que el modelo de una clase tradicional en términos del aprendizaje de las notas sol, la si, do agudo y re agudo, y viceversa.

2) Otra razón que explica los resultados obtenidos es que la motivación del grupo control y del grupo experimental no necesariamente fue distinta para que cada curso aprendiera a tocar flauta dulce. Es posible que los niños del grupo control nunca estuvieron desmotivados al tener una clase tradicional, e incluso es probable que la motivación por aprender a tocar flauta dulce fuese el incentivo preciso para desarrollar la disposición a ejecutar el instrumento. Por otro lado, es probable que los niños del grupo experimental no estuvieran precisamente motivados por el hecho de aprender a tocar flauta dulce con esta metodología neurodidáctica gamificada.

Por tanto, se puede deducir en términos neuropsicológicos, que el sistema de recompensa de cada grupo de niños no hizo mayores distinciones en cuanto a qué curso pudo focalizarse más a las actividades planteadas en los modelos por el placer que le generase realizar dicha tarea. Si este hecho hubiese ocurrido, en alguno de los dos grupos de niños, es probable que este curso hubiese estado más concentrado y dispuesto a participar activamente en la clase por la motivación que le generaba en el cerebro realizar dicha experiencia de aprendizaje. En consecuencia, dicho grupo de niños podría haber procesado de manera más dinámica y eficaz los contenidos de las diferentes etapas planificadas y proporcionadas por cada uno de los modelos de aprendizaje. Según Robert Marzano, la motivación y la disposición emocional a realizar una actividad de aprendizaje (cualquiera sea el dominio cognitivo de esta) es lo que determina que la

información sea procesada por el cerebro, esto, después de que se hayan activado las áreas atencionales y sensoriales respectivas (Marzano, 2007). En otras palabras, si una actividad genera atención y es motivante en términos extrínsecos, es muy probable que a posteriori; dicha motivación, se convierta en un componente intrínseco para el procesamiento cognitivo de los datos asociados a esa tarea.

3) Otro análisis que se desprende del punto anterior es que el hecho de plantear un proceso que consiste en finalizar el mismo con un procedimiento de calificación sumativa no necesariamente significará que los niños de ese grupo aprendan de mejor manera o consoliden más la información a largo plazo en su cerebro, en este caso las notas de la flauta dulce. Por el contrario, el hecho de utilizar un método que no considere la calificación como la culminación del proceso de aprendizaje, no evidencia necesariamente un empobrecimiento de la comprensión, decodificación y dominio de un contenido.

Una de las razones por las cuales se obtuvo un resultado similar en ambos cursos en el aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo en la flauta dulce, radica en que a pesar que en un grupo de niños existió una retroalimentación consciente de la información cuando fueron calificados (modelo didáctico tradicional), eso generó un cierto grado estrés en su sistema nervioso. Es relevante mencionar que el otro grupo de niños (modelo neurodidáctico de gamificación) también hizo este mismo procedimiento, solamente que de manera más autónoma y sin la presencia de un estímulo que representase un castigo o recompensa en el proceso de aprendizaje. De hecho, es probable que esta evaluación de carácter constructivista, haya tenido un impacto importante en la consolidación de los aprendizajes de la flauta dulce aunque esta no se haya evidenciado en el post test. Los investigadores sostienen esto porque cuando elaboraron dicha evaluación, lo hicieron con el objetivo de que los estudiantes compararan, clasificaran e integraran la información de las notas en un nivel conceptual a través de una guía.

Lo que puede explicar en cierto modo que el grupo del modelo neurodidáctico de gamificación no haya obtenido mejores resultados que la otra metodología, es que al solamente ser estimulados por un procesamiento de la información, ideado desde la

lógica neurodidáctica, y a posterior no recibir la retroalimentación correspondiente por un experto después de vivenciar la experiencia de aprendizaje, eso pudo haber influenciado en gran parte el cómo los niños realizaban su proceso de retroalimentación. Según la Universidad de Queensland uno de los principios importantes de Psicología, Educación y Neurociencia (PEN) que tienen que ser aplicados y valorados en el aula, es el hecho de aceptar el error como un suceso natural que es parte del proceso de aprendizaje formal y no formal. Según el análisis realizado por esta casa de estudio australiana respecto a este principio PEN, el sistema nervioso procesaría en un comienzo el error como un hecho asociado al ámbito emocional, activando el área del núcleo Accumbens (bajo rendimiento). Sin embargo, a medida que el aprendizaje se va sistematizando y en consecuencia se va haciendo más consciente, se activarían áreas cerebrales relacionadas con la atención y la memoria (corteza prefrontal dorsolateral), esto se asociaría a un alto rendimiento del aprendizaje (Centro de investigación para la ciencia del aprendizaje, 2014). Lo anterior sugiere que la retroalimentación es un factor importante en el aula, sin embargo a juicio de los investigadores y por los resultados obtenidos esta debería ser proporcionada en el momento indicado, con el instrumento de evaluación óptimo y con el acompañamiento adecuado de un experto del contenido que se está estudiando.

4) Por último, otra razón por la que los autores de la presente tesis señalan que no se generó una diferencia en el aprendizaje de la flauta dulce respecto a las dos metodologías aplicadas, es el hecho de que en ambos grupos durante todo el proceso de la intervención, se trabajaron las notas de la flauta dulce en relación a funciones cognitivas de un orden más bien básico (recordar y comprender en términos conceptuales, y ejecutar en el dominio motor), ya que en ninguno de los dos cursos ese contenido se involucró más allá del orden cognitivo preestablecido, por ejemplo involucrar el uso de las notas para la creación de una canción o bien la aplicación autónoma de las mismas en un repertorio adaptado para las capacidades de los niños.

Los investigadores sugieren que en términos del procesamiento neuropsicológico de la información, el hecho de que ninguna de las dos didácticas propiciara un nivel más profundo del contenido, pudo haber influido en el resultado final de la investigación. De

hecho, si se recuerdan los niveles taxonómicos de aprendizaje propuestos por Benjamín Bloom estos van desde el conocer, comprender, aplicar, analizar, sintetizar (crear) hasta el valorar, que es señalado por este autor como el último nivel del conocimiento (Bloom, 1957). Es probable que los estudiantes de los dos grupos al solamente transitar por las estaciones cognitivas del conocimiento y comprensión de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo, no hayan generado, en términos neuro-conductuales, un procesamiento mayor de la información a pesar de que ambas didácticas fueran diferentes, o al menos es lo que esperaban los investigadores. En otras palabras, no porque en un grupo haya sido más dinámica la estimulación en cuánto a la presentación del contenido y la metodología empleada significa que habrá mayores efectos a nivel del procesamiento de la información. De hecho, es muy probable que el software y la retroalimentación cognitiva proporcionada en el modelo neurodidáctico haya generado una estimulación similar a la del modelo didáctico tradicional, al menos dentro del tiempo en que fue aplicada la intervención experimental en ambos grupos.

4.4. Discusión

Conforme los resultados obtenidos y el análisis recién expuesto, se puede generar un debate interesante respecto a si los modelos neurodidácticos de gamificación pueden llegar a convertirse en un pilar importante en el puente entre neurociencias y educación. Sin embargo, solamente la creación y experimentación de otros modelos neurodidácticos – de gamificación o no – podría generar respuestas en la aplicación de los conocimientos neurocientíficos al campo de la educación.

La postura de los investigadores respecto a esta discusión es que la inclusión de los softwares educativos y el complemento pedagógico de las neurociencias educativas, si pueden ser un aporte en la construcción de esta unión neurocientífica-educativa. Consideran que la mixtura de una metodología ordenada taxonómicamente para lograr el aprendizaje de un contenido y un videojuego educativo podría producir un acoplamiento de ambos recursos pedagógicos en términos del desafío, incertidumbre, toma de decisiones, motivación intrínseca y otros elementos que se producen en el niño

cuando aprende con un software dinámico y lúdico, aunque también recibe el andamiaje y la seguridad de un profesor que acompaña el proceso educativo desde un respaldo científico del aprendizaje. En ese sentido, se sostiene que el software educativo o videojuego didáctico debe ser entendido como el elemento que otorgue la experiencia práctica del contenido y luego los recursos pedagógicos diseñados por el docente puedan proporcionar la estimulación cognitiva necesaria para el procesamiento de la información, relacionando la experiencia del juego con el contenido/habilidad que se quiera desarrollar en el transcurso del tiempo.

Paul Howard Jones en su libro investigación neuroeducativa plantea que los softwares educativos por si solos no logran obtener un valor significativo para quien lo utiliza (Howard Jones, 2012). Este mismo autor establece que se han realizado varios intentos de incorporar este elemento tecnológico al sistema educativo. Según los investigadores esto se explica por la falta de integración de lo pedagógico y la programación misma del software. Agregan además, que el hecho de no contemplar el funcionamiento cerebral y el procesamiento ontogénico de la información al momento de desarrollar el programa educativo, es lo que hace que estos videojuegos didácticos no tengan mayores efectos en el aprendizaje. Por otro lado los autores sostienen que estos softwares no son capaces de generar una motivación intrínseca en los niños porque muchas veces estos softwares son lecciones disfrazadas de videojuegos, en consecuencia no cumplen con el perfil de un videojuego de estante (Play Station, Nintendo, etc.), es decir, autonomía, maestría y relación con otros (Eurogamer, 2013), y además también hay softwares por si solos que no son capaces de traspasar la barrera del aprendizaje (Howard Jones, 2012), por ejemplo no necesariamente porque el niño está jugando con un software para el aprendizaje de las matemática significa que se motivará y aprenderá el contenido. Se desprende de esta discusión que el software necesita del enlace entre la experiencia vivenciada por el programa y la retroalimentación pedagógica del contenido para que exista un aprendizaje significativo.

Sin embargo, también es importante destacar el hecho de que los softwares educativos son una herramienta que brinda una experiencia interesante en el proceso de aprendizaje a pesar de que no se obtengan mayores resultados que los de una

metodología tradicional. Por ejemplo hay publicaciones asociadas al uso de softwares y plataformas interactivas en diferentes áreas del conocimiento (programación, odontología, física, matemáticas, educación infantil, etc.), en las cuales se han contrastado los resultados de un grupo control y uno de tipo experimental. El grupo control se definió en estos estudios como una clase tradicional en la cual un profesor expone un contenido de manera frontal y posteriormente guía el aprendizaje de los estudiantes mediante la realización de diferentes actividades, ejercicios o guías. Por su parte, el grupo experimental se explicitó en estos estudios como un grupo de individuos que hizo uso de un software cualquiera en el aprendizaje del contenido que se estaba estudiando como variable aleatoria. La literatura revisada señala que en ambos grupos hay mediciones pre test y post test. Los resultados establecen que una diferencia en la aplicación de los softwares educativos y del cómo se aplican en el aula no necesariamente determina que habrán mejores resultados de aprendizaje; hay estudios que señalan que los estudiantes que utilizan solamente el software educativo no aprenden más que aquellos que realizan el curso de manera tradicional, mientras que hay publicaciones que demuestran que los estudiantes que hacen uso de un programa tecnológico alcanzan un mayor dominio del contenido que los estudiantes de una clase tradicional. Según el análisis realizado por los investigadores en relación a la lectura de estas investigaciones educativas, es posible que los grupos que obtuvieron mejores resultados de aprendizaje con el uso del software es porque la metodología propiciada por el programa era más práctica y ofrecía mayores experiencias sensoriales que la de una clase expositiva. Sin embargo, también es posible que si esa misma experiencia fuese contrastada con un grupo alternativo en el que hicieran lo mismo que el software pero desde una clase en la que los estudiantes sean agentes activos se habrían producido resultados similares como lo ocurrido con el modelo neurodidáctico de gamificación y el modelo didáctico tradicional. Por tanto, se señala que igual se puede realizar una clase activa o práctica sin el uso de un software o un videojuego didáctico, y de todas maneras se pueden llegar a obtener resultados positivos en el aprendizaje en relación a un contenido de estudio en el aula.

No obstante y citando la reflexión realizada por José Ramón Gamo, el uso de softwares en el aprendizaje de un contenido educativo puede ser un recurso importante

al momento de organizar la planificación didáctica (Gamo 2016). Un argumento que respalda esto, es el hecho de que los elementos propios del videojuego generan recompensa a nivel cerebral. Eso ha sido demostrado en términos conductuales y cerebrales produciendo motivación extrínseca a corto plazo como intrínseca en un período posterior (Howard Jones, 2012). Por otra parte, Howard Jones señala que los niveles de dopamina están directamente relacionados con el grado de previsibilidad al que se enfrenta una persona; en este contexto el videojuego puede llegar a convertirse en un factor importante en el aprendizaje porque sus componentes (incertidumbre, niveles, desafíos, etc.) hacen que la previsibilidad sea escasa, generando de este modo que se libere mayores niveles de dopamina y en efecto haya un mayor grado de atención y de disposición a desarrollar las tareas relacionadas con el programa.

Si bien el modelo neurodidáctico cumplió el cometido de que los niños aprendieran a tocar flauta, también es cuestionable que no hayan obtenido un resultado mayor que el de un grupo tradicional que no tenía ningún apoyo científico o lúdico al momento de aprender las notas en este instrumento. Sin embargo, uno de los argumentos que proponen los investigadores respecto a este punto, es el hecho de que la investigación en neurociencias de la educación al recién estar gestándose necesita de tiempo para demostrar sus resultados. Es incluso probable que el modelo educativo elaborado por los tesisistas contemple características cualitativas educativas interesantes en relación a las de un modelo educativo tradicional. Esto último puede traducirse como un beneficio a largo plazo en términos curriculares y didácticos para los estudiantes que hacen uso de esta metodología. A pesar de ello, los investigadores estiman que es conveniente implantar nuevas características al modelo neurodidáctico de gamificación (mejoras en términos de la estimulación de la curiosidad y la motivación, el proceso de evaluación, mayor control neuropsicológico de los procesos cognitivos implicados, desarrollo de nuevos niveles taxonómicos, entre otros) para descubrir si dichas propuestas neurodidácticas pueden potenciar el aprendizaje de los estudiantes en función de las instrucciones proporcionadas por el software y la guía pedagógica establecidas en el modelo. Es probable que cada uno de los componentes en particular del modelo posea características potencialmente interesantes en su aplicación didáctica, a pesar de ello,

también es posible que la manera en que se llevan a la práctica de manera integrada no produzcan diferencias con los modelos tradicionales.

Los investigadores establecen que a pesar de que no se hayan obtenido los resultados esperados por ellos en un comienzo respecto al funcionamiento del modelo neurodidáctico, es decir, que este modelo haya obtenido mejores resultados que el tradicional, esto es un buen apronte para la relación que se está gestando entre las neurociencias y educación. Si bien se experimentó por temas de planificación y de tiempo tan solamente en ocho sesiones de aprendizaje para estudiar el efecto de ambos modelos en la adquisición de los contenidos en la flauta dulce, los autores señalan que fue un tiempo suficiente para demostrar que un ambiente más enriquecido que otro, en términos de estimulación cognitiva, no necesariamente va a generar mejores resultados que uno que no tenga este enriquecimiento ambiental. Incluso es probable que si hubiese prolongado la investigación por más tiempo (por ejemplo haber hecho que la investigación durase en un semestre) no se habrían obtenido resultados diferentes a los presentados en esta tesis. Esto sugiere que el cerebro gracias a su alta capacidad de plasticidad y de adaptación, puede adquirir los mismos contenidos de aprendizaje tanto en ambientes ampliamente enriquecidos como en aquellos en que se contemple una estimulación normal.

A modo de cerrar esta discusión, los investigadores señalan que el uso de softwares por si solos no garantiza un resultado óptimo del aprendizaje como si ocurre generalmente en una clase tradicional. Tampoco desmerecen la inclusión de esta tecnología en el ámbito educativo, sino más bien todo lo contrario; sostienen que puede ser un gran aporte para la motivación, la experiencia y la consolidación de los aprendizajes, no obstante, sostienen que el peso de la educación y la planificación didáctica no puede residir en esta vanguardia tecnológica o la tecnología asociada al campo de gamificación (como por ejemplo el uso solitario del software flutemaster). Por ello mismo, apuntan a que tiene que seguir complementándose esta unión entre la realidad virtual y la realidad del mundo físico mediante la investigación en modelos neurodidácticos de gamificación o asociados a este campo del conocimiento.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

5.1. Generales

A partir del análisis realizado en el capítulo anterior y de la discusión generada en torno al uso del modelo neurodidáctica de gamificación, los investigadores han concluido lo siguiente:

- El cerebro puede aprender un contenido de distintas formas sin la necesidad de que un estímulo determine la manera en que se aprende ese concepto o habilidad. En el caso de la investigación realizada, los dos grupos pudieron aprender y llegar al mismo resultado en las notas de la flauta dulce con metodologías y estímulos completamente diferentes el uno del otro. Esto se debe a que el cerebro es un órgano plástico capaz de adaptarse, moldearse y/o cambiar su forma dependiendo del escenario en el que se desenvuelva (Justel y Diaz, 2012).

- Se puede poner en cuestionamiento la teoría de los nativos digitales planteada por Marc Prensky, la cual establece que el cableado neuronal de los niños del siglo XXI es diferente al de épocas anteriores. El principal argumento que sustenta esta teoría es que los niños de hoy en día al tener un contacto directo con la tecnología desde el momento en que empiezan a interactuar con el mundo, se producen un cambio a nivel sináptico en el sistema nervioso por esta sobre estimulación de las nuevas tecnologías (Prensky, 2009). Sin embargo, los resultados obtenidos con el modelo neurodidáctico (uso de un software más una retroalimentación cognitiva sin el programa) y el modelo didáctico tradicional apuntan a que el cerebro puede aprender de igual forma sin la necesidad de aplicar una tecnología de vanguardia que garantice el aprendizaje del contenido. Los investigadores apuntan además que para que un grupo de estudiantes aprendan un contenido utilizando solo las tecnologías de la información como medio didáctico se necesita cambios genéticos a nivel de sistema nervioso, sin embargo para que ocurra esto tienen que pasar millones de años (Vargas, 2012)

- Un modelo basado en la gamificación y el apoyo neurodidáctico puede obtener los mismos resultados que uno de tipo tradicional en la adquisición de conocimientos o destrezas motoras tal como se demostró con los resultados obtenidos. Esto hace pensar

a los investigadores que un modelo no es más determinante que el otro en términos de las actividades didácticas utilizadas a lo largo de las clases, sin embargo, el modelo neurodidáctico estudiado demostró que al parecer no es necesario recurrir a las calificaciones como cierre del proceso de aprendizaje para asegurar el cumplimiento de este. Por otro lado, la evaluación sumativa no es el único método por el cual se puede medir el porcentaje de aprendizaje logrado por los estudiantes ya que los niños del grupo experimental estuvieron ajenos a la calificación y si se pudo cuantificar su porcentaje de logro en el proceso cuando realizaron las guías en clases. Por tanto, la formación de memorias a largo plazo en el sistema nervioso respecto a los contenidos estudiados en el aula requiere más que un sistema de calificación constante, una sistematización evaluativa y una retroalimentación en el momento óptimo cuando se está adquiriendo un determinado tipo de conocimiento.

- No necesariamente porque el aprendizaje esté basado en un modelo más ontogénico, taxonómico y ajeno al proceso evaluativo (calificaciones) va a conseguir mejores resultados en la adquisición de conocimientos prácticos y teóricos respecto a un contenido en particular, en este caso las notas sol, la, si, do agudo y re agudo de la flauta dulce. Según los investigadores, solamente se evidencia que hay un proceso más organizado y acorde a los procesos cognitivos relacionados con el aprendizaje y el funcionamiento del cerebro a partir de la literatura neuroeducativa revisada. Por tanto se puede deducir que la neurodidáctica y los modelos que deriven de esta rama pedagógica, puede ayudar en gran parte a la planificación didáctica y al control de los procesos cognitivos que están ocurriendo en el sistema nervioso de los estudiantes cuando se realiza la clase, sin embargo la neuroeducación no necesariamente es capaz de resolver los mismos problemas que se presentan en otros contextos (motivación, aprendizaje profundo de las asignaturas, influencia sociocultural familiar, etc.).

- El contexto educativo actual no está preparado culturalmente para recibir el uso de las tecnologías de la información o los softwares didácticos asociados a la gamificación. Según los investigadores la utilización de estas plataformas tecnológicas (en combinación o no de una guía neurodidáctica) requieren de una autonomía por parte

del estudiantado al momento de ser usadas. Al parecer no son capaces de motivar más allá a los niños que una clase tradicional. Mientras que por el otro lado, una clase tradicional no necesariamente representaría una desmotivación para el grupo de estudiantes que la reciba, en este caso los niños del grupo del control. Los investigadores sostienen incluso que la motivación intrínseca por aprender flauta dulce en el grupo tradicional puede haber sido una determinante neurocognitiva importante en los resultados finales del experimento cuando se comparó con el otro grupo.

Según lo investigado, los autores han determinado que el problema de investigación si está resuelto. Han establecido que el modelo neurodidáctico elaborado por ellos si puede tener un efecto significativo en el aprendizaje de la flauta dulce aunque este no necesariamente es mejor que el de una clase tradicional en términos cuantitativos. Por tanto, se deduce que la creación de modelos educativos basados en las neurociencias/neurodidáctica, pueden tener un potente impacto en el aula siempre y cuando se apliquen de forma crítica y se mantenga un equilibrio al momento de ser utilizados.

5.2. Desde los objetivos

Antes de realizar las conclusiones pertinentes en este segmento, se nombrará el objetivo general y sus respectivas conclusiones, posteriormente se hará lo mismo con los objetivos específicos planteados en el capítulo uno.

Determinar si el efecto de un modelo neurodidáctico de gamificación en el aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo de la flauta dulce soprano en niños de tercero básico es mejor que el de un modelo tradicional, considerando un grupo experimental y grupo control con mediciones antes y después de la intervención.

En este caso la conclusión que se desprende de este objetivo es que el modelo neurodidáctico de gamificación aplicado en el aprendizaje de la flauta dulce no fue mejor en términos que el modelo tradicional ya que la medición realizada después de la intervención estableció que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre un

grupo y el otro. Es decir en términos cuantitativos alcanzaron un nivel de aprendizaje similar utilizando métodos completamente diferentes.

Objetivos específicos

1.- “Evaluar la metodología a utilizar en cada uno de los grupos que va a participar de la investigación, considerando las características propias de cada modelo didáctico para el aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo de la flauta dulce soprano”.

Es posible diseñar modelos neurodidácticos de gamificación aprendizaje en el aula ya que estos pueden ser perfectamente aplicables y posiblemente replicables en diferentes contextos escolares. Sin embargo el experto que la utilice tiene que ser alguien que domine el contenido (en este caso la flauta dulce y la música) y que tenga además un acercamiento a la neurodidáctica.

2.- “Comparar los resultados obtenidos por el modelo didáctico tradicional con el modelo neurodidáctico de gamificación para determinar su pertinencia en el aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo de la flauta dulce soprano”.

Los dos grupos presentaron características similares, las cuales fueron evidenciadas a través de una medición antes de la intervención, era importante realizar este testeo para verificar que ambos cursos estuvieran en una igualdad de condiciones, de esa forma todo el conocimiento que pudieran adquirir sería a través de las metodologías en cuestión. Posteriormente se hizo una medición en el momento en que la intervención había finalizado, con ella se pudo establecer que ninguno de los dos grupos pudo sacarse ventaja con respecto al otro, ya que ambos obtuvieron un resultado muy parejo, incluso teniendo las mismas debilidades y fortalezas

3.- “Establecer si existen diferencias estadísticamente significativas entre un grupo y otro considerando las mediciones pre y post test”

No existieron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos tanto en las mediciones pre y post test. Esto no significa que un modelo sea mejor o peor que el otro, simplemente, ambos modelos son capaces de ser funcionales e incluso de ser replicados por otros educadores y/o investigadores. Lo que sí es posible evidenciar, es que al parecer una clase por más enriquecida que esté en términos didácticos (en esta caso una clase bajo el amparo de la gamificación) no necesariamente va a lograr que un grupo de estudiantes se motive o aprenda más que un grupo de niños que adquiere los mismos conocimientos sin estas condiciones. Ambos grupos pueden ser capaces de aprender la misma cantidad contenidos sin importar que tan enriquecido esté el ambiente de aprendizaje.

5.3. Desde lo teórico

Desde el concepto de aprendizaje señalado por los investigadores se concluye que el modelo neurodidáctico es capaz de conseguir resultados similares a los de una clase tradicional, esto porque el contexto aprendizaje le permite al cerebro adaptarse.

A partir del concepto de neurodidáctica, es posible desarrollar un aprendizaje basado en el cerebro. Esto se materializó mediante el modelo desarrollado por los investigadores. En consecuencia, los modelos neurodidácticos si pueden ser elaborados y puestos en práctica en el sistema educativo a pesar de las complicaciones que puedan existir dentro del contexto educacional.

De la gamificación se concluye que es un recurso válido y potente para motivar a los estudiantes en el aula. Sin embargo, esto no significa que al fomentar el aprendizaje desde un paradigma lúdico y dinámico se obtendrán mejores resultados en la adquisición de los contenidos. Según los investigadores, es probable que el esquema cognitivo de los niños al estar frente a una clase de este tipo no logre ser desequilibrante. Los tesisistas sostienen que con el paso del tiempo el modelo neurodidáctico de gamificación utilizado en el transcurso se fue haciendo paulatinamente predecible lo que pudo haber generado en los niños la sensación de estar en una clase normal solamente con más estímulos.

Desde el control neuropsicológico de la planificación de las clases (orden taxonómico de los procesos de percepción, sensación, formación de memorias, procesos cognitivos superiores), se establece que esta concepción neuroeducativa puede facilitarle al estudiante adquirir los conocimientos y habilidades de manera secuenciada y organizada. En otras palabras, una planificación que contemple estos pasos a seguir, no debiera representar mayores problemas para el estudiante cuando pase de un nivel cognitivo a otro.

5.4. Limitaciones

A partir de la aplicación del modelo y del análisis realizado por los investigadores, estos concluyen que el uso de este modelo neurodidáctico de gamificación tiene ciertas limitantes, estas son las siguientes:

- El costo de su implementación en el aula, en cuanto a recursos materiales y humanos: Para utilizar el modelo se necesita de un dispositivo audiovisual capaz de reproducir el software educativo (Smart tv, data, un computador), un micrófono ambiental, un experto en música y que tenga un dominio de las neurociencias y del software, material didáctico (guías), entre otros. El gasto de estos recursos llevo a los investigadores a concluir que esta es una de las más grandes limitaciones del modelo neurodidáctico en términos de eficiencia, ya que el modelo tradicional puede lograr lo mismo, en la misma cantidad de tiempo, sin invertir los recursos recién mencionados.

Otra de las limitantes presentes que los investigadores pudieron notar según los resultados arrojados en la medición post test es que el sistema escolar chileno no se encuentra preparado aún para recibir este tipo de didácticas dentro del aula, esto ocurre debido a que el contexto en el que se desenvuelven las clases es más bien conductista y los elementos ajenos a esta corriente suelen tener más de algún inconveniente en su aplicación.

5.5. Proyecciones

Según los datos extraídos de los resultados en el aprendizaje de la flauta dulce, los investigadores proponen para futuras investigaciones, que se contemplen los siguientes puntos:

- Diseñar, aplicar y evaluar un nuevo modelo neurodidáctico de gamificación con componentes tradicionales, es decir de carácter mixto. A partir del análisis observado se sugiere que ambas metodologías podrían complementarse para generar un equilibrio, donde el uso de un software educativo proporcione una vivencia e interacción sensorial y activa con el contenido a aprender y luego se trabaje eso de una forma ajena a la tecnología, aplicando una retroalimentación del proceso realizado anteriormente.
- Una futura investigación relacionada con el uso del modelo neurodidáctico de gamificación podría estar enfocada a la percepción de los estudiantes respecto a la aplicación de este modelo, tomando en cuenta un enfoque cualitativo, esto podría dar luces acerca de otros elementos que no fueron abarcados dentro de esta tesis.
- Debido a que el tiempo de aplicación fue corto (ocho semanas), los tesisistas sugieren que podría llevarse a cabo otra investigación usando el mismo modelo en relación al mismo contenido pero prolongando la duración de la intervención a lo menos por un semestre completo y luego de finalizado, hacer un seguimiento sistematizado a largo plazo para ver cuál modelo impacta a los estudiantes de forma más significativa.
- Si bien el modelo neurodidáctico cumplió su cometido en el aprendizaje de las notas sol, la, si, do agudo y re agudo, los investigadores reconocen que el nivel de aprendizaje taxonómico era muy básico (comprender). Futuras investigaciones podrían integrar niveles de aprendizajes más complejos como aplicar y crear, para luego comparar con un modelo tradicional. Además, también se podrían agregar componentes propios de la calificación, para evidenciar si este proceso evaluativo tiene un efecto significativo en los estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

a) Libros y Revistas

- Abernethy, B. (1991). Visual search strategies and decision-making in sport. *International journal of sport psychology*.
- Abernethy, B. R. U. C. E., Maxwell, J. P., Masters, R. S., van der Kamp, J. O. H. N., & Jackson, R. C. (2007). Attentional processes in skill learning and expert performance. *Handbook of sport psychology*, 3, 245-263.
- Adams, J. A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of motor behavior*, 3(2), 111-150.
- Benarós, S., Lipina, S. J., Segretin, M. S., Hermida, M. J., & Colombo, J. A. (2010). Neurociencia y educación: hacia la construcción de puentes interactivos. *Revista de neurología*, 50(3), 179-186.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives, handbook I: The cognitive domain* (Vol. 19, p. 56). New York: David McKay Co Inc.
- Bono Cabré, R. (2012). Diseños cuasi-experimentales y longitudinales.
- Bruer, J. T. (2016). Neuroeducación: un panorama desde el puente. *Propuesta Educativa*, (46), 14-25.
- Chamberlain, C. J., & Coelho, A. J. (1993). The perceptual side of action: Decision-making in sport. *Advances in psychology*, 102, 135-157.
- Fernández Palacio, A. (2017). La expansión de los neuromitos. *Publicaciones Didácticas*, (79).
- Fitts, P. M., & Posner, M. I. (1967). Human performance.
- Friedrich, G., & Preiss, G. (2003). Neurodidáctica. *Mente y cerebro*, (4), 39-45.
- Fuster, J. (2010). El paradigma reticular de la memoria cortical. *Revista de Neurología*, 50(Supl. 3), 3-10.
- Gamo, J. R. (2012). La neuropsicología aplicada a las ciencias de la educación: Una propuesta que tiene como objetivo acercar al diálogo pedagogía/didáctica, el

conocimiento de las neurociencias y la incorporación de las tecnologías como herramientas didácticas válidas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Centro de Atención a la Diversidad Educativa (CADE) España*.

- Gil, J. M. N., & Hernández, L. F. N. (2011). *Neurodidáctica: aportaciones de las neurociencias al aprendizaje ya la enseñanza*. CCS.
- Gluck, M. A., Mercado, E., & Myers, C. E. (2009). *Aprendizaje y memoria*. McGraw-Hill Interamericana.
- Gómez-Gómez, M., Danglot-Banck, C., & Vega-Franco, L. (2013). Cómo seleccionar una prueba estadística (Segunda parte). *Revista mexicana de pediatría*, 80(2), 81-85.
- Hernán-Losada, I., Lázaro-Carrascosa, C. A., & Velázquez-Iturbide, J. Á. (2005). Una aplicación educativa basada en la jerarquía de Bloom para el aprendizaje de la herencia de POO. In *Proc. VII Simposio Internacional de Informática Educativa (SIIE 2005)* (pp. 107-112).
- Hidalgo Cuadra, R. (2013). Diseño y aplicación de e-actividades bajo un proceso de aprendizaje colaborativo en la asignatura fundamentos de la programación para enseñanza media.
- Howard-Jones, P. (2011). Investigación neuroeducativa. *Neurociencia, educación y cerebro: de los contextos a la práctica*.
- Justel, N., & Diaz Abraham, V. (2012). Plasticidad cerebral: Participación del entrenamiento musical. *Suma Psicológica*, 19(2).
- Landin, D. K., Hebert, E. P., & Fairweather, M. (1993). The effects of variable practice on the performance of a basketball skill. *Research quarterly for exercise and sport*, 64(2), 232-237.
- Lavados, J., & Slachevsky, A. (Eds.). (2013). *Neuropsicología: bases neuronales de los procesos mentales*. Editorial Mediterraneo.
- Marchiori, E. J., Ferrer, G. A. S. P. A. R., Fernández-Manjón, B. A. L. T. A. S. A. R., Povar-Marco, J. A. V. I. E. R., Suberviola, J. F., & Giménez-Valverde, A. N. T. O. N. I. O. (2012). Instrucción en maniobras de soporte vital básico mediante

videojuegos a escolares: comparación de resultados frente a un grupo control. *Emergencias*, 24, 433-437.

- Marzano, R. J., & Kendall, J. S (2007):“The new Taxonomy of Educational Objectives”.
- Meinel, K. und Schnabel, G. (1977) *Bewegungslehre. Volk und Wissen Volkseigener Verlag: Berlin*, 59-220.
- Molina, Claudio (2016). *Metodología de la investigación social y educativa*.
- Orellana, N. G., Morales, O. A., García, C., Ramírez, R., & Setién-Duin, V. (2008). La hipermedia y la enseñanza-aprendizaje de la odontología: Proyecto factible empleando el software recompx® (i). *Acta odontol. venez*, 46(4), 469-477.
- Pérez, J. A. P. (2005). *Introducción a la neuropsicología*. McGraw-Hill.
- Perkos, S., Theodorakis, Y., & Chroni, S. (2002). Enhancing performance and skill acquisition in novice basketball players with instructional self-talk. *The Sport Psychologist*, 16(4), 368-383.
- Pinel, John (2007). *Biopsicología*, 6ta edición. Madrid: PEARSON EDUCATION, S. A.
- Prensky, M. (2011). Enseñar a nativos digitales. *Madrid: Ediciones SM*, 240.
- Prensky, Marc (2001). *Nativos e Inmigrantes Digitales*. Institución Educativa SEK, Cuadernos SEK 2.0. Adaptación al castellano del texto original *Digital Natives, Digital Immigrants*.
- Puebla, R., & Talma, M. P. (2011). Educación y neurociencias: La conexión que hace falta. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 37(2), 379-388.
- Quisi Minta, R. A., & Inga Cayambe, A. (2016). Elaboración y aplicación de un software educativo con enfoque constructivista, para el aprendizaje de las operaciones con los números racionales, de los estudiantes del octavo año de educación general básica, del colegio “Atahualpa” de la comunidad Chauzán Totorillas, Parroquia matriz, Cantón Guatmote, Provincia de Chimborazo. Año lectivo 2012-2013 (Bachelor's thesis, Riobamba, UNACH 2016).

- Rivas-Ruiz, R., Moreno-Palacios, J., & Talaveraa, J. O. (2013). Diferencias de medianas con la U de Mann-Whitney. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*, 51(4), 414-9.
- Robles, A. R. (2017). Aplicación del software Descartes en la construcción de la noción de fracción en estudiantes de la institución educativa técnico comercial Sagrado Corazón de Jesús de Chiquinquirá-Colombia 2016.
- Sánchez Turcios, R. A. (2015). t-Student: Usos y abusos. *Revista mexicana de cardiología*, 26(1), 59-61.
- Schempp, P. G. (1992). Effective teaching in physical education: A research report. *International Journal of Physical Education*, 29(3), 10-15.
- Schumacher, R. (2006). Neurodidáctica. Pedagogos y políticos esperan de la investigación cerebral indicaciones prácticas para mejorar la enseñanza en la escuela. ¿Qué nos puede aportar esa línea de investigación? *Mente y cerebro*, (20), 89-91.
- Sinclair, G. D., & Sinclair, D. A. (1994). Developing reflective performers by integrating mental management skills with the learning process. *The Sport Psychologist*, 8(1), 13-27.
- Singer, R. N., Lidor, R., & Cauraugh, J. H. (1993). To be aware or not aware? What to think about while learning and performing a motor skill. *The sport psychologist*, 7(1), 19-30.
- Tapia Callata, H. I., Ccansaya, C., & Hernrry, R. (2016). Aplicación del software Algebrator como recurso didáctico en el aprendizaje de la potenciación y radicación en los estudiantes del tercer grado de la Institución Educativa Secundaria Leoncio Prado Ramis Taraco.
- Thomas, J. R., Thomas, K. T., & Gallagher, J. D. (1993). Developmental considerations in skill acquisition. *Handbook of research on sport psychology*, 73-105.
- Vargas, E. (2012). Tiempo y evolución. *Atenea (Concepción)*, (505), 121-138.

b) Libros y Revistas en Línea:

- Bravo, Hermes. (2001). *Introducción al sistema nervioso*. Curso de neuroanatomía: Universidad Católica de Chile. Recuperado de <http://escuela.med.puc.cl/paginas/Departamentos/Anatomia/Cursoenlinea/main.html>
- Gallardo, K. (2009). La Nueva Taxonomía de Marzano y Kendall: una alternativa para enriquecer el trabajo educativo desde su planeación. *Recuperado de http://www.cca.org.mx/profesores/congreso_recursos/descargas/kathy_marzano.pdf, 25(10), 2014.*

c) Sitios de Internet

- Alonso, Tania (02 de septiembre, 2017). La importancia de la repetición en el aprendizaje. Recuperado 15 de enero, 2018 de <https://www.smartick.es/blog/educacion/importancia-repeticion-en-aprendizaje/>
- Arcega y otros, I. (2009, 30 septiembre). Diseño Cuasiexperimental. Recuperado 15 noviembre, 2017, de <https://es.slideshare.net/metodos251/diseo-cuasiexperimental-2101247>
- Barraza, P. (2016, 20 julio). Reportaje: Neuromitos, las falsas creencias científicas que han llegado a las aulas [Archivo de vídeo]. Recuperado 28 octubre, 2016, de <https://www.youtube.com/watch?v=utEfxvxa8CI>
- Bluesmarteurope (05 de octubre, 2013). Neurobiología de la motivación. Recuperado 15 de enero, 2018 de <https://bluesmarteurope.wordpress.com/2013/10/05/neurobiologia-de-la-motivacion>
- Castellero, O. (2017.). Núcleo accumbens: anatomía y funciones. Recuperado 15 octubre, 2017, de <https://psicologiymente.net/neurociencias/nucleo-accumbens>

- Castro, M. (2015, 30 enero). La curiosidad contribuye con el aprendizaje y la memorización. Recuperado 21 abril, 2017, de <http://asociacioneducar.com/curiosidad-aprendizaje>
- Class Plash (2013). Flute Master. Recuperado 02 de enero, 2018 de <https://www.classplash.com/en/flutemaster/>
- Mora, Francisco (2014). Una aproximación a la neuroeducación. Francisco Mora. Recuperado 10 de enero, 2018, de <http://cisolog.com/sociologia/una-aproximacion-a-la-neuroeducacion-francisco-mora/>
- Comunicaciones CIAE (2016, 26 de julio). Neuromitos, las falsas creencias científicas que han llegado a las aulas. Santiago de Chile. Universidad de Chile. Recuperado 05 de agosto de 2017, de <http://www.portaluchile.uchile.cl/noticias/124093/neuromitos-las-falsas-creencias-cientificas-instaladas-en-las-aulas>
- Diccionario de la lengua española R. A. E. (s.f.). Modelo. Recuperado 8 julio, 2017, de <http://dle.rae.es/?id=PTk5Wk1>
- Eurogamer. (2013, 03 marzo). ¿Qué hace un diseñador de videojuegos? Recuperado de 12 diciembre, 2017, de <http://www.eurogamer.es/articles/2013-03-03-que-hace-un-disenador-de-videojuegos>
- Guillén, J. C. (2015, 12 febrero). Mentalidad de crecimiento: la mejora siempre es posible. Recuperado 8 julio, 2017, de <https://escuelaconcerebro.wordpress.com/tag/carol-dweck>
- Kapp, Karl (10 de diciembre, 2013). Thinking about Gamification in Learning and Instruction. Recuperado 16 de enero, 2018 de <http://karlkapp.com/thinking-about-gamification-in-learning-and-instruction/>
- Klass, P. (2016, 27 junio). Por qué escribir a mano aún es esencial en la época del teclado. Recuperado 14 enero, 2017, de <https://www.nytimes.com/es/2016/06/27/por-que-escribir-a-mano-aun-es-esencial-en-la-epoca-del-teclado/>

- Martín-Retortillo, Teresa (21 de junio, 2017) El aprendizaje continuo, factor crítico de supervivencia. Recuperado 16 de enero, 2018 de <https://www.ie.edu/es/relaciones-corporativas/insights/aprendizaje-continuo-factor-critico-supervivencia/>
- Moreno, E. (2013, 10 agosto). ¿QUÉ ES OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES? [Publicación en un blog]. Recuperado 29 noviembre, 2017, de <http://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.cl/2013/08/que-es-operacionalizacion-de-variables.html>
- The Science of Learning Research Centre. (2016). PEN Principle #8 Embrace Error to Improve Learning. Recuperado 18 de noviembre, 2017, de <https://slrc.org.au/wp-content/uploads/2016/07/PEN-Principle-8-copy.jpg>
- The Science of Learning Research Centre. (2017). PEN principles. Recuperado 20 julio, 2017, de <https://www.slrc.org.au/resources/pen-principles/>
- Universidad de Barcelona (2017). Pruebas para dos muestras independientes. Recuperado 14 de diciembre, 2017, de http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap6-2.htm

d) Videos

- Punset, E. (2009). Entrena tu cerebro, cambia tu mente. Redes-Televisión Española, temporada, 14.
- Varela, A. (2013, 13 septiembre). t Student Muestras Independientes [Archivo de vídeo]. Recuperado 01 de noviembre, 2017, de <https://www.youtube.com/watch?v=W6fuVCGGK8I&t=591s>

ANEXOS

Instrumento de evaluación –Test Aprendizaje de la Flauta dulce soprano

Nombre del estudiante _____

Curso: _____ Fecha _____

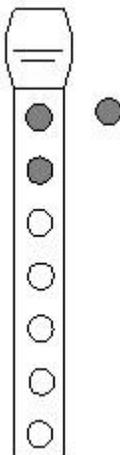
Puntaje total: 39 puntos**Puntaje obtenido:****1) Ítem de preguntas**

Marque con una x en el espacio en blanco la alternativa que usted crea correcta (12 puntos en total / 3 puntos por respuesta correcta/1 punto respuesta incorrecta).

1.- La flauta dulce es un instrumento que pertenece a la familia de:

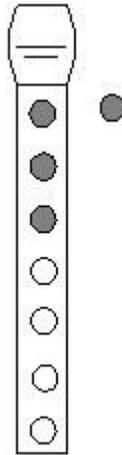
- a) Las percusiones
- b) Los vientos
- c) Los bronces
- d) Las cuerdas

2.- ¿Cuál de las siguientes alternativas corresponde a la nota presentada?



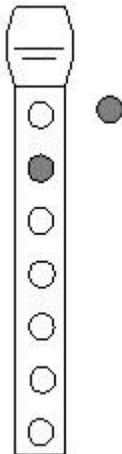
- a) Do
- b) Sol
- c) La
- d) Re

3.- ¿Cuál de las siguientes alternativas corresponde a la nota presentada?



- a) Re
- b) Do
- c) Si
- d) Sol

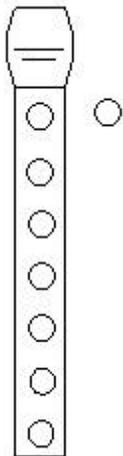
4.- ¿Cuál de las siguientes alternativas corresponde a la nota presentada?



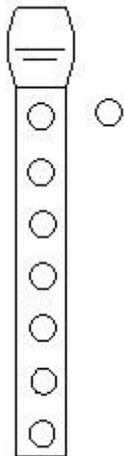
- a) Mi
- b) Sol
- c) Do
- d) Si

4) Ítem de representación gráfica

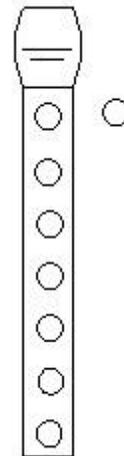
A continuación, rellene los orificios que correspondan a la nota solicitada en cada flauta (9 puntos en total / 3 puntos por respuesta correcta / 1 punto respuesta incorrecta).



Do



La



Re

SOLO USO ACADÉMICO

3) Ítem de ejecución instrumental

A continuación ejecute en la flauta dulce las notas solicitadas en las siguientes series según diga el profesor (18 puntos en total / 6 puntos por cada serie / 1 punto por cada nota bien ejecutada / 1 punto base por cada serie ejecutada solamente por tocar la flauta).

Serie N° 1

Nota solicitada	Si	No
Do		
Sol		
La		
Re		
Si		
Total		

Serie N° 2

Nota solicitada	Si	No
Si		
Re		
Di		
La		
Sol		
Total		

Serie N° 3

Nota solicitada	Si	No
La		
Sol		
Re		
Si		
Do		