



SISTEMA COMPUTACIONAL PARA EL ENTRENAMIENTO COGNITIVO EN
ADULTO MAYOR (CASO: FLUIDEZ VERBAL).

SANTIAGO MURILLO RENDÓN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES
DOCTORADO EN CIENCIAS COGNITIVAS
MANIZALES

2021

SISTEMA COMPUTACIONAL PARA EL ENTRENAMIENTO COGNITIVO EN
ADULTO MAYOR (CASO: FLUIDEZ VERBAL).

Autor

SANTIAGO MURILLO RENDÓN

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE DOCTOR EN CIENCIAS
COGNITIVAS

Tutor

BELARMINO SEGURA GIRALDO

Cotutora

FRANCIA RESTREPO DE MEJÍA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES
DOCTORADO EN CIENCIAS COGNITIVAS
MANIZALES

2021

DEDICATORIA

A mi hijo Mateo, con todo mi amor.

De una tesis doctoral se dice que es el esfuerzo de un individuo por mover las barreras del conocimiento; yo prefiero pensar que es la suma del apoyo incondicional, en todos los ámbitos, de aquellas personas que sustentan el proceso del doctorando, incluso de aquellos que, sin estar de la manera esperada, también contribuyeron a su modo. A todos mil gracias.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por todas las oportunidades que día a día me brinda y por permitirme hacer algo útil para la sociedad mediante este proyecto.

Agradezco también al proyecto: “Implementación del programa para el diagnóstico y control de enfermedades crónicas no transmisibles cáncer de cérvix y mama con el apoyo de TIC en el departamento de Caldas”, con “código BPIN2013000100132” financiado con recursos de la Gobernación de Caldas y el Sistema General de Regalías, por la beca otorgada y a la Universidad Autónoma de Manizales quien me apoyo financieramente y concediéndome el tiempo de dedicación para este proceso.

A mis tutores, los doctores Belarmino Segura Giraldo y Francia Restrepo de Mejía, por guiarme en el proceso, además de la atención y paciencia brindadas.

Al *Madeira Interactive Technologies Institute* y a los profesores Segí Bermudez i Badia y Mónica Cameirão por recibirme y asesorarme en mi estancia de pasantía.

A los profesores del Doctorado en Ciencias Cognitivas, especialmente al profesor Luis Fernando Castillo líder de la línea de Sistemas Cognitivos Artificiales y a la profesora Francia Restrepo líder de la línea de Neuroaprendizaje.

A Lorena y Ángela quienes dieron su voto de confianza para que asumiera el reto de emprender este proyecto. A mi hijo y a mis padres por brindarme su compañía y apoyo incondicional.

A mi abuelo Benjamín, quien fue fuente de inspiración para realizar este trabajo y con él a las personas mayores que hicieron parte de este proyecto, atendiendo el llamado en los Centros Vida La Isla y Caselata. A la Secretaría de Desarrollo Social del Municipio de

Manizales por intermedio de la doctora Alba Betty Pineda y a la profesora Julialba Castellanos por establecer este contacto.

Al proyecto "Diagnóstico e intervenciones en salud dirigidas a resolver problemáticas en salud ambiental, Deterioro cognitivo y salud mental en el departamento de Caldas", financiado por Minciencias y a los Jóvenes Investigadores que hicieron parte de ese proyecto: Daniela Ramírez, Daniel Henao, Sarah García, Sara Vélez, Laura Losada y Laura Castaño.

A Emily por leer detenidamente este documento, por aportarme con sus conocimientos en Neuropsicología, y por brindarme su cariño y motivación para concluir este trabajo.

A mis grandes amigos Carolina, Juan Pablo, John Edison, Lina Paola, Patricia, Luisa Fernanda, Daniela, Natalia, Yaneth e Isabel, sin su apoyo emocional no habría sido posible completar este trabajo.

A mis amigos y compañeros al interior del doctorado Patricia Bertel, Giomar Jiménez, Diana Montoya, Luisa Méndez y Renato Zambrano quienes contribuyeron con sus ideas en la formulación este proyecto.

A la profesora Beatriz Ayala y mis compañeros en el departamento de Ciencias Computacionales de la Universidad Autónoma de Manizales, por su apoyo y sugerencias.

A los grupos de investigación de Ingeniería de Software, Automática y Neuroaprendizaje, así como al Laboratorio de Neurofisiología de la Universidad Autónoma de Manizales.

A los estudiantes del semillero de Ingeniería de Software en la línea de Bioingeniería que aportaron al presente trabajo, Elirian, Karol y Jefferson.

RESUMEN

Objetivo: Desarrollo de un Sistema de Entrenamiento Cognitivo Computacional (SECC), fundamentado en los Sistemas Cognitivos Artificiales (SCA), para la estimulación cognitiva de personas con Deterioro Cognitivo Leve (DCL), que sufren deficiencias de Fluidez Verbal (FV).

Metodología: Para el desarrollo esta tecnología se completaron las fases de: Caracterización de la FV en Manizales, Diseño computacional de entrenamientos cognitivos, Construcción del Sistema Cognitivo Artificial y las Pruebas del sistema para el entrenamiento de FV.

Resultados: Se realizó la caracterización de la FV para la ciudad de Manizales mediante el análisis de tres bases de datos de la Universidad Autónoma de Manizales (UAM), se plantearon entrenamientos cognitivos y se implementaron computacionalmente, luego, se desarrolló el SCA que incorpora los ECC, se realizaron pruebas de software y finalmente, pruebas funcionales del SCA con personas mayores. El principal resultado de este trabajo fue el desarrollo de un SCA para el ECC de la FV en personas mayores con DCL.

Conclusiones: Se desarrolló una herramienta computacional basada en los SCA que permite desarrollar un ECC orientado a la FV de personas con DCL. Este sistema computacional incorporó diferentes algoritmos que le permiten exhibir aspectos cognitivos (de forma artificial) como la percepción, la acción, la autonomía, la anticipación y el aprendizaje. Esta herramienta fue especialmente concebida para personas mayores que, por su condición, no tienen habilidad para el uso de equipos de cómputo; razón por la cual se implementaron interfaces de reconocimiento de voz y síntesis de voz que facilitaron la interacción entre las personas que usaron la herramienta.

Se verificó que las personas que interactuaron con la herramienta presentaron adherencia al entrenamiento. Existió mejoría general en el rendimiento de las personas en la solución de las pruebas de fluidez verbal tanto semánticas como fonológicas y se observó el

mantenimiento de las funciones cognitivas asociadas con los procesos de FV durante el periodo de trabajo con la herramienta.

Palabras Claves: Sistema Cognitivo Artificial, Deterioro cognitivo leve, Sistema Computacional, Personas Mayores, Fluidez Verbal.

ABSTRACT

Objective: Development of a Computational Cognitive Training System (CCTS), based on Artificial Cognitive Systems (ACS), for cognitive stimulation of people with Mild Cognitive Impairment (MCI), who suffer from Verbal Fluency (VF) deficiencies.

Methodology: For the development of this technology, the following phases were completed: Characterization of VF in Manizales, Computational design of cognitive training, Construction of the Artificial Cognitive System and Testing of the system for VF training.

Results: Characterization of VF for the city of Manizales was performed through the analysis of three UAM databases, cognitive trainings were proposed and computationally implemented. Next, the ACS incorporating the CCTs was developed, software tests were performed and finally, functional tests of the ACS with elderly people. The main result of this work was the development of an ACS for the VF ECC in elderly people with MCI.

Conclusions: A computational tool based on SCAs was developed that allows the development of an ECC oriented to VF in people with MCI. This computational system incorporated different algorithms that allow it to exhibit cognitive aspects (artificially) such as perception, action, autonomy, anticipation and learning. This tool was especially conceived for elderly people, who due to their conditions do not have the ability to use computer equipment, which is why voice recognition and voice synthesis interfaces were implemented to facilitate the interaction between the people who used the tool.

It was verified that the people who interacted with the tool showed adherence to the training. There was a general improvement in the performance of people in the solution of verbal fluency tests, both semantic and phonological. As well, the maintenance of cognitive functions associated with the VF processes was observed during the period of work with the tool.

Key words: Artificial Cognitive System, Mild Cognitive Impairment, Computational System, Elderly, Verbal Fluency.

CONTENIDO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | PRESENTACIÓN..... | 1 |
| 2 | ANTECEDENTES..... | 4 |
| 2.1 | DETERIORO COGNITIVO LEVE..... | 4 |
| 2.2 | FLUIDEZ VERBAL..... | 8 |
| 2.2.1 | ¿Cómo se mide la Fluidez Verbal?..... | 8 |
| 2.2.2 | Funciones Cognitivas alteradas en relación con los problemas de Fluidez Verbal. | 9 |
| 2.2.3 | Estructuras Cerebrales alteradas en relación con los problemas de Fluidez Verbal. | 10 |
| 2.2.4 | Predominio de la alteración en la Fluidez Semántica sobre la Fonológica en personas con DCL..... | 11 |
| 2.3 | ESTIMULACIÓN COGNITIVA COMPUTACIONAL..... | 11 |
| 2.3.1 | Entrenamiento Cognitivo Computacional..... | 13 |
| 2.4 | SISTEMAS COGNITIVOS ARTIFICIALES..... | 16 |
| 2.5 | INTERACCIÓN HUMANO MÁQUINA..... | 18 |
| 3 | ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN..... | 21 |
| 4 | JUSTIFICACIÓN..... | 23 |
| 5 | REFERENTE TEÓRICO..... | 26 |
| 5.1 | FLUIDEZ VERBAL..... | 26 |
| 5.1.1 | Pruebas para caracterizar la Fluidez Verbal..... | 28 |
| 5.1.2 | Funciones Cognitivas abordadas en este trabajo..... | 30 |
| 5.2 | ENTRENAMIENTO COGNITIVO EN PERSONAS CON DCL..... | 34 |
| 5.2.1 | Identificación de entrenamientos cognitivos realizados de manera tradicional | 35 |
| 5.2.2 | Evaluación del entrenamiento..... | 39 |
| 5.3 | SISTEMAS COGNITIVOS ARTIFICIALES..... | 39 |
| 5.3.1 | Modelado de Sistemas Cognitivos..... | 40 |
| 5.3.2 | Paradigmas de Sistemas Cognitivos..... | 41 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.4 | INTERACCIÓN HUMANO MÁQUINA..... | 44 |
| 5.4.1 | Reconocimiento Automático del Habla..... | 44 |
| 5.4.2 | Reconocimiento Automático de Gestos. | 45 |
| 5.4.3 | Síntesis de Voz/habla. | 46 |
| 5.5 | METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE. | 46 |
| 5.6 | METODOLOGÍAS DE PRUEBAS DE SOFTWARE. | 48 |
| 6 | OBJETIVOS..... | 50 |
| 6.1 | OBJETIVO GENERAL..... | 50 |
| 6.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 50 |
| 7 | METODOLOGÍA | 51 |
| 7.1 | ENFOQUE, TIPO DE ESTUDIO: | 51 |
| 7.2 | DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN. | 51 |
| 7.2.1 | Caracterización de la Fluidez Verbal: | 51 |
| 7.2.2 | Diseño computacional de entrenamientos cognitivos: | 54 |
| 7.2.3 | Construcción del sistema cognitivo artificial: | 55 |
| 7.2.4 | Pruebas del sistema para el entrenamiento de la FV | 56 |
| 7.3 | POBLACIÓN: | 56 |
| 7.3.1 | Criterios de inclusión:..... | 56 |
| 7.3.2 | Criterios de exclusión: | 57 |
| 7.4 | CONSIDERACIONES ÉTICAS Y CONSENTIMIENTO INFORMADO..... | 57 |
| 7.5 | ESTRATEGIA DE RECLUTAMIENTO Y FASE PREVIA. | 57 |
| 8 | RESULTADOS..... | 59 |
| 8.1 | CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETO DEL ESTUDIO EN TÉRMINOS DE SU RENDIMIENTO EN LAS PRUEBAS DE FLUIDEZ VERBAL.. | 59 |
| 8.1.1 | Base de datos para baremación de pruebas de FV Semánticas y Fonológica del libro “ <i>Neuropsicología en Colombia Datos Normativos, estado actual y retos a futuro</i> ”: | 59 |
| 8.1.2 | Base de datos para tamización de DC: | 70 |
| 8.1.3 | Base de datos Centros Vida La Isla y Caselata: | 72 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 8.2 | DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA ENTRENAR COGNITIVAMENTE A LOS SUJETOS PARTICIPANTES EN LA RESOLUCIÓN DE TAREAS DE FLUIDEZ VERBAL. | 80 |
| 8.2.1 | Indagación de entrenamientos cognitivos tradicionales para personas con DCL | 80 |
| 8.2.2 | Filtrado de tareas cognitivas en relación con la FV..... | 82 |
| 8.2.3 | Propuesta tradicional de entrenamientos filtrados - fase previa de prueba de entrenamientos | 85 |
| 8.2.4 | Propuesta de implementación computacional de los entrenamientos | 89 |
| 8.3 | INCORPORAR ALGORITMOS EN EL SISTEMA COMPUTACIONAL QUE DEN CUENTA DE LOS COMPONENTES DE ACCIÓN, PERCEPCIÓN, AUTONOMÍA Y ANTICIPACIÓN PROPIOS DE UN SISTEMA COGNITIVO ARTIFICIAL PARA EL ENTRENAMIENTO COGNITIVO | 97 |
| 8.3.1 | Primera Iteración. | 99 |
| 8.3.2 | Reconocimiento del Habla..... | 102 |
| | Elaborada por el autor | 103 |
| 8.3.3 | Síntesis de Voz | 103 |
| 8.3.4 | Reconocimiento de Gestos | 103 |
| 8.3.5 | Segunda Iteración | 104 |
| 8.3.6 | Tercera Iteración..... | 109 |
| 8.4 | PROBAR EL SISTEMA COMPUTACIONAL PARA EL ENTRENAMIENTO COGNITIVO DE LA FLUIDEZ VERBAL..... | 116 |
| 8.4.1 | Pruebas de Software | 116 |
| 8.4.2 | Desarrollo de la Prueba Piloto | 132 |
| 9 | DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 138 |
| 10 | CONCLUSIONES | 142 |
| 11 | TRABAJO FUTURO..... | 144 |
| 12 | BIBLIOGRAFÍA..... | 148 |

ABREVIATURAS

DC – Deterioro Cognitivo

DCL – Deterioro Cognitivo Leve

DCLa – Deterioro Cognitivo Leve Amnésico

DCM – Deterioro Cognitivo Moderado

DCS – Deterioro Cognitivo Severo

EA - Enfermedad de Alzheimer

EP- Enfermedad de Parkinson

EC – Estimulación Cognitiva

ECC – Estimulación Cognitiva Computarizada

FV – Fluidez Verbal

FVs – Fluidez Verbal Semántica

FVf – Fluidez Verbal Fonológica

HMI – IHM - Interface Humano Máquina

HCI – IHC - Human Computer Interface/ Interface Humano Computadora

MoCA - Montreal Cognitive Assessment, Evaluación Cognitiva Montreal

MMSE - Mini Mental State Examination, Mini Examen del Estado Mental

SC – Sistemas Cognitivos

SH – Sistemas Híbridos

SEC – Sistemas de entrenamiento Cognitivo

SECC - Sistema de Entrenamiento Cognitivo Computarizado

TIC – Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

TCR - Terapia de rehabilitación Cognitiva

LISTA DE FIGURAS.

| | |
|---|----|
| Figura 1. La población principalmente afectada por DCL son las personas mayores de 65 años..... | 5 |
| Figura 2. Pirámide Poblacional Colombia. Evolución 2005 – 2018. | 7 |
| Figura 3. funciones cognitivas relacionadas con la memoria y afectadas en los problemas de FV. | 10 |
| Figura 4. funciones cognitivas (sin incluir memoria) afectadas en los problemas de FV.... | 10 |
| Figura 5. Uso de tecnología población anciana colombiana. | 19 |
| Figura 6. Justificación. | 23 |
| Figura 7. Nivel de Abstracción vs Inspiración en SCA..... | 41 |
| Figura 8. Paradigmas y Modelos Cognitivos en los Sistemas Cognitivos Artificiales. | 42 |
| Figura 9. Proceso de una metodología de desarrollo orientada a prototipos..... | 47 |
| Figura 10. Desarrollo de la investigación..... | 51 |
| Figura 11. Procesos para completar el diseño computacional de entrenamientos cognitivos. | 54 |
| Figura 12. Diagrama de flujo proceso de desarrollo de prototipos evolutivos..... | 55 |
| Figura 13. Procesos llevados a cabo para la prueba del sistema de entrenamiento..... | 56 |
| Figura 14. Prueba FVS Animales según sexo y escolaridad. | 61 |
| Figura 15. Prueba FVS frutas según escolaridad y género..... | 61 |
| Figura 16. prueba FVS de profesiones según escolaridad y género. | 62 |
| Figura 17. Prueba FVF para la letra F según escolaridad y género..... | 63 |
| Figura 18. Prueba FVF para la letra A según escolaridad y género. | 63 |
| Figura 19. Prueba FVF para la letra S según escolaridad y género..... | 65 |
| Figura 20. Prueba FVF para la letra M según escolaridad y género | 66 |
| Figura 21. Nubes de palabras que evidencian las frecuencias de las palabras en las pruebas de FVS | 67 |
| Figura 22. Nubes de palabras que evidencian las frecuencias de las palabras en las pruebas de FVF..... | 70 |

| | |
|--|----|
| Figura 23. Prueba FVF letra p según género y escolaridad..... | 71 |
| Figura 24. Software automatizado para pruebas de FV..... | 72 |
| Figura 25. FVs pruebas Animales, Frutas y Profesiones Centro Vida La Isla..... | 76 |
| Figura 26. FVf pruebas F-A-S-M Centro Vida La Isla | 76 |
| Figura 27. FVs pruebas Animales, Frutas y Profesiones Centro Vida Caselata | 77 |
| Figura 28. FVf pruebas F-A-S-M Centro Vida Caselata..... | 78 |
| Figura 29. Organización de la base de datos según percentiles Centro vida la Isla. | 79 |
| Figura 30. Organización de la base de datos según percentiles, personas tamizadas con DCL Centro vida la Isla..... | 79 |
| Figura 31. Organización de la base de datos según percentiles Centro Vida Caselata | 79 |
| Figura 32. Organización de la base de datos según percentiles, personas tamizadas con DCL Centro Vida Caselata..... | 79 |
| Figura 33. Ejemplos de fichas para entrenamientos de FV mediante las seis tareas cognitivas seleccionadas..... | 86 |
| Figura 34. Personas mayores Centro Vida la Isla desarrollando entrenamiento cognitivo en FV, tradicional | 87 |
| Figura 35. Resultados pruebas de FVS pre y post fase previa | 87 |
| Figura 36. Resultados pruebas de FVS pre y post fase previa | 88 |
| Figura 37. Resultados pruebas de FVF pre y post fase previa | 88 |
| Figura 38. Versión computacional, entrenamiento ASE para fluidez verbal. | 89 |
| Figura 39. Menú de configuración tarea N-Back | 91 |
| Figura 40. Implementación computacional entrenamiento N-Back, estímulo y recuadro gris entre estímulo | 91 |
| Figura 41. Menú de configuración tarea Go-noGo..... | 92 |
| Figura 42. Implementación computacional entrenamiento Go-NoGo | 93 |
| Figura 43. Menú de configuración tarea stop signal. | 94 |
| Figura 44. Implementación computacional entrenamiento stop signal | 94 |
| Figura 45. Menú de configuración tarea Cancelación..... | 95 |
| Figura 46. Implementación computacional entrenamiento Cancelación..... | 95 |
| Figura 47. Menú de configuración tarea Categorización | 96 |

| | |
|--|-----|
| Figura 48. Implementación computacional entrenamiento Categorización. | 97 |
| Figura 49. SCA Implementado..... | 98 |
| <i>Figura 50. SCA</i> | 100 |
| Figura 51. Menús herramienta computacional | 105 |
| Figura 52. Base de datos..... | 106 |
| Figura 53. Evolución tiempo de respuesta en palabras de la categoría animales para dos sujetos diferentes. | 108 |
| Figura 54. Evolución tiempo de respuesta en palabras de la categoría frutas para dos sujetos diferentes. | 108 |
| Figura 55. Evolución tiempo de respuesta en palabras de la categoría profesiones para el sujeto 5..... | 109 |
| Figura 56. Interacciones entre los subsistemas del SCA..... | 113 |
| Figura 57. Descripción de interacciones..... | 114 |
| Figura 58. Categoría, valores válidos animales, frutas y profesiones. | 117 |
| Figura 59. Número de estímulos, valores válidos positivos entre 10 y 50, no válidos menores de 10 y mayores 50 y negativos. | 118 |
| Figura 60. Reconocimiento de voz, valores válidos, palabras en el diccionario, palabras fuera del diccionario. | 118 |
| Figura 61. Mujeres en prueba piloto herramienta. | 133 |
| Figura 62. Hombres en prueba piloto de la herramienta. | 134 |
| Figura 63. Resultados pruebas de FVf pre y post pilotaje herramienta..... | 136 |
| Figura 64. Resultados pruebas de FVs pre y post pilotaje herramienta. | 136 |
| Figura 65. SCA incorporando el aprendizaje colaborativo. | 144 |
| Figura 66. SCA interacción con varios usuarios. | 144 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Porcentajes de incidencia del DCL y Demencias a nivel Mundial. | 6 |
| Tabla 2. Porcentajes de incidencia del DCL y Demencias a nivel nacional. | 6 |
| Tabla 3. características de un sistema cognitivo artificial. paradigmas de cognición cognitivista y emergente..... | 16 |
| Tabla 4. Datos descriptivos base de datos para baremación. | 59 |
| Tabla 5. Datos descriptivos Base de datos para Baremación. | 60 |
| Tabla 6. Rangos de normalidad para la ejecución de pruebas de Fluidez Verbal. Adaptado del libro Neuropsicología en Colombia (Ruiz, Pérez, & Medina, 2013). | 67 |
| Tabla 7. Análisis de frecuencias para pruebas de FVS..... | 68 |
| Tabla 8. Comportamiento pruebas de FVF letra p según clasificación para DC. | 71 |
| Tabla 9. Datos descriptivos base de datos FVS Centro Vida La Isla | 73 |
| Tabla 10. Datos descriptivos base de datos FVF Centro Vida La Isla | 73 |
| Tabla 11. Datos descriptivos base de datos FVS Centro Vida Caselata..... | 74 |
| Tabla 12. Datos descriptivos base de datos FVF Centro Vida Caselata..... | 74 |
| Tabla 13. Tareas cognitivas utilizadas en entrenamientos cognitivos..... | 81 |
| Tabla 14. Variaciones en denominación de las figuras utilizadas..... | 103 |
| Tabla 15. Elementos de Cognición Artificial para el entrenamiento de ASE | 110 |
| Tabla 16. Elementos de Cognición Artificial para el entrenamiento de N-Back | 110 |
| Tabla 17. Elementos de Cognición Artificial para el entrenamiento de Go-noGo..... | 111 |
| Tabla 18. Elementos de Cognición Artificial para el entrenamiento de Stop Signal | 111 |
| Tabla 19. Elementos de Cognición Artificial para el entrenamiento de Cancelación | 112 |
| Tabla 20. Elementos de Cognición Artificial para el entrenamiento de Categorización ... | 112 |
| Tabla 21. Clases para el entrenamiento Aprendizajes sin error. | 119 |
| Tabla 22. Prueba ID: Aprendizaje sin error-01 | 121 |
| Tabla 23. Aprendizaje sin error - 02..... | 122 |
| Tabla 24. Aprendizaje sin error - 03..... | 123 |
| Tabla 25. Aprendizaje sin error - 04..... | 125 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 26 Aprendizaje sin error - 05..... | 126 |
| Tabla 27. Aprendizaje sin error - 06..... | 127 |
| Tabla 28. Aprendizaje sin error - 07..... | 129 |
| Tabla 29. Aprendizaje sin error - 08..... | 130 |
| Tabla 30. Aprendizaje sin error - 09..... | 130 |
| Tabla 31. Aprendizaje sin error – 09 | 131 |
| Tabla 32. Plan de intervención aplicado a los sujetos de investigación, en la versión computacional..... | 145 |

1 PRESENTACIÓN

En este documento se presenta el desarrollo de un Sistema de Entrenamiento Cognitivo Computacional (SECC), fundamentado en los Sistemas Cognitivos Artificiales (SCA), para la estimulación cognitiva de personas con Deterioro Cognitivo Leve (DCL), que sufren deficiencias de Fluidez Verbal (FV). El interés de investigación en esta temática se centró en la necesidad de sugerir nuevos escenarios para mejorar las condiciones de vida de este tipo de población.

Las personas mayores de 60 años (Población de interés) son vulnerables a sufrir Deterioro Cognitivo (DC). Dicho deterioro se entiende como una condición previa al diagnóstico de Demencia en el cual se observan detrimentos en las funciones mentales superiores en comparación con la tasa observada en el envejecimiento normal. Además de lo anterior, existe una alta progresión a Demencia (en la mayoría de los casos Enfermedad de Alzheimer (EA)), esto debido a que cada año hasta un 12% evolucionan a estos estados superiores de enfermedad, de tal modo que más allá de los 80 años hasta un 50% de la población puede verse afectada.

Lo anterior indica que aquellas personas que empiezan un proceso de DC son altamente vulnerables y se convierten por ende en una población de vital interés. Debe destacarse también, que el DC tiene tres estados bien diferenciados: Deterioro Cognitivo Leve (DCL), Deterioro Cognitivo Moderado (DCM) y Deterioro Cognitivo Severo (DCS). No obstante, el estado del arte señala que las tareas de estimulación, entrenamiento y rehabilitación cognitiva, sólo tienen sentido en los primeros estados del deterioro, toda vez que cuando se alcanzan mayores niveles no es posible que el sujeto pueda mantener la atención en las intervenciones por los periodos mínimos de tiempo para que las mismas tengan efectividad.

El DCL afecta procesos cognitivos como la atención, la velocidad de procesamiento de la información, la memoria, las Funciones Ejecutivas (FE), el cálculo, entre otros elementos de la cognición, que le permiten a una persona desenvolverse eficientemente en su día a día. La comunicación, por ejemplo, se ve afectada, pues estas personas sufren problemas como es una capacidad reducida en su Fluidez Verbal (FV). Esto, junto a factores asociados como la soledad y el aislamiento propio de la población, conducen a la disminución de la calidad de vida afectando la salud en los ámbitos físico, mental y social. Paralelo a ello, la forma en que

interactúan actualmente las personas disminuye los escenarios habituales en los que este tipo de procesos se potencia, lo que contribuye de manera negativa con el proceso de deterioro.

Las progresiones de población mundial indican que en los próximos años la mayor cantidad de la población estará concentrada en el grupo de personas mayores de 60 años, lo que implica una inversión de la pirámide poblacional y en consecuencia una mayor tasa de posibles personas afectadas con enfermedades neurodegenerativas como es el caso del DC y sus estados más críticos, la EA y otras Demencias. Lo anterior, pone en evidencia las necesidades del sector salud en mejorar sus capacidades para atender una demanda tan grande de personas afectadas.

Es importante aclarar, que en la actualidad no hay suficiente personal calificado para atender la demanda de personas con DC, ni siquiera en términos de tamización. En relación a lo anterior, los sistemas de entrenamiento cognitivo tradicionales (Implica un entrenador calificado) serán insuficientes para el volumen de usuarios que se prevé. Esta situación señala que es necesario invertir esfuerzos para prevenir las situaciones venideras y proponer servicios, herramientas y sistemas que ayuden a sobrellevar la carga al sector salud y que velen por garantizar el derecho fundamental de estas personas a tener un servicio de salud integral.

Actualmente existen herramientas para entrenamiento cognitivo que incluso han sido implementadas en versiones computacionales. Sin embargo, la mayoría de ellas son propuestas para trabajar sobre la cognición general y no sobre tareas específicas como las relacionadas con la FV. Al mismo tiempo, los SECC actuales por ser estáticos y poco adaptables a las necesidades de su usuario y su entorno, son limitados a la hora de brindar entrenamientos que se ajusten a las necesidades de cada individuo. En otras palabras, los actuales SECC tienen interacciones limitadas con sus usuarios.

Los SCA estudian cómo implementar elementos de la cognición humana como, la anticipación, la autonomía, la percepción, la acción y el aprendizaje colaborativo de manera artificial, estos elementos bien podrían contribuir en hacer de los SECC mejores herramientas. Esto último, se entiende, pues el SCA dotaría al SECC de habilidades para aprender y adaptarse al usuario. La literatura relacionada además evidencia que el uso de SECC también mejora la adherencia de los sujetos a las intervenciones y permiten un seguimiento más constante pues se puede saber que tanto tiempo invierte el sujeto en el entrenamiento, que nivel de compromiso tiene con las

actividades propuestas, además de determinar la relación entre habilidad y motivación, factores que juegan un papel importante a la hora de limitar la deserción de este tipo de intervenciones.

También cabe señalar, que el uso de Interfaces Humano Máquina es un campo inexplorado en los actuales SECC, por lo cual es necesario investigar en avances tecnológicos como el reconocimiento automático del habla, la síntesis de voz y el reconocimiento de gestos y su aplicación en este tipo de sistemas; esto último, en miras de potenciar la interacción de los usuarios (personas adultas no hábiles con el uso de herramientas de cómputo) con sistemas de computación.

2 ANTECEDENTES

En esta sección se van a describir las categorías Deterioro Cognitivo Leve, Fluidez Verbal, Estimulación Cognitiva, Sistemas Cognitivos Artificiales e Interfaces Humano Máquina. Dichas categorías corresponden con los elementos que se consideraron en la presente investigación. Se presentan los antecedentes relevantes en torno a estas categorías.

2.1 DETERIORO COGNITIVO LEVE.

La función cognitiva de los adultos mayores presenta un espectro variado de cambios, dentro de los que encontramos el envejecimiento normal o fisiológico, caracterizado por una lentificación de funciones intelectuales globales, secundario a la reducción de las conexiones neuronales entre las diferentes áreas de asociación cortical, en especial de áreas relacionadas con planeación de patrones motores, lenguaje, cálculo y memoria entre otras (Moran, Jolly, & Mitchell, 2012; Harada, Love, & Triebel, 2013). Por su parte el envejecimiento patológico supera la magnitud de estos cambios, generando la aparición de condiciones tales como el deterioro cognitivo leve (DCL) y la Demencia (Petersen, y otros, 2001).

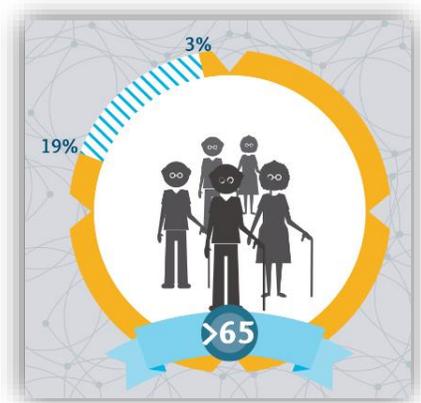
El Deterioro Cognitivo Leve se entiende como un estadio previo al diagnóstico de Demencia (Bullock, 2008), en el cual se observan cambios en las funciones mentales superiores mayores a los evidenciados en el envejecimiento normal (Ruiz, Pérez, & Medina, 2013). El DCL puede considerarse como una entidad definida por el compromiso predominante, aunque no exclusivo, de la memoria en ausencia de un trastorno funcional (Ruiz, Pérez, & Medina, 2013; Osorno, y otros, 2009).

Se identifican tres subtipos: el DCL amnésico donde la memoria es la única función cognitiva alterada, el no amnésico en el cual se altera un dominio cognitivo diferente a la memoria; y el multidominio que afecta varios dominios simultáneamente (Petersen, y otros, 2001; Artero, y otros, 2008; Janoutová, Serý, Hosák, & Janout, 2015).

Además de esto, en las personas con DCL, se observan frecuentemente alteraciones en otros dominios cognitivos como: la función ejecutiva, la atención, la velocidad de procesamiento, las habilidades perceptuales motoras y del lenguaje (Ruiz, Pérez, & Medina, 2013). Dicho en otras palabras, corresponde con la alteración en la capacidad de aprendizaje, los problemas de

memoria y concentración, debidos a una enfermedad definida (DeCarli, 2003). Estas alteraciones, en muchos casos, comprometen el desempeño de la persona en el desarrollo de tareas avanzadas (Geslani, Tierney, Herrmann, & Szalai, 2005; Gauthier, y otros, 2006).

Figura 1. La población principalmente afectada por DCL son las personas mayores de 65 años.



Tomado de Proyecto Deterioro Cognitivo UAM

El DCL es una enfermedad no transmisible que afecta en mayor medida a las personas mayores de 60 años. De todas las personas diagnosticadas con DCL un 12.5% evolucionan a Demencia cada año (Petersen, y otros, 1999). Porcentaje que tiende a aumentar a medida que la población envejece (Plassman, y otros), al punto que a la edad de 80 años entre un 20% y un 50% de la población puede resultar afectada (Llibre & Hernández, 2002). Además de lo anterior, a nivel mundial la prevalencia de Demencias es de un 6.2%; afectando en mayor proporción a las mujeres con un 8,8%, en contraste con los hombres que presentan una tasa del 3,2% (Vega & Bermejo, 2002). A nivel mundial, su prevalencia se ha descrito entre un 12% a 42% en sujetos mayores de 50 años (Roberts & Knopman, 2013).

En Colombia, son pocos los estudios que permiten establecer la incidencia de este tipo de problemas¹ en la población. Sin embargo, se han estimado prevalencias de un 9,7% para el tipo amnésico por Henao et al 2008, y de 34% por el estudio de (Pedraza, y otros, 2016). El DCL

¹ El estudio de Ardila, Vesga, & León (2002) sugieren que por cada 1000 habitantes 131 sufren de demencia. Gooding, Amaya, Parra, & Ríos (2006), proponen que en el municipio de Neiva hasta un 23,6% de los adultos mayores de 60 años padecen algún tipo de demencia. Si bien estos estudios no relatan la incidencia del DC, si permiten destacar la importancia de trabajar con población con este tipo de problemas y tomar conciencia de hacerlo en etapas tempranas.

puede retornar a un estado de cognición normal, permanecer en el proceso de envejecimiento o progresar a Demencia, como es el caso del DCL amnésico, que aumenta el riesgo de desarrollar Demencia tipo Alzheimer (DTA). En su estudio, realizado en el Valle de Aburrá, Henao-Arboleda, Aguirre-Acevedo, Muñoz, Pineda, & Lopera (2008) relatan que la incidencia de estos desórdenes neurológicos puede alcanzar el 29% de la población mayor de 50 años. El estudio desarrollado por Restrepo de Mejía, y otros (2020), en el que se tamizó un total de 3000 sujetos del régimen subsidiado en 14 de los municipios de Caldas, Colombia, permitió establecer una prevalencia de DC del 22,64%.

Tabla 1. Porcentajes de incidencia del DCL y Demencias a nivel Mundial.

| Prevalencia | Edad | Estudio |
|---------------------------------------|------|----------------------------|
| 19% | >60 | (Gauthier, y otros, 2006) |
| 6,2% | >60 | (Vega & Bermejo, 2002) |
| 8,8% M, 3,2% H | | |
| 20%-50% | >80 | (Llibre & Hernández, 2002) |
| 5% – 7% | >60 | (Prince, y otros, 2013) |
| Diferente prevalencia a nivel mundial | | (Rodríguez, y otros, 2008) |

Elaborada por el autor

Tabla 2. Porcentajes de incidencia del DCL y Demencias a nivel nacional.

| Prevalencia | Edad | Estudio |
|----------------------------------|------|--|
| 13,1% | >60 | (Ardila, Vesga, & Leon, 2002) |
| 23,6% | >60 | (Gooding, Amaya, Parra, & Ríos, 2006) |
| 29% | >50 | (Henao-Arboleda, Aguirre-Acevedo, Muñoz, Pineda, & Lopera, 2008) |
| 34% para DCL y 23% para Demencia | >50 | (Pedraza, y otros, 2016) |
| 39,4% DCL | >65 | (Díaz Cabezas, Marulanda Mejía, & Martínez Arias, 2013) |
| 10,9% Demencia | >50 | (Pradilla, y otros, 2002) |

Elaborada por el autor

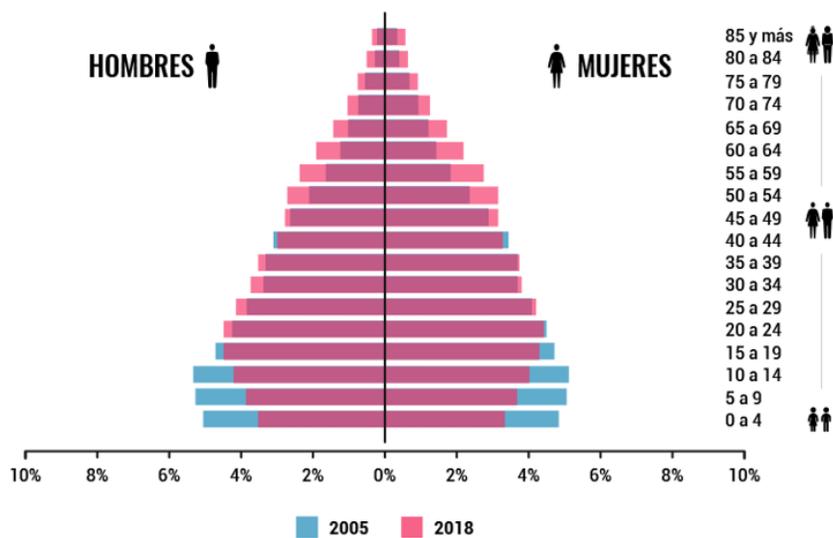
Además de esto, organizaciones derivadas de la ONU como CEPAL, CELADE y el UNFPA, señalan que la población mayor de 60 años es la que tiene mayor proporción de crecimiento a nivel mundial (United Nations, 2015). La ONU en sus informes del 2001 y 2015 (ONU, 2015; ONU, 2001) menciona que para el año 2025 la población mayor de 60 años alcanzará los 1200 millones de personas (Martínez, 2005). Estos referentes destacan la importancia de investigar en esta temática pues existe una tendencia de progresión poblacional acentuada al rango mayor de 60 años.

Esta progresión se evidencia en el cambio demográfico, en el caso de Colombia puede observarse en la

Figura 2, esta imagen compara las pirámides poblacionales para el país en el 2005 y el 2018 según el más reciente censo poblacional (Departamento Nacional de Estadísticas DANE, 2021).

Figura 2. Pirámide Poblacional Colombia. Evolución 2005 – 2018.

DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN POR SEXO Y EDAD



Tomado del DANE.

Debe entenderse, además, que el DCL es un trastorno para el cual aún no existe una cura conocida y en un alto porcentaje de los casos es una condición de tipo degenerativa, por lo cual el individuo se convierte en una persona cada vez más dependiente y aislada conforme avanza su padecimiento (Petersen, y otros, 2001; Petersen, y otros, 1999).

Todo lo anterior, evidencia un conjunto de factores de riesgo que inciden directamente sobre la cognición de la población de interés. Uno de los aspectos que se destaca en el estado del arte es la dificultad que los individuos con DCL tienen en términos de fluidez verbal (FV). Condición que tiende a agravarse por los factores del contexto (soledad, dependencia, aislamiento y otros asociados con la vejez) además del proceso degenerativo y su progresión a la EA (Nutter-

Upham, y otros, 2008; Juncos-Rabadán, 2009; Murphy, Rich, & Troyer, 2006; Bertola, y otros, 2014).

2.2 FLUIDEZ VERBAL

La FV se entiende como la capacidad que una persona tiene de producir palabras; de otro modo, es la habilidad de producir una secuencia satisfactoria de palabras durante un intervalo de tiempo determinado y bajo ciertas instrucciones (Rapp, 2015; Hannay, Howieson, Loring, Fischer, & Lezak, 2004; Ruff, Light, Parker, & Levin, 1997). La FV se divide en fluidez verbal semántica (FVs) y fluidez verbal fonológica (FVf), la primera tiene que ver con la forma en que las personas pueden producir palabras asociadas a una categoría (como puede ser: animales, frutas, elementos de un supermercado) y la segunda con la producción de palabras asociadas a una estructura fonológica (como las palabras que empiezan por /f/) (Nutter-Upham, y otros, 2008).

2.2.1 ¿Cómo se mide la Fluidez Verbal?

En principio, todos los test de FV evalúan el desempeño de la persona mediante la cantidad de palabras correctamente dichas según los parámetros establecidos y el límite de tiempo (Radanovic, y otros, 2009); sin embargo, otros estudios reportan la importancia de usar otras medidas como son agrupaciones (*clustering*) y saltos (*switching*), las cuales se refieren a que tanto se mueve la persona al interior de una subcategoría (por ejemplo, si la categoría es animales, la persona solo se refiere a animales de la granja) o que tan capaz es de cambiar entre subcategorías (no solo referirse a animales de la granja, sino también, a otras subcategorías como animales del mar, pájaros, entre otros) (Murphy, Rich, & Troyer, 2006).

Otras medidas han sido propuestas para mejorar el análisis que se realiza a través de los test de FV, por ejemplo, Nutter-Upham, y otros, (2008), hacen uso de test de fluidez en los que se consideran las variables: letras, categorías, *switching* (alternar entre dos categorías), *shifting* (saltos flexibles entre tareas o conjuntos mentales) (Shao, Janse, Visser, & Meyer, 2014), nombramiento de acciones y nombramiento de ítems de supermercado para medir la Producción (Production) y los Saltos (*Switching*). Bertola, y otros, (2014), proponen realizar una representación basada en grafos del test de fluidez, a dichos grafos pueden extraérsele medidas adicionales que permiten cuantificar el desempeño de los participantes. Destaca en este trabajo que las repeticiones de palabras en vez de ser penalizadas, contribuyen enormemente en la construcción del grafo, y son las que permiten, al final, determinar si el grafo proviene de una

persona sana o de alguien con algún tipo de DC. Todas estas métricas se presentan en mayor extensión en el Anexo 2.

2.2.2 Funciones Cognitivas alteradas en relación con los problemas de Fluidez Verbal.

Puede observarse que los problemas de FV tienen asociadas un conjunto de funciones cognitivas, las cuales al alterarse generan estas dificultades a la hora de producir palabras. Ruff, Light, Parker, & Levin, (1997), sugieren que un test de FV implica en el examinado la activación de funciones cognitivas como son: la atención inmediata, la memoria semántica, la memoria declarativa y las FE. Por su parte Murphy, Rich, & Troyer, (2006) expresan que las tareas de fluidez involucran la búsqueda estratégica de información en la memoria semántica y además señalan que las personas con DCL de tipo Amnésico (DCLa) reflejan patrones de degradación de las redes semánticas. En este sentido, Nutter-Upham, y otros, (2008), enuncian que para la realización de un test de FV es necesario que se active la estructura jerárquica de conocimiento semántico y que los problemas de fluidez verbal suelen asociarse con una recuperación lenta de la información, lo cual sugiere que los problemas de FV son control ejecutivo y no de carácter lingüístico (Butters, Granholm, Salmon, Grant, & Wolfe, 1987).

Otros autores subrayan la importancia de que la estructura semántica permanezca intacta para que no se afecte la FV (Salmon, Butters, & Chan, 1999; Nutter-Upham, y otros, 2008). Juncos-Rabadán, (2009) lo expresa de esta manera:

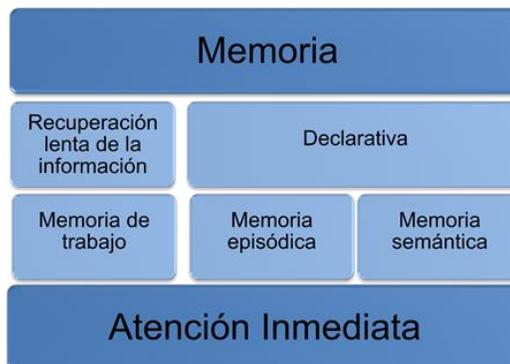
“la integridad de las redes de la memoria semántica y de la habilidad para iniciar una búsqueda sistemática y utilizar estrategias de recuerdo, así como de la integridad de la memoria de trabajo para actualizar las palabras que se van diciendo, controlando las que se han dicho e inhibiendo las que no son apropiadas”. (Juncos-Rabadán, 2009)

Figura 3. funciones cognitivas relacionadas con la memoria y afectadas en los problemas de FV.



Elaborada por el autor

Figura 4. funciones cognitivas (sin incluir memoria) afectadas en los problemas de FV.



Elaborada por el autor

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se sintetizan las funciones cognitivas que se ven afectadas en los individuos con problemas de FV, dichas funciones corresponden con: FE y atención inmediata. Por su parte, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presentan las funciones cognitivas que se ven afectadas en las personas con problemas de FV, pero esta vez, relacionadas con la memoria.

2.2.3 Estructuras Cerebrales alteradas en relación con los problemas de Fluidez Verbal.

En varios estudios se presentan las estructuras cerebrales que sufren alteraciones en medio del proceso de deterioro. Por ejemplo, en el trabajo realizado por Nitrini, y otros (2009) se relata que una Demencia frontotemporal siempre conduce a problemas de FV. Radanovic, y otros (2009) expresan en su trabajo que mediante estudios de neuroimagen se ha demostrado que el lóbulo temporal, en sus partes posterior y anterior, y el lóbulo frontal, contribuyen en gran medida en los procesos de producción de palabras, siendo la primera de estas estructuras importante en los procesos de FVs y la segunda en los procesos de FVf (Nutter-Upham, y otros, 2008).

Los estudios de neuroimagen evidencian que a medida que se produce el proceso de deterioro es necesario que se activen más estructuras cerebrales para resolver tareas de FV

(Nutter-Upham, y otros, 2008). Lo anterior debido a que el cerebro debe compensar las deficiencias generadas en el proceso degenerativo. Es por esto, que se ha evidenciado en los individuos con DCL una reducida cantidad de materia gris en el lóbulo frontal y una activación diferencial de este lóbulo (Rosano, y otros, 2005; SAYKIN, y otros, 1999).

Murphy, Rich, & Troyer, (2006) expresan que en los individuos con DCLa los problemas de memoria semántica indican cambios tempranos que van más allá de las alteraciones en el hipocampo. Por su parte, Ruff, Light, Parker, & Levin (1997), señalan que los problemas de FV sugieren lesiones en la corteza izquierda prefrontal y lesiones en el cuerpo estriado en el hemisferio dominante. Otros autores destacan zonas puntuales que han sufrido atrofas y que impiden el normal desarrollo de los test de FV, este tipo de zonas son: lóbulo temporal y parietal en las áreas de Brodman 20, 21, 37, 39, 40 y 7; lóbulo frontal bilateral en las áreas de Brodman 8, 9, 44; además del polo temporal derecho 39 (Juncos-Rabadán, 2009).

2.2.4 Predominio de la alteración en la Fluidez Semántica sobre la Fonológica en personas con DCL.

En el trabajo desarrollado por Murphy y otros (2006) se evidencia que existen diferencias significativas en el desempeño de pruebas de FVs entre personas sanas y personas con DCL (Juncos-Rabadán, 2009; Cuetos-Vega, Menéndez-González, & Calatayud-Noguera, 2007; Östberg, Fernaeus, Hellström, & Wahlund, 2005). Murphy y otros (2006) además destacan que para el caso de la FVf no existen diferencias entre los grupos.

Otros trabajos muestran la degradación que los individuos con EA presentan en el desarrollo de ambas tareas², lo cual destaca el proceso degenerativo subyacente (Murphy, Rich, & Troyer, 2006; Bertola, y otros, 2014). Dado que existen múltiples variaciones en los test de fluidez verbal, Nutter-Upham, y otros (2008) sugieren que es necesario investigar respecto al grado con el que cada variación de los test se asocia con el DCL.

2.3 ESTIMULACIÓN COGNITIVA COMPUTACIONAL.

La estimulación cognitiva implica la práctica guiada de tareas cognitivas específicas, con el objeto de mejorar el funcionamiento cognitivo general y prevenir o minimizar los efectos

² “Ambas tareas” se refiere a los test de fluidez fonológica y test de fluidez semántica.

del envejecimiento cognitivo (Reijnders, van Heugten, & van Boxtel, 2013), sea este un envejecimiento normal o bajo el curso de algún deterioro.

Diversos estudios demuestran la diversidad de conceptos en lo relacionado a la estimulación cognitiva, por ejemplo, Clare & Woods (2003) distinguen entre estimulación cognitiva, entrenamiento cognitivo, rehabilitación cognitiva y orientación a la realidad. Por su parte, Reijnders, van Heugten, & van Boxtel (2013) muestran mediante una revisión sistemática el uso de otros tipos de estimulación cognitiva como son: intervenciones cognitivas, entrenamiento del cerebro y entrenamiento de memoria. Adicionalmente, Mueller K. D. (2016) expresa la existencia de entrenamiento de la atención, entrenamiento de la memoria de trabajo y enfatiza en las versiones computarizadas de estos enfoques de estimulación. Lo anterior muestra que no existe consenso en la forma de abordar la estimulación cognitiva y existen muchas diferencias en la terminología, que por mucho tiempo ha sido utilizada indistintamente. De conformidad a lo anterior, autores como Clare & Woods (2003) y Muñoz (2009) han procurado definir cada uno de estos enfoques y sus alcances.

Varias revisiones sistemáticas destacan la dificultad de realizar metaanálisis de los trabajos en el área, dado a que las intervenciones siempre tienen abordajes diferentes, las metodologías no son estándar, las poblaciones son heterogéneas y no es posible garantizar la calidad de los trabajos (Clare & Wilson, 2004; Reijnders, van Heugten, & van Boxtel, 2013; Martin, Clare, Altgassen, Cameron, & Zehnder, 2011; Papp, Walsh, & Snyder, 2009). A consecuencia de esto, en trabajos como los realizados por Reijnders, van Heugten, & van Boxtel (2013) y Suzuki, y otros (2014) han acogido los lineamientos para realizar reportes de pruebas, generados por CONSORT 2010 *statement* (Schulz, Altman, & Moher, 2010), como criterios de exclusión y medida de calidad para los trabajos en sus revisiones.

No obstante, las investigaciones destacan que los diferentes procesos de estimulación cognitiva conducen a mejoras en la cognición y el comportamiento de los sujetos de investigación (Spector, Davies, Woods, & Orrell, 2000; Spector, y otros, 2003). Los estudios también muestran evidencias que la estimulación cognitiva mejora varios aspectos del funcionamiento cognitivo objetivo: rendimiento de la memoria, FE, velocidad de

procesamiento, atención, inteligencia fluida y rendimiento cognitivo subjetivo (Reijnders, van Heugten, & van Boxtel, 2013).

En este punto, es importante destacar que, los diversos enfoques de estimulación cognitiva admiten el desarrollo de actividades grupales, individuales o mixtas (Clare & Woods, 2003). Además, dichos enfoques pueden ser orientados hacia la cognición general (multidominio) o hacia una función cognitiva en particular (monodominio) (Mueller, 2016). Otro aspecto importante, es garantizar que los enfoques de estimulación cognitiva anticipen la frecuencia, intensidad y duración de la intervención (Clare & Wilson, 2004). Todo lo anterior con el fin de garantizar que se mantenga o mejore el conjunto de procesos que se quieren intervenir y, de ser necesario, encontrar las estrategias compensatorias suficientes para alcanzar el bienestar del intervenido; al respecto, también se relaciona el número de evaluaciones previas y posteriores a la intervención, observándose incluso la necesidad de una estimulación constante.

En este trabajo, se adopta el concepto de entrenamiento cognitivo, toda vez que se refiere a las actividades que permiten un mantenimiento activo de las funciones cognitivas, sin pretender un proceso de habilitación o rehabilitación en la persona. En este sentido, se busca mantener la capacidad del individuo y eventualmente la mejoría de sus procesos cognitivos. En concreto, se asume la definición presentada por Jean, Bergeron, Thivierge, & Simard (2011) en la que se refiere a entrenamiento cognitivo como la práctica guiada sobre un conjunto específico de tareas que solicitan aspectos particulares del funcionamiento cognitivo y el uso de técnicas específicas.

2.3.1 Entrenamiento Cognitivo Computacional.

En el estado del arte se pueden encontrar múltiples trabajos relacionados con procesos de estimulación cognitiva abordados desde un enfoque computarizado. Algunos hacen uso de herramientas comerciales como Lumosity® (Barnes, Yaffe, & Belfor, 2009; Rosen, Sugiura, Kramer, & Whitfield, 2011) y Posit Science® (Finn & McDonald, 2011), mientras que otros utilizan herramientas ajustadas a los dominios cognitivos que desean entrenar (Gaitán, y otros, 2013; Panza, y otros, 1996; Herrera, Chambon, Michel, Paban, & Alescio-Lautier, 2012; Lee, Yip, Yu, & Man, 2013; Gagnon & Belleville, 2012; Galante, Venturini, & Fiaccadori, 2007).

Cada uno de estos trabajos se enfoca en grupos de funciones cognitivas particulares dependiendo de lo que se pretenda estimular en los sujetos de investigación. En el trabajo desarrollado por Barnes, Yaffe, & Belfor (2009), se enfocan en la velocidad de procesamiento auditivo, y en la memoria y aprendizaje auditivo. Rosen, Sugiura, Kramer, & Whitfield (2011) se enfocan en verificar la activación del hipocampo mientras se desarrolla un proceso de entrenamiento cognitivo. Por su parte Finn & McDonald (2011) tienen como meta la atención, la velocidad de procesamiento, la memoria visual y el control cognitivo. Es de recordar que estos trabajos hacen uso de herramientas comerciales.

En los trabajos en los que se utilizan sistemas ajustados a ciertos dominios cognitivos, los autores se han centrado en entrenar funciones cognitivas y tareas como: atención, memoria, FE, percepción y reconocimiento del lenguaje, cálculo y orientación espacio-temporal (Gaitán, y otros, 2013); memoria explícita visual y verbal, a través de la estimulación de la memoria, las FE, la atención y la velocidad de procesamiento de la información (Fiatarone Singh, y otros, 2014); memoria visual (Herrera, Chambon, Michel, Paban, & Alescio-Lautier, 2012; Lee, Yip, Yu, & Man, 2013); memoria auditiva, memoria de trabajo, memoria prospectiva, asociación nombre cara y entrenamiento en actividades de la vida diaria (Lee, Yip, Yu, & Man, 2013); prioridad de variables (Gagnon & Belleville, 2012); memoria, lenguaje, percepción, inteligencia, atención y cognición espacial (Galante, Venturini, & Fiaccadori, 2007).

Todos los trabajos encontrados tienen diferentes intensidades y número de sesiones, variando desde 2 a 5 sesiones por semana de entre 30 minutos a 100 minutos y desde el mes y medio hasta los 8 meses de intervención (Mueller, 2016). A pesar de que todas las intervenciones son diferentes en intensidad y número de sesiones, los trabajos destacan mejoras en la cognición global (Barnes, Yaffe, & Belfor, 2009; Lee, Yip, Yu, & Man, 2013), la activación del hipocampo izquierdo (Rosen, Sugiura, Kramer, & Whitfield, 2011) la memoria (Finn & McDonald, 2011), toma de decisiones (Fiatarone Singh, y otros, 2014), mejora en todos los test de memoria (Panza, y otros, 1996), reconocimiento de puertas y caras (Herrera, Chambon, Michel, Paban, & Alescio-Lautier, 2012), precisión y tiempo de respuesta (Gagnon & Belleville, 2012). En adición, los autores reportan mejoras en otros aspectos de los sujetos de investigación como son la disminución en los niveles de depresión, ansiedad y estrés (Finn & McDonald, 2011). En el trabajo de Galante, Venturini,

& Fiaccadori (2007) se destaca que si bien no se logró una mejora en los procesos cognitivos se logró mantener el desempeño de las personas en el desarrollo del MMSE.

En el análisis de este tipo de trabajos Mueller K. D (2016) destaca que después de 3 meses de terminada la intervención los efectos empiezan a disiparse. Lo anterior sugiere que como existe un proceso degenerativo, los mecanismos compensatorios establecidos durante el entrenamiento declinan, si los individuos no mantienen el entrenamiento (Herrera, Chambon, Michel, Paban, & Alescio-Lautier, 2012). Además, Mahendra, y otros (2005) expresan la necesidad que los sistemas de estimulación cognitiva computarizada tienen de transferir las mejoras a las actividades de la vida diaria. En consonancia con lo anterior, Mueller K. D (2016) resalta que no se evidencia esta transferencia y que justamente este es uno de los elementos más difíciles de identificar en este tipo de trabajos.

Mueller K. D (2016) también aclara que el entrenamiento cognitivo computarizado es posible en personas que empiezan a cursar procesos de deterioro, pues en etapas más avanzadas es muy difícil que los sujetos de investigación mantengan la atención en la tarea por periodos prolongados de tiempo.

En general los trabajos relacionados con entrenamiento cognitivo computarizado se observan mejoras significativas de la cognición global, además que las personas se benefician en términos de conveniencia, costo y realimentación en tiempo real (Mueller, 2016). A la par de lo anterior, los terapeutas pueden realizar un seguimiento continuo de la persona, documentando su progreso y adhiriéndose de manera más acertada al tratamiento (Mueller, 2016). Lo anterior indica que los sistemas de estimulación cognitiva computarizados son prácticos y de valor en la clínica, para mejorar el estatus cognitivo de las personas (Maseda, Millán-Calenti, Lorenzo-López, & Núñez-Naveira, 2013).

Debe destacarse que en las revisiones que se realizaron en las bases de datos, no se encontraron sistemas de entrenamiento cognitivo mediados por sistemas de cómputo que estuvieran orientados a favorecer las condiciones de personas con problemas de fluidez verbal.

2.4 SISTEMAS COGNITIVOS ARTIFICIALES.

Si bien aún no existe un consenso absoluto en la definición del concepto Sistema Cognitivo Artificial, si es notoria la necesidad que varios autores hacen respecto a que los elementos de los que se ha ocupado la inteligencia artificial, resultan insuficientes para dar sustento a una cognición artificial (Bedia & Ossa, 2010). Por ejemplo, Brachman (Brachman, 2002) define un sistema cognitivo computacional como un sistema que además de razonar, aprender de la experiencia, mejorar su rendimiento con el tiempo y responder con inteligencia a las cosas que nunca ha encontrado antes, debe estar capacitado para explicar que está haciendo y por qué lo hace. Además, Woods & Hollnagel (1983) proponen que un sistema cognitivo artificial debe ser capaz de ver los problemas desde más de una perspectiva y solucionarlos utilizando sus conocimientos y los del entorno para encontrar la mejor solución. En forma general, un SCA debe exhibir características de adaptación y anticipación (Vernon, Metta, & Sandini, 2007). También, la acción, la intención y la emoción tienen un valor muy grande en el desarrollo de la cognición (Nunez & Freeman, 1999).

Conforme con esto, un SCA debe mostrar características propias de la cognición que van más allá de la inteligencia artificial, como son: La corporeidad, la percepción, la acción, la anticipación, la adaptación, la motivación, la relación con otros sistemas cognitivos y la autonomía (Vernon, Metta, & Sandini, 2007). Vernon, Metta, & Sandini (2007) sintetizan estas características como aparece en la Tabla 3.

Tabla 3. características de un sistema cognitivo artificial. paradigmas de cognición cognitivista y emergente³.

| Característica | Cognitivista | Sistemas híbridos | Emergente |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|--|
| Operación Computacional | Manipulación sintáctica de símbolos | | Auto-organización concurrente de una red |
| Marco de trabajo representacional | Muestras de patrones de símbolos | | Estados de sistema global |
| Fundamento semántico | Asociación Percepción – Símbolo | | Construcción de habilidades |
| Límites Temporales | No entrenado | | Sincronización en tiempo real |
| Epistemología Inter-Agente | Agentes – Independientes | | Agentes – Dependientes |

³ Adaptado de: (A survey of artificial cognitive systems: Implications for the autonomous development of mental capabilities in computational agents; Vernon, Metta, & Sandini, A survey of artificial cognitive systems: Implications for the autonomous development of mental capabilities in computational agents, 2007)

| | | | | |
|--------------------------------|---|--|--|---------|
| Corporeidad | No implícito | | Cognición corporeidad | Implica |
| Percepción | Representaciones simbólicas abstractas | | Respuesta a perturbaciones | |
| Acción | Consecuencia Causal de la manipulación de símbolos | | Perturbación del entorno por el sistema | |
| Anticipación | Razonamiento procedimental o probabilístico usualmente utilizando modelos <i>a priori</i> | | Auto – Afectado por el espacio de estados de acción – percepción | |
| Adaptación | Aprendizaje de nuevo conocimiento | | Desarrollo de nuevas dinámicas | |
| Motivación | Resuelve problemas | | Aumento del espacio de interacción | |
| Relevancia de autonomía | No necesariamente implícito | | Cognición Implica autonomía | |

Elaborada por el autor

Como puede observarse en la Tabla 3, existen dos enfoques fundamentales que abordan la cognición y dan soporte a lo que se conoce como SCA. El primero de ellos es el paradigma Cognitivista y el segundo el paradigma Emergente. Del paradigma emergente, a su vez, se desprenden los modelos conexionistas, los modelos de sistemas dinámicos y los modelos de sistemas enactivos⁴.

Cada paradigma afronta las características de los SCA desde diferentes perspectivas, incluso opuestas, como es el caso de la corporeidad, que desde el enfoque cognitivista no tiene un peso tan fuerte como si lo es en el enfoque emergente (Vernon, 2008). Otra diferencia sustancial es la forma en que se da la representación del conocimiento en uno y otro paradigma, pues en el cognitivista el conocimiento se da mediante representaciones simbólicas internas en el SCA, mientras que en el Emergente se privilegia el aprendizaje de máquina (Vernon, Metta, & Sandini, 2007).

La relación con otros sistemas artificiales también evidencia una diferencia significativa, pues para el Paradigma Cognitivista los SCA son independientes, pues la estructura y semántica de cada sistema no depende del sistema de cognición (Vernon, Metta, & Sandini, 2007), mientras que para el Paradigma Emergente debe existir dependencia entre un SCA

⁴ El término enactivo es una traducción no formal del inglés enactive. Según Varela, el conocimiento enactivo debe entenderse como el conocimiento de lo concreto, es decir aquel que se adquiere tras la experiencia, después de cumplir una práctica. El conocimiento es acción, más precisamente, es la emergencia de acciones adecuadas en contextos concretos y específicos (Vásquez Rocca & Vásquez, 2016).

artificial y otros sistemas cognitivos, en el sentido que el conocimiento es el resultado subjetivo de una historia consensual compartida de experiencias entre la filogenética de sistemas compatibles (Vernon, Metta, & Sandini, 2007). Asimismo, es importante considerar que para que un SCA pueda comunicarse con otros SC (Sean biológicos o Artificiales) es necesario que entre ellos medie alguna interfaz. El lenguaje y las formas simples⁵ de comunicación permiten la evolución de pequeñas sociedades de SCA, esto gracias a la interacción entre el SC y su entorno o con uno o más sistemas cognitivos (Peschl, 1990).

Debido a que existen diferencias incluso diametrales entre cada paradigma y teniendo en cuenta que cada uno aporta en diferente medida a la concepción de un SCA completo y robusto, ha surgido como solución la unión de ambos puntos de vista en lo que se conoce como Sistemas Híbridos (SH). Estos últimos pretenden incorporar elementos de ambos paradigmas para alcanzar soluciones artificiales más próximas a la cognición biológica.

2.5 INTERACCIÓN HUMANO MÁQUINA.

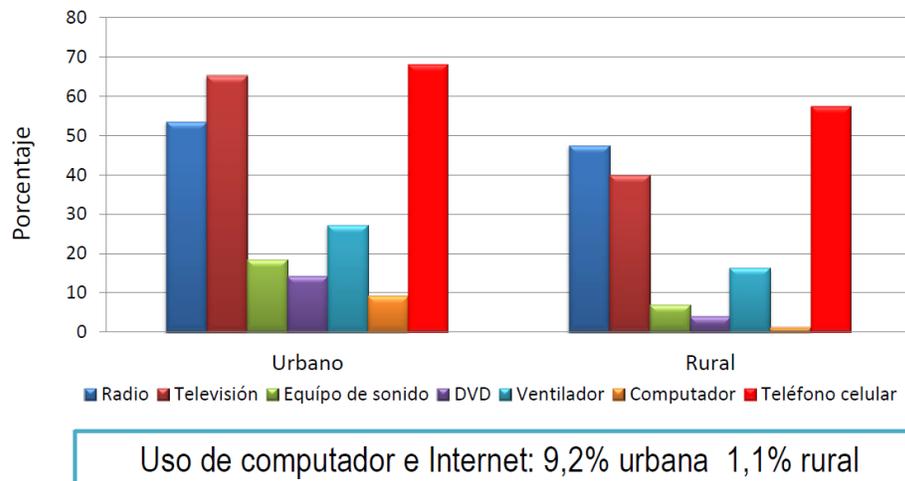
La masificación de productos tecnológicos e informáticos, ha modificado la manera en que los seres humanos interactúan. Esto aunado a la revolución de las comunicaciones ha provocado que las personas compartan más tiempo al frente de las pantallas, que frente a otras personas. Si bien, lo anterior destruye la interacción social como la hemos conocido, podría en el caso de personas ancianas ser el medio indicado para sobreponerse a su aislamiento y la disminución evidente de sus relaciones sociales.

Es de notar, que la mayoría de personas en edad adulta suelen tener poco dominio de dispositivos electrónicos, fenómeno que se agrava en países con poca inserción tecnológica. No obstante, la encuesta Nacional de Salud, Bienestar y Envejecimiento 2015 permite evidenciar que la población anciana colombiana hace un uso cada vez mayor de dispositivos electrónicos (Ministerio de Salud Colombia, COLCIENCIAS, 2016). En la Figura 5, se aprecia el uso de diferentes dispositivos electrónicos por la población anciana colombiana. De esta figura destaca el alto uso de teléfonos celulares, televisión y radio, tanto en la zona urbana como rural. También, sorprende el uso de internet pues alcanza casi

⁵ En su trabajo Peschl muestra como un SCA puede exhibir comunicación con otros SC (Artificiales o Biológicos) incluso sin el uso de lenguajes articulados, por esto una forma simple de comunicación es un sonido o una luz que le permiten al SCA expresarse.

el 10% de la población urbana, cifra que es de importancia al recordar la población a la que se refiere.

Figura 5. Uso de tecnología población anciana colombiana.



Tomado de encuesta sabe 2015.

Lo anterior evidencia que existe un claro interés por el uso de estos dispositivos, el alto uso del celular se debe principalmente a la necesidad de comunicación, necesidad que se ha convertido en motivación para los usuarios de esta población.

Lo anterior, impulsa la generación de estrategias para mejorar la interacción entre las personas y los dispositivos electrónicos, de tal manera que la curva de aprendizaje en el manejo de los mismos sea menor y, que sea más fácil para poblaciones especiales como la de personas mayores acceder a la tecnología. Para lograr esto, es necesario mejorar lo que se conoce como interfaz humano – máquina (HMI por sus siglas en inglés) que permiten la interacción entre personas y dispositivos (como computadores, celulares, tabletas y en general cualquier máquina electrónica). Por tanto, HMI es un sistema que traduce señales para que humanos y computadores puedan comunicarse (Bach, Rita, & Kerchel, 2003).

Un teclado y una pantalla son ejemplos de HMI, aunque no sean precisamente ejemplos sofisticados. En contraste con estos últimos, los sistemas automáticos de reconocimiento y síntesis del habla, los sistemas de reconocimiento de imágenes, sistemas de aprendizajes de máquina y mejorados sistemas de presentación de la información proporcionan nuevas

estrategias para mejorar estas interacciones. El Procesamiento del Lenguaje Natural es un ejemplo de una de estas áreas de investigación con objetivos relacionados al mejoramiento de HMI (Vásquez, Huayna, Quispe, & Huerta, 2014). Desde esta lógica, se aprecia como un sistema de HMI se constituye como la interfaz de comunicación entre un SCA y un SC biológica como es el caso de un ser humano.

3 ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Una persona con DCL cursa un proceso degenerativo que puede conducirlo a una EA y posteriormente a la muerte. Investigar el DCL es importante pues: la incidencia del DCL se encuentra entre el 20% y el 50%; su progresión a EA es de hasta el 50% en los siguientes 2 a 3 años (Belleville, y otros, 2006) y la proporción de población adulta es cada vez mayor.

Entre las alteraciones más relevantes en la condición de una persona con DCL están las relacionadas con la FV (Juncos-Rabadán, 2009; Bertola, y otros, 2014). Dichas alteraciones interfieren directamente con los procesos de comunicación de la persona. La falta de comunicación promueve en el individuo un conjunto de factores que contribuyen aún más con el proceso degenerativo; como ejemplo, el aislamiento al que se somete la población anciana. Además, factores adicionales como la soledad también contribuyen de manera negativa con la condición de la persona.

Estas personas requieren potenciar sus procesos cognitivos, a cambio de atenuar el proceso degenerativo de su enfermedad (Reijnders, van Heugten, & van Boxtel, 2013). Una manera evidente de mejorar dichos procesos es mediante la interacción social, lastimosamente dada su condición y en especial por su edad, dicha interacción con otras personas no es un proceso habitual. Conforme a lo anterior, un sistema computacional inteligente basado en los lineamientos de los SCA, que interactúe con personas con DCL y alteraciones de FV, podría convertirse en una estrategia favorable para asistir a estas personas, al tiempo que sus procesos cognitivos son potenciados y factores externos como la soledad son mitigados.

A la fecha existen protocolos e intervenciones cognitivas en papel que deben realizarse en clínicas de memoria, hospitales o laboratorios para poder garantizar su correcta aplicación. Las intervenciones de este tipo requieren de personal entrenado y calificado que normalmente eleva los costos de realización de estos entrenamientos. Esto se constituye como una carga significativa para los sistemas sociales y de salud, con un costo económico que podría superar a nivel global los USD 663 millones, descrito por Wimo, Jonsson, & Winblad (2006), y en Colombia los 33 millones por persona cada año, calculado por Prada, Takeuchi, & Ariza, 2014 (2014).

Estudios como los de (Dannhauser, y otros, 2014; Maci, y otros, 2012; Graessel, y otros, 2011), concluyen que la estimulación y entrenamiento cognitivo contribuyen en la prevención de la aparición del deterioro cognitivo leve (DCL) en sujetos sanos, retrasar la aparición de Demencia en sujetos con DCL, e incluso en individuos con Demencia, retarda el paso a estadios más severos de la enfermedad. Además, este beneficio parece aumentar con el uso de herramientas tecnológicas, tal como lo describe Park D. C., y otros (2014) y Chan, Haber, Drew, & Park (2016).

Los sistemas de ECC que existen en la actualidad no incorporan Interfaces Humano Computador (HCI por sus siglas en inglés) pensadas especialmente en población anciana y con las características sociodemográficas de nuestro país.

Por los anteriores motivos, se considera que el presente trabajo es innovador toda vez que va dirigido a resolver la problemática asociada a los problemas de FV en personas con DCL, problemática que irá en aumento en los próximos años y que no está siendo cubierto por el servicio de salud. Se realizó un abordaje desde los SCA incorporando elementos cognitivos como son la percepción, la acción, la anticipación y la autonomía, elementos que permiten mejorar el desempeño de la herramienta para el desarrollo del ECC. También, el uso de HCI, como el reconocimiento de voz, la síntesis de voz y el reconocimiento automatizado de gestos y su asociación con estados emocionales se constituye en una verdadera innovación en la implementación de SEC en la población de interés.

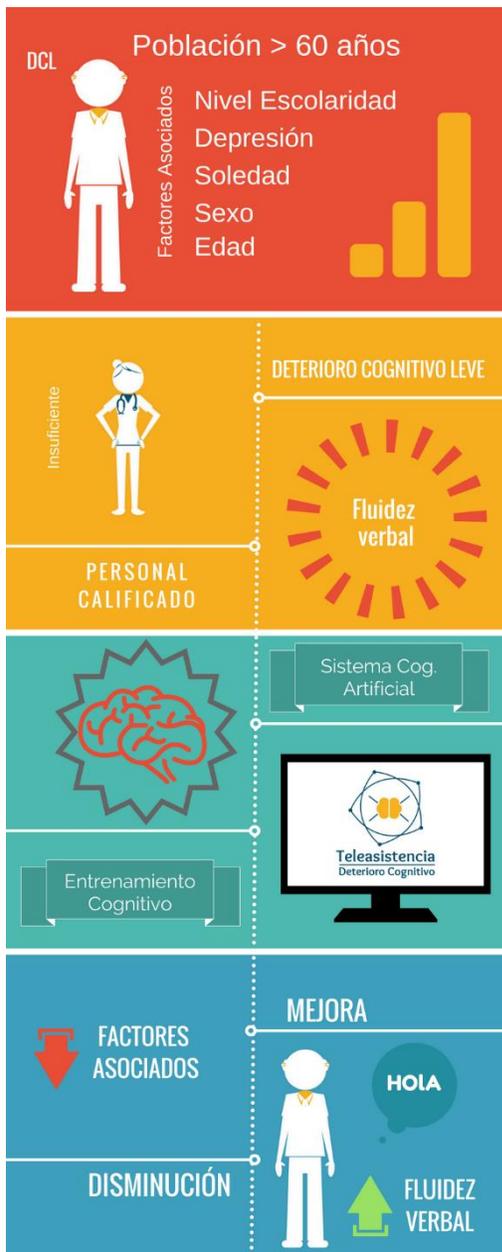
Con lo anterior, se formula como pregunta orientadora de esta investigación la siguiente:

¿Cómo desarrollar un sistema computacional para el entrenamiento cognitivo en Personas Mayores? (caso FV de personas con DCL)

4 JUSTIFICACIÓN

En esta sección, se retoma brevemente la introducción, área problemática y antecedentes para destacar la importancia de la realización de esta tesis doctoral. La presente justificación se presenta desde la lógica mostrada en la Figura 6.

Figura 6. Justificación.



Elaborada por el autor

La población de personas mayores de 65 años en los próximos años representará el mayor porcentaje de personas a nivel mundial. En Colombia, esta población vive en condiciones típicas de: bajo nivel de escolaridad, soledad y depresión, factores de riesgo para padecer DC.

El Deterioro Cognitivo es un estado entre el envejecimiento normal y la Demencia. Esta condición afecta a personas mayores de 65 años y es de tipo degenerativo. Pueden distinguirse tres fases básicas de DC: leve, moderado y severo.

Dicha condición afecta en diferente proporción a hombres y mujeres por lo que el sexo se convierte en un factor asociado adicional. Además, los estudios presentan que la conversión a Demencia alcanza hasta el 12,5% cada año.

El DC limita la forma en que se producen los procesos cognitivos, afectando comúnmente: la memoria, la atención, las FE, entre otras. Cuando se afectan estos procesos cognitivos se producen falencias en habilidades indispensables para las personas como la FV. Esto último, modificando aspectos de la vida de estos individuos como su independencia.

Dado que no hay una cantidad suficiente de profesionales que puedan tratar a estas posibles anomalías en las personas y que dada su edad y condición cada vez son menores los escenarios de desarrollo cognitivo, se hace necesario establecer estrategias para favorecerlos.

El entrenamiento cognitivo es una de estas estrategias y ha sido utilizado para paliar las condiciones propias del DC. Este tipo de intervenciones ha demostrado resultados favorables en la mejora de varios procesos cognitivos. Pero, en los trabajos en el área se demuestra que se obtienen resultados positivos en las etapas tempranas del Deterioro (DCL), momento en el cual la persona aún puede mantener su atención en las tareas del entrenamiento por los periodos de tiempo requeridos. No es de olvidar, que esto implica la inversión de tiempo y personal calificado, que como ya se dijo, es escaso para atender la demanda de estas personas.

Se han propuesto sistemas de entrenamiento cognitivo computacional, enfocados a mejorar procesos cognitivos como: la memoria, la atención, la velocidad de procesamiento, reconocimiento del lenguaje, cálculo y orientación espacio-temporal, etc. Estos sistemas si

bien conducen a mejoras en los procesos trabajados aún no cubren las expectativas de la población afectada y de los médicos tratantes. Además, en las revisiones del estado del arte aún no se aprecia que haya sistemas concebidos para potenciar la FV de quienes padecen DCL.

Los antecedentes muestran que la falta de adaptabilidad de estos sistemas a las condiciones de cada individuo es una de las condiciones que limitan sus alcances. Además, es difícil mantener las mejoras en el tiempo, lo que indica que es necesario mantener el entrenamiento, situación para la cual los sistemas actuales no están preparados. Otra dificultad, es la limitada interacción que los sistemas actuales exhiben, pues implican que los usuarios tengan conocimientos intermedios en el uso de sistemas de cómputo.

Todo esto demuestra que es urgente investigar en estas temáticas, ya que en los próximos años la cantidad de población con DCL será mayor, situación que es común para todo el planeta. Los sistemas de salud requieren de herramientas que incorporen la tecnología, que brinden soluciones especializadas para las personas según su condición y que brinden mayor autonomía a los terapeutas permitiéndoles allegar el tratamiento a más personas.

Los SCA permiten explorar aspectos importantes de la cognición como la autonomía, la percepción, la anticipación, la acción y la motivación. Desde la autonomía se espera que los SCA sean autoadaptables y que a partir del contexto en el que se desenvuelven puedan aprender y mejorarse. Desde la percepción la expectativa es que un SCA sea capaz de apropiarse del entorno y observar la información que le sea relevante. La anticipación genera la posibilidad de que un SCA explore las alternativas y genere acciones planeadas en su entorno. La posibilidad de actuar dota al SCA de la capacidad de modificar su entorno. Finalmente, la motivación provee a los SCA de la necesidad de alcanzar una finalidad determinada y mantenerse en ello hasta alcanzarlo.

En especial, desde la percepción y la acción es posible desarrollar e integrar desarrollos de la ciencia y tecnología como aún no se ha hecho y, puede alcanzarse desde la exploración, adaptación, mejora o generación de HMI. Estas HMI deben ser especializadas para la interacción entre SCA y Personas con DCL que evidencian problemas de FV.

5 REFERENTE TEÓRICO

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos del presente proyecto de investigación. Para ello, se retoman los conceptos de fluidez verbal, sistemas cognitivos artificiales, interfaces Humano Máquina, metodologías de desarrollo de software y pruebas de software. Los temas presentados en este capítulo han sido considerados toda vez que constituyen el sustento teórico para alcanzar el objetivo planteado.

5.1 FLUIDEZ VERBAL.

Normalmente se puede decir que el lenguaje es fluido cuando se produce de forma suave y sin interrupciones (Kempler D. , 2005). Si bien existe cierta variabilidad, el lenguaje se produce con una fluidez de 3 palabras por segundo y 180 palabras por minuto (Levelt, 1989). Las pausas ocurren en las uniones conceptuales o gramaticales, por ejemplo, al final de una idea o una oración. Además de que la producción del habla se dé a una tasa normal y con pausas bien ubicadas, la fluidez está caracterizada por una melodía o entonación (Kempler D. , 2005).

Kempler (2005) define la fluidez como la forma de hablar, la tasa del habla, los patrones de pausa y la entonación. El habla sin fluidez es asociada con lesiones en el hemisferio izquierdo anterior, lo que está asociado con la dificultad de recordar palabras, formular estructuras gramaticales, dificultad en la iniciación motora o dificultad con la secuenciación de movimientos asociados al habla (Kempler D., 2005).

Según Fillmore, Kempler, & Wang (2014), hay cuatro aspectos fundamentales que definen la FV: La habilidad de hablar por un periodo prolongado con un mínimo de pausas, la habilidad de empaquetar el mensaje fácilmente en oraciones sin utilizar mucho material de relleno, la habilidad de hablar apropiadamente en diferentes contextos y situaciones sociales, haciendo uso de las demandas específicas de cada escenario y la habilidad de utilizar el lenguaje de forma creativa e imaginativa para expresar ideas en nuevas formas, usar el humor y hacer juegos de palabras, usar metáforas, entre otros.

Como ya se mencionó en apartados anteriores, la FV es una de las condiciones que se afectan en las personas que cursan un proceso de DCL. Tan evidentes son los déficits de FV, que se han desarrollado herramientas automáticas para inferir la condición de una

persona (Normal, DC, EA) a partir de su desempeño en la resolución de tareas de FV (Bertola, y otros, 2014).

La FV es una capacidad básica del lenguaje que consiste en hablar fluidamente, dicha capacidad se ve comprometida por daños cerebrales cercanos y en el área de Broca en el hemisferio izquierdo (Lezak, 2004). Los test de FV proveen excelentes medios para determinar cómo las personas organizan su pensamiento. El desarrollo exitoso de estas pruebas depende en parte de la habilidad del sujeto para organizar sus respuestas en términos de grupos de palabras relacionadas significativamente. El desarrollo de estas tareas implica el uso de memoria de corto plazo para realizar el seguimiento de las palabras que ya han sido dichas (Estes, 1974).

En la resolución de las tareas de FV pueden aparecer diferentes tipos de agrupamientos, como son agrupamientos fonológicos (palabras que empiezan con el mismo sonido), homónimas y agrupamientos semánticos en los que los significados siempre están asociados o compartidos (Laine, 1988). En los test de FVs, si bien se pregunta por una categoría en particular, los sujetos evaluados pueden organizar las palabras en subcategorías como estrategia para organizar sus recuerdos. De esta manera, cuando relaciona todos los elementos de una subcategoría el sujeto puede saltar a una nueva (Troyer, Murphy, Anderson, Moscovitch, & Craik, 2008).

Factores como el sexo, la educación y la etnicidad tienden a influenciar el desarrollo de estas pruebas (Mitrushina, Boone, Razani, & D'Elia, 2005). En edades avanzadas se observan grupos con mayor cantidad de palabras y pocos saltos entre categorías. También, se observa que las mujeres realizan saltos entre categorías más habitualmente que los hombres (Lezak, 2004).

La FV se deteriora a consecuencia de daños en el hemisferio izquierdo a partir de diferentes etiologías. Los daños en el lóbulo temporal generalmente se asocian con problemas de FVs (Birn, y otros, 2010; Gourovitch, y otros, 2000), dicho patrón también se evidencia en personas con lesiones corticales (Baldo, Schwartz, Wilkins, & Dronkers, 2006; Henry & Crawford, A meta-analytic review of verbal fluency performance following focal cortical lesions., 2004).

Varios estudios corroboran que el rendimiento en los test de FVs tiende a decaer con los años, pues en el rango de edad entre 50 y 59 años las personas pueden pronunciar hasta 21 palabras, entre los 70 y 79 hasta 19 y a medida que la persona envejece será menor la cantidad de palabras que produce (Mitrushina, Boone, Razani, & D'Elia, 2005; Fama, y otros, 2000; Clark, y otros, 2009). En un estudio realizado por Kempler et al., (1998) se evidencio que la población china y vietnamita tiene mejores rendimientos en estos test en comparación con los hispanohablantes y americanos con ascendencia africana, al parecer esto se debe al tamaño de las palabras en cada lenguaje. En cuanto al sexo, se ha observado que los hombres producen más palabras relacionadas con animales, pájaros y herramientas, mientras que las mujeres lo hacen con vegetales, frutas y elementos del hogar (Marra, Ferraccioli, & Gainotti, 2007).

Las pruebas de FVs alcanzan un nivel de sensibilidad del 100% y un 90.9% de especificidad en la detección de EA (Libon, y otros, 2009), razón por la cual se ha utilizado en distintos trabajos como herramienta diagnóstica de esta patología y sus estados previos o DC (Bertola, y otros, 2014).

Conforme a lo anterior, en esta sección se abordarán los temas: Pruebas para caracterizar la FV; Protocolos para entrenamiento cognitivo de FV y su contraparte computarizada; Evaluación del entrenamiento cognitivo; y se ampliarán los conceptos relacionados con las funciones cognitivas que se ven afectadas en las personas con problemas de FV.

5.1.1 Pruebas para caracterizar la Fluidez Verbal.

Como se expresó en el área problemática, existen diferentes formas de medir la FV. De estas pruebas se puede afirmar que tienen una alta sensibilidad al daño cerebral y por su aplicación fácil y rápida son muy utilizadas tanto en la clínica como en la investigación (Arango Lasprilla & Rivera, 2015).

En forma general, un test de FV consiste en que el evaluado produzca la mayor cantidad de palabras en un tiempo limitado, en el caso de la FVf se trata de producir todas las palabras que comiencen por una letra u sonido y en el caso de la FVs se trata de producir palabras que correspondan a una categoría en particular (Nutter-Upham, y otros, 2008). El origen de este tipo de pruebas se remonta a la primera versión oral de Benton (Borkowski, Benton, & Spreen, 1967), que daría paso al Controlled Oral Word Association Test (COWAT)

(Benton, Hamsher, & Sivan, 1989). A partir del COWAT han surgido variantes dependiendo de la frecuencia de las palabras y las letras con que comienzan en cada lengua (Borkowski, Benton, & Spreen, 1967; Arango Lasprilla & Rivera, 2015; Casals-Coll, y otros, 2013).

En cuanto a los test de FVs se han utilizado diferentes categorías: animales, frutas, vegetales, vehículos, productos de supermercado, utensilios de cocina y objetos (Arango Lasprilla & Rivera, 2015). En el [Anexo 2](#), se resumen las categorías comúnmente encontradas en los trabajos donde se evalúa la FVs. La categoría que más se utiliza es animales; dicha categoría destaca sobre las demás pues es la que menos sesgos socioculturales y de género presenta, además es de destacar que se utiliza indistintamente del idioma.

En el libro de Arango Lasprilla & Rivera (2015), además mencionan que dependiendo del interés del investigador se determina que no se contabilizarán nombres propios, palabras derivadas o repeticiones. Otros estudios contabilizan como válidas las repeticiones, intrusiones, número y longitud de los cluster y el número de cambios a nuevas categorías. En otros estudios incluso contabilizan como válidos los animales imaginarios o extintos (Butman, Allegri, Harris, & Drake, 2000).

En el presente trabajo se propone utilizar como prueba de FV el test presentado por Arango Lasprilla & Rivera (2015) en su libro Neuropsicología en Colombia: Datos normativos, estado actual y retos a futuro. Allí se propone realizar el test bajo el siguiente instrumento:

“En el presente estudio se aplicaron las pruebas de FVf y FVs. En ambas la tarea consiste en generar el mayor número de palabras que comiencen por determinadas letras (F, A, S, M) o que pertenezcan a determinada categoría (animales, frutas o profesiones/oficios) en 60 segundos. En las pruebas de FVf mencionaban explícitamente que no se darían como válidos los nombres propios ni los aumentativos ni diminutivos. Además, si el participante no mencionaba ninguna palabra al cabo de 10 segundos, el evaluador podía proporcionar un ejemplo al participante. La prueba otorga la puntuación total por cada letra o categoría.”

La selección de este test se realiza dado que en el libro en mención están consignados los ajustes normativos para Colombia a la valoración de los test. Por lo anterior, dicho test resulta totalmente adecuado para el presente estudio. Estos datos normativos para Colombia también se pueden apreciar en el [Anexo 2](#).

5.1.2 Funciones Cognitivas abordadas en este trabajo

En la Tabla 6, se observan el compendio de funciones cognitivas afectadas en personas con problemas de FV y los trabajos donde han sido referenciadas dichas falencias.

Tabla 6. funciones cognitivas alteradas en las personas con DCL y problemas de FV.

| Función Cognitiva Afectada | Trabajo |
|---|---|
| Memoria Declarativa | (Ruff, Light, Parker, & Levin, 1997) |
| Memoria Semántica | (Ruff, Light, Parker, & Levin, 1997) (Murphy, Rich, & Troyer, 2006) (Nutter-Upham, y otros, 2008) (Butters, Granholm, Salmon, Grant, & Wolfe, 1987) (Salmon, Butters, & Chan, 1999) (Juncos-Rabadán, 2009) |
| Degradación redes semánticas | (Murphy, Rich, & Troyer, 2006) |
| Memoria de Trabajo | (Juncos-Rabadán, 2009) (Ruff, Light, Parker, & Levin, 1997) |
| Búsqueda sistemática | (Juncos-Rabadán, 2009) |
| Búsqueda estratégica de información en la memoria semántica | (Murphy, Rich, & Troyer, 2006) |
| Recuperación lenta de la información | (Nutter-Upham, y otros, 2008) (Butters, Granholm, Salmon, Grant, & Wolfe, 1987) |
| Estrategias de recuerdo | (Juncos-Rabadán, 2009) |
| Funciones Ejecutivas | (Ruff, Light, Parker, & Levin, 1997) (Nutter-Upham, y otros, 2008) (Butters, Granholm, Salmon, Grant, & Wolfe, 1987) |
| Atención Inmediata Posner y Petersen | (Ruff, Light, Parker, & Levin, 1997) |
| Inhibición | (Juncos-Rabadán, 2009) |
| No lingüístico | (Butters, Granholm, Salmon, Grant, & Wolfe, 1987) (Nutter-Upham, y otros, 2008) (Henry, Crawford, & Phillips, 2004) |

Elaborada por el autor

A continuación, se realizará una revisión conceptual de cada una de estas funciones cognitivas y de su relación con la FV. En la Tabla 6, fueron agrupadas dichas funciones

cognitivas en tres categorías: asociadas a la memoria, asociadas a la recuperación de la información - búsquedas y asociadas al funcionamiento ejecutivo. Esta categorización obedece a que existen dos vertientes que intentan explicar las falencias relacionadas con la FV, la primera defiende que estas dificultades derivan de problemas en la estructura, constitución, configuración o mantenimiento de la memoria semántica, mientras que la otra destaca que estos problemas surgen de falencias en el componente ejecutivo de estas personas.

Por lo anterior, la primera explicación busca encontrar las deficiencias desde componentes de la memoria explícita, es así como se habla de memoria declarativa, memoria semántica, redes semánticas y memoria de trabajo. Se entienden las deficiencias de FV como problemas en funciones cognitivas como la atención y FE como la inhibición, la flexibilidad, la anticipación o la secuenciación, además esta vertiente acepta que los problemas de FV no obedecen a deficiencias lingüísticas sino a un factor completamente ejecutivo (Henry, Crawford, & Phillips, Verbal fluency performance in dementia of the Alzheimer's type: a meta-analysis, 2004).

También, puede observarse en la tabla una caracterización adicional y corresponde con la recuperación de información y las estrategias de búsqueda, dichas funciones cognitivas son destacadas en un punto intermedio, toda vez que no corresponden completamente al componente semántico ni al ejecutivo, pero si tienen una relación estrecha con ambos. Respecto a lo anterior, la búsqueda estratégica es un caso concreto, pues al ser una búsqueda tiene una relación estrecha con la memoria, pero a su vez corresponde con un componente ejecutivo toda vez que implica un elemento de raciocinio y resolución de problemas. Es válido notar, que dependiendo del tipo de tarea que se esté resolviendo todas estas funciones cognitivas pueden operar en uno u otro componente y esto ha de entenderse pues el cerebro tiene un carácter modular, pero a su vez, las diferentes estructuras se integran para realizar tareas y generar procesos más complejos.

A continuación, se revisan los conceptos relacionados con estas funciones cognitivas de acuerdo a la categorización propuesta en la tabla anterior.

5.1.2.1 Funciones asociadas a la memoria.

La FV puede verse afectada cuando existen problemas de memoria, varios trabajos destacan que en particular se evidencia cuando hay fallas en la memoria semántica y la degradación de sus redes, esto es coherente con otros trabajos donde se mencionan problemas en la memoria declarativa, por otra parte, hay trabajos donde se sugieren problemas en la memoria de trabajo, esta última resulta de interés especial, pues de la mano con la inhibición le permiten a las personas resolver de forma apropiada las tareas de FV.

Memoria Declarativa: A este tipo de memoria también suele denominársele memoria explícita y tiene que ver con el conocimiento general y personal que cada individuo tiene. Este tipo de conocimiento puede ser expresado y evaluado en las personas mediante el lenguaje (Ripoll, 2014). La memoria declarativa se divide a la vez en dos tipos de memoria: la episódica (Relacionada con elementos espaciotemporales) y la memoria semántica.

Memoria Semántica: Es un tipo de memoria que permite obtener información relacionada con hechos sobre el mundo, sobre nosotros mismos y sobre la comunidad (Ripoll, 2014). La información aprendida mediante este tipo de memoria no guarda relación con el contexto espacial o temporal, sino que más bien, determinan un estado de conocimiento más que una asociación con una vivencia; la memoria semántica es por ende una memoria asociada a conceptos (Ripoll, 2014). Mediante estudios de neuroimagen se ha identificado que este tipo de memoria se da a nivel cortical.

Memoria de trabajo: Este tipo de memoria también es de tipo explícito, pero no se identifica como un tipo de memoria a largo plazo. Ripoll la define como:

“La memoria de trabajo, también denominada memoria operativa, se define como el mantenimiento temporal y la manipulación de información recién percibida o recuperada de la memoria a largo plazo cuando ya no está disponible para los sentidos, pero que es necesaria para dirigir la conducta encaminada a la consecución de un objetivo.”

Cuando la memoria de trabajo se relaciona con procesos semánticos estos son llevados a cabo en las regiones frontales y temporales, siendo la región frontal encargada de la manipulación de información y la porción temporal de su almacenamiento (Ripoll, 2014).

5.1.2.2 Funciones Ejecutivas.

En lo relacionado a FE alteradas en los problemas de FV, pueden encontrarse en la literatura varias de ellas, aunque destacan la atención inmediata y la Inhibición.

Como su nombre lo indica implica un conjunto de procesos cognitivos, si bien no existe un consenso universal, se puede hablar de un conjunto de habilidades bien definidas que corresponden con la Función Ejecutiva (Anderson, Jacobs, & Anderson, 2010). Los estudios han evidenciado que estos procesos cognitivos se dan a nivel del lóbulo frontal y sus conexiones (Ripoll, 2014).

Las FE abarcan los más altos niveles del funcionamiento humano como la inteligencia, el pensamiento, el auto – control y la interacción social (David, 1992). Además, las FE son responsables de la síntesis de estímulos externos, la preparación para la acción y formación de programas, también es importante al permitir la acción de tomar lugar a la hora de verificar que algo se está haciendo bien (Luria, 1976).

Las FE también están relacionadas con las capacidades mentales necesarias para proponer objetivos, planear como alcanzarlos y llevar a cabo de forma satisfactoria dichos planes (Lezak, 2004). Las FE implican la habilidad de mantener un conjunto apropiado de soluciones a problemas para alcanzar un objetivo futuro (Welsh & Pennington, 1988), esto implica la capacidad de inhibición de respuestas, para planear estratégicamente acciones futuras y mantener una representación mental del objetivo deseado y de la información presentada (Anderson, Jacobs, & Anderson, 2010).

“Las Funciones Ejecutivas son un conjunto de funciones interrelacionadas, o procesos que son responsables de orientar hacia los objetivos u orientar hacia el comportamiento futuro, por tanto, se les puede considerar como el conductor que controla, organiza y dirige la actividad cognitiva, la respuesta emocional y el comportamiento” (Gioia, Isquith, & Guy, 2001)

Anderson, Jacobs, & Anderson (2010) consideran como FE: la anticipación y el desarrollo de la atención; la autoregulación; la iniciación de la actividad; la memoria de trabajo; la flexibilidad mental y utilización de realimentación; la habilidad de planeación y organización; y la selección de estrategias eficientes de solución de problemas.

Por su parte Ripoll (2014) enumera como FE: la simulación de la conducta y la fijación de objetivos; la planificación, coordinación y puesta en marcha de las acciones necesarias para conseguir el objetivo planificado; mantenimiento de los objetivos en mente (memoria de trabajo y atención sostenida); Inhibición de estímulos que puedan alejar a la persona de su objetivo final (capacidad de inhibición); compaginación del procesamiento sensorial, los recursos cognitivos y la realización de acciones para conseguir diferentes objetivos (atención dividida); y el seguimiento de los resultados y adaptación a los errores.

Inhibición y Atención: Estas funciones están estrechamente relacionadas, pues la inhibición se activa para dar paso a la atención. A esto se le conoce como Control Ejecutivo y se da cuando las rutinas establecidas son insuficientes para resolver una tarea. Cuando esto ocurre la inhibición entra en acción ignorando información irrelevante, permitiendo al sistema atender a la información relevante para resolver la tarea adecuadamente (Ripoll, 2014).

5.1.2.3 Funciones asociadas a las búsquedas y recuperación de la información.

En cuanto a las búsquedas y recuperación de la información, en la literatura relacionada se encuentran asociadas a los problemas de FV funciones cognitivas como las búsquedas sistemáticas y búsquedas estratégicas, además de la recuperación lenta de la información y problemas en las estrategias de recuerdo. Como puede observarse, estos procesos se interrelacionan con los descritos anteriormente, pues tienen un componente de memoria toda vez que deben acceder a la información almacenada, pero tiene un alto componente ejecutivo pues implican el desarrollo de procesos relacionados con la resolución de problemas como es realizar planes de forma sistemática y estratégica. Del mismo modo, los problemas en las estrategias de recuerdo parecen estar altamente relacionados con problemas de carácter ejecutivo (Ripoll, 2014).

5.2 ENTRENAMIENTO COGNITIVO EN PERSONAS CON DCL.

Al revisar la literatura relacionada puede encontrarse que en las personas con DCL, suele entrenarse una serie de funciones cognitivas que en común se aprecian afectadas en este tipo de población. Es difícil encontrar trabajos en los que el entrenamiento esté enfocado en desarrollar habilidades para resolver una tarea en particular. Por el contrario, se evidencia que existen entrenamientos enfocados a la memoria, el control atencional: que implica el

entrenamiento ejecutivo y en la atención, además de entrenamientos relacionados con la vida real: esto mediante Realidad Aumentada y enfoques de ocio para el entrenamiento cognitivo (Belleville, Boller, & del Val, Cognitive Training in Mild Cognitive Impairment, 2016).

Belleville, Boller, & del Val (2016) destacan los siguientes como factores por los que es pertinente realizar entrenamiento cognitivo en personas con DCL: Tratamientos farmacológicos como los inhibidores de la colinesterasa no son suficientes para el tratamiento del DC (Petersen & Morris, 2005), por ende, el tratamiento no farmacológico resulta una alternativa apropiada y libre de riesgo para mejorar las funciones cognitivas; la plasticidad cerebral que conservan las personas con DCL les permite aprender y aplicar nuevas estrategias; el tratamiento sintomático debería producir el mejor beneficio cuando se realiza en las primeras etapas del proceso de Enfermedad de Alzheimer. Estudios observacionales indican que la estimulación cognitiva puede producir un impacto en el DC y la Demencia; uno de los factores de protección más importantes es mantener un estilo de vida de EC (Barnes & Yaffe, 2011).

5.2.1 Identificación de entrenamientos cognitivos realizados de manera tradicional *Tipos de entrenamiento.*

A continuación, se presentarán los conceptos relacionados con los tipos de entrenamiento cognitivo realizados comúnmente en las personas con DCL (entrenamiento de memoria, entrenamiento de control atencional y entrenamiento sobre la vida real) y entrenamientos relacionados con funciones cognitivas alteradas en los problemas de FV (memoria de trabajo y Funciones Ejecutivas).

Entrenamiento de memoria: Los programas de entrenamiento de la memoria típicamente se enfocan en enseñar estrategias para mejorar la codificación y facilitar el recuerdo de la información (Belleville, Boller, & del Val, 2016). Ejemplos de estrategias nemotécnicas y procedimientos para el entrenamiento de la memoria son: aprendizaje sin error, memorizar espacios, mapas mentales, organización y elaboración semántica, imágenes mentales y el método loci (Belleville, Boller, & del Val, 2016). El método loci requiere el uso de fuertes habilidades metacognitivas, este método implica que la persona relacione un conjunto de ítems que debe aprender con lugares (loci) de un ambiente familiar. Otras estrategias

utilizan la repetición en múltiples ocasiones y haciendo uso de intervalos cada vez más largos. En muchos entrenamientos se prevé a quien entrena un conjunto de herramientas nemotécnicas para que pueda tener opciones a la hora de tratar sus deficiencias (Belleville, Boller, & del Val, 2016). La mayoría de estas intervenciones se realizan mediante terapeutas, quienes proporcionan estrategias y guían a los entrenados.

En general, estos trabajos de entrenamiento conducen a un mejoramiento de la memoria proximal. Esto incluso con test de recuperación inmediatos o diferidos de palabras (Belleville, y otros, 2006; Olchik, Farina, Steibel, Teixeira, & Yassuda, 2013), reconocimiento (Herrera, Cuetos, & Ribacoba, 2012), memoria prospectiva relacionada a eventos (Tappen, Hain, & others, 2013), o asociaciones de cara – nombre (Belleville, y otros, 2006). Una conclusión importante es que involucrar a los familiares y cuidadores de la persona contribuye en la transferencia de las habilidades aprendidas al funcionamiento del día a día, esto se logra mediante la realimentación que estos familiares le pueden proporcionar al entrenado (Belleville, Boller, & del Val, 2016).

Entrenamiento de control atencional: El control atencional y las FE son fundamentales en el desarrollo de la vida diaria, pero son pocos los estudios que se han enfocado en ejercitar estas habilidades (Belleville, Boller, & del Val, 2016). No obstante, se ha demostrado que el entrenamiento puede mejorar el control atencional incluso en personas ancianas. Por ejemplo, las habilidades de coordinación pueden mejorarse con entrenamientos como el hybrid dual – task donde se involucra el uso bloques que contienen tareas simultáneas y tareas individuales.

En este tipo de estudios se ha determinado que las habilidades entrenadas pueden transferirse fácilmente cuando se realizan tareas ligeramente diferentes, lo que indica una transferencia cercana de las habilidades (Strobach, Frensch, Müller, & Schubert, 2015). La atención dividida se puede entrenar usando tareas de prioridad variable, mediante este entrenamiento los individuos deben priorizar una tarea sobre la otra variando su prioridad atencional a través de diferentes bloques de práctica. En varios trabajos se destaca que los entrenamientos de prioridad variable son más efectivos en mejorar el desarrollo de tareas duales que los entrenamientos de prioridad fija (Bier, de Boysson, & Belleville, 2014; Gagnon & Belleville, 2011; Kramer, Larish, & Strayer, 1995; Lee, Yip, Yu, & Man, 2013;

Belleville, Boller, & del Val, *Cognitive Training in Mild Cognitive Impairment*, 2016), esto incrementa el auto-control sobre la atención.

Entrenamiento embebido en la vida real: Realidad virtual y aportes de ocio al entrenamiento cognitivo: Belleville, Boller, & del Val (2016) expresan que el principal objetivo del entrenamiento cognitivo es asegurar que los resultados produzcan cambios significativos en la vida de estas personas. Sin embargo, los programas de entrenamiento tradicionales son muy variables en su capacidad de producir transferencias cercanas y lejanas. En este sentido, estos autores proponen que es necesario que las personas que requieran entrenamiento cognitivo deben realizar actividades de mayor complejidad como son realizar un trabajo voluntario, aprendiendo nuevas lenguas o realizando tareas comprometidas con sus hobbies.

Lo anterior promueve el aprendizaje continuo, la motivación y la transferencia de las habilidades a la vida diaria, esto en especial para aquellas personas que no se sienten cómodas con actividades académicas (Belleville, Boller, & del Val, *Cognitive Training in Mild Cognitive Impairment*, 2016). En este sentido, trabajos que proponen entrenamientos con asociación al diario vivir de las personas suelen tener una transferencia más directa de habilidades a la vida diaria. Ejemplos de ellos son SYNAPSE, que utiliza fotografías a manera de una colcha y ha permitido la mejora de la memoria en comparación con tratamientos de tipo placebo (Park, y otros, 2014). En el caso de ENGAGE es un proyecto desarrollado por el Consorcio Canadiense en Neurodegeneración y Envejecimiento donde mediante actividades de tipo ocio fue posible mejorar la cognición, el aspecto psicosocial y otras variables cerebrales en los sujetos de investigación. Estos trabajos son muestras de que este tipo de entrenamiento relacionados con la vida diaria proveen mejoras en la cognición, además de lograr resultados más duraderos y mejora eficacia a la hora de transferir las habilidades entrenadas a la vida diaria.

En términos tecnológicos algunos avances han sido relacionados con el uso de ambientes virtuales que permiten mejorar la inmersión del entrenado en ambientes similares a la vida real, los estudios reflejan que entre mayor sea la inmersión, mejores efectos tendrá el entrenamiento (Man, Chung, & Lee, 2012).

Entrenamiento de la Memoria de trabajo: En lo relacionado al entrenamiento de la memoria de trabajo destacan tres enfoques, el primero es el entrenamiento con lapsos simples, el segundo el entrenamiento con lapsos complejos y el entrenamiento de los n-Atrás (n-Back).

En el primero de estos entrenamientos (lapsos simples), el participante debe recordar una serie de estímulos después de un breve intervalo de tiempo dedicado a la retención. Cuando el entrenado recuerda todos los elementos se le proporciona una serie más larga de estímulos. Al momento de recordar puede pedírsele a la persona que lo haga en el mismo orden o en orden inverso (Strobach, Frensch, Müller, & Schubert, 2015). Cuando la tarea se realiza en el mismo orden en que se presentan los estímulos requiere de almacenamiento temporal, mientras que cuando se realiza en orden contrario está más relacionado con la FE.

En el segundo caso (lapsos complejos), se mezclan entrenamientos de lapsos simples con segundas tareas que se realizan en simultáneo (estas tareas pueden incluso no estar relacionadas con la tarea principal). En este tipo de entrenamiento se trabaja tanto el componente de almacenamiento como el de procesamiento (Strobach, Frensch, Müller, & Schubert, 2015).

Entrenamiento de las Funciones Ejecutivas: En apartados anteriores se habló acerca de FE y de cómo éstas de forma modular contribuyen con la resolución de tareas relacionadas con la toma de decisiones, la planificación, la solución de problemas, entre otras. No obstante, otros autores defienden que la FE se trata de un solo proceso cognitivo que contribuye en la resolución de estas tareas. A pesar de lo anterior, diferentes estudios que defienden la primera explicación muestran que el entrenamiento de alguna de estas FE afecta en forma positiva a las demás (Korbach & Kray, 2016). Conforme a lo anterior Korbach & Kray (2016) destacan como actividades para entrenamiento de las FE: el entrenamiento multitarea, el entrenamiento de cambio de tarea y entrenamientos en inhibición.

Entrenamiento Multitarea: Véase entrenamiento del control atencional.

Entrenamiento de cambio de tarea: Este tipo de entrenamiento busca que el entrenado resuelva diferentes tipos de tareas cognitivas mientras estas son intercaladas de forma

aleatoria o de forma previsible (Karbach & Kray, 2016). Lo que supone que se trabaja en la flexibilidad cognitiva y la capacidad de iniciación de tareas.

Entrenamiento en inhibición: Un entrenamiento adaptado de memoria de trabajo conduce a mejoras en control inhibitorio. El uso de tareas del tipo Go-NoGo, Stop Signal, Flanker y Stroop, son ejemplos de tareas que se utilizan para el entrenamiento de inhibición (Karbach & Kray, 2016).

5.2.2 Evaluación del entrenamiento.

Es importante señalar que la evaluación de cualquier tipo de entrenamiento cognitivo implica el uso de baterías neurocognitivas que permitan medir el nivel de desempeño del entrenado en una tarea relacionada con la función cognitiva trabajada. Normalmente esto implica la realización de experimentos del tipo *pretest* – entrenamiento – *posttest* (Karbach & Kray, 2016). Como ya se expresó, en este trabajo se utilizaron las pruebas de FV.

5.3 SISTEMAS COGNITIVOS ARTIFICIALES.

Los Sistemas Cognitivos Artificiales se fundamentan de diferentes áreas como la automática, el control, la instrumentación y los sensores, los sistemas de reconocimiento artificial (visión y voz principalmente) y un sin número de técnicas, metodologías y procedimientos heredados de la IA, el reconocimiento de patrones, el aprendizaje de máquina, entre otros; todo esto ha contribuido en formalizar sistemas que emulan la cognición de manera artificial.

La pretensión de esta área del conocimiento desborda los límites de la IA, pues más que pretender alcanzar un desempeño inteligente, se persigue alcanzar un comportamiento cognitivo. Siguiendo esta lógica, sería apropiado definir los alcances de la cognición, no obstante, debe destacarse que ante este punto no existe un consenso universal de lo que se entiende por cognitivo, ni existe un paradigma, enfoque o teoría que abarque todos los aspectos de la cognición. Cabe aclarar que el presente trabajo no propone reproducir todos los aspectos de la cognición, pero si abordar algunos de ellos que den soporte al objetivo de este trabajo.

De todos modos, se utilizará la definición de Vernon donde se concibe cognición de la siguiente manera:

“Cognición es el proceso por el cual un sistema autónomo⁶ percibe su entorno, aprende de la experiencia, anticipa el resultado de los eventos, actúa persiguiendo objetivos, y se adapta al cambio de circunstancias” (Vernon, 2015).

En adelante, se entenderá SCA de conformidad con lo expuesto por Vernon, Metta, & Sandini, (2007) en su artículo de revisión llamado: A survey of artificial cognitive systems: Implications for the autonomous development of mental capabilities in computational agents. De dicho trabajo se extrae:

“Un SCA debe mostrar características propias de la cognición que van más allá de la inteligencia artificial, como son: la percepción, la acción, la anticipación, la adaptación, la motivación, la corporeidad, la relación con otros sistemas cognitivos y la autonomía” (Vernon, 2015)

Los SCA son inspirados por la Inteligencia Artificial, la Psicología del desarrollo y la Neurociencia Cognitiva. Su ánimo es construir sistemas que puedan actuar en sí mismos para alcanzar un objetivo: percibir el entorno, anticipar las necesidades de actuar, aprender de la experiencia, y adaptarse a los cambios de circunstancias (Vernon, Artificial cognitive systems: A primer, 2015).

5.3.1 Modelado de Sistemas Cognitivos

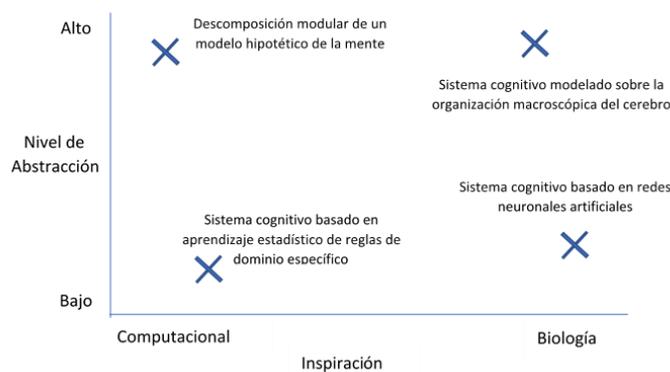
La cognición podría asimilarse con la autonomía humana, mientras que esta última se entiende como la habilidad de averiguar las cosas y proponer acciones adaptativas. Los SCA proponen crear máquinas y sistemas de software con la misma capacidad. Como ya se mencionó, concebir un paradigma, enfoque o teoría que aborde la cognición desde todas sus aristas es un asunto aún inalcanzado, lo mismo se aplica para un SCA. En este orden de ideas, lo que se espera en la actualidad es lograr sistemas que aborden algunos aspectos cognitivos. Por lo tanto, es necesario considerar cuatro aspectos para modelar este tipo de sistemas (Vernon, Artificial cognitive systems: A primer, 2015):

⁶ Desde una perspectiva biológica: la autonomía es una característica organizacional de las criaturas vivientes que las habilita a usar sus propias capacidades para manejar sus interacciones con el mundo para mantenerse viable, es decir, permanecer vivo. Si un sistema es autónomo su objetivo más importante es preservar su autonomía.

1. Cuánta inspiración nosotros tomaremos de los sistemas naturales.
2. Qué tan fiel seremos al copiar esos sistemas naturales
3. Qué tan importante se piensa que es la estructura física del sistema
4. Qué tanto nosotros separamos la identificación de la capacidad cognitiva de la forma en que nosotros decidimos implementarla

Estos aspectos hacen referencia a algo que se conoce como sistemas bio - inspirados. Estos sistemas reproducen de forma artificial cualquier elemento visto en la naturaleza. Sin embargo, no es posible reproducir por completo todos los objetos biológicos, en especial cuando no se conoce por completo su funcionamiento. El ejemplo más radical es el cerebro humano, el único sistema en el universo que hasta ahora se conozca es capaz de estudiarse a sí mismo. Cuando se modelan este tipo de sistemas se hace necesario considerar el nivel de abstracción como una variable adicional. De esta manera se podrá identificar el nivel de complejidad con que se estudiará y posteriormente se reproducirá el sistema original. Los trabajos en la actualidad ubican en el centro de la **Figura 7**, sin embargo, la tendencia es moverse hacia el lado bio-inspirado y explorarlo en diferentes niveles de abstracción (Vernon, 2015).

Figura 7. Nivel de Abstracción vs Inspiración en SCA.



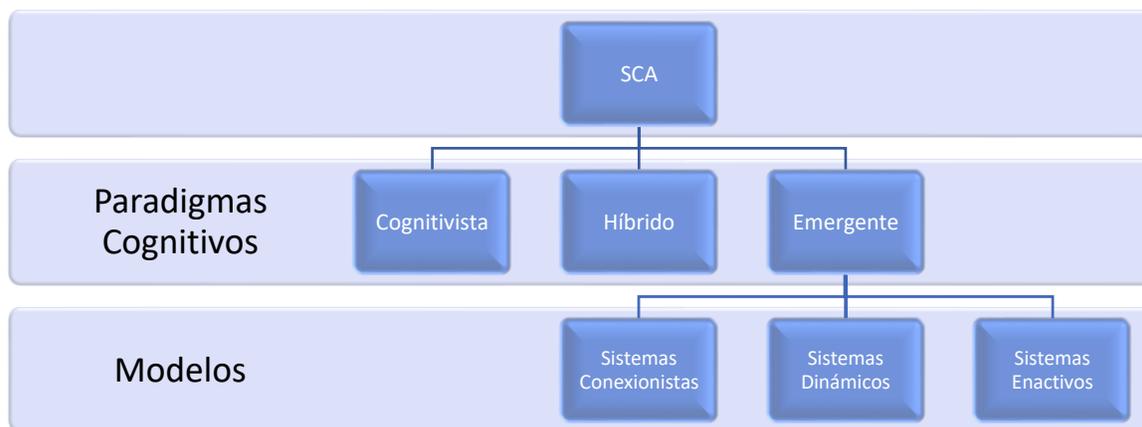
Adaptado de (Vernon, 2015)

5.3.2 Paradigmas de Sistemas Cognitivos

Desde el campo de la IA como Ciencia Cognitiva y su actual proyección a los SCA, pueden distinguirse tres grandes paradigmas cognitivos que soportan la teoría de estos sistemas. En la Figura 8 se presenta un diagrama con los paradigmas y modelos que dan soporte a los SCA. Como puede observarse en dicha figura los tres paradigmas son el cognitivista, el

emergente y el híbrido como una mezcla intermedia de los otros dos. Además, el paradigma emergente se subdivide en los enfoques: enactivo, conexionista y dinámico. Como se presentó en el área problemática, los paradigmas cognitivista y emergente abordan de forma diferente las características de la cognición, incluso en varios casos en formas diametralmente opuestas, ver Tabla 3.

Figura 8. Paradigmas y Modelos Cognitivos en los Sistemas Cognitivos Artificiales.



Adaptado de (Vernon, 2015).

5.3.2.1 Paradigma Cognitivista:

Desde este paradigma la información se considera es llevada a la mente mediante representaciones mentales simbólicas. Dicha información es tomada a través de los sentidos, filtrada por procesos perceptuales para generar descripciones que abstraen la información relevante, razonada en términos de planes para luego ejecutar acciones físicas y mentales y como ya se dijo representada en forma simbólica (Vernon, Metta, & Sandini, 2007). Este enfoque ha sido denominado como enfoque de procesamiento de información o enfoque de manipulación simbólica de la cognición, lo anterior dado que en este contexto la cognición es alcanzada por cálculos realizados sobre representaciones simbólicas del conocimiento (Vernon, Metta, & Sandini, 2007).

5.3.2.2 Paradigma Emergente:

Como ya se dijo anteriormente, el paradigma emergente se divide a su vez en tres modelos: el enactivo, el conexionista y el dinámico. Desde esta perspectiva un sistema cognitivo tiene como objetivo principal mantener su autonomía y la cognición es la forma de mantenerla. A partir de esto, estos sistemas realizan procesos de auto – organización mediante el cual interactúa con el mundo a su alrededor, pero, sin que esto afecte su autonomía (Vernon, 2015).

La corporeidad y las experiencias del sistema emergente constituyen un aspecto inherente al entendimiento que hace del mundo, a partir de allí el sistema construye su realidad. La cognición va más allá del aquí u el ahora de la percepción, pues le concede al sistema la capacidad de anticiparse a los eventos que ocurrirán a largo plazo y, además, le permite preparar sus interacciones para el futuro. Lo anterior indica que un sistema emergente está habilitado para actuar en prospección (Vernon, 2015).

5.3.2.3 Sistemas Híbridos:

Dado que los paradigmas cognitivista y emergente tienen posiciones diferentes, incluso en muchos casos opuestas, y además cada paradigma tiene sus fortalezas y debilidades, es que se propone la integración de elementos de cada paradigma. Esto con el objetivo de incorporar las ventajas de cada enfoque sin tener en cuenta las debilidades de cada uno. A esta integración de elementos se le conoce como sistema híbrido. Cada uno de estos paradigmas y modelos se retoman en el Anexo 1.

Previamente se expresó que un SCA implica aspectos de la cognición como la percepción, la acción, la anticipación, la autonomía y el aprendizaje. Estos aspectos implican la inclusión de elementos algorítmicos que permitan reproducir estos comportamientos de forma artificial. En lo que respecta a la anticipación, la autonomía y el aprendizaje, el presente trabajo se sustentó sobre las siguientes teorías:

Los aspectos relacionados con la percepción y la acción se abordaron desde la construcción de HCI como se presenta en la siguiente sección.

5.4 INTERACCIÓN HUMANO MÁQUINA.

Por interacción humano máquina se entiende cualquier clase de relación que puede existir entre una persona y una máquina. Un ejemplo simple de una interfaz que permita una Interacción Humano Máquina es el timón de un carro, este sistema le permite a la persona tomar el control de la dirección del vehículo. De forma más específica un teclado o un ratón son ejemplos de interfaces que permiten la relación entre un humano y una máquina, en este caso la máquina es un computador. Las HCI han permitido a las personas interactuar por lo largo de décadas con sistemas computacionales.

No obstante, en los últimos años se ha procurado el desarrollo de mejores tecnologías que apuntan a mejorar la forma en que humanos y computadores se relacionan. Hoy la mayoría de los equipos de cómputo, desde smartphones hasta grandes servidores, incorporan algún tipo de IHC de presentaciones avanzadas como el reconocimiento del habla. Además de esto, existen desarrollos en algoritmos para reconocimiento de rostros y gestos, reconocimiento de bioseñales como elementos de autenticación (huellas, voz, iris, entre otros) y más recientemente el desarrollo de Interfaces Cerebro Computador ICC más conocidas por sus siglas en inglés BCI de Brain Computer Interfaces o BMI de Brain Machine Interfaces.

En este trabajo se incorporaron como elementos de percepción las HCI de reconocimiento automático del habla y reconocimiento de gestos y, en lo relacionado con la acción, la HCI de síntesis de voz. Estos elementos se presentan a continuación.

5.4.1 Reconocimiento Automático del Habla.

El reconocimiento automático del habla (RAH) consiste en la identificación de palabras que un sistema de cómputo realiza a partir de las señales de voz emitidas por una persona. En muchas aplicaciones lo que se pretende es que las señales de voz sean traducidas a texto por lo que un sistema de RAH se convierte en su componente principal (Zhang & Fung, 2014; Patil, Shirbahadurkar, & Paithane, 2016).

Un sistema de RAH está compuesto por dos elementos fundamentales el modelo acústico y el modelo de lenguaje (Kumar, Rajput, & Verma, 2004; Patil, Shirbahadurkar, & Paithane, 2016). El primer modelo está relacionado con la pronunciación de una determinada palabra,

mientras que el segundo modelo predice la probabilidad de que una secuencia dada de palabras aparezca en un lenguaje (Kumar, Rajput, & Verma, 2004; Patil, Shirbahadurkar, & Paithane, 2016).

Los componentes de un modelo acústico son las características de la señal del habla y las técnicas de reconocimiento de patrones para una palabra dada o fonema, siendo el fonema la unidad básica del habla; una palabra puede conformarse por uno o más fonemas. Para caracterizar las señales de voz los parámetros más utilizados son: Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) y los Perceptual Linear Predictive Coefficients (PLPC). Por su parte las técnicas de reconocimiento de patrones más utilizadas son los modelos ocultos de Markov y las redes neuronales. Mediante estas técnicas de reconocimiento de patrones se estima la probabilidad de que una señal de voz corresponda con una palabra mediante la combinación de las probabilidades de sus fonemas. Para ello los algoritmos de probabilidad máxima y entrenamiento discriminativo en combinación con los modelos ocultos de Markov han demostrado ser herramientas de utilidad (Patil, Shirbahadurkar, & Paithane, 2016).

A su vez, el modelo de lenguaje permite establecer la probabilidad de que una secuencia determinada de palabras aparezca en la señal de voz (Patil, Shirbahadurkar, & Paithane, 2016). El modelo de lenguaje N-gram es el modelo más comúnmente utilizado para estimar la probabilidad de que una palabra aparezca en una secuencia, el cálculo de dicha probabilidad depende de la evaluación de un amplio corpus de entrenamiento (Patil, Shirbahadurkar, & Paithane, 2016).

5.4.2 Reconocimiento Automático de Gestos.

El reconocimiento de gestos consiste en un conjunto de técnicas de visión artificial que tienen por objeto el reconocimiento de expresiones faciales relacionadas con emociones como: rabia, asco, miedo, alegría, tristeza, sorpresa y un estado neutral según lo presentado por Ekman & Oster (1981). Actualmente el reconocimiento facial y reconocimiento de gestos ha sido ampliamente utilizado en varios campos como seguridad, verificación de identidad, indexación de video, entre otras (El, Ehab, & Abdelwahab, 2015).

La identificación de gestos involucra gran cantidad de métodos de procesamiento de imágenes que van desde el filtrado de la imagen, pasando por el uso de transformadas como

la de Fourier y las Wavelets, la identificación de puntos de interés en el rostro, la caracterización de estos puntos y su posterior clasificación (Jain, Hu, & Aggarwal, 2011).

El uso de este tipo de interfaces ha generado un nuevo enfoque denominado Computación afectiva. Dicho enfoque busca identificar las emociones de las personas mientras estas interactúan con sistemas computacionales. Actualmente, este enfoque empieza a utilizarse ampliamente junto al reconocimiento de gestos corporales en la implementación de HCI. Estas interfaces se caracterizan por poder identificar el nivel de afinidad que un usuario tiene con el sistema computacional con el que está interactuando. Lo anterior permite que el sistema computacional adapte sus respuestas de tal manera que se adapten a las necesidades, habilidades e intereses del usuario.

5.4.3 Síntesis de Voz/habla.

La síntesis de voz es la forma como artificialmente se produce el habla y los sistemas que realizan esta función son llamados sintetizadores de voz. Típicamente el proceso de sintetizar el habla parte de un texto, el cual es analizado para obtener una descripción lingüística que luego se convertirá en las rutinas de síntesis de voz (Aroon & Dhonde, 2015).

En la actualidad existen sintetizadores de habla que reproducen la voz humana en forma inteligible y natural. Estos dos elementos permiten validar la calidad de un sintetizador de voz, toda vez que la inteligibilidad tiene que ver con la facilidad que el sistema tiene de ser entendido, mientras que la naturalidad determina que tan próxima es la reproducción del lenguaje sintetizado con el habla humana (Aroon & Dhonde, 2015).

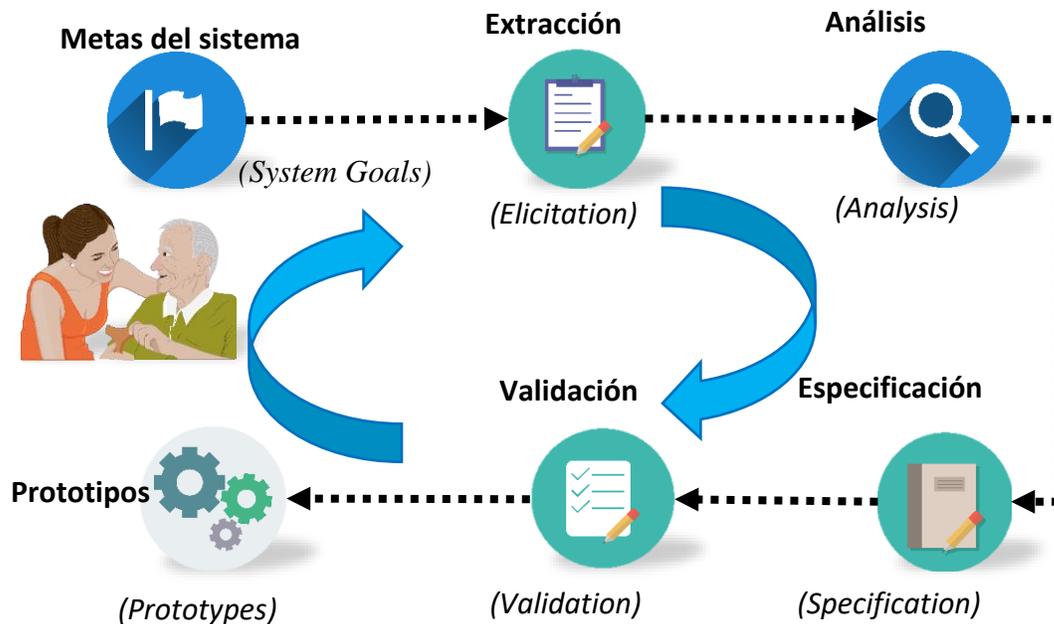
A pesar de los avances en el desarrollo de sintetizadores de voz inteligibles y naturales, aún hay aspectos del habla humana que están bajo investigación como son la entonación, la prosodia y la emoción, factores que le imprimen un factor personal a la producción de la voz (Ververidis & Kotropoulos, 2003)

5.5 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE.

Para el desarrollo del SECC en el presente trabajo se abordó una metodología de desarrollo de software por prototipos evolutivos. Esta metodología se presenta en la Figura 9. En esta figura se evidencian seis etapas, definición de las metas del sistema, extracción de los

requerimientos del sistema, análisis de los requerimientos del sistema, especificación gráfica o textual del sistema, validación del sistema y construcción de los prototipos del sistema (Flórez Ruíz, 2016; Wood & Kang, 1992). Esta metodología es similar a los procesos de desarrollo incremental (Sherrell, 2013). En el presente trabajo se adoptó esta metodología de desarrollo de software.

Figura 9. Proceso de una metodología de desarrollo orientada a prototipos.



Elaborada por el autor

Mediante esta metodología se puede aplicar el reúso sistemático de software para reducir el tiempo y el costo de construcción, mantenimiento y evolución de prototipos. Básicamente, trabajar sobre esta metodología facilita mantener aquellos subsistemas que permanecen sin cambios en el tiempo en cada nuevo prototipo, esto último evita la aparición de errores pues se trata de subsistemas probados con anterioridad (Laborde, Costiou, Le Pors, & Plantec, 2020).

Otras ventajas de trabajar con la metodología de desarrollo de prototipos consisten en el incremento constante de la calidad, la productividad, el costo y tiempo disminuido de desarrollo bajo una tasa de defectos menor (Laborde, Costiou, Le Pors, & Plantec, 2020). Los prototipos, continuamente evolucionan conforme a las necesidades de los usuarios,

además, que se identifican los requerimientos reales que de otra forma o podrían visualizarse (Zhang & Fung, 2014; Teixeira, Saavedra, Ferreira, Simões, & Sousa Santos, 2014). Un prototipo, también, contribuye en incrementar la calidad de los requerimientos y en controlar la volatilidad durante el desarrollo (Pedone, 2011).

En forma general un prototipo es una maqueta de un sistema que permite la evaluación de características a través de la interacción de usuarios y desarrolladores con escenarios operacionales (Flórez Ruíz, 2016). De esta manera se mantiene una evolución constante del sistema a implementar, este proceso incremental se detiene en el momento en que concluyen los requerimientos de los usuarios (Zhang & Fung, 2014).

5.6 METODOLOGÍAS DE PRUEBAS DE SOFTWARE.

En el estado del arte se describe una amplia variedad de pruebas de software, dichas pruebas se clasifican según varios criterios como puede ser en función de que se prueba, el nivel de automatización o en función de lo que conocemos. Esta última clasificación da paso al desarrollo de pruebas de caja blanca y pruebas de caja negra. Las primeras, están ligadas fuertemente al código fuente, se refieren a los mecanismos internos del sistema y se enfocan principalmente en el flujo de los datos y los programas (Nidhra & Dondeti, 2012). Están las pruebas de caja negra, también conocidas como pruebas funcionales donde se diseñan casos de prueba basados en la información de las especificaciones, no están relacionadas con los mecanismos internos del sistema y se enfocan principalmente en las salidas generadas en respuesta a las entradas y ejecución de las condiciones (Nidhra & Dondeti, 2012).

En el presente trabajo se aborda un enfoque de pruebas de caja negra (pruebas funcionales), en este sentido los casos de prueba formulados permiten verificar el funcionamiento del sistema basado en los requerimientos. También, se vela porque el sistema sea capaz de comportarse conforme como fue modelado, esto es que exhiba las respuestas que desde su diseño fueron planeadas (Braiek & Khomh, 2020). En este sentido las pruebas permiten ver cómo se comportan las salidas del sistema conforme a las posibles entradas.

Adicionalmente y en concordancia con la metodología de prototipos evolutivos, estas pruebas permiten exhibir las mejoras del sistema en cada iteración (Flórez Ruíz, 2016).

En cuanto a las pruebas de caja negra destacan dos tipos. El primero, las pruebas de análisis de valores límites que prueban la habilidad del sistema para manejar datos que se encuentran en los límites aceptables. En segundo lugar, están las pruebas de partición equivalente que dividen el campo de entrada en clases de datos que tienden a ejercitar determinadas funciones del software (Homès, 2013).

El análisis de software llevado a cabo mediante la técnica de partición equivalente aplica para cualquier tipo de variables presentes en el software. Esta técnica se basa en que todos los datos para los valores de una misma equivalencia serán procesado de la misma forma por el sistema (Jorgensen, 2018). En este sentido, se escogen un grupo representativo de casos por cada partición identificada (Homès, 2013). Para aplicar este método se identifican las entradas y las salidas que debería arrojar el sistema, luego se identifican las clases de equivalencia, se elabora la tabla de particiones, se obtiene la lista de casos de prueba y se especifican los casos de prueba.

6 OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema computacional para el entrenamiento cognitivo en Adulto Mayor (caso fluidez verbal de personas con Deterioro Cognitivo Leve)

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar la población objeto del estudio en términos de su rendimiento en funciones cognitivas (fluidez verbal).
2. Diseñar estrategias para entrenar cognitivamente a los sujetos participantes en la resolución de tareas de fluidez verbal.
3. Incorporar algoritmos en el sistema computacional que den cuenta de los componentes de acción, percepción, autonomía y anticipación propios de un sistema cognitivo artificial para el entrenamiento cognitivo.
4. Probar el sistema computacional para el entrenamiento cognitivo de la Fluidez Verbal.

7 METODOLOGÍA

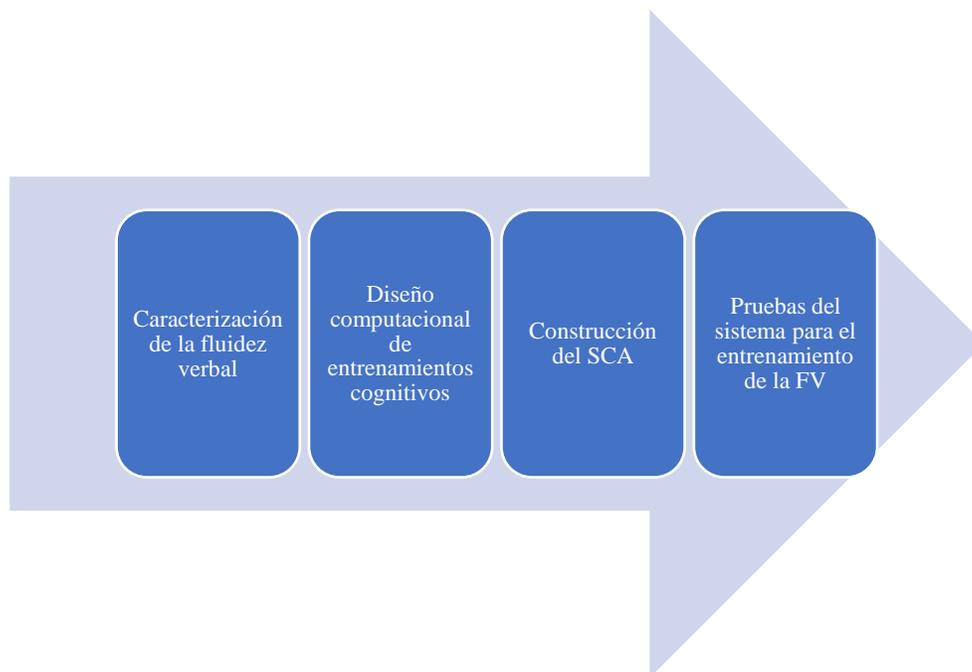
7.1 ENFOQUE, TIPO DE ESTUDIO:

Desarrollo Tecnológico de un sistema computacional para el entrenamiento cognitivo de la Fluidez Verbal de personas mayores con Deterioro Cognitivo Leve.

7.2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.

En la Figura 10 se presentan los pasos metodológicos para el desarrollo del presente trabajo. A continuación, se describen cada uno de estos pasos y los procedimientos al interior de cada uno de ellos.

Figura 10. Desarrollo de la investigación.



Elaborado por el autor

7.2.1 Caracterización de la Fluidez Verbal:

Uno de los intereses en el desarrollo de este trabajo era caracterizar el rendimiento de las personas en la solución de pruebas de FV. Para completar esta caracterización se analizaron tres bases de datos; dos de ellas que existían previamente en el Laboratorio de Neurofisiología de la Universidad Autónoma de Manizales y otra base de datos que fue construida en el marco de este trabajo. Estas bases de datos contienen información

relacionada con la ejecución de pruebas de FV por parte de personas mayores. Las bases de datos analizadas fueron:

- **Base de datos para baremación de pruebas de FV Semánticas y Fonológica del libro “Neuropsicología en Colombia Datos Normativos, estado actual y retos a futuro”⁷:** En el año 2013, en el laboratorio de Neuropsicología de la Universidad Autónoma de Manizales se aplicaron pruebas de FV a un total de 136 personas de las cuales 61 eran hombres y 75 Mujeres, considerados sanos en términos de DC. Este grupo estaba conformado por personas entre los 60 y los 91 años de edad. A todo el grupo se le aplicaron siete pruebas de FV, tres para la FVS y 4 para FVF. Las pruebas de FVS consistían en solicitarle a la persona que dijera en un minuto todas las palabras que recordara asociadas a una categoría; las categorías consideradas fueron animales, frutas y profesiones. Para el caso de la FVF se le solicitó a los evaluados que dijeran la mayor cantidad de palabras que recordaran en un minuto asociadas a las letras F, A, S y M. En esta base de datos se registraron las palabras dichas por las personas para las siete pruebas de FV. Todas las palabras fueron registradas en papel, y del análisis de dichos datos se construyó el capítulo de Fluidez Verbal del libro de “Neuropsicología en Colombia Datos Normativos, estado actual y retos a futuro” (Ruiz, Pérez, & Medina, 2013). Posteriormente, los datos se transcribieron digitalmente para realizar los análisis propuestos en el presente trabajo.
- **Base de datos para tamización de DC⁸:** Para la conformación de esta base de datos se extrajo la prueba de FVf realizada en el marco de la prueba MoCa, aplicada como criterio de tamización de DC. En la conformación de esta base de datos fueron evaluados un total de 3000 sujetos en 14 municipios del departamento de Caldas, incluyendo Manizales. A todas las personas se les aplicó un protocolo de tamización de DC que consistía en aplicar las pruebas Mini-Mental, Moca, y las escalas Lawton, GDS y CDR, por lo cual se conoce el nivel de DC clasificado en los

⁷ Base de datos para libro de “Neuropsicología en Colombia Datos Normativos, estado actual y retos a futuro”

⁸ Base de datos construida en el marco del proyecto “Implementación del programa para diagnóstico y control de enfermedades crónicas no transmisibles y cáncer de cérvix y mama, con el apoyo de tic en el departamento de Caldas”

niveles de Sano, DCL, DCM y DCS⁹. De este grupo se extrajeron las personas valoradas para Manizales, es decir, 775 personas. De este grupo 505 fueron mujeres y 270 fueron hombres. Las edades de las personas valoradas están entre los 60 y los 100 años. En esta base de datos, se conoce si las personas evaluadas superan o no un margen de 11 palabras. Este margen es establecido para obtener el punto en la subprueba de lenguaje del Moca. En esta prueba se le pidió a la persona que dijera el mayor número de palabras que recordara que comiencen con la letra p.

- **Base de datos Centros Vida La Isla y Caselata:** Esta base de datos fue construida en los Centros Vida de la Isla (Urbano) y Caselata (Rural), con un número de 96 personas para el primer centro y de 39 para el segundo. En el primer grupo 60 de las personas fueron mujeres y 36 hombres, para el caso del segundo grupo fueron 26 mujeres y 13 hombres. Las edades de las personas valoradas están entre los 60 y los 91 años. Para este grupo de personas se aplicaron las siete pruebas de FV que se mencionaron para la primer base de datos. También fueron valoradas en términos del protocolo de tamización en DC expresado en la base de datos de tamización; en esta ocasión las personas fueron clasificadas en los niveles de Sano, DCL y Demencia. Para el caso de esta base de datos se realizó el conteo de las palabras pronunciadas por cada persona en cada subprueba.

Análisis estadístico: Para la primera base de datos se realizaron los resultados para prueba t de muestras independientes donde se compara el rendimiento entre hombres y mujeres y los datos se discriminan según niveles de escolaridad. Para la segunda base de datos, se incluye el análisis del rendimiento en la prueba de FVf de la letra p según los grupos sano, DCL, DCM o DCS. Para la tercer base de datos, se incluye el análisis del rendimiento en las pruebas de FVs (categorías: animales, frutas y profesiones) y FVf (letras F,A,S,M), esto utilizando los baremos establecidos en el libro *“Neuropsicología en Colombia Datos Normativos, estado actual y retos a futuro”*, los datos se han diferenciados para los grupos sano, DCL, DCM o DCS.

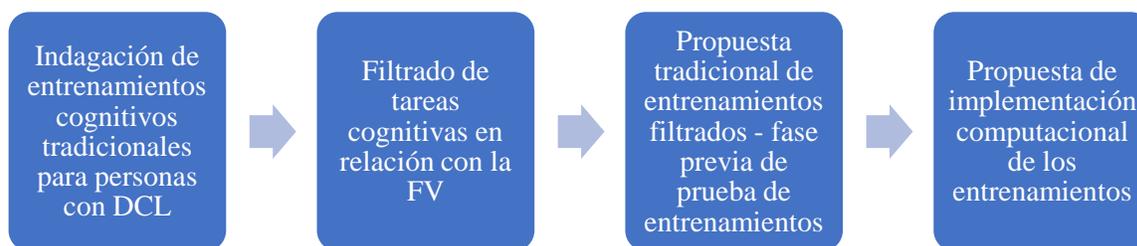
⁹ En esta clasificación el DCL coincide con el trastorno neurocognitivo menor presentado en el DSM-5 y los tipos DCM y DCS corresponden a demencias y estarían al interior de la definición de trastorno neurocognitivo mayor según el DSM-5
Fuente especificada no válida.

El desarrollo de este paso permitió parametrizar el desarrollo de las pruebas de FV por parte de las personas mayores de la Ciudad de Manizales y determinar las necesidades en entrenamiento cognitivo para ellos.

7.2.2 Diseño computacional de entrenamientos cognitivos:

Este paso metodológico se desarrolló después de completar los siguientes procesos.

Figura 11. Procesos para completar el diseño computacional de entrenamientos cognitivos.



Elaborada por el autor

Indagación de entrenamientos cognitivos tradicionales en personas con DCL: En este procedimiento se desarrolló una revisión del estado del arte en la temática de entrenamientos cognitivos, esta revisión permitió identificar las tareas que tradicionalmente se realizan para entrenar diferentes funciones cognitivas.

Filtrado de tareas cognitivas en relación con la FV: De las tareas cognitivas identificadas se realizó un filtro extrayendo únicamente aquellas que correspondieran con el entrenamiento de funciones cognitivas asociadas a la FV.

Propuesta tradicional de entrenamientos filtrados - fase previa de prueba de entrenamientos: En este procedimiento se diseñó una estrategia de entrenamiento que pudiera llevarse a cabo con medios tradicionales (sin intervención computacional), para esto se desarrollaron un conjunto de fichas y se realizó una prueba con personas mayores para verificar que el uso de estos entrenamientos contribuyera con la fluidez verbal; a esta prueba se le denomina fase previa. Las personas involucradas en la fase previa corresponden con la población descrita más adelante.

Propuesta de implementación computacional de los entrenamientos:

En este procedimiento se propuso la implementación computacional de los entrenamientos filtrados. Para esta propuesta se tuvieron en cuenta los sistemas de HCI y la incorporación de algoritmos que permitieran el desarrollo del SCA.

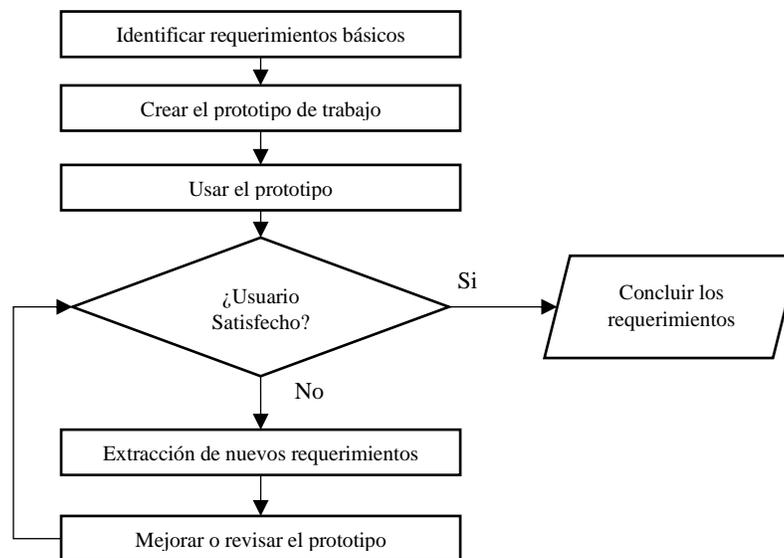
7.2.3 Construcción del sistema cognitivo artificial:

Para realizar este proyecto se utilizó la metodología de desarrollo de software por prototipos evolutivos.

“Este tipo de desarrollo de software corresponde con un método donde el desarrollador o el equipo de desarrollo construye un prototipo. Luego, después de recibir realimentación de los clientes se producen subsecuentes prototipos, cada uno de los cuales tiene funcionalidad adicional o mejoras hasta que el producto final emerge.” (Sherrell, 2013).

En cada iteración de prototipos debe garantizarse que Esta metodología implica completar los procesos del siguiente diagrama de flujo:

Figura 12. Diagrama de flujo proceso de desarrollo de prototipos evolutivos



Elaborada por el autor

En este paso se construyeron los entrenamientos cognitivos computacionales, se incluyeron los algoritmos para incorporar las características cognitivas artificiales y el sistema de gestión del entrenamiento cognitivo para la FV.

7.2.4 Pruebas del sistema para el entrenamiento de la FV

Este paso metodológico se completó luego de los siguientes procesos:

Figura 13. Procesos llevados a cabo para la prueba del sistema de entrenamiento.



Elaborada por el autor

Desarrollo pruebas de Software: Las pruebas de software consideradas fueron pruebas de caja negra o pruebas funcionales. Estas pruebas permitieron verificar la funcionalidad del sistema construido y solucionar errores en la construcción del mismo.

Desarrollo prueba piloto: El sistema de entrenamiento construido fue probado con un grupo de adultos mayores, las características de la población se describen adelante. En este proceso se verificó el funcionamiento de los entrenamientos computacionales en relación con la FV.

7.3 POBLACIÓN:

Para la constitución de la base de datos tres, el desarrollo de la fase previa y la prueba piloto se consideró la población de personas mayores bajo los criterios de inclusión y exclusión que se presentan a continuación.

Adultos mayores de 60 años, pertenecientes al régimen subsidiado del municipio de Manizales.

7.3.1 Criterios de inclusión:

- Personas con edad igual o mayor a 60 años de ambos géneros habitantes de la ciudad de Manizales.
- Aceptación y firma del consentimiento informado para participar en el estudio.
- Pertenecer al régimen subsidiado.
- Diagnóstico de DCL.
- Problemas de FV identificados.

- Que tengan compañía de un familiar o cuidador.

7.3.2 Criterios de exclusión:

- Padecimiento de enfermedad psiquiátrica
- Padecimiento de Demencia
- Personas institucionalizadas.
- Presencia de déficits sensoriales graves.
- Estar participando de otras intervenciones de entrenamiento cognitivo.

7.4 CONSIDERACIONES ÉTICAS Y CONSENTIMIENTO INFORMADO

El presente estudio cumplió con los requisitos de ética en investigación en seres humanos, de acuerdo a lo exigido en la declaración de Helsinki de acuerdo con las pautas CIOM, y la resolución 8430 de 1993 sobre investigación en seres humanos en Colombia. Este estudio fue considerado de riesgo mayor al mínimo, esto considerando que la intervención se realizó en una población vulnerable; las intervenciones que se realizaron incluyeron estimulación y entrenamiento cognitivo, a través del uso de tecnología y de medios tradicionales.

Se elaboró un consentimiento informado que incluía la descripción del proyecto aclaración de métodos, objetivos, los derechos de los participantes y sus responsabilidades en el estudio, los beneficios del mismo, la garantía del respeto y de confidencialidad, así como su posibilidad de retirarse del proyecto en el momento que lo deseara. Este consentimiento se le solicitó a las personas que fueron incluidas en la construcción de la **Base de datos Centros Vida**, la fase previa y en la prueba piloto del sistema. A cada participante se le aclaró todas las dudas que tuvieron; se procedió a la firma del consentimiento informado, de manera voluntaria, auténtica y autónoma. El presente estudio contó con la aprobación del comité de ética de la Universidad Autónoma de Manizales mediante acta No 76 de 2018.

7.5 ESTRATEGIA DE RECLUTAMIENTO Y FASE PREVIA.

Para la constitución de la **Base de datos Centros Vida** se incluyeron 96 y 39 personas de los centros La Isla y Caselata respectivamente; a cada persona se le aplicó el protocolo de tamización para DC (Pruebas neurocognitivas MoCa, Minimental y escalas CDR, GDS y

Lawton). El desarrollo de la fase previa y la prueba piloto se completó con las personas del Centro vida la Isla, del total evaluado 35 resultaron con DCL. Para la fase previa de entrenamiento cognitivo tradicional se incluyeron 12 personas de las 35 tamizadas con DCL, en esta fase se incluyó el uso de fichas impresas con las cuales se realizaron los entrenamientos cognitivos seleccionados previamente (Aprendizaje sin error, N-Back, Go NoGo, Stop Signal, Cancelación, Categorización). Finalmente, en el pilotaje se seleccionaron cinco personas, también del grupo de 35 con DCL, pero, diferentes a las de la fase previa, con este grupo se desarrollaron las pruebas para verificar el funcionamiento del SECC construido.

8 RESULTADOS

8.1 CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETO DEL ESTUDIO EN TÉRMINOS DE SU RENDIMIENTO EN LAS PRUEBAS DE FLUIDEZ VERBAL.

Se caracterizó la población manizaleña en términos de su rendimiento en pruebas de FV tanto semántica como fonológica. Para ello se utilizaron los datos obtenidos de tres bases de datos. En primer lugar, se consideraron los datos de población manizaleña de la **Base de datos de pruebas de FV para baremación** (Ruiz, Pérez, & Medina, 2013). La segunda, es la base de datos constituida por la Prueba de fluidez verbal fonológica obtenida en la tamización en DC de sujetos del proyecto *“Implementación del programa para diagnóstico y control de enfermedades crónicas no transmisibles y cáncer de cérvix y mama, con el apoyo de TIC en el departamento de Caldas”* (Restrepo de Mejía, y otros, 2020), **Base de datos para tamización de DC**. La tercera, fueron los datos obtenidos de las pruebas de FV aplicadas a los adultos mayores de los Centros Vida la Isla y Caselata de la ciudad de Manizales, es válido notar, que los datos de esta base de datos fueron obtenidos exclusivamente para esta tesis, **Base de datos Centros Vida**.

Los resultados obtenidos por cada base de datos son los siguientes:

8.1.1 Base de datos para baremación de pruebas de FV Semánticas y Fonológica del libro *“Neuropsicología en Colombia Datos Normativos, estado actual y retos a futuro”*:

Tabla 4. Datos descriptivos base de datos para baremación.

| <i>Animales</i> | | <i>Frutas</i> | | <i>Profesiones</i> | |
|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
| Media | 13,5625 | Media | 10,66875 | Media | 8,86875 |
| Desviación estándar | 4,9152407 | Desviación estándar | 3,6129081 | Desviación estándar | 3,9014944 |
| Rango | 1 | Rango | 6 | Rango | 3 |
| Mínimo | 24 | Mínimo | 17 | Mínimo | 18 |
| Máximo | 3 | Máximo | 3 | Máximo | 1 |
| | 27 | | 20 | | 19 |

Elaborada por el autor

En la Tabla 4, se presentan los datos descriptivos para la base de datos de baremación en lo que respecta a las pruebas de FVs. En esta se aprecia que para la prueba de animales las

personas dijeron en promedio $13,56 \pm 4,9$ palabras con un rango de 24 palabras. En lo que respecta a la prueba de Frutas las personas dijeron en promedio $10,66 \pm 3,6$ palabras con un rango de 20 palabras. Para el caso de la prueba de Profesiones las personas dijeron en promedio $8,86 \pm 3,9$ palabras con un rango de 18 palabras. El resultado anterior indica que en su orden es más fácil para las personas resolver las pruebas de Animales, Frutas y Profesiones.

Tabla 5. Datos descriptivos Base de datos para Baremación.

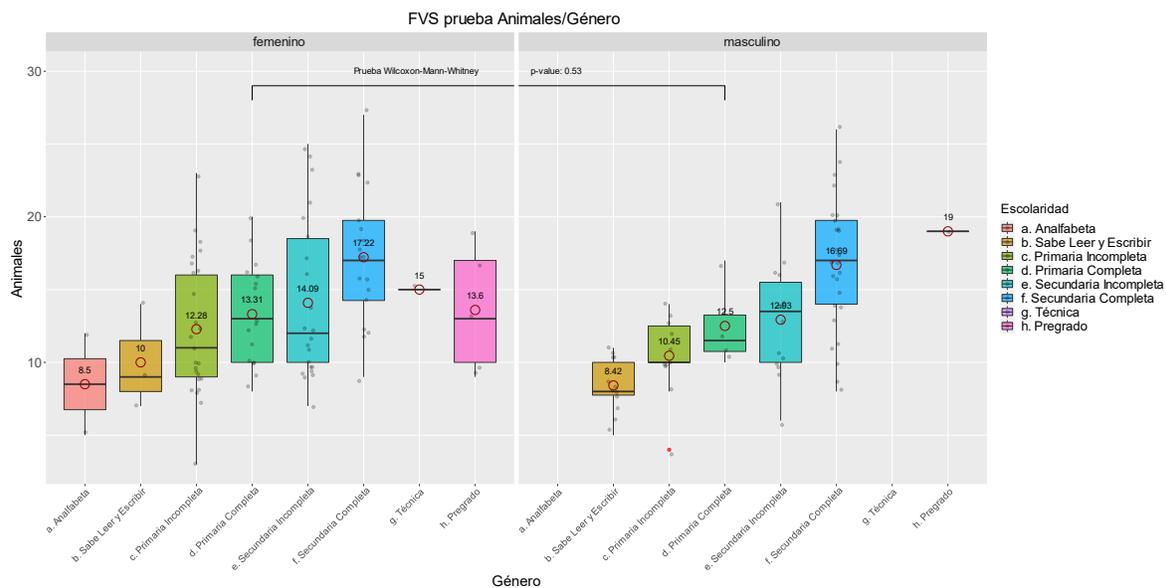
| <i>Letra F</i> | | <i>Letra A</i> | | <i>Letra S</i> | | <i>Letra M</i> | |
|----------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|
| Media | 8,5 | Media | 8,9 | Media | 8,2 | Media | 9,4 |
| Des. estándar | 4,4 | Des. estándar | 4,4 | Des. estándar | 4,2 | Des. estándar | 4,3 |
| Rango | 22 | Rango | 20 | Rango | 21 | Rango | 23 |
| Mínimo | 1 | Mínimo | 2 | Mínimo | 0 | Mínimo | 1 |
| Máximo | 23 | Máximo | 22 | Máximo | 21 | Máximo | 24 |

Elaborada por el autor

En la Tabla 5, se presentan los datos descriptivos para la base de datos de baremación en lo que respecta a las pruebas de FVf. En cuanto a estas pruebas se aprecia que el rendimiento promedio es de $8,5 \pm 4,4$ palabras, $8,9 \pm 4,4$ palabras, $8,2 \pm 4,2$ palabras y $9,4 \pm 4,3$ palabras con rangos de 23, 22, 21 y 24 palabras para las pruebas de las letras f, a, s y m respectivamente. En este caso se evidencia un rendimiento notoriamente mayor para el caso de la letra m. En cuanto a las demás letras el rendimiento es equivalente.

En la Figura 14, se observa la distribución de la población según el sexo y la escolaridad para la prueba de FVs de la categoría Animales. La prueba U-Mann-Whitney evidencia que no existe diferencia significativa entre el grupo de hombres y mujeres.

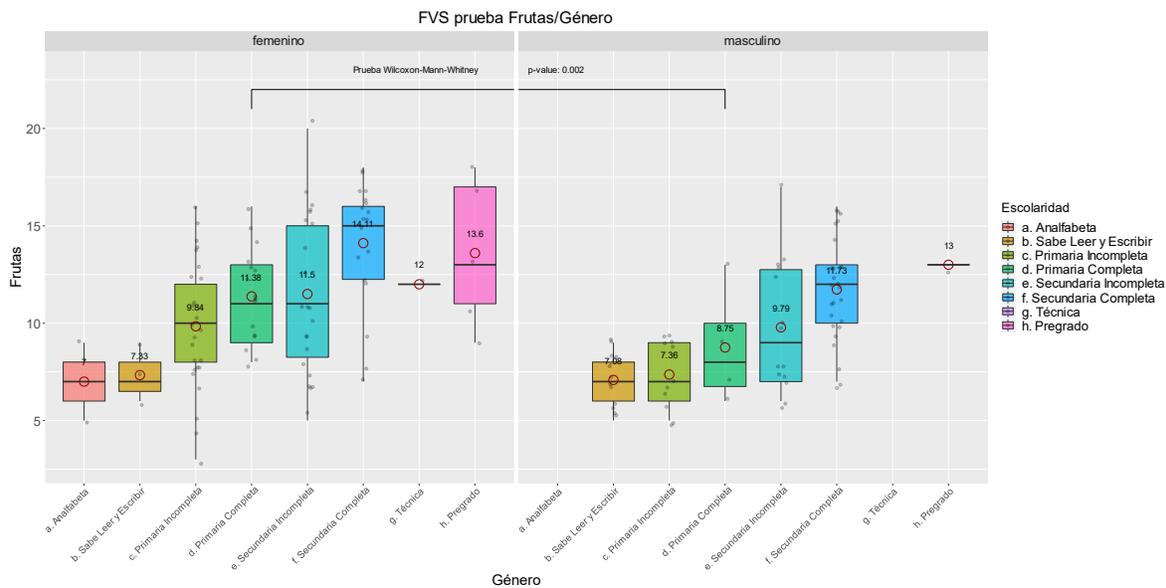
Figura 14. Prueba FVS Animales según sexo y escolaridad.



Elaborada por el autor

En la Figura 15, se observa la distribución de la población según el sexo y la escolaridad para la prueba de FVs de la categoría Frutas. La prueba U-Mann-Whitney evidencia que existe diferencia significativa entre el grupo de hombres y mujeres con un p-valor de 0,002.

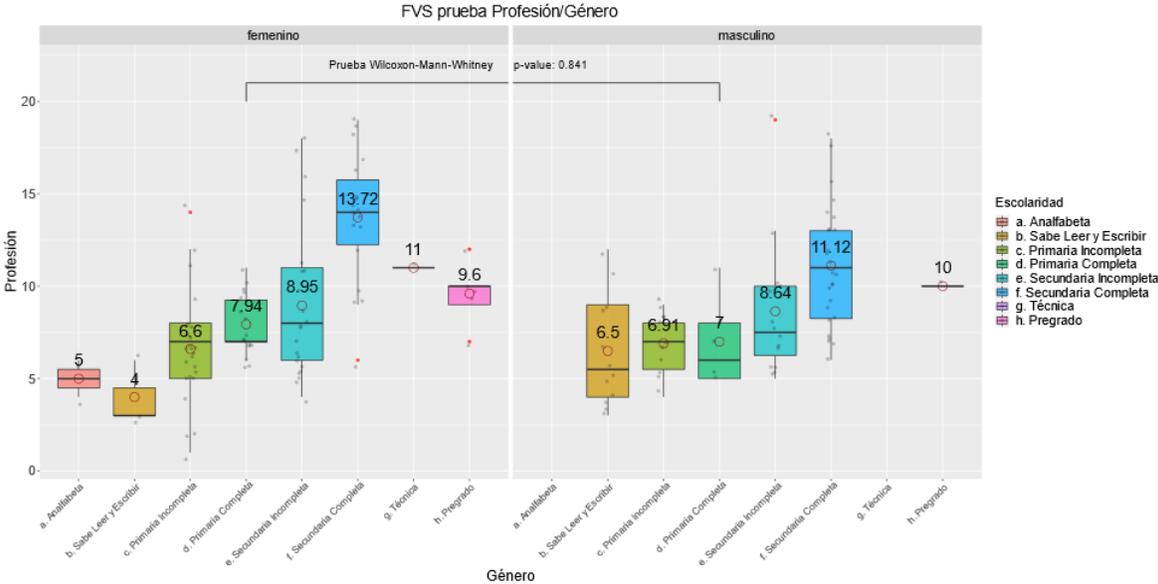
Figura 15. Prueba FVS frutas según escolaridad y género



Elaborada por el autor

En la Figura 16, se observa la distribución de la población según el sexo y la escolaridad para la prueba de FVs de la categoría Profesiones. La prueba U-Mann-Whitney evidencia que no existe diferencia significativa entre el grupo de hombres y mujeres.

Figura 16. prueba FVS de profesiones según escolaridad y género.

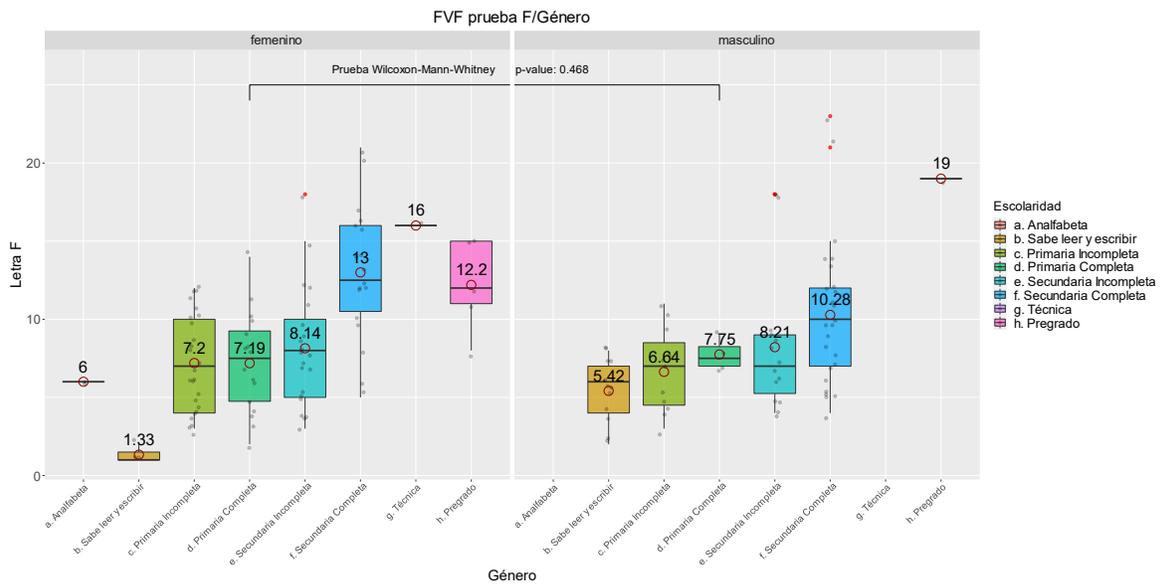


Elaborada por el autor

En todas las figuras para las pruebas de FVs se evidencia que entre más escolaridad tiene la persona, existe un mejor desempeño en la ejecución de dichas pruebas, esto se aprecia en las medias para cada grupo según su escolaridad y la tendencia presentada en las gráficas.

En la Figura 17, se observa la distribución de la población según el sexo y la escolaridad para la prueba de FVf en el caso de la letra f. La prueba U-Mann-Whitney evidencia que no existe diferencia significativa entre el grupo de hombres y mujeres.

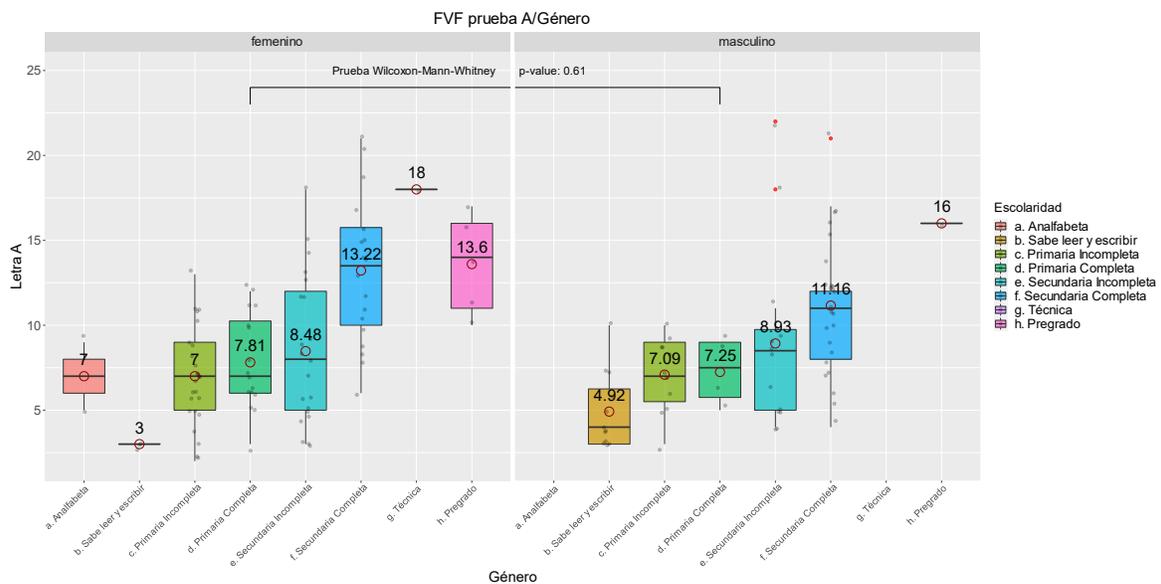
Figura 17. Prueba FVF para la letra F según escolaridad y género.



Elaborado por el autor

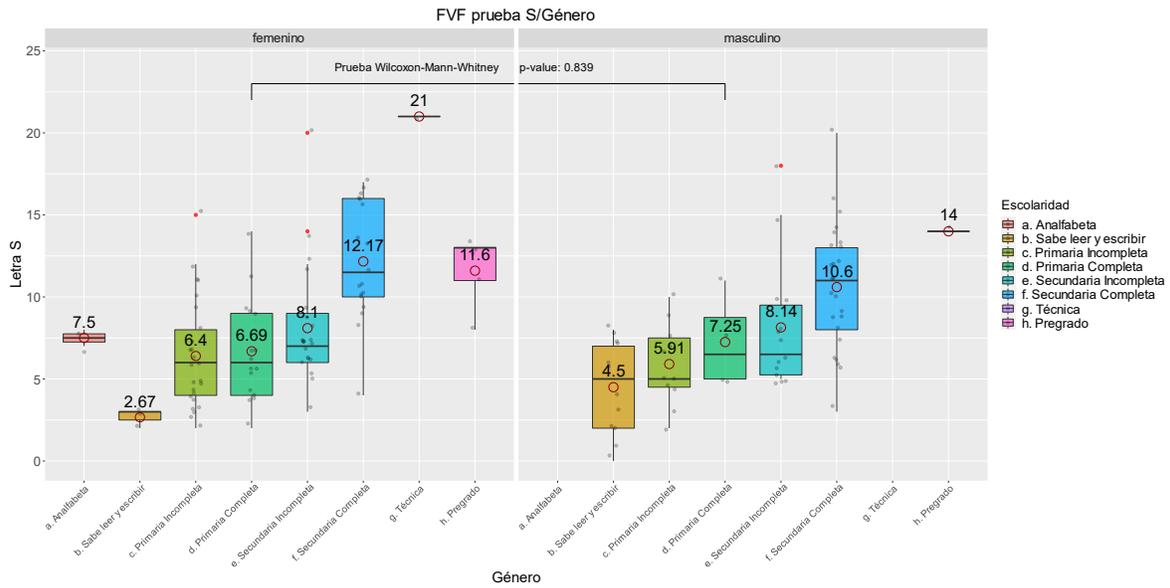
En la Figura 18, se observa la distribución de la población según el sexo y la escolaridad para la prueba de FVF en el caso de la letra a. La prueba U-Mann-Whitney evidencia que no existe diferencia significativa entre el grupo de hombres y mujeres.

Figura 18. Prueba FVF para la letra A según escolaridad y género.



Elaborado por el autor

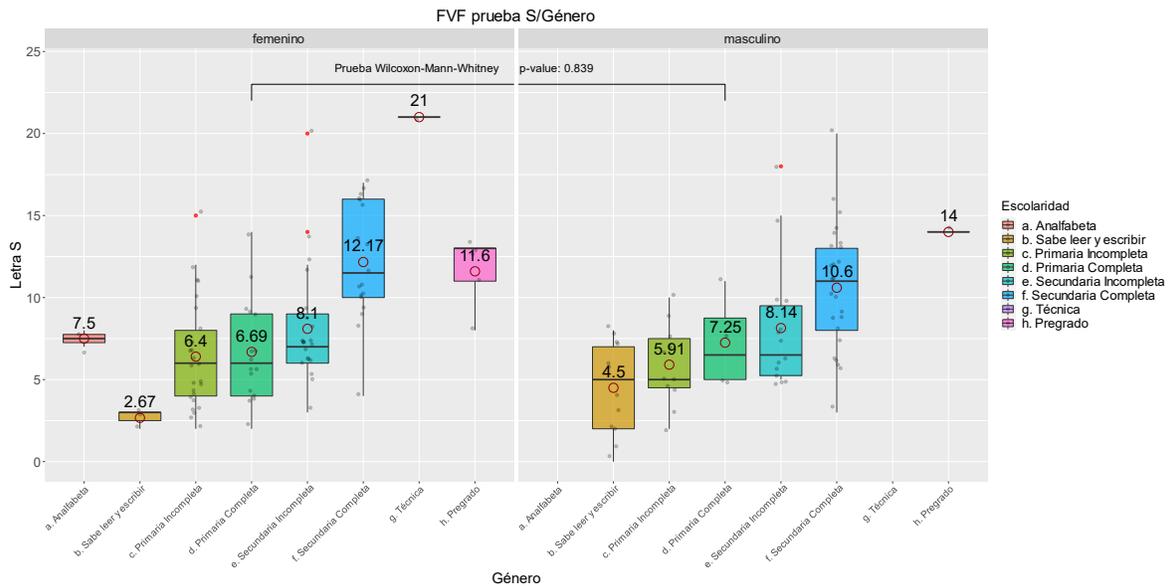
En la



Elaborado por el autor

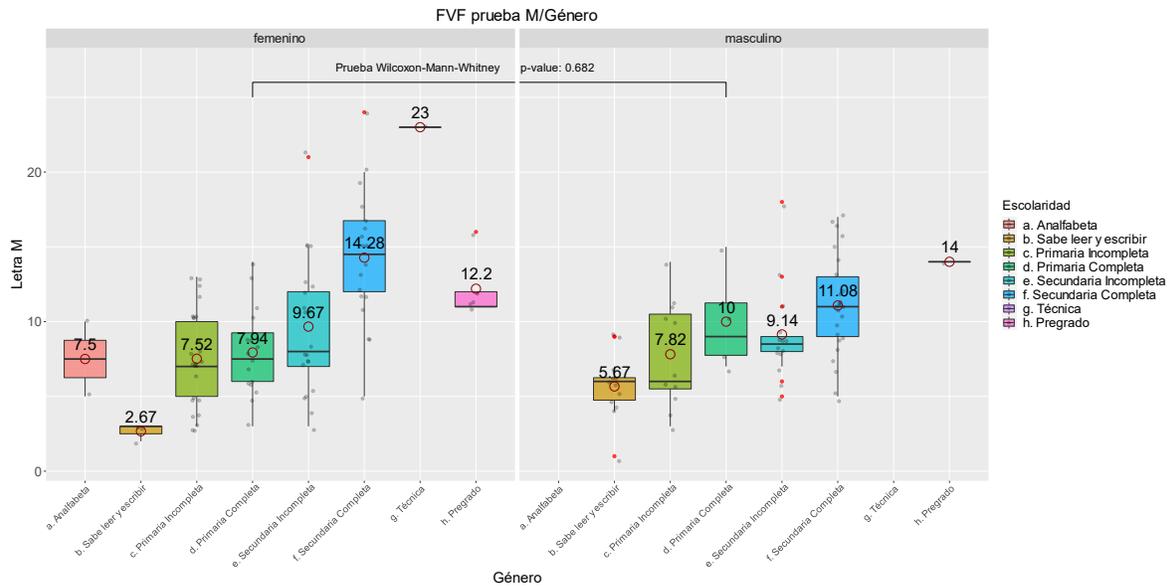
, se observa la distribución de la población según el sexo y la escolaridad para la prueba de FVf en el caso de la letra s. La prueba U-Mann-Whitney evidencia que no existe diferencia significativa entre el grupo de hombres y mujeres.

Figura 19. Prueba FVF para la letra S según escolaridad y género



Elaborado por el autor

En la

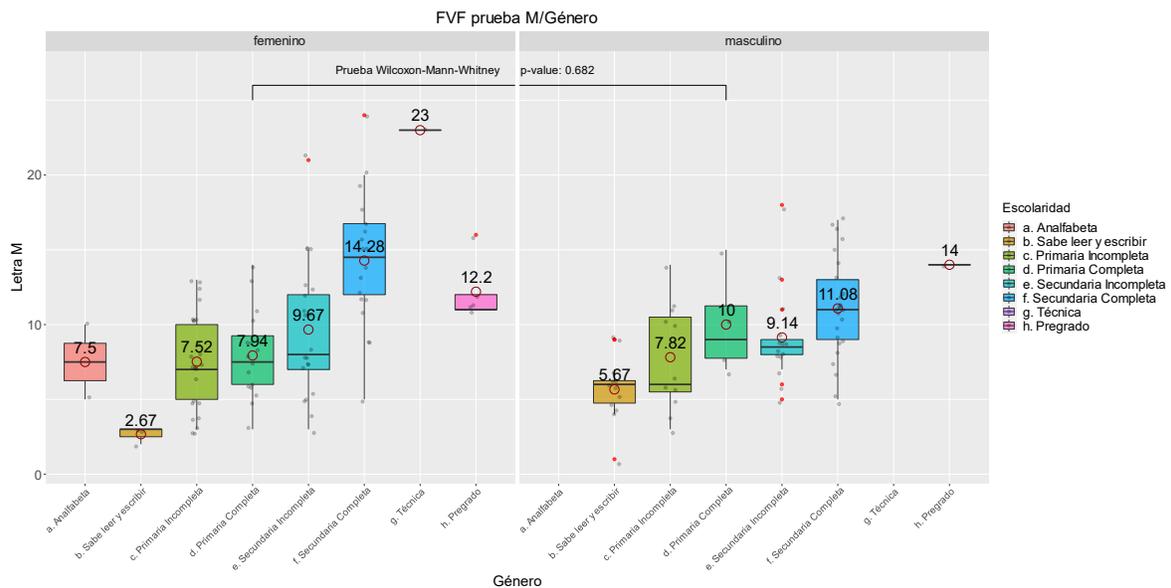


Elaborado por el autor

, se observa la distribución de la población según el sexo y la escolaridad para la prueba de FVf en el caso de la letra m. La prueba U-Mann-Whitney evidencia que no existe diferencia significativa entre el grupo de hombres y mujeres.

En todas las figuras para las pruebas de FVf se evidencia que entre más escolaridad tiene la persona, existe un mejor desempeño en la ejecución de dichas pruebas, esto se aprecia en las medias para cada grupo según su escolaridad y la tendencia presentada en las gráficas.

Figura 20. Prueba FVF para la letra M según escolaridad y género



Elaborado por el autor

Para esta base de datos también se realizaron pruebas de Kruskal – Wallis y de Wilconxon para el conjunto completo de datos según el nivel de escolaridad; dichas pruebas evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de menor escolaridad y mayor escolaridad para la mayoría de las pruebas de FV tanto en el componente semántico como fonológico. Por la extensión de las pruebas no se agregan en este apartado, sin embargo, dicho comportamiento se puede evidenciar en las figuras previas. Los resultados relacionados con estas pruebas se pueden verificar en el [Anexo 3](#).

Es de recordar que las personas que resolvieron las pruebas de FV para la conformación de ésta base de datos fueron tamizadas como sanas, en ese sentido es posible establecer los siguientes rangos de normalidad según los percentiles:



En la se muestran las nubes de palabras que exhiben las frecuencias para cada prueba de FVs. El tamaño de las palabras es proporcional al número de repeticiones de cada palabra al interior de la base de datos, indicando con ello que son las palabras de más fácil evocación para las personas evaluadas.

Adicionalmente, el conjunto de palabras que se obtuvo de la ejecución de estas pruebas fue sometido a un análisis de Pareto para determinar las palabras que según sus frecuencias representaran un 80% de la variabilidad. Este análisis se presenta en la siguiente tabla con las palabras para cada prueba y el número de repeticiones para cada una de ellas.

Tabla 7. Análisis de frecuencias para pruebas de FVS.

| Fluidez Verbal Semántica | | | | | |
|---------------------------------|------------|--------------------------|------------|-------------------------------|------------|
| Prueba FVS Animales | | Prueba FVS Frutas | | Prueba FVS Profesiones | |
| Palabras | Frecuencia | Palabras | Frecuencia | Palabras | Frecuencia |
| perro | 109 | naranja | 92 | medico | 73 |
| gato | 98 | pera | 79 | enfermera | 62 |
| vaca | 88 | mandarina | 77 | abogado | 59 |
| caballo | 78 | banano | 72 | ingeniero | 59 |
| tigre | 60 | manzana | 70 | profesor | 53 |
| león | 57 | mango | 65 | doctor | 31 |
| gallina | 56 | fresa | 62 | arquitecto | 29 |
| elefante | 47 | uva | 62 | secretaria | 29 |
| culebra | 42 | guayaba | 55 | zapatero | 29 |
| pájaro | 31 | piña | 53 | odontólogo | 28 |
| jirafa | 29 | lulo | 52 | conductor | 26 |
| loro | 27 | limón | 42 | psicólogo | 21 |
| ballena | 26 | papaya | 42 | Ama de casa | 19 |
| pez | 25 | mora | 37 | pintor | 16 |
| marrano | 47 | guanábana | 31 | vendedor | 16 |

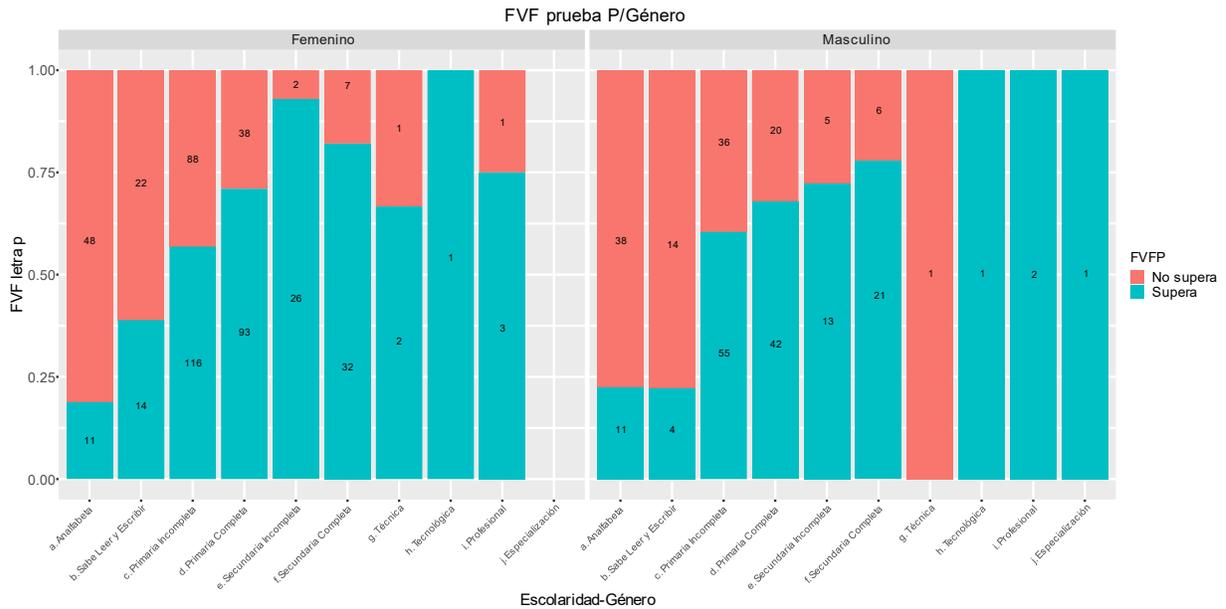
| | | | | | |
|-------------|----|----------|----|----------------|----|
| oveja | 24 | aguacate | 28 | policía | 15 |
| pollo | 23 | melón | 28 | agricultor | 14 |
| rinoceronte | 23 | maracuyá | 26 | albañil | 14 |
| lombriz | 22 | uchuva | 24 | constructor | 14 |
| oso | 21 | durazno | 22 | carpintero | 12 |
| paloma | 21 | zapote | 22 | mecánico | 12 |
| pato | 21 | sandía | 21 | sastre | 12 |
| toro | 21 | | | barrendero | 10 |
| burro | 19 | | | sacerdote | 10 |
| águila | 18 | | | panadero | 9 |
| sapo | 18 | | | celador | 8 |
| conejo | 17 | | | contador | 8 |
| hormiga | 16 | | | fisioterapeuta | 8 |
| avestruz | 15 | | | piloto | 8 |
| cocodrilo | 15 | | | vigilante | 8 |
| ratón | 15 | | | aviador | 7 |
| mico | 14 | | | electricista | 7 |
| tortuga | 14 | | | mensajero | 7 |
| araña | 13 | | | tendero | 7 |
| gallo | 13 | | | administrador | 6 |
| gusano | 13 | | | agrónomo | 6 |
| mariposa | 13 | | | aseador | 6 |
| pizco | 13 | | | bombero | 6 |
| serpiente | 13 | | | comerciante | 6 |
| ternero | 13 | | | ebanista | 6 |
| tiburón | 13 | | | futbolista | 6 |
| ardilla | 12 | | | oftalmólogo | 6 |
| cabra | 12 | | | portero | 6 |
| pulga | 12 | | | | |
| mula | 11 | | | | |
| rata | 11 | | | | |

Elaborada por el autor.

Las palabras presentadas en la Tabla 7 permiten establecer un banco de datos adaptado a la población manizaleña. Estas palabras pueden utilizarse para realizar intervenciones en FV que cumplan con el criterio de validez ecológica para la población.

En el caso de las pruebas de FVf no se realizó el análisis de Pareto, toda vez que para la ejecución de esta prueba las frecuencias por cada palabra fueron bajas y por ende la variabilidad implicaba la inclusión de muchas palabras para concentrar el 80%. No obstante, en la Figura 22 se muestran las nubes de palabras que evidencian las frecuencias para cada prueba de FVf y aquellas palabras que tienen mayor número de apariciones en las pruebas.

Figura 23. Prueba FVF letra p según género y escolaridad



Elaborada por el autor

En la Figura 23 se muestra el histograma para la prueba de FVF de la letra p. En esta gráfica también se evidencia un claro efecto de la escolaridad, en este sentido, se observa cómo entre más escolaridad tienen las personas, más fácil resulta superar las pruebas de fluidez verbal. Resalta el comportamiento de las personas con grado superior al universitario, que, si bien son pocas, en un alto porcentaje superan la ejecución de la prueba.

Tabla 8. Comportamiento pruebas de FVF letra p según clasificación para DC.

| Género | DC | FVFP | Frecuencias | Porcentaje |
|-----------|----------|-----------|-------------|------------|
| Femenino | Leve | No supera | 80 | 81.63% |
| | | Supera | 18 | 18.37% |
| | Moderado | No supera | 23 | 95.83% |
| | | Supera | 1 | 4.17% |
| | Severo | No supera | 2 | 100.00% |
| | Sano | No supera | 102 | 26.77% |
| Supera | | 279 | 73.23% | |
| Masculino | Leve | No supera | 36 | 83.72% |
| | | Supera | 7 | 16.28% |
| | Moderado | No supera | 9 | 100.00% |
| | Severo | No supera | 4 | 100.00% |
| | Sano | No supera | 71 | 33.18% |
| | | Supera | 143 | 66.82% |

Elaborada por el autor

En la Tabla 8, se presentan los resultados diferenciados por nivel de DC y género. Allí se evidencia que incluso en personas consideradas sanas existen altos porcentajes de personas

que no superan la prueba de FV, concretamente 26,77% de las mujeres y un 33,18% de los hombres. En los casos de DCL, el rendimiento entre hombres y mujeres es equivalente, sin embargo, se observa que los porcentajes de personas que no superan la prueba son superiores al 80%. En las personas con condiciones de DCM, en el caso de los hombres ninguno supera las pruebas y para las mujeres solo un pequeño grupo supera la prueba, ese grupo representa un 4,17%. De las personas consideradas con DCS, ninguna supera la prueba de FVf.

8.1.3 Base de datos Centros Vida La Isla y Caselata:

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la caracterización de la base de datos obtenida en los Centros Vida La Isla y Caselata. Estas pruebas fueron realizadas mediante un desarrollo de software que permitió la automatización del proceso de valoración. El software funciona con reconocimiento automatizado de voz, a medida que las personas resuelven las pruebas se van registrando las palabras dichas, se contabiliza el tiempo y finalmente se realiza un grafo que indica el desarrollo de la prueba. En todo momento se le recuerda a la persona la categoría o letra que debe resolver, luego las palabras dichas por la persona son almacenadas en la base de datos. La Figura 24 presenta imágenes del software donde se evidencia el funcionamiento.

Figura 24. Software automatizado para pruebas de FV



Elaborada por el autor

Tabla 9. Datos descriptivos base de datos FVS Centro Vida La Isla

| <i>Animales</i> | | <i>Frutas</i> | | <i>Profesiones</i> | |
|------------------------|-------|------------------------|------|------------------------|------|
| Media | 12,20 | Media | 9,98 | Media | 6,13 |
| Desviación estándar | 4,05 | Desviación estándar | 2,54 | Desviación estándar | 3,33 |
| Rango | 20 | Rango | 12 | Rango | 18 |
| Mínimo | 3 | Mínimo | 4 | Mínimo | 0 |
| Máximo | 23 | Máximo | 16 | Máximo | 18 |

Elaborada por el autor

En la

Tabla 9 se presentan los datos descriptivos para la base de datos del Centro vida la Isla en lo que respecta a las pruebas de FVs. En esta se aprecia que para la prueba de animales las personas dijeron en promedio $12,20 \pm 4,05$ palabras con un rango de 20 palabras. En lo que respecta a la prueba de Frutas las personas dijeron en promedio $9,98 \pm 2,54$ palabras con un rango de 12 palabras. Para el caso de la prueba de Profesiones las personas dijeron en promedio $6,13 \pm 3,33$ palabras con un rango de 18 palabras. El resultado anterior indica que en su orden es más fácil para las personas resolver las pruebas de Animales, Frutas y Profesiones. Estos datos, demuestran que para las personas valoradas en el Centro Vida hubo un rendimiento inferior de una palabra en comparación con las pruebas de la base de datos para baremación.

Tabla 10. Datos descriptivos base de datos FVF Centro Vida La Isla

| <i>Letra F</i> | <i>Letra A</i> | <i>Letra S</i> | <i>Letra M</i> |
|---------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Media | 7 | Media | 6,5 |
| Desviación estándar | 3,9 | Desviación estándar | 3,8 |
| Rango | 17 | Rango | 17 |
| Mínimo | 0 | Mínimo | 0 |
| Máximo | 17 | Máximo | 17 |

Elaborada por el autor

En la Tabla 10, se presentan los datos descriptivos para la base de datos de baremación en lo que respecta a las pruebas de Fluidez Verbal Fonológica. En cuanto a las pruebas de fluidez fonológica se aprecia que el rendimiento promedio es de $7 \pm 3,9$ palabras, $6,5 \pm 3,8$ palabras, $7,8 \pm 4,4$ palabras y $7,1 \pm 3,9$ palabras con rangos de 17, 17, 18 y 15 palabras para las pruebas de las letras f, a, s y m respectivamente. En este caso se evidencia un rendimiento menor en comparación con los rendimientos de la base de datos para baremación.

Tabla 11. Datos descriptivos base de datos FVS Centro Vida Caselata

| <i>Animales</i> | <i>Frutas</i> | <i>Profesiones</i> |
|---------------------|---------------|---------------------|
| Media | 13,2 | Media |
| Desviación estándar | 5,2 | Desviación estándar |
| Rango | 29 | Rango |
| Mínimo | 0 | Mínimo |
| Máximo | 29 | Máximo |

Elaborada por el autor

En la Tabla 11, se presentan los datos descriptivos para la base de datos del Centro vida la Isla en lo que respecta a las pruebas de Fluidez Verbal Semántica. En esta se aprecia que para la prueba de animales las personas dijeron en promedio $13,20 \pm 5,2$ palabras con un rango de 29 palabras. En lo que respecta a la prueba de Frutas las personas dijeron en promedio $11,1 \pm 3,4$ palabras con un rango de 17 palabras. Para el caso de la prueba de Profesiones las personas dijeron en promedio $6,6 \pm 3,8$ palabras con un rango de 16 palabras. El resultado anterior indica que en su orden es más fácil para las personas resolver las pruebas de Animales, Frutas y Profesiones. Estos datos, demuestran que para las personas valoradas en el Centro Vida Caselata hubo un rendimiento ligeramente superior en comparación con las pruebas de la base de datos para baremación.

Tabla 12. Datos descriptivos base de datos FVF Centro Vida Caselata

| <i>Letra F</i> | <i>Letra A</i> | <i>Letra S</i> | <i>Letra M</i> |
|---------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Media | 7,5 | Media | 6,5 |
| Desviación estándar | 4,7 | Media | 8,9 |
| Rango | 17 | Desviación estándar | 5,9 |
| Mínimo | 0 | Rango | 22 |
| Máximo | 17 | Mínimo | 0 |
| | | Máximo | 22 |

Elaborada por el autor

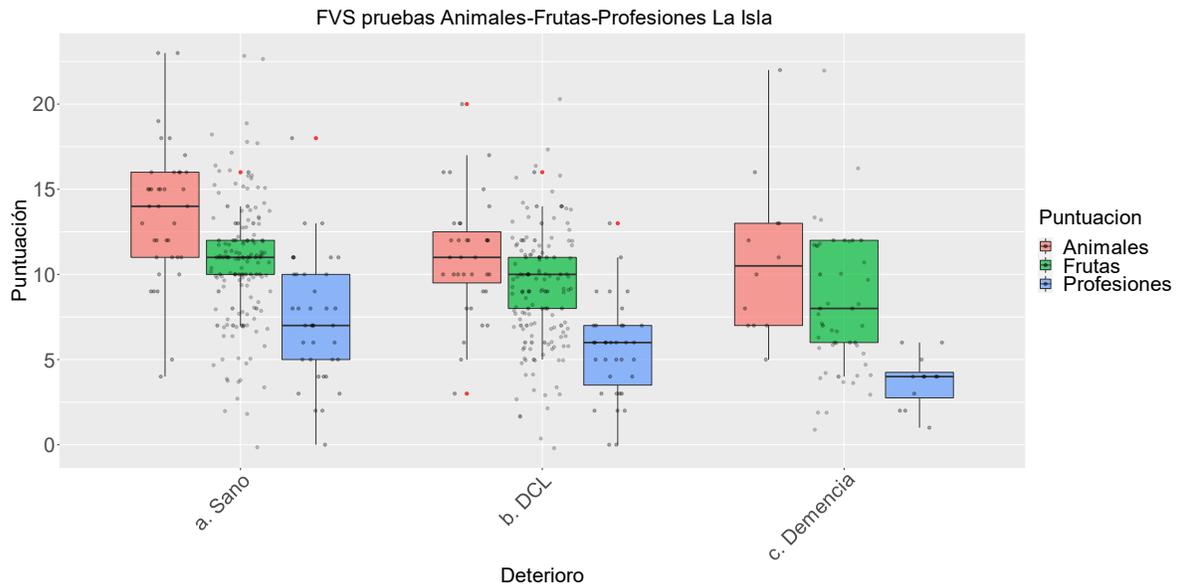
En la Tabla 12, se presentan los datos descriptivos para la base de datos de baremación en lo que respecta a las pruebas de Fluidez Verbal Fonológica. En cuanto a las pruebas de fluidez fonológica se aprecia que el rendimiento promedio es de $7,5 \pm 4,7$ palabras, $6,5 \pm 5,2$ palabras, $8,9 \pm 5,9$ palabras y $6,9 \pm 5,4$ palabras con rangos de 17, 19, 22 y 22 palabras para las pruebas de las letras f, a, s y m respectivamente. En este caso se evidencia un rendimiento inferior en comparación con los rendimientos de la base de datos para baremación.

No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre hombres y mujeres para ninguna de las pruebas de FV realizadas en los CV. En cuanto a la variable escolaridad tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas; debe aclararse que la mayor parte del grupo era de baja escolaridad, sólo una persona reporto tener un título profesional y los demás, a lo sumo, tenían un nivel de secundaria incompleta. En relación a

la variable Deterioro, tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, se aprecia un desempeño menor de las personas con mayor nivel de deterioro. Por esta razón, se presentan las gráficas, diferenciando la población en términos de la variable DC; en este caso cada individuo podía clasificarse como sano, DCL o Demencia, esto según su desempeño en las pruebas de tamización para DC.

En lo que respecta a las pruebas de FVs para el centro vida La Isla los resultados evidencian comportamientos similares para los tres grupos. Puede observarse en la Figura 25 que entre mayor sea el nivel de deterioro habrá una menor recursividad léxica; siendo las personas clasificadas con demencia quienes tienen menor desempeño. La gráfica también manifiesta que las personas resuelven con mayor facilidad la prueba de animales, luego la de frutas y finalmente la de profesiones.

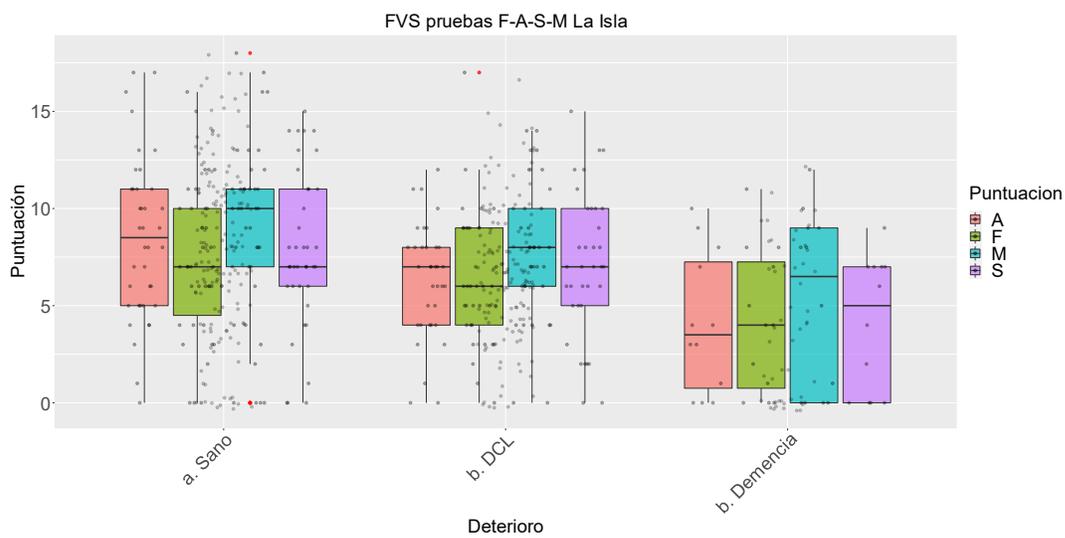
Figura 25. FVs pruebas Animales, Frutas y Profesiones Centro Vida La Isla



Elaborada por el autor

Para las pruebas de FVf los resultados también muestran comportamientos similares para los tres grupos. Pero, puede observarse que entre mayor sea el nivel de deterioro habrá un desempeño menor en las pruebas; puede destacarse el comportamiento del grupo de personas clasificadas con DCL como un grupo con un rendimiento intermedio entre el grupo de sanos y el grupo de personas consideradas con demencia, esto puede evidenciarse en la Figura 26.

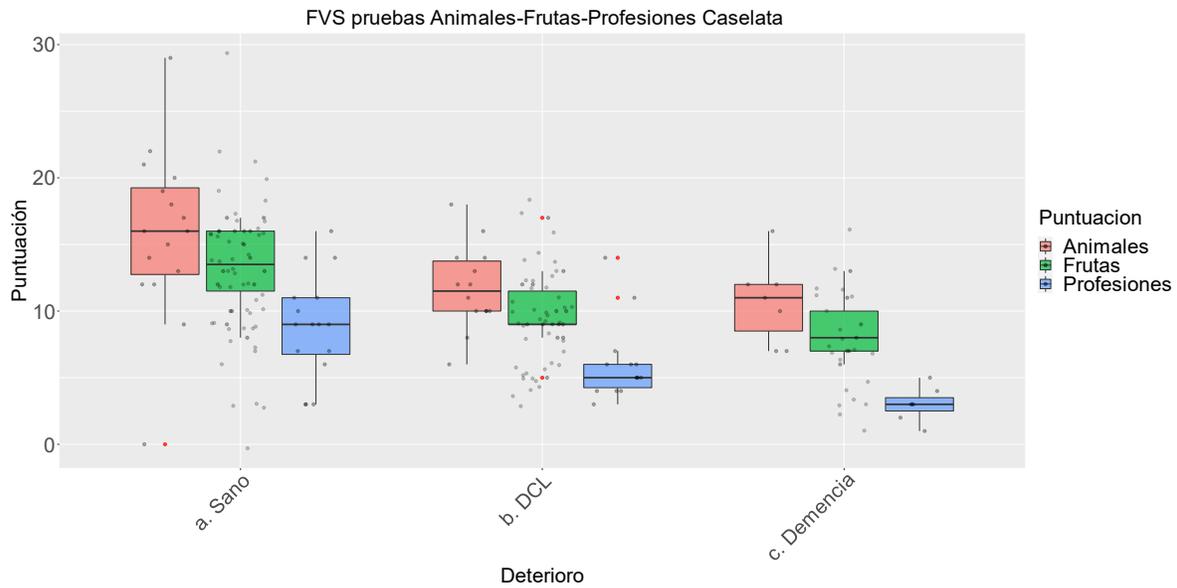
Figura 26. FVf pruebas F-A-S-M Centro Vida La Isla



Elaborada por el autor

Los resultados frente a las pruebas del Centro Vida Caselata muestran para el caso de la prueba de FVs, que en el caso de la categoría de Profesiones es posible diferencias cada uno de los tres grupos Sano, DCL y Demencia. Para las categorías de Animales y Frutas hay traslapes que impiden verificar una diferencia estadísticamente significativa, no obstante, se observa un rendimiento menor entre mayor sea el nivel de deterioro para los tres casos.

Figura 27. FVs pruebas Animales, Frutas y Profesiones Centro Vida Caselata

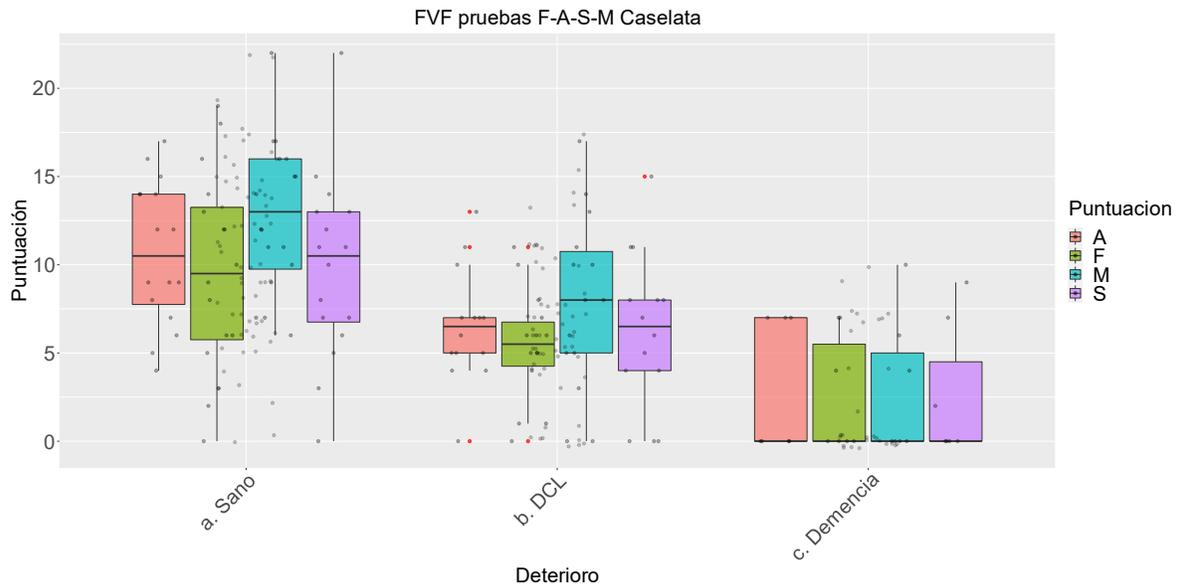


Elaborada por el autor

En el caso de la FVf en el centro vida de Caselata se evidencia el mismo comportamiento expresado previamente. Esto es, entre mayor nivel de deterioro menor desempeño en las pruebas de FV; esto es notable en la

Figura 28, donde, las personas con Demencia incluso tuvieron puntuaciones de 0 para las 4 pruebas de FVf.

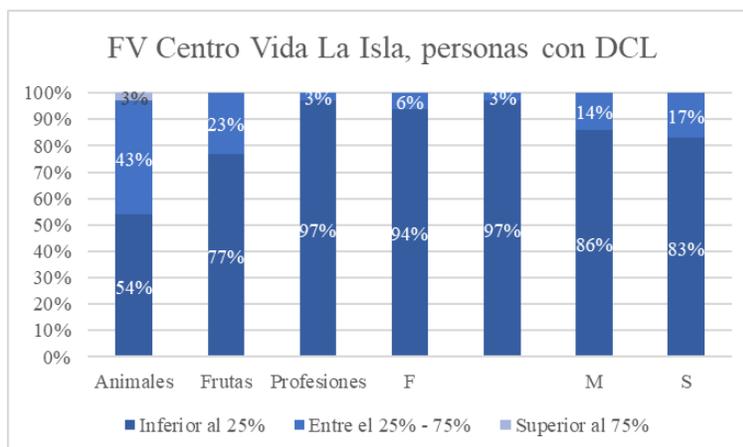
Figura 28. FVf pruebas F-A-S-M Centro Vida Caselata



Elaborada por el autor

A continuación, se presenta la distribución de la población para estas bases de datos en términos de los percentiles determinados para cada prueba; debe tenerse presente que el rango de normalidad está entre el 25% y el 75%. La utilidad de estas gráficas es evidenciar que para las condiciones sociodemográficas de las personas en los centros vida, de baja escolaridad, bajo nivel de ingresos económicos, que hacen parte del régimen subsidiado de seguridad social, entre otros, el rendimiento de las pruebas de FV un alto porcentaje se sitúa por debajo del nivel de normalidad. En el caso de personas con DCL la respuesta a estas pruebas es dramática, pues para todas las pruebas las personas se concentran en las banda de rendimiento inferior al normal por encima del 50%, incluso habiendo pruebas donde el 100% de las personas tuvieron un resultado por debajo de lo considerado normal.

La Figura 29 y la muestra el total de los datos recolectados en ambos Centros Vida.

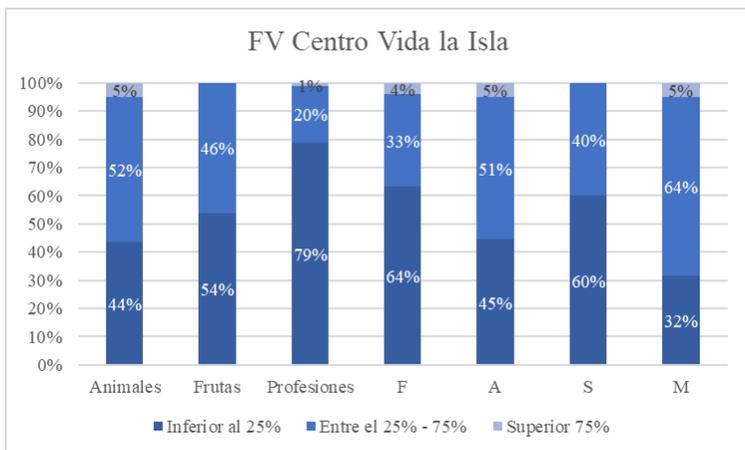


Mientras que para el caso de la

Elaborada por el autor

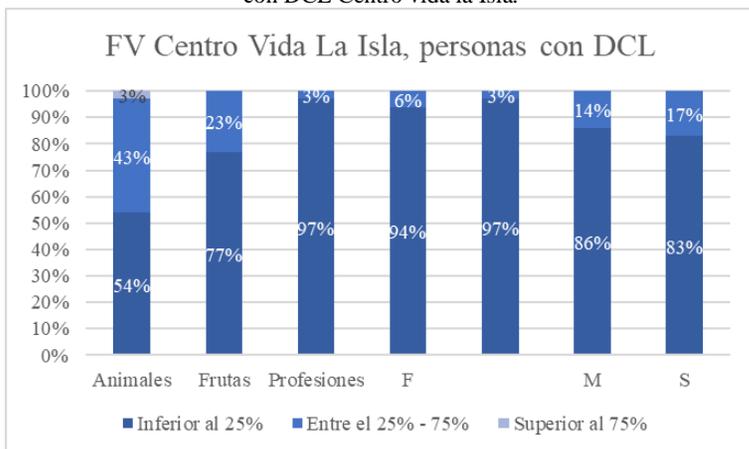
y aparece únicamente la información de las personas con DCL.

Figura 29. Organización de la base de datos según percentiles Centro vida la Isla.



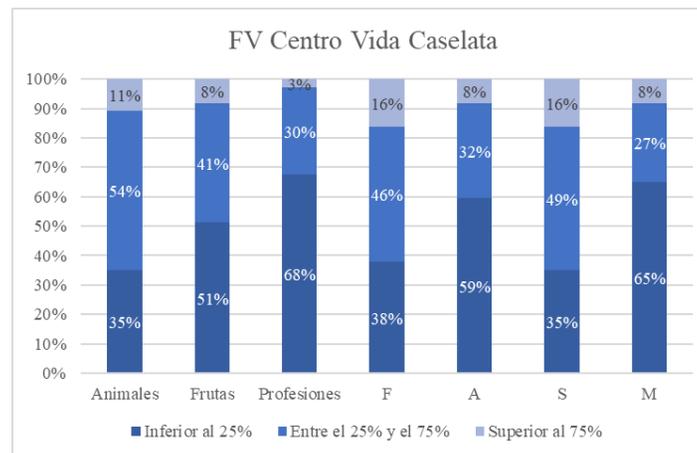
Elaborada por el autor

Figura 30. Organización de la base de datos según percentiles, personas tamizadas con DCL Centro vida la Isla.



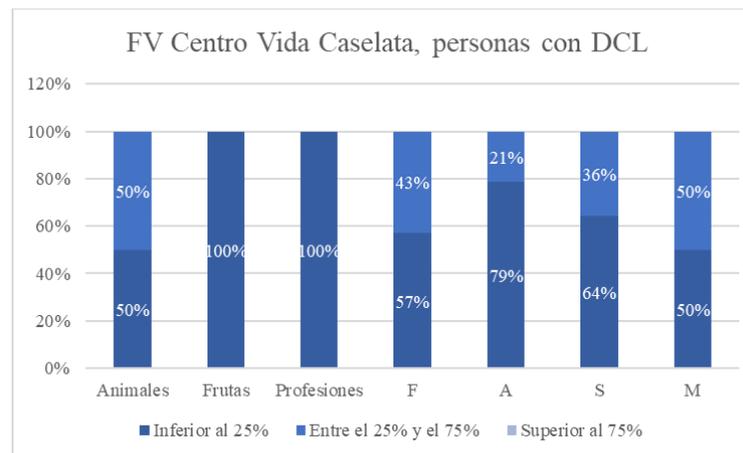
Elaborada por el autor

Figura 31. Organización de la base de datos según percentiles Centro Vida Caselata



Elaborada por el autor

Figura 32. Organización de la base de datos según percentiles, personas tamizadas con DCL Centro Vida Caselata



Elaborada por el autor

8.2 DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA ENTRENAR COGNITIVAMENTE A LOS SUJETOS PARTICIPANTES EN LA RESOLUCIÓN DE TAREAS DE FLUIDEZ VERBAL.

Para la construcción del SECC era necesario seleccionar una serie de entrenamientos cognitivos que se ajustaran a las necesidades de las personas con problemas de DC y que además evidenciaran deficiencias en FV. El procedimiento que se llevó a cabo fue indagar antecedentes en entrenamientos cognitivos, para ello se tuvo presente que los problemas de FV derivan de deficiencias en la memoria, las funciones ejecutivas y los procesos intermedios de recuperación de la información. Luego de hacer el rastreo de entrenamientos cognitivos, se seleccionaron aquellos que pudieran adaptarse a versiones computacionales, que pudieran manejarse mediante el sistema de reconocimiento automático del habla y que permitieran la incorporación en el SCA. De esta manera, se seleccionaron seis entrenamientos en total, dos relacionados al entrenamiento de la memoria (N-Back y Aprendizaje sin error), dos relacionados con funciones ejecutivas (Go Nogo y Stop Signal) y 2 relacionados con lenguaje (cancelación y categorización).

Para lograr lo anterior fue necesario relacionar los dos componentes de la FV, esto es, el componente semántico y el componente fonológico. A continuación se describe en detalle el procedimiento llevado a cabo.

8.2.1 Indagación de entrenamientos cognitivos tradicionales para personas con DCL

Se realizó una revisión de antecedentes para identificar la mayor cantidad de estrategias de entrenamiento que se pudieran llevar a cabo para estimular cognitivamente a las personas con DCL.

Como se puede evidenciar existe un número grande de tareas cognitivas que se utilizan para el entrenamiento de las funciones cognitivas en las personas con DCL. La siguiente tabla resume las tareas cognitivas que se encontraron y además su categorización según los dominios cognitivos asociados con la FV.

Tabla 13. Tareas cognitivas utilizadas en entrenamientos cognitivos

| Dominio Cognitivo | Función Cognitiva | Entrenamiento convencional |
|--------------------------|-------------------------------------|---|
| Memoria | | Nemotecnia |
| | | Aprendizaje sin error |
| | | Memorización de espacios |
| | | Mapas mentales |
| | | Organización y procesamiento semántico |
| | | Método <i>Locci</i> |
| Funciones Ejecutivas | Memoria de trabajo | Entrenamiento en memoria de trabajo con lapsos simples |
| | | Entrenamiento en memoria de trabajo con lapsos complejos |
| | | Entrenamiento de memoria <i>N-Back</i> |
| | Entrenamiento en control atencional | Entrenamiento híbrido en doble tarea |
| | Entrenamiento multitarea | Tareas de prioridad variable |
| | Entrenamiento de cambio de tarea | |
| | Entrenamiento en inhibición | <i>GoNogo</i> |
| | | <i>Stop Signal</i> |
| <i>Flanker</i> | | |
| Lenguaje | | Técnica de categorización |
| | | Técnica de crear una nueva palabra |
| | | Técnica de estimulación de la escritura y la lectura imagen-palabra |
| | | Denominación |
| | | Formación de palabras de series de letras <i>Word formation from series of letters</i> |
| | | Narración o interpretación de lo que sucede en imágenes |
| | | Construcción de historias |

Elaborada por el autor

En la Tabla 13 se muestra el compendio de tareas cognitivas encontradas en el estado del arte utilizadas para el entrenamiento de las funciones cognitivas relacionadas con la fluidez verbal. Estas tareas habitualmente se realizan mediante medios tradicionales, esto es, mediante uso de lápiz o papel, o trabajos en consulta neuropsicológica. A continuación, se describen las tareas cognitivas seleccionadas.

8.2.2 Filtrado de tareas cognitivas en relación con la FV

En total fueron seleccionadas seis tareas cognitivas, dos por cada dominio cognitivo relacionado a la FV, dos orientadas a la memoria (Aprendizaje sin error, *N-Back*), dos orientadas a la función ejecutiva (*Go-no go*, *Stop Signal*), y dos orientadas al lenguaje (Cancelación, Categorización)¹⁰.

8.2.2.1 Entrenamientos relacionados con la memoria:

Aprendizaje sin error:

La intervención de personas con Deterioro cognitivo, enfocado en minimizar la probabilidad de equivocarse durante la adquisición de un nuevo aprendizaje, es a lo que se le denomina la técnica del aprendizaje sin error (Terrace, 1963). Para ello, se selecciona la conducta que se desea implementar, seguidamente, se dará a conocer los pasos sin insistir a que el participante deduzca o infiera lo que debe hacer, por el contrario, se otorga la respuesta que se desea implementar. Finalmente, si a lo largo de la fase de codificación se evidencia un error por parte del participante, se debe corregir inmediatamente, haciendo énfasis en la conducta deseada como la única respuesta posible, a su vez que se resta importancia a la respuesta dada por el sujeto. Esta técnica resulta útil en el entrenamiento de la memoria, particularmente con población de deterioro cognitivo y Demencia (Arroyo-Anlló, Díaz-Marta, & Chamorro Sánchez, 2012) debido a que la degradación de las huellas de memoria típicas de estas patologías, impiden que la persona genere aprendizaje por ensayo y error, resultado una estrategia práctica minimizar el margen de errores posibles de un aprendizaje (Wilson, Gracey, Evans, & Bateman, 2009). En este trabajo, se presentan imágenes asociadas a una categoría en especial, se le pide al usuario que indique el nombre de la imagen y si se equivoca se corrige de forma inmediata mediante un comando de voz.

N-Back

La tarea consiste en mostrar una secuencia de estímulos (visuales o auditivos) en la cual se deberá identificar la coincidencia con el patrón “N” mostrado anteriormente. La presentación de la actividad es digital y está diseñada bajo el formato de rejillas, para lo cual se debe indicar si el estímulo se presentó en la misma posición en la cual se encontraba

¹⁰ Estas tareas también se utilizan habitualmente para el entrenamiento de la función ejecutiva.

N pasos antes. N- Back se origina en los estudios realizado por Kirchner (1958), mostrando sensibilidad ante las funciones ejecutivas, debido a la necesidad de los sujetos, de manipular la información mentalmente (Gajewski, Hanisch, Falkenstein, Thönes, & Wascher, 2018). De esta forma el desafío de los sujetos es hacer uso de los sistemas ejecutivo central y agenda visoespacial, volviendo a esta actividad un ejercicio destinado a la estimulación de la memoria de trabajo y la atención. La implementación de esta tarea, en el marco del presente trabajo, consistió en la presentación de imágenes de diferentes categorías y se le solicitó al usuario que determinara si la imagen actual coincidía o no en categoría con la N imagen anterior.

8.2.2.2 Entrenamientos cognitivos relacionados con la función ejecutiva:

Go-no go

El entrenamiento *Go-no go*, se concibe como una variedad de tareas que estimulan el control inhibitorio motor y cognitivo (Ramos-Galarza, Jadán-Guerrero, Ramos, Bolaños, & Ramos, 2017). Siendo apropiado su uso en el contexto de evaluación y tratamiento en el deterioro de las funciones ejecutivas y la conducta. Cuando de intervención se trata, las tareas bajo la metodología *Go-no go*, enseñan a los sujetos a restringir un comportamiento altamente automatizado, frente a una situación específica. En ese orden, la evidencia de errores en el desempeño de este tipo de tareas, sugiere la presencia de dificultades en la regulación del impulso, control atencional y la capacidad de flexibilidad de pensamiento; funciones típicamente afectadas en presencia de desórdenes frontales (Wilson, Gracey, Evans, & Bateman, 2009). En lo que respecta a este estudio, se solicita a la persona que identifique, entre un conjunto aleatorio de imágenes, únicamente aquellas que coincidan con una categoría solicitada.

Stop signal

El *Stop signal*, es un método utilizado para medir la capacidad de inhibición sobre respuestas predominantes (Logan, Schachar, & Tannock, 1997). Esta tarea, busca que los participantes reaccionen a determinado estímulo en el menor tiempo posible buscando 2 tipos de conductas; en la primera que los sujetos realicen una respuesta específica ante un estímulo, y en un segundo momento, se busca que inhiban la conducta ya iniciada, en

presencia de condiciones específicas. Su metodología consiste en una primera fase de preparación en la cual los sujetos seleccionan activamente el estímulo predeterminado, para posteriormente evitar dicha conducta cuando aparece un *stop signal* (Verbruggen, Logan, & Stevens, 2008). La presentación simultánea de estos 2 componentes de la tarea, la vuelven ideal para el entrenamiento de diferentes niveles atencionales, velocidad de procesamiento y funcionamiento ejecutivo. La *stop signal*, comúnmente corresponde con un estímulo de un canal perceptivo diferente al de la tarea principal. En el caso concreto de este trabajo, la persona debe seleccionar las imágenes que corresponden a una categoría en particular, de entre un conjunto de imágenes aleatorias, pero, debe evitar seleccionar dicha imagen, cuando previo a su aparición se haya presentado un sonido.

8.2.2.3 Entrenamientos relacionados con el lenguaje:

Cancelación:

Las tareas de cancelación son probablemente las más utilizadas dentro de los programas de intervención cognitivos; además de un clásico en la evaluación de los procesos atencionales (Lasprilla, 2006). Su aplicación consiste en solicitar a los participantes que tachen, marquen o encierren determinado estímulo seleccionado previamente por el profesional. Su aplicación suele ser ejecutada a contratiempo, para intervenir paralelamente la velocidad de procesamiento de la información visual. Los ejercicios de cancelación permiten reforzar los diferentes niveles atencionales, siendo útiles para el entrenamiento de la atención sostenida, selectiva y en los casos más complejos, permiten incrementar la capacidad para la atención dividida y alternante. En el presente estudio se incluyó esta tarea desde su enfoque semántico, toda vez que, con la adaptación computacional, el usuario debe cancelar únicamente las imágenes correspondientes con una categoría, de entre una serie de estímulos de diferentes categorías. En esta tarea se presentan imágenes de diferentes categorías en una diferente rejilla, por esta razón se espera que el usuario pueda entrenar su sistema semántico mientras cancela las imágenes solicitadas.

Categorización:

Como el nombre lo dice, facilita a los sujetos el entrenamiento de las funciones ejecutivas, el lenguaje y la memoria a partir de estrategias de categorización, es decir, clasificación o

generación de patrones, que permitan al participante sintetizar la información que necesita ser aprendida y organizada. Las tareas de categorización incluyen ejercicios que van desde lo general a lo particular, entrenando a los sujetos en la identificación de las categorías supraordinadas, que constituyen el nivel más alto de la categoría (ej.: animales) y aquellas subordinadas, que serían las sub clasificaciones de una categoría subordinadas (ej.: mamíferos, felinos, etc.), para poder agrupar aquella primera categoría básica (ej.: león) (Diéguez-Vide & Peña-Casanova, 2012). El fin último de esta técnica, es entregar a los sujetos estrategias para facilitar la evocación de la información, por presentar un almacenamiento basado en asociaciones. La implementación computacional consistió en presentar imágenes de diferentes categorías en forma aleatoria y solicitar al usuario que identificara la categoría de cada imagen.

8.2.3 Propuesta tradicional de entrenamientos filtrados - fase previa de prueba de entrenamientos

Después de seleccionados los entrenamientos y previo a su implementación computacional, se probó la eficacia de los mismos en el entrenamiento de la FV de personas con DCL. A esta etapa se le denominó “fase previa”. En esta fase se incluyeron 12 personas mayores del centro vida la Isla quienes estuvieron desarrollando una intervención con una duración de dos meses, con dos sesiones semanales y una intensidad de media hora. En cada una de las sesiones las personas entrenaban su FV mediante los entrenamientos cognitivos seleccionados. Para llevar a cabo los entrenamientos se prepararon tres mazos de cartas con imágenes. Las imágenes incluidas en los mazos fueron seleccionadas conforme al análisis de Pareto implementado sobre las palabras recolectadas en la base de datos de baremación. Las palabras seleccionadas corresponden con las más frecuentes para la población manizaleña de personas mayores en las categorías de animales, frutas y profesiones.

Figura 33. Ejemplos de fichas para entrenamientos de FV mediante las seis tareas cognitivas seleccionadas



Elaborada por el autor

En la Figura 33 se muestran ejemplos de las fichas implementadas para los entrenamientos según su mazo. Las imágenes seleccionadas fueron extraídas de internet considerando que tuvieran licencia tipo *Creative Commons* y que se pudieran reutilizar. El conjunto completo de fichas se encuentra en el [Anexo 3](#)

Procedimiento de Evaluación cognitiva para la caracterización de la FV:

Para verificar que el entrenamiento tradicional fuera efectivo se realizó una valoración de la FV antes y después de la fase previa. Para realizar esta valoración se aplicó el protocolo compuesto por los test presentados en el [Anexo 2](#) y sus respectivas correcciones en términos de escolaridad y sexo.

La Figura 35 muestra los resultados para la prueba de FVs tanto pre y post a la fase previa y la Figura 37 muestra los resultados para la prueba de FVf previo y posterior a la fase previa. Si bien las pruebas de significancia estadística evidencian cambios significativos únicamente para la prueba de profesiones, ambas figuras evidencian mejoría para la mayoría de las pruebas, es decir, las personas pudieron decir más palabras luego de la realización de los entrenamientos en esta fase previa; este resultado se puede observar en los percentiles en los que se distribuye la población, allí se aprecia que en ambos tipos de prueba la población se distribuye de mejor manera en los percentiles tanto en el caso semántico como fonológico.

En la Figura 34 aparecen algunas de las personas que fueron intervenidas desarrollando la intervención con los seis entrenamientos seleccionados.

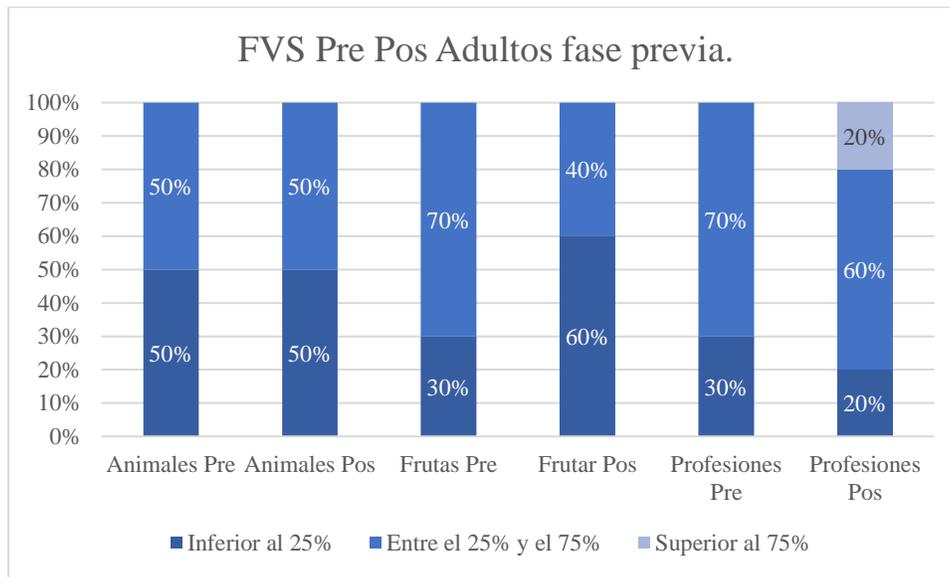
Figura 34. Personas mayores Centro Vida la Isla desarrollando entrenamiento cognitivo en FV, tradicional



Elaborada por el autor

Figura 35. Resultados pruebas de FVS pre y post fase previa

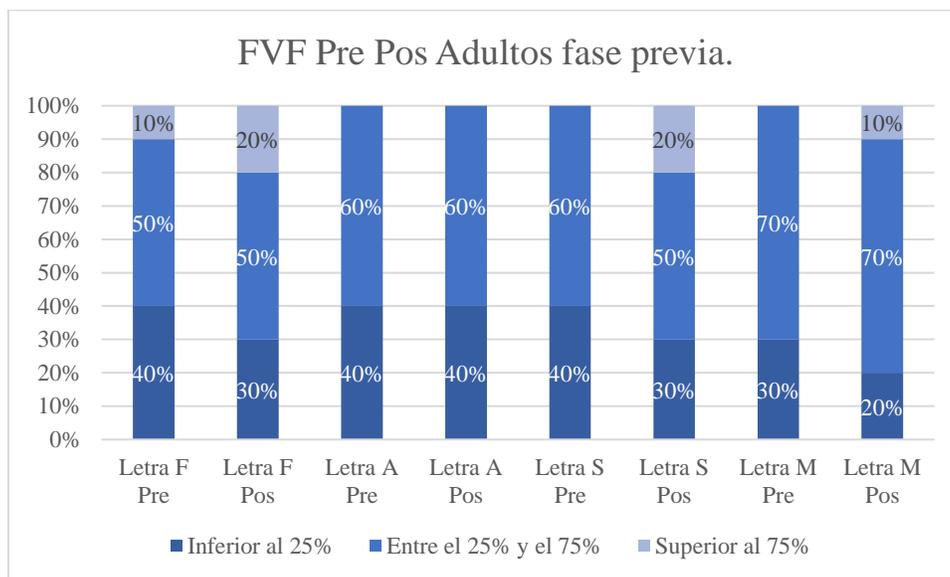
Figura 36. Resultados pruebas de FVS pre y post fase previa



Elaborada por el autor

Para pruebas como la de profesiones, letra S y letra M incluso hubo personas que lograron obtener resultados por encima del rango normal.

Figura 37. Resultados pruebas de FVF pre y post fase previa



Elaborada por el autor

Estos resultados demuestran que los entrenamientos seleccionados cumplen con el objetivo de estimular la FV de las personas. En otras palabras, el entrenamiento de los dominios

cognitivos de memoria, función ejecutiva y el entrenamiento de las funciones asociadas a la recuperación de la información es efectivo como herramienta para atacar las deficiencias en FV de las personas mayores.

8.2.4 Propuesta de implementación computacional de los entrenamientos

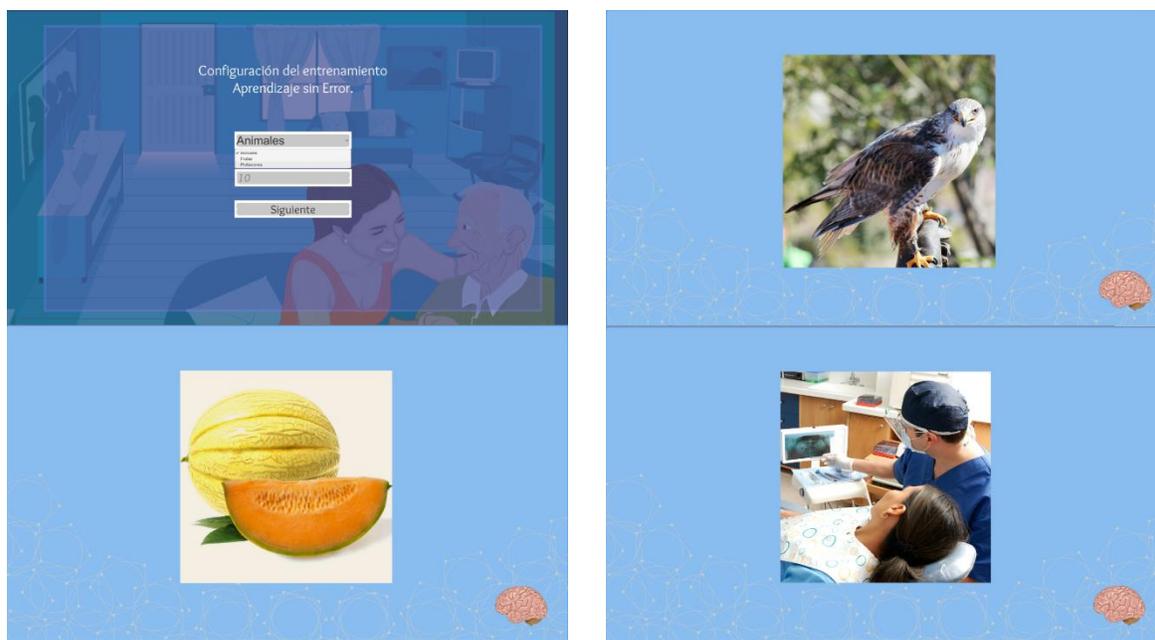
Luego de la fase previa, en la que se probó de forma tradicional el uso de las tareas cognitivas seleccionadas para el entrenamiento de la fluidez verbal, se procedió a proponer versiones computacionales de cada tarea. A continuación, se presentarán las tareas con su adaptación computacional:

8.2.4.1 Memoria:

Aprendizaje sin error:

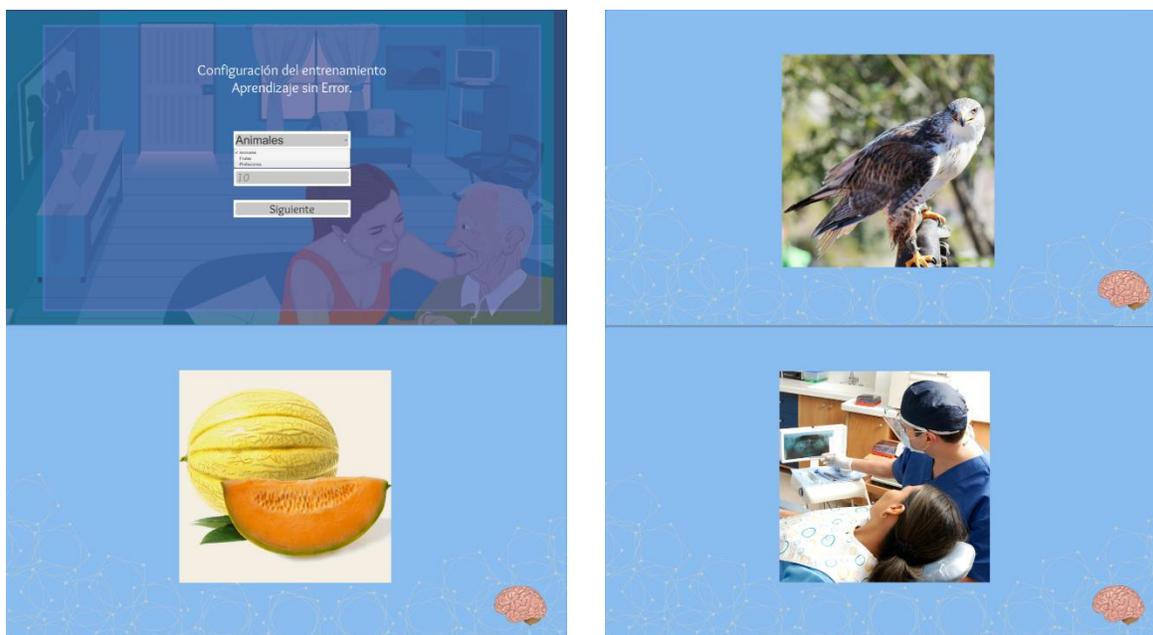
Como se describió previamente, en este tipo de tareas se persigue que la persona entrenada “aprenda sin errores”, es decir que sepa reconocer los estímulos sin cometer error, si se equivoca debe corregirse para que corrija su error. En la implementación computacional propuesta se presentan imágenes de tres categorías (animales, frutas y profesiones). Este entrenamiento cuenta con un menú en el que se puede seleccionar la categoría y la cantidad de estímulos que se desean presentar.

Figura 38. Versión computacional, entrenamiento ASE para fluidez verbal.



Elaborada por el autor

La persona entrenada deberá decir el nombre del estímulo presentado (en los ejemplos: águila, melón, odontólogo), el sistema reconoce la palabra a manera de comando y determina si lo expresado por la persona corresponde con un acierto o un error. En el caso de tratarse de un acierto se produce una respuesta mediante síntesis de voz donde se felicita al entrenado. Si se trata de un error, se le indica al entrenado, mediante síntesis de voz, el nombre adecuado del estímulo; este estímulo, permanece en pantalla incluso hasta en tres errores consecutivos, sólo hasta este intento el estímulo cambia al siguiente. En la



se presenta la implementación computacional de la tarea de ASE enfocada al entrenamiento de la memoria en la FV.

N-Back:

Para esta tarea cognitiva, se presenta una secuencia de estímulos (visuales o auditivos) en la cual se deberá identificar la coincidencia con el patrón “N” mostrado anteriormente. Para la versión computacional del entrenamiento de FV, se presentan imágenes intercaladas de las diferentes categorías incluidas, luego, se le pide al entrenado que determine si la imagen que está viendo actualmente coincide en categoría con la N imagen anterior. Cuando las categorías de las imágenes comparadas coinciden, el entrenado debe decir la palabra “igual”, en caso contrario debe guardar silencio. El sistema identifica si la persona realizó un acierto o un error, en el caso de acierto expresa una frase de felicitaciones, en caso contrario le pide a la persona que se concentre tanto cuando el error es debido a que

identifica como iguales dos imágenes de categorías diferentes, como cuando no identifica la igualdad de imágenes con la misma categoría; luego de este mensaje continua con el proceso de presentación de estímulos.

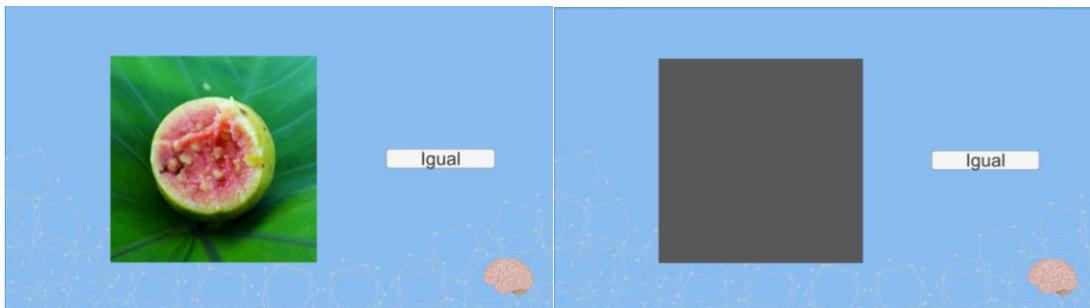
Figura 39. Menú de configuración tarea N-Back



Elaborada por el autor

Para este entrenamiento se cuenta con un menú que permite configurar las variables de: número de estímulos, tiempo de cada estímulo, tiempo entre estímulos y el porcentaje de aleatoriedad para el cambio de categorías de los estímulos.

Figura 40. Implementación computacional entrenamiento N-Back, estímulo y recuadro gris entre estímulo



Elaborada por el autor

Como se aprecia en la Figura 40 para este entrenamiento se presenta un recuadro gris entre la presentación de cada estímulo.

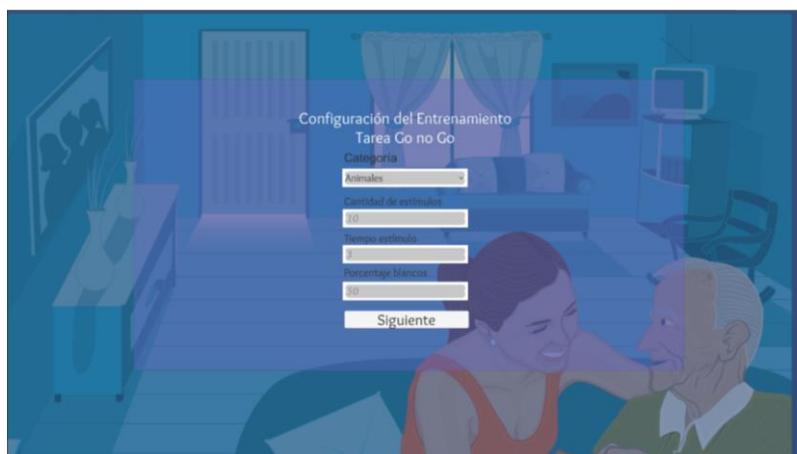
8.2.4.2 Función ejecutiva:

Go-noGo:

En esta tarea cognitiva se busca que la persona entrenada sea capaz de distinguir entre estímulos frecuentes y estímulos infrecuentes, buscando restringir con ello comportamientos altamente automatizados. En el entrenamiento de FV se le pide al entrenado que tenga presente una categoría clave y que determine si el estímulo que está visualizando es igual a la categoría clave, caso en el cual debe responder con la palabra igual, en caso contrario el entrenado debe guardar silencio. Para este entrenamiento se usaron imágenes de las tres categorías y las mismas se presentan de forma aleatoria. El sistema determina si la respuesta del entrenado coincide con un acierto o un error, en caso de tratarse de un acierto el sistema felicita a la persona mediante comando de voz, en caso contrario le pide que se concentre en la tarea que está realizando.

En el caso de este entrenamiento se cuenta con un menú que permite seleccionar la categoría clave, la cantidad de estímulos, el tiempo que permanece en pantalla el estímulo y el porcentaje de estímulos frecuentes (categoría clave) que se van a presentar; los estímulos infrecuentes corresponderán con imágenes de las otras dos categorías.

Figura 41. Menú de configuración tarea Go-noGo



Elaborada por el autor

Figura 42. Implementación computacional entrenamiento Go-NoGo



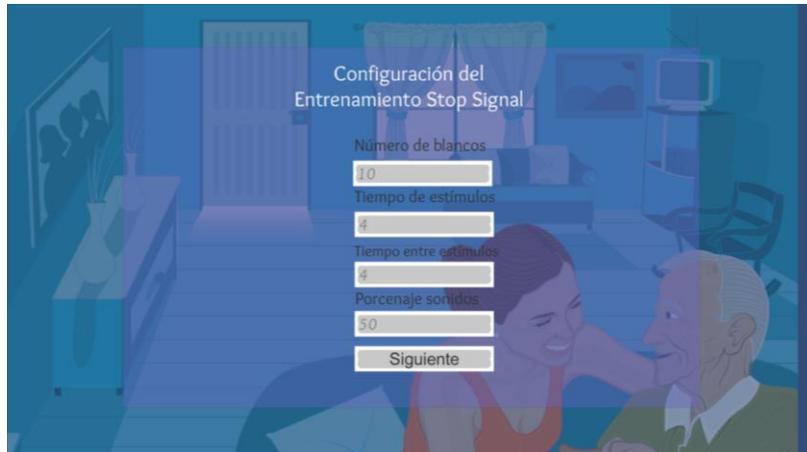
Elaborada por el autor

En la Figura 42 se aprecia la implementación computacional para el entrenamiento Go-noGo y su enfoque de FV. En esta imagen se aprecia la presentación de un estímulo frecuente (izquierda) y un estímulo infrecuente (derecha), también se puede apreciar que siempre aparece en pantalla el nombre de la categoría clave. Debe tenerse en cuenta que en este entrenamiento pueden obtenerse tres posibles resultados: acierto, error cuando el estímulo no corresponde con la categoría clave y error cuando coincidiendo el estímulo con la categoría clave la persona no otorga respuesta.

Stop Signal:

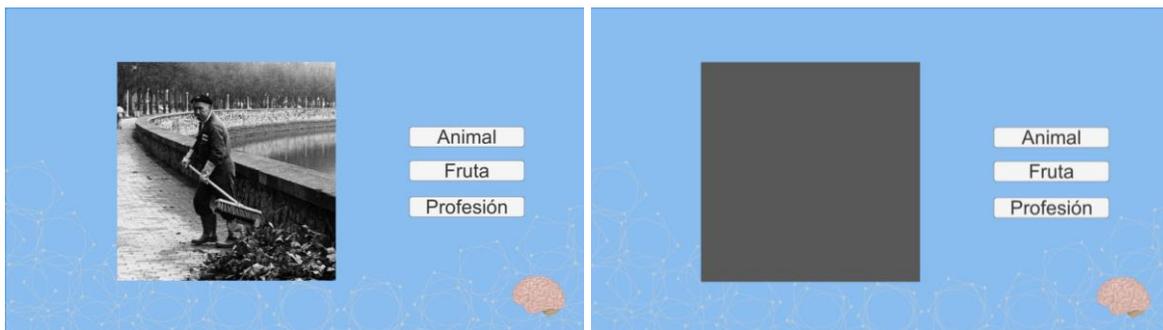
En esta tarea se busca que la persona entrenada sea capaz de inhibir la aparición de un estímulo *stop signal* que suele ser de otro canal sensorial como puede ser el auditivo. En la adaptación para el entrenamiento de FV se presentan imágenes de las tres categorías, entre cada estímulo se presenta una imagen gris, en el tiempo que aparece esta imagen gris puede o no, aparecer la *stop signal*. El entrenado debe decir el nombre de la categoría a la que corresponde la imagen, pero debe inhibir su respuesta si previo a la aparición del estímulo, es decir, mientras se presenta el recuadro gris, suena la señal. Para este entrenamiento se cuenta con un menú que permite configurar la cantidad de estímulos que se quieren presentar, el tiempo que permanece un estímulo en pantalla, el tiempo entre estímulos (recuadro gris) y el porcentaje de aleatoriedad para la aparición de los sonidos Figura 43.

Figura 43. Menú de configuración tarea stop signal.



Elaborada por el autor

Figura 44. Implementación computacional entrenamiento stop signal



Elaborada por el autor

En la Figura 44 se evidencia la implementación de la tarea *stop signal* para el entrenamiento de la fluidez verbal. Para este entrenamiento el sistema reconocerá aciertos en los momentos en que el entrenado diga la categoría de la imagen sin que previamente haya aparecido una *stop signal*, reconocerá errores en los casos que diga una categoría errada, diga la categoría adecuada pero luego de una *stop signal*, diga una respuesta errada después de una *stop signal* o en el caso que la persona guarde silencio.

8.2.4.3 Lenguaje:

Cancelación:

Como ya se expresó en las tareas de este tipo se le muestran a la persona diferentes estímulos al tiempo y se le pide que seleccione entre ellos los que corresponden con una característica en particular; un ejemplo de ello es mostrar varios números al tiempo y solicitar que se

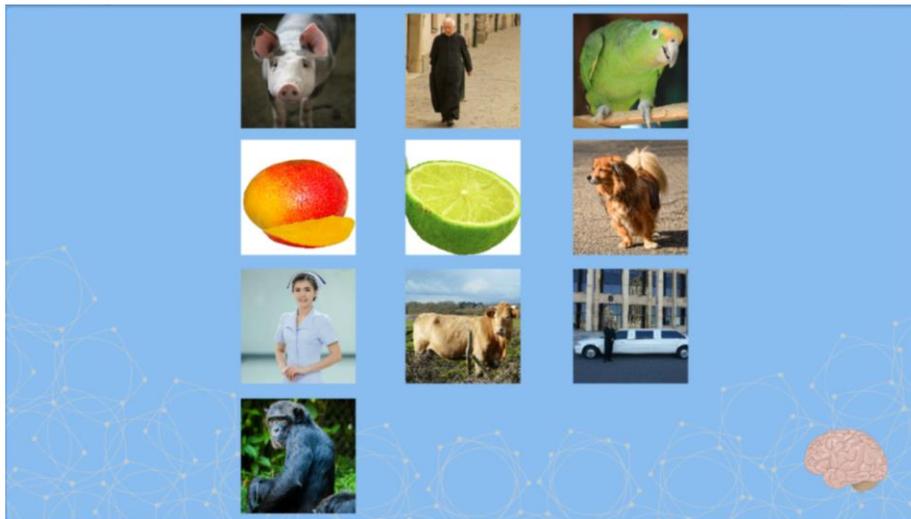
“cancelen” únicamente los pares. Para la implementación computacional se disponen entre 2 y 20 imágenes de las tres categorías y se le solicita a la persona que diga las que corresponden a una sola categoría. Para este entrenamiento se cuenta con el menú presentado en la Figura 45, para este entrenamiento se pueden configurar la categoría, el número de blancos y el número de distractores.

Figura 45. Menú de configuración tarea Cancelación



Elaborada por el autor

Figura 46. Implementación computacional entrenamiento Cancelación



Elaborada por el autor

En la Figura 46 se observa el entrenamiento de cancelación implementado. En este caso se le pidió a la persona identificar a los animales, con cinco blancos y cinco distractores. Para este entrenamiento se cuenta un acierto por cada nombre que diga la persona que

corresponda con la categoría solicitada de entre las imágenes mostradas. Se cuentan errores cuando la persona dice el nombre de una imagen que no corresponde con la categoría solicitada o cuando dice el nombre de imágenes que no están en pantalla. Nuevamente se brindan realimentaciones positivas en el caso de felicitaciones y en el caso de los errores se alienta al entrenado a prestar atención.

Categorización:

En este caso el entrenado debe responder la categoría a la que corresponde el estímulo categorizándolo según sea animal, fruta o profesión. Este entrenamiento permite entrenar la memoria semántica, el lenguaje, la atención y la inhibición. En la adaptación computacional se presentan imágenes en orden aleatorio de las tres categorías, la persona entrenada debe decir el nombre de la categoría de la imagen que hay en pantalla. Para este entrenamiento se cuenta con el menú presentado en la figura X que permite configurar la cantidad de estímulos que se van a presentar.

Figura 47. Menú de configuración tarea Categorización



Elaborada por el autor

Figura 48. Implementación computacional entrenamiento Categorización.



Elaborada por el autor

En el caso de este entrenamiento se cuentan aciertos cuando la persona dice el nombre de la categoría de la imagen, el sistema felicita a la persona mediante síntesis de voz. Se cuentan errores cuando la persona dice una categoría que no corresponde con la de la imagen, en este caso se estimula al entrenado mediante un comando de voz para que se concentre en la tarea.

8.3 INCORPORAR ALGORITMOS EN EL SISTEMA COMPUTACIONAL QUE DEN CUENTA DE LOS COMPONENTES DE ACCIÓN, PERCEPCIÓN, AUTONOMÍA Y ANTICIPACIÓN PROPIOS DE UN SISTEMA COGNITIVO ARTIFICIAL PARA EL ENTRENAMIENTO COGNITIVO

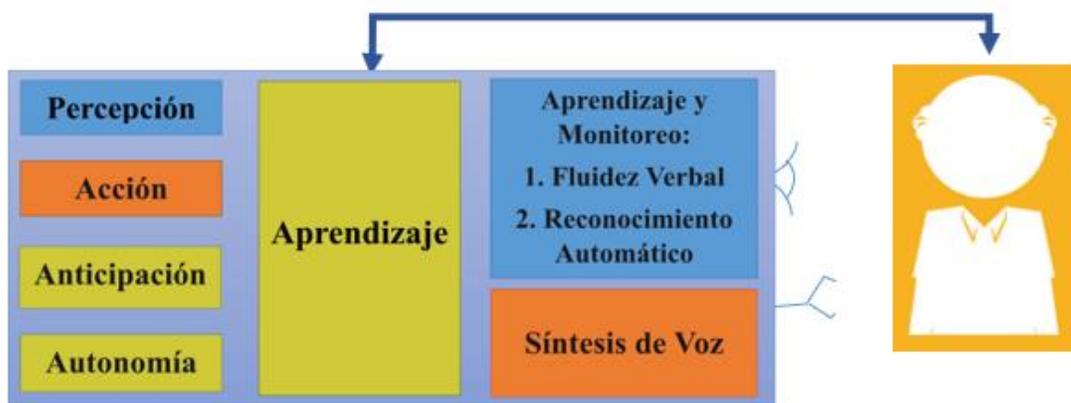
Como se expresó en la metodología para la obtención de la herramienta computacional se siguió la metodología de prototipos evolutivos. El sistema implementado se construyó bajo tres iteraciones. En la primera iteración se construyó la propuesta computacional de cada uno de los entrenamientos. En la segunda iteración, se incorporaron los elementos de configuración de cada entrenamiento, se integraron en el primer prototipo del SCA, incluyendo los elementos de percepción, acción y el algoritmo de IA encargado de identificar el progreso en el reconocimiento de las palabras por parte de los entrenados. Finalmente, en la tercera iteración se completaron los algoritmos de IA, se construyeron las interacciones entre los subsistemas, para completar el segundo prototipo del SCA.

Luego de completar las tres iteraciones se obtuvo un sistema que reproduce capacidades cognitivas como son la percepción, la acción, la anticipación, la autonomía y el aprendizaje.

El primer aspecto, la percepción, se trabajó desde el enfoque de las Interfaces Humano Computador (IHC) en lo que respecta al reconocimiento automatizado del habla y el reconocimiento de gestos. El segundo aspecto, la acción, se incorporó con la inclusión de la síntesis de voz, para guiar al usuario mediante mensajes generados de forma automática con voz humana. En tercer lugar, la anticipación, mediante un sistema de reglas que determinan la administración del entrenamiento cognitivo. Finalmente, la autonomía, a través de los algoritmos de aprendizaje reforzado, que le permiten al sistema perseguir un objetivo definido, desde estos algoritmos también se evidencia el aprendizaje desde la perspectiva de aprendizaje de máquina. En consecuencia, el presente trabajo se enmarca en la lógica de los sistemas híbridos.

Un esbozo del SCA se presenta en la Figura 49, se resalta en amarillo lo relacionado con la percepción del SCA, los componentes asociados a la percepción fueron el monitoreo continuo de la FV, el reconocimiento automático de voz y de gestos. En color naranja se destaca la síntesis de voz como el elemento asociado a la acción del SCA. En azul se destacan los aspectos cognitivos de anticipación y autonomía que se nutren de la base de conocimiento construida a partir de la interacción con el usuario.

Figura 49. SCA Implementado



Elaborada por el autor

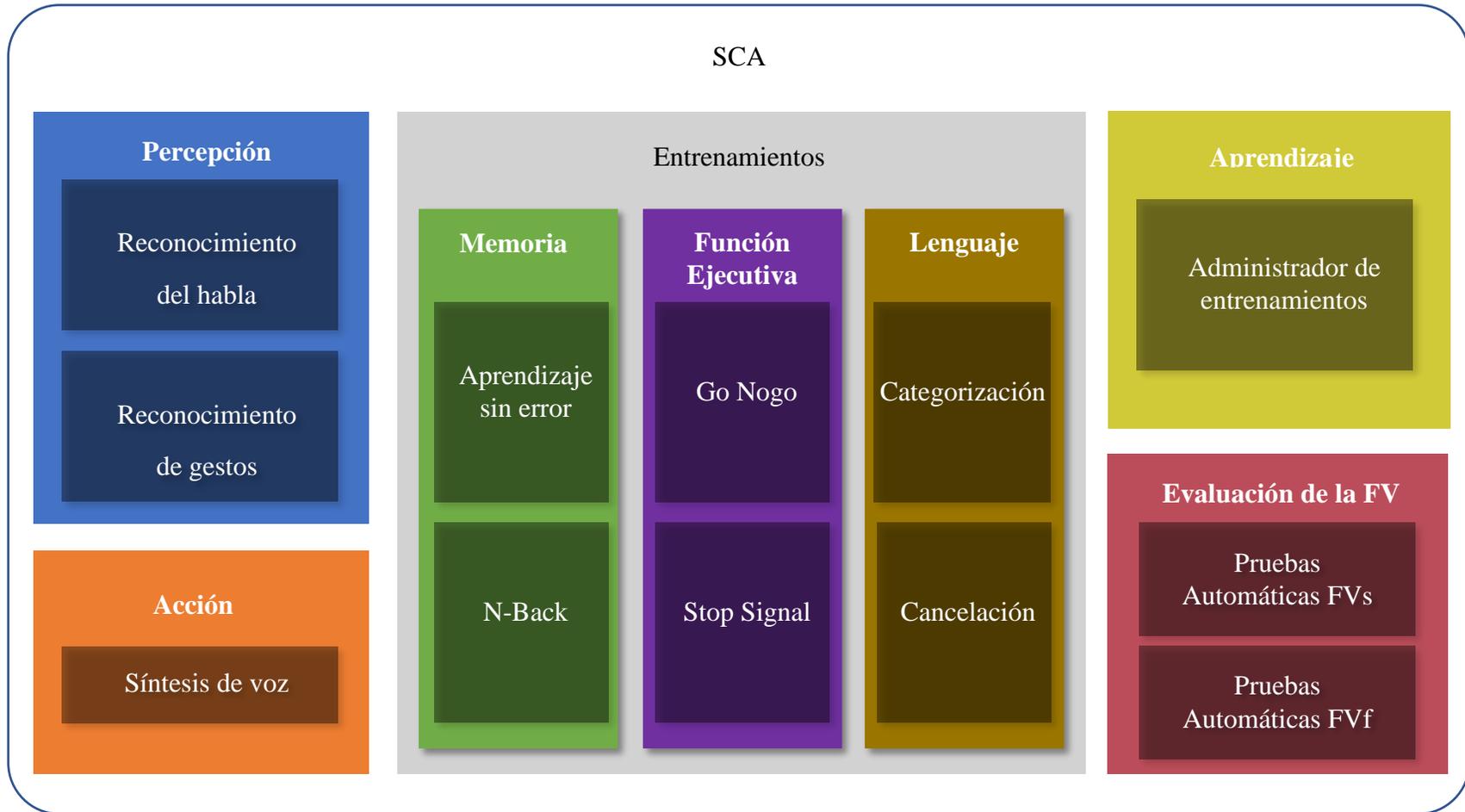
A continuación, se presentarán los aspectos de mayor importancia tenidos en cuenta en cada iteración de la construcción del SCA:

En la Figura 50 se presenta el desarrollo realizado en forma explícita incluyendo los entrenamientos cognitivos considerados.

8.3.1 Primera Iteración.

En primer lugar, debe destacarse que el sistema computacional construido fue elaborado sobre motor de videojuegos Unity. Este software se caracteriza por ser multiplataforma, es decir, permite que los proyectos desarrollados se puedan exportar y ejecutar en diferentes plataformas como son Windows, IOs, Android, incluso sobre la web. En la actualidad Unity ha cobrado gran relevancia como herramienta para el desarrollo de juegos incluyendo juegos serios y empieza a incorporarse como una tendencia en el desarrollo de interfaces orientadas a la simulación y la visualización.

Figura 50. SCA



Elaborada por el autor

La parte lógica de los desarrollos en Unity puede implementarse sobre C# o JavaScript, por lo cual pueden incorporarse todos los elementos esperados de un lenguaje de programación de alto nivel. En este caso concreto se escogió C# como lenguaje de programación.

Adicionalmente, Unity tiene una tienda de *assets* que complementan sus funcionalidades brindándole soporte al uso de múltiples dispositivos, y herramientas de desarrollo adicionales como es el manejo de bases de datos.

En esta iteración se construyeron los entrenamientos cognitivos en su versión computacional según lo expuesto en la sección 8.2.4. Es válido aclarar que hasta este momento los entrenamientos aún no se encontraban integrados, ni tenían los menús de configuración. Estos entrenamientos fueron desarrollados bajo la lógica de juegos serios, razón por la que se veló por obtener unos entrenamientos computacionales que cumplieran con el principio de *flow*¹¹ considerado de la teoría de *gamificación*¹², esto se traduce en que debe incrementarse la dificultad de forma proporcional a como crece la habilidad de la persona entrenada.

Bajo la teoría del Flow (Groh, 2012) se persigue que las personas que ejecutan un juego, en este caso un entrenamiento, no caigan en estados negativos como puede ser el aburrimiento o la ansiedad. El primero de estos casos ocurre cuando la habilidad de la persona es muy alta mientras que la dificultad es muy baja. El otro estado ocurre en el caso contrario, es decir cuando la dificultad es muy alta y la habilidad es muy baja, situación en la que se produce ansiedad.

En este sentido, para cada entrenamiento cognitivo se definieron los parámetros que podrían cambiar y sus valores iniciales. Según el entrenamiento se consideraron la cantidad de estímulos y distractores a mostrar, los tiempos que permanecían en pantalla, la forma en que se mezclaban los estímulos, los mensajes de realimentación, las reglas de puntuación, entre otros.

¹¹ Este término se refiere al flujo que debe perseguirse en los juegos para que la persona que hace uso de ellos no genere emociones negativas como la ansiedad o el aburrimiento que ocurren cuando no se equilibra en debida forma la habilidad versus el reto.

¹² Traducción no oficial de la palabra en inglés *gamification*.

También se incorporaron los algoritmos de reconocimiento del habla, reconocimiento de gestos y de síntesis de voz.

8.3.2 Reconocimiento del Habla

Para realizar el reconocimiento automático del habla se incorporó la API de *speech Recognition* de Microsoft. Esta herramienta incorpora una serie de librerías que permite analizar la voz, tanto en directo como desde grabaciones. Esta API ha sido construida por Microsoft desde 1993, pero sólo fue lanzada con la versión de Windows Vista. Este software funciona sobre la base de una red neuronal profunda dependiente del contexto que incorpora modelos ocultos de Markov.

Mediante esta herramienta de reconocimiento de voz se puede trabajar bajo dos esquemas, reconocimiento continuo o reconocimiento de comandos. En este trabajo se incorporaron ambos. El reconocimiento continuo fue utilizado en el componente de evaluación de FV y el reconocimiento por comandos para los entrenamientos.

En cuanto a la evaluación de FV se utilizó el reconocimiento de voz continuo, también conocido como dictado. En este punto es importante recordar que las pruebas le piden a las personas decir todas las palabras que recuerden en un minuto. En este sentido, no es factible predefinir cuáles serán las palabras que dirá la persona dado que es un proceso espontáneo. Vale notar que en este modo el reconocimiento no es perfecto, sin embargo, para las pruebas de FV se comporta estable y permite su correcta automatización. En el sistema de evaluación se construyeron los entornos para valorar las tres palabras (animales, frutas y profesiones) y las cuatro letras (F, A, S, M). En la Figura 24 se presentó la implementación de la prueba para animales.

Para los entrenamientos se utilizó el modo de reconocimiento por comandos. Como su nombre lo indica, en este modo los algoritmos reconocen palabras que previamente han sido definidas por el programador. En este modo el algoritmo reconoce con mayor fiabilidad las palabras, pero es necesario la construcción de un diccionario. El diccionario se construyó con las mismas palabras encontradas en la caracterización de la FV, adicionalmente se incorporaron las palabras “igual”, “animal”, “fruta”, “profesión”, como comandos para el control de los diferentes entrenamientos; también se agregaron al

diccionario palabras que usaron las personas mayores como variante en la denominación de las figuras utilizadas. La Tabla 14 muestra ejemplos de las variaciones en denominación.

Tabla 14. Variaciones en denominación de las figuras utilizadas.

| Imagen | Denominaciones |
|------------|-------------------------------|
| Pollo | Pollo, pollito |
| Sandía | Sandía, patilla |
| Odontólogo | Odontólogo, dentista |
| Sastre | Sastre, costurera, modista |
| Albañil | Albañil, maestro, constructor |
| Conductor | Conductor, chofer, |
| Pájaro | Pájaro, pajarito, mirla |

Elaborada por el autor

8.3.3 Síntesis de Voz

También se conoce como texto a voz. Estos algoritmos permiten convertir texto en expresiones habladas. Para este proyecto se utilizó el SDK de Microsoft compatible con C# y Unity. Este SDK permite utilizar diferentes tipos de voces que pueden administrarse desde la configuración de Windows. Para el software desarrollado se realizaron pruebas con las voces de español de España y español de México, resultando la voz “Microsoft Sabina” la más agradable para los adultos mayores.

Tanto los algoritmos de *speech recognition* como los de texto a voz pueden usarse en aplicaciones de escritorio y en entornos online pues han sido incorporados en los servicios de Microsoft Azure Cognitive Services.

8.3.4 Reconocimiento de Gestos

El reconocimiento de gestos se incorporó al software desarrollado para verificar la respuesta emocional de las personas ante los estímulos y los entrenamientos presentados y desde allí contribuir en la valoración de la evolución de los entrenamientos. Para esto se utilizó el SDK de Unity de *Affectiva*. Este SDK proporciona los algoritmos para procesamiento de visión artificial enfocados a la detección de posturas faciales.

El SDK de *Affectiva* permite hacer seguimiento de las diferentes partes de la cara y a partir de las posturas identificadas realiza la identificación de la emoción expresada por ese rostro. Para traducir las posturas faciales a gestos, estos algoritmos se sitúan en el paradigma de emociones básicas de Ekman (Bueso-Izquierdo, Hidalgo-Ruzzante, Burneo-

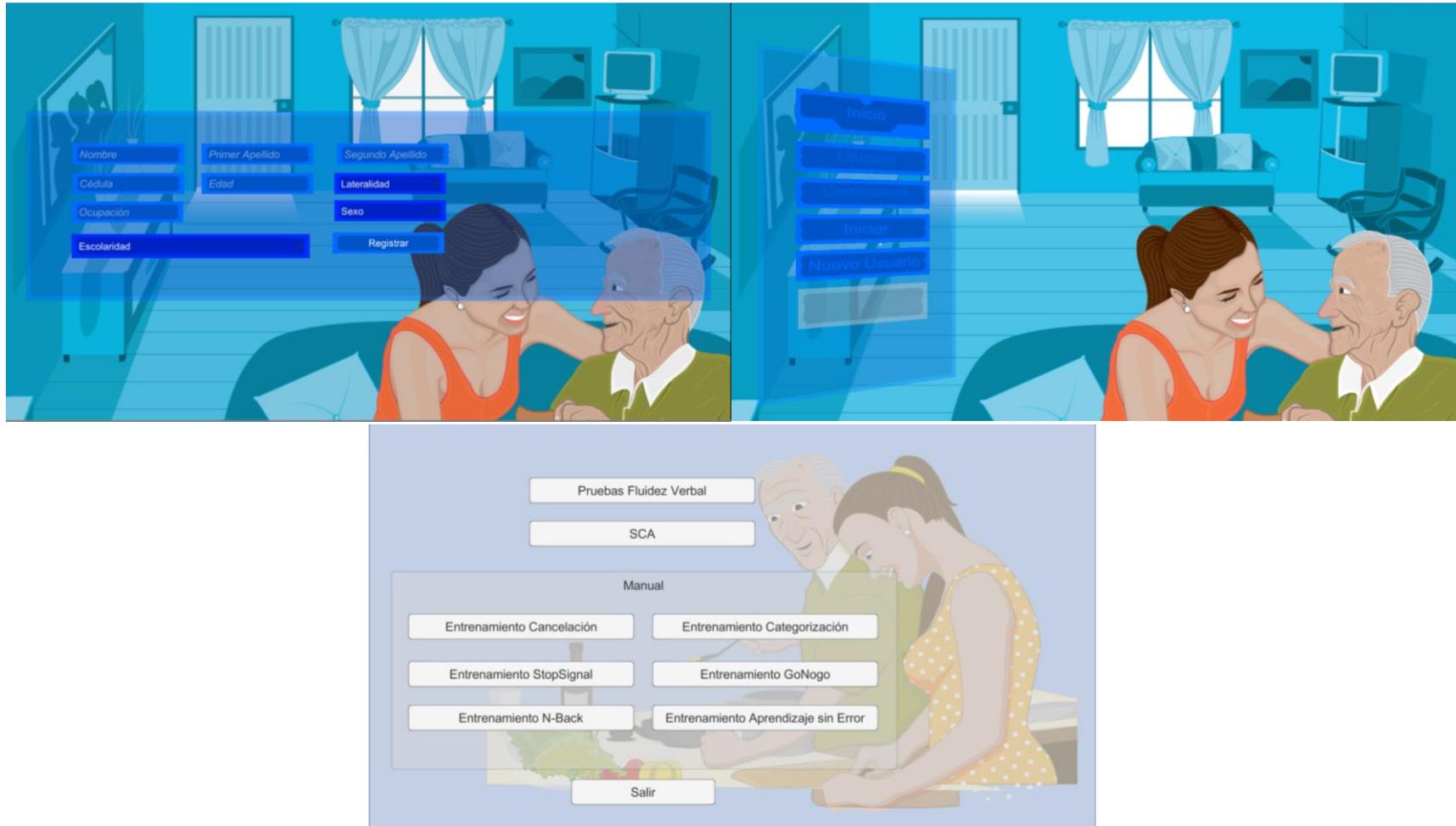
Garcés, & Pérez-García, 2015). Ekman enuncia que existen seis emociones básicas: alegría, tristeza, enojo, temor, disgusto y sorpresa, además existe un séptimo estado considerado como el estado neutral. Adicional a las emociones descritas, los algoritmos de *Afectiva* entregan valores para las variables de compromiso y valencia que permiten inferir si las expresiones faciales son reales o posadas.

8.3.5 Segunda Iteración

En esta iteración se procuró la integración de la herramienta. En este sentido, se construyeron aspectos como el menú de registro y el menú de acceso. Se unificaron todos los entrenamientos y la herramienta de evaluación en una sola implementación. Se incorporaron menús de configuración a cada entrenamiento, considerando los valores y dificultades mínimos para cada entrenamiento. En la Figura 51 se observan los menús de registro, acceso y selección de entrenamiento.

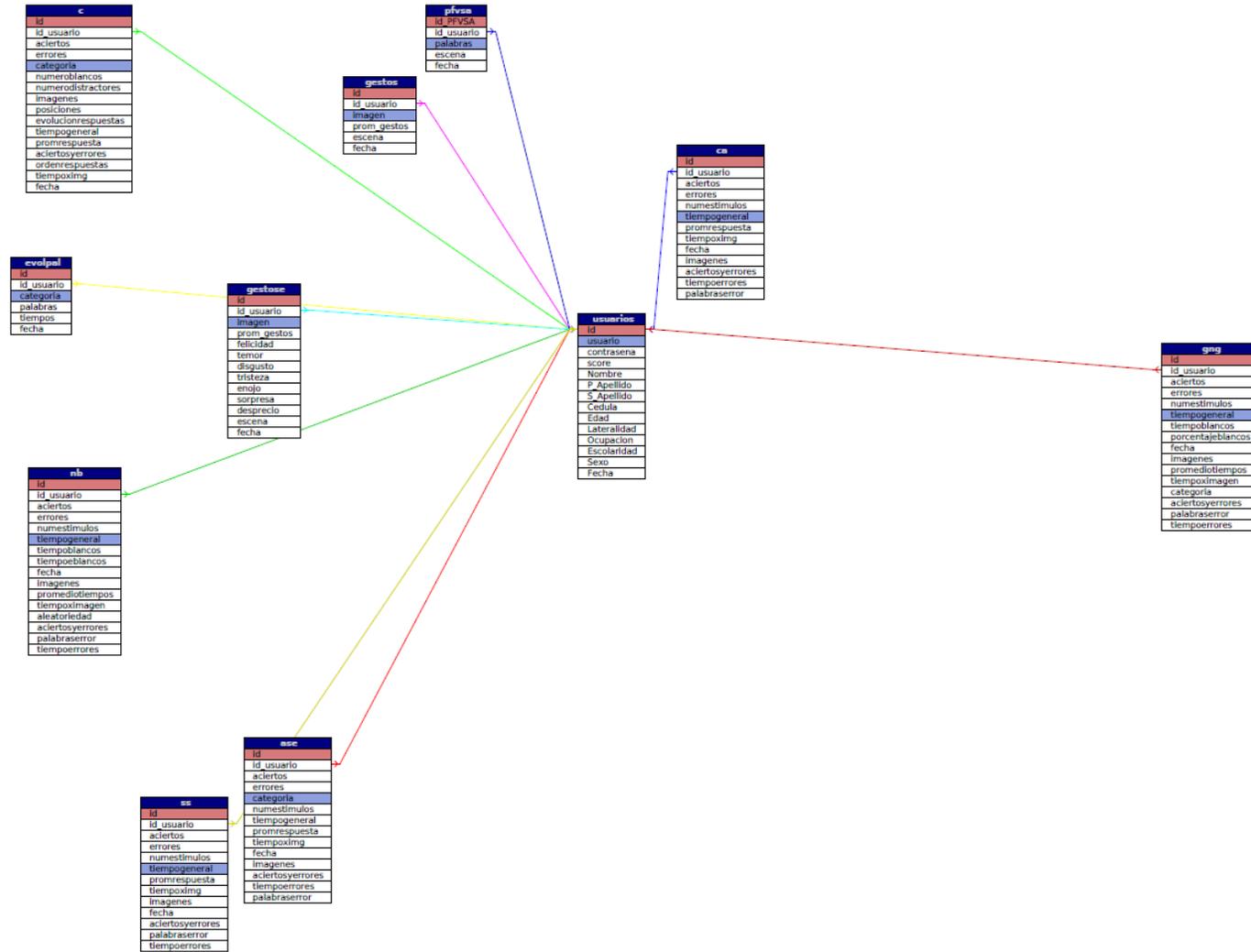
Otro aspecto de interés en esta iteración fue construir la base de datos que soportaría el sistema y su conexión con los entrenamientos y menús. Esta base de datos contempla una tabla de usuarios de la cual se desprenden tablas por cada entrenamiento, una tabla de gestos, otra tabla de pruebas de FV y una tabla que rastrea la evolución de los estímulos presentados al entrenado. En la Figura 52 se observa el diagrama de base de datos que da soporte al sistema computacional.

Figura 51. Menús herramienta computacional



Elaborada por el autor

Figura 52. Base de datos



Elaborada por el autor.

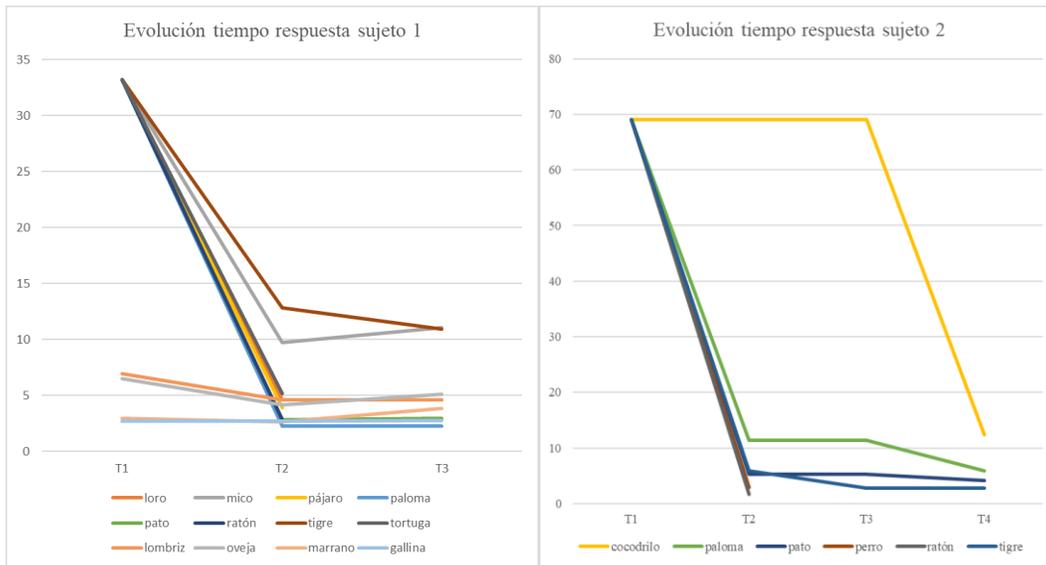
8.3.5.1 Algoritmo Evolpal

En esta iteración, además, se construyó un algoritmo denominado Evolpal, que se encarga de monitorear el comportamiento de la respuesta del entrenado conforme a los estímulos que aparecen en pantalla. Este algoritmo está basado en algoritmos genéticos, pues busca mantener activos los estímulos que representan mayor dificultad para el entrenado al tiempo que los estímulos de mayor facilidad se hacen menos frecuentes.

Este algoritmo funciona a partir de los tiempos de respuesta de la persona con relación al estímulo presentado. Cada ejecución de un entrenamiento genera un banco de imágenes y estas se siguen presentando de conformidad con la dificultad que representa para el usuario. Los estímulos que le cuesta más trabajo reconocer se siguen incluyendo en los siguientes entrenamientos y los que reconoce con facilidad van utilizándose con menor frecuencia. No obstante, el algoritmo incorpora mutaciones, estas se ven representadas en la aparición de estímulos que la persona reconoce con facilidad; estas imágenes se escogen de forma aleatoria y se incluyen en los conjuntos de imágenes de las siguientes ejecuciones de los entrenamientos, con esto se evita que estos estímulos dejen de ser presentados.

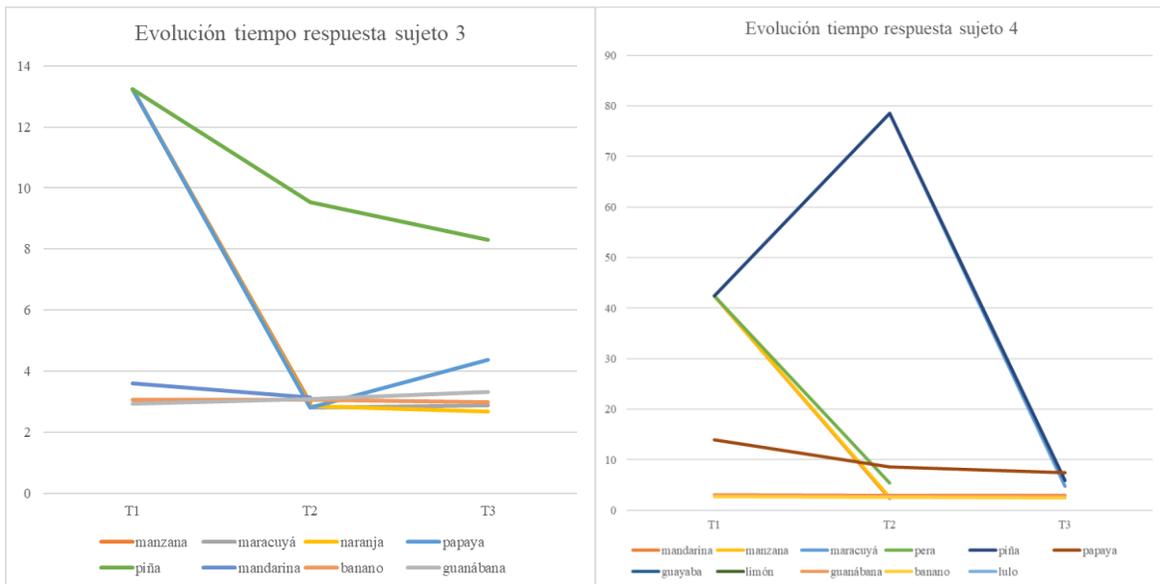
El objetivo de este algoritmo es promover el reconocimiento, aprendizaje y velocidad de respuesta por parte de los entrenados ante los diferentes estímulos. A medida que la persona se ejercita con la herramienta, el tiempo de respuesta para un mismo estímulo disminuye. Algunos de los resultados a los que condujo este algoritmo se observan en las siguientes figuras. En la Figura 53 se muestran resultados para la categoría animales, en la Figura 54 para la categoría frutas y en la Figura 55 para la categoría profesiones. Cada gráfica representa la evolución en los tiempos de respuesta para una persona diferente. En general se aprecia la disminución en el tiempo de respuesta de las personas intervenidas.

Figura 53. Evolución tiempo de respuesta en palabras de la categoría animales para dos sujetos diferentes.



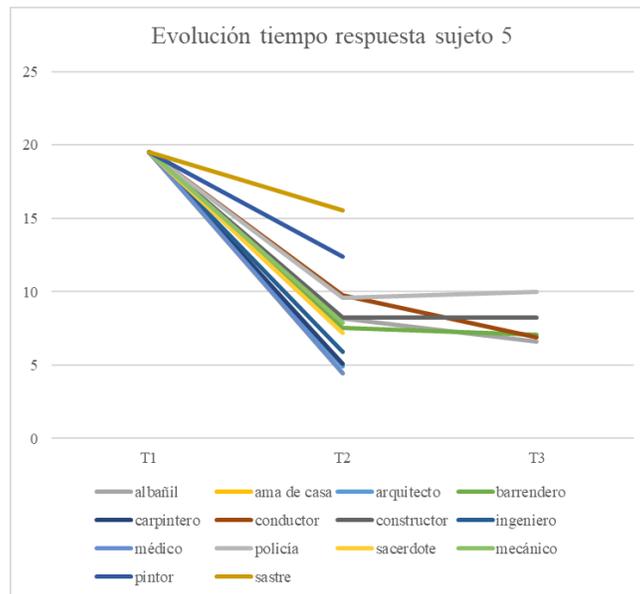
Elaborada por el autor

Figura 54. Evolución tiempo de respuesta en palabras de la categoría frutas para dos sujetos diferentes.



Elaborada por el autor

Figura 55. Evolución tiempo de respuesta en palabras de la categoría profesiones para el sujeto 5



Elaborada por el autor

8.3.6 Tercera Iteración

En la tercera iteración se terminaron de implementar los aspectos cognitivos del sistema, esto es la autonomía y la anticipación. Para esto, se definió por cada entrenamiento, para la autonomía un objetivo de entrenamiento y para la anticipación las variables que se pueden modificar en la configuración de cada entrenamiento. Luego, estos parámetros fueron configurados en el algoritmo de aprendizaje reforzado, uno por cada entrenamiento, de tal manera que, con los cambios de los parámetros de configuración se premiara o castigara el algoritmo, si en la ejecución del entrenamiento no se conseguía el objetivo propuesto; además, se busca que el algoritmo siga las reglas establecidas para cada entrenamiento.

En la siguiente sección se muestran las reglas, los objetivos y los parámetros configurables, para cada entrenamiento:

Memoria:

Aprendizaje sin error:

Tabla 15. Elementos de Cognición Artificial para el entrenamiento de ASE

| Elemento | Descripción |
|--------------------------|---|
| Acción | Disposición Imágenes – Síntesis de voz |
| Percepción | Reconocimiento del habla |
| Percepción | Reconocimiento de gestos |
| Autonomía (Objetivo) | Completar el aprendizaje de todas las palabras |
| Anticipación (Reglas) | Tiempo, optimización de palabras aprendidas, aumento progresivo de estímulos, estímulos multicategoría. |
| Parámetros configurables | Cantidad de estímulos |

Elaborada por el autor

N-Back:

Tabla 16. Elementos de Cognición Artificial para el entrenamiento de N-Back

| Elemento | Descripción |
|--------------------------|---|
| Acción | Disposición Imágenes |
| Percepción | Reconocimiento del habla |
| Percepción | Reconocimiento de gestos |
| Autonomía (Objetivo) | Incrementar la memoria de trabajo y la atención del entrenado |
| Anticipación (Reglas) | Tiempo, optimización de palabras aprendidas, aumento progresivo de estímulos, frecuencia de estímulos multicategoría. |
| Parámetros configurables | número de estímulos, tiempo de cada estímulo, tiempo entre estímulos, porcentaje de aleatoriedad |

Elaborada por el autor

Función ejecutiva:

Go-noGo:

Tabla 17. Elementos de Cognición Artificial para el entrenamiento de Go-noGo

| Elemento | Descripción |
|--------------------------|--|
| Acción | Disposición Imágenes |
| Percepción | Reconocimiento del habla |
| Percepción | Reconocimiento de gestos |
| Autonomía (Objetivo) | Incrementar la atención sostenida |
| Anticipación (Reglas) | Tiempo, Categoría clave, optimización de palabras aprendidas, aumento progresivo de estímulos, Controla la aparición de estímulos infrecuentes |
| Parámetros configurables | Número de estímulos, porcentaje de aleatoriedad, tiempo de cada estímulo, tiempo entre estímulos |

Elaborada por el autor

Stop Signal:

Tabla 18. Elementos de Cognición Artificial para el entrenamiento de Stop Signal

| Elemento | Descripción |
|--------------------------|---|
| Acción | Disposición Imágenes y generación de sonidos |
| Percepción | Reconocimiento del habla |
| Percepción | Reconocimiento de gestos |
| Autonomía (Objetivo) | Mejorar el proceso de inhibición |
| Anticipación (Reglas) | Tiempo, optimización de palabras aprendidas, aumento progresivo de estímulos, frecuencia de intercalado de estímulos y de aparición de estímulo auditivo. |
| Parámetros configurables | Número de estímulos, porcentaje de aleatoriedad estímulos, porcentaje aleatoriedad <i>stop signal</i> , tiempo de cada estímulo, tiempo entre estímulos. |

Elaborada por el autor

Lenguaje:

Cancelación:

Tabla 19. Elementos de Cognición Artificial para el entrenamiento de Cancelación

| Elemento | Descripción |
|--------------------------|---|
| Acción | Disposición Imágenes |
| Percepción | Reconocimiento del habla |
| Percepción | Reconocimiento de gestos |
| Autonomía (Objetivo) | Mejorar los procesos de cancelación y función ejecutiva |
| Anticipación (Reglas) | Tiempo, optimización de palabras aprendidas, aumento progresivo de estímulos, frecuencia de estímulos multicategoría. |
| Parámetros configurables | Número de estímulos blancos, número de estímulos distractores |

Elaborada por el autor

Categorización:

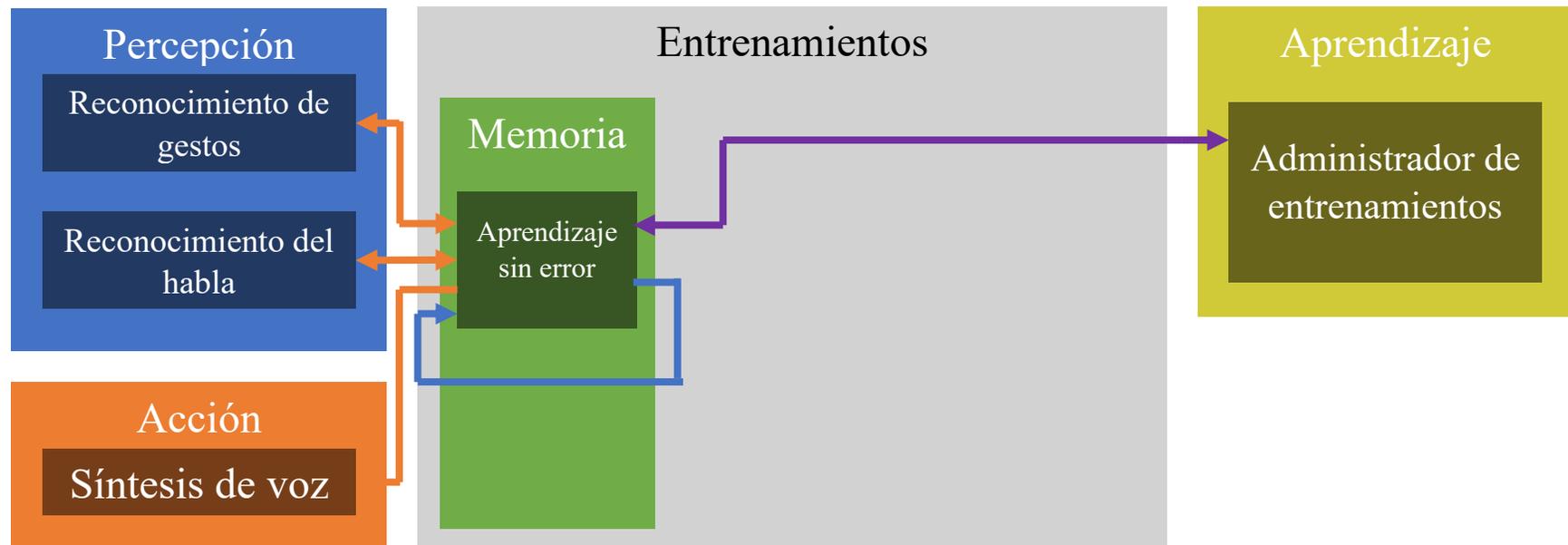
Tabla 20. Elementos de Cognición Artificial para el entrenamiento de Categorización

| Elemento | Descripción |
|--------------------------|---|
| Acción | Disposición Imágenes |
| Percepción | Reconocimiento del habla |
| Percepción | Reconocimiento de gestos |
| Autonomía (Objetivo) | Mejorar los procesos de categorización y función ejecutiva |
| Anticipación (Reglas) | Tiempo, optimización de palabras aprendidas, aumento progresivo de estímulos, frecuencia de estímulos multicategoría. |
| Parámetros configurables | Número de estímulos, porcentaje de aleatoriedad |

Elaborada por el autor

Finalmente, con la configuración de estos algoritmos se consiguieron las interacciones de la Figura 56. Interacciones entre los subsistemas del SCA Figura 56

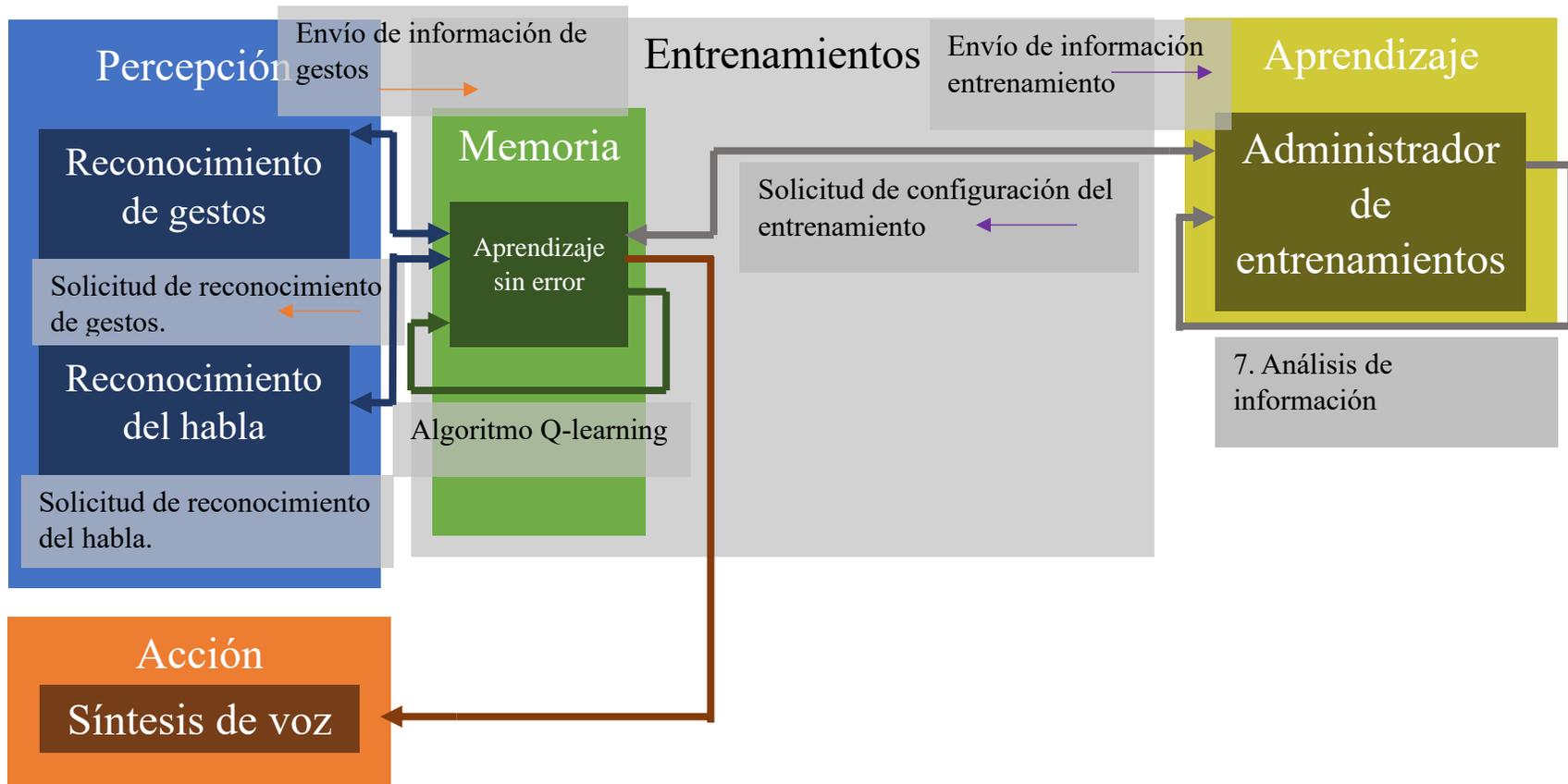
Figura 56. Interacciones entre los subsistemas del SCA



Elaborada por el autor

Como puede apreciarse cada subsistema interactúa con los demás para generar el entrenamiento cognitivo. Estas interacciones se repiten por cada entrenamiento. El subsistema principal es el denominado Administrador de entrenamientos, encargado de coordinar en cada momento que entrenamiento entra en ejecución. Cuando entra en ejecución un entrenamiento se producen interacciones como las indicadas en la Figura 57.

Figura 57. Descripción de interacciones



Elaborada por el autor

En esta figura se observan interacciones entre cada subsistema. El administrador de entrenamientos solicita una configuración de entrenamiento al subsistema de aprendizaje sin error. A su vez el sistema de aprendizaje sin error, solicita a los sistemas del habla de reconocimiento de gestos el inicio de su analítica; estos sistemas comunican sus resultados al sistema de aprendizaje sin error para que

el mismo se ejecute, una vez terminada la ejecución del entrenamiento, el algoritmo de Q-learning determina la configuración para la siguiente ejecución de este entrenamiento. Luego el sistema de entrenamiento en aprendizaje sin error reporta sus resultados al administrador de entrenamientos. Finalmente, el administrador de entrenamientos analiza la información recolectada con miras a la siguiente sesión de entrenamiento.

8.4 PROBAR EL SISTEMA COMPUTACIONAL PARA EL ENTRENAMIENTO COGNITIVO DE LA FLUIDEZ VERBAL.

Para probar el sistema construido se completó un protocolo de pruebas de software y una fase de pilotaje con los adultos mayores del centro vida La Isla. En las siguientes secciones se presentarán los elementos claves en el desarrollo de estas fases.

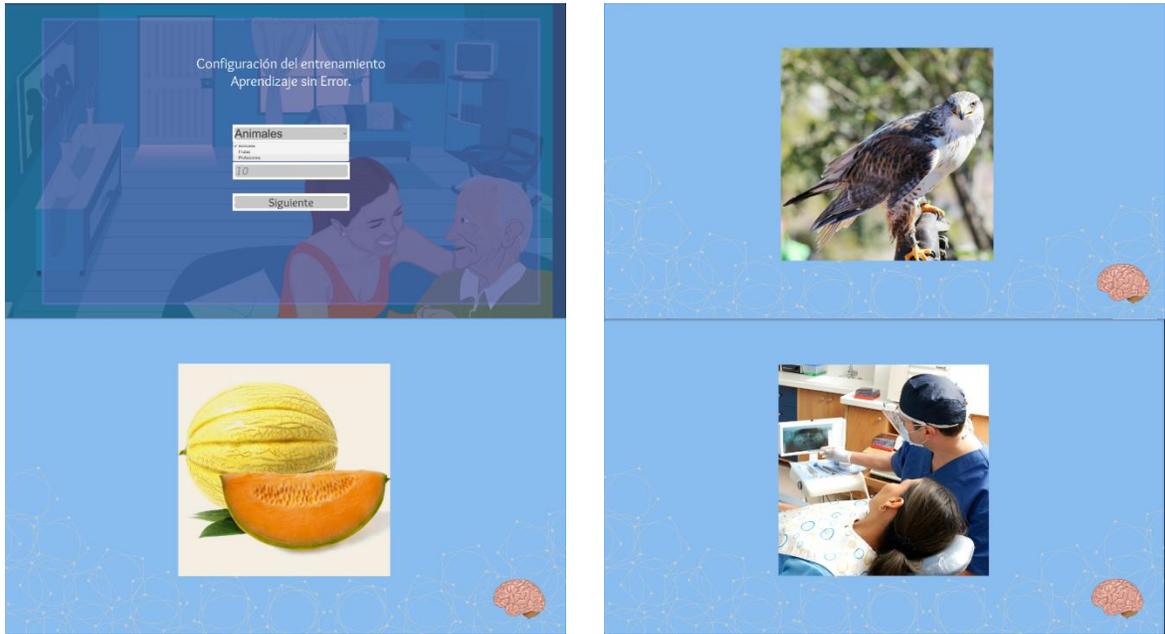
8.4.1 Pruebas de Software

Como se expresó en el marco teórico, en este proyecto se acogió la metodología de pruebas funcionales o de caja negra. Para ello, se elaboraron los árboles que determinan las rutas validas y las rutas no validas, se propusieron las tablas de partición de equivalencia y se establecieron los casos válidos y no válidos para las pruebas. Esto se propuso para cada uno de los componentes del SCA.

En este apartado se presentarán los árboles, la tabla de partición y equivalencia, los casos y los resultados para el entrenamiento de aprendizaje sin error. Para los demás entrenamientos y subsistemas se presentarán estos resultados en el [Anexo 3](#).

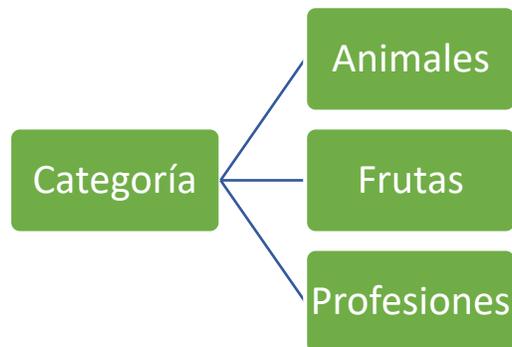
8.4.1.1 Árboles para las entradas del entrenamiento aprendizaje sin error

Como se presentó en la



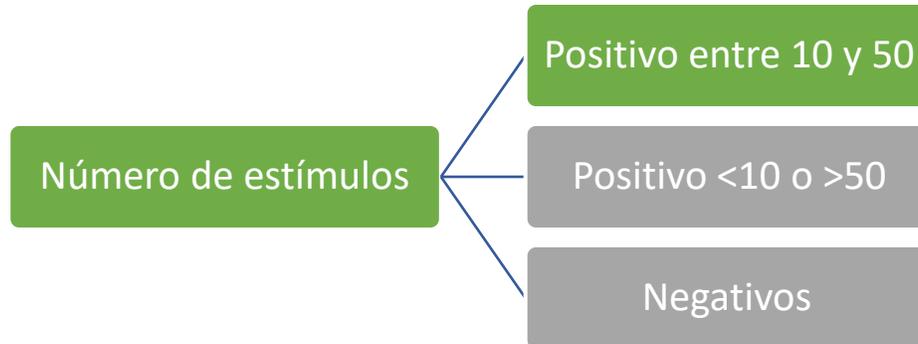
el entrenamiento aprendizaje sin error tiene un menú de entrenamiento en el que se tienen dos variables de configuración, el número de estímulos y la categoría. Se presentan en la Figura 58, Figura 59 y Figura 60 los árboles para las dos variables, en verde se indican las clases válidas y en gris las clases no válidas.

Figura 58. Categoría, valores válidos animales, frutas y profesiones.



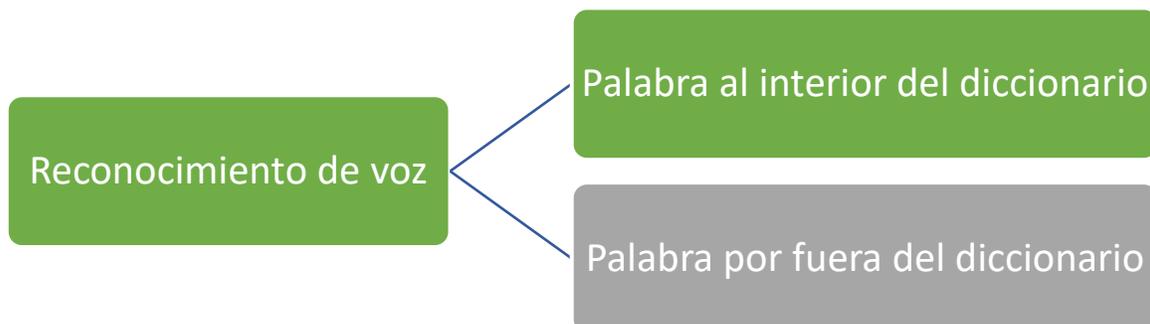
Elaborada por el autor

Figura 59. Número de estímulos, valores válidos positivos entre 10 y 50, no válidos menores de 10 y mayores 50 y negativos.



Elaborada por el autor

Figura 60. Reconocimiento de voz, valores válidos, palabras en el diccionario, palabras fuera del diccionario.



Elaborada por el autor

8.4.1.2 Tablas de equivalencia entrenamiento Aprendizaje sin error.

Cada rama del árbol se convierte en una clase de equivalencia. Estas clases se dividen en clases válidas y clases no válidas en las tablas de equivalencia que se muestran a continuación:

Tabla 21. Clases para el entrenamiento Aprendizajes sin error.

| Entradas | Clases Válidas | Clases no válidas |
|-------------------------------------|--|--|
| Menú del entrenamiento | | |
| Categoría | 1. Alfabético: animales, frutas, profesiones | N/A |
| Numero de Estímulos | 2. Numérico: ≥ 10 , ≤ 50 | 3. Numérico: < 10 , > 50 4. No numérico 5. Vacío |
| Entrenamiento categoría animales | | |
| Reconocimiento de voz | 1. Palabras de animales en el diccionario que coincidan con las imágenes presentadas. | 2. Palabras de animales en el diccionario que no coincidan con las imágenes presentadas. 3. Palabras no incluidas en el diccionario 4. No responde |
| Entrenamiento categoría frutas | | |
| Reconocimiento de voz | 1. Palabras de frutas en el diccionario que coincidan con las imágenes presentadas. | 2. Palabras de frutas en el diccionario que no coincidan con las imágenes presentadas. 3. Palabras no incluidas en el diccionario 4. No responde |
| Entrenamiento categoría profesiones | | |
| Reconocimiento de voz | 1. palabras de profesiones en el diccionario que coincidan con las imágenes presentadas. | 2. Palabras de profesiones en el diccionario que no coincidan con las imágenes presentadas. |

| | | |
|--|--|--|
| | | 3. Palabras no incluidas en el diccionario 4. No responde |
|--|--|--|

Elaborada por el autor

8.4.1.3 Casos de prueba entrenamiento Aprendizaje sin error.

Una vez definidas las clases válidas y no válidas se definen los casos de prueba. Para ello se respetan las indicaciones para las pruebas funcionales, a saber:

- Cada caso de prueba incluye valores para todas las entradas
- No se necesitan todas las combinaciones. Se debe tener en cuenta que:
 - Las clases válidas se pueden combinar (hasta que se cubran todas).
 - Las clases no válidas no se deben combinar: Se debe definir UN solo caso de prueba por cada clase no válida. En caso de tener varias opciones se recomienda seleccionar la más fácil de probar.

Casos válidos

| Menú del entrenamiento | Categoría “animales” | Categoría “frutas” | Categoría “profesiones” |
|---|---|---|--|
| 1,2. Seleccionar categoría y definir número entre 10 y 50 como número de estímulos. | 1. Todas las palabras concuerdan con las imágenes presentadas. Palabras en el diccionario de animales. | 1. Todas las palabras concuerdan con las imágenes presentadas. Palabras en el diccionario de frutas. | 1. Todas las palabras concuerdan con las imágenes presentadas. Palabras en el diccionario de profesiones. |

Elaborada por el autor

Casos no válidos

| Menú del entrenamiento | Categoría “animales” | Categoría “frutas” | Categoría “profesiones” |
|------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
| | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1,3 Selecciona categoría y cantidad de estímulos fuera del rango. | 2. La persona dice una palabra de animales incluida en el diccionario, pero no coincide con la imagen presentada. | 2. La persona dice una palabra de animales incluida en el diccionario, pero no coincide con la imagen presentada. | 2. La persona dice una palabra de animales incluida en el diccionario, pero no coincide con la imagen presentada. |
| 1,4 Selecciona categoría e indica un valor no numérico en la cantidad de estímulos | 3. La persona dice una palabra no incluida en el diccionario de animales | 3. La persona dice una palabra no incluida en el diccionario de animales | 3. La persona dice una palabra no incluida en el diccionario de animales |
| 1,5 Selecciona categoría y no indica un valor en la cantidad de estímulos | 4. No responde | 4. No responde | 4. No responde |

Elaborada por el autor

8.4.1.4 Resultados para las pruebas definidas entrenamiento Aprendizaje sin error. Casos válidos

Tabla 22. Prueba ID: Aprendizaje sin error-01

| | |
|--|--|
| ID: Aprendizaje sin error - 01 | |
| Caso de prueba: 1, 2 | |
| Descripción: Seleccionar categoría y definir número entre 10 y 50 como número de estímulos. | |
| Valores de entrada: | Resultados esperados: |
| Categoría: Animales Numero de estímulos: 15 | Después de diligenciar los datos para inicializar las variables, se inicia la escena del entrenamiento Aprendizaje sin error. Se escucha la instrucción: “Debes decir el nombre de las imágenes que salgan, en esta ocasión verás animales”. Se presentan 15 imágenes de animales. |

| | |
|---|--|
| Evidencia: | Descripción: |
|  | <p>Se inicializan las variables.</p> <p>En la lista desplegable de categoría se selecciona Animales.</p> <p>En el campo de texto editable se escribe el número 15.</p> <p>Con el botón Siguiente se inicia la escena del entrenamiento</p> |
|  | <p>Se inicia el entrenamiento y se escucha la frase: “Debes decir el nombre de las imágenes que salgan, en esta ocasión verás animales”.</p> <p>Se inicia la visualización de imágenes.</p> |

Elaborada por el autor

Tabla 23. Aprendizaje sin error – 02

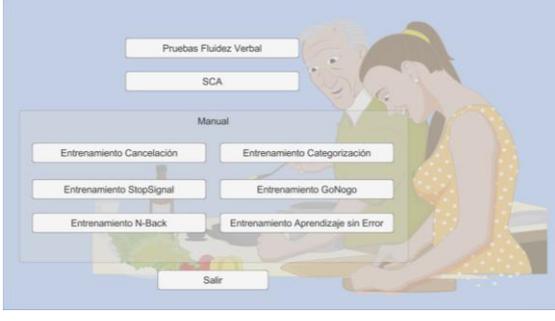
| | |
|--|--|
| ID: Aprendizaje sin error - 02 | |
| Caso de prueba: 1 | |
| Descripción: Todas las palabras concuerdan con las imágenes presentadas. Palabras en el diccionario de animales. | |
| Valores de entrada: | Resultados esperados: |
| <p>Reconocimiento de voz: Palabras diccionario Animales:</p> <p>"águila", "avestruz", "ballena", "burro", "caballo", "caimán", "cocodrilo", "conejo", "elefante", "gallina", "gato", "hormiga", "jirafa", "león", "lombriz", "loro", "marrano", "mico", "oso", "oveja", "pájaro", "paloma", "pato", "perro", "pollo", "ratón", "sapo", "tortuga", "vaca"</p> | <p>A medida que salen las imágenes la persona entrenada debe decir el nombre de la imagen, dicho nombre está en el diccionario. Por cada acierto se escucha una frase de ánimo para el entrenado.</p> <p>Al completarse las imágenes se regresa al menú principal.</p> |

| Evidencia: | Descripción: | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|---|----|---|----------|----|----------|
|  | <p>Cuando la persona dice el nombre del animal de la imagen, escucha una frase de felicitaciones y cambia a la siguiente imagen</p> | | | | | | | | | | | | | | |
|  | <p>Cuando la persona termina de decir las palabras para todos los estímulos se almacenan los datos en la tabla ASE de la base de datos y el entrenamiento retorna el sistema al menú de entrenamientos</p> <table border="1" data-bbox="824 869 1377 940"> <thead> <tr> <th>id</th> <th>id_usuario</th> <th>aciertos</th> <th>errores</th> <th>categoria</th> <th>numestimulos</th> <th>tiempogenera</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>153</td> <td>7</td> <td>15</td> <td>2</td> <td>Animales</td> <td>15</td> <td>113.4062</td> </tr> </tbody> </table> <pre data-bbox="824 909 1377 940"> promrespuest tiempoimg fecha imagenes aciertosyerro tiempoerror:palabraserror 7.559947 7.016788 3.2.26/04/2021 08:55 burro oveja : 1 1 1 1 14.021202 17.cocodrilo ran </pre> | id | id_usuario | aciertos | errores | categoria | numestimulos | tiempogenera | 153 | 7 | 15 | 2 | Animales | 15 | 113.4062 |
| id | id_usuario | aciertos | errores | categoria | numestimulos | tiempogenera | | | | | | | | | |
| 153 | 7 | 15 | 2 | Animales | 15 | 113.4062 | | | | | | | | | |
|  | <p>Menú de entrenamientos</p> | | | | | | | | | | | | | | |

Elaborada por el autor

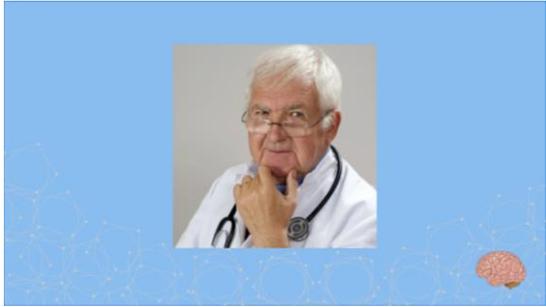
Tabla 24. Aprendizaje sin error – 03

| | |
|--|--|
| ID: Aprendizaje sin error - 03 | |
| Caso de prueba: 1 | |
| Descripción: Todas las palabras concuerdan con las imágenes presentadas. Palabras en el diccionario de frutas. | |
| Valores de entrada: | Resultados esperados: |
| Reconocimiento de voz: Palabras diccionario Frutas: "aguacate", "banano", "durazno", "fresa", "guanábana", "guayaba", | A medida que salen las imágenes la persona entrenada debe decir el nombre de la imagen, dicho nombre está en el diccionario. Por |

| <p>"limón", "mandarina", "mango", "manzana", "maracuyá", "melón", "naranja", "papaya", "pera", "sandía"</p> | <p>cada acierto se escucha una frase de ánimo para el entrenado.</p> <p>Al completarse las imágenes se regresa al menú de entrenamientos.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|---|----|---|--------|----|----------|--------------|------------|-------|----------|----------|---------|--------|---------|----------|----------|----------|----------------------|--------------|-------------|----------|-----|--------|
| <p>Evidencia:</p> | <p>Descripción:</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | <p>Cuando la persona dice el nombre de la fruta de la imagen, escucha una frase de felicitaciones y cambia a la siguiente imagen</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | <p>Cuando la persona termina de decir las palabras para todos los estímulos se almacenan los datos en la tabla ASE de la base de datos y el entrenamiento retorna el sistema al menú de entrenamientos</p> <table border="1" data-bbox="818 1136 1395 1220"> <thead> <tr> <th>id</th> <th>id_usuario</th> <th>aciertos</th> <th>errores</th> <th>categoria</th> <th>numestimulos</th> <th>tiempogenera</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>149</td> <td>7</td> <td>20</td> <td>6</td> <td>Frutas</td> <td>20</td> <td>255.8501</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="818 1178 1395 1220"> <thead> <tr> <th>promrespuest</th> <th>tiempoximg</th> <th>fecha</th> <th>imagenes</th> <th>aciertos</th> <th>errores</th> <th>tiempo</th> <th>errores</th> <th>palabras</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12.78922</td> <td>7.451952</td> <td>8.5.25/04/2021 17:28</td> <td>banana guaya</td> <td>1 1 1 1 0 1</td> <td>14.31123</td> <td>6.2</td> <td>banana </td> </tr> </tbody> </table> | id | id_usuario | aciertos | errores | categoria | numestimulos | tiempogenera | 149 | 7 | 20 | 6 | Frutas | 20 | 255.8501 | promrespuest | tiempoximg | fecha | imagenes | aciertos | errores | tiempo | errores | palabras | 12.78922 | 7.451952 | 8.5.25/04/2021 17:28 | banana guaya | 1 1 1 1 0 1 | 14.31123 | 6.2 | banana |
| id | id_usuario | aciertos | errores | categoria | numestimulos | tiempogenera | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 149 | 7 | 20 | 6 | Frutas | 20 | 255.8501 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| promrespuest | tiempoximg | fecha | imagenes | aciertos | errores | tiempo | errores | palabras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12.78922 | 7.451952 | 8.5.25/04/2021 17:28 | banana guaya | 1 1 1 1 0 1 | 14.31123 | 6.2 | banana | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | <p>Menú de entrenamientos</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Elaborada por el autor

Tabla 25. Aprendizaje sin error - 04

| ID: Aprendizaje sin error - 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---------------------|----------------|---------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|-----|---|----|---|-------------|----|----------|--------------|------------|-------|----------|---------------|---------------|----------|----------|----------|---------------------|----------------|---------------------------|--------|--|
| Caso de prueba: 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Descripción: Todas las palabras concuerdan con las imágenes presentadas. Palabras en el diccionario de profesiones. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Valores de entrada: | Resultados esperados: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Reconocimiento de voz: Palabras diccionario Profesiones:</p> <p>"abogado", "agricultor", "albañil", "ama de casa", "arquitecto", "barrendero", "carpintero", "conductor", "constructor", "enfermera", "ingeniero", "mecánico", "médica", "médico", "odontólogo", "pintor", "policía", "profesor", "psicólogo", "padre", "sastre", "secretaria", "vendedor", "zapatero"</p> | <p>A medida que salen las imágenes la persona entrenada debe decir el nombre de la imagen, dicho nombre está en el diccionario. Por cada acierto se escucha una frase de ánimo para el entrenado.</p> <p>Al completarse las imágenes se regresa al menú de entrenamientos.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Evidencia: | Descripción: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | <p>Cuando la persona dice el nombre de la profesión de la imagen, escucha una frase de felicitaciones y cambia a la siguiente imagen</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | <p>Cuando la persona termina de decir las palabras para todos los estímulos se almacenan los datos en la tabla ASE de la base de datos y el entrenamiento retorna el sistema al menú de entrenamientos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>id</th> <th>id_usuario</th> <th>aciertos</th> <th>errores</th> <th>categoria</th> <th>numestimulos</th> <th>tiempogenera</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>147</td> <td>7</td> <td>20</td> <td>6</td> <td>Profesiones</td> <td>20</td> <td>260.9821</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>promrespuest</th> <th>tiempoximg</th> <th>fecha</th> <th>imagenes</th> <th>aciertosyerro</th> <th>tiempoerrorre</th> <th>palabras</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>13.04749</td> <td>8.251992</td> <td>19.25/04/2021 17:22</td> <td>pintor agricul</td> <td>[1 1 0 0 1 1 5.243561 12.</td> <td>médico </td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | id | id_usuario | aciertos | errores | categoria | numestimulos | tiempogenera | 147 | 7 | 20 | 6 | Profesiones | 20 | 260.9821 | promrespuest | tiempoximg | fecha | imagenes | aciertosyerro | tiempoerrorre | palabras | 13.04749 | 8.251992 | 19.25/04/2021 17:22 | pintor agricul | [1 1 0 0 1 1 5.243561 12. | médico | |
| id | id_usuario | aciertos | errores | categoria | numestimulos | tiempogenera | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 147 | 7 | 20 | 6 | Profesiones | 20 | 260.9821 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| promrespuest | tiempoximg | fecha | imagenes | aciertosyerro | tiempoerrorre | palabras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13.04749 | 8.251992 | 19.25/04/2021 17:22 | pintor agricul | [1 1 0 0 1 1 5.243561 12. | médico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



Menú de entrenamientos

Elaborada por el autor

8.4.1.5 Resultados para las pruebas definidas entrenamiento Aprendizaje sin error. Casos no válidos.

Tabla 26 Aprendizaje sin error – 05

| | |
|---|--|
| ID: Aprendizaje sin error - 05 | |
| Caso de prueba: 1,3 | |
| Descripción: Selecciona categoría y cantidad de estímulos fuera del rango. | |
| Valores de entrada: | Resultados esperados: |
| Categoría: Animales Numero de estímulos: 5 | Dado que el número de estímulos debe estar en el rango de 10 a 50, si se pone un número fuera de este rango, una vez se oprime el botón siguiente la herramienta pasa a la escena del entrenamiento pero aproxima el valor de estímulos al límite más cercano. Es decir, si se indica un valor menor que 10 el número de estímulos a presentarse será 10, si el número solicitado es mayor que 50, la cantidad de estímulos presentados será 50. |
| Evidencia: | Descripción: |

| | |
|--|--|
| | <p>Se indica como categoría animales y como cantidad de estímulos 5. En este caso la herramienta realiza una validación interna y al pasar a la escena de entrenamiento proyecta 10 estímulos.</p> |
| | <p>Se evidencian los 10 animales presentados prueba de la validación realizada por la herramienta.</p> |

Elaborada por el autor

Tabla 27. Aprendizaje sin error – 06

| | |
|--|--|
| <p>ID: Aprendizaje sin error - 06</p> | |
| <p>Caso de prueba: 1,4</p> | |
| <p>Selecciona categoría e indica un valor no numérico en la cantidad de estímulos.</p> | |
| <p>Valores de entrada:</p> | <p>Resultados esperados:</p> |
| <p>Categoría: Animales Numero de estímulos: TRECE</p> | <p>En este caso el sistema válida la información ingresada y por tratarse de un valor no numérico, internamente lo corrige</p> |

| | |
|--|---|
| | y asume como número de estímulos el valor 10. |
| Evidencia: | Descripción: |
|  | Se indica como categoría animales y como cantidad de estímulos CINCO. En este caso la herramienta realiza una validación interna y al pasar a la escena de entrenamiento proyecta 10 estímulos. |
|  | Se evidencian los 10 animales presentados prueba de la validación realizada por la herramienta. |

Elaborada por el autor

Tabla 28. Aprendizaje sin error - 07

| | |
|---|---|
| ID: Aprendizaje sin error - 07 | |
| Caso de prueba: 1,5 | |
| Selecciona categoría y no indica un valor en la cantidad de estímulos. | |
| Valores de entrada: | Resultados esperados: |
| Categoría: Animales Numero de estímulos: “ ” | En este caso el sistema valida la información ingresada y por tratarse de un valor no numérico, internamente lo corrige y asume como número de estímulos el valor 10. |
| Evidencia: | Descripción: |
|  | Se indica como categoría animales y como cantidad de estímulos se deja en blanco. En este caso la herramienta realiza una validación interna y al pasar a la escena de entrenamiento proyecta 10 estímulos. |
|  | Se evidencian los 10 animales presentados prueba de la validación realizada por la herramienta. |

Elaborada por el autor

Casos no válidos

Tabla 29. Aprendizaje sin error - 08

| | |
|--|--|
| ID: Aprendizaje sin error - 08 | |
| Caso de prueba: 2 | |
| La persona dice una palabra de animales incluida en el diccionario, pero no coincide con la imagen presentada. | |
| Valores de entrada: | Resultados esperados: |
| Reconocimiento de voz: En este caso la imagen presentada es “sapo”, la persona dice “iguana”. | La herramienta da una realimentación de voz donde le indica a la persona que el nombre correcto del estímulo es “sapo”. |
| Evidencia: | Descripción: |
|  <p>The screenshot shows a blue background with a central image of a green frog on a mossy rock. Below the image is a red circular icon of a speaker with sound waves, and the text "Recuerda este animal es un sapo".</p> | Una vez el sistema reconoce la palabra dicha por la persona e identifica que no corresponde con la imagen presentada, emite mediante síntesis de voz la frase “Recuerda este animal es un sapo” con la cual se le indica a la persona el nombre del animal en el estímulo. |

Elaborada por el autor

Tabla 30. Aprendizaje sin error – 09

| | |
|---|---|
| ID: Aprendizaje sin error - 09 | |
| Caso de prueba: 3 | |
| La persona dice una palabra no incluida en el diccionario de animales. | |
| Valores de entrada: | Resultados esperados: |
| Reconocimiento de voz: En este caso la imagen presentada es “pera”, la persona dice “pollo”. | La herramienta da una realimentación de voz donde le indica a la persona que el nombre correcto del estímulo es “pera”. |

| | |
|---|--|
| | |
| Evidencia: | Descripción: |
|  <p>Cara encontrada</p> <p>“Recuerda esta fruta es una pera”</p> | <p>Una vez el sistema reconoce la palabra dicha por la persona e identifica que no corresponde con la imagen presentada, emite mediante síntesis de voz la frase “Recuerda este animal es un pollo” con la cual se le indica a la persona el nombre del animal en el estímulo.</p> |

Elaborada por el autor

Tabla 31. Aprendizaje sin error – 09

| | |
|--|---|
| ID: Aprendizaje sin error - 10 | |
| Caso de prueba: 4 | |
| La persona no responde. | |
| Valores de entrada: | Resultados esperados: |
| <p>Reconocimiento de voz: En este caso la imagen presentada es “enfermera”, la persona no responde.</p> | <p>Después de 10 segundos sin obtener respuesta la herramienta da una realimentación de voz donde le indica a la persona que el nombre correcto del estímulo es “enfermera”.</p> |
| Evidencia: | Descripción: |
|  <p>Cara encontrada</p> <p>“Recuerda esta profesión es enfermera”</p> | <p>Una vez el sistema reconoce la palabra dicha por la persona e identifica que no corresponde con la imagen presentada, emite mediante síntesis de voz la frase “Recuerda esta profesión es enfermera” con</p> |

| | |
|---|---|
|  <p>“Recuerda esta profesión es enfermera”</p> | <p>la cual se le indica a la persona el nombre del animal en el estímulo.</p> |
|---|---|

Elaborada por el autor

Las tablas de la Tabla 22 a la Tabla 31 presentan las pruebas para los casos válidos y los no válidos del entrenamiento aprendizaje sin error. Se evidencia la ejecución adecuada para los casos válidos y las respectivas validaciones para los no válidos. Lo anterior evidencia que la herramienta es capaz de manejar las diferentes variaciones en las configuraciones del menú y en la ejecución del entrenamiento conforme se presenta la respuesta de la persona entrenada. Las pruebas para los demás elementos de la herramienta también fueron probados mediante esta metodología.

8.4.2 Desarrollo de la Prueba Piloto

De los adultos mayores evaluados y de los 35 que resultaron con tamización de DCL, se seleccionó un grupo de ocho personas diferentes a las que incorporaron el grupo de la fase previa (Validación de los entrenamientos cognitivos con fichas impresas).

Figura 61. Mujeres en prueba piloto herramienta.



Elaborada por el autor

El pilotaje de la herramienta se realizó en un periodo de cuatro meses en los que los adultos mayores acudían a dos sesiones semanales de media hora cada uno, en cada sesión se probaban las diferentes tareas cognitivas implementadas. También, las personas interactuaban con la herramienta y se realizaba el registro de las incidencias presentadas

además de las necesidades mismas de la población. Se realizó el seguimiento de la FV de las personas antes y después del desarrollo de este pilotaje.

Se verificaron varios aspectos del sistema implementado, la fiabilidad de los subsistemas, los entrenamientos cognitivos en su versión computacional, el funcionamiento efectivo de estos entrenamientos y su configuración, el registro de información en la base de datos, el funcionamiento de las interfaces de reconocimiento del habla y de gestos, la afinidad de las imágenes y su reconocimiento por parte de los usuarios.

Figura 62. Hombres en prueba piloto de la herramienta.



Elaborada por el autor

Se pudo seguir el proceso evolutivo del software desde la identificación de errores y fallos en el sistema, las recomendaciones de los usuarios que interactuaron con la herramienta y la interacción con el grupo de investigación. Desde esta prueba piloto se pudieron definir las variables para parametrizar cada entrenamiento, determinar los algoritmos de aprendizaje para la herramienta, además de proponer la intervención para un trabajo futuro en el que se realice una validación clínica de la herramienta que incluya un sistema de aprendizaje colaborativo.

En la Figura 61 y en la Figura 62 se observan las personas mayores en la prueba piloto de la herramienta. El resultado de más relevancia de la realización del pilotaje fue verificar el rendimiento de los adultos mayores en la resolución de las pruebas de FV pre y post el pilotaje esto se puede evidenciar en la Figura 64 y en la Figura 63, la primera con los resultados de las pruebas semánticas y la segunda con las pruebas fonológicas.

Si bien las personas que usaron la herramienta siguieron el plan de trabajo, el mismo se completó con algunas dificultades. La primera dificultad fue que de los ocho individuos que iniciaron el proceso solo cinco lo culminaron, esto debido a que empezaron su periodo vacacional y estas personas, a pesar de ser contactadas, no regresaron al Centro Vida. La segunda dificultad, también asociada al periodo vacacional, ocasionó que quienes completaron el plan de trabajo lo hicieron con un periodo de dos semanas en el que no asistieron a actividades. Estas dificultades pueden apreciarse en el comportamiento de las figuras 65 y 66 donde únicamente aparecen cinco personas y los resultados, si bien en la mayoría de las pruebas muestran mejorías, en algunos casos no se aprecian cambios o incluso, se observa un rendimiento inferior.

No obstante, el resultado general observado en las figuras 65 y 66 evidencia varios aspectos positivos a resaltar:

1. Las personas que completaron el plan de trabajo demostraron adherencia al entrenamiento.
2. Se observa una mejoría general en el rendimiento de las pruebas de fluidez verbal tanto semánticas como fonológicas.
3. Se observa mantenimiento de las funciones cognitivas asociadas con los procesos de FV en las personas que realizaron la prueba piloto.

Figura 63. Resultados pruebas de FVf pre y post pilotaje herramienta.

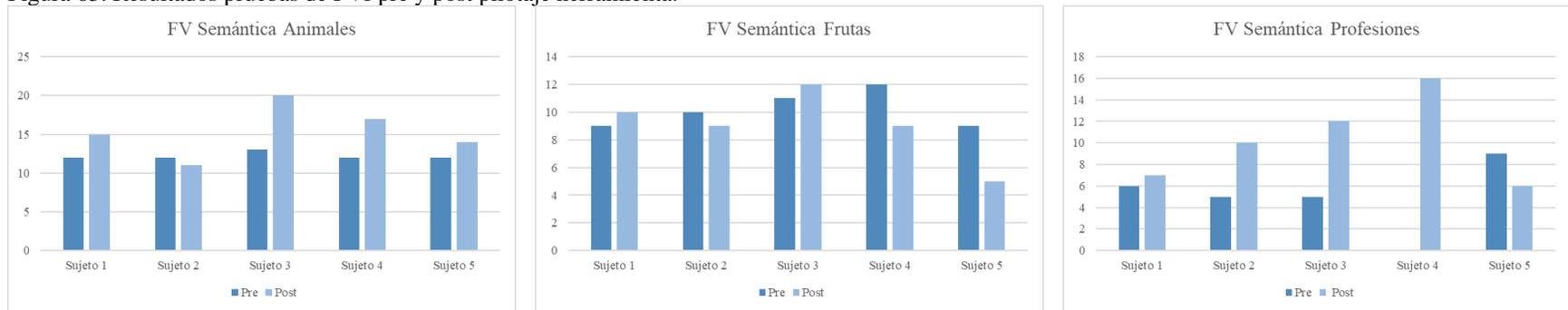
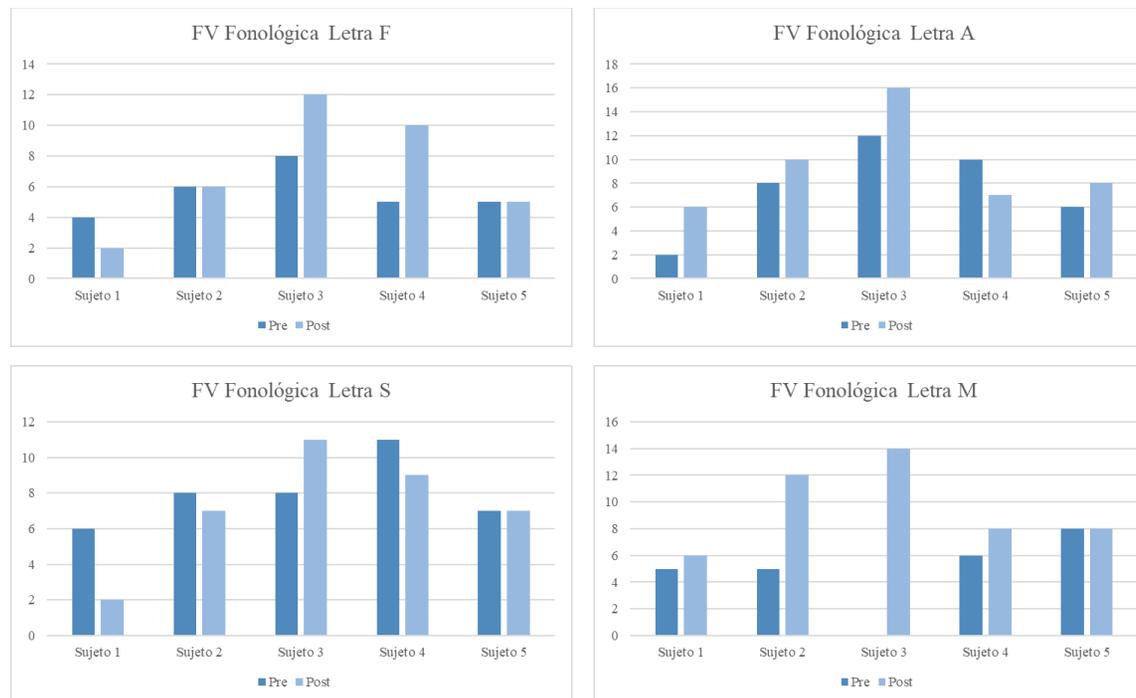


Figura 64. Resultados pruebas de FVs pre y post pilotaje herramienta.



Elaborada por el autor

También es de gran valor destacar que las personas mayores demostraron afinidad con la herramienta, entendieron las versiones computacionales de los entrenamientos y demostraron la funcionalidad de la misma. Lo anterior evidencia la utilidad de la herramienta para el entrenamiento cognitivo computacional con personas mayores. Del pilotaje también se pudo destacar que se observó la utilidad de la herramienta no solo para personas con DCL, sino que este sistema también puede resultar funcional en personas sin DCL en las que puede contribuir a mejorar su reserva cognitiva.

Si bien en este trabajo, el sistema fue orientado para el trabajo en función de la fluidez verbal, las diferentes adaptaciones de los entrenamientos permitieron que la herramienta fuera funcional para diferentes condiciones en personas que requieran entrenamiento cognitivo.

Otro aspecto a resaltar es que con esta prueba se pudo verificar el funcionamiento en general de la herramienta y como los diferentes componentes del SCA se integraron para soportar el entrenamiento cognitivo computacional a partir de los aspectos cognitivos (percepción, acción, anticipación y autonomía) incluidos en él. La herramienta también permitió realizar el seguimiento de las personas y del comportamiento de las variables de los entrenamientos durante cada sesión de entrenamiento; esto mediante la consolidación de la base de datos.

9 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En primer lugar, debe destacarse que este trabajo se centró en implementar una herramienta computacional que pudiera utilizarse para el entrenamiento de funciones cognitivas, esto es un SECC (Mueller, 2016); el caso concreto que se exploró fue el de FV. Para realizar esta herramienta computacional se tuvieron en cuenta varios aspectos de la cognición en un enfoque artificial, más precisamente desde la teoría de los SCA (Vernon, Metta, & Sandini, 2007) y concretamente desde el paradigma híbrido (Vernon, 2015). Puede decirse entonces que se construyó una herramienta computacional, que incorpora elementos de cognición artificial, para el desarrollo de un entrenamiento cognitivo computacional en personas mayores con DCL.

Para el desarrollo de este trabajo fue necesario verificar el rendimiento de las personas en la resolución de pruebas de FV. En los resultados de este trabajo se pudo evidenciar la valoración de varias bases de datos que permitieron caracterizar a la población. Una de estas bases de datos se implementó en el desarrollo de este trabajo con la participación de personas mayores de los Centros Vida La Isla y Caselata de la ciudad de Manizales haciendo uso de las pruebas propuestas en el libro de Neuropsicología en Colombia (Arango Lasprilla & Rivera, 2015).

De esta caracterización se pudieron destacar varios aspectos importantes relacionados con el rendimiento de las personas en las pruebas de FV. En primer lugar, se notó una marcada incidencia de aspectos sociodemográficos en el rendimiento de las pruebas, la edad, el sexo, el lugar del domicilio y por supuesto la escolaridad (Mitrushina, Boone, Razani, & D'Elia, 2005). Se pudo relatar en este sentido lo siguiente:

1. En relación a la edad se corroboró que el rendimiento de las pruebas es menor conforme avanza la edad, situación que coincide con lo reportado por Mitrushina, Boone, Razani, & D'Elia (2005) y por Fama, y otros (2000).
2. Hay diferencias entre los hombres y las mujeres en la resolución de estas tareas.
 - a. En este trabajo se observó que los hombres producen más palabras relacionadas con animales, mientras que las mujeres lo hacen con frutas, resultado que coincide con lo reportado por Marra, Ferraccioli, & Gainotti

(2007). Este resultado puede entenderse desde los oficios y ocupaciones que tradicionalmente han tenido hombres y mujeres y que se ve especialmente marcado en la población estudiada.

- b. En edades avanzadas se observaron pocos saltos entre categorías a la hora de resolver las pruebas de FVs (Lezak, 2004). Esto se entiende, primero, en personas sanas debido a una menor flexibilidad y velocidad de respuesta a la hora de resolver las tareas y en personas con deterioro como efecto mismo del proceso degenerativo.
 - c. También, se observó que las mujeres realizaron saltos entre categorías más habitualmente que los hombres (Lezak, 2004).
3. Se evidenció también una diferencia, si bien sutil, entre la población rural y la población urbana. Siendo evidente una mayor cantidad de palabras relacionadas con frutas y animales por parte de las personas con domicilios rurales que las personas en domicilios urbanos.

Un aspecto que debe destacarse es relacionado con la resolución de las pruebas de FVf en el cual las personas con baja escolaridad tuvieron un rendimiento pobre. En este sentido se aprecia el valor que tiene el nivel educativo en la consolidación de los procesos verbales del individuo. El componente semántico, si bien también está influenciado por factores educativos, es evidente que se establece en el individuo a partir de su interacción con el entorno y a partir del desarrollo de las actividades del día a día.

De la valoración de las pruebas de FV se pudieron realizar análisis para determinar las palabras más comunes dentro de la población de interés. Este resultado resultó ser de mucho valor pues en la verificación del sistema se validó la importancia de la validez ecológica (Gonçalves, Montoya, Llorens, & Bermúdez i Badia, 2021). Dicha validez ecológica consiste en que el entrenamiento desarrollado sea afín al contexto de la persona entrenada; con el caso de la presente herramienta se logró incluir este aspecto, por lo que los entrenamientos desarrollados fueron fácilmente asimilados por las personas mayores.

Como lo expresa Mueller K. D (2016), en los trabajos de entrenamiento cognitivo es fundamental garantizar la adherencia y continuidad del entrenamiento, de otra manera no es posible garantizar los efectos positivos del entrenamiento. En este estudio dicha situación

se puso en evidencia en el periodo de vacaciones que tienen los adultos de los centros vida, periodo de dos semanas. En ese corto periodo se pudo observar el retroceso de los entrenados en la realización de las tareas cognitivas. No obstante, gracias a la metodología implementada en la herramienta computacional, las personas mayores pudieron rápidamente ponerse al día con su entrenamiento.

En las valoraciones de tamización realizadas se puso en evidencia la dificultad que representa para una persona con Demencia mantener su atención en una tarea cognitiva. En ese sentido el presente trabajo corrobora la importancia de trabajar con personas que empiezan a cursar un proceso de Deterioro cognitivo, situación también reportada en el estado del arte Mueller K. D (2016).

Otro aspecto que se mantuvo durante la realización de este trabajo fue el equilibrio entre la habilidad del entrenado y la dificultad de los entrenamientos. Como se evidencia en el estado del arte, este flujo entre ambos parámetros es necesario para evitar estados indeseados en las personas que utilizan la herramienta como son la ansiedad o el aburrimiento (Groh, 2012). Para garantizar lo anterior, el desarrollo computacional presentado en este trabajo involucró varios aspectos:

Reconocimiento de voz: En primer lugar, se tuvo en cuenta que, por tratarse de personas mayores, esta herramienta requeriría una interfaz amigable para facilitar su usabilidad, pues no se espera de esta población conocimiento en el uso de herramientas de cómputo. Por este motivo se incorporó el reconocimiento de voz como interfaz de control. La inclusión de este elemento fue clave para garantizar que las personas pudieran manejar el sistema aun sin saber sobre herramientas computacionales. En este sentido, las herramientas computacionales reportadas en el estado del arte no evidencian el uso de reconocimiento de voz y han sido planeadas para un público general, lo cual supone una mejora lograda desde la presente propuesta al incluir las necesidades propias de la población (Lumosity® (Barnes, Yaffe, & Belfor, 2009; Rosen, Sugiura, Kramer, & Whitfield, 2011), Posit Science® (Finn & McDonald, 2011), otros trabajos en el área (Gaitán, y otros, 2013; Panza, y otros, 1996; Herrera, Chambon, Michel, Paban, & Alescio-Lautier, 2012; Lee, Yip, Yu, & Man, 2013; Gagnon & Belleville, 2012; Galante, Venturini, & Fiaccadori, 2007)).

Parametrización de los entrenamientos: Cada entrenamiento fue caracterizado y se determinó cuáles eran los parámetros que modificaban su funcionalidad y dificultad. De estos parámetros se pudieron establecer menús de configuración de los entrenamientos que pudieran modificar la configuración de los entrenamientos. Esta configuración puede establecerse conforme a la evolución de las personas entrenadas. La parametrización de los entrenamientos se pudo consolidar en la fase previa en la que se revisaron los seis entrenamientos cognitivos seleccionados mediante las fichas impresas.

Seguimiento en la evolución de las personas entrenadas: La herramienta computacional completada, tiene la capacidad de seguir a las personas entrenadas en todos los aspectos relacionados con la resolución de las tareas cognitivas. Esto es, tiempos de respuesta, aciertos, errores, palabras dichas, respuesta gestual. Del seguimiento de estos datos la herramienta construida puede incluso configurar la siguiente sesión de entrenamiento de cada persona.

Anticipación y autonomía del sistema: El seguimiento de las variables en los entrenamientos de las personas, permitió integrar los aspectos de anticipación y autonomía deseados en los SCA (Vernon, Metta, & Sandini, 2007). Estos aspectos conducen a la herramienta a la posibilidad de prepararse para cada sesión de entrenamiento, anticipando las necesidades de cada persona entrenada.

Si bien en este trabajo, el sistema fue orientado para el trabajo en función de la fluidez verbal, las diferentes adaptaciones de los entrenamientos permiten que la herramienta sea funcional para diferentes condiciones en personas que requieran entrenamiento cognitivo. En este sentido puede decirse que la parametrización de cada entrenamiento habilita al sistema para aplicarse en múltiples entrenamientos, incluso con personas sanas y para el entrenamiento de la cognición general.

Con todo lo anterior se puede afirmar que se completó la herramienta computacional según lo propuesto originalmente, incluyendo los aspectos de los SCA, percepción, acción, anticipación y autonomía; para estos aspectos cognitivos la herramienta incorporó diferentes algoritmos de aprendizaje automático, reconocimiento de voz, síntesis de voz, reconocimiento de patrones, reconocimiento gestual, entre otros.

10 CONCLUSIONES

Se desarrolló una herramienta computacional basada en los SCA que permite desarrollar un ECC orientado a la FV de personas con DCL. Este sistema computacional incorporó diferentes algoritmos que le permiten exhibir aspectos cognitivos (de forma artificial) como la percepción, la acción, la autonomía, la anticipación y el aprendizaje. Esta herramienta fue especialmente concebida para personas mayores, que por sus condiciones no tienen habilidad para el uso de equipos de cómputo, razón por la cual el desarrollo implementó las interfaces de reconocimiento de voz y síntesis de voz que facilitarían la interacción entre las personas que usaron la herramienta.

Como se expresó en los resultados, de este trabajo se puede verificar que las personas que completaron el plan de trabajo demostraron adherencia al entrenamiento, existió mejoría general en el rendimiento de las personas en la solución de las pruebas de fluidez verbal tanto semánticas como fonológicas. Se observó el mantenimiento de las funciones cognitivas asociadas con los procesos de FV durante el periodo de trabajo con la herramienta.

Las personas que interactuaron con esta herramienta manifestaron sentir cambios en su cognición que trascendieron los entrenamientos cognitivos; en este sentido las personas evidenciaron mejoría en sus habilidades sociales y manifestaron tener mejorías en sus habilidades en forma global, esto último, incluso, en esferas diferentes al componente de FV, en especial en lo relacionado a la memoria.

Las personas mayores demostraron afinidad con la herramienta, entendieron las versiones computacionales de los entrenamientos y demostraron la funcionalidad de la herramienta. En términos de usabilidad las personas comprendieron las interfaces implementadas y pudieron realizar los entrenamientos sin dificultad y a partir de las instrucciones proporcionadas por el mismo sistema. Lo anterior evidencia la utilidad de la herramienta para el entrenamiento cognitivo computacional con personas mayores.

Todas las pruebas desarrolladas permiten concluir que esta herramienta es útil no solo para personas con DCL, sino también para personas sanas que quieran contribuir en la mejoría de su reserva cognitiva.

La herramienta computacional construida se constituye en un elemento de utilidad para el trabajo cognitivo con personas mayores con y sin DCL. Esta herramienta ofrece la facilidad de que puede utilizarse sin limitaciones de tiempo y espacio. Lo anterior se explica desde la posibilidad que ofrece este sistema de ser instalado en equipos de cómputo que puedan estar ubicados en hogares geriátricos, Centros Vida, Centros Día, instituciones educativas o incluso en el domicilio de las personas. Esto último supone una mejoría en las metodologías tradicionales de terapias cognitivas donde la persona intervenida debe ajustarse a los horarios e infraestructura de sus instituciones prestadoras de salud o entrenadores. Si bien no se pretende con este desarrollo eliminar el trabajo de los entrenadores tradicionales si se constituye en una herramienta que facilita su labor y permite que las personas mantengan una mayor adherencia al tratamiento al facilitarle el acceso a sus terapias. También le permite al experto hacer un seguimiento pormenorizado de la evolución de cada individuo en la terapia realizada.

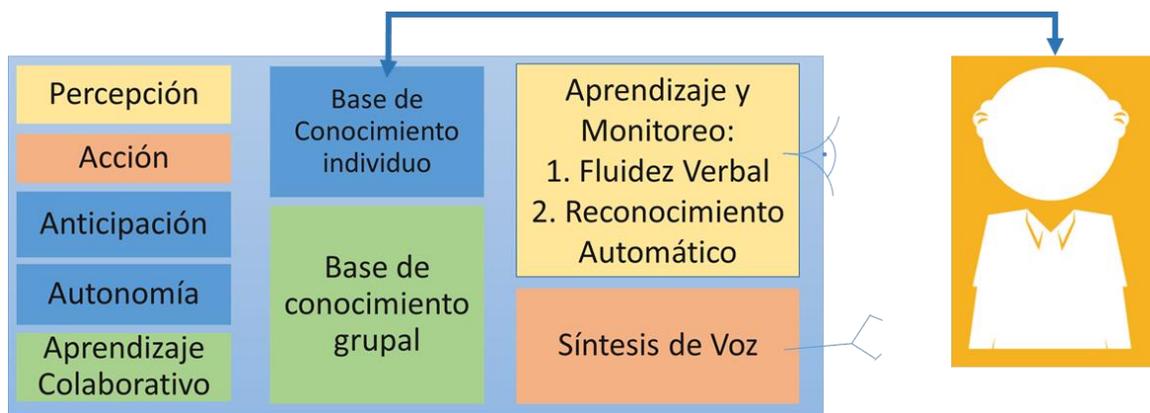
De este trabajo puede concluirse también que es necesario seguir contribuyendo con el desarrollo de herramientas pensadas en las necesidades de la población mayor. En este sentido ha de destacarse que es un curso de vida con necesidades especiales que lo constituyen en un grupo de población vulnerable. En Colombia, un alto porcentaje de las personas mayores se caracterizan por tener bajos niveles de escolaridad, bajos niveles de ingresos, altas cifras de soledad y depresión y, adicionalmente múltiples comorbilidades que limitan la posibilidad de tener estándares altos de calidad de vida. Lo anterior unido al hecho de la inversión de la pirámide poblacional y el aumento en la expectativa de vida, ponen en evidencia la necesidad de herramientas como la aquí presentada.

Es válido destacar que de esta herramienta se espera realizar su validación clínica. Las pruebas preliminares evidencian que esta herramienta conduce a mejoras especialmente en la FV y también en la cognición general. No obstante, es preciso verificar el efecto de intervenciones de largo plazo, la duración del efecto a lo largo del tiempo, si es necesario hacer un uso continuado e ininterrumpido de la herramienta en las personas que han iniciado un proceso degenerativo y pruebas adicionales que determinen la transferencia de los efectos a otras áreas de la vida diaria de cada persona.

11 TRABAJO FUTURO.

Como parte del trabajo futuro se propone desarrollar una cuarta iteración que incluya lo relacionado con aprendizaje grupal y que conduzca a la arquitectura de SCA presentada en la siguiente figura:

Figura 65. SCA incorporando el aprendizaje colaborativo.



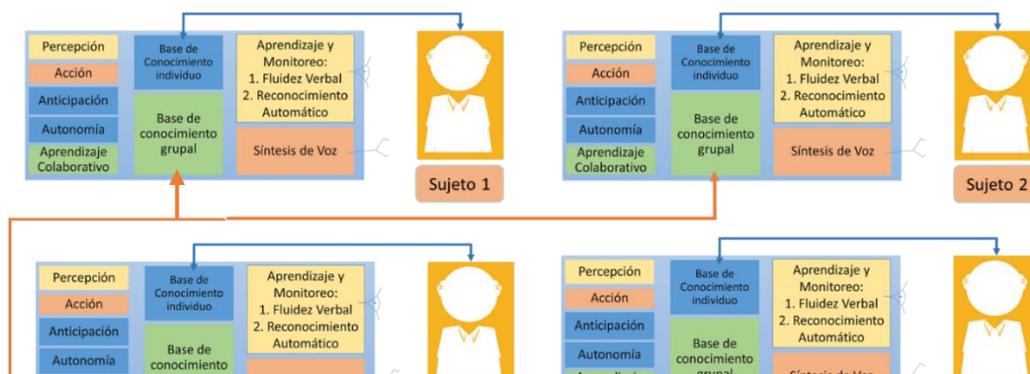
Elaborada por el autor

La inclusión del aprendizaje colaborativo permitirá que el SCA pueda aprender de la interacción de múltiples personas con la herramienta y ofrecer a cada una de ellas las mejores opciones de entrenamiento. Estas opciones de entrenamiento se determinarían de las mejores experiencias del SCA con las personas entrenadas. La

Elaborada por el autor

muestra al SCA interactuando con diferentes usuarios y desarrollando la base de conocimiento grupal.

Figura 66. SCA interacción con varios usuarios.



Elaborada por el autor

Una vez incluido el componente grupal se propone llevar a cabo el siguiente plan de intervención:

Tabla 32. Plan de intervención aplicado a los sujetos de investigación, en la versión computacional.

| Dominio | Fase 1 | | Fase 2 | | Fase 3 | |
|-------------------|----------------|--------------------------------|--|----------|---|----------|
| Memoria | ASE | <i>N-Back</i> | Por cada sujeto se establece el orden de presentación de las tareas conforme a la reacción emocional de la fase 1 y se realizan métricas para determinar el mejor desempeño. | | Se aplica a todos los sujetos el orden de presentación de tareas con el que se entrenó el sujeto de mejor desempeño en la fase 2. | |
| Función Ejecutiva | <i>Go NoGo</i> | <i>Stop</i> - <i>Signal</i> | | | | |
| Lenguaje | Categorización | Cancelación | | | | |
| Semana | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 6 | Semana 7 | Semana 8 |
| Mes | Mes 1 | | | Mes 2 | | |

Elaborada por el autor

En la Tabla 32, se observa la intervención en tres fases. En la primera los participantes recibirían de forma ordenada los entrenamientos, esto es, se presentan la primer semana entrenamientos por cada dominio cognitivo empezando por los de menor complejidad y luego, en la segunda semana, con los de mayor complejidad. Luego se desarrolla la segunda fase, en la que cada individuo recibirá un entrenamiento cognitivo asociado a su afinidad con los entrenamientos de la primera fase, esto es, los entrenamientos se organizan de

conformidad con las valoraciones de puntajes de la fase previa, reorganizando los entrenamientos semanalmente en orden de mayor a menor afinidad. Finalmente, se desarrollaría la tercera fase en la que se destaca el comportamiento grupal de la herramienta, pues en esta fase todos los participantes recibirían el entrenamiento en el mismo orden de aparición; para determinar este orden de aparición, se calculará el mejor rendimiento de la fase anterior.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Las limitaciones de este estudio se presentan a continuación:

a. Limitaciones metodológicas

Con las fases cubiertas se verificó la funcionalidad de la herramienta para el entrenamiento cognitivo, no solo de la fluidez verbal sino de varios dominios cognitivos en personas mayores. Las personas mayores que participaron en la fase previa y las pruebas de funcionamiento del sistema computacional demostraron afinidad con las tareas cognitivas elegidas, adherencia al entrenamiento cognitivo y se evidenció que las personas pudieron utilizar la herramienta como fue concebida. La imposibilidad de acceder a la población por causas de la pandemia por COVID19 limitó el estudio a uno de desarrollo tecnológico.

b. Limitaciones sociales y de Salud pública

Las limitaciones del estudio de orden social, se relacionaron con los problemas de salud pública asociados a la pandemia por COVID19. Estos problemas obligaron a la realización de cambios metodológicos a la propuesta inicial. A continuación, enuncio dichas limitaciones.

- La no renovación del programa del Adulto Mayor y cierre por pandemia de los centros día y vida de la ciudad de Manizales, que son administrados por la Alcaldía de Manizales en cabeza de la secretaría de Desarrollo social. Debido a esta razón no se completó la intervención con la herramienta computacional; sin embargo, se

alcanzó a completar las pruebas funcionales que permitieron consolidar dicha herramienta. Vale destacar que fue en estos centros, bajo autorización de la Secretaría de Desarrollo Social, que se desarrolló esta investigación con las personas mayores que asistían a dichos lugares.

- Resistencia de las personas mayores y sus familiares al contacto con personas diferentes a las que conformaban su grupo familiar, debido al incremento del riesgo de contagio, para las personas mayores durante las visitas domiciliarias. En este sentido debe advertirse que se realizó contacto con la Secretaría de Desarrollo Social para contemplar la posibilidad de realizar visitas domiciliarias, sin embargo, esta alternativa fue negada por tratarse de población de alto riesgo. También se elevó solicitud a la Territorial de Salud de Caldas en busca de un permiso especial para dar continuidad al trabajo, pero el mismo fue negado a pesar de expresar en la solicitud que se aplicarían todos los protocolos de bioseguridad. Adicionalmente, se propuso desarrollar el trabajo en otros lugares donde se reúnen personas mayores, como hogares geriátricos o en el hospital geriátrico San Isidro, sin embargo, la alta vulnerabilidad de la población ante el SARS-CoV-2, fue una consideración que impidió el trabajo en estos otros lugares.

12 BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, V., Jacobs, R., & Anderson, P. J. (2010). *Executive functions and the frontal lobes: A lifespan perspective*. Psychology Press.
- Arango Lasprilla, J. C., & Rivera, D. (2015). *Neuropsicología en Colombia: Datos normativos, estado actual y retos a futuro*. Manizales: Universidad Autónoma de Manizales.
- Ardila, G. P., Vesga, B. E., & Leon, F. E. (2002). Estudio neuroepidemiológico en Aratoca, una área rural del oriente colombiano. *Rev. méd. Chile*, 130, 191-199.
- Aroon, A., & Dhonde, S. (2015). Statistical Parametric Speech Synthesis: A review. *Intelligent Systems and Control (ISCO), 2015 IEEE 9th International Conference on*, 1--5.
- Arroyo-Anlló, E. M., Díaz-Marta, J. P., & Chamorro Sánchez, J. (2012). Técnicas de rehabilitación neuropsicológica en demencias: hacia la ciber-rehabilitación neuropsicológica. *Pensamiento psicológico*, 10, 107-127.
- Artero, S., Ancelin, M.-L., Portet, F., Dupuy, A., Berr, C., Dartigues, J.-F., others. (2008). Risk profiles for mild cognitive impairment and progression to dementia are gender specific. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 979--984.
- Bach, P., Rita, & Kerckel, S. W. (2003). Sensory substitution and the human-machine interface. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(12), 541-546.
- Baldo, J. V., Schwartz, S., Wilkins, D., & Dronkers, N. F. (2006). Role of frontal versus temporal cortex in verbal fluency as revealed by voxel-based lesion symptom mapping. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12(06), 896-900.
- Barnes, D. E., & Yaffe, K. (2011). The projected effect of risk factor reduction on Alzheimer's disease prevalence. *The Lancet Neurology*, 10(9), 819-828.
- Barnes, D., Yaffe, K., & Belfor, N. (2009). {Computer-based cognitive training for mild cognitive impairment: results from a pilot randomized, controlled trial}. *Alzheimer disease & related disorders*, 23(3), 205-210.
- Bedia, M. G., & Ossa, L. F. (2010). HACIA UNA TEORÍA DE LA MENTE CORPORIZADA: La influencia de los mecanismos sensoriomotores en el desarrollo de la cognición. *Anfora*, 101-124.

- Belleville, S., Boller, B., & del Val, L. P. (2016). Cognitive Training in Mild Cognitive Impairment. En *Cognitive Training* (págs. 187-197). Springer.
- Belleville, S., Gilbert, B., Fontaine, F., Gagnon, L., Ménard, É., & Gauthier, S. (2006). Improvement of episodic memory in persons with mild cognitive impairment and healthy older adults: Evidence from a cognitive intervention program. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 22(5-6), 486-499.
- Benton, A., Hamsher, K. d., & Sivan, A. (1989). Multilingual Aphasia Examination. Iowa City, IA: AJA Associates. *NEUROPSYCHOLOGY, BLOCKING, SCHIZOPHRENIA*, 59.
- Bertola, L., Mota, N. B., Copelli, M., Rivero, T., Diniz, B. S., Romano-Silva, M. a., . . . Malloy-Diniz, L. F. (2014). Graph analysis of verbal fluency test discriminate between patients with Alzheimer's disease, mild cognitive impairment and normal elderly controls. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6(July), 1-10. Obtenido de <http://journal.frontiersin.org/Journal/10.3389/fnagi.2014.00185/abstract>
- Bier, B., de Boysson, C., & Belleville, S. (2014). Identifying training modalities to improve multitasking in older adults. *Age*, 36(4), 9688.
- Birn, R. M., Kenworthy, L., Case, L., Caravella, R., Jones, T. B., Bandettini, P. A., & Martin, A. (2010). Neural systems supporting lexical search guided by letter and semantic category cues: a self-paced overt response fMRI study of verbal fluency. *Neuroimage*, 49(1), 1099-1107.
- Borkowski, J. G., Benton, A. L., & Spreen, O. (1967). Word fluency and brain damage. *Neuropsychologia*, 5(2), 135-140.
- Brachman, R. J. (2002). Systems that know what they're doing. *IEEE Intelligent systems*, 17(6), 67-71.
- Braiek, H. B., & Khomh, F. (2020). On testing machine learning programs. *Journal of Systems and Software*, 164, 110542.
- Bueso-Izquierdo, N., Hidalgo-Ruzzante, N., Burneo-Garcés, C., & Pérez-García, M. (2015). Procesamiento emocional en maltratadores de género mediante el Test de Expresiones Faciales de Ekman y la Tarea Stroop Emocional. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 47, 102-110.
- Bullock, R. (2008). Mild cognitive impairment . *Psychiatry* , 7(1), 36-38.
- Butman, J., Allegri, R. F., Harris, P., & Drake, M. (2000). Fluencia verbal en espa{\~n}ol. Datos normativos en Argentina. *Medicina*, 60(5/1), 561-4.
- Butters, N., Granholm, E., Salmon, D. P., Grant, I., & Wolfe, J. (1987). Episodic and semantic memory: A comparison of amnesic and demented patients. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 9(5), 479-497.

- Casals-Coll, M., Sánchez-Benavides, G., Quintana, M., Manero, R., Rognoni, T., Calvo, L., . . . Peña-Casanova, J. (2013). Estudios normativos españoles en población adulta joven (proyecto NEURONORMA jóvenes): normas para los test de fluencia verbal. *Neurología*, 28(1), 33-40.
- Chan, M., Haber, S., Drew, L., & Park, D. (2016). Training older adults to use tablet computers: does it enhance cognitive function? *The Gerontologist*, 475--484.
- Clare, L., & Wilson, B. A. (2004). Memory Rehabilitation Techniques for People with Early-Stage Dementia. *Zeitschrift für Gerontopsychologie & -psychiatrie*.
- Clare, L., & Woods, R. T. (2003). Cognitive training and cognitive rehabilitation for people with early-stage dementia. *Reviews in Clinical Gerontology*, 13(1), 75-83. Obtenido de <http://journals.cambridge.org/production/action/cjoGetFulltext?fulltextid=212274>
- Clark, L. J., Gatz, M., Zheng, L., Chen, Y.-L., McCleary, C., & Mack, W. J. (2009). Longitudinal verbal fluency in normal aging, preclinical, and prevalent Alzheimer's disease. *American journal of Alzheimer's disease and other dementias*.
- Cuetos-Vega, F., Menéndez-González, M., & Calatayud-Noguera, T. (2007). Descripción de un nuevo test para la detección precoz de la enfermedad de Alzheimer. *Rev Neurol*, 44(8), 469-474.
- Dannhauser, T., Cleverley, M., Whitfield, T., Fletcher, B., Stevens, T., & Walker, Z. (2014). A complex multimodal activity intervention to reduce the risk of dementia in mild cognitive impairment--ThinkingFit: pilot and feasibility study for a randomized controlled trial. *BMC psychiatry*, 129.
- David, A. S. (1992). Frontal lobology: Psychiatry's new pseudoscience. *The British Journal of Psychiatry*.
- DeCarli, C. (2003). Mild cognitive impairment: prevalence, prognosis, aetiology, and treatment . *The Lancet Neurology* , 2(1), 15-21.
- Departamento Nacional de Estadísticas DANE. (28 de 03 de 2021). *Distribución de la población por sexo y edad. Censo 2018*. Obtenido de DANE: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/cuantos-somos>
- Díaz Cabezas, R., Marulanda Mejía, F., & Martínez Arias, M. (2013). Prevalencia de deterioro cognitivo y demencia en mayores de 65 años en una población urbana colombiana. *Acta Neurológica Colombiana*, 141--151.
- Diéguez-Vide, F., & Peña-Casanova, J. (2012). Cerebro y lenguaje. *Sintomatología neurolingüística. Madrid: Médica Panamericana*.
- Ekman, P., & Oster, H. (1981). Expresiones faciales de la emoción. *Estudios de psicología*, 115--144.

- El, S., Ehab, H., & Abdelwahab, M. (2015). A global human action, facial and gestures recognition algorithm employing multiple features extraction and CCA. *Circuits and Systems (MWSCAS), 2015 IEEE 58th International Midwest Symposium on* (págs. 1--4). IEEE}.
- Estes, W. K. (1974). Learning theory and intelligence. *American Psychologist*, 29(10), 740.
- Fama, R., Sullivan, E. V., Shear, P. K., Cahn-Weiner, D. A., Marsh, L., Lim, K. O., . . . Pfefferbaum, A. (2000). Structural brain correlates of verbal and nonverbal fluency measures in Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 14(1), 29.
- Fiatarone Singh, M. A., Gates, N., Saigal, N., Wilson, G. C., Meiklejohn, J., Brodaty, H., . . . Valenzuela, M. (2014). {The Study of Mental and Resistance Training (SMART) Study-Resistance Training and/or Cognitive Training in Mild Cognitive Impairment: A Randomized, Double-Blind, Double-Sham Controlled Trial}. *Journal of the American Medical Directors Association*, 15(12), 873-880. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1016/j.jamda.2014.09.010>
- Fillmore, C. J., Kempler, D., & Wang, W. S. (2014). *Individual differences in language ability and language behavior*. Academic Press.
- Finn, M., & McDonald, S. (2011). {Computerised cognitive training for older persons with mild cognitive impairment: A pilot study using a randomised controlled trial design}. *Brain Impairment*, 12(3), 187-199. Obtenido de [http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84555219903&partnerID=40&md5=ca6f3625eeb6dbe9f16bc45280d735b0\\$](http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84555219903&partnerID=40&md5=ca6f3625eeb6dbe9f16bc45280d735b0$) [backslash\\$http://journals.cambridge.org/download.php?file=/BIM/BIM12{ }03/S1443964600002394a.pdf&code=021a90894cba3952ead73b8e039e5e6c](http://journals.cambridge.org/download.php?file=/BIM/BIM12{ }03/S1443964600002394a.pdf&code=021a90894cba3952ead73b8e039e5e6c)
- Flórez Ruíz, J. C. (2016). Sistema computacional para el diagnóstico asistido de deterioro cognitivo leve en personas mayores de 60 años.
- Gagnon, L. G., & Belleville, S. (2011). Working memory in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: Contribution of forgetting and predictive value of complex span tasks. *Neuropsychology*, 25(2), 226.
- Gagnon, L. G., & Belleville, S. (2012). {Training of attentional control in mild cognitive impairment with executive deficits: Results from a double-blind randomised controlled study}. *Neuropsychological Rehabilitation*(August 2015), 1-27.
- Gaitán, A., Garolera, M., Cerulla, N., Chico, G., Rodriguez-Querol, M., & Canela-Soler, J. (2013). {Efficacy of an adjunctive computer-based cognitive training program in amnesic mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: A single-blind, randomized clinical trial}. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 28(1), 91-99.
- Gajewski, P. D., Hanisch, E., Falkenstein, M., Thönes, S., & Wascher, E. (2018). What Does the n-Back Task Measure as We Get Older? Relations Between Working-

- Memory Measures and Other Cognitive Functions Across the Lifespan. *Frontiers in Psychology*, 9, 2208. doi:10.3389/fpsyg.2018.02208
- Galante, E., Venturini, G., & Fiaccadori, C. (2007). {Computer-based cognitive intervention for dementia: Preliminary results of a randomized clinical trial}. *Giornale Italiano Medicina del Lavoro ed Ergonomia*, 29(3), 26-32.
- Gauthier, S., Reisberg, B., Zaudig, M., Petersen, R. C., Ritchie, K., Broich, K., . . . Winblad, B. (2006). Mild cognitive impairment . *The Lancet* , 367(9518), 1262-1270. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673606685425>
- Geslani, D., Tierney, M., Herrmann, N., & Szalai, J. (2005). Mild Cognitive Impairment: An Operational Definition and Its Conversion Rate to Alzheimerâ€™s Disease. *Mild Cognitive Impairment: An Operational Definition and Its Conversion Rate to Alzheimerâ€™s Disease*, 19(5-6), 383-389. Obtenido de <http://www.karger.com/DOI/10.1159/000084709>
- Gioia, G. A., Isquith, P. K., & Guy, S. C. (2001). Assessment of executive functions in children with neurological impairment.
- Gonçaves, A., Montoya, M., Llorens, R., & Bermúdez i Badia, S. (4 de 2021). A virtual reality bus ride as an ecologically valid assessment of balance: a feasibility study. *Virtual Reality*. doi:10.1007/s10055-021-00521-6
- Gooding, M., Amaya, E., Parra, M., & Ríos, A. M. (2006). Prevalencia de las demencias en el municipio de Neiva 2003-2005. *Acta Neurol Colomb*, 22, 243-248.
- Gourovitch, M. L., Kirkby, B. S., Goldberg, T. E., Weinberger, D. R., Gold, J. M., Esposito, G., . . . Berman, K. F. (2000). A comparison of rCBF patterns during letter and semantic fluency. *Neuropsychology*, 14(3), 353.
- Graessel, E., Stemmer, R., Eichenseer, B., Pickel, S., Donath, C., Kornhuber, J., & Luttenberger, K. (2011). Non-pharmacological, multicomponent group therapy in patients with degenerative dementia: a 12-month randomized, controlled trial. *BMC medicine*, 129.
- Groh, F. (2012). Gamification: State of the art definition and utilization. *Institute of Media Informatics Ulm University*, 39, 31.
- Hannay, H., Howieson, D., Loring, D., Fischer, J., & Lezak, M. (2004). Neuropathology for neuropsychologists. *Neuropsychological assessment*, 4, 157-194.
- Harada, C., Love, M., & Triebel, K. (2013). Normal cognitive aging. *Clinics in geriatric medicine*, 737--752.
- Henao-Arboleda, E., Aguirre-Acevedo, D., Muñoz, C., Pineda, D., & Lopera, F. (2008). Prevalencia de deterioro cognitivo leve de tipo amnésico en una población colombiana. *REV NEUROL*, 46.

- Henry, J. D., & Crawford, J. R. (2004). A meta-analytic review of verbal fluency performance following focal cortical lesions. *A meta-analytic review of verbal fluency performance following focal cortical lesions*. American Psychological Association.
- Henry, J. D., Crawford, J. R., & Phillips, L. H. (2004). Verbal fluency performance in dementia of the Alzheimer's type: a meta-analysis. *Neuropsychologia*, 42(9), 1212-1222.
- Herrera, C., Chambon, C., Michel, B. F., Paban, V., & Alescio-Lautier, B. (2012). {Positive effects of computer-based cognitive training in adults with mild cognitive impairment}. *Neuropsychologia*, 50(8), 1871-1881. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.04.012>
- Herrera, E., Cuetos, F., & Ribacoba, R. (2012). Verbal fluency in Parkinson's disease patients on/off dopamine medication. *Neuropsychologia*, 50(14), 3636-3640.
- Homès, B. (2013). *Fundamentals of software testing*. John Wiley & Sons.
- Jain, S., Hu, C., & Aggarwal, J. (2011). Facial expression recognition with temporal modeling of shapes. *Computer Vision Workshops (ICCV Workshops), 2011 IEEE International Conference on* (págs. 1642--1649). IEEE.
- Janoutová, J., Serý, O., Hosák, L., & Janout, V. (2015). Is Mild Cognitive Impairment a Precursor of Alzheimer's Disease? Short Review. *Central European journal of public health*, 365.
- Jorgensen, P. C. (2018). *Software testing: a craftsman's approach*. CRC press.
- Juncos-Rabadán, O. (2009). {Lenguaje en el deterioro cognitivo leve}. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 29(1), 1-3. Obtenido de <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0214460309701378>
- Karbach, J., & Kray, J. (2016). Executive Functions. En S. Tilo, & J. Karbach, *Cognitive Training: An overview of Features and Applications* (págs. 93--103). Springer International Publishing.
- Kempler, D. (2005). *Neurocognitive Disorders in Aging*. SAGE Publications. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=tbwOIDoQQR4C>
- Kempler, D., Teng, E. L., Dick, M., Taussig, I. M., & Davis, D. S. (1998). The effects of age, education, and ethnicity on verbal fluency. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 4(06), 531-538.
- Kramer, A. F., Larish, J. F., & Strayer, D. L. (1995). Training for attentional control in dual task settings: A comparison of young and old adults. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 1(1), 50.
- Kumar, M., Rajput, N., & Verma, A. (2004). A large-vocabulary continuous speech recognition system for Hindi. *IBM journal of research and development*, 703--715.

- Laborde, P., Costiou, S., Le Pors, É., & Plantec, A. (2020). 15 Years of Reuse Experience in Evolutionary Prototyping for the Defense Industry. En S. Ben Sassi, S. Ducasse, & H. Mili (Ed.), *Reuse in Emerging Software Engineering Practices* (págs. 87-99). Cham: Springer International Publishing.
- Laine, M. (1988). Correlates of word fluency performance. In P. Koivuselka-Sallinen & L-Sarajarvi(Eds.) *Studies in languages*. 12.
- Lasprilla, J. C. (2006). *Rehabilitación neuropsicológica*. Editorial El Manual Moderno.
- Lee, G. Y., Yip, C. C., Yu, E. C., & Man, D. W. (2013). {Evaluation of a computer-assisted errorless learning-based memory training program for patients with early Alzheimer's disease in Hong Kong: A pilot study}. *Clinical Interventions in Aging*, 8, 623-633.
- Levelt, W. (1989). *ACL. ACL*. MIT Press series in natural-language processing. Speaking: From intention to articulation. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Lezak, M. D. (2004). *Neuropsychological assessment*. Oxford University Press, USA.
- Libon, D., McMillan, C., Gunawardena, D., Powers, C., Massimo, L., Khan, A., . . . others. (2009). Neurocognitive contributions to verbal fluency deficits in frontotemporal lobar degeneration. *Neurology*, 73(7), 535-542.
- Llibre, J. J., & Hernández, M. G. (2002). Actualización sobre la enfermedad de Alzheimer. {*Revista Cubana de Medicina General Integral*}, 18, 264-269.
- Logan, G. D., Schachar, R. J., & Tannock, R. (1997). Impulsivity and inhibitory control. *Psychological science*, 8, 60-64.
- Luria, A. R. (1976). *The working brain: An introduction to neuropsychology*. Basic Books.
- Maci, T., Pira, F., Quattrocchi, G., Nuovo, S., Perciavalle, V., & Zappia, M. (2012). Physical and cognitive stimulation in Alzheimer Disease. the GAIA Project: a pilot study. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, 107--113.
- Mahendra, N., Kim, E. S., Bayles, K. A., Hopper, T., Cleary, S. J., & Azuma, T. (2005). Evidence-based practice recommendations for working with individuals with dementia: Computer-assisted cognitive interventions (CACIs). *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 13(4), xxxv--xxxv.
- Man, D. W., Chung, J. C., & Lee, G. Y. (2012). Evaluation of a virtual reality-based memory training programme for Hong Kong Chinese older adults with questionable dementia: a pilot study. *International journal of geriatric psychiatry*, 27(5), 513-520.
- Marra, C., Ferraccioli, M., & Gainotti, G. (2007). Gender-related dissociations of categorical fluency in normal subjects and in subjects with Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 21(2), 207.

- Martin, M., Clare, L., Altgassen, A. M., Cameron, M. H., & Zehnder, F. (2011). Cognition-based interventions for healthy older people and people with mild cognitive impairment (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews*(January), 1-51.
- Martínez, M. V. (2005). *La legislación en favor de las personas mayores en América Latina y el Caribe*.
- Maseda, A., Millán-Calenti, J. C., Lorenzo-López, L., & Núñez-Naveira, L. (2013). {Efficacy of a computerized cognitive training application for older adults with and without memory impairments}. *Aging Clinical and Experimental Research*, 25(4), 411-419.
- Ministerio de Salud Colombia, COLCIENCIAS. (2016). *Encuesta SABE COLOMBIA 2015*. Cali.
- Mitrushina, M., Boone, K. B., Razani, J., & D'Elia, L. F. (2005). *Handbook of normative data for neuropsychological assessment*. Oxford University Press.
- Moran, J., Jolly, E., & Mitchell, J. (2012). Social-cognitive deficits in normal aging. *Journal of neuroscience*, 5553-5561.
- Mueller, K. D. (2016). {A Review of Computer-Based Cognitive Training for Individuals With Mild Cognitive Impairment and Alzheimer ' s Disease}. 1(Part 1).
- Muñoz, E. (2009). {Estimulación Cognitiva}.
- Murphy, K. J., Rich, J. B., & Troyer, A. K. (2006). Verbal fluency patterns in amnesic mild cognitive impairment are characteristic of Alzheimer's type dementia. *Journal of the International Neuropsychological Society : JINS*, 12, 570-574.
- Nidhra, S., & Dondeti, J. (2012). Black box and white box testing techniques-a literature review. *International Journal of Embedded Systems and Applications (IJESA)*, 2, 29-50.
- Nitrini, R., Lourenço, R. A., Martins, E., Paradela, D. P., Carthery-goulart, M. T., & Caramelli, P. (2009). Age and educational level effects on the performance of normal elderly on category verbal fluency tasks. 3(1), 49-54.
- Nunez, R. E., & Freeman, W. J. (1999). Restoring to cognition the forgotten primacy of action, intention and emotion. *Journal of Consciousness Studies*, 6(11-12), ix--xx.
- Nutter-Upham, K. E., Saykin, A. J., Rabin, L. A., Roth, R. M., Wishart, H. A., Pare, N., & Flashman, L. A. (2008). Verbal fluency performance in amnesic MCI and older adults with cognitive complaints. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 23(3), 229-241.
- Olchik, M. R., Farina, J., Steibel, N., Teixeira, A. R., & Yassuda, M. S. (2013). Memory training (MT) in mild cognitive impairment (MCI) generates change in cognitive performance. *Archives of gerontology and geriatrics*, 56(3), 442-447.

- Osorno, D., Cano, C., López, J., Bocanegra, Y., Alarcón, R., Ocampo, J., . . . Iragorri, A. (2009). Guía colombiana para el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de las demencias. *Guía colombiana para el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de las demencias*, 23, 1-78. Asociación Colombiana de Geriatria y Gerontología.
- Östberg, P., Fernaeus, S.-E., Hellström, Å. H., & Wahlund, L.-O. (2005). Impaired verb fluency: A sign of mild cognitive impairment. *Brain and Language*, 95(2), 273-279.
- Panza, F., Solfrizzi, V., Mastroianni, F., Nard{\o}, G., Cigliola, F., & Capurso, A. (1996). A rehabilitation program for mild memory impairments. *Archives of gerontology and geriatrics*, 22, 51-55.
- Papp, K. V., Walsh, S. J., & Snyder, P. J. (2009). Immediate and delayed effects of cognitive interventions in healthy elderly: A review of current literature and future directions. *Alzheimer's and Dementia*, 5(1), 50-60. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1016/j.jalz.2008.10.008>
- Park, D. C., Lodi-Smith, J., Drew, L., Haber, S., Hebrank, A., Bischof, G. N., & Aamodt, W. (2014). The impact of sustained engagement on cognitive function in older adults: the synapse project. *Psychological science*, 25(1), 103-112.
- Patil, U., Shirbahadurkar, S., & Paithane, A. (2016). Automatic speech recognition models: A characteristic and performance review. *Computing Communication Control and automation (ICCUBEA), 2016 International Conference on*, 1--7.
- Pedone, G. P. (2011). *Multi Agent System Multi Agent Systems*. Ph.D. dissertation.
- Pedraza, O., Perilla, H., Cruz, A., Botero, J., Montalvo, M., Salazar, A., . . . Plata, S. (2016). Deterioro cognitivo y factores de riesgo cardiovascular y metabólico en una muestra de adultos de Bogotá. *Acta Neurológica Colombiana*, 91--99.
- Peschl, M. F. (1990). {A Cognitive Model Coming up to Epistemological Claims Constructivist Aspects to Modeling Cognition Cognitive Modeling}. 657-662.
- Petersen, R. C., & Morris, J. C. (2005). Mild cognitive impairment as a clinical entity and treatment target. *Archives of neurology*, 62(7), 1160-1163.
- Petersen, R. C., Smith, G. E., Waring, S. C., Ivnik, R. J., Tangalos, E. G., & Kokmen, E. (1999). Mild Cognitive Impairment Clinical Characterization and Outcome. *Arch Neurol*, 303-308.
- Petersen, R., Doody, R., Kurz, A., Mohs, R., Morris, J., Rabins, P., . . . Winblad, B. (2001). Current concepts in mild cognitive impairment. *Archives of neurology*, 1985--1992.
- Plassman, B. L., Langa, K. M., Fisher, G. G., Heeringa, S. G., Weir, D. R., Ofstedal, M. B., . . . Wallace, R. B. (s.f.). Prevalence of Cognitive Impairment without Dementia in the United States. *Prevalence of Cognitive Impairment without Dementia in the United States(1539-3704 (Electronic))*, --.

- Prada, S., Takeuchi, Y., & Ariza, Y. (2014). Costo monetario del tratamiento de la enfermedad de Alzheimer en Colombia. *Acta Neurol Colomb*, 247--255.
- Pradilla, G., Vesga, B., Diaz, L., Pinto, N., Sanabria, C., Baldovino, B., . . . Lopez-Jaramillo, P. (2002). Estudio neuroepidemiológico en la comunidad urbana de Piedecuesta, Santander. *Acta méd. colomb*, 407--420.
- Prince, M., Bryce, R., Albanese, E., Wimo, A., Ribeiro, W., & Ferri, C. (2013). The global prevalence of dementia: a systematic review and metaanalysis. *Alzheimer's & Dementia*, 63--75.
- Radanovic, M., Diniz, B. S., Mirandez, R. M., Novaretti, T. M., Flacks, M. K., Yassuda, M. S., & Forlenza, O. V. (2009). Verbal fluency in the detection of mild cognitive impairment and Alzheimer's disease among Brazilian Portuguese speakers: the influence of education. *International Psychogeriatrics*, 21(06), 1081. Obtenido de http://www.journals.cambridge.org/abstract{_}S1041610209990639
- Ramos-Galarza, C., Jadán-Guerrero, J., Ramos, D., Bolaños, M., & Ramos, V. (2017). Evaluación Neuropsicológica Del Control Inhibitorio Y El Control De La Interferencia: Validación De Tareas Experimentales En El Contexto Ecuatoriano. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 26, 27-34.
- Rapp, B. (2015). *Handbook of cognitive neuropsychology: what deficits reveal about the human mind*. Psychology Press.
- Reijnders, J., van Heugten, C., & van Boxtel, M. (2013). Cognitive interventions in healthy older adults and people with mild cognitive impairment: A systematic review. *Ageing Research Reviews*, 12(1), 263-275. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1016/j.arr.2012.07.003>
- Restrepo de Mejía, F., Segura Giraldo, B., Medina Salcedo, J., Méndez Ramírez, L., Murillo Rendón, S., Márquez Narváez, C., . . . Henao Díaz, D. (2020). *DETERIORO COGNITIVO EN CALDAS. Su prevalencia y relación con factores sociodemográficos y patológicos*. Manizales: UAM.
- Ripoll, D. (2014). *Neurociencia cognitiva*. Editorial Médica Panamericana. Obtenido de https://books.google.com.co/books?id=4QW_DAEACAAJ
- Roberts, R., & Knopman, D. (2013). Classification and epidemiology of MCI. *Clinics in geriatric medicine*, 753--772.
- Rodriguez, J., Ferri, C., Acosta, D., Guerra, M., Huang, Y., Jacob, K., . . . others. (2008). Prevalence of dementia in Latin America, India, and China: a population-based cross-sectional survey. *The Lancet*, 464--474.
- Rosano, C., Aizenstein, H. J., Cochran, J. L., Saxton, J. A., De Kosky, S. T., Newman, A. B., . . . Carter, C. S. (#apr# de 2005). Event-Related Functional Magnetic Resonance Imaging Investigation of Executive Control in Very Old Individuals

- with Mild Cognitive Impairment. *Biological psychiatry*, 57(7), 761-767. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2848401/>
- Rosen, A., Sugiura, L., Kramer, J., & Whitfield, G. (2011). {Cognitive training changes hippocampal function in mild cognitive impairment: a pilot study}. *J Alzheimers Dis*, 26(Suppl. 3), 349-57.
- Ruff, R. M., Light, R. H., Parker, S. B., & Levin, H. S. (1997). {The Psychological Construct of Word Fluency}. *Brain and Language*, 57(57), 394-405.
- Ruiz, C., Pérez, G. E., & Medina, J. M. (2013). *Diagnóstico y tratamiento integral de las demencias*. Asociación Colombiana de Neurología.
- Salmon, D. P., Butters, N., & Chan, A. S. (1999). The deterioration of semantic memory in Alzheimer's disease. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 53(1), 108.
- Saykin, A. J., Flashman, L. A., Frutiguer, S. A., Johnson, S. C., Mamouriam, A. C., Moritz, C. H., .Weaver, J. B. (jul de 1999). Neuroanatomic substrates of semantic memory impairment in Alzheimer's disease: Patterns of functional MRI activation. *Journal of the International Neuropsychological Society : JINS*, 5(5), 377-392. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4443687/>
- Schulz, K. F., Altman, D. G., & Moher, D. (2010). WITHDRAWN: CONSORT 2010 statement: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *International Journal of Surgery*, 115(5), 1063-1070. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.02.005>
- Shao, Z., Janse, E., Visser, K., & Meyer, A. S. (#jul# de 2014). What do verbal fluency tasks measure? Predictors of verbal fluency performance in older adults. *Frontiers in Psychology*, 5, 772--. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4106453/>
- Sherrell, L. (2013). Evolutionary Prototyping. En A. L. Runehov, & L. Oviedo (Edits.), *Encyclopedia of Sciences and Religions* (págs. 803-803). Dordrecht: Springer Netherlands. doi:10.1007/978-1-4020-8265-8_201039
- Spector, A., Davies, S., Woods, B., & Orrell, M. (2000). Reality orientation for dementia: a systematic review of the evidence of effectiveness from randomized controlled trials. *Gerontologist*, 40(2), 206-212. Obtenido de http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve{\&}db=PubMed{\&}dopt=Citation{\&}list{_}uids=10820923
- Spector, A., Thorgrimsen, L., Woods, B. O., Royan, L., Davies, S., Butterworth, M., . . . Terworth, M. B. (2003). Efficacy of an evidence-based cognitive stimulation therapy programme for people with dementia : Randomised controlled trial Efficacy of an evidence-based cognitive stimulation therapy programme for people with dementia Randomised controlled trial. 248-254.

- Strobach, T., Frensch, P., Müller, H., & Schubert, T. (2015). Evidence for the acquisition of dual-task coordination skills in older adults. *Acta psychologica*, *160*, 104-116.
- Suzuki, H., Kuraoka, M., Yasunaga, M., Nonaka, K., Sakurai, R., Takeuchi, R., . . . Fujiwara, Y. (2014). {Cognitive intervention through a training program for picture book reading in community-dwelling older adults: a randomized controlled trial}. *BMC geriatrics*, *14*(1), 122. Obtenido de <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4247720&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Tappen, R. M., Hain, D., & others. (2013). The effect of in-home cognitive training on functional performance of individuals with mild cognitive impairment and early-stage Alzheimer's disease. *Research in gerontological nursing*, *7*(1), 14-24.
- Teixeira, L., Saavedra, V., Ferreira, C., Simões, J., & Sousa Santos, B. (2014). Requirements Engineering Using Mockups and Prototyping Tools: Developing a Healthcare Web-Application. En S. Yamamoto (Ed.), *Human Interface and the Management of Information. Information and Knowledge Design and Evaluation* (págs. 652-663). Cham: Springer International Publishing.
- Terrace, H. S. (1963). Errorless discrimination learning in the pigeon: Effects of chlorpromazine and imipramine. *Science*, *140*, 318-319.
- Troyer, A. K., Murphy, K. J., Anderson, N. D., Moscovitch, M., & Craik, F. (2008). Changing everyday memory behaviour in amnesic mild cognitive impairment. *Neuropsychological*.
- United, Nations. (2001). World Population Prospects The 2000 Revision Highlights. *Population (English Edition)*(February), 1-22.
- United Nations. (2015). World Population Prospects 2015 revision. *United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division*, *1*.
- Vásquez Rocca, A., & Vásquez, D. (29 de 10 de 2016). *Revista Observaciones Filosóficas*. Obtenido de Francisco Varela Neurofenomenología: <http://www.observacionesfilosoficas.net/fvarela-neurofenomenologia.htm>
- Vásquez, A. C., Huayna, A. M., Quispe, J. P., & Huerta, H. (2014). Procesamiento de lenguaje natural. *Revista de investigación de Sistemas e Informática*, *6*(2), 45-54.
- Vega, S., & Bermejo, P. F. (2002). Prevalencia de demencia en mayores de 60 años en el medio rural: estudio puerta a puerta. *Medicina General*.
- Verbruggen, F., Logan, G. D., & Stevens, M. A. (2008). STOP-IT: Windows executable software for the stop-signal paradigm. *Behavior research methods*, *40*, 479-483.
- Vernon, D. (2008). Cognitive vision : The case for embodied perception. *26*, 127-140.
- Vernon, D. (2015). *Artificial cognitive systems: A primer*. MIT Press.

- Vernon, D., Metta, G., & Sandini, G. (2007). A survey of artificial cognitive systems: Implications for the autonomous development of mental capabilities in computational agents. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 11(2), 151.
- Ververidis, D., & Kotropoulos, C. (2003). A state of the art review on emotional speech databases. *Proceedings of 1st Richmedia Conference* (págs. 109--119). Citeseer.
- Welsh, M. C., & Pennington, B. F. (1988). Assessing frontal lobe functioning in children: Views from developmental psychology. *Developmental neuropsychology*, 4(3), 199-230.
- Wilson, B. A., Gracey, F., Evans, J. J., & Bateman, A. (2009). *Neuropsychological rehabilitation: Theory, models, therapy and outcome*. Cambridge University Press.
- Wimo, A., Jonsson, L., & Winblad, B. (2006). An estimate of the worldwide prevalence and direct costs of dementia in 2003. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 175--181.
- Wood, D. P., & Kang, K. C. (1992). *A Classification and Bibliography of Software Prototyping*. Tech. rep., CARNEGIE-MELLON UNIV PITTSBURGH PA SOFTWARE ENGINEERING INST.
- Woods, D., & Hollnagel, E. (1983). Cognitive systems engineering.
- Zhang, W., & Fung, P. (2014). Discriminatively trained sparse inverse covariance matrices for speech recognition. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech and Language Processing (TASLP)*, 873--882.