



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

INCA-POP: UN JUEGO WEB PARA ESTUDIAR LA CAPACIDAD DE  
DISCRIMINACIÓN DE PARES DE COLORES EN COTORRAS ARGENTINAS.

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL EN COMPUTACIÓN

DANIEL ADOLFO RAMÓN FREIRE FERNÁNDEZ

PROFESOR GUÍA:  
JÉRÉMY BARBAY

PROFESOR CO-GUÍA:  
SERGIO OCHOA DELORENZI

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
HUGO MORA RIQUELME  
FELIPE BRAVO MÁRQUEZ

SANTIAGO DE CHILE

2024

# Resumen

La Interacción Animal-Computadora (ACI), es una disciplina que estudia y desarrolla tecnologías para mejorar la vida de los animales, proporcionarles entretenimiento y fortalecer sus relaciones con los humanos. Sin embargo, la tecnología suele ser diseñada para las personas, y por ende, no ajustarse a las necesidades y capacidades de otros animales distintos de los humanos (OATHs, por sus siglas en inglés).

Esta falta de alineación entre sistema y usuario puede causar frustración en los OATHs debido a la incongruencia entre sus capacidades y la interacción presentada en las herramientas ACI. Abordar éticamente esta discrepancia plantea las siguientes preguntas: ¿podemos determinar las capacidades visuales de los OATHs de manera de no frustrarlos?, ¿podemos medir estas capacidades a partir de los registros de datos resultantes de las interacciones entre un *software* y OATHs?

Para abordar estas interrogantes, este trabajo de memoria buscó desarrollar una aplicación web para dispositivos táctiles, que evalúa las capacidades visuales de cotorras argentinas. El propósito de esto se centra en comprender las limitaciones de estos OATHs de manera ética, es decir, sin frustrarlos. La aplicación web busca evaluar la capacidad de discriminación de pares de colores, presentándose como un "juego" de explosión de globos que flotan en la pantalla, y que cuentan con diferentes características. De esta manera, se recopilan y analizan los datos de interacción entre el OATH y el sistema.

Las consideraciones éticas llevan a validar primero la funcionalidad de la aplicación con participantes humanos, para posteriormente, usarla con dos cotorras argentinas experimentadas en el uso de pantallas táctiles. Los resultados de la evaluación fueron positivos y se espera que ayuden a informar a los desarrolladores de ACI respecto al diseño de aplicaciones para OATHs, en particular, para este tipo de aves. Además, este trabajo puede replicarse involucrando a otros OATHs (por ejemplo, gatos o gallinas), para evaluar su capacidad visual y cómo esto influye en el diseño de aplicaciones informáticas para ellos. Adicionalmente, el trabajo resultó en la coautoría de dos artículos para la *ACI International Conference*, donde se presentó una propuesta de investigación y un estudio sobre las habilidades de discriminación de pares de colores de dos cotorras argentinas utilizando el *software* desarrollado.

*A quienes me acompañaron a recorrer esta aventura,  
mi familia y amigos.*

# Agradecimientos

Quiero comenzar agradeciendo a mis padres, a Ana María y Ramón, por siempre apoyarme durante la carrera y en la vida. Por todo el cariño que me dan, y por siempre preocuparse por mi. Gracias por enderezarme cuando me desví del camino. Por darme un hogar al cual llegar y sentirme cómodo. Por consentirme y cuidarme. Gracias por su amor.

A Constanza, por siempre preocuparse por mi, por entenderme y darme todo tu cariño. Por siempre querer subirme el ánimo en los malos momentos y por hacerme reír siempre con tus ocurrencias. Cuando comencé este camino eras pequeña y ahora ya eres casi adulta. Pero hermanita mía, para mi siempre serás mi pequeño escuincle.

A María José, por estar en mi vida. Como bien dijiste hace poco, esta travesía la comenzamos y terminamos juntos. Gracias por todo tu cariño y por entenderme siempre. Por escucharme. Por siempre motivarme a ser mejor. Por ser mi compañera. Me sacaste de mis peores momentos, me tomaste y levantaste para seguir adelante, y te estaré agradecido por siempre. Sin ti, sinceramente no sé si estaría escribiendo esto. Chica, Gracias por todo.

A Juan Carlos, Clemente y Loic, por la odisea juntos. Por todas esas entregas a las 23:59. Siempre me fascinó nuestra dualidad de irresponsabilidad y genialidad para terminar las tareas, y con excelencia muchas veces! Gracias por todo, son los mejores DCC del mundo.

A Marta y Francisco, por abrirme las puertas de su hogar y hacerme sentir como en familia. Por toda su preocupación y cariño durante estos años. Muchas gracias por todo.

A Gabriel, Patricio y Felipe, por todo. Por todas las mititos y noches de Super Cool. No saben cuanto me ayudaron a distender aunque fuera por unas horas de todo el estrés. Gracias por todo el apoyo siempre, por las escapadas a Viña y Curicó. Gracias por ser mi familia.

A mis amigos, a todos los del grupo "Con la coni hermosa". Gracias por hacer de mi vida universitaria una experiencia increíble, por la buena onda, las risas e increíbles momentos!

Finalmente, a los profesores Jérémy Barbay y Sergio Ochoa. A Jérémy por guiarme desde el comienzo de este trabajo y darme la oportunidad de ser coautor de dos artículos científicos. A Sergio, por ser mi co-guía, ayudándome a ordenar las ideas y aterrizarlas a lo posible.

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Problema abordado . . . . .	2
1.2. Objetivos . . . . .	2
1.2.1. Objetivo general . . . . .	2
1.2.2. Objetivos específicos . . . . .	3
1.3. Bosquejo de la solución . . . . .	3
1.4. Estructura del documento . . . . .	4
<b>2. Estado del arte</b>	<b>5</b>
2.1. Orangutanes . . . . .	6
2.2. <i>Playing with pigs</i> . . . . .	7
2.3. OATHs domésticos: gatos y perros . . . . .	8
2.4. Cotorras argentinas . . . . .	9
2.5. Síntesis . . . . .	10
<b>3. Metodología</b>	<b>12</b>
3.1. Enfoque metodológico . . . . .	12
3.2. Implementación de Kanban . . . . .	12
3.3. Fases del desarrollo . . . . .	13
3.4. Herramientas y tecnologías . . . . .	13

3.5. Gitflow . . . . .	14
3.6. Versionamiento . . . . .	15
3.7. Metodología de experimentación . . . . .	15
<b>4. Diseño de la Aplicación</b>	<b>17</b>
4.1. Requisitos de la aplicación . . . . .	17
4.1.1. Requisitos funcionales . . . . .	17
4.1.2. Requisitos no funcionales . . . . .	18
4.2. Vistas de la aplicación . . . . .	18
4.3. Arquitectura de la aplicación . . . . .	19
4.4. Logs de uso . . . . .	20
<b>5. Implementación</b>	<b>22</b>
5.1. Entorno de desarrollo . . . . .	22
5.1.1. Frontend . . . . .	22
5.1.2. Backend . . . . .	23
5.1.3. Base de datos . . . . .	23
5.1.4. Autenticación . . . . .	23
5.1.5. Despliegue . . . . .	23
5.1.6. Herramientas de desarrollo . . . . .	23
5.2. Detalles de la implementación . . . . .	24
5.2.1. Frontend . . . . .	24
5.2.2. Backend . . . . .	24
5.2.3. Colores . . . . .	24
5.2.4. Vistas y funcionalidades . . . . .	25
<b>6. Validación</b>	<b>36</b>

6.1. Estudio de habilidades visuales . . . . .	36
6.1.1. Experimentos realizados . . . . .	37
6.1.2. Resultados . . . . .	38
6.2. Validación de usabilidad con potenciales usuarios . . . . .	44
6.2.1. Instrumento utilizado . . . . .	44
6.2.2. Resultados obtenidos . . . . .	46
6.3. Validación con la comunidad ACI . . . . .	47
<b>7. Conclusiones y trabajo a futuro</b>	<b>49</b>
7.1. Contribuciones . . . . .	49
7.2. Discusión . . . . .	50
7.3. Trabajo a futuro . . . . .	51
<b>Bibliografía</b>	<b>55</b>

# Índice de Tablas

5.1. Lista de colores implementada por la aplicación . . . . .	25
6.1. “Proporciones de interacción” del sujeto 1 para una selección de pares de colores. Las proporciones más altas son Magenta con Negro (0.83) y Azul con Morado (0.79). Mientras que las proporciones más bajas se encuentran en las combinaciones Cyan con Verde (0.07) y Magenta con Verde (0.09). . . . .	39
6.2. “Proporciones de interacción” en porcentajes para el sujeto 1 para cada combinación de pares de colores. Notar el porcentaje más alto en la combinación Magenta con Negro (83%), y el más bajo en la combinación Cyan con Verde (7%). . . . .	40
6.3. “Proporciones de interacción” del sujeto 2 para una selección de pares de colores. Las proporciones más altas se encuentran en los pares Magenta con Naranja (0.79) y Rojo con Amarillo (0.72). Mientras que las proporciones más bajas se encuentran en las combinaciones Rojo con Magenta (0.14) y Blanco con Cyan (0.16). . . . .	41
6.4. “Proporciones de interacción” en porcentajes del sujeto 2 para cada combinación de pares de colores. Notar el porcentaje más alto en las combinaciones de Magenta con Naranja (79%), y el porcentaje más bajo en la combinación de Rojo con Magenta (14%). . . . .	42
6.5. Itinerario de experimentos de pares de colores específicos sugeridos a explorar por la fase de “mapeo global”. Color de fondo representa el color del globo, mientras que marca “experimental” y marca de “control” representan el color de las marcas de globos de tipo “experimental” y de “control” respectivamente.	42
6.6. Resultados de los experimentos de la fase de “colores específicos” para el sujeto 1 y sujeto 2. Siendo P.Interacción la “proporción de interacción” . . . . .	43



# Índice de Ilustraciones

2.1. Categorización de tecnologías de apoyo a la ACI (ver columna “Screen Technology”. Fig. obtenida de [4]). . . . .	5
2.2. Diagrama de flujo de la aplicación basada en una pantalla táctil, que busca proporcionar enriquecimiento cognitivo a los orangutanes (obtenido de [10]).	6
2.3. <i>Pig Chase game</i> . . . . .	7
2.4. Humano y gato jugando <i>Felino</i> . . . . .	8
2.5. El diseño básico del estudio incluye el aparato para la comunicación, la cámara principal (A), las laptops y webcams (B), y el OATH (C) [7]. . . . .	9
2.6. Cotorra argentina seleccionando el disco más grande entre cuatro. [9]. . . . .	10
5.1. Menú principal de InCA-Pop, mostrando los modos de juego habilitados. . .	26
5.2. Sección de <i>Profile</i> en la vista de ajustes. . . . .	27
5.3. Sección de <i>Logs</i> en vista de configuraciones. Notar los botones que permiten la descarga en distintos formatos. . . . .	28
5.4. Configuraciones para los modos de juego. Notar el sistema de “pestañas”, permitiendo cambiar de un modo a otro para variar sus ajustes de manera independiente. . . . .	29
5.5. Configuración para los distintos tipos de globo. Notar el sistema de “pestañas” para cambiar entre los tipos de globo. También notar que estas configuraciones están a su vez anidadas dentro de las “pestañas” de modos de juego. En este caso en modo de juego <i>A</i> . . . . .	30
5.6. Configuraciones de la sección <i>Main menu</i> . Notar los botones de guardado y carga en la base de datos remota. Además, notar la posibilidad de habilitar/-deshabilitar cada modo de juego de forma independiente. . . . .	31

5.7.	Configuraciones de la sección de <i>Speeches</i> . Notar la capacidad de personalización en cuanto a modificar el sintetizar de voz del navegador. . . . .	32
5.8.	Vista de juego para el OATH. Notar las distintas configuraciones de colores de los globos. . . . .	34
5.9.	Vista de información de la aplicación. Presenta el detalle de la aplicación a la vez que sus instrucciones de uso. . . . .	35
6.1.	Cotorras argentinas participando del estudio utilizando el software InCA-Pop.	37

# Capítulo 1

## Introducción

La Interacción Animal-Computadora (ACI, por sus siglas en inglés) es una disciplina que estudia y desarrolla tecnologías para mejorar y enriquecer la vida de los animales, proporcionarles entretenimiento y fortalecer sus relaciones con los humanos [1]. La ACI además se centra en diseñar interfaces y herramientas tecnológicas que sean accesibles y útiles para diversas especies animales, teniendo en cuenta sus capacidades y necesidades específicas.

Por otro lado, la etología es la ciencia que estudia el comportamiento de los animales en su ambiente natural. Se enfoca en observar y analizar cómo los animales interactúan entre sí y con su entorno, incluyendo aspectos como la alimentación, la reproducción, la comunicación, la agresión y la organización social. La etología busca entender las bases biológicas y evolutivas del comportamiento animal.

La relación entre la ACI y la etología es crucial para el desarrollo de tecnologías efectivas y éticas para los animales. La etología proporciona el conocimiento fundamental sobre el comportamiento y las capacidades sensoriales y cognitivas de los animales no humanos (OATHs, por sus siglas en inglés). Este conocimiento es esencial para diseñar herramientas de apoyo a la ACI, que sean apropiadas y beneficiosas para los animales.

En este contexto, la ACI ha servido como un medio de investigación experimental para estudiar las cualidades sensoriales y cognitivas de los OATHs. Por ejemplo, a través del diseño de aplicaciones interactivas y juegos, los investigadores pueden evaluar cómo los animales perciben colores, formas y sonidos, así como su capacidad para aprender y recordar tareas específicas. Estos estudios no solo contribuyen al bienestar de los animales, sino que también amplían nuestro entendimiento de sus habilidades cognitivas y sensoriales.

La integración entre la ACI y la etología permite desarrollar tecnologías que no solo entretienen y enriquecen la vida de los animales, sino que también respetan y se alinean con sus comportamientos naturales y capacidades innatas. Esta sinergia es fundamental para avanzar en el diseño de interfaces animales-computadora que sean tanto eficaces como éticas.

## 1.1. Problema abordado

En la mayoría de los casos, los dispositivos y tecnologías utilizados para apoyar la ACI han sido diseñados y fabricados para ser utilizados por humanos, considerando sus limitaciones y capacidades sensoriales en su elaboración. Como resultado, los OATHs podrían experimentar de manera diferente la exposición a los estímulos sensoriales y/o cognitivos emitidos por dichos dispositivos.

Esto representa un problema significativo para el área de ACI, especialmente en la investigación de las habilidades de sujetos no humanos. Utilizar dispositivos o *sistemas de software* hechos para humanos introduce desafíos, tanto metodológicos como éticos. Metodológicamente, los protocolos experimentales y la capacidad de replicar estudios se ven comprometidos debido a las diferencias entre dispositivos diseñados para humanos, y aquellos necesarios para animales. Un estudio sobre las capacidades cognitivas de OATHs podría resultar sesgado, ya que no es posible garantizar si un sujeto no pudo completar una tarea debido a su capacidad cognitiva o a una falta de comprensión sensorial (por ejemplo, la incapacidad de ver ciertos elementos en una pantalla).

A nivel ético, existen consideraciones importantes para la experimentación con animales no humanos. Los sujetos podrían experimentar frustración, lo cual comprometería los datos obtenidos en la investigación, y podría llevar a la pérdida de interés en participar en futuros experimentos. Esto ocurre cuando son expuestos a estímulos sensoriales fuera de su rango de capacidades o a tareas demasiado complicadas para ellos.

Para abordar el problema descrito anteriormente, y en particular el desafío de estudiar las capacidades cognitivas de los animales no humanos, es crucial garantizar que el *software* utilizado para las ACI sea adecuado para la percepción sensorial de los sujetos, especialmente su visión. En este trabajo, se diseñó, implementó y validó una aplicación web de código abierto llamada “InCA-Pop”, cuyo objetivo es medir la capacidad visual de animales no humanos para distinguir pares de colores.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo consiste en diseñar, desarrollar y validar un *software* que sea capaz de obtener datos para medir la capacidad visual de distinguir pares de colores en OATHs, en una forma ética que no frustre a los sujetos. Particularmente, el sistema está enfocado en medir la capacidad visual de cotorras argentinas.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Desarrollar una aplicación visual, que representa un videojuego para OATHs, la cual busca evitar la frustración de los sujetos, en particular, cotorras argentinas.
- Implementar un sistema de *logs* de uso del videojuego, que registre información de la cual concluir la habilidad visual de los sujetos para discriminar pares de colores, además de enviar la información a la base de datos *InCA Backend* de *InCA-Lab*, laboratorio de interacción de animales con computadores dirigido por el profesor Jérémy Barbay [2].
- Analizar y validar los registros de la aplicación, con el fin de estudiar la capacidad de los sujetos para distinguir pares de colores.

### 1.3. Bosquejo de la solución

El sistema desarrollado, llamado InCA-Pop, se presenta como una aplicación táctil que busca enriquecer la vida para OATHs. Ésta fue diseñada también como una herramienta de investigación, que permite evaluar los límites de la capacidad visual de los OATHs en el contexto de ACI. En este sentido, la aplicación recopila datos para evaluar las habilidades de percepción del color, presentando en la pantalla globos con diferentes características. Como parte del juego, los OATHs deben explotar los globos.

La aplicación presenta globos “normales” y “especiales”, ambos con un color de fondo. Los globos que son “especiales” tienen adicionalmente una marca de color en su interior. La evaluación se basa en incentivar en los sujetos (OATHs), a través de una recompensa alimenticia, que revienten solo los globos “especiales”, para luego analizar qué globos “especiales” (y en particular, el par de colores globo-marca interior) son reventados y cuáles no. Asumiendo que si un globo “especial” no fue reventando es debido a que fue percibido como un globo “normal”, es decir, el sujeto no logró discriminar el color de marca con el color de fondo del globo. Así, se pueden analizar los rangos de capacidad y límites visuales de los OATHs que utilizan la aplicación.

Es importante destacar que esta idea proviene de una propuesta de investigación en la que se tiene coautoría [3]. Esta propuesta sentó las bases para el desarrollo del presente trabajo, incluyendo la metodología experimental y el *software* propuesto a implementar.

Dicho lo anterior, InCA-Pop propone medir la sensibilidad al color en función de la diversidad de pares de colores expuestos en los globos “especiales” y la frecuencia con la que se revientan. Además, presenta varios globos en la pantalla, mezclando instancias de prueba fáciles y difíciles, siendo las fáciles aquellas combinaciones de color globo-color marca que el investigador asume y/o sabe que el sujeto es capaz de distinguir (llamadas de aquí en

adelante, globos de tipo “control”); y las difíciles aquellas que el investigador desconoce si el sujeto posee la capacidad de distinguir el par color globo-color marca de esos globos (llamadas de aquí en adelante globos de tipo “experimental”). Permitiendo de esta manera evaluar los límites de capacidad de manera ética, ya que el sujeto siempre tiene instancias fáciles disponibles con las cuales obtener recompensa, si es que las difíciles exceden sus capacidades.

Adicionalmente, el *software* presenta diversas configuraciones que permiten un rápido prototipado de experimentos, reduciendo la incertidumbre sobre la capacidad (o incapacidad) de los sujetos para distinguir un color de otro. Por otro lado, el sistema se presenta como un juego, lo que puede ser percibido por los OATHs como una forma de enriquecimiento para su vida, ya que estos se entretienen usándolo. En este contexto, mientras los OATHs interactúan con el juego, el *software* registra toda la información de sus interacciones, lo que permite luego medir sus capacidades sensoriales visuales.

Este enfoque no solo mejora la precisión de los estudios sobre las capacidades cognitivas y sensoriales de los OATHs, sino que también respeta su bienestar, pues ofrece una experiencia positiva y enriquecedora. La implementación de esta aplicación web facilita la creación de experimentos reproducibles y ajustados a las necesidades específicas de cada especie. De esa manera, se abordan los aspectos metodológicos y éticos asociados al uso de tecnologías diseñadas originalmente para humanos, pero ahora en estudios de ACI.

## 1.4. Estructura del documento

Este documento de memoria está organizado en 7 capítulos. En el capítulo 2 se profundiza en los trabajos relacionados, sus diferencias e intersecciones con el presente trabajo. El capítulo 3 describe la metodología que se usó en el desarrollo de la aplicación y la metodología experimental usada con las cotorras argentinas, mientras que el capítulo 4 detalla el diseño y estructura del sistema, junto a sus principales componentes. En el capítulo 5 se indica la implementación de cada uno de los componentes que materializan el diseño, a la vez que se explican las decisiones tomadas durante el desarrollo del *software*. En el capítulo 6 se profundiza en la validación de la usabilidad de la aplicación, además de detallar la evaluación realizada con cotorras argentinas. Finalmente, las conclusiones, discusión, contribución y trabajo futuro se presentan en el capítulo 7.

# Capítulo 2

## Estado del arte

A medida que la tecnología continúa expandiéndose y se integra más en las rutinas diarias, se introduce una variedad creciente de tecnologías en los OATHs, incluidos nuevos desarrollos en el campo de ACI. Hirskyj-Douglas et al. [4] categorizan las tecnologías de apoyo a la ACI en cinco grupos distintos (ver Figura 2.1 para una lista de dicha clasificación). Cada grupo está diseñado para ayudar a los OATHs de varias maneras, como por ejemplo, facilitar el intercambio de datos y mejorar sus experiencias de juego.

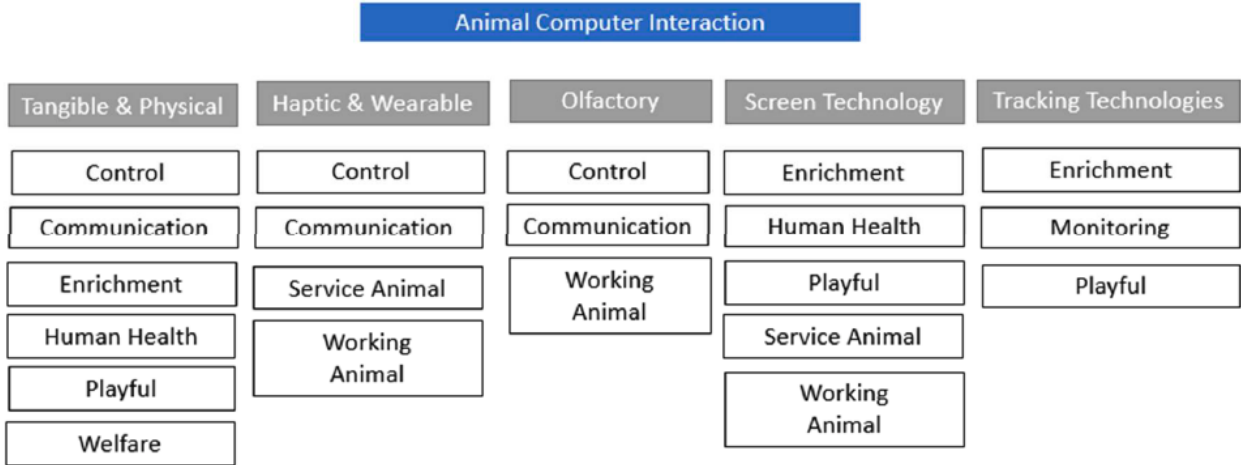


Figura 2.1: Categorización de tecnologías de apoyo a la ACI (ver columna “Screen Technology”. Fig. obtenida de [4]).

En el ámbito de las ACI, las pantallas táctiles juegan un papel significativo, principalmente debido a su capacidad para permitir la interacción directa entre los OATHs y los dispositivos a través de los estímulos visuales y auditivos [5]. Investigaciones en este dominio han explorado el uso de tablets y otros tipos de dispositivos con pantallas, buscando enriquecer la vida de OATHs en varias especies, incluidos orangutanes, gatos, perros, cerdos y

cotorras [6, 7, 8, 9]. Sin embargo, entre los trabajos previos se encontró muy poca investigación dirigida directamente a resolver el problema descrito en la Sección 1.1. Algunos de los trabajos encontrados se describen a continuación.

## 2.1. Orangutanes

Seifert et al. [10] desarrollaron y probaron una aplicación de enriquecimiento basada en pantalla táctil para un grupo de orangutanes del Zoológico de Atlanta, Estados Unidos de América. La aplicación, integrada en un “árbol artificial”, tiene varios objetivos: 1) ser fácil de usar para los orangutanes, permitiéndoles operarla sin la ayuda del personal, 2) ser lo suficientemente atractiva para captar el interés de los orangutanes sin necesidad de recompensas externas como comida, y 3) permitir que los cuidadores modifiquen y amplíen fácilmente su contenido. La aplicación debía ser modular, permitiendo a futuros desarrolladores expandir y adaptar actividades individuales. El producto final ofrecía un “selector de actividades”, permitiendo a los orangutanes escoger la de su preferencia. El diagrama de flujo de la aplicación se puede ver en la Figura 2.2.

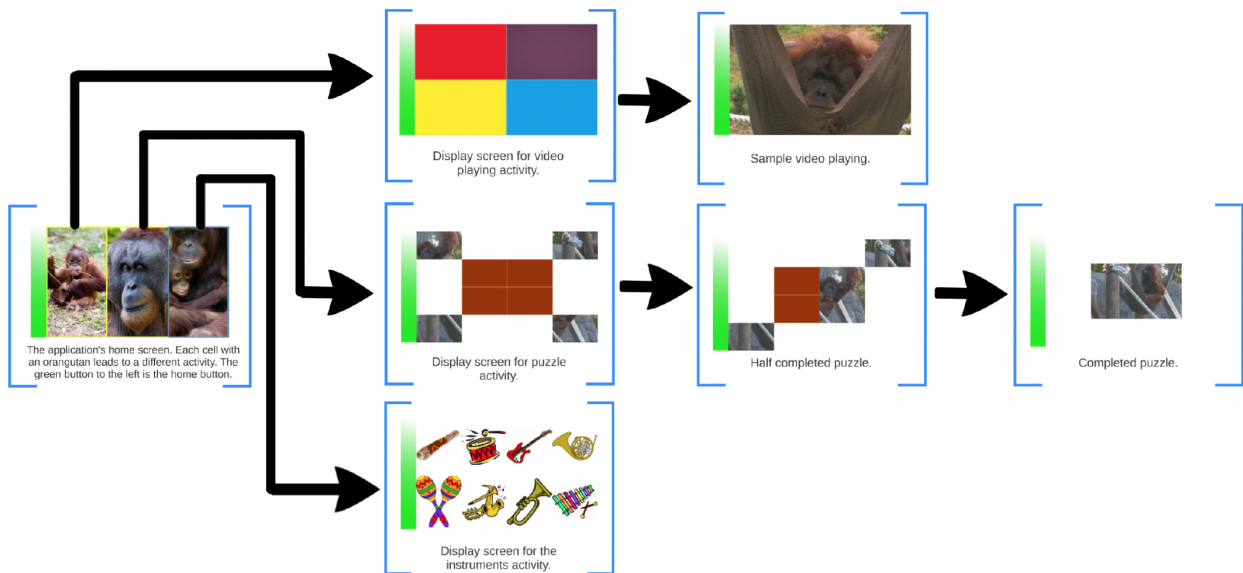


Figura 2.2: Diagrama de flujo de la aplicación basada en una pantalla táctil, que busca proporcionar enriquecimiento cognitivo a los orangutanes (obtenido de [10]).

La Figura 2.2 muestra cómo se han probado distintas capacidades cognitivas, tales como la memoria, percepción visual y atención en orangutanes a través de una pantalla. Algunos de los aspectos destacados de este trabajo son los siguientes:

- Las actividades diseñadas tenían como objetivo ser desafiantes, pero no frustrantes para



el OATH. La simplicidad de la interfaz y la familiaridad de los elementos presentados a los OATHs, son factores importantes a tener en cuenta en el diseño de la aplicación.

- Se guardan archivos de registro de cada sesión que contienen un registro con marca de tiempo de cada actividad realizada en la aplicación, guardando información valiosa para comprender los patrones de uso de los orangutanes.
- La aplicación no puede distinguir qué individuo está usando la aplicación.
- Enriquece la vida del OATH al introducirles diferentes desafíos y resolución de problemas que pueden faltar en el zoológico, y les proporciona entretenimiento.

## 2.2. *Playing with pigs*

Otro ejemplo notable del uso de pantallas en ACI involucra el trabajo de Alfrink et al. [8] en el proyecto llamado “*Pig Chase*”. En este proyecto, los cerdos y los humanos podían interactuar de forma remota a través de una pantalla táctil gigante, colocada dentro del recinto del cerdo. Los humanos podían controlar elementos visuales que aparecían en la pantalla del cerdo, permitiéndoles interactuar con ellos tocando con sus narices, proporcionando una forma única de interacción entre humanos y OATHs, que mejoró el enriquecimiento de la vida de los cerdos. La Figura 2.3 muestra el escenario de uso del juego desarrollado en el marco del proyecto *Pig Chase*.

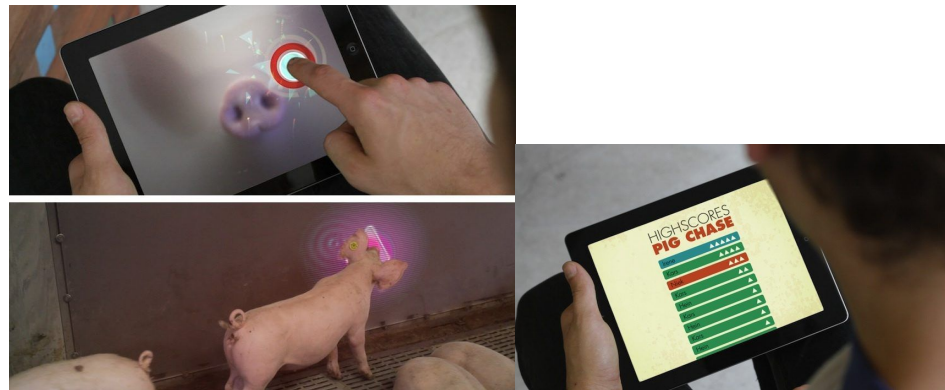


Figura 2.3: *Pig Chase* game.

Algunos de los aspectos destacados de estas interacciones son las siguientes:

- Los cerdos pueden identificar y seguir con éxito la luz, lo que permite a los investigadores estudiar su percepción y atención. Sin embargo, la aplicación carece de una forma de almacenar y analizar estos resultados más allá de contar los éxitos.

- Según los desarrolladores, los cerdos se benefician de esta interacción ya que “los humanos se transforman en una fuente de entretenimiento” para ellos.

### 2.3. OATHs domésticos: gatos y perros

Para OATHs domésticos, Westerlaken y Gualeni [6] desarrollaron y evaluaron un juego para gatos, llamado “Felino”, desarrollado para ser utilizado con tablets. Felino tiene sus fundamentos en el campo de la ACI, pero el juego también tiene en cuenta la reacción y preferencias del OATH en la investigación, conceptualización y fase de iteración del proceso de diseño [6]. Así que este juego permite que humanos y gatos jueguen juntos como se puede ver en la Figura 2.4.



Figura 2.4: Humano y gato jugando *Felino*.

El juego representa un acuario visto desde arriba, en el que peces y otras criaturas marinas coloridas nadan y pueden ser atrapadas por el gato. Además, el juego está diseñado según la comprensión existente de las percepciones sensoriales y el comportamiento lúdico de los gatos domésticos. Adicionalmente, los autores proponen medir esos signos corporales y cambios relativos en las dimensiones corporales, a través del análisis métrico y/o biométrico en la interacción del OATH con el dispositivo. De esa manera, la práctica compartida ya no se interpreta y filtra únicamente a través de la subjetividad humana, sino que se evalúa etnográficamente a través del “juego”, y con un mayor grado de objetividad a través de la recopilación de datos [6].

En relación con los perros, hay muchos estudios sobre el enriquecimiento y entretenimiento de sus vidas usando mecanismos de ACI, y la mayoría se centran en el uso de aplicaciones táctiles [11, 12, 13]. Sin embargo, Hirskyj-Douglas, Read y Cassidy [7] propusieron un sistema que permitía analizar las interacciones entre los perros y pantallas de televisión. Dado que este estudio involucró a perros interactuando con dispositivos, el diseño del sistema tuvo que

considerar el procesamiento auditivo y visual de las acciones de los OATHs, donde el enfoque principal fue aprender y entender cómo ven realmente los perros, y la diferencia entre la vista humana y la vista del perro.

El trabajo desarrollado por Hirskyj-Douglas et al. [7] consiste en tres pantallas frente a los perros para determinar si podían elegir qué ver en pantallas de estilo TV. La investigación permite que los perros controlen y elijan si desean usar el sistema o no, exponiéndolos a situaciones de interés (previamente estudiadas) para ellos. La Figura 2.5 muestra un ejemplo del sistema.

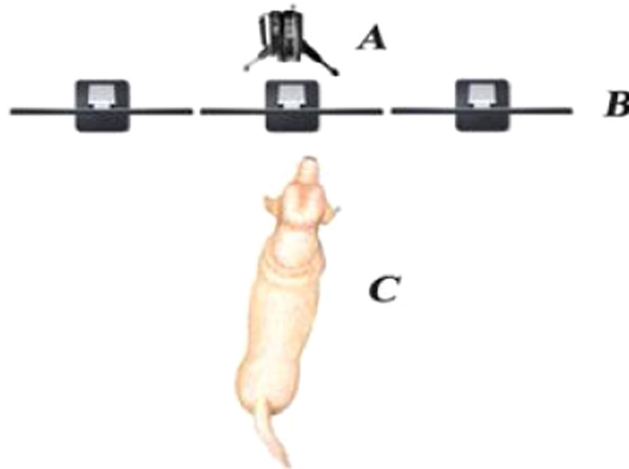


Figura 2.5: El diseño básico del estudio incluye el aparato para la comunicación, la cámara principal (A), las laptops y webcams (B), y el OATH (C) [7].

## 2.4. Cotorras argentinas

Barbay et al. [9] trabajaron con cotorras argentinas y un dispositivo táctil para medir su capacidad para discriminar cantidades discretas y continuas. El trabajo se enmarcó en el desarrollo de una aplicación digital de enriquecimiento de la vida de estos OATH. La aplicación, llamada “*InCA-WhatIsMore*”, se utiliza con dispositivos táctiles. Ésta permite a los investigadores evaluar la capacidad de discriminación de las cotorras, gracias a las pruebas presentadas en la aplicación.

Algunas de las pruebas de discriminación discreta de la aplicación consistían en presentar un conjunto de figuras, con puntos dentro, para que las cotorras seleccionaran la figura con más puntos. Por otro lado, algunas de las pruebas de discriminación continua consistían en presentar figuras rellenas de un color en alguna proporción (por ejemplo, un cuadrado  $1/2$  lleno,  $1/3$ , etc.), donde, la cotorra tenía que seleccionar la cantidad mayor, siendo en este caso la forma con mayor proporción rellena. Cada vez que la cotorra realizaba una tarea correctamente, se le daba una recompensa alimenticia, así como una recompensa auditiva de

la aplicación que decía “¡correcto!”.

La aplicación tiene diversas configuraciones, las cuales permiten cambiar el tipo de prueba que se realiza, pudiendo variar cómo se representan las cantidades discretas y continuas, así como el objetivo de la prueba. Por ejemplo, en un caso continuo, se puede pedir seleccionar la figura más rellena o, como se puede ver en la figura 2.6, seleccionar el disco más grande.



Figura 2.6: Cotorra argentina seleccionando el disco más grande entre cuatro. [9].

Algunos de los aspectos destacados de esta investigación son los siguientes:

- El diseño del *software*, que está pensado para que las cotorras naveguen por sí mismas a través de los menús de la aplicación, permite seleccionar diferentes modos según sus gustos.
- El sistema cuenta con un registro de acciones (*log file*) que permite a los investigadores estudiar la capacidad de discriminación de las cotorras.
- El sistema cuenta con diversas configuraciones que permiten elegir el tipo de prueba, ya sea en términos de colores, tamaños, figuras, etc.

## 2.5. Síntesis

A modo de resumen de los trabajos descritos en este capítulo es posible mencionar que Seifert et al. [10] y Barbay et al. [9] desarrollaron aplicaciones para estudiar habilidades cognitivas en orangutanes y cotorras respectivamente. Sin embargo, no se centraron en medir capacidades específicas y limitantes de éstas, para así poder mejorar la tecnología ACI. Además, Hirschy-Douglas et al. [7], utilizaron pantallas de TV y cámaras para estudiar la

atención en perros, sin ser ese un sistema de enriquecimiento. Finalmente, Alfrink et al. [8] y Westerlaken y Gualeni [6] desarrollaron aplicaciones de pantalla táctil para cerdos y gatos respectivamente, considerando las necesidades de los animales. En estos dos casos, las aplicaciones carecen de un sistema de registro de acciones, que permita analizar las interacciones entre el OATH y el dispositivo. Esto limita la comprensión de las capacidades y comportamientos de los animales al interactuar con estos dispositivos.

Por lo tanto, hay un cuerpo de investigación creciente, aunque limitado, que invita a investigar y comprender los requisitos de los OATHs para interactuar con interfaces visuales. Por lo tanto, este trabajo de memoria busca dar un primer acercamiento al estudio de capacidades sensoriales visuales, a través del desarrollo de una aplicación web diseñada particularmente para ser usada por cotorras argentinas.

# Capítulo 3

## Metodología

La metodología empleada en este trabajo de memoria considera tanto el enfoque adoptado para el desarrollo del *software*, como las técnicas y las herramientas empleadas para trabajar bajo un enfoque ágil. Además, se detalla la metodología experimental utilizada durante el proceso de evaluación del *software*, explicando los detalles de la participación de los OATHs en dichos experimentos. Este capítulo se divide en las siguientes secciones: enfoque metodológico, implementación de Kanban, fases del desarrollo, herramientas y tecnologías, *gitflow*, versionamiento, y finalmente, la metodología de experimentación. A continuación, se presenta cada uno de estos puntos.

### 3.1. Enfoque metodológico

Para el desarrollo de esta investigación, se adoptó una metodología ágil basada en “Kanban”. Las metodologías ágiles se caracterizan por su enfoque iterativo e incremental, lo que permite una mayor flexibilidad y adaptabilidad durante el proceso de desarrollo. En particular, Kanban es un marco de trabajo ágil que se centra en la visualización del trabajo y la gestión del flujo continuo de tareas. En ella se utiliza un “tablero Kanban” para visualizar el estado de cada tarea, a medida que esta avanza a través de diferentes etapas.

### 3.2. Implementación de Kanban

El proyecto se estructuró utilizando un tablero Kanban en la plataforma *GitHub*, en el apartado *Projects* del repositorio. Allí las tareas se representan como tarjetas que avanzan desde la columna de “por hacer”, luego “en progreso” y finalmente “hecho”. Este enfoque permite una gestión flexible del trabajo, donde las prioridades pueden ajustarse rápidamente

según las necesidades del proyecto y los resultados de las iteraciones anteriores.

### 3.3. Fases del desarrollo

El desarrollo del *software* se dividió en las siguientes fases, gestionadas a través de *GitHub Projects*:

1. Definición de requerimientos y diseño: En esta fase inicial, se definieron los requisitos del *software* y se diseñaron las interfaces de usuario necesarias para medir la capacidad visual de los animales no humanos.
2. Implementación y prototipado: Las funcionalidades del *software* se implementaron incrementalmente. Cada tarea se movió a través del tablero Kanban a medida que se completaba, permitiendo una rápida iteración y ajuste del diseño.
3. Pruebas y validación: Se llevaron a cabo pruebas continuas para garantizar que el *software* cumpliera con los requisitos establecidos, y fuera adecuado para la interacción con los animales. Las retroalimentaciones recibidas durante esta fase se utilizaron para realizar ajustes inmediatos en el desarrollo.
4. Análisis de datos: Se recolectaron datos de interacción de los OATHs utilizando el *software* desarrollado. Estos datos fueron analizados para evaluar las capacidades sensoriales visuales de los sujetos, ajustando los métodos de análisis según los resultados obtenidos.

### 3.4. Herramientas y tecnologías

Para apoyar el desarrollo ágil, se utilizaron diversas herramientas y tecnologías, las cuales se indican a continuación:

- *GitHub Projects*: Para la gestión visual y el seguimiento del flujo de trabajo.
- *Git*: Para el control de versiones y la colaboración en el desarrollo del código.
- *Sveltekit*: Para el desarrollo de la interfaz de usuario de la aplicación web.
- *InCA-Backend*: Base de datos centralizada para aplicaciones de InCA-Lab, para el almacenamiento de datos de la aplicación.
- *InCA Researcher Tool* [14]: Herramienta de análisis de datos de InCA-Lab (que utiliza *InCA-Backend*), para el análisis de datos y la implementación de algoritmos de procesamiento de información.

## 3.5. Gitflow

Para el desarrollo del software se utilizó el modelo *Gitflow*, el cual es un modelo de ramificación de *Git* diseñado por Vincent Driessen [15]. Éste facilita la gestión del desarrollo mediante una estructura predefinida para las ramas del repositorio. Estas ramas son usadas en paralelo, permitiendo flexibilidad en el desarrollo de funcionalidades; cada rama tiene roles específicos. Este modelo incorpora dos ramas con roles específicos:

- *Main*: Rama principal que contiene el código fuente en estado de producción (si es que ha sido desplegado), es decir, su última versión estable. En esta rama solo se integran los nuevos lanzamientos de la aplicación, los cuales ya vienen con un conjunto de funcionalidades y correcciones completamente probadas en conjunto.
- *Development*: Rama de desarrollo que sirve como base para evolucionar la aplicación. Aquí se integran los desarrollos una vez que estén probados, esperando a reunir un conjunto de funcionalidades y validarlas para luego integrarlas a la rama *main*.

Además de las ramas principales, *Gitflow* utiliza ramas temporales para gestionar diferentes aspectos del desarrollo. Éstas son las siguientes:

- *Feature*: Se crean a partir de la rama *development* y sirven para agregar nuevas funcionalidades de la aplicación. Cada nueva funcionalidad se desarrolla en una rama de este tipo de manera separada, de forma que la revisión del código se ve facilitada. Una vez que la funcionalidad fue probada y validada, esta rama se fusiona hacia la rama *development*.
- *Upgrade*: Son análogas a las ramas tipo *feature*, con la diferencia que este tipo de ramas tienen un enfoque en la actualización, refactorización o migración de dependencias de la aplicación, más que a funcionalidades en sí. De igual manera, una vez revisados y validados los cambios, este tipo de ramas se fusiona con la rama *development*.
- *Bug*: Al igual que las ramas de tipo *feature* y *upgrade*, éstas tienen base en la rama *development*. Sin embargo, el enfoque de estas ramas radica en resolver errores no críticos identificados en la aplicación durante los desarrollos. Al igual que para las otras dos ramas anteriores, al ser validada se fusiona hacia *development*.
- *Release*: Este tipo de ramas se crea desde *development* cuando el código está en una etapa suficientemente estable y validada, incluyendo nuevas funcionalidades, correcciones y actualizaciones. La finalidad de estas ramas es fusionarse con la rama estable *main*, de manera que representa el lanzamiento de una nueva versión del *software*.
- *Hotfix*: Este tipo de ramas se crean directamente a partir de la rama principal, y son utilizadas para resolver problemas críticos en la aplicación y solucionar problemas en



producción. Una vez que se resuelve el problema y se ha validado la solución, este tipo de ramas se integran de forma directa en *main*. Además, se integran también a *development* para asegurar que la corrección esté presente en los próximos desarrollos de funcionalidades de la aplicación.

## 3.6. Versionamiento

Durante el trabajo de memoria el *software* se desarrolló con *Semantic Versioning*, el cual es una metodología de control de versiones que utiliza una notación compuesta por tres partes: “*x.y.z*”, donde cada parte representa cambios en la aplicación de diferentes niveles [16]. Estos se detallan a continuación:

- *Major (x)*: Indica cambios mayores en el *software*, los cuales pueden incluir funcionalidades, actualizaciones y/o correcciones de carácter mayor.
- *Minor (y)*: Indica cambios menores en el *software*, los cuales incluyen funcionalidades de carácter menor que no representan un cambio completo en el sistema.
- *Patch (z)*: Indica la corrección de errores críticos en el *software*, sin añadir funcionalidades nuevas.

## 3.7. Metodología de experimentación

La metodología de experimentación adoptada incluyó la presentación de tareas de discriminación de pares de colores a los OATHs, a través del *software* desarrollado. Se diseñaron experimentos específicos para evaluar la capacidad de los sujetos para distinguir entre pares de colores, con configuraciones ajustables para facilitar el prototipado rápido y la iteración sobre los diseños experimentales.

La ejecución de los experimentos se realizó mediante un sistema de recompensa a los sujetos, cuando estos reventaban un globo “especial” (con marca interior, del tipo “control” o “experimental”). De esa manera se buscaba incentivar que los OATHs reventaran solo globos con marca interior y no globos planos sin marca (“normales”), siendo la recompensa incentivos de comida. En concreto lo realizado por este trabajo fue una recompensa de semillas para los sujetos correspondientes a cotorras argentinas. Es importante destacar que los sujetos no fueron privados de alimento en ningún momento, y estuvieron en un entorno en que siempre podían abandonar el sitio físico del estudio si así lo deseaban.

La idea principal detrás de este tipo de experimento radica en asumir que los sujetos solo revientan globos con marca (gracias al incentivo), y de esta forma se asume que si no

revientan algún globo con marca, es porque no logran distinguir la diferencia de colores entre la marca del globo y el color de fondo del globo. Es decir, el globo es percibido por los sujetos como un globo “normal”.

Utilizando esta metodología experimental, los datos de interacción se registraron y analizaron para evaluar las capacidades sensoriales visuales de los sujetos. En el siguiente capítulo, se describe en detalle el diseño de esta aplicación.

# Capítulo 4

## Diseño de la Aplicación

InCA-Pop se presenta como una aplicación web, más específicamente como un juego, donde el objetivo del usuario es reventar globos con diferentes características. Dicho esto, en este capítulo se detalla el diseño de las distintas funcionalidades de la aplicación, explicando cada uno de los componentes del *software*. Para esto, el capítulo se divide en las siguientes secciones: requisitos de la aplicación, vistas de la aplicación, arquitectura del sistema, y *logs* de uso.

### 4.1. Requisitos de la aplicación

Los requisitos de una aplicación son especificaciones que definen lo que el sistema debe hacer (requisitos funcionales), y qué tan bien debe hacerlo (requisitos no funcionales). Estos requisitos son esenciales para guiar el desarrollo del *software* y asegurar que el producto final cumpla con las expectativas y necesidades de los usuarios y de las otras partes interesadas. A continuación, se detallan los requisitos funcionales y no funcionales de InCA-Pop.

#### 4.1.1. Requisitos funcionales

- Autenticación de usuarios: El sistema debe permitir a los usuarios (investigador) autenticarse con alguna credencial, como por ejemplo, Google.
- Descarga de *logs* de uso: El sistema debe permitir a los usuarios descargar todo el contenido de sus *logs* de uso, tanto los almacenados en local, como en remoto.
- Configuración de la aplicación: El sistema debe permitir a los usuarios configurar múltiples opciones para el juego y menú principal, como por ejemplo los colores, tamaño, velocidades, cantidades, modos de juego, etc.

- Sincronización de configuraciones: El sistema debe permitir a los usuarios autenticados la sincronización de sus preferencias de ajustes de manera remota.
- *Feedback* auditivo: El sistema debe permitir a los usuarios configurar distintas frases que serán reproducidas para el *feedback* auditivo de los sujetos al realizar determinadas acciones.
- Configuración de modos de juego: El sistema debe permitir a los usuarios configurar distintos modos de juego de manera separada y permitir configurar cuáles modos de juego se mostrarán como disponibles en el menú principal.
- Configuración de privacidad de *logs* de uso: El sistema debe permitir a los usuarios escoger si desean enviar sus datos de *logs* de uso a la base de datos remota y/o si desean sincronizar sus preferencias de manera remota con la base de datos.

#### 4.1.2. Requisitos no funcionales

- Interfaz dual: El sistema debe tener una interfaz simple enfocada a ser utilizada por OATHs, a la vez de tener accesos protegidos para los investigadores.
- Interfaz responsiva: El sistema debe tener una interfaz que se adapte correctamente a distintos tamaños de pantalla, garantizando buena usabilidad en todas ellas.
- Modularidad: El sistema debe estar diseñado de manera modular, de manera que en un futuro puedan ser actualizados o reemplazados de manera independiente y de forma sencilla.
- Acceso al sistema: El sistema debe ser de código abierto y contar con instrucciones de uso para futuros investigadores y/o desarrolladores.
- *Logs* de uso: El sistema debe registrar cada acción posible de los sujetos en forma de *log* de uso, registrando los datos correspondientes según el contexto.

## 4.2. Vistas de la aplicación

Las vistas de la aplicación corresponden a las diferentes pantallas que un usuario puede ver, o con las que puede interactuar dentro de la aplicación. Cada vista está diseñada para cumplir con un propósito específico y facilitar ciertas tareas para el usuario. En InCA-Pop se desarrollaron las siguientes vistas:

- Menú principal: Es la primera vista del *software*, la vista de bienvenida de la aplicación. En ella se muestra el nombre de la aplicación, botones de navegación e iconos de navegación para acceder a distintos modos de juego.

- **Juego:** Presenta los globos desplazándose de un lado a otro de la pantalla según el modo de juego seleccionado.
- **Configuraciones:** En esta vista se encuentran todos las variables de entrada de configuración para modificar propiedades de la aplicación como tal, el menú principal y el juego.
- **Acerca de:** Presenta la información contextual del *software*, explicando su objetivo, instrucciones de uso, entre otros.

### 4.3. Arquitectura de la aplicación

La arquitectura de la aplicación define cómo se organizan e interrelacionan los componentes del *software*. InCA-Pop utiliza una arquitectura reactiva, basada en componentes individuales que representan diversos elementos y vistas de la aplicación. Estos componentes reaccionan a cambios en la información, ajustando la interfaz de usuario. Cada componente encapsula estilos visuales, información y lógica. A continuación, se listan y agrupan por categoría los componentes diseñados en la aplicación:

*a) Componentes de vistas:* Son aquellos que representan una vista en particular y pueden incluir dentro a otros componentes para generar la vista. Entre estos se encuentran:

- *App:* Este es el componente de vista principal, que vendría siendo la vista del menú principal.
- *Game:* Es el componente de la vista de juego.
- *Settings:* Es el componente de la vista de configuraciones. Utiliza todos los componentes de variables de entrada de configuraciones.
- *About:* Es la vista de información contextual de la aplicación (“Acerca de”).

*b) Componentes generales:* Son piezas que encapsulan estilos, información y lógicas para mostrar determinados contenidos en vistas de la aplicación. Estos incluyen:

- *Balloon:* Son los globos que genera el juego. Contiene todas sus propiedades como color, tamaño, velocidad, tipo, etc. Se encuentran en grandes cantidades de instancias en la vista del juego.
- *Static Ballon:* Son los globos usados a modo de iconos en el menú principal de la aplicación. Se utiliza cada uno de estos iconos para ingresar a la vista de juego. Se encuentran en la vista del menú principal.

- *User nav bar*: Es la barra de navegación para las vistas protegidas de los OATHs. Enfocada para los investigadores humanos. Se encuentra en las vistas de configuración y en “acerca de”.
- *Subject nav bar*: Es la barra de navegación para la vista del juego, enfocada para los OATHs. Se encuentra en la vista del juego.
- *In game stats*: Contenido informativo sobre las estadísticas en tiempo real de la actual partida. Se encuentra en la vista del juego.

c) *Componentes de configuraciones*: Corresponden a componentes orientados a manejar la lógica, cambios de estado y almacenamiento de configuraciones de la aplicación. Todos estos componentes se encuentran en la vista de configuraciones y corresponden a:

- *Main menu*: Este componente muestra los *inputs* y maneja la lógica para configuraciones del menú principal, como colores de los iconos, color de fondo, posiciones, etc.
- *Profile*: Componente que muestra el estado de *login* del usuario. Maneja la lógica de autenticación del usuario con sus credenciales.
- *Speeches*: Componente que muestra *inputs* para configurar el sintetizador de audio de la aplicación para el *feedback* auditivo.
- *Pop elements tabs*: Componente que encapsula a modo de “pestañas” los distintos tipos de globos, de manera de ofrecer al usuario un sistema con el cual alternar fácilmente entre los tipos de globo y por ende sus distintas configuraciones.
- *Control pop elements*: Componente que muestra *inputs* para configurar propiedades de los globos de tipo “control”.
- *Experimental pop elements*: Componente que muestra *inputs* para configurar propiedades de los globos de tipo “experimental”.
- *Normal pop elements*: Componente que muestra *inputs* para configurar propiedades de los globos de tipo “normal”.
- *Logs*: Componente que ofrece al usuario la descarga de los *logs* guardados por la aplicación tanto a nivel local como remoto. Maneja la lógica de descarga de estos en distintos formatos como *CSV* o *JSON*.

## 4.4. Logs de uso

La aplicación utiliza un sistema de *logs* orientado al registro detallado de cada acción del usuario OATH. Este sistema está diseñado para proporcionar información suficiente sobre lo

que ocurre en la pantalla durante la interacción del sujeto, similar a una captura de pantalla simbólica.

El almacenamiento de los *logs* se realiza tanto de forma local como remota. Localmente, los *logs* se guardan en el almacenamiento del navegador. Remotamente, se envían a la base de datos de *InCA-Backend*, un proyecto de tesis de Cristóbal Sepúlveda, alumno de magíster del Departamento de Ciencias de la Computación (DCC) de la Universidad de Chile y colaborador de InCA-Lab. Para estar alineados con la base de datos de InCA-Lab, los *logs* se diseñaron para ser almacenados en una base de datos no relacional.

Cada *log* contiene información general como la fecha, hora, y nombre del OATH, así como datos específicos de cada interacción. Por ejemplo, en el caso de un *click* en un globo, se registra el color del globo, el color de la marca interior, el tamaño, y la velocidad, entre otros detalles.

# Capítulo 5

## Implementación

Este capítulo detalla el proceso de desarrollo de la solución, en particular de la aplicación web, abordando las decisiones tomadas en el desarrollo y las tecnologías escogidas para materializar el diseño del *software*. Además, se detallan las funcionalidades desarrolladas en la aplicación junto a las vistas que esta presenta. El capítulo se divide en las siguientes secciones: entorno de desarrollo y detalles de implementación.

### 5.1. Entorno de desarrollo

El *software* se implementó como una aplicación web utilizando el *framework* de desarrollo web *Sveltekit*, utilizando tecnologías web *CSS*, *HTML*, *Javascript* y *Svelte*. A continuación, se lista en detalle cada una de las tecnologías según su función en el *software*:

#### 5.1.1. Frontend

- *Framework: Sveltekit.* *Framework* de desarrollo web moderno que permite la compilación de los componentes en un código *Javascript* eficiente ejecutado en el navegador.
- Lenguaje de marcado y estilo: Se utilizaron las tecnologías web de *HTML* para la estructura de la aplicación y *CSS* para los estilos. Mientras que se usó *Svelte*, lenguaje usado por el *framework Sveltekit*, para la integración de *CSS* y *Javascript* dentro de cada componente de manera modular.



### 5.1.2. Backend

- *Firebase*: Sistema de Google que proporciona un *backend as a service* (BaaS). Permite servicios como autenticación, base de datos (*Firestore*) no relacional, entre otros; evitando el implementar un *backend* tradicional.

### 5.1.3. Base de datos

Para la base de datos se utilizó el servicio de base de datos en tiempo real de *Firebase*, el cual corresponde a una base de datos no relacional, que permite una mayor flexibilidad en el formato de *logs* de uso y preferencias.

### 5.1.4. Autenticación

Para la autenticación de usuarios dentro de la aplicación se utilizó el módulo de *Firebase* para permitir a los usuarios autenticarse en la plataforma con sus credenciales de Google.

### 5.1.5. Despliegue

Para el despliegue de la aplicación se contó con dos entornos principales: el servidor “Buho” de Anakena, servidor del DCC. Mientras que por otro lado se usó el servicio de “Vercel”, plataforma que proporciona un servicio de alojamiento para *software* y en particular una integración automática con *Sveltekit*. A su vez, el entorno de “Buho” contó con dos sitios: uno para la validación humana y otro para la validación de OATHs, siendo este el último en recibir las actualizaciones, pues estas debían ser validadas previamente por humanos para evitar presentar errores a los sujetos.

Por otro lado, el servidor de “Vercel” se utilizó para validación rápida de funcionalidades particulares, pues además de ofrecer integración con *Sveltekit*, también ofrece despliegue automático desde el repositorio *Github*, pudiendo validar rápidamente funcionalidades fuera del entorno de desarrollo local.

### 5.1.6. Herramientas de desarrollo

En cuanto a las herramientas, para el desarrollo de la aplicación se utilizó el editor de código *Visual Studio Code* en conjunto con *Windows Subsystem for Linux (WSL)* para ejecutar el servidor local. Mientras que por el lado del versionamiento se utilizó *Git*, en conjunto con

la plataforma *Github* para alojar el repositorio *Git*, además de presentar allí las novedades de cada lanzamiento del *software*.

## 5.2. Detalles de la implementación

### 5.2.1. Frontend

- Enrutamiento: Implementado de forma nativa por *Sveltekit*, permitiendo la navegación entre vistas de forma fluida y sin la necesidad de recarga de la página, pues *Sveltekit* lo implementa como enrutamiento desde el lado del cliente sin requerir una petición a un servidor *backend*, brindando de esta forma una mejor experiencia de usuario.
- Comunicación entre componentes/vistas: Se utilizó uno de los módulos nativos de *Svelte*, *EventDispatcher*: el cual permite manejar la comunicación entre componentes al enviar eventos y sus detalles entre estos, y actualizando de forma reactiva los componentes y por ende, la interfaz de usuario.

### 5.2.2. Backend

- *Firebase*: Se utilizó para la autenticación de usuarios, permitiendo acceder a la aplicación con sus credenciales de Google. Además, se utilizó *InCA-Backend*, que corresponde a la base de datos de InCA-Lab, implementada con el servicio *Firestore* de *Firebase*, actuando como base de datos de la aplicación para el registro de *logs* de uso y guardado de preferencias de usuario.

### 5.2.3. Colores

La aplicación implementa una paleta de colores predefinida y estática, es decir, no son configurables. Esto se implementó de esta manera con el fin de acotar la validación del *software* y obtener resultados con una cantidad de datos considerable para cada par de colores. La paleta de colores implementada por el sistema consta de once colores, los cuales se listan a continuación en la Tabla 5.1, junto a sus componentes de color en formato *HEX* y en *RGB*. Conocer la descomposición de los colores en sus componentes permitirá sugerir conclusiones (además de la discriminación de pares de colores) sobre las habilidades de los OATHs para percibir tales componentes.

Color	Código	Componentes <i>RGB</i>		
	Hexadecimal	Rojo	Verde	Azul
Rojo	#ff0000	255	0	0
Verde	#00ff00	0	255	0
Azul	#0000ff	0	0	255
Amarillo	#ffff00	255	255	0
Naranja	#ff7f00	255	127	0
Morado	#7f00ff	127	0	255
Cyan	#00ffff	0	255	255
Magenta	#ff00ff	255	0	255
Negro	#000000	0	0	0
Blanco	#ffffff	255	255	255
Gris	#808080	128	128	128

Tabla 5.1: Lista de colores implementada por la aplicación

La paleta de colores fue seleccionada de manera que los colores incluyeran todas las combinaciones de componentes *RGB* al máximo (255) y al mínimo (0), es decir, los tres componentes al máximo, los tres al mínimo, dos al máximo y uno al mínimo, etc. Además, se incluyeron colores que presentan componentes *RGB* al máximo, mientras que uno de sus otros componentes es diferente, de manera que sea posible explorar la capacidad de discriminar colores de componentes *RGB* similares.

#### 5.2.4. Vistas y funcionalidades

A continuación, se repasan las vistas de la aplicación, detallando sus funcionalidades y lógicas que implementan.

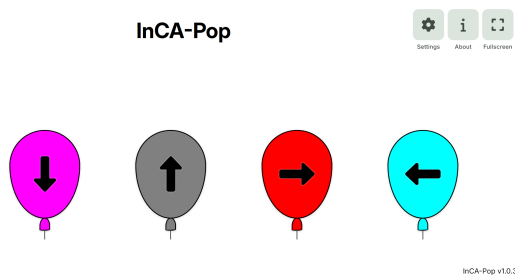
##### Menú principal

El menú principal de la aplicación presenta globos con iconos de dirección según el modo de juego que este tenga asociado (ver Figura 5.1a). A continuación, se listan los detalles de esta vista:

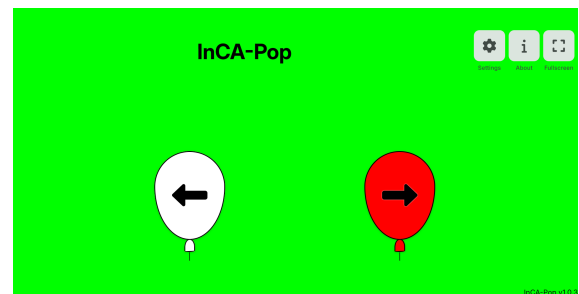
- *Iconos de modo de juego*: Son botones de acceso al juego, dependiendo del icono que muestre en su interior será el sentido en el que se muevan los globos dentro de la pantalla de juego. Estos iconos son configurables tanto en color y posición (de izquierda a derecha), siendo esta última configuración ajustable para que los iconos se posicionen

de manera aleatoria. Además, cada modo de juego ofrece la posibilidad de ser habilitado o deshabilitado, viéndose reflejado en que ese modo aparecerá o no en el menú principal. La Figura 5.1b muestra un ejemplo de esto. Otra funcionalidad de los iconos radica en que al presionar uno de ellos, accediendo a la vista de juego con el modo de juego correspondiente, se reproduce un *feedback* auditivo tanto para el sujeto como para el investigador, reproduciendo una voz que indica cuál modo de juego ha sido iniciado.

- *Botones protegidos*: En la esquina superior derecha se encuentran los botones de navegación para el experimentador, siendo estos los de “Configuración”, “Información” y “Pantalla completa”. Cada uno de estos botones cuenta con protección a presiones incidentales, pues para activar el botón es requerido mantenerlo presionado durante tres segundos, asegurando así que los OATHs no accedan a estas vistas por error. Destacar que estos botones y su funcionalidad son parte de la librería *InCA-Utills*, desarrollada por Fabián Jaña, ingeniero civil en computación de la Universidad de Chile, que busca ofrecer elementos en común y estética compartida para las aplicaciones de InCA-Lab.
- *Fondo*: El fondo del menú principal cuenta con algunas funcionalidades configurables. Una de ellas es la de *feedback* auditivo, en donde parecido al caso de los iconos de modos de juego, al ser presionado, en este caso, cualquier zona del fondo, se reproduce una voz indicando que hubo un toque en el fondo del menú. A su vez, el color del fondo del menú es configurable en otros colores como se puede ver en la Figura 5.1b



(a) Menú de inicio por defecto.



(b) Menú personalizado. En este caso, con fondo de color verde y con solo dos modos de juego habilitados.

Figura 5.1: Menú principal de InCA-Pop, mostrando los modos de juego habilitados.

## Configuraciones

La vista de configuraciones de la aplicación permite al investigador definir los ajustes que necesite para prototipar distintos tipos de experimentos. En particular, la vista se separa en secciones, cada una encargada de algún *set* de configuraciones de la aplicación. Estas secciones se detallan a continuación:

- *Profile*: Esta sección ofrece al investigador poder configurar el nombre del *Instructor* (investigador) y nombre del sujeto (OATH). Además, presenta un botón para autenticarse con sus credenciales de Google. La funcionalidad que ofrece el poder autenticarse con una cuenta Google es asociar a esta el registro de los *logs* de uso del usuario, de manera de poder visualizarlos accediendo con su misma cuenta en la herramienta *InCA Researcher Tool*, además del guardado de preferencias en la base de datos remota. Por el contrario, si el usuario no ingresa con su cuenta Google (ver Figura 5.2a), los *logs* de uso de igual forma se registran en la base de datos, solo que asociados a un ID de usuario local, que se guarda en el *local-storage* del navegador del usuario, con lo cual si se da el caso que el usuario limpia esos datos del navegador y no respaldó su ID local, no se podrán localizar sus registros en la base de datos. Esta sección además incluye una opción para activar/desactivar el uso de la base de datos remota, de manera que si el usuario no desea compartir sus datos de uso y/o guardado de preferencias remoto, todo se maneja igualmente en local, solo que teniendo ciertas limitantes, como por ejemplo el almacenamiento limitado en el caso del *local-storage* para los *logs* de uso. En la Figura 5.2 se puede ver la vista sin estar autenticado con la cuenta Google, y estando autenticado.

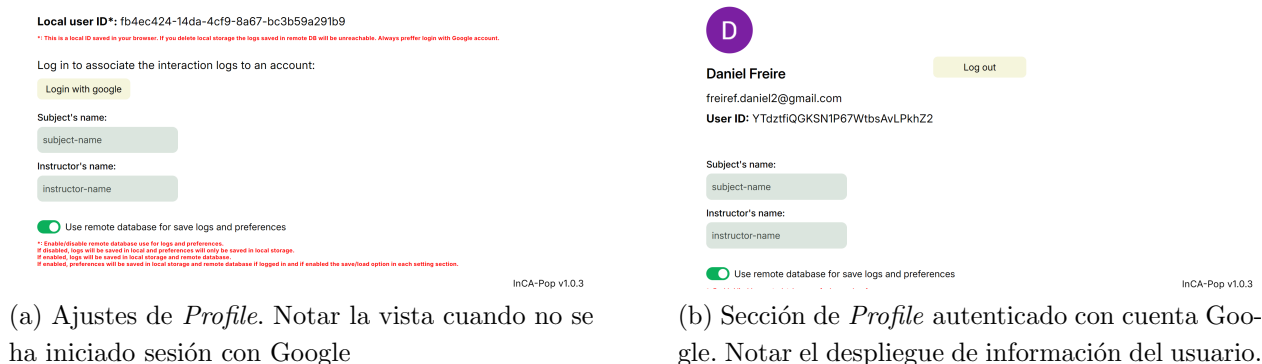


Figura 5.2: Sección de *Profile* en la vista de ajustes.

- *Logs*: La sección de *logs* ofrece al usuario opciones para la descarga de sus *logs* de uso, permitiendo la descarga de aquellos guardados en local (*local-storage* del navegador), además de los almacenados en la base de datos remota (en caso que el usuario tenga habilitado el uso de base de datos remota en la sección de *Profile*). En ambos casos, como se puede ver en la Figura 5.3, la aplicación ofrece la descarga de estos *logs* tanto en formato *CSV* como en *JSON*. Por otro lado, en el caso del almacenamiento local, la aplicación informa al usuario sobre su estado actual de almacenamiento, mostrando la cantidad de *MB* utilizados y el porcentaje que esto representa del permitido por el *local-storage* del navegador. Para lidiar con esta limitante, el sistema ofrece al usuario la opción de limpiar los *logs* de uso almacenados en el navegador. En términos de análisis, se ofrece al usuario el revisar las estadísticas y análisis de sus datos en la aplicación

*InCA Researcher Tool*, en donde usando la misma cuenta Google con la que se ingresó a *InCA-Pop*, es posible obtener todos sus registros y generar un análisis.

## Logs

Check the automatic statistics in **InCA Researcher Tool**.

Use your linked Google account or with your local user ID. (You must have enabled the use of the remote database for this).

Download remote database logs file (JSON)

Download remote database logs file (CSV)

Download local logs file (JSON)

Download local logs file (CSV)

\*\* Caution, local logs are limited by the localStorage maximum size (5MB). If you exceed this limit, after each new interaction the oldest log entry will be deleted. Always prefer to use the remote database logs. Current size used by local storage data (local logs and app preferences): 0.23MB/5MB (4.55%)

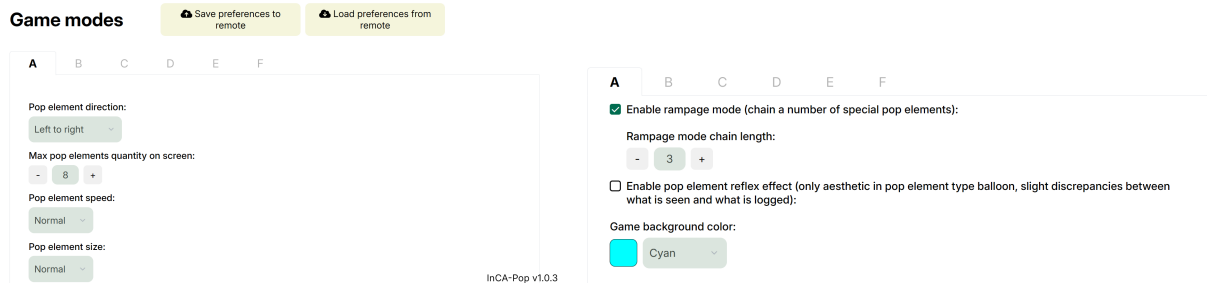
Clear local logs

InCA-Pop v1.0.3

Figura 5.3: Sección de *Logs* en vista de configuraciones. Notar los botones que permiten la descarga en distintos formatos.

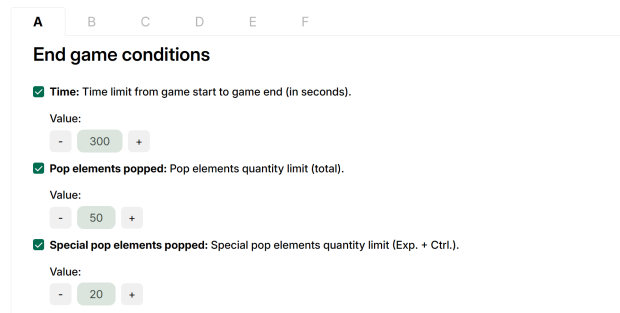
- *Game modes*: Esta sección es la más extensa de la vista de configuraciones, presentando diversos ajustes para los modos de juego. Cada modo de juego se presenta como una “pestaña” independiente (ver Figura 5.4), es decir, cada modo de juego posee configuraciones independientes, permitiendo al usuario prototipar más de un experimento a la vez. Cada modo de juego ofrece la posibilidad de configurar el tamaño de los globos, su velocidad, la cantidad máxima de globos en pantalla, color de fondo de la pantalla de juego y habilitar/deshabilitar el modo *rampage* (*feedback* auditivo de “¡excellent!”), al tener una racha de globos “especiales” reventados). Por otro lado, cada modo de juego también presenta condiciones configurables para terminar una partida, siendo estas el tiempo de juego, cantidad general de globos reventados y cantidad de globos “especiales” reventados. Estas condiciones también se pueden habilitar/deshabilitar de manera independiente (ver Figura 5.4c). Además, cada modo de juego también permite configurar las características de sus tipos de globo (normal, *control* y *experimental*). Estas opciones se presentan en *pestañas* anidadas dentro de las *pestañas* de modos de juego (ver Figura 5.5), permitiendo configurar cada tipo de globo, para cada modo de juego de manera independiente. Además, cada modo de juego también permite configurar las características de sus tipos de globo (“normal”, “control” y “experimental”). Estas opciones se presentan en “pestañas” anidadas dentro de las “pestañas” de modos de juego (ver Figura 5.5), permitiendo configurar cada tipo de globo, para cada modo de juego de manera independiente. En el caso de los globos de tipo “normal”, es posible configurar su color, seleccionando un color fijo o activando que sea escogido de forma aleatoria (ver Figura 5.5a). Luego, tanto para los globos de tipo “control” y “experimental” se presentan las mismas configuraciones, permitiendo al usuario ajustar

la proporción de globos de ese tipo en pantalla (con respecto a la cantidad máxima de globos en pantalla), seleccionar la figura de la marca interior, habilitar un contorno y su color para la marca interior, y seleccionar color de fondo del globo y de la marca interior, permitiendo también habilitar su selección de manera aleatoria. En las Figuras 5.5b y 5.5c se pueden ver en detalle estos ajustes. Esta sección también presenta la posibilidad de guardar y/o cargar de forma remota las preferencias de los ajustes en la base de datos remota. Esto se implementa con botones independientes para guardar y cargar las preferencias, como se puede ver en la Figura 5.4a.



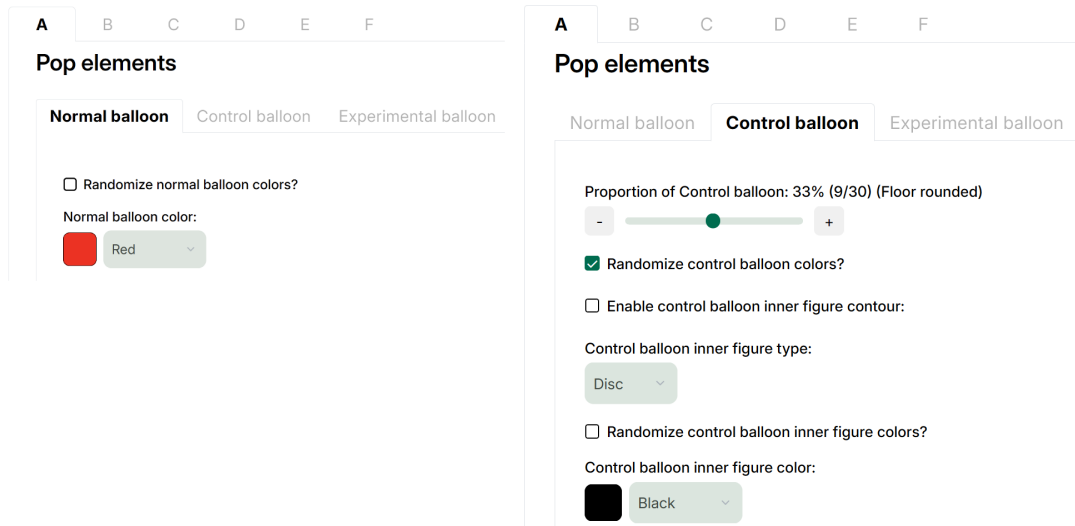
(a) Configuraciones de los modos de juego. Notar los botones para guardado y carga de preferencia en base de datos remota.

(b) Configuraciones de los modos de juego.

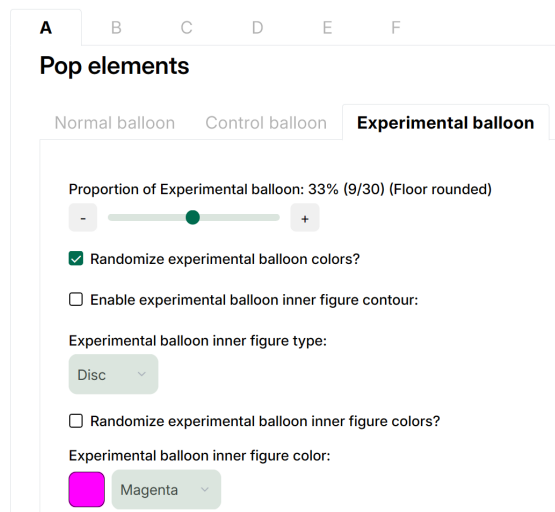


(c) Configuraciones de condiciones de término de juego. Notar que cada condición puede ser activada/desactivada de manera independiente.

Figura 5.4: Configuraciones para los modos de juego. Notar el sistema de “pestañas”, permitiendo cambiar de un modo a otro para variar sus ajustes de manera independiente.



(a) Ajustes de globos de tipo “normal”. (b) Ajustes de globos de tipo “control”. Notar los ajustes adicionales en comparación con los globos tipo *normal*.



(c) Ajustes de globos de tipo “experimental”. Notar los ajustes adicionales en comparación con los globos tipo “normal”.

Figura 5.5: Configuración para los distintos tipos de globo. Notar el sistema de “pestañas” para cambiar entre los tipos de globo. También notar que estas configuraciones están a su vez anidadas dentro de las “pestañas” de modos de juego. En este caso en modo de juego *A*.

- *Main menu*: Esta sección de ajustes ofrece al usuario configurar el menú principal de la aplicación donde se presentan los iconos de modos de juego a los OATHs. La aplicación ofrece opciones para personalizar el color de cada icono de modo de juego, a la vez que su posición en pantalla (de izquierda a derecha). En este mismo contexto, también se ofrece la posibilidad de dejar ambas configuraciones en modo aleatorio. En la misma línea, se da la posibilidad de personalizar el color de fondo del menú principal. Por otro



lado, también es posible definir qué modos de juego (cuáles iconos) serán mostrados en el menú principal. Por defecto están activados cuatro de estos de un total de seis modos de juego personalizables. El usuario debe al menos tener un modo de juego habilitado. En cuanto al guardado de preferencias remotas, la aplicación ofrece al usuario la posibilidad de sincronizar sus preferencias de ajustes de esta sección con la base de datos remota, permitiendo con dos botones independientes, guardar la configuración actual en la base de datos remota, o cargar las preferencias de la base de datos remota sobrescribiendo las actuales. En la Figura 5.6 se pueden ver estos ajustes.

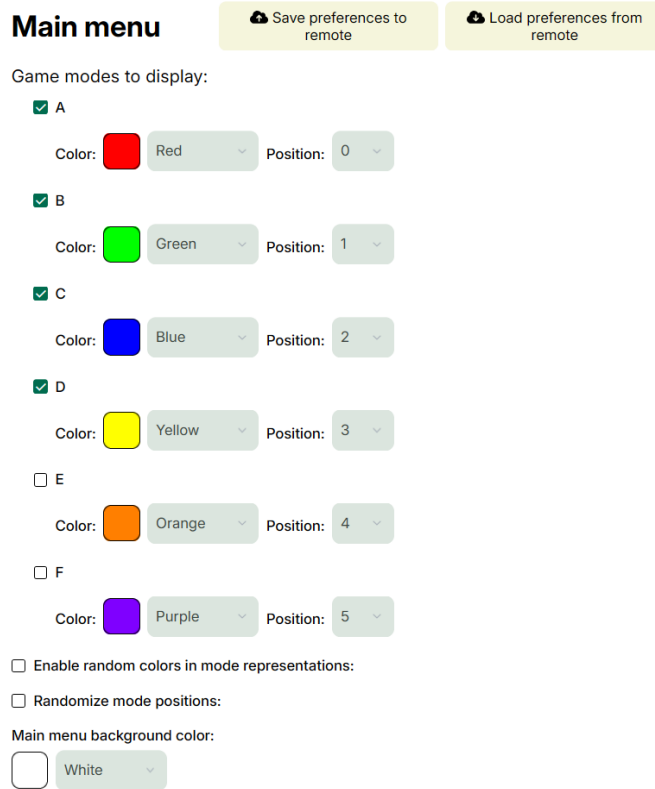


Figura 5.6: Configuraciones de la sección *Main menu*. Notar los botones de guardado y carga en la base de datos remota. Además, notar la posibilidad de habilitar/deshabilitar cada modo de juego de forma independiente.

- *Speeches*: Esta sección presenta al usuario las variables de entrada para el sintetizado de voz del navegador, que son reproducidas al gatillar distintas acciones en la aplicación, entregando un *feedback* auditivo tanto para el sujeto como para el investigador. Como se puede observar en la Figura 5.7a, el sistema permite al usuario seleccionar la voz a utilizar dentro de las disponibles (las cuales cambian según el dispositivo y/o navegador), junto con configurar su volumen, tono y tasa. Además, es posible probar y configurar el texto a reproducir por el sintetizador para cada una de las posibles acciones dentro de la aplicación, las cuales corresponden a: reventar globo especial (“*correct!*”), cadena de globos especiales reventados (“*excellent!*”), salir del juego, juego terminado por alguna

condición, juego terminado por inactividad, toque en el fondo de juego, toque en el fondo del menú principal y modo de juego iniciado. Ver Figura 5.7b para más detalles. Por otro lado, si el usuario no desea utilizar el sintetizador de voz del navegador, puede desactivar su uso, y contar con sonidos predeterminados para las acciones de reventar globo “especial” y cadena de globos “especiales” reventados.

## Speeches

Enable custom speeches:

Voice:

Microsoft Raul - Spanish (Mexico) ▾

Volume: 1

-  +

Pitch: 1

-  +

Rate: 1

-  +

"Correct" speech:

Correct!

"Excellent" speech:

Excellent!

"Exit game" speech:

Exit game!

"Game ended by condition" speech:

Game ended by condition, wel

"Game ended by inactivity" speech:

Game ended by inactivity

"Game background touched" speech:

Game background touched!

"Menu background touched" speech:

Menu background touched!

"Game mode started" speech:

Game mode {gameMode} star

(a) Configuración del sintetizador de voz del navegador. Notar las opciones para configurar la voz y cambiar el tipo de voz.

(b) Textos configurables para cada acción posible en el juego. Notar la posibilidad de obtener una reproducción previa con los botones a la derecha de cada campo de texto.

Figura 5.7: Configuraciones de la sección de *Speeches*. Notar la capacidad de personalización en cuanto a modificar el sintetizar de voz del navegador.

## Vista del juego

Esta vista presenta el juego en que los OATHs deben reventar globos “especiales” (“control” y “experimental”, es decir, con una marca dentro). En la figura 5.8 se pueden observar distintas configuraciones de juego para evaluar distintas capacidades de discriminación de pares de colores. A continuación, se detallan los elementos implementados por esta vista:

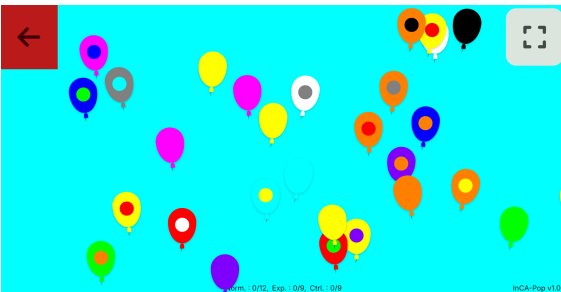
- *Globos*: Son los componentes principales de la vista. Estos se muestran en cantidad, proporción y colores según se hayan configurado en el apartado de configuraciones de la aplicación. Los globos se desplazan en cuatro sentidos posibles: de izquierda a derecha, de derecha a izquierda, de arriba hacia abajo, y de abajo hacia arriba. Esto dependerá

de la configuración escogida para el modo de juego en que se esté jugando. Cada vez que un globo es reventado se registra el evento en los *logs* de uso, almacenando propiedades del globo como color, color de marca (en caso de ser “especial”), tipo de globo, posición en la pantalla, etc. Además de esto, también implementan la reproducción de *feedback* auditivo, reproduciendo la palabra “*Correct!*” en caso de reventar un globo especial o “*Excellent!*” en caso de haber generado una cadena de globos “especiales” reventados. Adicionalmente, cada vez que un globo es reventado, se reproduce un sonido que representa la explosión del globo. Por otro lado, el juego implementa una lógica en particular para la generación de globos, que consiste en mantener constante la cantidad de globos en pantalla (definida en la cantidad máxima de globos en pantalla en el apartado de configuración), en conjunto con mantener la proporción de tipos de globo en pantalla (también ajustado en el apartado de configuración). Es decir, la aplicación asegura que en pantalla siempre van a existir la cantidad de globos “normales”, de “control” y “experimentales” que se haya definido, de manera que si un globo es reventado o sale de la pantalla, el tipo del siguiente globo a generar será el mismo de aquel globo, garantizando así que el sujeto OATH siempre tenga objetivos a reventar y no tenga que depender de una generación aleatoria de tipos de globo, lo cual podría producir frustración en el sujeto al, por ejemplo, no contar con objetivos a reventar.

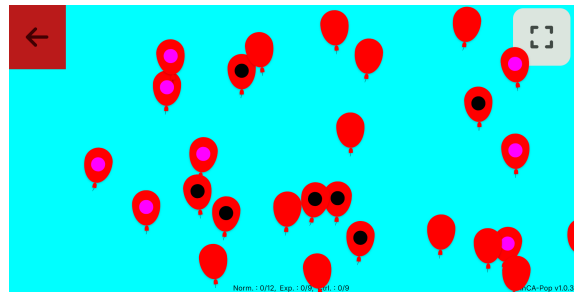
- *Estadísticas en tiempo real:* Al centro hacia abajo en la pantalla, se encuentran estadísticas numéricas de los globos reventados y vistos (que han pasado por la pantalla) en la actual partida de juego. Estas corresponden a un recuento de la cantidad de globos reventados vs la cantidad de vistos por cada tipo de globo (“normal”, “control” y “experimental”). Estas estadísticas tienen por objetivo dar un *feedback* visual al investigador para que pueda ver cómo va el experimento y/o validar que los datos estén siendo registrados de manera correcta con respecto a lo que está sucediendo en la realidad. Por otro lado, la aplicación implementa una funcionalidad de inactividad, en la cual al transcurrir 20 segundos que el sujeto no ha interactuado con el sistema, la estadística de globos vistos se deja de incrementar, y al llegar a 60 segundos de inactividad, la partida termina, registrando los *logs* de uso con respecto al momento en que se detectó la inactividad (primeros 20 segundos). De esta manera la aplicación garantiza que si el sujeto OATH abandonó la sesión de experimentación, o el investigador olvidó salir del juego, los datos de globos vistos no se ven incrementados de forma inconsistente (pues los sujetos ya no estaban participando del experimento). Por otro lado, si se reanuda la actividad entre los 20 segundos iniciales y los 60 para terminar la partida, la cantidad de globos vistos durante ese lapso de tiempo se rescatan y se suman a las estadísticas de globos vistos, asumiendo que los 20 segundos iniciales de inactividad no fue por ello sino que por alguna otra situación.
- *Botones salir y pantalla completa:* De igual forma que los botones para el experimentador en el menú principal, el botón para activar el modo de pantalla completa tiene una protección para toques accidentales por parte de los OATHs, teniendo que mantenerlo

presionado durante tres segundos para su activación. Por otro lado, el botón salir, ubicado en la esquina superior izquierda de la vista, no presenta protección, pues la idea es dar libertad a los sujetos de salir del juego si es que lo desean, dándoles completa libertad en la aplicación. Además, este último botón implementa *feedback* auditivo y se registra en los *logs* de uso que el botón fue presionado.

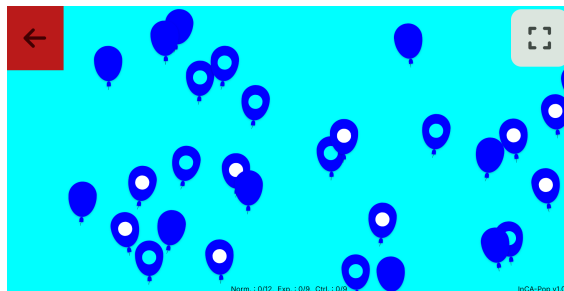
- *Fondo*: Al igual que la vista de menú principal, la vista de juego implementa un fondo con color configurable en los ajustes de la aplicación, y al igual que el menú principal, implementa la reproducción de *feedback* auditivo (generado por el sintetizador de voz del navegador) cada vez que se detecta un toque en el fondo, además del registro del evento en los *logs* de uso.



(a) Configuración de modo de juego para explorar de manera general la capacidad de discriminación de pares de colores del *sujeto*. Notar la aleatoriedad de colores en la configuración de los globos.



(b) Configuración de modo de juego para explorar capacidad de discriminación del OATH del color Magenta sobre Rojo, comparándolo con su par de “control” Negro sobre Rojo



(c) Configuración de modo de juego para explorar capacidad de discriminación del OATH del color Cyan sobre Azul, comparándolo con su par de “control” Blanco sobre Azul

Figura 5.8: Vista de juego para el OATH. Notar las distintas configuraciones de colores de los globos.

## Vista de información contextual

La vista de información contextual (o "Acerca de") de la aplicación, muestra una introducción al objetivo y alcance del sistema, además de detallar el principio que se utiliza para los experimentos y cómo se utiliza para medir la capacidad visual para discriminar pares de colores por parte de los OATHs. En la Figura 5.9a se puede ver cómo se presenta la información. Además, como se puede observar en la Figura 5.9b, presenta las instrucciones para utilizar la aplicación, en conjunto con páginas relacionadas a la aplicación y los agradecimientos de esta.

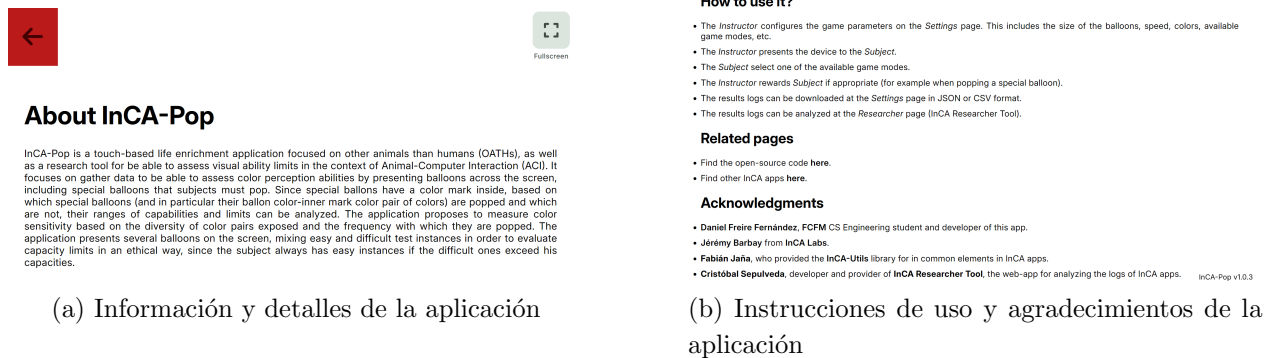


Figura 5.9: Vista de información de la aplicación. Presenta el detalle de la aplicación a la vez que sus instrucciones de uso.

# Capítulo 6

## Validación

En este capítulo se detalla el proceso de validación de la aplicación desarrollada. Este proceso consistió en una validación iterativa para cada versión del *software* con el profesor Jérémy Barbay y sus dos cotorras argentinas, lo cual derivó en un estudio de capacidades visuales para distinguir pares de colores unos de otros, de donde se obtuvo validación y retroalimentación por parte de la comunidad de ACI. Por otro lado, se realizó un proceso de validación de usabilidad de la aplicación con un etólogo. El capítulo se divide en las siguientes secciones: estudio de habilidades visuales, validación de usabilidad con potenciales usuarios y validación con la comunidad ACI .

### 6.1. Estudio de habilidades visuales

Con el fin de validar la aplicación, tanto en usabilidad como en funcionalidad, se llevó a cabo un estudio con dos sujetos, correspondientes a cotorras argentinas previamente entrenadas en el uso de dispositivos de pantalla táctil. En la Figura 6.1 se muestra a los sujetos OATHs participando del estudio utilizando el software desarrollado. Este estudio tuvo por fin el determinar la capacidad de estos sujetos para distinguir pares de colores unos de otros, y generar con esto consideraciones para el desarrollo de futuras aplicaciones en el marco de las ACI.

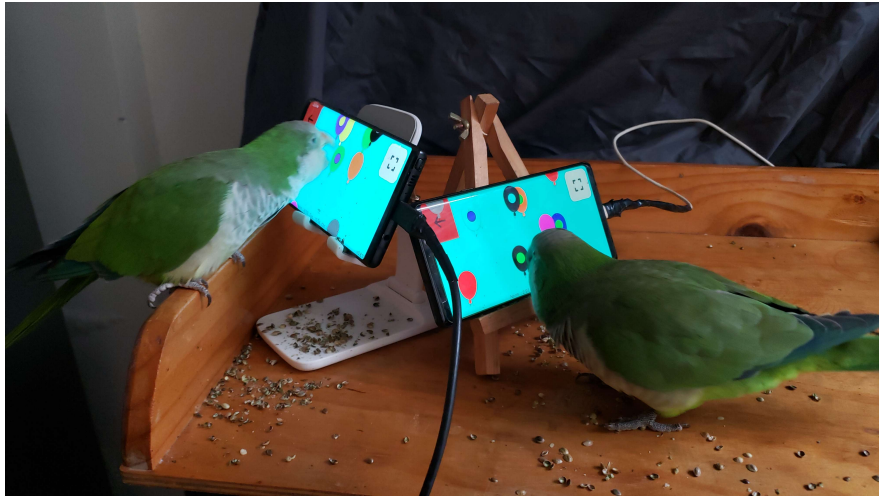


Figura 6.1: Cotorras argentinas participando del estudio utilizando el software InCA-Pop.

Cabe destacar que, como se ha mencionado anteriormente en este documento, este estudio se realizó en colaboración con el profesor Jérémy Barbay y el estudiante de magíster Cristóbal Sepúlveda. Este último participó con su aplicación de base de datos central y análisis automático de datos. Además, esta validación se materializó en un artículo de investigación enviado a la conferencia ACI 2024 [17], el cual fue aceptado condicionalmente, y cuya retroalimentación y validación será detallada en la Sección 6.3.

Los experimentos fueron realizados en dos fases: “fase de mapeo global” y la “fase de pares de colores específicos”. Los experimentos y los resultados obtenidos se detallan a continuación.

### 6.1.1. Experimentos realizados

#### Mapeo global

El propósito de esta fase de experimentación fue el de poder aproximarse a un mapa global de pares de colores, y la habilidad de los sujetos de discriminarlos unos de otros. Junto a esto, ver la posibilidad de identificar posibles combinaciones de colores, interesantes de estudiar en la siguiente fase. Para esto, la aplicación fue configurada para mostrar los tres tipos de globos disponibles en ella en iguales proporciones. Además, cada tipo de globo fue configurado de la siguiente manera:

- Globos “normales”: Globos sin marca, y cuyo color se escogía de manera aleatoria dentro de los disponibles en la aplicación (once disponibles).
- Globos de “control”: Globos con una marca interior (un disco/círculo), en donde el color del globo era seleccionado de manera aleatoria dentro de los once disponibles,

mientras que el color de la marca era seleccionado de manera aleatoria dentro del resto de colores disponibles.

- Globos “experimentales”: Análogo al caso de los globos de “control”.

### **Pares de colores específicos**

Esta fase tuvo por propósito comparar tripletas de colores. Dejando como fijo el color de los globos para cada tipo de globo, es decir, “normales”, de “control” y “experimentales”, y variar el color de la marca de los globos de “control” y “experimentales”. El propósito fue buscar comparar la habilidad de los sujetos de discriminar un color de fondo de un globo “experimental” con su color de marca (por ejemplo, Azul sobre Cyan) frente a una habilidad asumida (por parte del investigador) de los sujetos de su capacidad de discriminar un color de globo de “control” con su color de marca (por ejemplo, Azul sobre Blanco). La tabla 6.5 presenta los colores escogidos para cada día de experimentación.

### **6.1.2. Resultados**

El experimento de “mapeo global” se realizó durante siete días, recolectando una gran cantidad de datos (7847 globos reventados) en términos de la frecuencia en que cada tipo de globo con marca era reventado. Esta fase experimental sugirió algunas tripletas de colores interesantes a explorar en la fase de experimentación de “pares de colores específicos”.

Por el lado de los resultados de la fase de “pares de colores específicos”, se presentan combinaciones de colores específicas de donde es posible notar que algunos pares de colores son más difíciles de discriminar para ambos sujetos. Aún más, los datos recolectados por los experimentos sugieren que un par de colores es difícil de discriminar para uno de los sujetos, mas no para el otro, indicando un posible caso de daltonismo parcial. Los resultados obtenidos para cada fase son descritos en detalle en las siguientes secciones

### **Mapeo global**

En colaboración con el alumno Cristóbal Sepúlveda y su herramienta *InCA-Researcher Tool*, se realizó un análisis de los datos registrados por la aplicación, generando estadísticas para cada combinación de color y color de marca. Para cada una de estas estadísticas se define la “proporción de interacción”, definida como el cociente de los globos reventados entre los globos vistos. El análisis de las “proporciones de interacción” de ambos sujetos permite entender la habilidad de los sujetos para discriminar el color de marca del color fondo del globo para distintos colores.



En detalle, las “proporciones de interacción” para el “sujeto 1” presentan variaciones a lo largo de distintos pares de colores. En particular, la combinación de color de globo Cyan y color de marca Verde presenta la proporción más baja, siendo 0.08, sugiriendo que esa combinación de colores es el menos distinguible para el sujeto. Por otro lado, la combinación color de globo Magenta y color de marca Negro presenta la proporción más alta con 0.83. En la misma línea, se tienen que globo Rojo y marca Negro, y globo Blanco y marca Negro también tienen proporciones altas, con 0.79 y 0.68 respectivamente. Estas proporciones más elevadas sugieren que estas combinaciones de colores son bastante distinguibles para el sujeto. En la tabla 6.1 se pueden ver más detalles para una selección de pares de colores, destacando las “proporciones de interacción” más altas y bajas.

Color de globo	Color de marca	Reventados	Vistos	Proporción de interacción (reventados/vistos)
Negro (00,00,00)	Amarillo (ff,ff,00)	17	24	0.71
Negro (00,00,00)	Naranja (ff,7f,00)	12	25	0.48
Azul (00,00,ff)	Morado (7f,00,ff)	22	28	0.79
Azul (00,00,ff)	Magenta (ff,00,ff)	7	13	0.54
Verde (00,ff,00)	Blanco (ff,ff,ff)	20	29	0.69
Verde (00,ff,00)	Cyan (00,ff,ff)	4	27	0.15
Cyan (00,ff,ff)	Blanco (ff,ff,ff)	20	36	0.56
Cyan (00,ff,ff)	Verde (00,ff,00)	21	285	0.07
Morado (7f,00,ff)	Negro (00,00,00)	17	23	0.74
Morado (7f,00,ff)	Verde (00,ff,00)	97	250	0.39
Gris (80,80,80)	Amarillo (ff,ff,00)	19	30	0.63
Gris (80,80,80)	Verde (00,ff,00)	48	269	0.18
Rojo (ff,00,00)	Gris (80,80,80)	19	26	0.73
Rojo (ff,00,00)	Verde (00,ff,00)	51	306	0.17
Magenta (ff,00,ff)	Negro (00,00,00)	19	23	0.83
Magenta (ff,00,ff)	Verde (00,ff,00)	20	218	0.09
Naranja (ff,7f,00)	Morado (7f,00,ff)	21	27	0.78
Naranja (ff,7f,00)	Verde (00,ff,00)	41	307	0.13
Amarillo (ff,ff,00)	Negro (00,00,00)	15	21	0.71
Amarillo (ff,ff,00)	Verde (00,ff,00)	39	282	0.14
Blanco (ff,ff,ff)	Negro (00,00,00)	21	36	0.58
Blanco (ff,ff,ff)	Verde (00,ff,00)	29	263	0.11

Tabla 6.1: “Proporciones de interacción” del sujeto 1 para una selección de pares de colores. Las proporciones más altas son Magenta con Negro (0.83) y Azul con Morado (0.79). Mientras que las proporciones más bajas se encuentran en las combinaciones Cyan con Verde (0.07) y Magenta con Verde (0.09).

Color globo	Color marca										
	Rojo	Verde	Azul	Amarillo	Naranja	Morado	Cyan	Magenta	Negro	Blanco	Gris
Rojo	NA	17	65	56	62	64	57	53	51	64	73
Verde	33	NA	40	47	47	47	15	43	65	69	32
Azul	65	63	NA	64	71	79	70	54	67	77	57
Amarillo	57	14	68	NA	69	62	39	62	71	50	49
Naranja	48	13	61	63	NA	78	33	61	62	69	53
Morado	68	39	52	63	72	NA	54	54	74	67	68
Cyan	47	07	55	40	46	40	NA	44	25	56	54
Magenta	67	09	70	52	52	61	44	NA	83	74	45
Negro	68	62	50	71	48	70	58	62	NA	60	54
Blanco	52	11	56	50	32	52	32	49	58	NA	52
Gris	52	18	58	63	46	35	32	44	50	58	NA

Tabla 6.2: “Proporciones de interacción” en porcentajes para el sujeto 1 para cada combinación de pares de colores. Notar el porcentaje más alto en la combinación Magenta con Negro (83%), y el más bajo en la combinación Cyan con Verde (7%).

Para el sujeto 2, de manera similar al sujeto 1 se tiene una variedad de “proporciones de interacción” sobre los distintos pares de colores, en particular se tiene que su “proporción de interacción” más alta se presenta con las combinaciones color de globo Magenta con marca Naranja con 0.79, sugiriendo una alta capacidad de distinguir esos colores. Por otro lado sus proporciones más bajas se encuentran en la combinaciones color de globo Rojo y marca Magenta, y color de globo Blanco y marca Cyan, con 0.14 y 0.16 respectivamente, sugiriendo que el sujeto presenta mayores problemas al distinguir estos pares de colores. En la tabla 6.3 se detallan las “proporciones de interacción” para una selección de pares de colores.

Color de globo	Color de marca	Reventados	Vistos	Proporción de interacción (reventados/vistos)
Negro (00,00,00)	Rojo (ff,00,00)	15	25	0.60
Negro (00,00,00)	Azul (00,00,ff)	4	20	0.20
Azul (00,00,ff)	Gris (80,80,80)	17	29	0.59
Azul (00,00,ff)	Negro (00,00,00)	3	17	0.18
Verde (00,ff,00)	Blanco (ff,ff,ff)	15	29	0.52
Verde (00,ff,00)	Magenta (ff,00,ff)	44	173	0.25
Cyan (00,ff,ff)	Rojo (ff,00,00)	10	20	0.50
Cyan (00,ff,ff)	Verde (00,ff,00)	4	24	0.17
Morado (7f,00,ff)	Naranja (ff,7f,00)	15	22	0.68
Morado (7f,00,ff)	Magenta (ff,00,ff)	39	164	0.24
Gris (80,80,80)	Blanco (ff,ff,ff)	12	26	0.46
Gris (80,80,80)	Naranja (ff,7f,00)	9	30	0.30
Rojo (ff,00,00)	Amarillo (ff,ff,00)	13	18	0.72
Rojo (ff,00,00)	Magenta (ff,00,ff)	24	177	0.14
Magenta (ff,00,ff)	Naranja (ff,7f,00)	23	29	0.79
Magenta (ff,00,ff)	Negro (00,00,00)	5	21	0.24
Naranja (ff,7f,00)	Azul (00,00,ff)	13	19	0.68
Naranja (ff,7f,00)	Magenta (ff,00,ff)	29	184	0.16
Amarillo (ff,ff,00)	Gris (80,80,80)	16	24	0.67
Amarillo (ff,ff,00)	Azul (00,00,ff)	4	22	0.18
Blanco (ff,ff,ff)	Rojo (ff,00,00)	13	28	0.46
Blanco (ff,ff,ff)	Cyan (00,ff,ff)	4	25	0.16

Tabla 6.3: “Proporciones de interacción” del sujeto 2 para una selección de pares de colores. Las proporciones más altas se encuentran en los pares Magenta con Naranja (0.79) y Rojo con Amarillo (0.72). Mientras que las proporciones más bajas se encuentran en las combinaciones Rojo con Magenta (0.14) y Blanco con Cyan (0.16).

Color globo	Color marca										
	Rojo	Verde	Azul	Amarillo	Naranja	Morado	Cyan	Magenta	Negro	Blanco	Gris
Rojo	NA	21	59	72	57	50	23	14	54	48	58
Verde	42	NA	42	39	44	46	37	25	41	52	34
Azul	59	33	NA	48	27	28	31	28	18	52	59
Amarillo	52	31	18	NA	57	42	32	29	43	36	67
Naranja	39	31	68	26	NA	52	38	16	37	41	55
Morado	46	56	36	67	68	NA	40	24	39	38	47
Cyan	50	17	31	40	44	39	NA	21	21	43	39
Magenta	44	44	57	64	79	30	43	NA	24	39	55
Negro	60	38	20	36	52	40	33	46	NA	58	50
Blanco	46	39	38	40	25	40	16	19	24	NA	32
Gris	33	40	33	42	39	44	37	31	37	46	NA

Tabla 6.4: “Proporciones de interacción” en porcentajes del sujeto 2 para cada combinación de pares de colores. Notar el porcentaje más alto en las combinaciones de Magenta con Naranja (79%), y el porcentaje más bajo en la combinación de Rojo con Magenta (14%).

### Pares de colores específicos

Dados los resultados obtenidos en la fase experimental anterior, se decidió experimentar en más detalle en seis pares de colores específicos, con el fin de validar las suposiciones sugeridas por sus altas/bajas “proporciones de interacción”. En la tabla 6.5 se puede ver en detalle el itinerario seguido para esta fase experimental.

Día	Color de fondo	marca experimental	marca control
1	Rojo	Naranja	Blanco
2	Azul	Cyan	Blanco
3	Cyan	Verde	Blanco
4	Verde	Amarillo	Negro
5	Magenta	Rojo	Negro
6	Blanco	Amarillo	Negro

Tabla 6.5: Itinerario de experimentos de pares de colores específicos sugeridos a explorar por la fase de “mapeo global”. Color de fondo representa el color del globo, mientras que marca “experimental” y marca de “control” representan el color de las marcas de globos de tipo “experimental” y de “control” respectivamente.

Como se mencionó anteriormente, estos experimentos buscaban poder comparar la habilidad de discriminación de un par de colores que el investigador supone que el sujeto posee (color de fondo contra marca de “control”), con respecto a la capacidad de discriminar un par de colores que el investigador quiere explorar (color de fondo contra marca “experimental”). Los resultados de esta fase experimental se detallan en la tabla 6.6, de los cuales se destacan tres resultados esperados y uno inesperado:

Sujeto.	Color Globo	Marca de control				Marca experimental				Diferencia de P.Interacción.
		Color	Reventados	Vistos	P.Interacción	Color	Reventados	Vistos	P.Interacción	
1	Rojo (ff,0,0)	Blanco (ff,ff,ff)	347	434	0.80	Naranja (ff,7f,0)	52	226	0.23	0.57
2	Rojo (ff,0,0)	Blanco (ff,ff,ff)	279	372	0.75	Naranja (ff,7f,0)	114	266	0.43	0.32
1	Azul (0,0,ff)	Blanco (ff,ff,ff)	163	350	0.47	Cyan (0,ff,ff)	113	226	0.50	<i>0.03</i>
2	Azul (0,0,ff)	Blanco (ff,ff,ff)	187	371	0.50	Cyan (0,ff,ff)	94	266	0.35	<i>0.15</i>
1	Cyan (0,ff,ff)	Blanco (ff,ff,ff)	201	438	0.46	Verde (0,ff,0)	40	337	0.12	0.34
2	Cyan (0,ff,ff)	Blanco (ff,ff,ff)	218	526	0.41	Verde (0,ff,0)	55	437	0.13	0.28
1	Verde (0,ff,0)	Negro (0,0,0)	189	263	0.72	Amarillo (ff,ff,0)	20	145	0.14	<i>0.58</i>
2	Verde (0,ff,0)	Negro (0,0,0)	86	181	0.48	Amarillo (ff,ff,0)	75	183	0.41	<i>0.07</i>
1	Rojo (ff,0,0)	Negro (0,0,0)	520	630	0.83	Magenta (ff,0,ff)	32	331	0.10	<i>0.73</i>
2	Rojo (ff,0,0)	Negro (0,0,0)	352	572	0.62	Magenta (ff,0,ff)	29	313	0.09	<i>0.53</i>
1	Blanco (ff,ff,ff)	Negro (0,0,0)	148	192	0.77	Amarillo (ff,ff,0)	9	94	0.10	<i>0.67</i>
2	Blanco (ff,ff,ff)	Negro (0,0,0)	81	105	0.77	Amarillo (ff,ff,0)	8	72	0.11	<i>0.66</i>

Tabla 6.6: Resultados de los experimentos de la fase de “colores específicos” para el sujeto 1 y sujeto 2. Siendo P.Interacción la “proporción de interacción”

Es importante destacar las dos diferencias de “proporción de interacción” en cursiva de 0.03 y 0.15, sugiriendo que los sujetos presentan habilidad similar de discriminar Azul del Blanco que de Azul del Cyan. Además, resultados en cursiva de 0.73, 0.53, 0.67 y 0.66 destacan valores elevados en la diferencia de “proporción de interacción”, sugiriendo que los sujetos presentan dificultades al discriminar los pares de colores “experimentales” con respecto a su par de colores de “control”. Finalmente, notar los resultados en cursiva de 0.58 y 0.07, en donde es posible observar que el resultado sugiere que un sujeto presenta problemas para distinguir el par de colores “experimentales” Verde-Amarillo con respecto a su par de “control” Verde-Negro, mientras que el otro sujeto no presenta dificultades. A continuación se resumen los resultados más destacables.

- Ambos sujetos mostraron la misma habilidad de discriminar el par de color Blanco con Cyan, y Blanco con Azul (teniendo una diferencia de “proporción de interacción” de 0.03 para el sujeto 1 y 0.15 para el sujeto 2. Esto sugiere la presencia de la habilidad para detectar el componente Rojo del color, componente que diferencia al Cyan del Blanco, y que también es uno de los componentes diferenciales entre el Blanco y Azul (también lo es el componente Verde).
- Ambos sujetos mostraron la misma dificultad en su capacidad de discriminar Amarillo del Negro, comparado el par Blanco con Negro, teniendo altas diferencias en la “proporción de interacción”, llegando a 0.67 para el sujeto 1 y 0.66 para el sujeto 2. Los globos blancos con marca amarilla fueron ignorados casi como si fueran globos “normales” blancos (sin marca). Esto podría sugerir una falta de sensibilidad al Azul, que es el componente que diferencia al Amarillo del Blanco.
- Similar al punto anterior, ambos sujetos mostraron una dificultad similar al distinguir Rojo de Magenta al compararlo con el par de “control” Rojo con Negro, siendo las diferencias de “proporciones de interacción” de 0.73 para el sujeto 1 y 0.53 para el sujeto 2. Aquí nuevamente existe una sugerencia de falta de sensibilidad al Azul, componente que diferencia al Rojo del Magenta.
- El resultado inesperado radica en que el sujeto 1 mostró dificultades al discriminar marcas Amarillas sobre globos Verdes (una diferencia de “interacción de proporción” de 0.58), mientras que el sujeto 2 no presentó casi ninguna dificultad, de hecho, es la diferencia de “proporciones de interacción” más baja de la tabla (0.07). Esto podría sugerir un tipo de daltonismo específico al color Rojo por parte del sujeto 1, siendo así una demostración de la capacidad de la aplicación para hacer diagnósticos individuales. Por otro lado, si bien es un resultado interesante, más investigación con una mayor cantidad de sujetos sería requerida para poder efectuar una conclusión efectiva.

## 6.2. Validación de usabilidad con potenciales usuarios

Además del estudio de habilidades visuales de la sección anterior, se validó la usabilidad y potencial de la aplicación con usuarios potenciales de este tipo de tecnologías ACI, en particular una académica en el campo de etología. A continuación se detallan el instrumento utilizado para la validación y los resultados obtenidos.

### 6.2.1. Instrumento utilizado

Como instrumento de evaluación se utilizó un sistema de encuesta a los usuarios, haciendo uso del sistema de evaluación *System Usability Scale* o *SUS* por sus siglas en inglés. Este

sistema diseñado por John Brooke [18] permite obtener una medición sobre la percepción de usabilidad por parte de los usuarios del software, midiendo aspectos como facilidad de uso, eficiencia y satisfacción global. El sistema de evaluación *SUS* consta de un formulario de diez preguntas estándar, las cuales se listan a continuación:

1. Creo que me gustaría usar este sistema con frecuencia.
2. Encontré el sistema innecesariamente complejo.
3. Pensé que el sistema era fácil de usar.
4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder usar este sistema.
5. Encontré que las diversas funciones del sistema estaban bien integradas.
6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema.
7. Imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema muy rápidamente.
8. Encontré el sistema muy incómodo de usar.
9. Me sentí muy seguro(a) usando el sistema.
10. Necesité aprender muchas cosas antes de poder empezar a usar este sistema.

Cada una de estas preguntas es evaluada con una escala de *Likert* [19] de puntuación del 1 al 5, siendo 1 "Totalmente en desacuerdo" y 5 "Totalmente de acuerdo". La medición del *SUS* tiene un rango de resultado del 0 al 100, siendo 68 definido por Jeff Sauro [20] como un resultado *SUS* medio para los sistemas, y el rango 78.9 al 100 como los mejores calificados (percentil 15). Considerando *P1* a *P10* como pregunta 1 a pregunta 10 respectivamente, el cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} SUS = 2.5 \cdot ((P1 - 1) + (5 - P2) + (P3 - 1) + (5 - P4) + (P5 - 1) + (5 - P6) + (P7 - 1) \\ + (5 - P8) + (P9 - 1) + (5 - P10)) \end{aligned} \tag{6.1}$$

Además del *SUS*, se empleó un cuestionario de cinco preguntas personalizadas orientadas al campo de ACI igualmente calificadas con la escala *Likert* anterior. Las preguntas se listan a continuación:

1. ¿Qué tan útil considera la aplicación para realizar un prototipado rápido de múltiples experimentos visuales?

2. ¿Qué tan útil consideras la aplicación para obtener datos de los cuales poder concluir habilidades visuales?
3. ¿Considera que los datos y resultados obtenidos por la aplicación pueden ser útiles en el contexto de desarrollo de aplicaciones para OATHs?
4. ¿Considera que la metodología experimental implementada por la aplicación podría ser usada para incluir medidas de más habilidades como por ejemplo otras habilidades visuales y/o cognitivas?
5. ¿Cree que la aplicación le permitiría conducir experimentos y obtener datos de manera rápida y eficiente?

### 6.2.2. Resultados obtenidos

Con el fin de evaluar la usabilidad y potencial de la aplicación con investigadores en el campo de etología, se presentó, se explicó el trabajo y se realizó una demostración de la aplicación a la profesora Dalila Bovet [21] de la *University Paris Nanterre*, quien es investigadora en el campo de etología en el *Laboratoire Ethologie Cognition Développement* de esa institución. Las calificaciones por pregunta y el resultado *SUS* de la encuesta a la profesora Bovet se detalla a continuación:

- Pregunta 1: 4
- Pregunta 2: 2
- Pregunta 3: 4
- Pregunta 4: 3
- Pregunta 5: 4
- Pregunta 6: 2
- Pregunta 7: 4
- Pregunta 8: 2
- Pregunta 9: 4
- Pregunta 10: 4

Aplicando la fórmula 6.1 se obtuvo una puntuación *SUS* de 67.5, siendo esta una puntuación media.

Por otro lado, para el cuestionario personalizado orientado a ACI se obtuvieron los siguientes resultados:



- Pregunta 1: 5
- Pregunta 2: 5
- Pregunta 3: 5
- Pregunta 4: 5
- Pregunta 5: 5

De las preguntas personalizadas se obtuvo una puntuación máxima para cada una, teniendo un promedio general de 5, es decir, el máximo posible.

Con esto se logró una validación por parte de un académico del área de la etología, que son potenciales usuarios a los que apunta el *software* desarrollado, para su uso en el estudio de habilidades sensoriales en OATHs. En cuanto a la usabilidad del sistema, esta fue evaluada con una puntuación de *SUS* media según la definición de Jeff Sauro. Sugiriendo que la aplicación presenta una buena usabilidad pero con espacios de mejora. Entre los aspectos a destacar sobre las calificaciones otorgadas por la profesora Bovet, sería la respuesta con calificación 3 (Neutro) a la pregunta 4 (“Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder usar este sistema”), sugiriendo que podría tener dudas en cuanto a la usabilidad del sistema desarrollado al ser usado por un investigador no técnico en sistemas computacionales.

Por otro lado, para las preguntas enfocadas al potencial del sistema como herramienta de apoyo a la ACI, la profesora Bovet calificó con puntuación máxima todas las preguntas, indicando que valida la utilidad del *software* desarrollado y la metodología experimental asociada. Incluso evaluando positivamente la posibilidad de usar la aplicación para medir más habilidades visuales y/o cognitivas.

### 6.3. Validación con la comunidad ACI

Este trabajo tuvo por objetivo el brindar una herramienta para obtener guías para continuar con el desarrollo personalizado y enfocado en OATHs. Por lo tanto, resulta relevante para este trabajo validar con usuarios de la comunidad de ACI. Adicionalmente, en el marco de la investigación en el área de la ACI, este trabajo fue enviado a la conferencia *ACI International Conference 2024* para obtener retroalimentación de parte de académicos y usuarios en el área, tanto para el estudio en sí, como para la aplicación y metodología de experimentación desarrollada.

El artículo enviado a la conferencia fue aceptado condicionalmente, es decir, aceptado ligado a que se implementen algunos comentarios realizados por parte de los revisores de la conferencia. Estos comentarios representan una validación del *software* desarrollado y lo que

se puede lograr con el, en conjunto con la metodología de experimentación que propone esta aplicación para los experimentos. Los comentarios y retroalimentación más destacados son:

- Contribución significativa a la ACI: Los revisores destacan que el desarrollo de un videojuego para pantallas táctiles, enfocado en OATHs para medir su capacidad de discriminación de colores, representa una “contribución significativa” a la ACI. Este enfoque introduce un nuevo método para evaluar las capacidades sensoriales en OATHs, ampliando así las herramientas disponibles para la investigación en este campo.
- Gran ejemplo de metodología: Los revisores señalaron que el trabajo ofrece un “gran ejemplo” de metodología experimental en el ámbito de la ACI. Destacaron que el enfoque empleado proporciona un método útil para evaluar las capacidades sensoriales de los OATHs y puede servir como referencia para otros investigadores. Mencionando además que la utilización de teléfonos inteligentes como instrumentos de medición facilita la evaluación de la superposición de habilidades sensoriales entre humanos y OATHs, lo que refuerza la aplicabilidad y la practicidad del método propuesto.
- Variabilidad entre dispositivos: Los revisores señalaron la importancia de considerar las diferencias entre los dispositivos utilizados en los experimentos. A pesar de que los dispositivos sean del mismo modelo, marca y manufactura, pueden existir variaciones en su fabricación que afecten la emisión de estímulos sensoriales. Esto puede generar variabilidad en los resultados. Para abordar esta cuestión, se sugiere la inclusión de un sistema de medición de emisión de luz *RGB*, como un sensor externo, para evaluar y calibrar las emisiones de las pantallas de los dispositivos empleados en los experimentos.

En conclusión, gracias a estos comentarios se obtuvo una validación por parte de la comunidad ACI, obteniendo resultados positivos en cuanto al concepto, metodología y *software* desarrollados para medir la capacidad de OATHs de discriminación de colores. De igual manera, se obtuvo retroalimentación con respecto a espacios de mejora para el sistema, siendo destacado la posibilidad de variabilidad de estímulos sensoriales emitidos según el dispositivo y la necesidad de medir y/o detectar estas diferencias para cada dispositivo utilizado.

# Capítulo 7

## Conclusiones y trabajo a futuro

En este trabajo se presenta una aplicación web para medir habilidades sensoriales visuales, en particular, en cotorras argentinas. Esta aplicación se presenta como un juego hacia los sujetos, de manera de evitar la frustración en ellos al ser expuestos a los experimentos, y con el fin de recolectar información que permita estudiar su capacidad para discriminar pares de colores. En las siguientes secciones se presenta las contribuciones de la memoria, una discusión y el trabajo futuro.

### 7.1. Contribuciones

Como contribuciones relevantes de este trabajo de memoria en primer lugar se destaca el desarrollo del *software*, el cual se posiciona como una herramienta modular, de código abierto y de fácil uso. Esto hace que los sujetos OATHs e investigadores puedan interactuar con ella con facilidad, personalizando las configuraciones y ampliando el espectro de experimentos. Además, la aplicación queda a disposición de la comunidad de etología y/o ACI, tanto para usar el *software* de manera directa o para incluir modificaciones en éste de ser necesario.

La aplicación desarrollada registra datos de los cuales es posible obtener sugerencias sobre las capacidades visuales de los OATHs para discriminar colores unos de otros. Esto contribuye como herramienta de experimentación para la comunidad de etología y para la de ACI. Para la primera disciplina contribuye como instrumento de investigación, pues permite estudiar la capacidad visual mencionada anteriormente en OATHs, de manera que es posible la utilización de esta herramienta en estudios con animales. Por otro lado, para la comunidad de ACI es un aporte para el diseño de tecnologías para apoyar las ACI. Tal como se ha comentado a lo largo del documento, la tecnología utilizada actualmente en esta disciplina no ha sido diseñada teniendo como foco al usuario OATH. Por lo tanto, utilizando la aplicación

es posible generar antecedentes con los cuales diseñar y desarrollar más y mejores tecnologías ACI, al conocer sobre las capacidades y limitaciones de determinados OATHs.

Otro valor que aporta el *software* desarrollado consiste en que gracias a sus diversos ajustes, éste permite a los investigadores prototipar de manera rápida experimentos que deseen llevar a cabo. Como ya se demostró en el capítulo de validación, la aplicación es capaz de recolectar grandes cantidades de datos en poco tiempo, probando que el sistema permite explorar, definir y llevar a cabo una cantidad de experimentos mayor a que si se llevaran a cabo de una forma no automatizada.

Finalmente, en el marco académico del presente trabajo de memoria, se destaca la contribución al área de ACI. En particular, se lograron desarrollar dos artículos para la *ACI International Conference*. Uno de ellos es una propuesta de investigación que incluye las bases de la metodología experimental a utilizar, el sistema propuesto a desarrollar, entre otros aspectos. El otro artículo trata sobre un estudio de las habilidades de dos cotorras argentinas para la discriminación de pares de colores, utilizando el *software* desarrollado a partir de la propuesta de investigación.

## 7.2. Discusión

El trabajo realizado logró cumplir con el objetivo general y objetivos específicos definidos, pues se logró desarrollando un *software estable*, que permite evaluar una capacidad visual en OATHs. Éste implementa una lógica de juego de reventar globos que evita que los OATHs se frustren durante los procesos de experimentación. Sin embargo, el trabajo contó con ciertas limitantes y consideraciones durante su desarrollo.

Una de las grandes limitantes de la aplicación desarrollada consiste en la necesidad de contar con OATHs entrenados en el uso de pantallas táctiles, además de requerir un proceso previo de entrenamiento para que los sujetos incorporen la idea de que deben reventar solo los globos “especiales” (con marca dentro). Durante el desarrollo del trabajo y su validación, se optó por aprovechar la capacidad de las cotorras argentinas del profesor Jérémy Barbay, con el fin de evitar invertir un tiempo inicial no menor en el entrenamiento de estos sujetos. Esto permitió tener más tiempo para el proceso de validación, incluso permitiendo elaborar un artículo de investigación que reporta el estudio de las capacidades visuales de dichos OATHs. Además, se mostró que la aplicación es capaz de cumplir su objetivo a pesar de sus limitaciones.

Otro aspecto a considerar durante el trabajo radica en el proceso de validación. Es importante destacar que la validación del presente trabajo no busca concluir aspectos acerca de las capacidades visuales de la especie completa de cotorras argentinas, sino que busca obtener datos que sugieran la capacidad visual para discriminar colores, unos de otros, en únicamente

las dos cotorras argentinas que participaron en el proceso de validación de la aplicación.

El presente trabajo demostró tener la capacidad para generar datos y evaluar capacidades visuales; sin embargo, para generar conclusiones acerca de una especie entera de OATHs se requiere de más experimentación y una mayor cantidad de participantes.

Por otro lado, es importante considerar las características de los dispositivos en los que se utiliza la aplicación, ya que esto podría generar variabilidad en los resultados obtenidos para un mismo sujeto al usar distintos dispositivos. Sin embargo, para la validación del presente trabajo, este aspecto no representó un problema significativo, ya que cada sujeto utilizó un solo dispositivo, y ambos dispositivos eran del mismo modelo (*Samsung Galaxy Note 9*). Esto minimizó la variabilidad en los resultados.

Finalmente, es importante destacar que durante el proceso de desarrollo de este trabajo se requirió aprender, desarrollar y potenciar distintas habilidades y conocimientos. Por un lado, el hecho de contar con usuarios no humanos como usuarios objetivo constituyó una dificultad añadida y desafiante, dada la incertidumbre constante a la hora de validar con ellos. Por otro lado, el trabajo desarrollado en el marco de InCA-Lab permitió e incentivó el trabajo colaborativo con más personas, como es el caso del estudiante Cristóbal Sepúlveda, con quien se trabajó en conjunto para la conexión de su *software* con el presente trabajo. Esto se realizó con el fin de analizar y obtener estadísticas de los datos de las interacciones.

### 7.3. Trabajo a futuro

Tal como se mencionó antes, en este trabajo de memoria se consiguió cumplir con el objetivo general y específicos introducidos en la sección 1.2.2, llegando a tener una versión del *software* estable, capaz de ser utilizado por los usuarios objetivos. Sin embargo, en el marco de la metodología *Kanban* utilizada en esta memoria, algunas funcionalidades ideadas a lo largo del trabajo adquirieron una prioridad baja, quedando así fuera de la versión estable desarrollada. Varias de estas funcionalidades son interesantes de implementar y serían un aporte al valor que entrega la herramienta. A continuación, se listan algunas funcionalidades que se consideran un aporte y que deberían abordarse en un trabajo futuro.

1. *Paleta de colores*: InCA-Pop se desarrolló con una elección de paleta de colores con once distintos colores para configurar los globos, las marcas de los globos “especiales”, etc. Como se comentó en la sección 5.2.3, esto fue una decisión tomada por temas de tiempo, buscando priorizar el realizar una validación adecuada, y para ello no se podían introducir demasiados colores. Considerando esto, un aporte que generaría valor en la herramienta sería ampliar la actual paleta de colores, con el fin de explorar una variedad más amplia de componentes de color *RGB* en los sujetos.

2. *Interpolación de colores:* La versión estable del *software* permite escoger entre once opciones para las configuraciones de color. Antes que se decidiera optar por limitar la cantidad de colores, una de las funcionalidades a implementar en la aplicación era que los colores de los globos y/o las marcas fueran escogidas desde una interpolación entre dos colores diferentes. El implementar esta funcionalidad en la aplicación sería un aporte a la medición de la capacidad de distinguir distintos colores, pues se podría explorar con más detalle el límite que tienen los sujetos de distinguir ciertos componentes *RGB* de un color de otro similar.
3. *Análisis de datos incorporado:* La aplicación incorpora conexión a la base de datos remota InCA-Backend, y con ello, permite al usuario acceso y análisis de datos automático en la herramienta InCA Researcher Tool. Si bien esto es funcional y genera un ecosistema entre las aplicaciones de InCA-Lab, sería interesante que InCA-Pop implementara su propio sistema automático de análisis de datos y estadísticas. Considerando que esta herramienta es de código abierto y pudiera ser utilizada por usuarios que no desean lidiar con la base de datos de InCA-Backend y/o entregar sus datos a esta misma, sería un valor añadido que la aplicación tuviera robustez suficiente para generar estas estadísticas.
4. *Cantidad de modos de juego:* En su versión estable, la aplicación incorpora la funcionalidad de configurar y/o habilitar hasta seis modos de juego diferentes. Un posible aporte en un trabajo futuro radica en implementar más modos de juego configurables. En particular, sería de gran valor el desarrollar una funcionalidad de modos de juego dinámica, en la cual exista una cantidad de modos de juego por defecto, pero que se puedan añadir (o eliminar) dinámicamente más modos de juego. De esa manera, se puede ofrecer al investigador una gran variedad de experimentos para ejecutar, sin tener que sobrescribir sus modos de juego ya configurados.
5. *Modo exploratorio:* Actualmente InCA-Pop presenta diversas configuraciones para prototipar de manera rápida y efectiva distintos experimentos, para medir la capacidad visual de discriminar pares de colores. Sin embargo, toda la configuración de los experimentos queda a criterio y/o conocimiento del investigador, con lo cual sería un gran aporte el que la aplicación contara con un modo “exploratorio”. De esa manera, el investigador no requeriría configurar (o al menos inicialmente) los experimentos, y podría contar con algunos ya predefinidos para explorar algunos colores. Así se podría brindar guías al investigador sobre cuáles colores realizar los experimentos.
6. *Configuraciones de tamaño y velocidad:* El *software* implementa configuraciones para definir el tamaño y velocidad de los globos en pantalla. Sin embargo, cada una de estas opciones presenta una cantidad definida de opciones (tres), siendo más una configuración visual estética, que una variable a investigar. Por lo tanto, sería interesante explorar la funcionalidad de expandir estas configuraciones a variables continuas, que incluso se pudieran utilizar para medir otros tipos de capacidad visual, como por ejem-

plo, la agudeza visual de los sujetos al disminuir en gran medida el tamaño de los globos.

7. *Registro de características del dispositivo:* El *software* desarrollado está diseñado para ser utilizado en dispositivos con pantallas táctiles y no tiene restricciones de *hardware* específicas. Esto puede resultar en variabilidad en los estímulos visuales emitidos por las pantallas de los diferentes dispositivos. Por lo tanto, sería un valor añadido y una mejora al sistema implementar un registro de las características del dispositivo y/o una conexión con una base de datos que contenga información sobre el *hardware* de los dispositivos. De esta manera, se podrían categorizar los resultados obtenidos y asociarlos a características específicas de los dispositivos utilizados.

# Bibliografía

- [1] Clara Mancini. Animal-computer interaction: a manifesto. *Interactions*, 18(4):69–73, jul 2011.
- [2] Inca lab: [in]teractions with [c]omputers for [a]nimals, 2024. <https://incalab.cl/>, Accedido: 12 de julio de 2024.
- [3] Jérémy Barbay, Daniel Freire-Fernández, and Danko Lobos-Bustamante. Popping up balloons for science: A research proposal. ACI '22, New York, NY, USA, 2023. Association for Computing Machinery.
- [4] J. Read I. Hirskyj-Douglas, P. Pons and J. Jaen. Seven years after the manifesto: Literature review and research directions for technologies in animal computer interaction. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(2):1–29, 2018.
- [5] McCune K. MacPherson M. Bergeron L. Blaisdell A. P. Logan C. J. Seitz, B. M. Using touchscreen equipped operant chambers to study animal cognition. benefits, limitations, and advice. *PloS one*, 2021.
- [6] S. Gualeni M. Westerlaken. Felino: The philosophical practice of making an interspecies videogame. 11 2014.
- [7] I. Hirskyj-Douglas, J.C. Read, and B. Cassidy. A dog centred approach to the analysis of dogs' interactions with media on tv screens. *International Journal of Human-Computer Studies*, 98:208–220, 2017.
- [8] M. Copier H.Lagerweij I. van Peer C. Driessen, K. Alfrink. What could playing with pigs do to us? game design as multispecies philosophy. *Antennae*, page 79, 12 2014.
- [9] Jérémy Barbay, Fabián Jaña Ubal, and Cristóbal Sepulveda-Álvarez. Measuring discrimination abilities of monk parakeets between discreet and continuous quantities through a digital life enrichment application. In *Proceedings of the Ninth International Conference on Animal-Computer Interaction*, ACI '22, New York, NY, USA, 2023. Association for Computing Machinery.



- [10] C. Freksa C. Seifert. Technology-based cognitive enrichment for animals in zoos: A case study and lessons learned. 2019.
- [11] Lamers M.J.M Schaaf A. Geurtsen, M.H. Interactive digital gameplay can lower stress hormone levels in home alone dogs - a case for animal welfare informatics. volume 9353, pages pp238–251, December 2015.
- [12] Charlotte Robinson, Clara Mancini, Janet van der Linden, Claire Guest, and Rob Harris. Canine-centered interface design: Supporting the work of diabetes alert dogs. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 04 2014.
- [13] Anna Gergely, Eszter Petró, József Topál, and Adam Miklosi. What are you or who are you? the emergence of social interaction between dog and an unidentified moving object (umo). *PloS one*, 8:e72727, 08 2013.
- [14] Cristóbal Sepulveda. Inca researcher tool, 2024. <https://inca-researcher-tool.vercel.app/>, Accedido: 27 de agosto de 2024.
- [15] Vincent Driessen. A successful git branching model, 2010. <https://nvie.com/posts/a-successful-git-branching-model/>, Accedido: 17 de julio de 2024.
- [16] Tom Preston-Werner. Semantic versioning 2.0.0, 2013. <https://semver.org/>, Accedido: 17 de julio de 2024.
- [17] Aci conf.: Animal-computer interaction international conference., 2024. <https://www.aciconf.org>, Accedido: 12 de julio de 2024.
- [18] John Brooke. Sus: A quick and dirty usability scale. *Usability Eval. Ind.*, 189, 11 1995.
- [19] Rensis Likert. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140):1–55, 1932.
- [20] Jeff Sauro. Measuring usability with the system usability scale (sus), 2011. <https://measuringu.com/sus/2/>, Accedido: 17 de julio de 2024.
- [21] Dalila bovet. research gate profile. phd professor at university paris nanterre. <https://www.researchgate.net/profile/Dalila-Bovet-2/>, Accedido: 17 de julio de 2024.