



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Cuernavaca, Morelos, 17 de enero de 2021

**Dr. Gerardo Maldonado Paz**  
**Jefe de Investigación y Posgrado**  
**Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas**  
**Universidad Autónoma del Estado de Morelos**  
**PRESENTE**

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis **“Sintiencia extendida y esquema corporal: el caso de la realidad virtual inmersiva”** que presenta el alumno

**Gerónimo de José Rangel Martínez**

para obtener el grado de Maestro en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

Fui director de tesis del alumno y he presenciado el buen desempeño del mismo a lo largo de su trabajo de investigación. El trabajo está bien escrito, estructurado, argumentado y con amplias referencias bibliográficas. El objetivo de la tesis es demostrar que la sintiencia puede ser extendida más allá del cuerpo propio, a través del esquema corporal, en contextos de realidad virtual inmersiva. Aunque controvertida, la tesis está bien informada y, en mi opinión, argumentada exitosamente, por lo que podemos pasar a su defensa.

Sin más por el momento, quedo de usted

A t e n t a m e n t e

Dr. Juan Carlos González González  
PITC-CINCCO  
(e-firma)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

JUAN CARLOS GONZALEZ GONZALEZ | Fecha:2021-01-17 01:37:05 | Firmante

yhUM13cwnvulm/c6+UeHxVCCC6+uD4nZlnDazk+KHtcmSxAepEM2vZxpYtV3wVtqAdJC8yd4m128mU/MZX7JxAPbu+liQ9NFbq3B7wG/GGg+xT2ucY8j6Ed0bVjnPbpYZLMqKx  
oTLRbRPFsQLvoDPqA3DmVw6XKoEAWn0cbPUvqOEtH9COisZDPp3/UcJMjmc3ozKIDSDGcWsvOaMYg2NeFVtQPvGLxeNKI9xRX5NEQx7OxyEiYAooKVUZve6qqv11SFoPN  
ZRlmwgMC8nblA6nfF11PnTSrxl89rxnRjx9+5RsKhVfMH2vgh3aZoxlCVlw4DYnlufZpt3aW/N0WKg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[duEz1U](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/hWkW1UcCDbyFVSlyBLwmeRE26g2pYdAU>





Ciudad de México, Viernes 29 de enero del 2021.

**Dr. Gerardo Maldonado Paz**  
**Jefe de Investigación y Posgrado**  
**Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas**  
**Universidad Autónoma del Estado de Morelos**  
**PRESENTE**

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis “**Sintiencia extendida y esquema corporal: el caso de la realidad virtual inmersiva**” que presenta el alumno:

**Gerónimo de José Rangel Martínez**

para obtener el grado de Maestro/a en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Bajo mi decisión en lo siguiente:

El trabajo de investigación muestra una estructura argumentativa sumamente clara, donde el objetivo y la naturaleza del trabajo son evidentes y coherentes. Se trata de un trabajo que innova en un temática poco explorada y que ofrece planteamientos fenomenológicos, filosóficos y tecnológicos con un eje lógico. Se trata de un trabajo que da cuenta de un tema muy original, ya que no solo es un tema poco desarrollado en el campo de la filosofía de las ciencias cognitivas –la capacidad de sentir de manera extendida con los artefactos virtuales–, si no en el mismo cuestionamiento central, a saber: ¿la sintiencia puede extenderse más allá del cuerpo físico en escenarios de realidad virtual inmersiva?

Su acercamiento es novedoso en el campo de la filosofía de las ciencias cognitivas, dado que implica, al menos, un diálogo entre la cognición extendida con la filosofía de la tecnología, y emplea una amplia cantidad de información de naturaleza psicológica, fisiológica, biológica o filosófica para dar sostén a su argumentación. Por un lado, al utilizar la diversidad necesaria de fuentes bibliográficas clásicas y actualizadas y por otro, al llevar a cabo un análisis conceptual de la sintiencia y el esquema corporal del agente humano, como al justificar sus hipótesis sobre base empírica y experimental, sobre modificación del esquema corporal con tecnologías inmersivas; lo que embona de manera clara con los objetivos de la investigación.

El autor, Gerónimo, al indagar respecto a la sintiencia en estos escenarios, otorga relevancia a temas que apenas comienzan a ser explorados en el terreno de las teorías de la experiencia corporal, del aprendizaje y de la realidad virtual. Este campo tiene que ser estudiado superando las objeciones que siguen atadas a los problemas de qualia, de la extensión de la experiencia,



superando enfoques que reducen la experiencia fenoménica solo a propiedades medibles de manera cuantitativa o localizacionista. El autor construye su argumento con un tendencia más integral donde la cualidad requiere una historia de acoplamiento con el entorno, considerando como fundamental la variable del desarrollo en la adquisición de experiencias corporeizadas significativas.

Ciertamente es un desafío el analizar este tipo de perspectivas en la ciencia cognitiva, pero cada vez se vuelven mas necesarias con la llegada de marcos teóricos más situados que toman en cuenta un mayor número de variables, y de la experiencia interactiva con los desarrollos tecnológicos.

El trabajo muestra consistencia en la metodología utilizada, y evita la ambigüedad en el uso de los conceptos al dar definiciones claras y ejemplificaciones útiles a lo largo del texto, sin romper el hilo argumentativo. Por otro lado, me parece muy relevante tomar en cuenta la fenomenología desde la propuesta, tanto en pos de la argumentación, como para dar cuenta del estado del arte en el que se encuentra la investigación científica alrededor de la sintiencia y la interacción con la virtualidad.

En suma, el trabajo demuestra un claro dominio del marco teórico y metodológico propuesto, un desarrollo coherente y lógico y una postura defendible. Entre las virtudes del trabajo se encuentra que encamina al campo de la experiencia interactiva del esquema corporal hacia la consideración de nuevas perspectivas en la experiencia humana y en la capacidad de sentir en interacción. Por último, el trabajo de investigación tiene muchas líneas que podrían desarrollarse en investigaciones ulteriores.

En conclusión, considero que el trabajo puede ser defendido en el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted

Atentamente

(e.firma UAEM)

---

Atentamente  
Dra. Ximena Andrea González Grandón  
Académica/ Investigadora Universidad Iberoamericana CDMX



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**XIMENA ANDREA GONZÁLEZ GRANDÓN | Fecha:2021-01-29 17:00:58 | Firmante**

OiqivjVrBZMf195ebr/97FXBSfDSLXV1jSKKVgIYPHoGzznNg/l39JZwdqMh6vY/fkX8hdug57vhEDijaVNrVqXFm39gnkCdK/T1Z7DVk9ngUqZ9VIIQCFZC6QBuh6XrmBZtWYC8ZYjVfUUqX1vSaxNc9xMxls35GwGHUa1u0hA9TRJ57nogDmsinCYE6f/orbi8LhHksOnZnmHNyoetvRjhHJVQvg2h0zcw7IHxtUZtFonll+cz8U/fDzuEDUzbzIBnUqiJVG11sRHI8LJaayoFHGaPKSsSDyCR/D9IC1le4q4bxB/l0cE1ZQHok0HFdxK0yV/zbE7i/ih0bMN8Q==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



**WJgqPs**

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/srjyLRM1Uo51kvhuYnFPDoKlyJhLaln9>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Cuernavaca, Morelos a 8 de febrero del 2021

**Dr. Gerardo Maldonado Paz**  
Jefe de Investigación y Posgrado  
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos  
PRESENTE

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis “**Sintiencia extendida y esquema corporal: el caso de la realidad virtual inmersiva**” que presenta el alumno:

**Gerónimo de José Rangel Martínez**

para obtener el grado de Maestro en Ciencias Cognitivas. Una vez leído el documento considero que está concluido y otorgo mi voto aprobatorio para que se procesa con los tramites que correspondan.

Baso mi decisión en lo siguiente:

El trabajo presentado esta desarrollado de forma concreta y bastante clara, así mismo, el documento cuenta con una organizada estructura y un lenguaje adecuado que facilita la comprensión de éste; y mas aun en mi caso dado que soy de un área del conocimiento orientada hacia las ciencias e ingenierías.

También remarco que el estudiante lograr concluir adecuadamente el objetivo inicialmente planteado, ejemplificando y remarcando de una forma recurrente el tema central del trabajo desde diferentes escenarios (sintiencia extendida), basando adecuadamente sus argumentaciones en estudios realizados previamente por otros autores.

Para un trabajo futuro sería deseable realizar trabajo experimental mediante el uso de realidad virtual inmersiva dado el potencial de investigación que podría darse en este tema.

En conclusión, considero que el trabajo presentado cuenta con la calidad y los méritos mas que suficiente para que pueda ser defendido en el examen de grado correspondiente, así mismo, felicito al estudiante por el compromiso que mostró en cada evaluación y cual el repite en este trabajo de conclusión.

Sin más por el momento, me despido de Ud. enviándole un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E  
**Por una humanidad culta**  
Una Universidad de excelencia

(Firma electrónica)

Atentamente  
Dr. J Jesús Escobedo Alatorre  
**Profesor Investigador Titular**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

J JESUS ESCOBEDO ALATORRE | Fecha:2021-02-08 20:34:10 | Firmante

gxn2sycUHF0BiAMH0lnw2s03ilcJBGKqCKr5bVGa4SCrcITev1HctWzjM3k349lvk1UYBvXt4euU1fi9zdCY6zqOthCw2XMpD4tsNm5vV2SP05gx5JaUTSX8hbiScV7BZ3s83yQnYLKsivsTqqv7mRyX07HwO97hbmWJG0QT9b2gRyXVZ1wj8DpM21ss3cCF3A6bd9pL/6szUEk6ZNNYxJ9dSoqWTmXxfPneA1DfwwBb9Jq5+il0JkeXliwJQtstTWHBCXR9giLu+xxEbD/QZs/SKc3TOOpKUQhRVScTpJFTwVVD9Ozn1LZxPIIVgpqu7cdxaSKaL6M5n/id+ctA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



Y1A75z

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/mzolH03b5DRIXZNudU366HBKiTpIRiEX>



Madrid, 11 de enero de 2021

**Dr. Gerardo Maldonado Paz**  
**Jefe de Investigación y Posgrado**  
**Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas**  
**Universidad Autónoma del Estado de Morelos**  
**PRESENTE**

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis “**Sintiencia extendida y esquema corporal: el caso de la realidad virtual inmersiva**” que presenta el alumno:

**Gerónimo de José Rangel Martínez**

para obtener el grado de Maestro/a en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

*El trabajo de investigación de D. Gerónimo de José Rangel Martínez cumple todos los requisitos de un trabajo de maestría. Demuestra un conocimiento detallado de los temas que discute y recorre una reciente bibliografía sobre la transformación del esquema corporal a partir de extensiones que involucran realidad virtual inmersiva para establecer una tesis de enorme interés sobre la posibilidad de una sintiencia extendida. Es un trabajo, por tanto, bien documentado, que defiende una idea muy relevante en el panorama contemporáneo de las ciencias cognitivas y que introduce un argumento bien construido a favor de la idea de que nuestra capacidad de sentir específica se extiende mediante las extensiones del esquema corporal. No hay revisiones mayores que sean necesarias para proceder a su defensa. Todas las objeciones proceden más de una inevitable discusión de las tesis, que son controvertidas, en particular las relativas a lo que se entiende por la dimensión fenoménica de la sentencia y de las implicaciones que podrían tener para las teorías de la conciencia extendida las propuestas defendidas en el trabajo.*

Sin más por el momento, quedo de usted

A t e n t a m e n t e

(e.firma UAEM)

---

(Grado académico y nombre **completo** del profesor o profesora)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**JESÚS VEGA ENCABO | Fecha:2021-01-20 02:42:33 | Firmante**

Aago1MLCQu8zHbgNpvdCX/y/anlBz27DgqdYjvhKbPluCrjZfMDyUd1oIKCO4qSmDhu/R91ky3ZiilMGo/cQpPe9q6dMgYv6mEPDnfA9ntDuUUqstlVv98E+3uZUVooouOKhmeHEbiGQQgedZApYAsH7TNOhf1seuDK6vj+qpAILD9WYVNh25jEERHpCILP/MW66Tb3ZJ0SjrVxRhBrZ2kxD7RJPFYSb8/mmQk0Htq+gF5X3rKDOA3v1/F/gS84Tc+aqI80Bpo n6oUyJQvRA0jYoZozfxXGiqulAxfD6uRH3SVTahuUrlC94WK9JKu1QWe3wVlaxtOKRRfJ1O4I3a5NA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



**E5DIQN**

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/otJwwHWk3gcRaO2wurlvy93HY6BWASC8>





24 de mayo de 2021

**Dr. Gerardo Maldonado Paz**  
**Jefe de Investigación y Posgrado**  
**Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas**  
**Universidad Autónoma del Estado de Morelos**  
**PRESENTE**

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis “**Sintiencia extendida y esquema corporal: el caso de la realidad virtual inmersiva**” que presenta el (alumno o alumna):

**Gerónimo de José Rangel Martínez**

para obtener el grado de Maestro/a en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

Recibí el manuscrito el 8 de enero del presente. Después de revisarlo con detalle, solicité una reunión virtual con el estudiante para aclarar diversos puntos del documento. Acordamos la importancia de revisar el planteamiento del problema, los temas abordados en las dos secciones de la tesis, así como los aspectos metodológicos por medio de los cuales se explora el tema. Le solicité al estudiante que justificara principalmente por qué para abordar la sintiencia extendida en relación con la realidad virtual inmersiva se propone un abordaje evolutivo en la primera sección de la tesis, sobre el cual no se especifica el método, paradigma o tipo de criterios evolutivos para ser realizado. Asimismo, solicité al estudiante que, para esto, era importante presentar el estado del arte de la sintiencia. Sobre la segunda sección del trabajo, la cual está directamente relacionada con el título y los objetivos del trabajo, le sugerí al estudiante que incluyera información relacionada con trabajos en neurociencia relacionados con la reorganización cortical y el manejo de herramientas e, incluso, la experiencia de realidad virtual. Además, una serie de sugerencias para aclarar qué afirmaciones son propias y cuáles provienen de la revisión de la literatura que se ha realizado.

El 26 de abril del presente recibí la segunda versión de la tesis con pocos cambios relacionados con los solicitados para la primera sección (sobre los métodos y el estado del arte del problema de la sintiencia) salvo algunos párrafos que no ayudan a esclarecer los métodos y criterios para realizar el abordaje evolutivo que se hace.



Por el contrario, la segunda sección de la tesis, que es la relacionada directamente con el título y los objetivos, presenta una mejoría sustancial, principalmente con la incorporación de evidencias provenientes de trabajos relacionados con neurociencias y reorganización cortical, como le sugerí al estudiante, para apoyar su argumentación relacionada con el esquema corporal y la sintiencia.

No obstante que los temas de interés abordados en la tesis son importantes, polémicos y relevantes tanto científica como filosóficamente y que su abordaje es muy complejo y requiere un trabajo profundo, que sería apropiado para una tesis doctoral, me parece encomiable, como valor fundamental del trabajo, llamar la atención de problemas complejos haciendo un esfuerzo importante al poner a dialogar diversas disciplinas (filosofía, neurociencias y biología), por lo que considero que la tesis reúne requisitos suficientes y la acepto para su réplica oral en el examen de grado.

Sin más por el momento, quedo de usted

A t e n t a m e n t e

(e.firma UAEM)

\_\_\_\_\_  
Dr. Germán Octavio López Riquelme  
Laboratorio de Socioneurobiología  
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas, UAEM



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**GERMAN OCTAVIO LOPEZ RIQUELME | Fecha:2021-05-25 01:38:41 | Firmante**

42j8vrkVZkrHNUuYtPCNu2/gqRPNBRC5VsZ9YCaDQ0TRhAgMhBUF2Oul1kcNiVeWdbD7EcUjq1uD6p2iq17Ft5Xeks1VzKdQoo7Bmo1PXZf8NsSmapCPoekxnqg11/jLJaxlpeC  
W2SL7WMQFRo/A4P4rFyWdigw3s3kLcl3UH89YtOgIMOnPo4n4++tVUXKwrMuHGwKlqdTm/ZM0HPf1dOlzoG85yG5jPD+UO9STDBPkSDZ6OXQvhygcgTBwIDUlx/DNrdDg1  
08Qi30pOv8aGPLSA5c4Ha9dlGUio2oGv14UlbXFSUbVHIRCDjnyXIO8hpq3xExu16vRSNjZVOrsg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[GSrqct](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/NN8WhEiM5DiQkSdThrqUN7S5XrZX7Mz>





Universidad Autónoma del Estado de Morelos

MAESTRÍA EN CIENCIAS COGNITIVAS

**Sintiencia extendida y esquema corporal: el caso de la realidad virtual inmersiva**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO

EN CIENCIAS COGNITIVAS

P R E S E N T A:

Gerónimo de José Rangel Martínez

**Director de tesis:**

**Juan Carlos González González**

**Comité Tutorial:**

**Ximena Andrea González Grandón**

**Jesús J Escobedo Alatorre**

Cuernavaca, Morelos

Diciembre, 2020

## **Resumen**

La tesis de la mente extendida sostiene que algunas capacidades cognitivas de los agentes se pueden extender más allá del cuerpo. En este trabajo argumentaré a favor de que la sintiencia, entendida como la capacidad de sentir, puede extenderse más allá del cuerpo físico en escenarios de realidad virtual inmersiva, en virtud de la extensión del esquema corporal de los sujetos, de manera análoga a la tesis de la extensión de la mente, buscando saber con ello bajo qué condiciones la sintiencia puede ser extendida más allá de la piel del individuo. La conclusión de este argumento será apoyada por la premisa de que sintiencia y esquema corporal se implican mutuamente, así como por la existencia de evidencia de modificaciones del esquema corporal, propiciadas por el uso de avatares en escenarios virtuales inmersivos. Para llevar esto a cabo, primero plantearé definiciones de sintiencia y esquema corporal, haciendo explícito cómo es que se implican mutuamente; posteriormente revisaré la evidencia sobre modificación del esquema corporal en la realidad virtual inmersiva, para concluir con algunos retos para esta postura.

Palabras clave: sintiencia, esquema corporal, realidad virtual, avatar y extensión.

## **Introducción**

Uno de los problemas más relevantes en la ciencia, y específicamente, en las ciencias cognitivas, es el de la naturaleza de la consciencia fenoménica. Mucho se ha escrito al respecto, pero aún se está lejos de lograr una clara explicación y comprensión de ella, pues las posturas materialistas y fisicalistas que normalmente se han adoptado para abordar el problema, no han sorteado la llamada “brecha explicativa”, evidenciada por la falta de una explicación de cómo surge la consciencia fenoménica.

Una estrategia para lograr comprender mejor este fenómeno es la de separarlo en sus componentes, y a su vez, ver cómo éstos se comportan. Es esta vía la que se tomará en esta investigación, pues no se abordará todo el problema de la consciencia fenoménica, sino que solamente se tratará su aspecto más básico, que es la sintiencia, y se expondrá cómo es que ésta se comporta en relación con otros factores, tales como el esquema corporal y la realidad virtual. Esto se realizará bajo una perspectiva corporizada y extendida de la cognición, tomando como punto de referencia la tesis de la mente extendida de Clark y Chalmers (1998), donde sostienen que hay procesos cognitivos que se pueden extender más allá del cuerpo hacia objetos como cuadernos o teléfonos celulares, a través de mecanismos que no están restringidos por la dermis. De manera análoga, se sostendrá que el aspecto más básico de la consciencia fenoménica, la sintiencia, puede extenderse más allá del cuerpo, buscando lograr una mayor comprensión sobre la naturaleza del fenómeno.

La sintiencia ha sido poco estudiada en relación con las ciencias cognitivas, en especial respecto al carácter cualitativo de la experiencia a la que hace alusión, por lo que no hay una definición clara de la misma. Ahora bien, la evidencia existente sobre la modificación del esquema corporal en usuarios de realidad virtual puede ayudarnos a comprender mejor el fenómeno, si se parte de un enfoque que contemple tanto los procesos neurobiológicos de los sistemas perceptuales humanos, pero a su vez, tomando en cuenta la interacción corporal de los sujetos con su entorno, dando lugar a procesos de retroalimentación que inciden en la acción de los organismos sintientes.

Partiendo de una posición corporal, situada y activa de la cognición, el abordaje que aquí hacemos de la consciencia fenoménica, y junto con ella la sintiencia, busca entender cómo es posible extender la sintiencia más allá de la piel del individuo. Es bien sabido que todo usuario experto de instrumentos y aparatos (llámense herramientas, vehículos, prótesis, grúas, maquinaria,

etc.) logra un acoplamiento tal con el dispositivo, que éste se convierte en una neta extensión de su cuerpo, extendiendo con ello sus capacidades sensorimotoras en el espacio. Con la práctica, este tipo de individuo se torna en experto (llámese ‘agente protético’, por estar acoplado a lo que podemos considerar como una prótesis) evidenciando una destreza sensorimotora equivalente a la conducta que se puede tener estando desacoplado. La cirugía a distancia, la operación de sondas marinas o robots en Marte, así como cualquier otra conducta mediada por una prótesis atestiguan esta capacidad de extender la percepción, y con ella la sintiencia, más allá de la piel. Por cierto, aquí tomamos como axiomático o autoevidente que la percepción implica la sintiencia. En cualquier caso, de aquí surge la pregunta de si el acoplamiento entre agente y objeto puede darse con un instrumento o interfaz virtual y, de ser positiva la respuesta, si un individuo protético que se desenvuelve en un entorno virtual puede igualmente extender su sintiencia en ese mundo ficticio.

Así, el objetivo central de este trabajo es averiguar bajo qué condiciones la sintiencia se puede extender, argumentando que la sintiencia de hecho se extiende más allá del cuerpo en algunos escenarios de realidad virtual inmersiva, a saber, en aquellos en los que el usuario interactúa con el entorno virtual a través del control de un avatar. Para llegar a esta conclusión, se partirá del hecho de que la sintiencia y el esquema corporal se implican mutuamente, esto es, que los mecanismos que están de por medio en la producción de ambos se traslapan, y en seguida se hará explícito el hecho de que el esquema corporal puede extenderse más allá del cuerpo, tanto dentro como fuera de la realidad virtual, siendo gracias a esto que la sintiencia se puede extender. Ahora bien, dicha extensión por la que se aboga aquí está limitada a la sintiencia relativa a las modalidades sensoriales que inciden en la conformación y modificación del esquema corporal.

Nótese que la apelación al uso de dispositivos de realidad virtual inmersiva es con fines argumentativos, pues se sostiene que, si la interacción continua con elementos propios de dichas simulaciones permite la modificación de la sintiencia, entonces, puesto que se trata de réplicas en algún sentido de lo que se encuentra fuera de la simulación, la modificación de la sintiencia también tiene lugar en situaciones fuera de la realidad virtual inmersiva.

El texto está dividido en tres partes. En la primera se aborda la relación entre sintiencia y esquema corporal, donde se elaborará una definición para cada concepto, las cuales tomarán en cuenta la literatura sobre el tema. En la segunda parte, se abordará la modificación del esquema corporal en escenarios de realidad virtual inmersiva, y se hará ver por qué dichos casos cuentan

como extensión del esquema corporal. Para finalizar, en la tercera parte se mostrará la inferencia por la que se llega a la conclusión, se retomarán puntos clave para la comprensión de la cuestión, y se presentarán algunas objeciones.

A lo largo de estas secciones, se buscará cumplir con el objetivo central de la investigación, así como elaborar una definición apropiada para la sintiencia, y lograr una mejor comprensión de los efectos que la realidad virtual inmersiva puede tener sobre los usuarios de ésta. Hay que tener presente que la naturaleza de este trabajo es en buena medida filosófica, por lo que el acercamiento metodológico correspondiente incluye el análisis conceptual y el fenomenológico, aunque también se integran datos de las ciencias empíricas, tales como la psicología cognitiva y la neurobiología, con el objetivo de integrarlos al trabajo como refuerzo para las premisas del argumento que aquí se defiende.

Al mismo tiempo, siendo una tesis de maestría en Ciencias Cognitivas, aquí buscamos integrar diversas perspectivas disciplinares, tales como la filosofía, la psicología cognitiva, y la neurobiología, pues consideramos que la complejidad misma del problema aquí abordado exige la unión y colaboración de diversas perspectivas, en un marco interdisciplinar. Es en este marco que la filosofía se muestra como la disciplina federadora, buscando no obstante la sinergia interdisciplinar (Olivé, L., 2011).

## **1. De la sintiencia al esquema corporal y de regreso**

El objetivo de esta sección es mostrar que la sintiencia y el esquema corporal se vinculan inextricablemente, de tal manera que, si uno se ve modificado, entonces el otro también sufrirá cambios. Para esto se procederá de la siguiente manera: en primer lugar, se ofrecerá una definición de sintiencia, acompañada de los aspectos filogenético y ontogenético relacionados a ella, cosa que derivará en la propuesta de comprenderla a partir de una división tripartita; en segundo lugar, se abordará la relación entre esquema corporal y sintiencia, ofreciendo una definición del primero y señalando la relevancia fisiológica y filogenética de la relación entre ambos, así como mostrando cuáles son las modalidades sensoriales involucradas en la conformación del esquema corporal; por

último, se presentará evidencia de cómo el esquema corporal y la sintiencia se implican mutuamente.

La forma en la que se abordará esta primera sección, y se buscará cumplir con lo propuesto, es a través del análisis conceptual y fenomenológico propio de la filosofía. El primero consiste en separar los conceptos a estudiar en sus partes constituyentes, buscando con ello aclarar y simplificar el problema entre manos, y con ello una mejor comprensión del concepto inicial (Kosterec, M., 2016). Igualmente, el análisis fenomenológico busca describir la experiencia a partir de lo que se experimenta o vivencia (Finaly, L., 2014), buscando establecer invariantes o regularidades entre, por ejemplo, tipos de estímulos y experiencias sensoriales. En ambos casos la incorporación de datos empíricos permite contrastar o reforzar los resultados de dichos análisis, acotando con ello el universo discursivo sobre el problema presente.

A continuación, nos remitiremos a diversos datos de orden empírico y evolutivo, con la finalidad de lograr una mejor comprensión de la sintiencia en términos fenoménicos, pues si bien la fisiología de dicha capacidad es importante para entender sus bases neurobiológicas y ciertos determinantes, la fenomenología es primordial para poder describirla apropiadamente y diferenciarla, por ejemplo, de la consciencia fenoménica. La tarea es difícil, como es bien sabido en la filosofía, pues se trata de un fenómeno intrínsecamente subjetivo. Sin embargo, es menester tener primero en claro el concepto del que estamos hablando, para luego proceder a su análisis, contraste y relación con otros conceptos.

## **1.1. Sintiencia**

El concepto “sintiencia” no es nuevo en filosofía. En debates pertenecientes a diversas áreas de la ética es un término usado comúnmente (Duncan, 2006), en especial en los que versan sobre cuestiones como los derechos de los animales no-humanos y el aborto (Abbate, 2014; Birch, 2017; Broom, 2016; Dadlez & Andrews, 2018; Horta, 2018; Johnson, 2019; Jones, 2018; Singer, 1975; Van Bogaert, 2013).

En dichos debates, la sintiencia ha sido un concepto crítico para abogar por la legislación, ya sea en favor o en contra, de diversas prácticas, dadas o posibles. De manera general y partiendo del sentido común, el término ha servido para referirse a la capacidad de *sentir* que muchos

organismos animales tienen, esto es, poseen contenido fenoménico, independientemente de cuál sea el criterio de inclusión que se esté manejando para decidir si se goza de dicha facultad o no. En vista del constante uso del término en debates sobre bioética, se puede apreciar que no es trivial, y que los seres humanos, al igual que otros mamíferos, estamos evidentemente en el conjunto de cosas sobre las que se puede predicar sintiencia, dada la primacía de la primera persona en este aspecto. Partiendo de esta noción común en bioética, en lo que sigue se elaborará una definición de sintiencia humana más precisa.

Ahora bien, hay que notar que en la literatura se ha usado de manera sinónima “sintiencia” y “consciencia”, denotando que un ser consciente es un ser sintiente, y viceversa, pues se considera que, tanto para la consciencia como para la sintiencia, la piedra angular reside en que el organismo sea capaz de experimentar lo que le sucede (Allen, C., & Bekoff, M., 1999; Rollin, B., 2017; Weiskrantz, L., 1995). Sin embargo, aquí se abogará por una visión en la que todo ser consciente es sintiente, mas no todo ser sintiente es consciente, es decir, que la propiedad de ser sintiente es más básica a la de ser consciente, pues sostenemos que la sintiencia es una capacidad más primitiva en la que intervienen menos factores que en el caso de la consciencia, como el contenido conceptual, pero aún así siendo fundamentalmente fenoménica.

Es controversial decir cuáles animales no-humanos son capaces de poseer estados mentales dotados de contenido fenoménico, cuya cualidad esencial es aparecer a una consciencia de forma cualitativamente distinta, así como el grado de complejidad y el alcance que dicho contenido puede llegar a tener. Sin embargo, al preguntarnos si los seres humanos somos capaces de tener este tipo de estados mentales, la respuesta es claramente afirmativa, pues es evidente que los humanos sentimos dolor y placer, y que nuestros sentidos nos brindan experiencias fenoménicas con contenido cualitativo: nuestra experiencia gustativa del jugo de limón es de una forma particular, cualitativamente distinta y diferente de la experiencia del picante del chile y del dulzor de la miel. Así, decimos que nuestras experiencias del limón, el chile y la miel son cualitativamente distintas y diferentes entre sí y, por ende, que sus contenidos fenoménicos también lo son.

Sigue siendo un misterio para nosotros cómo es que la materia –el cuerpo humano– da origen al contenido fenoménico y a la experiencia, lo que ha sido denominado “el problema difícil de la consciencia” en filosofía (Chalmers, 2007). Pero no saber cómo surge la consciencia fenoménica no nos compromete a negar su existencia, sobre todo cuando es obvio que los seres

humanos somos capaces de *sentir* y experimentar el mundo, de tener un punto de vista, y de sentir de una forma en particular ser nosotros mismos (Nagel, 1975). La consciencia fenoménica ha sido motivo de largos debates (Block, 2002), pero aquí no se busca tomar partido en la discusión. Lo que sí es posible constatar es que, en un extremo se encuentra “el problema difícil de la consciencia” y, en el otro, están los problemas “fáciles”, es decir, la variedad de problemas específicos de orden cognitivo que la consciencia fenoménica acompaña. En este continuo donde podemos localizar la sintiencia inmediatamente después del primer extremo, correspondiente al “problema difícil”.

Al hablar de sintiencia humana se asumen tres cosas: que los humanos somos capaces de tener estados mentales con contenido fenoménico, que en algunos casos el contenido fenoménico no adquiere o remite a un contenido conceptual, y que la sintiencia se puede entender en términos de *sensaciones* vitales para la supervivencia de los organismos, tales como el dolor (Broom, 2001). Teniendo esto en claro, y a partir de su uso en bioética, creemos poder hacer un análisis más completo del concepto que sea de utilidad. Así, podemos postular al menos tres estadios de la sintiencia a lo largo del desarrollo de los organismos en su historia natural, a los cuales se hará referencia como sintiencia<sub>0</sub>, sintiencia<sub>1</sub> y sintiencia<sub>2</sub>.

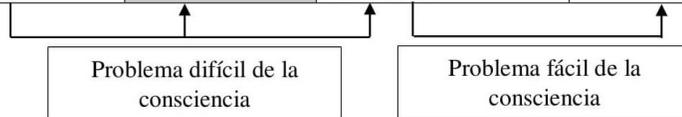
En la siguiente (ver **tabla 1**) tabla podemos apreciar dichos estadios, al igual que diversos rasgos y elementos que presumiblemente poseen los organismos animales en cada estadio. Esta no pretende ser una clasificación exhaustiva de la sintiencia, sino una que recoge las características que nos interesan en función del objetivo del presente trabajo, haciendo cortes entre estadios de manera arbitraria pero que ponen de relieve las capacidades sensoriomotoras de los organismos y las características de las eventualidades fenoménicas que pueden llegar a tener, siguiendo un orden cronológico-evolutivo.

La columna A de la tabla es la de menor interés para nosotros, pues en ella se encuentra la materia inerte que no es capaz de tener sensación alguna. Sin embargo, es en contraste con la no-sintiencia que podemos apreciar de forma dramática el problema difícil de la consciencia, pues el paso de la columna A a la columna B pone de manifiesto el hecho de que la materia inerte de alguna manera se volvió sintiente.

Tabla 1

Conceptualización de la sintiencia

	Orden cronológico-evolutivo →	A	B	C	D
0	Estado fenoménico	No-Sintiencia	Sintiencia <sub>0</sub>	Sintiencia <sub>1</sub>	Sintiencia <sub>2</sub>
1	Sustrato físico y tipo de entidad	Materia	Materia viva animal con locomoción	Mamíferos con sistema nervioso plástico (periférico y central) y locomoción	Seres humano, al menos, con sistema nervioso especializado modalmente con neocórtex y lóbulo prefrontal
2	Tipo de animal	n/a	Eucariontes (bacterias)	Mamíferos	<i>Homo sapiens sapiens</i>
3	Función y mecanismos de implementación	n/a	Posibilidad de sentir a través de los canales sensoriales y los bucles de percepción-acción	Sensibilidad modal o intermodal con contenido fenoménico, implementada por un sistema nervioso (central y periférico) plástico	Experiencias cualitativamente distintas según las modalidades sensoriales especializadas, implementadas por sus mecanismos correspondientes en el neocórtex y el lóbulo prefrontal
4	Capacidades sensoriomotoras	n/a	Motricidad sin modalidades sensoriales especializadas	Motricidad y modalidades sensoriales especializadas	Intermodalidad y motricidad que, en conjunto, pueden dar lugar al esquema corporal
5	Tipo de interacción ecológica	Pasiva, no-intencional y no direccionada	Activa y genera bucles de retroalimentación	Orientada a objetivos específicos del nicho y la especie, generando bucles de retroalimentación	Intencional y plástica
6	Tipo de consciencia	n/a	Sensibilidad modal	Sensibilidad modal e intermodalidad y posibilidad de consciencia fenoménica	Consciencia fenoménica enriquecida conceptualmente
7	Fenomenología concomitante	n/a	¿?	Contenido fenoménico modal e intermodal	Contenido fenoménico enriquecido conceptualmente
8	Naturalización	Interacciones físicas y químicas	¿?	La filogenia y ontogenia otorgan las condiciones <i>a priori</i> que posibilitan la sensibilidad	Mecanismos relativos al contenido fenoménico según la modalidad sensorial



Conceptualización de la sintiencia en distintos momentos cronológico-evolutivos y en relación con diferentes categorías. Fuente: elaboración propia.

Ahora bien, la sintiencia, que corresponde a la columna B, puede ser vista como el primer estadio hipotético de la sintiencia a lo largo de la evolución, pues se trata presumiblemente del primer momento en el que la materia inerte fue capaz de ser sujeto de sensaciones, es decir, capaz

de *sentir*. Esto mismo es lo que lo convierte en el estadio más especulativo en la cadena causal de la sintiencia, pues así como no sabemos cómo la materia se volvió consciente en primer lugar, tampoco sabemos qué características tenía esa materia en un inicio. Aquí al menos podemos suponer plausiblemente que el primer sustrato físico sintiente fue materia viva animal, y que ese tipo de entidad tenía locomoción; sin duda organismos eucariontes con cierta sofisticación. Lo que nos permite asumir lo anterior es el hecho de que la posesión de un sistema nervioso parece ser una condición *sine qua non* para sentir, y que solo los animales (que se desplazan) poseen sistema nervioso. Más aún, es probable que otra condición necesaria para sentir sea una organización funcional del sistema nervioso animal dividida en dos sub-sistemas, central y periférico, ya que el solo sub-sistema periférico (más primitivo que el central) no parece poder satisfacer las exigencias mínimas de la sintiencia, que van más allá del principio del arco reflejo y de la mera relación estímulo-respuesta.

Estos supuestos organismos primigenios probablemente tuvieron la capacidad de sentir estímulos provenientes de su entorno a través de canales sensoriales modales (i.e., específicos a un dominio) y el establecimiento de bucles de retroalimentación entre la sensación y la acción en su medio, donde las capacidades sensoriomotoras que dan origen a estos bucles son bastante simples, pero poseen cierto grado de especialización en función de las exigencias de su entorno. Así, de los sentidos humanos externos que conocemos, es plausible que el tacto haya podido surgir primeramente en nuestros antepasados remotos, entregando información del entorno inmediato al organismo y adaptando su conducta de supervivencia y desarrollo en consecuencia.

Asimismo, el tipo de consciencia que estos organismos pudieron haber tenido, abre la posibilidad a la sensibilidad modal específica, de la cual podemos decir poco o nada acerca de los contenidos que pudiese haber tenido. De esta manera, la sintiencia<sub>0</sub> hace alusión al carácter metafísico de la sintiencia, donde ésta es la condición de posibilidad de la consciencia fenoménica.

En la columna C, a la que corresponde el siguiente estadio, podemos encontrar a la sintiencia<sub>1</sub>, la cual implica a la sintiencia<sub>0</sub>, y es instanciada en mamíferos con sistema nervioso (periférico y central) plástico y locomoción, cosa que es evidenciada por sus capacidades sensoriomotoras especializadas, por la capacidad de tener una sensibilidad modal e intermodal dotada de contenido fenoménico, y por la interacción con el entorno que dichos organismos pueden

tener, la cual está orientada a objetivos específicos de las especies dentro de un nicho con exigencias particulares.

Igualmente, el tipo de consciencia que tienen los organismos en la sintiencia<sub>1</sub>, se caracteriza por la sensibilidad en términos modales e intermodales, acompañada de la posibilidad de tener una fenomenología relativa a cada modalidad sensorial.

Una característica importante de la sintiencia<sub>1</sub> es que está ligada con lo que podríamos identificar como las condiciones *a priori* para la sintiencia, que son dadas por la filogenia y la ontogenia de los organismos sintientes.

Así como en la filosofía de Kant el espacio y el tiempo son condiciones de posibilidad para que el sujeto cognoscente sea capaz de percibir fenómenos externos (Kant, I., Meiklejohn, J. & Fiala, A., 2004), la sintiencia depende a todas luces de un sustrato biológico y de mecanismos fisiológicos que son las condiciones de posibilidad para llegar a tener estados mentales con contenido fenoménico, pudiendo así equiparar las categorías del entendimiento kantianas con determinadas capacidades adquiridas filogenética y evolutivamente, surgiendo con esto la posibilidad de una lectura naturalista de esas categorías (Gallagher & González, 2014). Así, estas condiciones *a priori* se podrían, en principio, rastrear causalmente tanto en la historia filogenética del organismo, como en su desarrollo ontogenético. Para esto estamos asumiendo que el contenido fenoménico es resultado, por un lado, de los mecanismos neurológicos que subyacen a él y, por otro lado, de la interacción con el medio, el cual a su vez está dotado de otros mecanismos que actúan en conjunción con los internos al organismo. Dado esto, los mecanismos que posibilitan la posesión de contenido fenoménico deberían poder ser rastreados en la historia evolutiva de los seres humanos, implementando lo que aquí se ha llamado sintiencia<sub>1</sub>, la cual implica la sintiencia<sub>0</sub>, y añade los aspectos filogenético y ontogenético de los seres vivos, en este caso humanos, todo lo cual ha llevado a la capacidad de poseer estados mentales dotados de contenido fenoménico, es decir, a la capacidad de *sentir*.

Cuando hablamos sobre filogenia, estamos haciendo alusión a las relaciones de parentesco estructural y funcional —primero dentro de la especie y luego entre diversas especies que son parte del gran árbol genealógico de la vida animal— en virtud de que se comparte una misma historia evolutiva. Al mismo tiempo, esta historia no se puede deslindar de la ontogenia, que es el desarrollo

de un organismo particular en un medioambiente particular dado. La sintiencia estaría así fuertemente relacionada con ambos aspectos del desarrollo de los seres vivos.

Es debatible en qué punto del tiempo los organismos comenzaron a gozar de estados mentales dotados de contenido fenoménico: hay posturas que sostienen que la sintiencia es resultado de mecanismos inherentes a formas de vida unicelulares que dieron origen a las especies de hoy en día, gracias a cosas como la membrana celular y el citoesqueleto de dichos organismos (Baluška & Reber, 2019). Por otro lado, hay posturas que defienden que el origen de dicha facultad no está tan lejos en la historia de los organismos, sino que su origen puede ser rastreado hasta la aparición de seres vertebrados con capacidad de integrar los estímulos del ambiente, así como de generar un modelo egocéntrico de su entorno gracias a la memoria y la atención (Barron & Klein, 2015). Más allá de los debates controversiales sobre el origen de esta capacidad, lo importante es tomar nota del hecho de que hay animales estructural y funcionalmente cercanos a los seres humanos de los que podemos afirmar, con mucha seguridad, que *sienten*, que son capaces de poseer estados mentales conscientes —tales como los mamíferos.

Sin embargo, desde un punto de vista filosófico, no solo podemos cuestionar si otros mamíferos o aún otros seres gozan de estados mentales conscientes, sino que incluso puede ser discutido si los seres humanos los tienen. A esto en filosofía se le ha llamado “el problema de las otras mentes”, que surge de un cuestionamiento escéptico y estrictamente teórico. Al respecto, el sentido común nos puede dar una buena respuesta a este problema. Mamíferos con los que convivimos diariamente presentan conductas similares a las nuestras, de las cuales no dudamos, como el huir para evitar castigo y dolor o el acercarse para sentir placer, comportándose en realidad como nosotros. Así, de una conducta inferimos una experiencia o sensación, e incluso puede haber actividad neuronal similar a la que ocurre cuando un ser humano experimenta algo similar. Dado esto, podemos hacer una inferencia a la mejor explicación y concluir que los mamíferos se comportan de tales y cuales maneras porque tienen estados mentales conscientes, que pueden ser similares a los humanos dada la filogenia común, y que por lo tanto tienen al menos sintiencia, (Gennaro, 2018).

Para reforzar el punto anterior podemos considerar dos procesos cognitivos que se asocian con la posesión de estados mentales conscientes, que son el autorreconocimiento en espejos y la

teoría de la mente (Wechsler, 2019), los cuales cualquier ser humano en condiciones normales es capaz de realizar.

La prueba del autorreconocimiento en un espejo consiste en determinar si la imagen que aparece frente a uno es su propio reflejo. Los seres humanos son capaces de pasar dicha prueba a partir de los dos años de edad, pero no solamente nosotros, sino que también animales como chimpancés y orangutanes (Suarez & Gallup, 1981; de Veer, Gallup, Theall, Bos & Povinelli, 2003). Igualmente, los chimpancés son capaces de atribuir estados mentales a otros miembros de su especie a partir de su conducta observable (Call & Tomasello, 2008; Kaminski, Call & Tomasello, 2008; O'Connell, 1995), cosa a la que se le ha denominado teoría de la mente. Por ende, nos es fácil ver que hay otros animales con capacidades cognitivas similares a las humanas, y que además es difícil negar que son capaces de *sentir*, es decir, tener estados mentales con contenido fenoménico y, por ende, la sintiencia<sub>1</sub> no es algo nuevo en la historia evolutiva, sino que los mecanismos que la posibilitan y que compartimos ya están presentes en muchos organismos.

Si bien lo anterior nos parece suficiente para apreciar que la sintiencia está presente en diversos animales, no hay que perder de vista el aspecto ontogenético de los organismos, que también contribuye a la explicación de cómo es que podemos *sentir* y del cual depende la sintiencia<sub>2</sub>.

Aparte de las condiciones de posibilidad ya referidas, y de manera general, la sensación exógena es el resultado de la transducción de energía a través de un impulso neuronal junto con todo un procesamiento de orden interno y externo, y dependiendo de la modalidad sensorial de la que se trate, dicha transducción involucra mecanismos neuronales diferentes. De estos mecanismos me ceñiré a los relativos a la visión y al tacto, resaltando la importancia de las cortezas visual y somatosensorial.

La corteza visual está dividida en seis áreas distintas, y cada una se especializa en una tarea particular, como es reaccionar selectivamente a estímulos visuales, formas complejas, ángulos y orientaciones, movimiento, combinar movimiento y dirección, reconocer el color, y estimar la profundidad. Todas las áreas del cerebro que realizan estas tareas trabajan en conjunto para formar una imagen individual. Sin embargo, este trabajo no solamente está limitado a la corteza visual, sino que está distribuido a lo largo de todo el aparato visual. (Andrade & May, 2005; Carter, Aldridge, Page & Parker, 2009).

Por otro lado, la corteza somatosensorial juega un papel importante en la producción de la sensación del tacto. Esta región del cerebro genera un isomorfismo funcional entre la corteza cerebral y el cuerpo, en virtud de la estimulación sensorial háptica, la cual depende de la sensibilidad de las diferentes terminaciones nerviosas. Las áreas involucradas en la sensibilidad táctil, van desde el sistema nervioso periférico hasta el central, pasando por el tálamo y después la corteza somatosensorial (Carter, et al., 2009). Igualmente, ésta última no solamente es crucial para la generación de la sensación del tacto, sino que a su vez es parte primordial de la consolidación de la propiocepción y del esquema corporal. (Corradi-Dell'Acqua, Tomasino & Fink, 2009; Marini, Zenzeri, Pippo, Morasso & Campus, 2019).

Al igual que otros mecanismos neuronales del ser humano, la corteza somatosensorial y su relación con el tacto y el control corporal también pueden ser encontradas en primates no-humanos (Cauller & Kulics, 1990; Delhay, Long & Bensmaia, 2018).

Es importante tener en cuenta que estos mecanismos funcionan solamente como parte de un todo, del cual el cuerpo que habita un medio y está en una relación bidireccional con el mismo es parte y donde no solamente cuenta lo que el organismo hace al medio, sino que también lo que el medio hace al organismo. La manera en la que debemos apreciar esta relación es desde un punto de vista diacrónico para el aspecto filogenético, y sincrónico para el ontogenético, pues es a través del tiempo como los organismos logran establecer formas efectivas de interacción con el entorno y adaptarse a él.

Dados los estadios previos y lo que suponen, la sintiencia<sub>2</sub> en la columna D (ver **tabla 1**), tiene como sustrato y tipo de entidad a los seres humanos actuales (*homo sapiens sapiens*), que tienen un sistema nervioso, tanto central como periférico, plástico y especializado modalmente mediante las funciones del neocórtex y el lóbulo prefrontal. Igualmente poseen una consciencia fenoménica modal e intermodal, susceptible de ser enriquecida conceptualmente, así como capacidades sensoriomotoras que dan lugar a una intermodalidad y motricidad, tales que, en conjunto con lo anterior, pueden dar lugar a cosas como la sustitución sensorial y a la generación de esquemas corporales, así como a una interacción plástica e intencional con el entorno.

De esta manera, la sintiencia<sub>2</sub> toma en cuenta el desarrollo ontogenético del organismo y la interacción con un medioambiente particular, cosas que permiten variaciones entre individuos, pues la sintiencia<sub>2</sub> de un equilibrista no sería la misma que la de un tenista o ciclista profesional,

ya que la ontogenia de cada uno responde a su interacción continua con su entorno específico, por lo que distintos sujetos con diferencias en su desarrollo ontogenético y diferentes contextos, tendrían diferencias en su sintiencia<sub>2</sub>, en su “sentirse ser quien se es”. Sin embargo, nótese que esto es una cuestión abierta, pues al ser terreno metafísico, requiere mayor escrutinio.

Así, la sintiencia<sub>2</sub> (que se trata de la sintiencia actualizada por la ontogenia en relación con el ambiente) hace hincapié en la importancia de la interacción continua del sujeto con su medio, siendo esta interacción lo que da lugar a las diferencias ontogenéticas en distintos individuos de una misma especie.

Finalmente, en vista de los fines de esta investigación asumiremos que, según el orden cronológico-evolutivo de la sintiencia, la etapa en turno implicará la anterior, siendo el estadio más relevante para este trabajo el de la sintiencia<sub>2</sub>, en virtud del cual la sintiencia será entendida como *la capacidad de sentir que al menos algunos organismos vivos con sistema nervioso central y periférico tienen, en este caso humanos*, cuyo desarrollo filogenético les otorga las condiciones de posibilidad para poseer estados mentales dotados de contenido fenoménico, y que a la vez su desarrollo ontogenético actualiza esas condiciones en función del medio del que el organismo depende y con el que interactúa continua y activamente, el cual constantemente le ofrece retroalimentación y nuevas formas y posibilidades de interacción.

## **1.2. Esquema corporal**

Anteriormente se mencionó la importancia de la corteza somatosensorial en la conformación del esquema corporal, por lo que ahora se abordará este último. La idea de esquema corporal ha sido ampliamente discutida para lograr una buena comprensión de lo que es (Cuzzolaro, 2018). Una de las principales aclaraciones que se tiene que hacer respecto a este tema, es que en la literatura usualmente se ha tomado el esquema corporal y la imagen corporal como fenómenos difíciles de disociar, y que abordar uno de los dos implica mencionar al otro de forma superficial al menos.

La imagen corporal es la representación del propio cuerpo, resultado de las impresiones sensoriales que el sujeto tiene del mismo, de esta forma, el sujeto logra generar una imagen consciente de sí mismo, la cual implica la identificación conceptual y el reconocimiento perceptivo.

Así, el hecho de que se trate de una imagen consciente, dota de carga conceptual dichas imágenes (Gadsby, 2019; Gallagher, 2009; Pitron & de Vignemont, 2017).

Por otro lado, el esquema corporal se ha manejado como la representación sensoriomotora del cuerpo, la cual está destinada a la acción. Junto con esto se le han hecho una serie de aclaraciones, con la finalidad de lograr disociarla de la imagen corporal, tales como a) que no se trata de una representación consciente y por eso carece de contenido conceptual y es sub-personal; b) debido a que se trata de algo inconsciente es impersonal, por lo tanto, a diferencia de la imagen corporal, no es posible predicar de él como ser *mío*; c) funciona de una forma holista y unificada, es decir, lo que afecta a una parte del esquema corporal se manifiesta en la reacción del esquema en su totalidad; d) por último, no es fácil disociar el esquema corporal del entorno en el que se encuentra, pues ambos interactúan constantemente generando cambios el uno sobre el otro (de Vignemont, 2010; Gallagher, 2009; Pitron, de Vignemont, 2017).

Un par de ejemplos que pueden ilustrar lo anterior, es el caso de padecimientos mentales como la dismorfia corporal y el de *Alicia en el país de las maravillas*. Los sujetos que padecen del primer desorden suelen tener alteraciones en el esquema corporal, lo que ocasiona que se comporten de tal manera que les resulta difícil hacer estimaciones adecuadas de las dimensiones de su propio cuerpo (Ferrucci, 2017). Por otro lado, los sujetos que padecen del segundo desorden suelen tener imágenes corporales no concordantes con las dimensiones que su cuerpo de hecho tiene, donde ellos perciben su cuerpo más grande de lo que lo harían en condiciones normales, pero sin que esto afecte a la ejecución de acciones (Lanska & Lanska, 2018).

Lo anterior no descarta la posibilidad de que pueda haber determinadas condiciones en las que la imagen corporal afecte al esquema corporal, o viceversa, en especial teniendo en cuenta que los cambios que cada uno puede sufrir se dan a través de una larga exposición a diferentes tipos de estímulos (Irvine, McCarty, McKenzie, Pollet, Cornelissen, Toveé & Cornelissen, 2018).

Al margen de que la noción de esquema corporal que se maneja en la literatura es medianamente aceptada por la comunidad científica (Cuzzolaro, 2018; Di Vita, A., Boccia, M., Palermo, L. & Guariglia, C., 2016), aquí será entendido como el espacio egocéntrico y fenoménico de posibilidades de acción, en vista de que evidencia hace ver que la experiencia de los sujetos es vital para la conformación y modificación del esquema corporal, producido en conjunto por la filogenia y ontogenia del organismo, en este caso humano, y la presión evolutiva propia del nicho

en que habita, manteniendo así las características de estar dirigido a la acción y de estar en una relación simétrica con el entorno, es decir, que ambos generan cambios el uno sobre el otro a partir de bucles de retroalimentación (Dzib-Goodin, A., 2018; Pitron, V., Alsmith, A. & de Vignemont, F., 2018).

Esta definición permite hacer justicia a las diferencias particulares entre los esquemas corporales de diversos sujetos, resultado de su desarrollo ontogenético y demás vicisitudes de su interacción con el entorno. A su vez, atiende a aspectos propios del desarrollo filogenético del organismo, resultado de las presiones evolutivas a las que han estado expuestos a lo largo de su historia como miembro de una especie dada y, sobre todo, rescata la relevancia de la experiencia corporal de los sujetos resultante de la interacción con el entorno a través de sus capacidades sensoriomotoras.

Como apoyo a la tesis de que los seres humanos tenemos esquemas corporales, se pueden traer a colación los hallazgos en el estudio de las cortezas somatosensorial y motora, en las que se han observado cambios, tanto luego de exponer a los sujetos de estudio a la sobre estimulación de algún área del cuerpo, como después de sufrir amputaciones y de manejar una herramienta (Berlucchi & Aglioti, 1997; Berlucchi & Aglioti, 2009; Moore & Schady, 2000).

En vista de esto, se puede apreciar que la actividad de la corteza somatosensorial está presente tanto en los mecanismos involucrados en la sintiencia<sub>2</sub> como en aquellos involucrados con el esquema corporal. Sin embargo, evitaremos reducir ambos fenómenos a la actividad neuronal de un área determinada, pues sería incorrecto y simplista, pues como se dijo antes con respecto a la sintiencia<sub>2</sub>, los mecanismos neuronales que posibilitan la operación y la formación del esquema corporal carecen de sentido si los aislamos del contexto al que pertenecen, separando con esto no solo al sujeto de su entorno, sino disociando indebidamente conducta, cuerpo, mecanismos y funciones. Dichos mecanismos tienen que ser observados desde un punto de vista sincrónico, en el que el sujeto interactúa con su entorno, dando lugar a nuevas y diversas formas de relacionarse con él, derivando en la modificación de su conducta, esquema corporal y sintiencia<sub>2</sub>. Por ende, la actividad de la corteza somatosensorial no es suficiente para dar origen al esquema corporal, sino que se tiene contemplar la interacción que el sujeto tiene con su entorno, siendo en conjunto razones necesarias y suficientes para dar cuenta del esquema corporal.

A partir de lo anterior, podemos afirmar que la sintiencia<sub>2</sub> y el esquema corporal se encuentran más cerca de lo que se piensa normalmente, pero esto no debería resultar sorprendente, pues es evidente que la mayoría de las capacidades de los organismos han sido resultado de un largo proceso de selección, las cuales favorecen la interacción de los organismos con su entorno, y dicha interacción, al menos en el caso de los humanos, se da principalmente en términos del movimiento corporal.

### **1.3. La relación entre la sintiencia y el esquema corporal**

Como se dijo al inicio, el objetivo principal de esta primera sección es el de argumentar que la sintiencia<sub>2</sub> y el esquema corporal se relacionan inextricablemente, hasta el punto de coimplicarse (de modo que, si uno se modifica, el otro también lo hace). Hasta ahora se ha dicho qué son cada una de estas cosas y se ha mostrado lo cercanas que son; sin embargo, poco se ha dicho sobre los efectos que pueden tener una sobre la otra, por lo que esto último es lo que haremos en el resto de esta sección.

Se ha sugerido antes que el punto de contacto funcional o mecanístico entre la sintiencia<sub>2</sub> y el esquema corporal podría ser la corteza somatosensorial. A continuación, se presentará evidencia que apoya la idea de que estos fenómenos se coimplican en el sentido mencionado, sin que esto nos lleve a comprometernos con la idea de que ambos son reducibles a sucesos neuronales, pues se deben tener presentes en todo momento los aspectos sincrónicos, corporales y medioambientales de los mecanismos involucrados en estos fenómenos.

En primer lugar, hay que considerar la manera en que el esquema corporal de los sujetos se conforma, pues es resultado de la integración de los estímulos provenientes de diferentes modalidades sensoriales, tales como la propiocepción, el tacto y la visión (Assaiante, Barlaam, Cignetti & Vaugoyeau, 2013). Mas esto no es suficiente, pues sabemos que el movimiento y la interacción con el medio son fundamentales para el desarrollo y supervivencia de los animales cognoscentes, por lo que es difícil ver cómo los sujetos podrían tener un esquema corporal a partir de la sola integración multimodal.

Medina y Coslett (2009) estudian lo anterior, pero remarcando la importancia del tacto para la conformación del esquema corporal. En su artículo, proponen que el esquema corporal está

dividido en tres componentes distintos, las representaciones *somatosensorial primaria*, de *forma corporal* y de la *postura del cuerpo*. Esta división va desde la representación más básica, hasta la más compleja, y en todas ellas es necesario el tacto para su formación, y si bien es especialmente relevante para la primera, también es para la tercera, pues sin la primera no pudiese haber una representación de la postura del cuerpo. Según los autores, gracias al mapeo de la superficie de la piel realizado por la corteza somatosensorial, es como se generan estos tres componentes, logrando con ello que el sujeto actúe de forma exitosa en su medio (Medina & Coslett, 2009). Dado lo anterior, si los tres componentes básicos del esquema corporal dependen del sentido háptico, entonces el esquema corporal también depende de éste.

Siguiendo con lo anterior, Longo, Azañón y Haggard (2010) indican que hay evidencia para creer en la existencia de dos representaciones distintas del cuerpo. A la primera le llaman *somatopercepción*, y a la segunda *somatorrepresentación*. La segunda está dotada de contenido conceptual, mientras que la primera es pre-reflexiva, siendo la somatopercepción la que es relevante para lo que se sugiere aquí. Según los mismos autores, la somatopercepción tiene tres funciones, que son la de recolectar y catalogar la información de la superficie corporal desde un punto de vista egocéntrico, la percepción exteroceptiva de los objetos a través del contacto con el cuerpo y la generación de sensaciones interoceptivas que dan información sobre el estado del propio cuerpo. Estas tres funciones tienen en común que dependen del tacto y participan en la formación de la imagen y el esquema corporal (Longo, Azañón & Haggard, 2010). Así, si el esquema corporal está conformado por la somatopercepción, y ésta a su vez depende del tacto, entonces el esquema corporal también depende de dicho sentido.

Por su parte, Schwoebel, Friedman, Duda y Coslett (2001) han encontrado evidencia de que el dolor puede afectar al esquema corporal. Los resultados de su investigación, en la que participaron sujetos con dolor crónico en uno de sus brazos, muestran que experimentar dolor de manera constante modifica la respuesta motora, dando lugar a una interacción corporal distinta con el entorno. Cabe señalar que la prueba que realizaron consiste en que, con ambos brazos sobre una mesa, los sujetos tienen que oprimir un botón con el dedo índice del brazo donde no sienten dolor, dejando fuera el brazo en el que sufren la patología, para en éste recibir un estímulo que determina el momento en el que deben oprimir el botón usando el otro brazo (Schwoebel, Friedman, Duda & Coslett, 2001). Así, al igual que en los casos anteriores, es posible observar que una cuestión

prominentemente fenoménica tiene incidencia sobre el esquema corporal, es decir, que la forma en la que los sujetos experimentan los estímulos que se les presentan y su propio cuerpo, tiene efectos sobre su esquema corporal.

Ahora bien, con respecto a la relación inversa, es decir el efecto del esquema corporal en la sintiencia<sup>2</sup>, cabe alegar que si el espacio egocéntrico de posibilidades de acción de un sujeto, en virtud de sus capacidades motoras y sensoriales, es de tal o cual manera, entonces es de esperarse que el conjunto de cosas que puede llegar a experimentar en relación a ese espacio cambiará según como sea dicho espacio o esquema corporal. Para mostrar esto se puede apelar a los estudios hechos sobre los efectos de la postura corporal en lo que experimentamos, y a la modificación del esquema corporal.

Respecto a los cambios en cómo se experimentan los estímulos en función de la postura corporal, Harris y sus colegas hacen una revisión sobre cómo la postura corporal, así como la interacción con el medio, logra afectar la manera en la que el mundo es percibido sensorialmente, en particular con el sentido háptico. Ellos señalan que éste es altamente dependiente de la postura del cuerpo, al igual que la visión, por lo que un mismo estímulo puede llegar a experimentarse de maneras distintas, en función de la postura corporal que tenga el sujeto, así como qué esté viendo (ver **figura 1**) (Harris, & Mander, 2014; Harris, Carnevale, D'Amur, Fraser, Harrar, Hoover, Mander & Pritchett, 2015).

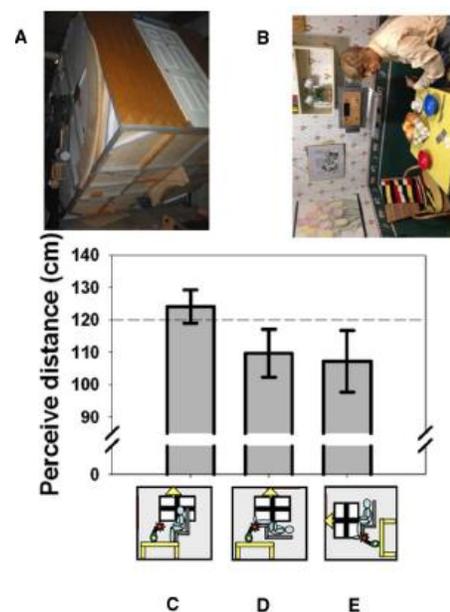
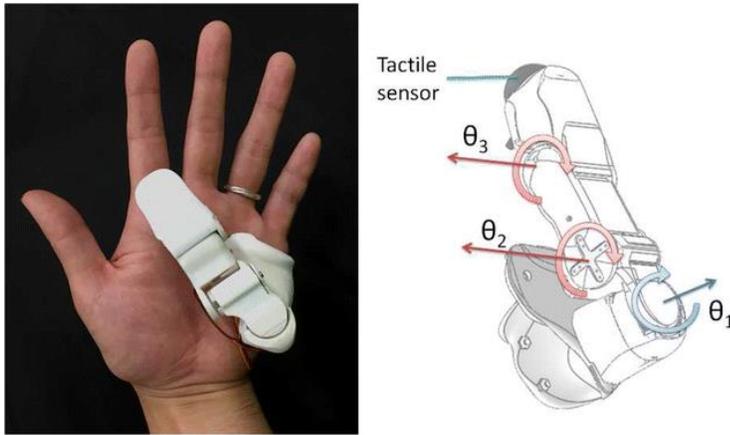


Figura 1. The effect of body orientation on perceived distance, de Harris, et. al., 2015, *Frontiers in psychology*

Por otro lado, la modificación del esquema corporal también puede causar diferencias en lo que percibimos y, por lo tanto, en el contenido fenoménico. Un ejemplo de esto es la incorporación de un pulgar robótico extra, a una de las manos de un sujeto, el cual será capaz de controlar su nuevo dedo con el pulgar de su mano opuesta. La incorporación de un sexto dedo al esquema corporal no solamente muestra que éste ha cambiado en lo que respecta a la mano donde está colocado el pulgar robótico, sino que, al ser integrado exitosamente, el pulgar con el que es controlado también amplía su espacio egocéntrico de posibilidades de acción, es decir, el esquema



**Figura 2.** Extra robotic thumb, de Meraz, S., et. al., 2018, ROBOMECH Journal.

corporal del sujeto también cambia en lo que respecta a su mano opuesta. Igualmente, los usuarios reportan que el pulgar robótico es percibido como parte de su propio cuerpo, y que son capaces de *sentir* los estímulos que son presentados al pulgar (ver **figura 2**) (Meraz, Sobajima, Aoyama & Hasegawa, 2018).

Asimismo, se ha encontrado que el tacto tiene un papel importante en la modificación del esquema corporal a través del uso de herramientas, pues la información obtenida por esta vía sensorial permite y amplía la retroalimentación que el sujeto recibe, facilitando la integración de la herramienta al esquema corporal (Cardinali, Brozzoli, Urquizar, Salemme, Roy & Farnè, 2011). Hay un cambio en ambas direcciones, tanto en el esquema corporal, como en la experiencia sensorial del sujeto, en *cómo se siente el sujeto a sí mismo*. En el primero están de por medio las sensaciones que el sujeto pueda estar experimentando cuando manipula una herramienta, mientras que en el segundo se encuentra el conjunto de nuevas posibilidades de acción que el sujeto pueda tener una vez integrada la herramienta a su esquema corporal, con retroalimentación sobre su acción a partir de su experiencia sensorial

Además de lo anterior, hay que notar que el esquema corporal está estrechamente relacionado con otras modalidades sensoriales, las cuales participan activamente en la conformación de aquel. Dichas modalidades son la propiocepción, la kinestesia, el tacto y la percepción háptica, a las que les corresponden sensaciones como la posición de un miembro o del cuerpo en su totalidad, la sensación de peso y movimiento, los estímulos correspondientes al contacto con la dermis, y las sensaciones resultantes de la estimulación táctil y el movimiento del cuerpo, respectivamente. A su vez, todas estas sensaciones están de por medio en la conformación del esquema corporal, así como en su modificación, pues la retroalimentación que el sujeto recibe de estas modalidades sensoriales tiene efectos en el esquema corporal (Asada, M., 2018; Botnmark, I., Tumilty, S., & Mani, R., 2016; Simon-Dack, S., Cummings, S., Reetz, D., Alvarez-Vazquez, E., Gu, H., & Teder-Sälejärvi, W., 2009; Suzuki, S., 2018).

De esta manera, hay razones para creer que el esquema corporal implica a la sintiencia<sub>2</sub>, y que la sintiencia<sub>2</sub> implica al esquema corporal, en el sentido de modificación mutua a partir de la modificación de uno de los miembros. A partir de la argumentación vertida y la evidencia empírica ofrecida, parece indiscutible que la formación del esquema corporal, así como su modificación, dependen esencialmente de las modalidades sensoriales propioceptivas, táctiles, hápticas y kinestésicas, las cuales, en última instancia, se traducen en estados mentales provistos de contenido fenoménico que proporcionan experiencias cualitativas diferenciadas. Igualmente, parece indiscutible que el contenido fenoménico de la experiencia es función de la conducta y acción concretas que están circunscritas por el conjunto de posibilidades de acción de los sujetos en un entorno y una situación dadas. Así, la modificación del esquema corporal conlleva a la modificación de la sintiencia, especialmente en las modalidades sensoriales asociadas con el primero.

## **2. Realidad virtual inmersiva y sus efectos en el esquema corporal**

El objetivo de esta sección es el de mostrar que el esquema corporal puede ser modificado en escenarios de realidad virtual aumentada. Primero se abordará de manera concisa qué son la realidad virtual y los avatares, para posteriormente presentar evidencia sobre la modificación del esquema corporal en escenarios virtuales. No solamente se hará énfasis en que los datos empíricos proporcionan apoyo para afirmar que el esquema corporal se puede extender y por ende modificar, sino también refuerzan la premisa del apartado anterior a saber, que el esquema corporal y la sintiencia se implican mutuamente.

### **2.1. Realidad virtual inmersiva y avatares**

Definir lo que es la realidad virtual puede ser algo complicado, en especial si se quiere aclarar cuál es su estatus ontológico. Para este trabajo la definición que se utilizará, más que buscar aclarar dichos problemas, tiene como objetivo servir como apoyo útil y claro para el estudio de la sintiencia<sub>2</sub>. Así, la realidad virtual será entendida como una interfaz humano-máquina que combina tecnologías –como procesamiento de imágenes, inteligencia artificial, reconocimiento de patrones,

gráficos de computadora y sistemas de sonido— con la finalidad de crear un escenario generado computacionalmente, con el que el usuario puede interactuar realísticamente (Bamodu & Ye; 2013).

Hay tres aspectos de la realidad virtual que son de importancia para lograr una mejor comprensión de ella, a saber, inmersión, interacción y generación computacional. Con ‘inmersión’ nos referimos al hecho de que el escenario está diseñado de tal manera que permite al usuario interactuar con él desde su perspectiva, generando la sensación de estar presente o inmerso en dicho entorno. En segundo lugar, con ‘interacción’ entenderemos que las acciones del usuario generan diferencias perceptivas significativas en lo que sucede dentro del entorno virtual. Por último, ‘generado computacionalmente’ hace referencia a que el escenario está hecho a partir de algoritmos y procesos computacionales que generan los estímulos que el usuario recibe a través de sus órganos sensoriales (Chalmers, 2017).

Hay diversos tipos de realidad virtual, no-inmersiva, semi-inmersiva e inmersiva. Estas categorías dependen de los dispositivos de realidad virtual mediante los cuales el usuario interactúa con la simulación, donde el grado de inmersión depende de dichos artefactos. En la realidad virtual inmersiva se usan dispositivos de rastreo de diversos tipos, para emparejar los movimientos del usuario con los del avatar que controla, y a la vez se vale de una mayor cantidad de artefactos para lograr una mayor retroalimentación sensorial, generando así una mayor sensación de inmersión (Bamodu & Ye; 2013).

Estos tres tipos de realidad virtual cumplen en mayor o menor grado con la definición de más arriba y, algunos tipos no reúnen las características de inmersión, interacción, y generación computacional. Únicamente la realidad virtual inmersiva cumple plenamente con la definición y ofrece inmersión e interacción, además de ser generada computacionalmente. En esta tesis se referirá únicamente a la realidad virtual inmersiva como el tipo de realidad virtual sobre la que se puede encontrar evidencia necesaria para sostener la hipótesis central de esta investigación.

Por otro lado, una parte fundamental de la realidad virtual es el avatar, que es la representación virtual de la imagen corporal del usuario, por medio de la cual éste interactúa con el entorno simulado. A través de esta interacción se obtiene retroalimentación del entorno virtual, teniendo así el avatar un papel fundamental para los aspectos de inmersión e interacción, ya que en referencia a él, en términos de lo que los cineastas llaman ‘cámara subjetiva’, se presenta una perspectiva en la simulación y se posibilitan y cobran sentido acciones que pueden generar cambios

dentro de la misma. Nótese que el avatar se correlaciona con la imagen corporal, fungiendo como el cuerpo virtual del usuario que recibe impresiones visuales, auditivas y táctiles, y que acciona en consecuencia.

Ahora bien, sucede algo interesante respecto a los avatares y los escenarios virtuales. Una vez que los usuarios se habitúan e identifican con un avatar, logrando interactuar exitosa y proficientemente con el entorno virtual, algunos de ellos se comportan de curiosa manera fuera de la simulación, pues mantienen una especie de ‘inercia’ de cara a su avatar, con el cual se siguen inconscientemente identificando hasta el punto de, por ejemplo, repetir movimientos que el avatar realizaría en virtud de sus características, tales como la altura, la edad, largo de las extremidades, etc. A esto se le ha llamado “Efecto Proteo” (Yee, Bailenson, 2007; Yee, Bailenson & Ducheneaut, 2009). Como veremos, dicho efecto es fundamental para la modificación del esquema corporal en entornos virtuales.

## **2.2. Modificación del esquema corporal en escenarios virtuales inmersivos**

Como se mencionó anteriormente, el esquema corporal puede sufrir modificaciones a partir de la retroalimentación sensorial que el sujeto obtiene del medio y de su propio cuerpo, de tal manera que no solamente cambia a medida que el cuerpo lo hace por el crecimiento o pérdida de extremidades, por ejemplo, sino que también puede cambiar en función del uso de herramientas. Así, la modificación del esquema corporal es algo que se puede lograr no solamente a través del uso de avatares en escenarios de realidad virtual inmersiva, sino que también tiene lugar en situaciones menos extraordinarias.

Se han señalado casos de modificación del esquema corporal desde la fenomenología, tal como el ejemplo de Meralu-Ponty sobre el invidente y su bastón:

The blind man’s stick has ceased to be an object for him, and is no longer perceived for itself; its point has become an area of sensitivity, extending the scope and active radius of touch, and providing a parallel to sight. [...] If I want to get used to a stick, I try it by touching a few things with it, and eventually I have it ‘well in hand’, I can see what things are ‘within reach’ or out of reach of my stick. [...]. To get used to a hat, a car or a stick is

to be transplanted into them, or conversely, to incorporate them into the bulk of our own body. (Merlau-Ponty, 2012, p. 143).

Con este caso, Merlau-Ponty hace ver que el esquema corporal de los sujetos puede modificarse mediante el uso de objetos y herramientas, los cuales son paulatinamente integrados al esquema corporal en su totalidad, ocasionando que esta unión permita que el sujeto interactúe con el entorno de diversas formas que antes no le eran posible. Igualmente, la cuestión de dónde trazar la frontera cognitiva entre el invidente y su bastón no logra plantearse, pues se trata de un sistema completo en el que el sujeto ha incorporado a su esquema corporal un objeto externo (Bateson, 1987).

Igualmente, se ha observado que el uso de bastones, de la misma forma que con los invidentes, ocasiona no solamente cambios en el área del esquema corporal que se ve directamente relacionada con el uso de la herramienta, como por ejemplo la correspondiente al brazo derecho, sino que también en el brazo izquierdo ocurren cambios similares, donde la estimación de distancias se ve afectada (Sun & Tang, 2019). De la misma manera, se ha mostrado que el uso de pinzas logra afectar la estimación de distancias y la postura al tomar objetos (Cardinali, Jacobs, Brozzoli, Frassinetti, Roy & Farnè, 2012), pues luego de la habituación a su uso éstas son incorporadas al esquema corporal propiciando su extensión.

Un caso inversamente análogo a la pérdida de extremidades y el subsiguiente fenómeno de los miembros fantasma, que también tienen consecuencias en el esquema corporal, mostrando un desfase entre éste y la imagen corporal, pues si bien el sujeto es consciente de que ha pedido una extremidad, su esquema corporal sigue operando como si la tuviese, generando diferencias en el rendimiento y forma de ejecución de acciones entre amputados con miembros fantasma y otros sin dicho desorden (Boccia, Di Vita, Palermo, Nemmi, Trallesi, Brunelli & Guariglia, 2019).

Siguiendo con lo anterior, el uso de brazos prostéticos por parte de sujetos que han perdido alguna extremidad superior también tiene consecuencias en el esquema corporal. Se ha visto que quienes tienen un largo historial de uso de prótesis, a diferencia de quienes no, cuentan con esquemas corporales que incluyen la extremidad faltante, causando así un performance más similar al de quienes no han perdido ninguna extremidad al momento de realizar alguna tarea motora que requiera el uso del miembro faltante. Igualmente, se observó que el uso de una prótesis al poco tiempo luego de haber perdido alguna extremidad, posibilita preservar el esquema corporal (Mayer, Kudar, Bretz & Tihanyi, 2008; Guo, Lin, Lyu, Bekrater-Bodmann, Flor & Tong, 2017).

Asimismo, hay padecimientos que pueden generar cambios en el esquema corporal. Tal es el caso de la fibromialgia, donde quienes la padecen tienden a sentir dolor excesivo en determinados puntos del cuerpo, provocando así distorsiones en el esquema corporal debido a la retroalimentación sensorial proveniente del tacto, la cual causa una sobreestimación del tamaño de diferentes partes del cuerpo, diferencias en la posición de las extremidades, y entorpece la ejecución de acciones (Martínez, Aira, Buesa, Aizpurua, Rada & Azkue, 2018; Martínez, Guillen, Buesa, & Azkue, 2019).

Más evidencia de lo anterior es lo encontrado en diversos estudios en los que los sujetos, luego de la habituación al uso de alguna herramienta o a moverse con algún objeto sujetado con una mano, presentan cambios en sus movimientos corporales, haciendo evidente que la estimación del largo de las extremidades ha cambiado, así como las posibilidades de movimiento de éstas (Carlson, Alvarez, Wu & Verstraten, 2010; Martel, Cardinali, Roy & Farnè, 2016). Asimismo, se ha encontrado que la modificación del esquema corporal puede ser efectuada con la ejecución imaginaria de acciones como alcanzar objetos con ciertas herramientas sostenidas con los brazos (Baccarini, Martel, Cardinali, Sillan, Farnè & Roy, 2014). Incluso se ha observado que un derrame cerebral puede causar modificaciones en el esquema corporal a partir de los cambios producidos en la corteza premotora y en las capacidades motrices de los sujetos (Llorens, Borrego, Palomo, Cebolla, Noé, Badia & Baños, 2017). Finalmente, estos cambios en el esquema corporal no se han observado únicamente en la conducta de sujetos humanos, sino que también se han encontrado cambios en la corteza motora y somatosensorial de los monos (Maravita & Iriki, 2004).

También se ha observado que el uso de brazos robóticos extra, controlados a través del movimiento de las piernas y los pies, puede generar modificaciones en el esquema corporal de los usuarios, *pues una vez que se han habituado al uso de dichas extremidades* (Saraiji, Sasaki, Kunze, Minamizawa & Inami, 2018). Siguiendo esto, también el uso de extremidades prostéticas, tales como manos o brazos, propicia que el esquema corporal de quien las usa sufra cambios (Sato, Kawase, Takano, Spence & Kansaku, 2017). Dados estos casos, es posible apreciar que la modificación del esquema corporal es algo que puede suceder en una gran variedad de situaciones, que van desde el uso de herramientas o instrumentos (o el imaginar que están siendo usados), hasta los casos de derrame cerebral o el control de extremidades prostéticas.

Por otro lado, también se dispone de información que muestra que la exposición a medios virtuales inmersivos logra producir cambios en el esquema corporal, y junto con eso, cambios en el comportamiento y actitudes de los usuarios. Tanto los cambios originados por el uso de herramientas, como los producidos en entornos virtuales, constituyen apoyo para la premisa del apartado anterior, pues la modificación del esquema corporal conlleva a la modificación de la experiencia de los sujetos y, por lo tanto, de la sintiencia<sup>2</sup>.

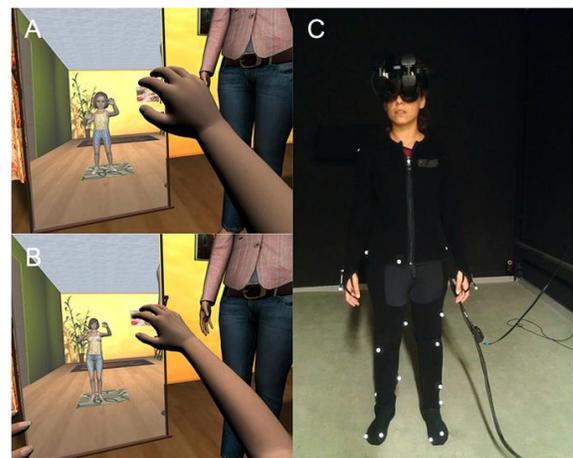


**Figura 3.** Reinhard, N., et. al., 2019, *Media Psychology*.

Respecto a la modificación del esquema corporal en realidad virtual inmersiva, Reinhard y sus colegas (2019) encontraron que, debido al Efecto Proteo, el control de un avatar desde la perspectiva de la primera persona que simula tener entre 60 y 70 años, puede causar diferencias significativas en la velocidad del caminar de los usuarios, no solamente durante la simulación, sino también después de ésta. Los efectos pueden incrementar dependiendo del grado de sincronización e identificación de los usuarios con los avatares que controlan, pues hay diferencias en el tiempo que les lleva realizar una tarea,

antes y después de la exposición a la realidad virtual (ver **figura 3**). Igualmente, Banakou, Groten y Slater (2013) han mostrado que el control de un avatar que simula un cuerpo infantil de 91.5 cm, tiene consecuencias en los usuarios, como la sobreestimación del tamaño de los objetos y la presencia de actitudes infantiles (ver **figura 4**).

Bajo la misma línea, Ujitoko y Hirota (2014), encontraron que en escenarios virtuales es posible coordinar el movimiento de las piernas de los avatares, con el movimiento de los dedos índice y medio de la mano de los usuarios. Lo interesante de esto, señalan, es que los participantes no solamente lograron un gran control sobre el movimiento del avatar, sino que los usuarios reportan que la textura de la superficie sobre la que



**Figura 4.** Banakou, D., Groten, R. & Slater, R., 2013, *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

caminan en la simulación, coincide con la textura de la superficie sobre la que están apoyados sus dedos (ver **figura 5**).



*Figura 5.* Ujitoko, Y. & Hirota, K., 2014, ArXiv.

Los tres estudios apuntan a que el esquema corporal de los sujetos cambia una vez que son expuestos a la experiencia y el control de un avatar desde la perspectiva de la primera persona, donde gracias al *hardware* que se use, logran tener retroalimentación de la simulación, incrementando la inmersión, y facilitando la modificación del esquema

corporal a través del movimiento e interacción del avatar. En el primer caso, la modificación del esquema corporal ocasionó la disminución del espacio de posibilidades de acción del usuario, resultando en pasos más cortos y lentos; en el segundo, la modificación del esquema corporal consistió en una disminución de las dimensiones estimadas del propio cuerpo, originando un cambio en el punto de referencia para la estimación del tamaño de objetos y distancias; en el tercero, el esquema corporal de los usuarios también sufrió una modificación, pero sobre todo respecto al control de distintas partes del cuerpo, en virtud de la retroalimentación de la simulación.

Similar a estos estudios, la investigación realizada por Gonzalez-Franco, Abtahi y Steed (2019), sugiere que según al grado de inmersión de la simulación, es posible que los usuarios se adapten al avatar del que están haciendo uso, dando pie a diferencias en la estimación de distancias en virtud del largo de los pasos que el avatar da al caminar dentro de la simulación. Este cambio sería resultado de la modificación del esquema corporal, donde las piernas serían experimentadas con una longitud mayor a la que de hecho tienen al lograr dar pasos más largos (ver **figura 6**).



*Figura 6.* Gonzalez-Franco, M., Abtahi, P. & Steed, A., 2019, 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR).



Figura 7. Steptoe, W., Steed, A. & Slater, M., 2013, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*.

Por su parte, en una investigación más reveladora sobre estas modificaciones en escenarios virtuales, Steptoe, Steed y Slater (2013) encontraron que es posible que los usuarios logren incorporar colas a su esquema corporal, las cuales pueden ser controladas con la cadera, llegando a generar en ellos un sentido de agencia sobre ellas, e incluso una ligera sensación de movimiento (ver figura 7).

Al igual que en las anteriores investigaciones, el nivel de control que los sujetos llegaron a tener sobre la cola, las sensaciones de agencia y movimiento, dependieron del grado de inmersión, y a su vez esto es lo que facilita la modificación del esquema corporal, el cual, en este caso se vio aumentado, pues el espacio egocéntrico de posibilidades de acción de los sujetos era mayor al contar con una extremidad extra.

Asimismo, en la investigación de Gonzalez-Franco y Berger (2019) se señala que, al encontrarse en escenarios virtuales inmersivos, el hecho de contar con un avatar controlado desde la perspectiva de la primera persona, incrementa el grado de inmersión, dando como resultado que los usuarios reporten que la retroalimentación sensorial, ya sea visual o háptica, es más vívida, a diferencia de los que no contaron con un avatar.

Otros efectos de la realidad virtual inmersiva sobre los usuarios a partir de las cualidades de los avatares que controlan, son la disminución en la percepción de la intensidad del dolor y en los sesgos raciales. En el primer caso se ha observado que la retroalimentación otorgada por la simulación a los usuarios puede cambiar su percepción del dolor, pues al ser capaces de mover sus

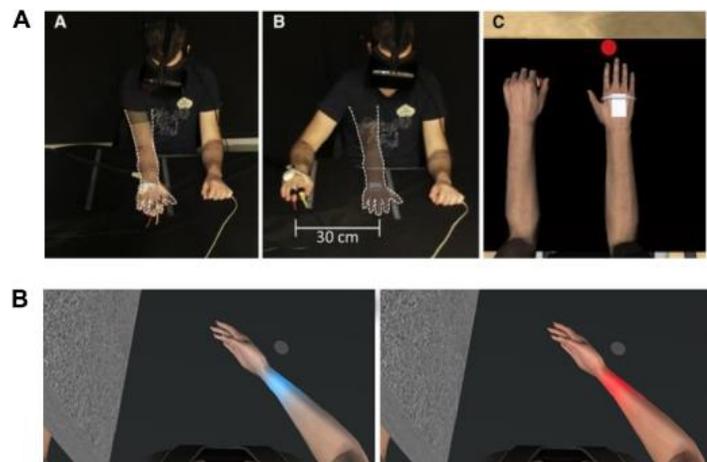
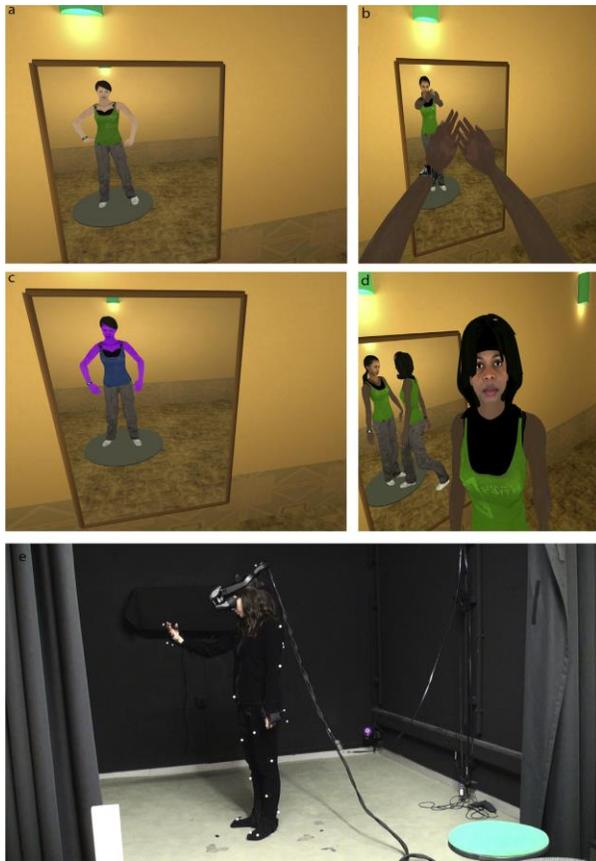


Figura 8. Matamala-Gomez, M., et. al., 2019, *Frontiers in Human Neuroscience*.

avatares libremente sin las restricciones que la sensación de dolor podría tener sobre el movimiento de una pierna o una brazo, por ejemplo, éstos perciben como menos intenso el dolor que sienten en

la extremidad que corresponde a la que están moviendo virtualmente (Matamala-Gomez, Donegan, Bottiroli, Sandrini, Sanchez-Vives & Tassorelli, 2019) (ver **figura 8**).



**Figura 9.** Peck, T., Seinfeld, S., Aglioti, S. & Slater, M., 2013, *Consciousness and Cognition*.

En el segundo caso, sobre la disminución de sesgos raciales, se mostró que el control de avatares cuya piel es negra, ocasiona la disminución de sesgos raciales que los usuarios presentaban antes de la exposición a la simulación. Esto en virtud del cambio en la imagen corporal y la identificación con el avatar a partir del control de sus movimientos (Peck, T., Seinfeld, S., Aglioti, S. & Slater, M., 2013) (ver **figura 9**).

Por último, se ha encontrado que de manera similar a lo que sucede en los casos de transferencia corporal, algunos monos son capaces de incorporar a su esquema corporal brazos virtuales. En este estudio, los brazos de los monos fueron inmovilizados y simulados digitalmente para luego ser presentados en una

pantalla sobre los brazos reales. A los monos se les mostró cómo los brazos virtuales entraban en contacto con diferentes objetos, y luego de un breve periodo de tiempo, se observó que las respuestas en la corteza somatosensorial y motora de los monos eran muy similares a las que se pueden observar cuando sus propios brazos están teniendo contacto con objetos externos (Shokur, O'Doherty, Winans, Bleuler, Lebedev & Nicolelis, 2013).

Esto último sugiere que, así como sucede con los monos, la actividad en las cortezas somatosensorial y motora de los seres humanos que experimentan cambios en el esquema corporal, a partir del control de avatares en escenarios de realidad virtual inmersiva, es similar a la que tiene lugar en dichas áreas del cerebro cuando están actuando en condiciones normales fuera de la realidad virtual. Así, parece ser que los cambios en el esquema corporal a partir del control de avatares en simulaciones de realidad virtual inmersiva, implica cambios en la sintiencia<sup>2</sup> de los

usuarios, y viceversa; más aún, no hay duda de que las experiencias a las que son expuestos los usuarios dentro de las simulaciones facilitan el cambio en el esquema corporal, cosa que queda evidenciada en el papel que juega el grado de inmersión de las simulaciones.

Por otro lado, al igual que se vio en la sección anterior, la modificación del esquema corporal en escenarios virtuales, está ligada a la percepción táctil, propioceptiva, háptica y kinestésica, pues en todos los casos que se mostraron, los efectos de la modificación del esquema corporal pudieron ser observados en las sensaciones que los sujetos reportan, las cuales pertenecen a estas modalidades sensoriales.

Igualmente, se ha observado que el uso de herramientas y prótesis, así como la exposición a imágenes propias de escenarios de realidad virtual inmersiva, propician cambios en la corteza somatosensorial, pues el uso y exposición a este tipo de objetos dan lugar a un proceso de adaptación por parte de su usuario, generando diferencias entre el comportamiento del sistema nervioso antes y después del uso de alguna herramienta. De la misma manera, se ha observado que la imagen corporal de los sujetos no se ve influenciada por los efectos de estos objetos sobre, pero sí en sentido inverso, pues los cambios en la imagen corporal propicia cambios en la estructura de la corteza somatosensorial (Bahmad, S., Miller, L., Pham, M., Moreau, R., Salemme, R., Koun, E., Farné, A. & Roy, A., 2020; Kuehn, E. & Pleger, B., 2018; Miller, L., Longo, M. & Saygin, A., 2019).

Finalmente, tal como se mencionó anteriormente sobre los efectos del uso de herramientas y prótesis en la corteza somatosensorial, se ha observado que la exposición a escenarios de realidad virtual, y en especial la realidad virtual inmersiva, causan cambios en la organización cortical de los sujetos, particularmente en las áreas somatosensoriales y visomotoras, pues la naturaleza multimodal de los escenarios generados mediante dicha tecnología permiten que se obtengan resultados similares a los del priming motor, haciendo del uso de este tipo de tecnología un buen recurso para la rehabilitación de pacientes con lesiones cerebrales en áreas de la corteza motora (Calabrò, R., Naro, A., Russo, M., Leo, A., De Luca, R., Balletta, T., Buda, A., La Rosa, G., Bramanti, A. & Bramanti, P., 2017; Saleh, S., Fluett, G., Qiu, Q., Merians, A., Adamovich, S. & Tunik, E., 2017; Vourvopoulos, A. & Bermúdez i Badia, S., 2016; Xiao, X., Lin, Q., Lo, W. L., Mao, Y. R., Shi, X. C., Cates, R. & Li, L., 2017).

Una vez más, la evidencia mostrada en este apartado apoya la premisa de que la sintiencia<sup>2</sup> y el esquema corporal se implican mutuamente, así como también muestra que de hecho es posible generar cambios en el espacio egocéntrico de posibilidades de acción de los sujetos a partir del control de avatares dentro de escenarios virtuales inmersivos.

### **2.3. Extensión del esquema corporal**

Luego de haber revisado algunos casos de modificación del esquema corporal, tanto dentro como fuera de escenarios de realidad virtual inmersiva, cabe la petición de indicar qué tipo de modificación es la que sufre el esquema corporal en dichos casos. La respuesta es que la modificación consiste en la extensión del esquema corporal de los sujetos.

Cuando se habla de extensión del esquema corporal no se trata de una metáfora, sino que se está abogando en favor de que el esquema corporal de los sujetos llega a integrar objetos externos a éstos. Piénsese, en el caso de usar una bicicleta y, sin tener en cuenta si se es un experto, no cabe duda de que es posible tener un control más o menos preciso de los movimientos que con ella se realizan, pues nuestro esquema corporal ha cambiado y se ha extendido hasta los bordes del objeto antes ajeno a nuestro cuerpo, dando lugar a un nuevo espacio egocéntrico de posibilidades de acción.

Otro ejemplo que puede ser de ayuda para comprender esto, es el del caso de los equilibristas que ejecutan sus hazañas con ayuda de barras que les facilitan mantener el equilibrio. En estos casos, el esquema corporal de los sujetos se ha extendido a lo largo de la barra, pues ésta ahora forma parte del conjunto de condiciones sensoriomotoras que determinan las acciones que pueden ser realizadas por el sujeto, y a su vez ayuda a que sean hechas de manera exitosa. El equilibrista es capaz de recibir información sobre su balance mediante los movimientos de la barra, y a su vez, el movimiento voluntario sobre ella propicia la ejecución de acciones exitosas, formando un bucle de retroalimentación entre la información que se recibe, y las acciones que se realizan. Al igual que en el caso anterior, aquí también hay una modificación del espacio egocéntrico de posibilidades de acción, resultado de la extensión del esquema corporal.

Un ejemplo más es el que podemos encontrar al conducir un automóvil. Cuando se está conduciendo, el chofer, dependiendo de su grado de experticia, es capaz de realizar acciones más

o menos exitosas, y todas ellas contemplando las dimensiones y forma del automóvil que está conduciendo. Así como con la bicicleta y la barra para mantener el equilibrio, e incluso en el caso de los aspirantes a piloto de aviación que practican con simuladores de vuelo, el esquema corporal se ve extendido hasta los límites físicos del automóvil, dando lugar a un nuevo espacio egocéntrico de posibilidades de acción.

Otro caso en el que es sencillo ver cómo el esquema corporal se puede extender es en el del uso de raquetas para jugar tenis. Aquí, el jugador que se ha habituado a una raqueta en particular, es capaz de golpear la pelota sin la necesidad de hacer una estimación consciente de la distancia a la que se encuentra de ella, del largo de su brazo y de la raqueta, así como la distancia que se tiene que desplazarse para lograr golpearla, sino que de manera automática o instintiva se mueve y logra contestar el servicio. Esto es gracias a que su esquema corporal se ha extendido a la raqueta en su totalidad, y ha originado el cambio del espacio egocéntrico de posibilidades de acción del jugador, permitiéndole golpear la pelota a una distancia en la que sin la raqueta le sería imposible hacerlo.

La creciente teoría del procesamiento predictivo, por su parte, paralelamente puede ofrecer evidencia de que la incorporación de objetos externos al esquema corporal es algo que encaja bajo los supuestos de dicha postura, la cual ha sido endorsada por diversos exégetas de la tesis de la mente extendida<sup>1</sup>.

El procesamiento predictivo sugiere que el cerebro se encarga de realizar predicciones de los estados internos del organismo, que son sensoriales y motores, comprendidos a través de modelos que tienen la función de guiar la acción y disminuir la probabilidad de error. Así, si un modelo previamente generado resulta ser exitoso, entonces será usado como guía para la acción, y ésta a su vez, determinará en cierta medida las siguientes predicciones que se realizarán; sin embargo, si la información sensorial indica que el modelo es erróneo, entonces el trabajo del cerebro es ajustarlo para paulatinamente lograr formar uno que sea adecuado para actuar en el mundo sin necesidad de realizar correcciones. A este proceso de efectuar predicciones para actuar eficazmente es a lo que se le ha llamado “inferencia activa”, y mientras más exactas sean las

---

<sup>1</sup> Para más sobre quiénes endorsan posturas como el procesamiento predictivo para defender la tesis de la mente extendida, así como las variaciones que ha tenido ésta en su desarrollo histórico, véase el artículo *Extended mind: state of question* de Shaun Gallagher.

predicciones a las que se llegan mediante este proceso, más exitosas serán las acciones del organismo (Clark, A., 2015).

A partir del procesamiento predictivo, en los casos del ciclista, equilibrista, conductor y tenista, se puede alegar que los estados motores que constituyen parte de la predicción realizada por el cerebro, involucran los objetos externos a los organismos, puesto que el uso que hacen de ellos, así como los estados sensoriales que también forman parte de la predicción, contribuyen a la formación de un bucle de retroalimentación en el que están de por medio los estados internos del organismo, la acción y el entorno, mediante el cual el esquema corporal se ve modificado y, por lo tanto, extendido, dando como resultado una menor probabilidad de errores en las predicciones, y la realización exitosa de acciones (Wilson, M., 2006).

Ahora bien, todos los casos que se han mencionado en las secciones anteriores sobre cambios en el esquema corporal, son todos ellos instancias de extensión, siendo algunos más drásticos y evidentes que otros. A continuación, mencionaré cuáles son los más representativos, iniciando por aquellos que tienen lugar en situaciones no-virtuales, para posteriormente hablar de los que suceden en escenarios virtuales inmersivos.

Todos los cambios en el esquema corporal que tienen lugar al momento de manipular herramientas son casos de extensión, pero no solamente en el caso particular de las herramientas, sino que también pueden suceder al sostener de manera continua algún objeto con una mano (Carlosn, et. al., 2010; Martel, et. al., 2016; Sun & Tang, 2019). Esto es así debido a que, tal como se dijo párrafos arriba, el uso de algún objeto que está estrechamente ligado al control corporal, sea una herramienta o no, puede ampliar o restringir el espacio egocéntrico de posibilidades de acción, pues el esquema corporal se extiende hasta los límites físicos de dicho objeto.

Igualmente, un caso más representativo de dicha extensión es el que tiene lugar en la investigación de Segura y sus colegas (2018). Pues el uso de un pulgar robótico como sexto dedo en una de las manos, el cual es controlado con el pulgar de la mano opuesta, ejemplifica claramente la extensión del esquema corporal.

En este caso, el esquema corporal se extiende más allá de los límites del cuerpo del sujeto, para ahora abarcar los límites del dedo robótico, el cual determina qué puede, y qué no puede hacer, mediante los movimientos del pulgar de la mano opuesta. A su vez, la mano con el dedo robótico,

junto con éste, establece el conjunto de acciones que pueden ser realizadas, al igual que la forma de llevarlas a cabo. Como resultado, el esquema corporal del sujeto se ha extendido mediante el uso del pulgar robótico, pues ahora es parte del esquema corporal y desempeña un papel importante en la realización exitosa de algunas acciones.

Por otro lado, en el caso de las modificaciones del esquema corporal, en escenarios de realidad virtual inmersiva, todos cuentan como casos de extensión del esquema corporal, pues en todos ellos tienen lugar mediante el uso de un avatar, que es, en un primer momento, lo que se extiende en el esquema corporal, pudiendo después extenderse a herramientas, o algún otro aditamento que el avatar tenga en su cuerpo. Dos casos claros al respecto son los de las investigaciones de Gonzalez-Franco (2019) y Steptoe (2013).

En relación a los casos de los avatares con piernas más largas y con cola, que se mencionaron más arriba, lo que sucede es una extensión del esquema corporal acotada por el avatar virtual, y esto es así gracias a la retroalimentación que la simulación otorga a los usuarios, cosa que propicia que, mediante la interacción con el entorno, el espacio egocéntrico de posibilidades de acción se modifique. Esto no debería ser motivo de sorpresa, pues si es posible que el esquema corporal se modifique mediante la ejecución imaginaria de acciones con herramientas, así como muestra el estudio de Baccarini y sus colegas (2014), entonces un escenario de realidad virtual inmersiva, la cual ofrece al usuario retroalimentación de su entorno, debería tener un efecto mayor sobre el esquema corporal, que el que tiene la imaginación.

Igualmente, si se tiene en cuenta el procesamiento predictivo en la modificación del esquema corporal en escenarios de realidad virtual, se puede ver que la extensión del esquema corporal hacia los avatares, o a otros objetos virtuales, disminuye la probabilidad de error en las predicciones realizadas por el cerebro, y lleva a un mayor índice de éxito en la ejecución de acciones.

Teniendo lo anterior en mente, es fácil apreciar cómo es que el esquema corporal literalmente se extiende hasta las herramientas, e incluso a los avatares virtuales de los que hacemos uso, pues en ambos casos el resultado es un cambio en el conjunto de posibilidades de acción, y nuevas formas de interactuar con el entorno, al igual que una forma diferente de percibir el propio cuerpo.

### **3. La extensión de la sintiencia**

La tesis de la mente extendida ha sido motivo de un debate largo y tendido, tanto de si es algo posible, como si, de en caso de ser verdadera, qué cosas se extienden y cuáles no. Entre los diversos matices que ha tenido esta postura, se ha sostenido que la consciencia no se extiende más allá de la piel, pues carece de las condiciones apropiadas para que dicho suceso tenga lugar.

Las posturas contra la tesis de la consciencia extendida han sostenido su desacuerdo por diversas razones, como que uno de las condiciones necesarias para que un estado mental tenga contenido fenoménico es que el sistema cognitivo en su totalidad tenga acceso directo a la información propia del estímulo que genera el estado consciente (Chalmers, D., 2019; Clark, A., 2009). Así, Clark y Chalmers señalan que la tesis de la consciencia extendida es acerca de la realización del contenido fenoménico, por lo que es fundamental tener acceso privilegiado a la información que da lugar a éste. Por otro lado, se ha argumentado que la consciencia no solamente no puede extenderse, así como los contenidos mentales, sino que únicamente puede ser realizada por seres con sistemas nerviosos con cierta complejidad, apelando al hecho aparente de que únicamente los seres vivos con sistema nervioso exhiben conductas intencionales y dotadas de contenido fenoménico (Adams, F. & Aizawa, K., 2009; Searle, J., 1980; Searle, J., 1997).

En contraste, los defensores de la tesis de la consciencia extendida han sostenido que la consciencia se puede extender más allá de las fronteras de la piel, en virtud de la naturaleza corporal, dinámica y situada del fenómeno, pues desde la postura de enactivismo sensoriomotor ha argumentado que no hay ninguna propiedad en particular en la membrana de las células que componen a los organismos vivos, y que por lo tanto den lugar al contenido fenoménico, así como que también es necesario contemplar al organismo en interacción con su entorno, el dinamismo de las propiedades de los sistemas nerviosos de los organismos, lo que propicia cambios constantes en las fronteras que se delimitan entre el organismo y el medio (Kirchhoff, M. & Kiverstein, J., 2019; O'Regan, J. & Noë, A., 2001).

Siguiendo lo anterior y como se dijo al inicio, el objetivo principal de este trabajo es el de mostrar que, en principio, es posible que la sintiencia<sup>2</sup> se extienda más allá del cuerpo en algunos escenarios de realidad virtual inmersiva. El argumento es como sigue:

1. La sintiencia<sub>2</sub> se extiende más allá del cuerpo, si y solo si el esquema corporal se extiende más allá del cuerpo.
2. El esquema corporal se extiende más allá del cuerpo en algunos escenarios de realidad virtual inmersiva.
3. Por lo tanto, la sintiencia<sub>2</sub> se extiende más allá del cuerpo en algunos escenarios de realidad virtual inmersiva [1,2 eci].

La premisa (1) del argumento se sostiene gracias a la evidencia mostrada en la primera parte del texto, en la que se hace explícita la relación entre esquema corporal y sintiencia<sub>2</sub>, demostrándose que ambos se pueden modificar gracias al influjo que tienen el uno sobre el otro. Por su parte, la premisa (2) es respaldada por los diversos casos de modificación del esquema corporal en escenarios de realidad virtual inmersiva que se abordaron en la segunda parte. Partiendo de ambas premisas, ahora podemos inferir (3), siendo ésta la conclusión, a saber, que la sintiencia<sub>2</sub> se extiende más allá del cuerpo en algunos escenarios de realidad virtual inmersiva.

### 3.1. Posibles objeciones

Lo que aquí se ha dicho seguramente no está exento de posibles objeciones de distinta índole. A continuación, plantearé y contestaré tres posibles objeciones que consideramos se podrían hacer al presente trabajo, con la finalidad de hacerlo más claro y robustecerlo.

1ª objeción:

- *Extensión vs. Integración de objetos al esquema corporal.* Se podría alegar como contraargumento que no hay casos genuinos de modificación del esquema corporal que impliquen la extensión del mismo, pues la modificación puede entenderse como ‘integración’, donde el esquema corporal se ve modificado por el uso sistemático de algún objeto, derivando en la integración del mismo al esquema corporal.<sup>2</sup> Siendo así, se mostraría de esta manera que el término “extensión” usado en nuestro argumento, o no ha

---

<sup>2</sup> Partiendo de la distinción que Preester y Tsakiris (2009) hacen para la búsqueda de un modelo que dé cuenta del uso de herramientas y prótesis corporales.

sido bien definido, o el concepto correspondiente es vacío, invalidando la evidencia que apoya la premisa (2) como casos de extensión del esquema corporal.

La objeción anterior, más que un problema substancial de fondo, surge de una confusión ante la falta de claridad sobre la relación que existe (en este contexto) entre los conceptos de ‘extensión’ e ‘integración’, sobre lo que significa que algo extienda el esquema corporal o se integre a él. En realidad, desde nuestro punto de vista, ambos conceptos son dos caras de una misma moneda. Lo primero que ambos conceptos comparten es que implican una modificación al esquema corporal. Pero más allá de este hecho, lo que constatamos es que, cuando la modificación es conductualmente exitosa (adaptativa), se verifica tanto la extensión como la integración. Pensemos en el caso del equilibrista que se mencionó más arriba. Es un hecho que su esquema corporal se modifica conforme tiene lugar su entrenamiento, y que cuando alcanza un nivel profesional su esquema se ha modificado drásticamente —caracterizándose dicha modificación en que la barra que usa se ha integrado exitosamente a su esquema corporal, pero a su vez, dicha integración constituye una extensión del mismo, pues ahora el esquema corporal incluye objetos que no son partes corporales naturales del sujeto. Así, la integración no solo no excluye la extensión, sino que parece ser el estadio más acabado de la extensión. Quizás podría hablarse de casos de extensión sin integración —pues el equilibrista principiante podría extender torpemente su esquema corporal a la barra en sus primeras horas de práctica— pero solamente un experto gozaría de la integración de este objeto a su esquema corporal, logrando ser “un solo cuerpo” junto con la barra y ejerciendo un fino control sobre él. Pero aún si consideramos el fenómeno exclusivamente en términos de ‘integración’, esto no quita que podamos seguir manteniendo la tesis de la extensión del esquema corporal, ya que dicha integración revelará, a través de la conducta adaptativa, que el/los objeto(s) han sido exitosamente incorporados al previo esquema corporal.

2ª objeción:

- *La relación entre sintiencia y esquema corporal no es simétrica.* Se puede sostener que, si bien el esquema corporal y sintiencia<sub>2</sub> se implican mutuamente en el sentido de que ambos dependen de un cuerpo, eso no quiere decir que todo lo que le suceda a uno, le sucederá al otro, como por ejemplo la amputación de un brazo y la subsiguiente modificación del esquema corporal no implica la modificación de la sintiencia<sub>2</sub>. Así, se atacaría la premisa (1) de nuestro argumento, sosteniendo que la modificación del

esquema corporal no implica la modificación de la sintiencia, y viceversa, por lo que una inferencia como la que tiene lugar en nuestro argumento, no es válida.

Esta crítica podría parecer acertada en un principio, sin embargo, está perdiendo de vista un punto importante, que es la diferencia entre los aspectos sincrónico y diacrónico de la relación entre esquema corporal y sintiencia<sub>2</sub>. La amputación de una extremidad sí tiene consecuencias inmediatas y obvias sobre la sintiencia<sub>2</sub> y el esquema corporal, ya que uno “ni siente ni se siente igual” que antes de la amputación (Chini, O., & Boemer, R., 2007; Washington, E., & Williams, A., 2014), ni puede inmediatamente realizar los mismos movimientos que antes de la amputación (pensar en un futbolista o alpinista que pierde una pierna). Después de un cierto periodo de habituación, el esquema corporal y la sintiencia<sub>2</sub> se recalibran mutuamente y se pueden producir conductas más o menos exitosas en relación a la etapa pre-amputación. Así, en estos casos, tanto el conjunto de posibilidades de acción que se posee, como el de lo que se es capaz de experimentar, se ven primeramente modificados para luego ser incorporados a una línea basal por defecto que se convierte en la “nueva norma”, cosa que es facilitada por la constante interacción con el medio<sup>3</sup>. Vemos por tanto que el aspecto sincrónico de la relación no presenta dificultades para el argumento, ¿Pero qué hay del aspecto diacrónico? Este aspecto lo que nos dice es que, si la escala temporal es demasiado grande como para que el individuo pueda crítica y conscientemente relacionar un cambio en su esquema corporal con un cambio en su sintiencia, entonces no hay forma de demostrar (ni de negar) la premisa 1 de nuestro argumento, pues estaríamos en el terreno de la metafísica. De manera que sería ocioso preguntarnos, por ejemplo, si “se sentiría igual” ser un homínido *Australopithecus* que un *Homo Sapiens sapiens*, o ser un conejo vs. ser un humano. La escala filogenética claramente es de órdenes de magnitud muy diferente a la ontogenética, por lo que en el plano diacrónico que rebasa cognitivamente al individuo no podemos más que especular sobre la coimplicación del esquema corporal y la sintiencia. Pero esto no quita que sea sensato suponer que ambos han evolucionado armónicamente, considerando que ambos parecen coimplicarse lógicamente y empíricamente —aunque no lo podamos demostrar.

3ª objeción:

---

<sup>3</sup> Para más sobre la relevancia de la diacronía y sincrónica respecto a la cognición, véase Kirchoff, M., (2013), González, J. C., (En prensa).

- *La sintiencia es intradérmica.* Se puede objetar que no hay tal cosa como la extensión de la sintiencia<sub>2</sub>, puesto que todo contenido fenoménico que pueda llegar a tener, es resultado únicamente de cosas que suceden dentro de mi cuerpo, en virtud del sistema nervioso central y periférico, eliminando de facto toda posible explicación haciendo referencia a lo que va más allá de la propia piel. En este caso, la modificación del esquema corporal mediante avatares o herramientas no tiene relevancia en la producción del contenido fenoménico. De esta manera, en principio es imposible que la conclusión del argumento sea verdadera, pues no cabe la posibilidad de que haya tal extensión de la sintiencia.

Si bien lo que sucede dentro del organismo es de suma importancia para dar cuenta del contenido fenoménico de los estados mentales, esto no agota explicativamente el asunto, pues en el entorno hay también factores que determinan activamente lo que se experimenta, siendo una vez más el aspecto diacrónico de la interacción con el medio lo que da cuenta de esto.

Pensemos en un escenario similar al de los cerebros en cubetas que propone Norman Malcolm y después retoma Hilary Putnam, pero ahora en el recipiente se encuentra el sistema nervioso central con su respectivo sistema nervioso periférico, los cuales están siendo estimulados por un científico, con la finalidad de reproducir las sensaciones que cualquier otro ser humano es capaz de tener en condiciones normales. La pregunta aquí es si esto es suficiente para la producción del contenido fenoménico, a lo que respondo que no es así.

En paralelo al razonamiento de Malcolm y de Putnam, si bien es necesario el trabajo realizado por el sistema nervioso en su totalidad, no es suficiente para la producción de las sensaciones, debido a que el aspecto ontogenético está siendo dejado de lado. Los sistemas nerviosos central y periférico se encuentran separados de la totalidad del organismo, cosa que deriva en la privación de la interacción con el entorno. Esta interacción sincrónica con el medio, del cual provienen los estímulos, constituye el anclaje de lo que se siente con lo que lo provoca, dando lugar a ciclos de retroalimentación entre el entorno y el organismo, en el que están de por medio las condiciones *a priori* del contenido fenoménico, otorgadas por la filogenia y ontogenia. Así, estos ciclos de retroalimentación originados por la interacción, constituyen parte fundamental de lo que se puede llegar a sentir, al menos cuando se trata de sensaciones básicas, como placer y dolor, dejando como un sinsentido la posibilidad de obtener el mismo resultado sin la interacción con el entorno. Así, la sintiencia<sub>2</sub> se extiende más allá del cuerpo, puesto que, en principio, sin la

interacción con el entorno, los mecanismos que dan lugar al contenido fenoménico están incompletos.

### **3.2. Nuevas direcciones en la investigación**

La aseveración de que la sintiencia<sub>2</sub> se extiende en algunos casos de realidad virtual inmersiva, constituye la conclusión del argumento y el objetivo principal de este trabajo. Como corolario, podemos afirmar que la sintiencia no es una propiedad estática e intradérmica de los agentes, sino más bien una propiedad dinámica y relacional de los agentes sintientes. Para terminar, a continuación abordaré algunas nociones que han surgido a lo largo de este trabajo, las cuales pueden ayudar a aclarar lo aquí discutido y ser vistas como posibles vías de investigación futuras.

La sintiencia<sub>2</sub> y el esquema corporal son propiedades de organismos vivos, cuyo cuerpo es fundamental para interactuar con el entorno y, a su vez, la riqueza de dicha interacción puede aumentar o disminuir en virtud de la complejidad del cuerpo que el organismo posea o de sus circunstancias. En el caso de los seres humanos, esta complejidad es crucial para que tengan lugar la gran diversidad de formas de interacción con el entorno, tanto para actuar sobre el medio, como para obtener retroalimentación proveniente de él.

Por su parte, al igual que sucede con la sintiencia<sub>2</sub>, la complejidad de los organismos tiene consecuencias sobre el esquema corporal, pues si las maneras de interactuar con el entorno varían en virtud de qué tan complejo es el organismo, entonces la complejidad del esquema corporal también puede cambiar. Así, la riqueza en las formas de interacción con el entorno está determinada por la complejidad de los organismos, y a su vez está condicionado por su desarrollo ontogenético y filogenético.

En lo anterior, la diacronía y la sincronía tienen un rol crucial, y no solamente debido a que la filogenia y la ontogenia se comprenden en el desarrollo a través del tiempo, en una escala mayor y menor respectivamente, sino porque tanto la sintiencia<sub>2</sub> y el esquema corporal requieren de la interacción constante con el entorno para consolidarse. El esquema corporal solamente llega a estar conformado, así como verse modificado, si organismo y entorno interactúan sincrónicamente, poniendo en constante práctica las capacidades sensoriomotoras del organismo.

Respecto a la sintiencia<sub>2</sub>, la sincronía de la interacción proporciona la posibilidad de que las sensaciones que se experimentan paulatinamente se vean incorporadas en nuestra perspectiva del mundo. Esto es más evidente en los casos de modificación del esquema corporal que se citaron con anterioridad, pues mediante la exposición prolongada a los escenarios virtuales, los usuarios lograron integrar sus sensaciones con el avatar que controlaban. Igualmente, para subrayar la importancia del aspecto sincrónico en esta postura, hay que tener en cuenta las investigaciones que se han hecho para mostrar la importancia del acoplamiento de los sujetos con diversas herramientas a lo largo de un tiempo determinado en interacción con el medio, pues al igual que lo que se sostiene aquí, la sincronía de la interacción permite el acoplamiento entre sujeto y herramienta (Dotov, D., Nie, L. & Chemero, A., 2010; Dotov, D., Nie, L., Wojcik, K., Jinks, A., Yu, X., & Chemero, A. 2017).

Por lo tanto, que la extensión del esquema corporal y la integración de sensaciones tengan lugar en la naturaleza sincrónica de la interacción con el medio, facilita que la sintiencia<sub>2</sub> se vea extendida en algunos escenarios de realidad virtual inmersiva, en los que el esquema corporal ya ha sido modificado y las sensaciones se han integrado a dicha modificación.

Ahora bien, cabe subrayar que la extensión de la sintiencia<sub>2</sub> en virtud de la extensión del esquema corporal, solamente contempla ciertas modalidades sensoriales, que son la táctil, la propioceptiva, la kinestésica y la háptica, por lo que no se está abogando por una extensión de todos los canales sensoriales. Es posible llegar un poco más lejos, y no solamente defender que la sintiencia<sub>2</sub> es la que se extiende, sino que también lo hace la sintiencia<sub>1</sub>, que a diferencia de la anterior no es la que está de por medio en interacciones concretas que originan experiencias particulares, sino que es la que hace alusión a la capacidad general de sentir, que está anclada al desarrollo filogenético y ontogenético del ser humano.

Lo anterior es así debido a que sintiencia<sub>2</sub> y sintiencia<sub>1</sub> trabajan de la misma manera, con la diferencia de que una está contextualizada y la otra no. Así, si los mecanismos de la sintiencia<sub>2</sub>, que en principio son los mismos que los de sintiencia<sub>1</sub>, permiten la extensión de la misma, entonces esos mismos mecanismos pueden propiciar la modificación y, por ende, la extensión de la capacidad general de sentir, que es la sintiencia<sub>1</sub>.

### 3.3. Conclusiones

El objetivo central de este trabajo es mostrar que la sintiencia<sub>2</sub> se puede extender más allá del cuerpo en algunos escenarios de realidad virtual inmersiva, conclusión que creemos haber demostrado de forma razonable. Se argumentó en favor de la relación entre sintiencia<sub>2</sub> y esquema corporal, radicando en esto la posibilidad de la extensión de la sintiencia<sub>2</sub>, en virtud de la extensión del esquema corporal.

Para desarrollar esta idea, se optó por recurrir a la evidencia arrojada por diversos estudios sobre los efectos de la modificación del esquema corporal, tanto dentro como fuera de la realidad virtual. Asimismo, parte importante de la argumentación fue la elaboración de las definiciones bajo las cuales se comprenden el esquema corporal y la sintiencia<sub>2</sub>.

Habiendo mostrado la plausibilidad de la conclusión, se puede apreciar que la extensión de la sintiencia<sub>2</sub> es un hecho que se posibilita debido a la filogenia y ontogenia de los organismos, la extensión del esquema corporal, y la interacción con el medio, cosas que no son exclusivas de la realidad virtual inmersiva, sino que se pueden encontrar en cualquier situación en la que el esquema corporal se extienda, como en el uso de extremidades prostéticas, herramientas, etc.

Creemos también que con este trabajo se habrá logrado una mayor comprensión sobre al menos una parte de la consciencia fenoménica, así como una apropiada definición para la sintiencia<sub>2</sub>, y un mejor entendimiento de los efectos que la realidad virtual inmersiva tiene sobre sus usuarios.

Lo que la realidad virtual inmersiva puede producir en sus usuarios requiere mayor estudio, pero a partir de lo que se expuso en este trabajo, se puede concluir que la exposición a dichos escenarios por medio del control de avatares tiene un gran impacto sobre los usuarios, pues lo que en ellos se experimenta puede tener consecuencias similares a las que se tendrían fuera de la simulación en un contexto parecido al que en ella se recrea. Esto puede ser benéfico para la investigación científica, pues hace más accesible la recreación de ciertas condiciones experimentales para realizar diversas investigaciones, pero a su vez, esto exige una evaluación ética sobre la distribución y uso de dispositivos de realidad virtual inmersiva y la producción de contenido para estos.

Los resultados de este trabajo también pretenden enriquecer líneas de investigación, tales como las que versan sobre el esquema corporal en la psicología cognitiva, así como la fenomenología y la consciencia en la filosofía, ambas formando parte de las ciencias cognitivas. Asimismo, puntos que merecen mayor escrutinio son la relación entre los sucesos del entorno, y su conjunción con los procesos que tienen lugar en los organismos, y la sintiencia<sup>2</sup>, de la cual hay que determinar qué tan extendida se encuentra entre los organismos, si se trata de una cuestión de grado o de tipo, y con qué otros aspectos de los seres vivos se relaciona.

La investigación de la consciencia fenoménica dentro del marco de la cognición corporizada, embebida, extendida y enactiva, nos ha proporcionado herramientas para la comprensión de fenómenos tan complejos como el de la sintiencia<sup>2</sup> y los mecanismos que la originan. Igualmente, el análisis de la realidad virtual para el abordaje de problemas científicos y filosóficos constituye una herramienta valiosa para lograr una mayor comprensión de diversos fenómenos concernientes a las capacidades cognitivas de los organismos.

## Referencias

- Abbate, C. (2014). Adventures in Moral Consistency: How to Develop an Abortion Ethic through an Animal Rights Framework. *Ethical Theory and Moral Practice*, 18(1), pp.145-164.
- Adams, F. & Aizawa, K. (2009). The Bounds of Cognition. *Erkenntnis*, 71(2), 277–281.
- Allen, C., & Bekoff, M. (1999). *Species of Mind: The Philosophy and Biology of Cognitive Ethology* (Illustrated ed.). New York, USA: A Bradford Book.
- Andrade, J. & May, J. (2005). BIOS Instant notes in Cognitive psychology. London: Tylor y Francis.
- Asada, M. (2018). “Proprioception and body schema”. En *Living machines: a handbook of research in biomimetic and biohybrid systems*, Prscott, T., Lepora, N., & Verschure, P. (eds.). Londres: Oxford University Press, 2018.
- Assaiante, C., Barlaam, F., Cignetti, F. & Vaugoyeau, M. (2013). Body schema building during childhood and adolescence: A neurosensory approach. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 44.
- Baccarini, M., Martel, M., Cardinali, L., Sillan, O., Farnè, A. & Roy, A. (2014). Tool use imagery triggers tool incorporation in the body schema. *Frontiers in Psychology*, 5.

- Bahmad, S., Miller, L., Pham, M., Moreau, R., Salemme, R., Koun, E., Farné, A. & Roy, A. (2020). Online proprioception feeds plasticity of arm representation following tool-use in healthy aging. *Scientific Reports*, 10(1), 1–14.
- Baluška, F. & Reber, A. (2019). Sentience and Consciousness in Single Cells: How the First Minds Emerged in Unicellular Species. *BioEssays*, 41(3), p.1800229.
- Bamodu, O. & Ye, X. (2013). Virtual Reality and Virtual Reality System Components. *Proceedings of the 2nd International Conference On Systems Engineering and Modeling*. <https://doi.org/10.2991/icsem.2013.192>
- Banakou, D., Groten, R. & Slater, M. (2013). Illusory ownership of a virtual child body causes overestimation of object sizes and implicit attitude changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(31), 12846–12851.
- Barron, A. & Klein, C. (2016). What insects can tell us about the origins of consciousness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(18), pp.4900-4908.
- Bateson, G. (1987). *Steps to an ecology of mind*. Northvale, NJ, San Francisco: Jason Aronson.
- Berlucchi, G. & Aglioti, S. (1997). The body in the brain: neural bases of corporeal awareness. *Trends in Neurosciences*, 20(12), 560–564.
- Berlucchi, G. & Aglioti, S. (2009). The body in the brain revisited. *Experimental Brain Research*, 200(1), 25–35.
- Block, N. (2002). Concepts of consciousness. En *Philosophy of mind: Contemporary Reading*. Oxford University Press.
- Boccia, M., Di Vita, A., Palermo, L., Nemmi, F., Trallesi, M., Brunelli, S. & Guariglia, C. (2019). Neural modifications in lower limb amputation: an fMRI study on action and non-action oriented body representations. *Brain Imaging and Behavior*, 14(2), 416–425. <https://doi.org/10.1007/s11682-019-00142-3>
- Botnmark, I., Tumilty, S., & Mani, R. (2016). Tactile acuity, body schema integrity and physical performance of the shoulder: A cross-sectional study. *Manual Therapy*, 23, 9–16.
- Broom, D. (2001). Evolution of pain. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*. 70. 17-21.
- Broom, D. (2016). Considering animals' feelings: Précis of Sentience and animal welfare. *Animal Sentience*. 1. 2016.005.
- Calabrò, R., Naro, A., Russo, M., Leo, A., De Luca, R., Balletta, T., Buda, A., La Rosa, G., Bramanti, A. & Bramanti, P. (2017). The role of virtual reality in improving motor performance as revealed by EEG: a randomized clinical trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14(1), 1–22.
- Call, J. & Tomasello, M. (2008). Does the chimpanzee have a theory of mind? 30 years later. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(5), pp.187-192.
- Cardinali, L., Brozzoli, C., Urquizar, C., Salemme, R., Roy, A. & Farné, A. (2011). When action is not enough: Tool-use reveals tactile-dependent access to Body Schema. *Neuropsychologia*, 49(13), 3750-3757.

- Cardinali, L., Jacobs, S., Brozzoli, C., Frassinetti, F., Roy, A. C., & Farnè, A. (2012). Grab an object with a tool and change your body: tool-use-dependent changes of body representation for action. *Experimental Brain Research*, 218(2), 259–271.
- Carlson, T., Alvarez, G., Wu, D. & Verstraten, F. (2010). Rapid Assimilation of External Objects Into the Body Schema. *Psychological Science*, 21(7), 1000–1005.
- Carter, R., Aldridge, S., Page, M. & Parker, S. (2009). *The human brain book*. 1st American ed. London [England]: New York, N.Y.
- Cauller, L. & Kulics, A. (1990). The neural basis of the behaviorally relevant N1 component of the somatosensory-evoked potential in SI cortex of awake monkeys: evidence that backward cortical projections signal conscious touch sensation. *Exp Brain Res*, 84, pp. 607-619
- Chalmers, D. (2007). The hard problem of consciousness. En *Blackwell's companion to consciousness*. Blackwell.
- Chalmers, D. (2017). The Virtual and the Real. *Disputatio*. 9. 309-352.
- Chalmers, D. (2019). Extended Cognition and Extended Consciousness. En Matteo Colombo, Elizabeth Irvine & Mog Stapleton (eds.), *Andy Clark and his Critics*. Wiley-Blackwell.
- Chini, O., & Boemer, R. (2007). Amputation in the perception of those who experience it: a study under the phenomenological. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 15(2), 330–336.
- Clark, A. & Chalmers, D. (1998). The Extended Mind. *Analysis*, 58(1), 7-19.
- Clark, A. (2009). Spreading the Joy? Why the Machinery of Consciousness is (Probably) Still in the Head. *Mind*, 118(472), 963–993.
- Clark, A. (2015). “Embodied Prediction”. En T. Metzinger & J. M. Windt (Eds). *Open MIND: 7(T)*. Frankfurt am Main: MIND Group.
- Corradi-Dell'Acqua, C., Tomasino, B. & Fink, G. (2009). What Is the Position of an Arm Relative to the Body? Neural Correlates of Body Schema and Body Structural Description. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*. 29, pp. 4162-71.
- Cuzzolaro M. (2018) Body Schema and Body Image: History and Controversies. In: Cuzzolaro M., Fassino S. (eds) *Body Image, Eating, and Weight*. Springer, Cham.
- Dadlez E. & Andrews W. (2018). Legislating Pain Capability: Sentience and the Abortion Debate. In: Boonin D. (eds) *The Palgrave Handbook of Philosophy and Public Policy*. Palgrave Macmillan, Cham.
- de Veer, M., Gallup, G., Theall, L., van den Bos, R. & Povinelli, D. (2003). An 8-year longitudinal study of mirror self-recognition in chimpanzees (Pan troglodytes). *Neuropsychologia*, 41(2), pp. 229-234.
- de Vignemont, F. (2010). Body schema and body image—Pros and cons. *Neuropsychologia*, 48(3), pp. 669-680.

- Delhaye, B., Long, K. & Bensmaia, S. (2018). Neural Basis of Touch and Proprioception in Primate Cortex. *Comprehensive Physiology*, pp.1575-1602.
- Di Vita, A., Boccia, M., Palermo, L. & Guariglia, C. (2016). To move or not to move, that is the question! Body schema and non-action oriented body representations: An fMRI meta-analytic study. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 68, 37–46.
- Dotov, D., Nie, L. & Chemero, A. (2010). A Demonstration of the Transition from Ready-to-Hand to Unready-to-Hand. *PLoS ONE*, 5(3), e9433.
- Dotov, D., Nie, L., Wojcik, K., Jinks, A., Yu, X., & Chemero, A. (2017). Cognitive and movement measures reflect the transition to presence-at-hand. *New Ideas in Psychology*, 45, 1–10.
- Duncan, I. (2006). The changing concept of animal sentience. *Applied Animal Behaviour Science*, 100(1-2), pp.11-19.
- Dzib-Goodin, A. (2018). Evolution of movement process as a key for human cognition. *Cuadernos de Neuropsicología - Panamerican Journal of Neuropsychology*. 12. 42-69.
- Ferrucci, K. (2017). Distortion in Body Schema: The Influence of Body Fat and Mass on Perceptions of Personal Size. *Senior Projects Spring 2017*. 271.
- Finlay, L. (2014). Engaging Phenomenological Analysis. *Qualitative Research in Psychology*, 11(2), 121–141.
- Gadsby, S. (2019). Body representations and cognitive ontology: Drawing the boundaries of the body image. *Consciousness and Cognition*, 74, 102772.
- Gallagher, S. (2009). Body image and body schema. *The Oxford companion to consciousness*. 117-119.
- Gallagher, S. (2018). The Extended Mind: State of the Question. *The Southern Journal of Philosophy*. 56. 421-447.
- Gallagher, S. & González, J. (2014). Time, Altered States of Consciousness, And Science. *Cosmology*, 18, 246-262.
- Gennaro R. (2018) Consciousness. In: Vonk J., Shackelford T. (eds) *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior*. Springer, Cham.
- González, J. C. (En prensa). Ontología de las *affordances*.
- Gonzalez-Franco, M. & Berger, C. (2019). Avatar Embodiment Enhances Haptic Confidence on the Out-of-Body Touch Illusion. *IEEE Transactions on Haptics*, 12(3), 319–326.
- Gonzalez-Franco, M., Abtahi, P. & Steed, A. (2019). "Individual Differences in Embodied Distance Estimation in Virtual Reality," *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, Osaka, Japan, pp. 941-943
- Guo, X., Lin, Z., Lyu, Y., Bekrater-Bodmann, R., Flor, H., & Tong, S. (2017). The Effect of Prosthesis Use on Hand Mental Rotation After Unilateral Upper-Limb Amputation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 25(11), 2046–2053.

- Harris, L. & Mander, C. (2014). Perceived distance depends on the orientation of both the body and the visual environment. *Journal of Vision*, 14(12), 17.
- Harris L., Carnevale MJ, D'Amour S., Fraser L., Harrar V., Hoover A., Mander C. & Pritchett L. (2015). How our body influences our perception of the world. *Front. Psychol.* 6(819).
- Horta, O. (2018). Moral Considerability and the Argument from Relevance. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 31(3), pp.369-388.
- Irvine, K., McCarty, K., McKenzie, K., Pollet, T., Cornelissen, K., Tovée, M., & Cornelissen, P. (2019). Distorted body image influences body schema in individuals with negative bodily attitudes. *Neuropsychologia*, 122, pp. 38-50.
- Johnson, D. (2019). The Relevance (and Irrelevance) of Questions of Personhood (and Mindedness) to the Abortion Debate. *Socio-Historical Examination of Religion and Ministry*, 1(2), pp.121-153.
- Jones, A. (2018). Abortion Rights: For and Against. *The New Bioethics*, 24(3), pp.270-272.
- Kaminski, J., Call, J. & Tomasello, M. (2008). Chimpanzees know what others know, but not what they believe. *Cognition*, 109(2), pp.224-234.
- Kant, I., Meiklejohn, J. & Fiala, A. (2004). *Critique of Pure Reason*. Cambridge, United Kingdom: Barnes & Noble.
- Kirchhoff, M. (2013). Extended Cognition & the Causal-Constitutive Fallacy: In Search for a Diachronic and Dynamical Conception of Constitution. *Philosophy and Phenomenological Research*, 90(2), 320-360.
- Kirchhoff, M. & Kiverstein, J. (2019). *Extended Consciousness and Predictive Processing: A Third Wave View* (Routledge Focus on Philosophy) (1st ed.). New York, USA: Routledge.
- Kosterec, M. (2016). Methods of conceptual analysis. *Filosozofia*, 3, 71, 220-230.
- Kuehn, E. & Pleger, B. (2018). How Visual Body Perception Influences Somatosensory Plasticity. *Neural Plasticity*, 2018, 1–12.
- Lanska, D. & Lanska, J. (2017). The Alice-in-Wonderland Syndrome. Neurologic-Psychiatric Syndromes in Focus Part II. *From Psychiatry to Neurology*, 142–150.
- Llorens, R., Borrego, A., Palomo, P., Cebolla, A., Noé, E., Badia, S. & Baños, R. (2017). Body schema plasticity after stroke: Subjective and neurophysiological correlates of the rubber hand illusion. *Neuropsychologia*, 96, 61–69.
- Longo, M., Azañón, E. & Haggard, P. (2010). More than skin deep: Body representation beyond primary somatosensory cortex. *Neuropsychologia*, 48(3), 655–668.
- Maravita, A., & Iriki, A. (2004). Tools for the body (schema). *Trends in Cognitive Sciences*, 8(2), 79–86.
- Marini, F., Zenzeri, J., Pippo, V., Morasso, P. & Campus, C. (2019). Neural correlates of proprioceptive upper limb position matching. *Human Brain Mapping*, 40(16), 4813–4826.

- Martel, M., Cardinali, L., Roy, A. & Farnè, A. (2016). Tool-use: An open window into body representation and its plasticity. *Cognitive Neuropsychology*, 33(1–2), 82–101.
- Martínez, E., Aira, Z., Buesa, I., Aizpurua, I., Rada, D., & Azkue, J. J. (2018). Embodied pain in fibromyalgia: Disturbed somatorepresentations and increased plasticity of the body schema. *PLOS ONE*, 13(4), e0194534.
- Martínez, E., Guillen, V., Buesa, I., & Azkue, J. J. (2019). A Distorted Body Schema and Susceptibility to Experiencing Anomalous Somatosensory Sensations in Fibromyalgia Syndrome. *The Clinical Journal of Pain*, 35(11), 887–893.
- Matamala-Gomez, M., Donegan, T., Bottiroli, S., Sandrini, G., Sanchez-Vives, M. & Tassorelli, C. (2019). Immersive Virtual Reality and Virtual Embodiment for Pain Relief. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13.
- Mayer, Á., Kudar, K., Bretz, K., & Tihanyi, J. (2008). Body schema and body awareness of amputees. *Prosthetics and Orthotics International*, 32(3), 363–382.
- Medina, J. & Coslett, H. (2009). From Maps to Form to Space: Touch and the Body Schema. *Neuropsychologia*. 48. Pp. 645-54.
- Meraz, S., Sobajima, M., Aoyama, T., & Hasegawa, Y. (2018). Modification of body schema by use of extra robotic thumb. *ROBOMECH Journal*, 5(1).
- Merlau-Ponty, M. (2012). *Phenomenology of perception*. London, UK: Routledge.
- Miller, L., Longo, M. & Saygin, A. (2019). Tool Use Modulates Somatosensory Cortical Processing in Humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 31(12), 1782–1795.
- Moore, C. & Schady W. (2000). Investigation of the functional correlates of reorganization within the human somatosensory cortex. *Brain*, 123(9), pp.1883–1895.
- Nagel, T. (1974). What is it like to be a bat?. *The philosophical review*. 83(4). Pp. 435-450.
- O’Connell, S. (1995). Empathy in chimpanzees: Evidence for theory of mind?. *Primates*, 36(3), pp.397-410.
- Olivé, L. (2011). Interdisciplina y transdisciplina desde la filosofía. *Ludus Vitalis*. 19 (35), 251-256.
- O’Regan, J. & Noë, A. (2001). A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(5), 939–973.
- Peck, T., Seinfeld, S., Aglioti, S. & Slater, M. (2013). Putting yourself in the skin of a black avatar reduces implicit racial bias. *Consciousness and Cognition*, 22(3), 779–787.
- Pitron, V., Alsmith, A. & de Vignemont, F. (2018). How do the body schema and the body image interact? *Consciousness and Cognition*, 65, 352–358.
- Pitron, V. & de Vignemont, F. (2017). Beyond differences between the body schema and the body image: insights from body hallucinations. *Consciousness and Cognition*. 53. 115-121.
- Preester, H. & Tsakiris, M. (2009). Body-extension versus body-incorporation: Is there a need for a body-model? *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 8(3), 307-319.

- Reinhard, R., Shah, K., Faust-Christmann, C. & Lachmann, T. (2019). Acting your avatar's age: effects of virtual reality avatar embodiment on real life walking speed. *Media Psychology*, 23(2), 293–315.
- Rollin, B. (2017). *The Unheeded Cry: Animal Consciousness, Animal Pain, and Science* (Volume 1) (Second Edition, 2nd ed.). Missouri, USA: University of Missouri.
- Saleh, S., Fluett, G., Qiu, Q., Merians, A., Adamovich, S. & Tunik, E. (2017). Neural Patterns of Reorganization after Intensive Robot-Assisted Virtual Reality Therapy and Repetitive Task Practice in Patients with Chronic Stroke. *Frontiers in Neurology*, 8, 1–18.
- Saraiji, M. H. D. Y., Sasaki, T., Kunze, K., Minamizawa, K., & Inami, M. (2018). MetaArms. *The 31st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology - UIST '18*, 65–74.
- Sato, Y., Kawase, T., Takano, K., Spence, C., & Kansaku, K. (2017). Incorporation of prosthetic limbs into the body representation of amputees: Evidence from the crossed hands temporal order illusion. *Progress in Brain Research*, 225–241.
- Schwoebel, J., Friedman, R., Duda, N. & Coslett, H. (2001). Pain and the body schema. Evidence for peripheral effects on mental representations of movement. *Brain: a journal of neurology*, 124. 2098-104.
- Searle, J. (1980). Minds, brains, and programs. *Behavioral and Brain Sciences*, 3(3), 417-424.
- Searle, J. (1997). *The Mystery of Consciousness* (1st ed.). New York, USA: The New York Review of Books.
- Shokur, S., O'Doherty, J., Winans, J., Bleuler, H., Lebedev, M. & Nicolelis, M. (2013). Expanding the primate body schema in sensorimotor cortex by virtual touches of an avatar. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(37), 15121–15126.
- Simon-Dack, S., Cummings, S., Reetz, D., Alvarez-Vazquez, E., Gu, H., & Teder-Sälejärvi, W. (2009). “Touched” by Light: Event-Related Potentials (ERPs) to Visuo-Haptic Stimuli in Peri-Personal Space. *Brain Topography*, 21(3–4), 261–268.
- Singer, P. (1975). *Animal liberation: A new ethics for our treatment of animals*. New York: New York Review.
- Steptoe, W., Steed, A. & Slater, M. (2013). Human Tails: Ownership and Control of Extended Humanoid Avatars. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(4), 583–590.
- Suarez, S. & Gallup, G. (1981). Self-recognition in chimpanzees and orangutans, but not gorillas. *Journal of Human Evolution*, 10(2), pp.175-188.
- Sun, Y. & Tang, R. (2019). Tool-Use Training Induces Changes of the Body Schema in the Limb Without Using Tool. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13.
- Suzuki, S. (2018). Detection of the Body Schema Modification Induced by a Visual-Proprioceptive Mismatch. *IEEE*, 4263-4268.

- Ujitoko, Y. & Hirota, K. (2014). Interpretation of Tactile Sensation using an Anthropomorphic Finger Motion Interface to Operate a Virtual Avatar. *ArXiv*, abs/1902.07403.
- Vourvopoulos, A. & Bermúdez i Badia, S. (2016). Motor priming in virtual reality can augment motor-imagery training efficacy in restorative brain-computer interaction: a within-subject analysis. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 13(1), 1–13.
- Washington, E., & Williams, A. (2014). An exploratory phenomenological study exploring the experiences of people with systemic disease who have undergone lower limb amputation and its impact on their psychological well-being. *Prosthetics and Orthotics International*, 40(1), 44–50.
- Wechsler, B. (2019). Three Levels of Consciousness: A Pattern in Phylogeny and Human Ontogeny. *International Journal of Comparative Psychology*, 32.
- Weiskrantz, L. (1995). The problem of animal consciousness in relation to neuropsychology. *Behavioural Brain Research*, 71(1–2), 171–175.
- Wilson, M. (2006). Covert Imitation: How the Body Schema Acts as a Prediction Device. In G. Knoblich, I. M. Thornton, M. Grosjean, & M. Shiffrar (Eds.), *Advances in visual cognition. Human body perception from the inside out: Advances in visual cognition*. Oxford University Press.
- Xiao, X., Lin, Q., Lo, W. L., Mao, Y. R., Shi, X. C., Cates, R. & Li, L. (2017). Cerebral Reorganization in Subacute Stroke Survivors after Virtual Reality-Based Training: A Preliminary Study. *Behavioural Neurology*, 2017, 1–8.
- Yee, N. & Bailenson, J. (2007). The Proteus Effect: The Effect of Transformed Self-Representation on Behavior. *Human Communication Research*, 33(3), 271-290.
- Yee, N., Bailenson, J. & Ducheneaut, N. (2009). The Proteus Effect. *Human Communication Research*, 36(2), 285–312.