



REVISIÓN SOBRE LA EVIDENCIA PSICOLÓGICA Y NEURONAL DE LA TEORÍA DEL VALLE INQUIETANTE

MIGUEL CASAS ARIAS¹

Universidad Complutense de Madrid, España

PALABRAS CLAVE

*Valle Inquietante
Respuesta emocional
Neuroimagen
Percepción
Rostro humano
Inteligencia artificial*

RESUMEN

El artículo revisa la evidencia psicológica y neuronal sobre la teoría del Valle Inquietante propuesta por Masahiro Mori en 1970. Esta teoría sugiere que la afinidad hacia los robots aumenta con su realismo hasta cierto punto, donde la respuesta emocional se vuelve negativa. Estudios basados en neuroimagen confirman que este fenómeno surge de conflictos en el procesamiento cerebral de la percepción. El avance en tecnologías ha permitido crear robots y personajes animados más realistas, redefiniendo nuestra relación con la tecnología. El estudio se enfoca en la importancia del rostro humano como estímulo clave en la identificación social, un tema relevante ante el desarrollo de la inteligencia artificial generativa de imágenes, que requiere mayor precisión en la captura de características humanas. La forma en que manejemos este fenómeno influirá en el futuro de nuestra relación con la tecnología.

Recibido: 19 / 04 / 2025

Aceptado: 22 / 07 / 2025

1. Introducción

El interés humano en crear réplicas de sí mismo se remonta a antiguas manifestaciones culturales, reflejando una fascinación profunda por la animación de lo inanimado y la creación de simulaciones de la forma humana y de su comportamiento.

En la era moderna, la sociedad predominantemente cosmopolita está cada vez más expuesta a imágenes de avatares y entes artificiales que imitan a los humanos. Estas imágenes generadas digitalmente y actualmente además con Inteligencia Artificial comienzan a reemplazar fotografías, videos y personas reales debido a una mayor flexibilidad y control sobre los estímulos que intencionadamente se quieran transmitir por parte del emisor (de Borst & de Gelder, 2015).

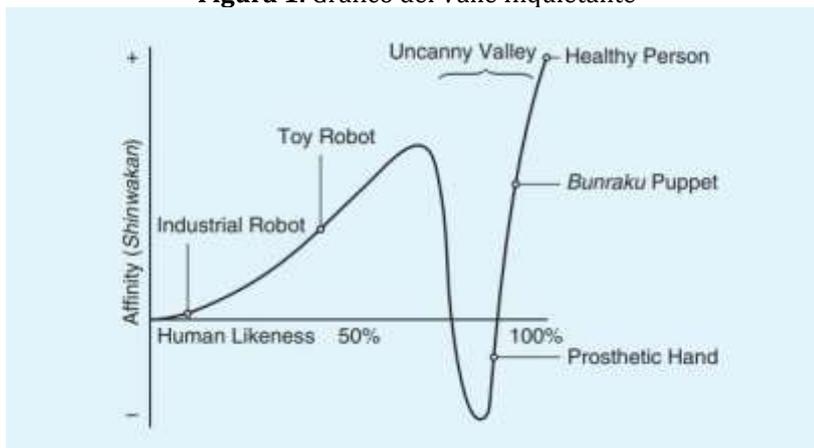
El uso futuro de estas tecnologías suplantando la comunicación entre humanos reales promete una transformación significativa en diversos sectores, empezando por el diseño de personajes virtuales para mejorar estas interacciones entre usuarios y ordenadores. Igualmente, se están revolucionando las posibilidades de aplicación en la informática afectiva, la atención sanitaria, y la investigación de mercado (Khare et al., 2024), y se está redefiniendo nuestra relación con la tecnología en contextos tanto personales como profesionales (Chen et al., 2024).

En el presente estudio se analizará cómo los estímulos provocados por los rostros de personajes artificiales nos pueden resultar agradables o desagradables dependiendo de su grado de realismo y sus condicionantes asociados. Esta dualidad es la base del fenómeno llamado Valle Inquietante (VI), en inglés Uncanny Valley, donde las respuestas emocionales hacia entidades artificiales pueden cambiar drásticamente conforme aumenta su semejanza con los humanos.

Esta teoría fue concebida por Masahiro Mori en 1970, un ingeniero y profesor japonés que introdujo la idea de que la afinidad emocional de los seres humanos hacia los robots aumenta asociada con el realismo humano que estéticamente ofrezcan estos robots, hasta que, en un punto crítico cercano a la indistinguibilidad, la respuesta emocional se torna repentina y marcadamente negativa. Este fenómeno, visualizado como un valle en un gráfico de respuesta emocional, sugiere que pequeñas imperfecciones en una apariencia casi humana pueden provocar una sensación de extrañeza o incluso repulsión (Vaitonytė et al., 2023).

Mori utilizó un gráfico para explicar su hipótesis (Figura 1). La abscisa del gráfico representa el grado de realismo de la apariencia humana de objetos. Por ejemplo, androides que son indistinguibles de humanos naturales estarían mapeados en el extremo derecho del eje de abscisas. La ordenada representa la impresión que los observadores humanos tienen de los objetos de apariencia humana. El rango positivo de la ordenada corresponde a impresiones cómodas (o agradables), y el rango negativo corresponde a impresiones incómodas (o desagradables) (Mori et al., 2012).

Figura 1. Gráfico del Valle Inquietante



Mori, M. (1970). Bukimi no tani [The uncanny valley]. *Energy*, 7, 33.

Mori nunca demostró esta teoría de una manera empírica. Sin embargo, su planteamiento ha sido influyente.

Aunque Mori se centró en robots y otros dispositivos mecánicos, la hipótesis era lo suficientemente general como para incorporar también otros dominios como las imágenes de estilo realista generadas digitalmente. Ha sido sobre todo en las últimas dos décadas donde las tecnologías de animación por

ordenador han experimentado rápidos avances. No es sorprendente que la hipótesis del VI haya sido adoptada para explicar el escaso éxito comercial de algunas películas animadas (Geller, 2008) o de videojuegos (Parra Pennefather, 2023) por la apariencia humana pero ligeramente extraña de sus personajes.

Desde su propuesta inicial, la teoría del VI ha sido explorada por diversas disciplinas. Las investigaciones más recientes han utilizado técnicas avanzadas como la neuroimagen para examinar las bases neuronales de la percepción de estos agentes aparentemente humanos y sus efectos en la psique (Saygin et al., 2010). Uno de los objetivos principales presentes y futuros para la creación de robots, imágenes y avatares artificiales es asistir a las personas en situaciones de la vida real. Para que esta ayuda sea efectiva, es crucial que las personas desarrollen una actitud positiva hacia estas creaciones. Una forma de lograrlo es generar empatía mediante el diseño con apariencia humana (Sasaki et al., 2017).

Diversos estudios han empleado combinaciones de técnicas conductuales y neurocientíficas (Cheetham & Jancke, 2013). En este trabajo se busca integrar los hallazgos de estudios neuronales y psicológicos, tanto por separado como combinados, para investigar las bases neuronales de la percepción de agentes humanos y artificiales en relación con el VI.

2. Objetivos

La principal motivación de este trabajo es mejorar la comprensión sobre el proceso perceptivo relacionado con la teoría del VI y en general de los rostros humanos para determinar el efecto de un rostro generado por ordenador en una audiencia. No sólo se busca enriquecer la comprensión teórica del VI, sino también a través de ella, explorar su aplicabilidad práctica en el diseño de tecnologías que interactúen de manera cercana con humanos. Encontrar el punto donde la representación humana provoque aceptación social, puede ser la clave para su éxito funcional (Cheetham et al., 2011; Saygin et al., 2012).

3. Justificación

El estudio sobre la biología de la emoción es un campo relativamente nuevo en la ciencia del cerebro; hasta la aparición de las técnicas de neuroimagen, las experiencias emocionales solo se habían estudiado psicológicamente. Las señales cerebrales reflejan la actividad neurofisiológica que tiene lugar durante los procesos cognitivos y brindan una base sólida y confiable para la investigación detallada de los procesos emocionales relacionados con el reconocimiento facial (Bagdasarian et al., 2020; Cha et al., 2015; Mustafa & Magnor, 2016). Este parece ser el primer paso para una gran integración de las nuevas tecnologías enfocadas en interactuar con los seres humanos en un futuro.

Los hallazgos del estudio tienen implicaciones para los diseñadores de personajes, medios de comunicación en general, servicios sociales, cine y videojuegos. Comprender cómo funciona neuronalmente la percepción de realismo y las respuestas emocionales puede ayudar a diseñar personajes que eviten el efecto del VI y en su lugar fomenten una conexión más profunda y empática con los usuarios.

4. Metodología

Se buscaron artículos que abordan el VI frente a la exposición de estímulos visuales utilizando las técnicas de neuroimagen más comunes: la electroencefalografía (EEG) y la resonancia magnética funcional (fMRI). Se realizó el modelo de búsqueda en tres bases de datos: principalmente Scopus y Web of Science, y Google Scholar para completar el marco teórico. Seleccionamos estas bases de datos porque incluyen una extensa literatura científica que cubre las áreas de neurociencia, psicología, ingeniería y tecnología. Las palabras clave utilizadas en las bases de datos fueron: «Uncanny Valley», «Images», «Image», «EEG», «Fmri», «neuroscience», «neural», «neuro» y «brain», con la siguiente sintaxis:

Uncanny Valley AND (Images OR Image) AND (EEG OR Fmri OR Neuroscience OR Neural OR Neuro OR Brain).

Los artículos publicados entre 2005 y marzo de 2024 que se identificaron mediante las palabras clave fueron en Scopus (n=13), Web of Science (n=21). Los criterios de inclusión han seleccionado artículos que abordan el VI utilizando métodos psicológicos y de neuroimagen con estímulos de agentes

artificiales (rostros, robots y avatares generados por ordenador). Tras cribar los artículos repetidos en ambas bases de datos (n=9) han sido añadidas otras investigaciones encontradas en Google Scholar (n=9). El total de artículos seleccionados es de 34.

5. Síntesis de resultados

Tabla 1. Comparación de la Activación Cerebral ante Rostros Reales y Rostros Generados por Inteligencia Artificial y resultados sobre la teoría del Valle Inquietante.

ARTÍCULO	MÉTODO DE ESTUDIO	TIPO DE ESTÍMULO Y METODOLOGÍA	TAREA CONDUCTUAL o NEURONAL	U.V.	RESULTADOS RELEVANTES
(Mori M. Energy, 7(4), pp.33 -35 1970)	Teórico	Contacto con Robots	Respuesta emocional	✓	Análisis sobre la importancia del diseño de robots y prótesis de cara al futuro.
(Cavanagh, 2005)	Teórico/Psicológico	Observación de Obras de Arte	Aspectos fundamentales de la percepción.	X	Perspectivas para abordar científicamente la percepción humana a través del arte.
(Macgillivray, 2007)	Teórico/Psicológico	Estímulo audiovisual dinámico: animaciones	Percepción psicofísica del movimiento: desde lo abstracto a lo realista	✓	Análisis de cómo los espectadores procesan las imágenes y cómo el movimiento puede afectar a la calidad de las animaciones.
(Seyama & Nagayama, 2009)	Psicológico con técnicas de seguimiento ocular	Estímulo visual estático: imágenes de rostros	Análisis experimental psicológico sobre el tamaño de los ojos utilizando un procedimiento de Estimación de Probabilidad Eficiente.	✓	El VI podría reflejar que los rostros artificiales son procesados ineficientemente por mecanismos perceptuales que sin embargo, son comunes con el procesamiento de rostros reales.
(Saygin et al., 2010)	Neuroimagen: fMRI	Estímulo visual dinámico: videos con movimientos corporales	Análisis de adaptación neuronal	✓	El fenómeno del VI podría originarse en conflictos de procesamiento dentro del sistema cerebral de percepción de la acción.
(Mones & Friedman, 2011)	Teórico/Psicológico	Estímulo visual estático: imágenes de rostros	Respuesta emocional ante las expresiones mostradas.	✓	Las alteraciones faciales estilizadas son percibidas como expresiones emocionales.
(Cheetham et al., 2011)	Conductual/ Neuroimagen	Estímulo visual estático: imágenes de rostros	Respuesta a la percepción categórica	✓	El reconocimiento de caras artificiales como humanas actúa bajo mecanismos comunes procesados de manera deficiente.

Revisión sobre la evidencia psicológica y neuronal de la teoría del Valle Inquietante

(Ghazanfar & Shepherd, 2011)	Técnicas de seguimiento ocular en monos	Estímulo audiovisual dinámico: clips de películas	Mediciones de la fijación de la mirada en áreas específicas de la pantalla y comparación de los patrones de mirada entre diferentes individuos y especies	✓	Los hallazgos sugieren diferencias cruciales en cómo diferentes especies procesan y responden a las escenas visuales, especialmente en términos de atención conjunta y comprensión narrativa.
(Saygin et al., 2012)	Neuroimagen: fMRI	Estímulo visual dinámico: videos con movimientos corporales	Percepción psicofísica del movimiento: discrepancias entre la apariencia del agente y sus movimientos	✓	Para analizar estas discrepancias se involucran principalmente áreas temporales, premotor frontal y ventral inferior del cerebro
(Cheetham & Jancke, 2013)	Teórico/Psicológico	Estímulo visual estático: Proceso de morphing	Tarea de clasificación forzada	✓	La percepción de las imágenes no siempre sigue un cambio lineal a lo largo del continuo, sino que a menudo muestra un cambio abrupto cerca del punto de categorización.
(Wang & Quadflieg, 2014)	Neuroimagen: fMRI	Estímulo audiovisual dinámico: interacciones sociales reales entre humanos y entre humanos y robots	Calificación de la credibilidad, la extrañeza, la inteligencia y la capacidad emocional percibida	✓	La activación diferencial indica que los humanos podrían no aplicar la misma complejidad de inferencias sociales a los robots que a otros humanos, lo que puede contribuir al fenómeno del VI.
(Kätsyri et al., 2015)	Teórico/ Neuroimagen: fMRI	Estímulo audiovisual dinámico: imágenes de interacciones sociales entre robots y humanos	Respuesta neuronal y encuesta de clasificación sobre la inquietud y la credibilidad observadas	✓	Las interacciones humano-robot provocan sensaciones de mayor inquietud en comparación con las interacciones entre humanos, asociándose a modulaciones significativas en la actividad de la corteza prefrontal ventromedial.
(Mustafa & Magnor, 2016)	Neuroimagen: EEG	Estímulo visual estático: imágenes generadas por ordenador	Identificación de la imagen mostrada para enfocar su atención, los resultados de esta identificación no se utilizaron en el análisis	✓	Los resultados indican que es posible diferenciar las categorías faciales basándose en la respuesta neural y sugieren que la percepción del realismo facial influye significativamente en las etapas tempranas y tardías del procesamiento neural.

(Schindler et al., 2017)	Neuroimagen: EEG	Estímulo audiovisual dinámico: fotografías reales y representaciones estilizadas para simular distintos estilos de películas de animación	Observación de las imágenes presentadas	✓	Las diferencias en la localización de la actividad cerebral sugieren distintos modos de procesamiento: un análisis más estructural para caras estilizadas y un procesamiento más holístico para caras realistas.
(Sasaki et al., 2017)	Teórico/Psicológico	Estímulo visual estático: proceso de morphing en rostros	Calificar la «extrañeza» percibida y la confianza en la categorización de las imágenes	✓	Los hallazgos indican que la aversión a la novedad puede ser un factor importante en la percepción de la «extrañeza» en el VI, especialmente para objetos que son difíciles de categorizar.
(Seymour et al., 2017)	Teórico/Psicológico	Estímulo visual estático: imágenes de rostros.	Los participantes realizan una tarea de planificación de vacaciones en Londres con la ayuda del asistente computacional (avatar)	✓	La interactividad puede mitigar el efecto del VI, haciendo que los avatares que inicialmente parecían inquietantes sean más aceptables cuando se interactúa con ellos en tiempo real.
(Urgen et al., 2018)	Neuroimagen: EEG y fMRI	Estímulo visual estático y dinámico	Observación de las imágenes presentadas	✓	Los resultados respaldan la teoría de la violación de predicciones como un mecanismo subyacente del VI, sugiriendo que los procesos que rigen la percepción de otros individuos en nuestro entorno son inherentemente predictivos.
(Reuten et al., 2018)	Neuropsicológico con fMRI y técnicas de seguimiento ocular	Estímulo visual estático: imágenes de rostros	Observación de las imágenes presentadas y evaluación subjetiva sobre la apariencia de las caras	✓	Las respuestas sobre las reacciones fisiológicas sugieren que las emociones de los robots son procesadas como emociones humanas.

Revisión sobre la evidencia psicológica y neuronal de la teoría del Valle Inquietante

(Rosenthal-Von der Pütten et al., 2019)	Neuroimagen: fMRI	Estímulo visual estático: imágenes de rostros	Calificación de los estímulos en términos de simpatía, familiaridad y semejanza humana	✓	Las diferentes áreas del cerebro responden de manera diferencial a los estímulos humanos y artificiales, influenciando en la simpatía, el parecido humano y las decisiones de los participantes. La corteza prefrontal mostró actividad reflejando las evaluaciones de agradabilidad y semejanza humana, sugiriendo su papel en la reacción del VI.
(J. Chen et al., 2020)	Psicológico con técnicas de seguimiento ocular y Neuroimagen: EEG	Estímulo visual estático: rostros humanos y robóticos con diferentes grados de realismo y expresiones emocionales	Realizar juicios sobre la expresión emocional mostrada en las imágenes	✓	Los rostros robóticos con un alto grado de realismo provocaron mayores respuestas de aversión y activaron áreas cerebrales relacionadas con la detección de errores y la evaluación de amenazas potenciales.
(Milena T. Bagdasarian et al., 2020)	Neuroimagen: EEG	Estímulo visual estático: rostros estilizados con diferentes niveles de realismo, incluyendo diferentes expresiones emocionales	Calificación de las imágenes en términos de su atractivo, nivel de confort, realismo y familiaridad	✓	Las evaluaciones subjetivas de realismo en rostros estilizados están estrechamente relacionadas con las respuestas neuronales medibles.
(Wilson et al., 2020)	Psicológico, técnicas de seguimiento ocular.	Estímulo visual estático: Imágenes de cabezas de macacos reales y virtuales	Los macacos no realizaron una tarea conductual explícita	X	Los resultados indican que los macacos mostraron una atención visual similar hacia las imágenes virtuales, sin evidencia del efecto del VI.
(Ladwig et al., 2020)	Utilización de Inteligencia Artificial para la reconstrucción de rostros en tiempo real en aplicaciones de telepresencia y transmisión en vivo	Estímulo visual dinámico	Una Inteligencia artificial reconstruye y mejora transmisiones 3D de expresiones faciales	✓	El sistema propuesto mejoró la calidad de las imágenes generadas en comparación con sistemas anteriores. A pesar de esto, la presencia de artefactos puede todavía provocar la sensación del VI
(Petrova, 2021)	Teórico/filosófico	—	—	✓	Debido a los avances tecnológicos esperados, la perspectiva sobre la sociedad de la información ha cambiado a un pesimismo humanitario

(Ota & Nakano, 2021)	Psicológico con Neuroimagen fMRI	Estímulo visual estático: imágenes faciales, tanto de los participantes (autorretratos) como de otras mujeres desconocidas.	Evaluación de la atraktividad de las imágenes faciales.	✓	La actividad en el núcleo accumbens estaba positivamente correlacionada con la atraktividad facial, mientras que la actividad en la amígdala mostraba una correlación negativa. Las áreas frontotemporales y de la línea media cortical mostraron mayor activación para las propias caras que para las caras de otros, pero dicha activación relacionada con uno mismo estaba ausente cuando las caras estaban extremadamente retocadas
(Vaitonytė et al, 2023) Scoping review	Revisión Bibliográfica	—	—	X	—
(Sarigul & Urgen, 2023)	Psicológico con Neuroimagen fMRI	Estímulo audiovisual estático: agentes: imágenes de humanos, robots con apariencia humana y Robots con apariencia mecánica y estímulos auditivos de una voz humana y una voz sintética robótica	Tarea de respuesta rápida donde tenían que presionar una tecla en respuesta a estímulos presentados, entre congruentes o incongruentes	—	Los resultados sugieren que la congruencia entre las señales visuales y auditivas facilita la percepción y la respuesta de los participantes, y que las señales visuales humanas son procesadas más rápidamente que las señales no humanas.
(Parra Pennefather, 2023)	Teórico	Estímulo audiovisual dinámico: Imágenes generadas por Inteligencia Artificial, y contenido multimedia de robots humanoides y muñecos ventrílocuos	—	✓	Los resultados indican que el VI es un fenómeno persistente y relevante en la interacción con tecnologías avanzadas, arte generativo y muñecos ventrílocuos.
(Igaue & Hayashi, 2023)	Técnicas psicológicas y de inteligencia artificial, específicamente utilizando una red neuronal artificial llamada CLIP (Contrastive Language-Image Pre-training)	Estímulo visual estático: Proceso de morphing	Los participantes no realizaron tareas conductuales. En cambio, el estudio utilizó la red neuronal CLIP para evaluar cómo las imágenes manipuladas se corresponden con palabras y adjetivos relacionados con el VI	✓	Los resultados mostraron que el índice de extrañeza era más alto en el punto medio del continuo de morphing, donde los conflictos de las señales visuales eran máximos. Las técnicas de inteligencia artificial proporcionan una nueva perspectiva en la comprensión del efecto del VI.

(Yashin, 2023)	Teórico	—	—	✓	Una interfaz cerebro-ordenador que se acerque al tiempo de reacción del control motor humano pero con ligeras deficiencias en precisión, podría ser percibida como menos efectiva y más perturbadora para el usuario.
(Y. Chen et al., 2024)	Neuroimagen: EEG	Estímulo visual estático: rostros con diferentes niveles de realismo	Observación de las imágenes presentadas	✓	Las imágenes con niveles intermedios de realismo son percibidas como menos naturales y provocan respuestas neuronales menos pronunciadas.
(Ito et al., 2024)	Teórico/Psicológico	Estímulo visual estático: rostros reales de robots y humanos con variaciones de niveles de detalle	Calificación del grado de humanidad percibida y sensaciones inquietantes	✓	Las imágenes con variaciones de detalle pueden ser percibidas como más humanas que las imágenes intactas aunque tengan menor nivel de realismo. Por otro lado, los rostros sin variaciones de robots que parecían ligeramente humanos tendían a evocar fuertes sensaciones inquietantes.
(Diel & Lewis, 2024)	Teórico/Psicológico	Estímulo visual estático con distorsión: caras reales, caras de dibujos animados, caras generadas por ordenador y caras de robots	Calificación del grado de realismo	✓	La sensibilidad a las distorsiones en estímulos más realistas aumenta la sensación de inquietud.

Fuente: Resultados obtenidos de la revisión bibliográfica realizada en el presente estudio, 2025.

6. Causas que provocan el fenómeno del Valle Inquietante

En este apartado se estructuran las hipótesis identificadas en esta investigación como causantes del VI, y se ofrece una visión integral de los factores que contribuyen a esta compleja respuesta emocional asociados al realismo de un personaje artificial, analizando cómo interactúan entre sí.

6.1. La familiaridad de los rostros

Este es un elemento que juega un papel importante en la percepción y el reconocimiento facial. Cuando nos enfrentamos a un rostro desconocido, es posible que se desencadene una respuesta de neofobia (Seyama & Nagayama, 2009). Este temor o rechazo hacia lo nuevo o desconocido puede formar parte del fenómeno del VI.

6.2. Características atípicas y violación de las expectativas

Esta hipótesis sugiere que el efecto del VI podría deberse a una discrepancia entre las características humanas y artificiales de un ente (Chen et al., 2020; Sarigul & Urgen, 2023; Urgen et al., 2018). Por ejemplo, un rostro humano que se acompaña de una voz robótica puede crear una sensación de incongruencia, provocando incomodidad en el observador.

6.3. Desajuste perceptivo y conflicto en la categorización

Esta hipótesis propone que cuando los observadores se enfrentan a estímulos que se sitúan en la frontera entre lo humano y lo no humano, experimentan una ambigüedad perceptiva que genera incertidumbre y malestar (Chen et al., 2020; Igaue & Hayashi, 2023; Kätsyri et al., 2015). La incapacidad para discernir claramente y categorizar de una manera adecuada a estos entes artificiales dificulta la formación de una respuesta emocional coherente, lo que a su vez provoca una reacción de rechazo.

6.4. Evitación de peligro

La modulación de la curva del VI es más pronunciada para las expresiones de enojo, lo que sugiere que las características amenazantes capturan más atención, posiblemente debido a mecanismos evolutivos de supervivencia (Schindler et al., 2017). Esta hipótesis también plantea que los humanos desarrollaron una respuesta de rechazo hacia otros humanos que parecían enfermos, activando un mecanismo de evitación de patógenos (Ghazanfar & Shepherd, 2011; Igaue & Hayashi, 2023).

6.5. Temor a los avances tecnológicos

La perspectiva sobre la sociedad de la información evoluciona con un creciente temor asociado a los avances descontrolados de las nuevas tecnologías. Este temor provoca rechazo en parte de la población hacia la creciente inmersión y dependencia de la tecnología (Petrova, 2021). Esta resistencia puede influir en la percepción negativa de los agentes artificiales y su integración en diversos contextos de la vida cotidiana.

6.7. Percepción mental

Actualmente los agentes artificiales pueden llegar a ser tan realistas que los humanos tienden a atribuirles una mente (Vaitonytė et al., 2023). Esto implica que los seres artificiales resultan desconcertantes porque nos incitan a percibir una mente en ellos (Kätsyri et al., 2015), esto a pesar de que, hoy en día, los ordenadores no presentan un comportamiento verdaderamente inteligente, o al menos no lo hacen de una manera totalmente convincente. Esta atribución de mente a entidades artificiales puede generar expectativas y reacciones emocionales complejas y negativas, contribuyendo al fenómeno del VI.

7. Análisis y discusión sobre la expresión psicológica y neuronal del VI

La capacidad humana de reconocer e interpretar la expresión facial es una de nuestras habilidades perceptivas más sofisticadas e innatas (Mones & Friedman, 2011). Esta capacidad funciona como una compleja red cerebral fundamental en el ser humano que utiliza áreas del cerebro activas durante las tareas de planificación e interpretación para percibir las acciones de los demás (Vaitonytė et al., 2023). En concreto, las áreas del cerebro implicadas en el reconocimiento facial incluyen el área occipital (para procesar la información visual), el giro fusiforme (área especializada en la identificación de rostros) y las áreas selectivas del lóbulo temporal anterior (área que contribuye a la comprensión del contexto social y emocional de las caras) (Duchaine & Yovel, 2015).

El concepto de la apariencia de humanidad en personajes artificiales varía considerablemente según la interpretación de cada individuo (Kätsyri et al., 2015). La compleja relación entre el realismo de un rostro y la emoción que expresa puede influir desde las primeras etapas del procesamiento visual y cognitivo (Schindler et al., 2017). Frente al desafío de un futuro cercano donde una de nuestras acciones innovadoras será la relación directa con entes virtuales e imágenes creadas por inteligencia artificial, será necesario que nuestra adaptación se produzca con la mayor naturalidad posible.

Aunque en el ámbito de la robótica aún quedan avances por realizar, el uso de la inteligencia artificial generativa para crear imágenes completamente realistas ya es una realidad en el presente.

Para resolver estas cuestiones, es esencial entender el fenómeno del VI. Masahiro Mori, el creador de esta teoría, sugiere que, para evitar el VI, los diseñadores deberían apuntar al primer pico de la gráfica (Mori et al., 2012). Esto significa optar por un diseño menos parecido a los humanos para mantener una alta familiaridad, en lugar de arriesgarse a caer en el valle inquietante al intentar una imitación perfecta. Sin embargo, desde hace décadas, la tendencia de los desarrolladores de gráficos ha estado impulsada

por el deseo de crear personajes tan humanos que puedan actuar como actores, intentando realizar recreaciones cada vez más realistas, con mayor o menor éxito.

En los siguientes subapartados se analizará el proceso por el que se perciben los rostros artificiales en un espectro de semejanza humana en el contexto del VI. Este estudio psicológico, fundamentado en principios neurocientíficos, es abordado por los investigadores desde diversas perspectivas. La revisión integrará los múltiples enfoques empleados en los artículos analizados para proporcionar una comprensión más profunda del fenómeno.

7.1 El Reconocimiento Facial Especializado

De la revisión realizada extraemos que los estudios de EEG han demostrado consistentemente que la percepción visual de un rostro genera un potencial evocado temprano, con una latencia de aproximadamente 170 milisegundos, conocido como N170. Se trata de un marcador neural clave en el reconocimiento facial (Bagdasarian et al., 2020; Kuang et al., 2021; Mustafa & Magnor, 2016; Proverbio et al., 2019; Schindler et al., 2017).

Tras un estudio de magnetoencefalografía, se reveló que los rostros artificiales evocan respuestas equivalentes a los rostros naturales en términos de localización de la actividad cerebral, activando el giro fusiforme, la región crucial para el reconocimiento de caras (Seyama & Nagayama, 2009).

7.2. Los rostros reales y artificiales presentan similitudes neuronales en el proceso de la percepción

En un estudio de EEG, se usaron estímulos visuales con imágenes de objetos con apariencia de rostro, pero que no guardaban relación con rostros humanos, como un enchufe. Los resultados de este estudio sugieren que los objetos artificiales que presentan características similares a rostros son inicialmente percibidos como rostros durante una etapa temprana del procesamiento visual. Esto ocurre en lugar de ser identificados primero como objetos generales y posteriormente reinterpretados cognitivamente como rostros en etapas más avanzadas (Seyama & Nagayama, 2009). Vemos que, en el proceso de la percepción de un rostro, el cerebro prioriza el análisis de las características esenciales del estímulo visual en lugar de su apariencia detallada. Por ejemplo, los personajes icónicos pueden ser dibujados utilizando formas básicas y con un mínimo de detalle, pero aun así resultan fácilmente reconocibles (Macgillivray, 2007).

En un experimento que midió la variación del tamaño de la pupila, se encontró que las emociones de los robots son procesadas de manera similar a las emociones humanas (Reuten et al., 2018). Los resultados mostraron que las dilataciones pupilares fueron comparables cuando los participantes se enfrentaron a estímulos emocionales presentados tanto por robots como por humanos. Esto indica que, a nivel fisiológico, los participantes respondieron de manera similar a ambos tipos de estímulos. Estos hallazgos sugieren que el cerebro humano ha desarrollado estrategias parecidas para interpretar las emociones en los rostros independientemente de si estos son naturales o artificiales, lo cual es crucial para la interacción efectiva con tecnologías avanzadas como robots y avatares.

Otro estudio reveló que los rostros que expresan emociones fuertes, como el enojo, generan respuestas más intensas tanto para rostros realistas como abstractos, lo que también sugiere la existencia de un mecanismo común en el procesamiento emocional de los rostros para ambos casos (Schindler et al., 2017; Seyama & Nagayama, 2009).

7.3. Los rostros reales y artificiales son procesados neuronalmente por mecanismos comunes aunque con diferencias en eficiencia y adaptabilidad

Si los rostros naturales y los artificiales presentan procesos equivalentes durante la percepción, se podrían reducir las preocupaciones sobre los efectos positivos y negativos asociados a su grado de realismo, esto desencadene en el VI. Sin embargo, los hallazgos encontrados en la literatura indican que esto no es así. Los artículos revisados revelan diferencias significativas en la percepción de estímulos dependiendo de si se trata de imágenes de rostros reales o artificiales.

Específicamente, se ha encontrado que los rostros artificiales requieren un período de adaptación neuronal más prolongado en comparación con los estímulos naturales (Sarigul & Urgen, 2023; Seyama

& Nagayama, 2009). Estos resultados indican que el sistema visual humano no está optimizado para el procesamiento de estímulos artificiales, lo que puede generar un proceso de percepción ineficiente y requerir más tiempo de adaptación para alcanzar una percepción comparable a la de los estímulos reales (Seyama & Nagayama, 2009). Esta ineficiencia en el procesamiento podría explicar en parte la reacción de incomodidad que los humanos experimentan ante rostros artificiales y dar explicación al VI.

En un experimento se propuso a los participantes realizar una tarea de clasificación de una selección de imágenes clasificándolas como «humano» o «avatar». Esto ayudó a identificar el punto en el continuo donde los participantes experimentaban la máxima incertidumbre al categorizar las imágenes. Este punto es conocido como el «punto de categorización». El resultado fue que los tiempos de respuesta resultan ser más prolongados cuando los estímulos se sitúan en o cerca del límite de la categoría real o artificial (Cheetham & Jancke, 2013). Estos datos sobre la duración de la respuesta en las tareas de clasificación por elección forzada son indicativos de la dificultad cognitiva y apoya las hipótesis de los otros estudios.

Abordando el fenómeno desde otro punto de vista, otra de las diferencias en el proceso de percepción es que los rostros artificiales con apariencia real provocan respuestas neuronales de menor intensidad que los rostros reales (Rosenthal-Von der Pütten et al., 2019; Seyama & Nagayama, 2009). En este mismo sentido, otras investigaciones demuestran que las imágenes con niveles intermedios de realismo también provocan respuestas con menores patrones de amplitud (Chen et al., 2024). Una manera de explicar esta activación diferencial es que los humanos podrían no aplicar la misma complejidad de inferencias sociales a los personajes artificiales que a otros humanos, lo que puede contribuir a provocar respuestas de extrañeza frente a un estímulo de un rostro artificial que se asemeja demasiado a los humanos (Wang & Quadflieg, 2014).

Además, se han identificado diferencias neuronales significativas asociadas con el grado de familiaridad del rostro presentado al espectador. Los estudios han demostrado que los rostros conocidos activan redes neuronales de manera distinta en comparación con los desconocidos, sugiriendo un procesamiento basado en la experiencia previa (Reuten et al., 2018). En el caso de los rostros desconocidos, se observa la aparición de una respuesta de neofobia, un mecanismo defensivo que ya ha sido vinculado previamente con la aparición del VI (Seyama & Nagayama, 2009).

Otra diferenciación hallada en la literatura revisada es que el cerebro parece haber desarrollado un sistema dual para el análisis de rostros: un sistema de «malla fina» para analizar rostros realistas y un sistema de «malla gruesa» para interpretar rostros artificiales o aquellos vistos en condiciones de visualización difíciles (Mones & Friedman, 2011). El sistema de malla fina se centra en el análisis de pequeñas desviaciones de las normas faciales precisas, permitiendo la interpretación de cambios sutiles en las expresiones faciales. En contraste, el sistema de malla gruesa utiliza el reconocimiento de patrones más amplios y menos detallados, lo que simplifica el proceso de reconocimiento facial.

7.4. Diferencias de percepción para rostros reales y artificiales según la localización de la actividad neuronal en el cerebro

Los resultados pueden sintetizarse desde las siguientes perspectivas:

En el caso de un estímulo basado en un rostro artificial, pero con un realismo suficiente como para hacer pensar que se trata de un rostro real, se encontró una mayor actividad en la corteza intraparietal anterior. Esta disonancia producida por las características del estímulo se intenta resolver aumentando la actividad en esta región del cerebro, en un esfuerzo por reconciliar la discrepancia entre lo que se percibe y lo que se espera. Por otro lado, para analizar las desigualdades entre este estímulo utilizado y el real, se involucran principalmente áreas temporales, premotor frontal y ventral inferior del cerebro, que indican procesos más atencionales (Saygin et al., 2010).

En otro caso, durante la visualización de interacciones entre humanos, se observa una mayor actividad cerebral en la unión temporoparietal izquierda, la cual está asociada con la atribución de estados mentales específicos (Wang & Quadflieg, 2014). Estos resultados se relacionan con otro estudio donde esta zona mostró una relación lineal positiva con la semejanza humana (Rosenthal-Von der Pütten et al., 2019). En contraste, las interacciones entre humanos y robots activan más el precuneus y la corteza prefrontal ventromedial. Dichas interacciones están basadas en un razonamiento social que utiliza patrones de comportamiento más generales y estereotipados (Wang & Quadflieg, 2014).

Igualmente, se ha observado que, en respuesta a estímulos de rostros artificiales, la actividad cerebral en la corteza prefrontal muestra un «valle» que se correlaciona con la toma de decisiones subjetivas, lo que también sugiere una manifestación neural del VI (Chen et al., 2020; Wang & Quadflieg, 2014).

Estas diferencias en la localización de la activación neuronal podrían influir significativamente en la formación de impresiones y en la respuesta emocional de los observadores, contribuyendo a la aparición del VI (Wang & Quadflieg, 2014).

7.5. La relación entre el realismo y las evocaciones emocionales de un rostro

La literatura sugiere que independientemente del nivel de realismo facial, las expresiones emocionales modulan tanto las respuestas N170 como las EPN (Schindler et al., 2017). El componente EPN (Early Posterior Negativity) es una potencialidad evocada que aparece en el cerebro con una latencia de entre 200 y 300 ms y está asociado con la atención selectiva y el procesamiento de estímulos emocionales. Es destacable que el grado de realismo utilizado para la representación de un rostro y las expresiones emocionales que transmite, interactúan en la respuesta N170. Esto sugiere una interacción temprana combinando el análisis estructural y la clasificación emocional, en lugar de un procesamiento dual para la identidad y la expresión. Este dato es interesante y para considerar al plantear futuros estudios y el diseño de personajes artificiales.

En un experimento, se seleccionaron imágenes de rostros con diferentes niveles de realismo, desde estilos caricaturescos hasta imágenes que imitan la apariencia de fotografías reales. Se manipuló cada imagen para mostrar diferentes expresiones emocionales, y esto permitió evaluar cómo la percepción de realismo podría estar influenciada por el contexto emocional de un rostro. Los resultados demuestran que los rostros con expresiones emocionales positivas son percibidos como más realistas y atractivos.

Además, como ya se ha citado anteriormente, los rostros que expresan emociones intensas o agresivas como el enojo, provocan respuestas neuronales significativamente más intensas en comparación con aquellos que muestran expresiones emocionales intermedias (Schindler et al., 2017; Seyama & Nagayama, 2009). Estos hallazgos muestran que la intensidad de la respuesta emocional no depende solo del realismo del rostro, sino también del tipo y la fuerza de la emoción expresada. Estas observaciones sugieren que el sistema neural es especialmente sensible a señales emocionales de alta relevancia, indicando un mecanismo adaptativo que prioriza la detección y respuesta a estímulos potencialmente amenazantes. Así, el efecto del VI podría estar influenciado en parte por las emociones expresadas en las representaciones faciales.

Abordando el fenómeno del VI desde otra perspectiva, en un estudio, se sugiere que la interactividad influye de manera independiente de la dimensión de «apariencia» y que esta puede ayudar a superar el VI (Seymour et al., 2017). A medida que las imágenes generadas por inteligencia artificial se vuelven omnipresentes, nuestra percepción de lo real y lo auténtico podría alterarse significativamente. Esta proliferación de imágenes artificiales plantea la cuestión de si seremos capaces de integrar de manera natural en nuestras vidas las violaciones a las expectativas provocadas por el uso generalizado de robots con IA (Saygin et al., 2010; Urgen et al., 2018). La capacidad de adaptación a estas nuevas realidades visuales y la aceptación de agentes artificiales dependerá de diversos factores, incluyendo la familiaridad, la interacción y la coherencia con las normas sociales existentes.

8. Conclusiones

Tras analizar los resultados de los artículos seleccionados, encontramos una amplia aceptación empírica del VI. Aunque los procedimientos varían, los resultados respaldan la idea de que el VI es un fenómeno real y medible que afecta la percepción humana de los rostros artificiales. Sin embargo, la ausencia de evidencia sugiere que el VI no se accede automáticamente a través de todo tipo de manipulaciones de semejanza humana ni por una concreta.

8.1. Divergencia en la Percepción de lo Real y lo Artificial

Aunque el cerebro procesa rostros reales y artificiales mediante mecanismos neuronales similares, las diferencias en la eficiencia y las modificaciones en los ajustes de estos procesos revelan diferencias

profundas. Los rostros artificiales, especialmente aquellos que se sitúan en un punto de categorización ambiguo, demandan un mayor esfuerzo cognitivo, generando una respuesta emocional que puede ser de rechazo. Este esfuerzo cognitivo adicional, reflejado en la necesidad de una mayor adaptación neuronal, subraya la dificultad del cerebro para reconciliar lo familiar con lo desconocido, lo humano con lo inhumano. Esto sugiere que el cerebro humano está constantemente prediciendo y ajustando su percepción del entorno basado en normas sociales y biológicas profundamente arraigadas. Cuando estas predicciones fallan, se genera una respuesta de alerta que influye en la percepción inmediata y en la forma en que los individuos se relacionan hoy con estas tecnologías.

La discusión sobre la revisión resalta la complejidad de la relación entre empatía y percepción de los agentes artificiales. La activación de áreas cerebrales relacionadas con las emociones positivas es fundamental para la aceptación de estos agentes artificiales en la vida cotidiana. Sin embargo, el VI demuestra que las sensaciones de agrado creciente frente a estos agentes artificiales similares a reales pueden socavarse fácilmente por pequeñas imperfecciones en su apariencia o comportamiento. Esta paradoja revela que la empatía no solo depende de la semejanza física, sino también de la congruencia entre la apariencia y el comportamiento.

Concluye que el diseño de robots, avatares y otras tecnologías que interactúan con humanos debe considerar el realismo estético y las expectativas cognitivas y emocionales del usuario.

Se propone que futuras investigaciones profundicen en los mecanismos neuronales específicos que subyacen al VI, con el objetivo de desarrollar estrategias de diseño más efectivas que minimicen este fenómeno y promuevan interacciones más naturales y positivas entre humanos y agentes artificiales.

8.2. El Valle Inquietante como Reflejo de la Condición Humana y sus aplicaciones futuras

El VI no es simplemente un fenómeno de rechazo estético, sino una manifestación de cómo nuestro cerebro ha sido moldeado por milenios de evolución para reconocer y responder a estímulos sociales específicos. La capacidad de identificar rostros humanos no solo se basa en la detección de rasgos faciales, sino en la interpretación inmediata y profunda de intenciones, emociones y estados mentales. Esto se conecta con nuestra supervivencia como especie social, donde la capacidad de leer señales sutiles en los rostros era crucial para la cooperación y la detección de amenazas. La comprensión de cómo el cerebro amplifica las respuestas a expresiones emocionales intensas podría tener profundas implicaciones en el estudio de los trastornos emocionales. Por tanto, el correcto diseño de tecnologías que buscan interpretar o replicar las emociones humanas podría ayudar a futuras investigaciones médicas al utilizar un sistema mejorado para interactuar de manera más efectiva y empática con los seres humanos.

Es necesario encontrar las herramientas necesarias para ayudar en el diseño de estos personajes.

9. Limitación

Los recientes avances en inteligencia artificial han abierto nuevas posibilidades, por lo que resulta de interés que los estudios futuros se centren en investigar las aplicaciones de estos sistemas en entornos reales. Hasta ahora, gran parte de la investigación se ha realizado en contextos controlados o simulados, lo que limita la comprensión de cómo se comportan estos modelos en situaciones complejas e impredecibles. A la vez, los avances en robótica señalan la necesidad de integrar progresivamente la inteligencia artificial en robots que operen en escenarios reales, y será fundamental dotar a estos sistemas de mayor interactividad y autonomía para estudiar las reacciones emocionales y empatía que producen en la comunicación con humanos.

El uso de términos subjetivos como «agradables» o «inquietantes» puede disminuir la rigurosidad científica, ya que estos conceptos se abren a interpretaciones individuales. Para mantener un enfoque más objetivo, sería recomendable evitar en la medida de lo posible los términos ambiguos, especialmente en campos que requieren precisión, como las ciencias biológicas y neuronales.

Una mejora del texto sería proporcionar definiciones precisas de las operaciones que permitan medir las emociones de forma concreta, utilizando, por ejemplo, marcadores específicos de actividad neuronal o patrones de respuesta fisiológica. Esto requeriría identificar y cuantificar las correlaciones neurobiológicas que sustentan las sensaciones subjetivas, como la activación de áreas cerebrales concretas o la liberación de neurotransmisores vinculados a emociones.

Referencias

- Bagdasarian, M. T., Hilsmann, A., Eisert, P., Curio, G., Müller, K. R., Wiegand, T., & Bosse, S. (2020, May). *EEG-based assessment of perceived realness in stylized face images*. Twelfth international Conference on Quality of multimedia experience (QoMEX) (pp. 1-4). IEEE.
- Cavanagh, P. (2005). The artist as neuroscientist. *Nature*, 434(7031), 301-307, <https://doi.org/10.1038/434301a>
- Cha, H. S., Chang, W. D., Shin, Y. S., Jang, D. P., & Im, C. H. (2015). EEG-based neurocinematics: challenges and prospects. *Brain-Computer Interfaces*, 2(4), 186-192. <https://doi.org/10.1080/2326263X.2015.1099091>
- Cheetham, M., Suter, P., & Jäncke, L. (2011). The human likeness dimension of the «uncanny valley hypothesis»: behavioral and functional MRI findings. *Frontiers in human neuroscience*, 5, 126. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00126>
- Cheetham, M., & Jancke, L. (2013). Perceptual and category processing of the uncanny valley hypothesis' dimension of human likeness: some methodological issues. *Journal of visualized experiments: JoVE*, (76), 4375. <https://doi.org/10.3791/4375>
- Chen, J., Zhang, G., Chiou, W., Laidlaw, D. H., & Auchus, A. P. (2020). Measuring the Effects of Scalar and Spherical Colormaps on Ensembles of DMRI Tubes. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 26(9), 2818–2833. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2019.2898438>
- Chen, Y., Stephani, T., Bagdasarian, M. T., Hilsmann, A., Eisert, P., Villringer, A., Bosse, S., Gaebler, M., & Nikulin, V. V. (2024). Realness of face images can be decoded from non-linear modulation of EEG responses. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56130-1>
- de Borst, A. W., & de Gelder, B. (2015). Is it the real deal? Perception of virtual characters versus humans: an affective cognitive neuroscience perspective. *Frontiers in psychology*, 6, 576. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00576>
- Diel, A., & Lewis, M. (2024). Rethinking the uncanny valley as a moderated linear function: Perceptual specialization increases the uncanniness of facial distortions. *Computers in Human Behavior*, 157, 108254. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2024.108254>
- Duchaine, B., & Yovel, G. (2015). A revised neural framework for face processing. *Annual review of vision science*, 1(1), 393-416. <https://doi.org/10.1146/annurev-vision-082114-035518>
- Geller, T. (2008). Overcoming the uncanny valley. *IEEE computer graphics and applications*, 28(4), 11-17. <https://doi.org/10.1109/MCG.2008.79>
- Ghazanfar, A. A., & Shepherd, S. V. (2011). Monkeys at the movies: what evolutionary cinematics tells us about film. *Projections*, 5(2), 1-25. <https://doi.org/10.3167/proj.2011.050202>
- Igaue, T., & Hayashi, R. (2023). Signatures of the uncanny valley effect in an artificial neural network. *Computers in Human Behavior*, 146, 107811. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2023.107811>
- Kätsyri, J., Förger, K., Mäkräinen, M., & Takala, T. (2015). A review of empirical evidence on different uncanny valley hypotheses: support for perceptual mismatch as one road to the valley of eeriness. *Frontiers in psychology*, 6, 390. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00390>
- Khare, S. K., Blanes-Vidal, V., Nadimi, E. S., & Acharya, U. R. (2024). Emotion recognition and artificial intelligence: A systematic review (2014–2023) and research recommendations. *Information fusion*, 102, 102019. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.102019>
- Kuang, B., Li, X., Li, X., Lin, M., Liu, S., & Hu, P. (2021). The effect of eye gaze direction on emotional mimicry: A multimodal study with electromyography and electroencephalography. *NeuroImage*, 226, 117604. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117604>
- Ladwig, P., Ebertowski, R., Pech, A., Dörner, R., & Geiger, C. (2023). Towards a Pipeline for Real-Time Visualization of Faces for VR-based Telepresence and Live Broadcasting Utilizing Neural Rendering., 2301.01490. <http://arxiv.org/abs/2301.01490>
- MacGillivray, C. (2007, August). How psychophysical perception of motion and image relates to animation practice. En *Computer Graphics, Imaging and Visualisation (CGIV 2007)* (pp. 81-88). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CGIV.2007.48>
- Bagdasarian, M. T., Hilsmann, A., Eisert, P., Curio, G., Müller, K. R., Wiegand, T., & Bosse, S. (2020, May). EEG-based assessment of perceived realness in stylized face images. In *2020 twelfth international Conference on Quality of multimedia experience (QoMEX)* (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/QoMEX48832.2020.9123145>

- Mones, B., & Friedman, S. (2011, March). Veering around the Uncanny Valley: Revealing the underlying structure of facial expressions. In *Face and Gesture 2011* (pp. 345-345). IEEE Computer Society. <https://doi.org/10.1109/FG.2011.5771423>
- Mori, M. (1970). Bukimi no tani [The uncanny valley]. *Energy*, 7, 33.
- Mori, M., MacDorman, K. F., & Kageki, N. (2012). The uncanny valley. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 19(2), 98-100. <https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2192811>
- Mustafa, M., & Magnor, M. (2016, December). EEG based analysis of the perception of computer-generated faces. In *Proceedings of the 13th european conference on visual media production (cvmp 2016)* (pp. 1-10). <https://doi.org/10.1145/2998559.2998563>
- Ota, C., & Nakano, T. (2021). Neural correlates of beauty retouching to enhance attractiveness of self-depictions in women. *Social Neuroscience*, 16(2), 121-133. <https://doi.org/10.1080/17470919.2021.1873178>
- Pennefather, P. P. (2023). *Creative prototyping with generative AI: Augmenting creative workflows with generative AI*. New York: Apress. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9579-3_10
- Petrova, E. (2021). The Image of the Information Society in Culture: Optimism Gives Way to Pessimism?. *Voprosy filosofii*, (8), 25-35. <https://doi.org/10.21146/0042-8744-2021-8-25-35>
- Proverbio, A. M., Vanutelli, M. E., & Viganò, S. (2019). Remembering faces: The effects of emotional valence and temporal recency. *Brain and Cognition*, 135, 103584. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.103584>
- Reuten, A., Van Dam, M., & Naber, M. (2018). Pupillary responses to robotic and human emotions: The uncanny valley and media equation confirmed. *Frontiers in psychology*, 9, 774. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00774>
- Rosenthal-Von der Pütten, A. M., Krämer, N. C., Maderwald, S., Brand, M., & Grabenhorst, F. (2019). Neural mechanisms for accepting and rejecting artificial social partners in the uncanny valley. *Journal of Neuroscience*, 39(33), 6555-6570. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2956-18.2019>
- Sadeh, B., Podlipsky, I., Zhdanov, A., & Yovel, G. (2010). Event-related potential and functional MRI measures of face-selectivity are highly correlated: a simultaneous ERP-fMRI investigation. *Human brain mapping*, 31(10), 1490-1501. <https://doi.org/10.1002/hbm.20952>
- Sarigul, B., & Urgen, B. A. (2023). Audio-visual predictive processing in the perception of humans and robots. *International Journal of Social Robotics*, 15(5), 855-865. <https://doi.org/10.1007/s12369-023-00990-6>
- Sasaki, K., Ihaya, K., & Yamada, Y. (2017). Avoidance of novelty contributes to the uncanny valley. *Frontiers in psychology*, 8, 1792. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01792>
- Saygin, A. P., Chaminade, T., & Ishiguro, H. (2010). The perception of humans and robots: Uncanny hills in parietal cortex. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 32(32).
- Saygin, A. P., Chaminade, T., Ishiguro, H., Driver, J., & Frith, C. (2012). The thing that should not be: Predictive coding and the uncanny valley in perceiving human and humanoid robot actions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(4), 413-422. <https://doi.org/10.1093/scan/nsr025>
- Schindler, S., Zell, E., Botsch, M., & Kissler, J. (2017). Differential effects of face-realism and emotion on event-related brain potentials and their implications for the uncanny valley theory. *Scientific reports*, 7(1), 45003. <https://doi.org/10.1038/srep45003>
- Seyama, J. I., & Nagayama, R. S. (2009). Probing the uncanny valley with the eye size aftereffect. Presence: *Teleoperators and Virtual Environments*, 18(5), 321-339. <https://doi.org/10.1162/pres.18.5.321>
- Seymour, M., Riemer, K., & Kay, J. (2017). Interactive realistic digital avatars-revisiting the uncanny valley, *Human-Computer Interaction: Information design utilizing behavioral, neurophysiological, and design science methods*, 50(4), 547-556. <http://hdl.handle.net/10125/41216>
- Urgen, B. A., Kutas, M., & Saygin, A. P. (2018). Uncanny valley as a window into predictive processing in the social brain. *Neuropsychologia*, 114, 181-185. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.04.027>

- Vaitonytė, J., Alimardani, M., & Louwerse, M. M. (2023). Scoping review of the neural evidence on the uncanny valley. *Computers in Human Behavior Reports*, 9, 100263. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2022.100263>
- Wang, Y., & Quadflieg, S. (2015). In our own image? Emotional and neural processing differences when observing human–human vs human–robot interactions. *Social cognitive and affective neuroscience*, 10(11), 1515-1524. <https://doi.org/10.1093/scan/nsv043>
- Wilson, V. A., Kade, C., Moeller, S., Treue, S., Kagan, I., & Fischer, J. (2020). Macaque gaze responses to the primatar: a virtual macaque head for social cognition research. *Frontiers in Psychology*, 11, 1645. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01645>
- Yashin, A. S. (2023, September). A Challenge for Bringing a BCI Closer to Motor Control: The «Interface Uncanny Valley» Hypothesis. In *2023 IEEE Ural-Siberian Conference on Computational Technologies in Cognitive Science, Genomics and Biomedicine (CSGB)* (pp. 242-247). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CSGB60362.2023.10329830>