

RESUMEN

Antecedentes: La ansiedad dental representa una de las formas más prevalentes de ansiedad en la población general, por lo que se ha recomendado la identificación de estrategias terapéuticas no invasivas que contribuyan a su reducción eficaz. En este sentido, la realidad virtual inmersiva (RVI) ha demostrado ser eficaz en la reducción de la ansiedad dental en pacientes pediátricos. Sin embargo, existe un vacío importante en el conocimiento sobre la efectividad de estas intervenciones en pacientes adultos, especialmente en contextos odontológicos de alta prevalencia como las extracciones con anestesia local, sugiriéndose la necesidad urgente de continuar con la investigación en este campo.

Objetivo: Esta investigación tuvo como objetivo analizar el impacto de la RVI sobre los niveles de ansiedad y el dolor perioperatorio en pacientes adultos sometidos a extracciones dentales con anestesia local.

Métodos: Se llevó a cabo un ensayo clínico aleatorizado y simple ciego entre septiembre de 2022 y diciembre de 2023 en una clínica dental privada de Almería. Un total de 190 pacientes con ansiedad dental fueron asignados aleatoriamente en dos grupos: un grupo de intervención, que utilizó gafas de RVI con escenas del fondo marino y sonidos relajantes durante todo el procedimiento quirúrgico, y un grupo control que recibió atención convencional sin apoyo distractor. Las variables primarias incluyeron la ansiedad, ansiedad dental y el dolor perioperatorio, evaluados mediante el inventario de Ansiedad Estado-Rasgo (STAI), la Escala de Ansiedad Dental Modificada (MDAS) y la Escala Visual Analógica (EVA), respectivamente, antes y después del procedimiento. Como variables secundarias se registraron parámetros fisiológicos, que incluyeron la frecuencia cardíaca (FC), la presión arterial sistólica (PAS) y la presión arterial diastólica (PAD) en distintos momentos del periodo perioperatorio.

Resultados: Los participantes del grupo RVI mostraron reducciones estadísticamente significativas en la ansiedad total, la ansiedad-estado y los valores de la escala MDAS en comparación con el grupo control ($p < 0.001$). La percepción del dolor también fue significativamente menor en el grupo RVI ($p = 0.03$). Además, los valores de FC, PAS y PAD fueron consistentemente más bajos en los participantes del grupo RVI a lo largo del procedimiento. Tras la administración de la anestesia, los participantes del grupo RVI presentaron reducciones estadísticamente significativas en los valores promedio de PAS y PAD en comparación con el grupo control ($p < 0.001$). En el postoperatorio, estas diferencias se mantuvieron, evidenciándose reducciones significativas en la FC ($p = 0.01$), la PAS ($p < 0.001$) y la PAD ($p < 0.001$).

Conclusión: La RVI demostró ser una herramienta eficaz para reducir significativamente los niveles de ansiedad estado, ansiedad total y ansiedad dental en adultos sometidos a extracciones dentales con anestesia local. Asimismo, se observó una disminución significativa en la percepción del dolor durante el procedimiento, así como una respuesta fisiológica más estable, reflejada en menores valores de frecuencia cardíaca y presión arterial en comparación con la atención convencional. Estos hallazgos respaldan el uso de la RVI como una intervención no farmacológica que puede integrarse fácilmente en la práctica odontológica para mejorar la experiencia del paciente.

Palabras clave: Ansiedad; ansiedad dental; dolor; extracción dental; realidad virtual.

ABSTRACT

Background: Dental anxiety is one of the most prevalent forms of anxiety in the general population, prompting the recommendation to identify non-invasive therapeutic strategies that can effectively reduce it. In this context, immersive virtual reality (IVR) has proven effective in reducing dental anxiety in pediatric patients. However, there remains a significant gap in knowledge regarding the effectiveness of such interventions in adult populations, particularly in common dental procedures such as extractions under local anesthesia. This highlights the urgent need for continued research in this area.

Objective: This study aimed to analyze the impact of IVR on anxiety levels and perioperative pain in adult patients undergoing dental extractions under local anesthesia.

Methods: A randomized, single-blind clinical trial was conducted between September 2022 and December 2023 at a private dental clinic in Almería, Spain. A total of 190 patients with dental anxiety were randomly assigned to two groups: an intervention group, which used IVR headsets displaying underwater scenes with relaxing sounds throughout the surgical procedure, and a control group that received conventional care without any distractive support. The primary outcomes included overall anxiety, dental anxiety, and perioperative pain, assessed using the State-Trait Anxiety Inventory (STAI), the Modified Dental Anxiety Scale (MDAS), and the Visual Analog Scale (VAS), respectively, both before and after the procedure. Secondary outcomes included physiological parameters such as heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), and diastolic blood pressure (DBP), recorded at various perioperative time points.

Results: Participants in the IVR group showed statistically significant reductions in total anxiety, state anxiety, and MDAS scores compared to the control group ($p < 0.001$). Pain perception was also significantly lower in the IVR group ($p = 0.03$). Furthermore, HR, SBP, and DBP values were consistently lower in the IVR group throughout the procedure. After anesthesia administration, IVR participants presented significantly lower mean SBP and DBP values compared to controls ($p < 0.001$). In the postoperative period, these differences persisted, with significant reductions in HR ($p = 0.01$), SBP ($p < 0.001$), and DBP ($p < 0.001$).

Conclusion: IVR proved to be an effective tool for significantly reducing state anxiety, overall anxiety, and dental anxiety in adults undergoing dental extractions under local anesthesia. A significant reduction in pain perception was also observed during the procedure, along with a more stable physiological response, reflected in lower heart rate and blood pressure values compared to

conventional care. These findings support the use of IVR as a non-pharmacological intervention that can be easily integrated into dental practice to enhance the patient experience.

Keywords: Anxiety; dental anxiety; pain; tooth extraction; virtual reality.

Esta Tesis Doctoral se ha desarrollado en el marco del Programa de Investigación y Transferencia de la Universidad de Almería, financiado por la “Consejería de Universidad, Investigación e Innovación de la Junta de Andalucía” a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), Programa Operativo 2021-2027. Programa: Investigación e Innovación 54.A. En resumen: PPIT-UAL, Junta de Andalucía-FEDER 2021-2027. Programa: 54.A. (referencia: *P_FORT_GRUPOS_2023/110*) y cuyo investigador principal ha sido la profesora Raquel Alarcón Rodríguez.

Parte de los resultados obtenidos en dicho trabajo han sido publicados en la siguiente revista, incluida en JCR Science Citation Index:

Martínez-Martín, V., Verdejo-Herrero, J., Romero-Del Rey, R., Garcia-Gonzalez, J., Requena-Mullor, M. D. M., & Alarcon-Rodriguez, R. (2024). The Effect of Immersive Virtual Reality on Dental Anxiety and Intraoperative Pain in Adults Undergoing Local Anesthesia: A Randomized Clinical Trial. Healthcare (Basel, Switzerland), 12(23), 2424. <https://doi.org/10.3390/healthcare12232424>

This Doctoral Thesis has been developed within the framework of the Research and Transfer Programme of the University of Almería, funded by the “Consejería de Universidad, Investigación e Innovación de la Junta de Andalucía” through the European Regional Development Fund (ERDF), Operational Programme 2021-2027. Programme: Research and Innovation 54.A. In summary: PPIT-UAL, Junta de Andalucía-ERDF 2021-2027. Programme: 54.A. (reference: *P_FORT_GRUPOS_2023/110*), with Professor Raquel Alarcón Rodríguez as the principal investigator.

Part of the results obtained in this study have been published in the following journal, indexed in the JCR Science Citation Index:

Martínez-Martín, V., Verdejo-Herrero, J., Romero-Del Rey, R., Garcia-Gonzalez, J., Requena-Mullor, M. D. M., & Alarcon-Rodriguez, R. (2024). The Effect of Immersive Virtual Reality on Dental Anxiety and Intraoperative Pain in Adults Undergoing Local Anesthesia: A Randomized Clinical Trial. Healthcare (Basel, Switzerland), 12(23), 2424. <https://doi.org/10.3390/healthcare12232424>

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar expresando mi más profundo agradecimiento a mis padres, María José y Antonio, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme, con su ejemplo, el valor del esfuerzo y la perseverancia. Sin ellos, este camino no habría sido posible. Os quiero mucho.

A mis directores de tesis, la Dra. Jessica García González y el Dr. Raúl Romero del Rey, gracias por vuestra guía, paciencia y por creer en mí desde el inicio. Jessica, gracias por tu generosidad, tu rigor científico y tu cercanía constante. Siempre te estaré agradecida por todo lo que me has enseñado, tanto en lo académico como en lo humano.

Raúl, además de ser un referente académico, eres mi compañero de vida. Gracias por acompañarme en cada paso, por compartir conmigo esta aventura profesional y personal, por tu generosidad y tu amor inquebrantable. Nuestra hija, y el pequeño que viene en camino, son el mayor recordatorio de todo lo bueno que hemos construido juntos. Eres el mejor compañero de vida que jamás hubiera podido imaginar. Por animarme a seguir creciendo y nunca soltar mi mano. Por ser mi pilar fundamental y darme aliento en los momentos más difíciles. Quien te conoce sabe que eres la definición exacta de buena persona. Gracias por tu nobleza, paciencia y dedicación como padre y marido. Vega y yo te queremos con todo nuestro corazón.

También quiero agradecer sinceramente a la Dra. Raquel Alarcón Rodríguez por su implicación en este proceso, por sus valiosas aportaciones, su mirada crítica y siempre constructiva, y por su cercanía y disponibilidad en los momentos clave. Su apoyo ha sido un impulso fundamental para llegar hasta aquí.

A todas las personas que, de una u otra forma, han formado parte de este viaje: gracias. Esta tesis doctoral es también un pedacito de cada uno de vosotros.

ABREVIATURAS

ANZCTR: Australian and New Zealand Clinical Trials Registry (*Registro de ensayos clínicos de Australia y Nueva Zelanda*)

AGP: Área gris periacueductal

CCA: Corteza cingulada anterior

CRD: Cuaderno de recogida de datos

ECA: Ensayo clínico aleatorio

EVA: Escala visual analógica

FC: Frecuencia cardíaca

FMRI: Resonancia magnética funcional

HIP: Hoja de Información del Paciente

HMD: Head-mounted display

LPM: Latidos por minuto

MDAS: Modified Dental Anxiety Scale (*Escala de ansiedad dental modificada*)

OMS: Organización Mundial de la Salud

TERV: Terapia de Exposición con Realidad Virtual

PA: Presión arterial

PAD: Presión arterial diastólica

PAS: presión arterial sistólica

RV: Realidad virtual

RVI: Realidad virtual inmersiva

SNA: Sistema nervioso autónomo

SNC: Sistema nervioso central

STAI: State-Trait Anxiety Inventory (*Cuestionario de ansiedad Estado-Rasgo*)

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	5
1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. ANSIEDAD.....	14
1.1.1. GENERALIDADES Y DEFINICIÓN.....	14
1.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS TRASTORNOS DE ANSIEDAD.....	15
1.1.3. MANIFESTACIONES CLÍNICAS DE LOS TRASTORNOS DE ANSIEDAD..	17
1.1.4. ANSIEDAD DENTAL	18
1.2. PROCEDIMIENTOS ODONTOLÓGICOS CAUSANTES, FACTORES ASOCIADOS E IMPACTO DE LA ANSIEDAD DENTAL	20
1.2.1. CAUSAS MÁS FRECUENTES DE EXTRACCIÓN DENTAL	20
1.2.2. FACTORES QUE CONTRIBUYEN A LA ANSIEDAD DURANTE LA EXTRACCIÓN DENTAL.....	21
1.2.3. IMPACTO DE LA ANSIEDAD DENTAL EN LOS PACIENTES.....	22
1.3. MÉTODOS DE DISTRACCIÓN EN ODONTOLOGÍA	23
1.3.1. MUSICOTERAPIA	24
1.3.2. HIPNOSIS	25
1.3.3. AROMATERAPIA.....	25
1.3.4. ACUPUNTURA	26
1.3.5. INFORMACIÓN BREVE	27
1.3.6. RELAJACIÓN MUSCULAR.....	28
1.3.7. BIOFEEDBACK	28
1.3.8. TERAPIA COGNITIVO-CONDUCTUAL.....	28
1.3.9. REALIDAD VIRTUAL.....	29
1.4. REALIDAD VIRTUAL EN CIENCIAS DE LA SALUD.....	32
1.4.1. CONCEPTO DE REALIDAD VIRTUAL	32
1.4.2. CARACTERÍSTICAS Y LIMITACIONES DE LOS DISPOSITIVOS DE REALIDAD VIRTUAL.....	35
1.4.3. USO DE LA DE REALIDAD VIRTUAL EN CIENCIAS DE LA SALUD	37
1.4.4. REALIDAD VIRTUAL Y PERCEPCIÓN DEL DOLOR	38
1.4.5. REALIDAD VIRTUAL, ATENCIÓN Y DOLOR.....	40
1.4.6. REALIDAD VIRTUAL, EMOCIÓN Y DOLOR	42
2. JUSTIFICACIÓN	44
3. HIPÓTESIS	48
4. OBJETIVOS	50
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	50
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	50

5. MATERIALES Y MÉTODOS	52
5.1. DISEÑO DEL ESTUDIO	52
5.1.1. GRUPO INTERVENCIÓN CON REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA	52
5.1.2. GRUPO CONTROL	52
5.2. PERÍODO DE ESTUDIO	52
5.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO	52
5.3.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN	53
5.3.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	53
5.3.3. CRITERIOS DE RETIRADA DEL ESTUDIO	54
5.3.4. CRITERIOS ÉTICOS	54
5.4. ALEATORIZACIÓN	55
5.5. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN	55
5.5.1. GRUPO DE INTERVENCIÓN CON REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA	56
5.5.2. GRUPO CONTROL	56
5.6. RECOGIDA DE DATOS	56
5.6.1. CUESTIONARIO DE ANSIEDAD ESTADO-RASGO (STATE-TRAIT ANXIETY INVENTORY/SELF EVALUATION QUESTIONNAIRE) (STAII)	57
5.6.2. ESCALA DE ANSIEDAD DENTAL MODIFICADA (<i>MODIFIED DENTAL ANXIETY SCALE</i>) (MDAS)	57
5.6.3. ESCALA VISUAL ANALÓGICA (EVA)	57
5.7. VARIABLES A ESTUDIO	58
5.7.1. VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS	58
5.7.2. VARIABLES RELACIONADAS CON LA EXTRACCIÓN DENTAL	58
5.7.3. VARIABLES RELACIONADAS CON EL DOLOR PERCIBIDO DURANTE EL PROCEDIMIENTO QUIRÚRGICO	58
5.7.4. PARÁMETROS CORRESPONDIENTES A LA ANSIEDAD	59
5.7.5. VARIABLES RELACIONADAS CON LAS RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DE LOS PACIENTES:	59
5.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	60
6. RESULTADOS	62
6.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO	62
6.1.1. VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS DE LOS PACIENTES INTERVENIDOS DE EXTRACCIÓN DENTAL	62
6.1.2. VARIABLES RELACIONADAS CON LA EXTRACCIÓN DENTAL	63
6.1.3. PARÁMETROS CORRESPONDIENTES A LA ANSIEDAD	63
6.1.4. PARÁMETROS CORRESPONDIENTES AL DOLOR	65
6.1.5. VARIABLES RELACIONADAS CON LA RESPUESTA FISIOLÓGICA	65
6.2. ANÁLISIS BIVARIANTE	67
6.2.1. CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS Y CAUSAS DE EXTRACCIÓN DENTAL EN LOS PACIENTES DEL GRUPO RVI Y EL GRUPO CONTROL	67

6.2.2.	NIVELES DE ANSIEDAD DE LOS PACIENTES EN EL GRUPO DE RVI Y EL GRUPO CONTROL	68
6.2.3.	INTENSIDAD DEL DOLOR PERIOPERATORIO DE LOS PACIENTES EN EL GRUPO DE RVI Y EL GRUPO CONTROL.....	71
6.2.4.	CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS DE LOS PACIENTES DEL GRUPO DE RVI Y DEL GRUPO CONTROL	71
7.	DISCUSIÓN	74
7.1.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	75
7.1.1.	EFFECTOS DE LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA EN LOS NIVELES DE ANSIEDAD	75
7.1.2.	EFFECTOS DE LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA EN LOS PARÁMETROS FISIOLÓGICOS	78
7.1.3.	EFFECTOS DE LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA EN EL DOLOR INTRAOPERATORIO	82
7.2.	IMPLICACIONES PARA LA PRÁCTICA CLÍNICA.....	84
7.3.	FORTALEZAS, LIMITACIONES Y SUGERENCIAS PARA ESTUDIOS FUTUROS	86
8.	CONCLUSIONES.....	90
9.	REFERENCIAS.....	92
10.	ANEXOS.....	106
11.	PRODUCCIÓN CIENTÍFICA	117

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANSIEDAD

1.1.1. GENERALIDADES Y DEFINICIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la salud mental como un estado de bienestar que capacita a las personas para afrontar los desafíos del estrés diario, desarrollar sus habilidades, aprender y trabajar de manera eficaz, así como contribuir activamente al progreso de su comunidad. Este concepto se considera un pilar esencial de la salud general y el bienestar, ya que sustenta tanto las capacidades individuales como colectivas para tomar decisiones, establecer vínculos y modelar el entorno en el que vivimos. Además, la salud mental se reconoce como un derecho humano fundamental y un componente clave para el desarrollo personal, social y económico (1).

Los trastornos de ansiedad constituyen uno de los problemas de salud mental más prevalentes a nivel global. Estos trastornos suelen manifestarse en etapas tempranas de la vida y, al igual que otras afecciones psiquiátricas, se caracterizan por un curso clínico crónico y por un impacto considerable en la funcionalidad psicosocial, académica, laboral y relacional de las personas afectadas (2). Se estima que aproximadamente el 4,05 % de la población mundial, lo que representa alrededor de 301 millones de personas, padece algún tipo de trastorno de ansiedad. Entre los años 1990 y 2019, se ha observado un incremento superior al 55% en el número total de personas afectadas, reflejando un crecimiento sostenido no solo en la prevalencia, sino también en la incidencia y en las tasas de años de vida ajustados por discapacidad, lo que subraya la carga creciente de esta condición para los sistemas de salud pública a nivel global (3).

Los datos epidemiológicos indican que la prevalencia de los trastornos de ansiedad es significativamente más alta en países de ingresos altos, lo que puede estar asociado a una mayor presión social, estilos de vida acelerados, mayor exposición a estímulos estresantes o simplemente a mejores sistemas de diagnóstico y reporte (3). Además, el análisis por sexo revela una clara disparidad: las mujeres presentan una probabilidad 1,66 veces mayor de desarrollar trastornos de ansiedad en comparación con los hombres, lo que puede deberse a factores biológicos, hormonales, psicosociales y culturales (4). A pesar de este aumento en cifras absolutas, las tasas ajustadas por edad se han mantenido relativamente estables a lo largo del tiempo, lo que podría interpretarse

como una evidencia de que los factores de riesgo subyacentes no han cambiado de forma significativa durante las últimas décadas, aunque sí lo ha hecho la detección y el reconocimiento de la enfermedad (3).

1.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS TRASTORNOS DE ANSIEDAD

De acuerdo con la quinta edición del *Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales* (DSM-5) publicada por la American Psychiatric Association (5), los trastornos de ansiedad se clasifican en las siguientes categorías diagnósticas:

- **Trastorno de ansiedad por separación:** Este trastorno se caracteriza por un miedo o ansiedad excesivos e inapropiados para la edad del individuo, relacionados con la separación de las figuras de apego. Aunque suele diagnosticarse con mayor frecuencia en la infancia, puede persistir en la adolescencia y la adultez. Los síntomas incluyen preocupación persistente por la pérdida o daño de estas figuras, resistencia a estar solo o a dormir separado, pesadillas relacionadas con la separación y quejas físicas recurrentes cuando la separación es inminente. Este trastorno puede generar un deterioro significativo en el desarrollo psicosocial y en la autonomía del individuo.
- **Mutismo selectivo:** Implica una dificultad persistente para hablar en situaciones sociales específicas, a pesar de hacerlo en otros contextos, lo que interfiere en el desempeño social, educativo o laboral. Aunque suele manifestarse en la infancia temprana, puede persistir si no se interviene adecuadamente. No debe atribuirse a una falta de conocimiento del idioma ni a una alteración comunicativa primaria, y con frecuencia se asocia a un alto nivel de ansiedad social.
- **Fobia específica:** Consiste en la presencia de miedo o ansiedad intensa frente a un objeto o situación concreta, como volar, las alturas, animales, recibir una inyección o presenciar sangre, que provoca una respuesta inmediata de ansiedad y una conducta de evitación activa. La exposición al estímulo temido casi siempre desencadena una reacción desproporcionada al peligro real, lo que puede llegar a limitar considerablemente la vida diaria del individuo. Este trastorno puede clasificarse según el tipo de estímulo temido (animal, ambiental, situacional, etc.) y suele tener un inicio en la infancia o adolescencia.

- **Trastorno de ansiedad social:** Se define por un miedo o ansiedad intensos y persistentes ante situaciones sociales en las que el individuo se ve expuesto a la posible evaluación o juicio de los demás. El temor principal radica en actuar de forma embarazosa o ser rechazado, lo cual puede desencadenar conductas de evitación y malestar intenso. Esta alteración afecta notablemente la vida académica, laboral y las relaciones interpersonales, y se asocia frecuentemente a una baja autoestima y altos niveles de autocrítica. Puede tener un curso crónico si no se aborda adecuadamente.
- **Trastorno de angustia (trastorno de pánico):** Se caracteriza por la aparición recurrente e inesperada de crisis o ataques de pánico, definidos como episodios súbitos de miedo intenso que alcanzan su pico en minutos, acompañados de síntomas físicos (palpitaciones, sudoración, temblores, dificultad respiratoria, miedo a morir o volverse loco, entre otros). Tras uno o varios episodios, los individuos suelen desarrollar una preocupación persistente por la posibilidad de sufrir nuevas crisis o cambios conductuales importantes destinados a evitar las situaciones que podrían desencadenarlas.
- **Agorafobia:** Este trastorno implica una ansiedad intensa ante situaciones donde escapar podría resultar difícil o donde no se dispondría de ayuda en caso de experimentar síntomas de pánico u otros malestares. Las situaciones temidas incluyen, entre otras, el uso de transporte público, la permanencia en espacios abiertos o cerrados, las multitudes o el hecho de estar fuera de casa solo. La evitación de estas situaciones puede llegar a ser tan grave que algunas personas se ven confinadas en su hogar. Aunque con frecuencia se asocia al trastorno de pánico, puede presentarse de forma independiente.
- **Trastorno de ansiedad generalizada:** Se caracteriza por una preocupación excesiva y difícil de controlar respecto a diversas actividades o acontecimientos de la vida diaria, que se mantiene durante al menos seis meses. Estas preocupaciones se acompañan de síntomas físicos como inquietud, fatiga, dificultad para concentrarse, irritabilidad, tensión muscular y alteraciones del sueño. A diferencia de otros trastornos de ansiedad, la preocupación no se limita a un estímulo concreto, lo que confiere a este trastorno un carácter difuso y persistente. El trastorno de ansiedad generalizada afecta negativamente la calidad de vida del individuo y suele tener un curso crónico si no se interviene.

- **Trastorno de ansiedad inducido por sustancias/medicación:** Este trastorno se diagnostica cuando los síntomas de ansiedad o los ataques de pánico son consecuencia directa del consumo reciente, la intoxicación o la abstinencia de una sustancia (como alcohol, cafeína, cannabis, estimulantes o medicamentos), y no se explican mejor por un trastorno de ansiedad preexistente. El diagnóstico debe establecerse teniendo en cuenta el contexto del uso de la sustancia, la cronología de los síntomas y la exclusión de otras causas.
- **Trastorno de ansiedad debido a otra enfermedad médica:** En este caso, la ansiedad se considera secundaria a los efectos fisiológicos directos de una condición médica identificada, como enfermedades cardiovasculares, endocrinas, respiratorias o neurológicas. El diagnóstico requiere pruebas suficientes de la relación causal entre la condición médica y los síntomas ansiosos, así como la exclusión de otras explicaciones alternativas. Este subtipo subraya la importancia de una evaluación médica completa ante la presencia de ansiedad significativa.
- **Otros trastornos de ansiedad especificados:** Incluye presentaciones clínicas en las que los síntomas ansiosos son prominentes y provocan malestar o deterioro funcional, pero no cumplen todos los criterios para ningún trastorno específico del grupo. En estos casos, se especifica el motivo por el cual no se cumple con los criterios completos. Este diagnóstico permite describir formas clínicas atípicas o incompletas de ansiedad que, sin embargo, requieren atención clínica.
- **Trastorno de ansiedad no especificado:** Este diagnóstico se reserva para situaciones en las que los síntomas ansiosos son clínicamente relevantes, pero no se dispone de suficiente información para asignarlos a una categoría específica. Puede emplearse, por ejemplo, en contextos de urgencia o cuando la evaluación clínica aún está incompleta. Aunque se trata de un diagnóstico provisional, permite iniciar intervenciones tempranas cuando el malestar del paciente lo justifica.

1.1.3. MANIFESTACIONES CLÍNICAS DE LOS TRASTORNOS DE ANSIEDAD

La ansiedad activa el sistema nervioso autónomo (SNA), aumentando funciones corporales involuntarias como la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la frecuencia

respiratoria, la motilidad del tracto gastrointestinal y el gasto cardíaco (6,7). Cuando el eje hipotalámico-hipofisario-adrenal libera adrenalina, se activa el sistema nervioso simpático, provocando la respuesta de lucha o huida (7,8). Esta respuesta desencadena diversos cambios fisiológicos, como la reducción del umbral del dolor, el aumento de las complicaciones del tratamiento, la ralentización de la recuperación y el incremento del dolor posterior al tratamiento (6,7,9).

Las personas que sufren de trastornos de ansiedad experimentan generalmente miedos o preocupaciones intensas ante situaciones específicas, tales como un episodio de pánico o una interacción social, o bien, en el caso del trastorno de ansiedad generalizada, ante una amplia gama de circunstancias cotidianas. Estas situaciones son percibidas como amenazas por áreas cerebrales clave como la corteza prefrontal y la amígdala, lo que desencadena una respuesta fisiológica de lucha o huida. Esta respuesta se manifiesta a través de diversos síntomas psicofisiológicos que afectan tanto el bienestar emocional como físico del individuo (10), tales como:

- Dificultades para concentrarse o tomar decisiones.
- Irritabilidad, tensión o inquietud persistente.
- Náuseas o molestias abdominales.
- Palpitaciones o aumento del ritmo cardíaco.
- Sudoración excesiva, temblores o escalofríos.
- Alteraciones en los patrones de sueño.
- Sensación de peligro inminente, pánico o una fuerte sensación de fatalidad.

Estos síntomas tienden a mantenerse durante períodos prolongados, generalmente varios meses, y frecuentemente conducen a evitar las circunstancias que generan ansiedad (11).

1.1.4. ANSIEDAD DENTAL

La ansiedad dental se refiere al miedo o temor que experimentan algunas personas al acudir al dentista o al recibir tratamientos odontológicos. Este sentimiento puede variar en intensidad, desde un leve nerviosismo hasta un miedo intenso. En ciertos casos, esta ansiedad puede evolucionar hacia una verdadera fobia dental, caracterizada por un temor

extremo e irracional, que puede convertirse en un obstáculo significativo para que los pacientes busquen atención odontológica (12,13).

Una reciente revisión sistemática con metaanálisis estimó que la prevalencia global de miedo y ansiedad dental en adultos es del 15,3%. Los análisis por subgrupos indicaron una prevalencia significativamente mayor en mujeres y adultos jóvenes (14). Esta condición no solo afecta el bienestar emocional de los pacientes, sino que también tiene repercusiones directas sobre su salud bucodental (14,15). Las personas que padecen ansiedad dental a menudo tienden a evitar las consultas regulares al dentista, lo que contribuye al deterioro progresivo de su salud oral. Entre las patologías más comunes asociadas con la falta de atención odontológica se encuentran las caries dentales, la periodontitis y, como consecuencia última, la pérdida de piezas dentales. Estos problemas no solo afectan la función masticatoria y la estética dental, sino que también pueden tener un impacto negativo en la salud general y en la calidad de vida del individuo (16,17). Además, la evitación del tratamiento dental puede desencadenar un círculo vicioso: la falta de atención oportuna genera situaciones odontológicas más complejas, lo que aumenta el temor de los pacientes a enfrentarse a procedimientos más invasivos o dolorosos en el futuro. Este ciclo refuerza aún más la ansiedad dental, creando barreras adicionales que dificultan la mejora de la salud bucodental y el bienestar del paciente (18–20).

La ansiedad dental puede originarse por una variedad de factores, entre los cuales se incluyen experiencias traumáticas previas durante tratamientos odontológicos, sentimientos de vergüenza relacionados con la salud bucodental, la sensación de pérdida de control en el sillón dental, o la desconfianza hacia el profesional encargado del tratamiento (21,22). En algunos casos, el temor no se deriva de experiencias personales directas, sino de relatos ajenos o de incidentes anecdotáticos que generan una percepción de riesgo y vulnerabilidad, incluso sin haber vivido una situación negativa directamente (23,24). Además, diversos factores individuales y contextuales pueden desempeñar un papel crucial en la aparición y manifestación de la ansiedad dental. Estos incluyen características personales como la edad, el género y los antecedentes odontológicos previos, así como aspectos relacionados con el entorno del paciente y las condiciones socioeconómicas en las que se desenvuelve (25–27). Este enfoque multidimensional sugiere que la ansiedad dental no solo es el resultado de factores personales, sino que también está profundamente influenciada por el contexto social y ambiental en el que se

encuentra el paciente. Estos aspectos son esenciales a la hora de comprender la complejidad de la ansiedad dental y desarrollar estrategias efectivas para su manejo.

1.2. PROCEDIMIENTOS ODONTOLÓGICOS CAUSANTES, FACTORES ASOCIADOS E IMPACTO DE LA ANSIEDAD DENTAL

Numerosos estudios han documentado que no todos los procedimientos odontológicos provocan el mismo grado de ansiedad en los pacientes, sino que existen diferencias notables en función del tipo de intervención realizada (28). Algunos de ellos destacan de forma consistente como especialmente desencadenantes de respuestas emocionales intensas, entre las que se incluyen el miedo, la tensión anticipatoria, la hipervigilancia y la evitación activa del tratamiento (29,30). Estas reacciones no solo afectan la experiencia subjetiva del paciente, sino que también pueden interferir con la adherencia al tratamiento y con la calidad del abordaje clínico (29). Dentro del espectro de procedimientos odontológicos, aquellos de carácter quirúrgico, como las extracciones dentales (31), así como las intervenciones orales invasivas que implican manipulación de tejidos blandos o aplicación de anestesia local, se asocian con los niveles más elevados de ansiedad dental (30).

1.2.1. CAUSAS MÁS FRECUENTES DE EXTRACCIÓN DENTAL

La extracción dental ha sido reiteradamente identificada en la literatura como uno de los procedimientos odontológicos que más temor suscita entre los pacientes (32), debido a una variedad de razones que pueden justificar su indicación clínica:

- a. *Caries dental*: La caries constituye la principal causa de extracciones dentales a nivel mundial. Diversos estudios epidemiológicos señalan que entre el 36 % y el 68,1 % de las extracciones están asociadas a procesos cariosos avanzados que han provocado una destrucción extensa del tejido dentario, haciendo inviable su restauración (33,34).
- b. *Enfermedad periodontal*: La patología periodontal representa la segunda causa más frecuente de pérdida dental. Su prevalencia en los casos de extracción varía entre el 17,6 % y el 38,1 %, siendo más común en varones y aumentando significativamente con la edad. La destrucción progresiva del soporte óseo y de los tejidos periodontales puede conducir a la movilidad dental severa, haciendo necesaria la extracción del diente afectado (33,34).

- c. *Problemas asociados a terceros molares:* Las complicaciones relacionadas con los terceros molares, como la impactación, el mal posicionamiento o la falta de espacio en la arcada, son causas frecuentes de extracción, especialmente en adultos jóvenes. Estas extracciones suelen estar indicadas tanto por razones preventivas como terapéuticas, con el objetivo de evitar infecciones, daño a piezas adyacentes o alteraciones en la oclusión (35).
- d. *Razones ortodóncicas:* Las extracciones indicadas con fines ortodóncicos, aunque menos prevalentes, son clínicamente relevantes. Representan entre el 1,7% y el 7,2% de los casos de extracción dental. Su objetivo principal es facilitar el alineamiento dental y la corrección de discrepancias óseas o de espacio durante el tratamiento ortodóncico, mejorando tanto la funcionalidad como la estética del paciente (34).
- e. *Traumatismos y otras causas:* Por último, existen razones menos frecuentes, pero clínicamente significativas que también pueden motivar la extracción dental. Entre ellas se incluyen los traumatismos dentales severos, los fracasos protésicos, las complicaciones endodónticas irreversibles y ciertas patologías sistémicas que contraindican la conservación del diente. Aunque representan un porcentaje menor de los casos, su abordaje adecuado es esencial para evitar complicaciones mayores (33,34).

1.2.2. FACTORES QUE CONTRIBUYEN A LA ANSIEDAD DURANTE LA EXTRACCIÓN DENTAL

El alto nivel de ansiedad provocada por la extracción dental se debe a múltiples factores interrelacionados que abarcan tanto aspectos físicos como perceptivos y emocionales (29,30). En primer lugar, la naturaleza inherentemente invasiva del procedimiento implica la manipulación directa de tejidos duros (hueso) y blandos (encía y mucosa oral), lo que activa mecanismos de defensa fisiológicos y cognitivos vinculados con la percepción de amenaza y la anticipación del dolor (30). Esta percepción de riesgo se intensifica por el contexto clínico en el que se desarrolla la intervención, caracterizado por un entorno altamente estéril, el uso de anestesia local, y, especialmente, por la presencia de instrumental quirúrgico específico, como fórceps, elevadores y bisturí (29). Estos elementos no solo tienen un impacto físico, sino también simbólico y emocional, ya que pueden evocar imágenes negativas asociadas con daño, pérdida o sufrimiento,

incluso antes de que se inicie la intervención propiamente dicha (29). Además, la extracción dental suele estar precedida de experiencias previas dolorosas o de relatos negativos de terceros, lo que potencia la respuesta anticipatoria de ansiedad y contribuye a la consolidación de un patrón de evitación conductual (30).

En segundo lugar, la extracción dental suele ir acompañada de una serie de experiencias sensoriales y emocionales que contribuyen significativamente al malestar del paciente, tanto durante como después del procedimiento (36). Aunque la anestesia local ha permitido reducir de forma sustancial el dolor intraoperatorio, existen otros estímulos que no se ven neutralizados por esta intervención farmacológica. Entre ellos, destacan la sensación de presión ejercida sobre el diente y las estructuras adyacentes, los sonidos asociados a la fractura ósea o al uso de instrumental rotatorio, así como las vibraciones transmitidas a través del hueso maxilar o mandibular (36). Estos estímulos, aunque no necesariamente dolorosos, son percibidos por muchos pacientes como invasivos e inquietantes, activando respuestas de hipervigilancia y ansiedad anticipatoria (36). Además, no debe pasarse por alto que, en muchos casos, la indicación de extracción viene precedida por un cuadro de dolor persistente debido a infecciones, fracturas o procesos inflamatorios crónicos. Esta experiencia previa de sufrimiento físico puede intensificar la percepción subjetiva de amenaza y consolidar asociaciones negativas entre el dolor y el entorno odontológico (37). En conjunto, estos factores sensoriales y emocionales no sólo aumentan el nivel de ansiedad en el momento del procedimiento, sino que también pueden afectar la recuperación postoperatoria, influyendo negativamente en la percepción del dolor, la adherencia al tratamiento y la disposición futura del paciente a buscar atención dental (38).

1.2.3. IMPACTO DE LA ANSIEDAD DENTAL EN LOS PACIENTES

La ansiedad generada por los procedimientos odontológicos invasivos no solo conlleva implicaciones psicológicas, sino también consecuencias clínicas significativas. Diversos estudios han evidenciado que los pacientes que experimentan niveles elevados de ansiedad dental tienden a presentar una menor tolerancia al dolor y una mayor sensibilidad frente a los estímulos físicos, lo cual puede dificultar la ejecución del tratamiento y afectar negativamente la experiencia general del paciente (31). Esta hipersensibilidad se traduce con frecuencia en una mayor necesidad de anestesia local, y en algunos casos, en la indicación de técnicas adicionales de sedación, lo que incrementa

la complejidad y el coste de la atención (39). Además, el estado emocional alterado puede interferir con la colaboración del paciente durante el procedimiento, generando interrupciones, movimientos involuntarios o incluso crisis de angustia que comprometen tanto la seguridad como la eficiencia de la intervención clínica (40). A largo plazo, estos episodios contribuyen al desarrollo de conductas de evitación persistentes, como la cancelación de citas o el abandono de los controles odontológicos regulares. Este patrón de evitación no solo perpetúa el malestar emocional, sino que también favorece el deterioro progresivo de la salud bucodental, generando un círculo vicioso en el que la ansiedad, el descuido y el empeoramiento de las condiciones clínicas se retroalimentan mutuamente. En muchos casos, el motivo inicial de consulta, dolor, infección o daño estructural se convierte en una condición crónica, más difícil de tratar y con peores pronósticos funcionales y estéticos (14,41).

1.3. MÉTODOS DE DISTRACCIÓN EN ODONTOLOGÍA

Algunos aspectos no quirúrgicos, como la ansiedad del paciente, la percepción del dolor y las fluctuaciones en los parámetros fisiológicos, deben ser cuidadosamente considerados durante los procedimientos de cirugía oral para lograr los mejores resultados tanto clínicos como emocionales para los pacientes (42). En la práctica clínica actual, se emplean distintos métodos para la sedación consciente, tales como la inhalación de óxido nitroso, la sedación intravenosa consciente y la sedación oral con fármacos, con el objetivo principal de reducir la ansiedad perioperatoria. Sin embargo, el uso de estas técnicas farmacológicas puede conllevar una serie de efectos secundarios indeseables, que incluyen descensos en la presión arterial, depresión respiratoria, hipotermia e incluso pérdida de la conciencia. Además, estas opciones de sedación pueden incrementar significativamente los costos de los tratamientos dentales, lo que representa una desventaja tanto para los pacientes como para las instituciones dentales (43,44).

Como alternativa a las técnicas farmacológicas, existen diversas estrategias efectivas para gestionar la ansiedad dental en adultos en el entorno clínico, las cuales se enfocan en redirigir la atención del paciente hacia estímulos no amenazantes. Entre estas, las técnicas de distracción se han consolidado como procedimientos seguros y rentables, que contribuyen a mejorar la experiencia general del paciente durante procedimientos médicos y dentales invasivos y dolorosos (45–47). Estas estrategias actúan enmascarando los estímulos negativos asociados con el tratamiento dental, los cuales suelen generar

sentimientos de miedo y ansiedad, transformando así la experiencia clínica en algo menos traumático y más tolerable para el paciente (48).

1.3.1. MUSICOTERAPIA

La musicoterapia ha demostrado ser una estrategia eficaz para manejar la ansiedad dental mediante la reproducción de música neutral y relajante con un tempo lento (60–80 latidos por minuto), ritmos repetitivos y contornos suaves (8,49,50). Este tipo de música puede disminuir parámetros fisiológicos como la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y el gasto cardíaco en pacientes ansiosos durante los procedimientos dentales (49,50). Su aplicación en la sala de espera o directamente en el sillón dental mejora significativamente la experiencia del paciente y reduce los niveles de ansiedad (51).

Los efectos de la música en el organismo incluyen: la supresión del sistema nervioso simpático, disminuyendo la actividad adrenérgica y neuromuscular (50); la sincronización de los ritmos corporales con el tempo de la música, lo que genera una reducción del arousal; y la distracción de los estímulos negativos al enmascarar ruidos asociados con los instrumentos dentales (7).

Estudios como el de Mejía-Rubalcava et al. (2015) documentaron que escuchar música instrumental relajante durante 20 minutos redujo la ansiedad, los niveles de cortisol salival y la presión arterial en pacientes expuestos al ruido de instrumentos dentales, mejorando su experiencia general (8). Por su parte, Gupta y Ahmed (2017) observaron que el uso de auriculares con música instrumental acompañada de sonidos de la naturaleza durante cirugías orales menores disminuyó la ansiedad en el 92% de los pacientes, reduciendo a la mitad sus niveles de ansiedad pre y postoperatorios, además de disminuir la frecuencia cardíaca y la duración del procedimiento. El 90% de los pacientes solicitaron música en futuras consultas, indicando su impacto positivo en la comodidad y reducción de ansiedad (51).

Otros estudios, como el de Wong et al. (2018), resaltan que permitir a los pacientes controlar el volumen de la música mientras utilizan auriculares también reduce significativamente los niveles de ansiedad, al tiempo que enmascara los ruidos temidos de los instrumentos dentales (52). Sin embargo, investigaciones como las de Pintea et al. (2017) cuestionan la efectividad de la música ambiental (sinfónica o lounge) en la

reducción de ansiedad, sugiriendo que el uso de auriculares podría ser un factor determinante en los resultados obtenidos (53).

En cuanto a las frecuencias musicales, Aravena et al. (2019) encontraron que la música a 432 Hz, percibida como neutral, reduce los niveles de ansiedad y cortisol salival en comparación con frecuencias de 440 Hz o controles, mostrando su potencial para modificar respuestas fisiológicas y emocionales (50). Por otro lado, Gulnahar (2020), en su estudio realizado en pacientes turcos, concluyó que la música turca y la clásica fueron las más efectivas para estabilizar la frecuencia cardíaca y reducir la ansiedad dental, independientemente del tipo de música empleada (54).

En síntesis, la música con tempo lento e instrumental, reproducida a través de auriculares, es altamente recomendable para manejar la ansiedad dental. No obstante, es necesario profundizar en investigaciones sobre frecuencias específicas, la duración óptima de la intervención y su impacto en la recuperación de los pacientes (6–8,49,51,53).

1.3.2. HIPNOSIS

La hipnoterapia es una técnica no invasiva de larga trayectoria que utiliza grabaciones de audio, con o sin música relajante, para aliviar el miedo, el dolor y fomentar la relajación durante los tratamientos (55,56). Puede ser empleada como método ansiolítico independiente o como complemento de otras intervenciones, como la anestesia (56). Según Glaesmer et al. (2015), la hipnosis es adecuada para pacientes con ansiedad leve o moderada, aunque quienes padecen ansiedad severa suelen requerir enfoques psicoterapéuticos más avanzados, como las técnicas cognitivo-conductuales (56).

1.3.3. AROMATERAPIA

La aromaterapia es una técnica no farmacológica ampliamente utilizada por su efectividad en promover la relajación y reducir la ansiedad. Esta práctica emplea los aromas de aceites esenciales para influir en el estado mental, las emociones y las funciones cognitivas. Además, se ha demostrado que puede contribuir al manejo del dolor, al alivio de la ansiedad y a la cicatrización de heridas, siendo una herramienta útil para controlar la ansiedad dental (57).

Se ha evaluado el impacto de diferentes aceites esenciales, como el de naranja, manzanilla, lavanda y hierba de limón, en la ansiedad dental (57). Por ejemplo, una

revisión sistemática realizada en 2024 (58), concluyó que el aceite de manzanilla tuvo un efecto ansiolítico. Los resultados indicaron que el aceite de manzanilla tiene propiedades aromaterapéuticas que ayudan a los pacientes a mantener un estado mental tranquilo y a disminuir significativamente los niveles de ansiedad dental.

El aceite de naranja, por su parte, posee propiedades sedantes y ansiolíticas debido a su capacidad de atravesar las membranas mucosas y estimular el sistema nervioso central (SNC) al cruzar la barrera hematoencefálica (57). Un estudio llevado a cabo por Hasheminia et al. (2014) (57) exploró los efectos de la fragancia de naranja en pacientes durante la extracción quirúrgica de terceros molares impactados. Los resultados mostraron que los pacientes expuestos a la fragancia de naranja presentaron una reducción significativa en la presión arterial, la frecuencia cardíaca y la tasa respiratoria durante el procedimiento. Esto evidencia que la fragancia de naranja es efectiva para reducir la ansiedad en intervenciones dentales.

Por último, el aceite de lavanda es uno de los aceites esenciales más estudiados y preferidos para la aromaterapia. Este aceite es conocido por sus propiedades sedantes, las cuales han sido ampliamente investigadas. Un componente clave del aceite de lavanda es el linalool, que actúa sobre los receptores de ácido gamma-aminobutírico, ejerciendo un efecto inhibitorio en el sistema límbico y en la transmisión autónoma, lo que genera una disminución en la presión arterial y los niveles de ansiedad. Incluso se ha demostrado que el aceite de lavanda puede ofrecer efectos similares al lorazepam, aunque resulta más accesible y seguro (59).

1.3.4. ACUPUNTURA

La acupuntura auricular se presenta como una técnica terapéutica mínimamente invasiva con potencial para mitigar tanto la ansiedad general como la ansiedad preoperatoria en contextos clínicos (60). Su mecanismo de acción se fundamenta en la modulación del sistema nervioso autónomo, favoreciendo un equilibrio entre las ramas simpática y parasimpática. Concretamente, esta técnica reduce la hiperactividad del sistema simpático y potencia la activación parasimpática, lo cual conlleva una disminución en la liberación de noradrenalina y, en consecuencia, una atenuación de los síntomas fisiológicos asociados con estados de ansiedad elevada.

En un estudio experimental, Michalek-Sauberer et al. (2012) analizaron la efectividad de la acupuntura auricular en la reducción de la ansiedad preprocedimiento en pacientes odontológicos. Los autores aplicaron estimulación en puntos específicos del pabellón auricular, durante veinte minutos previos a un tratamiento dental ambulatorio. Los resultados evidenciaron una disminución significativa en los niveles de ansiedad en comparación con el grupo control, lo que respalda la utilidad clínica de esta intervención (61). De forma complementaria, Hendrata et al. (2018) evaluaron los efectos de la estimulación con láser en los mismos puntos auriculares, encontrando también una reducción notable de la ansiedad en pacientes sometidos a procedimientos dentales, lo que sugiere la viabilidad de técnicas no invasivas dentro del espectro de la acupuntura (60).

Si bien la acupuntura auricular es considerada una estrategia accesible y de bajo coste, su aplicación clínica requiere formación específica, así como equipamiento técnico adecuado para garantizar la correcta localización y estimulación de los puntos terapéuticos. Aunque la literatura científica disponible sobre su uso en el ámbito odontológico aún es limitada, la calidad metodológica de los estudios existentes proporciona una base sólida que avala su implementación como recurso complementario para la reducción de la ansiedad preoperatoria (60).

1.3.5. INFORMACIÓN BREVE

La ansiedad en muchos pacientes surge debido a la sensación de pérdida de control o a la falta de comprensión durante el tratamiento. En este sentido, explicar el procedimiento y abordar las expectativas, preocupaciones y medidas de seguridad puede ayudar a reducir esa ansiedad (48,62). Cabbar et al. (2019) estudiaron si ofrecer información breve a los pacientes calmaba su ansiedad durante diversos procedimientos quirúrgicos orales. Los pacientes que recibieron información escrita antes de la cirugía oral no reportaron una disminución significativa de ansiedad en comparación con el grupo de control. Sin embargo, estos pacientes mostraron menos ansiedad durante la cirugía que aquellos que no recibieron dicha información escrita. Los resultados sugieren que hubo un beneficio pequeño pero útil durante la operación, lo cual pudo haber favorecido la cooperación de los pacientes (62).

1.3.6. RELAJACIÓN MUSCULAR

La terapia de relajación muscular es una técnica que puede disminuir la respuesta del sistema nervioso simpático ante estímulos psicológicos y fisiológicos. Esta práctica reduce la frecuencia cardíaca, la tasa respiratoria y la presión arterial, a la vez que regula los sistemas nervioso periférico y central. Como consecuencia, ayuda a disminuir el estrés, la ansiedad y la depresión, lo que contribuye a aliviar la ansiedad dental de manera efectiva. Park et al. (2018) examinaron si la terapia de relajación muscular progresiva ayudaba a mitigar la ansiedad dental. Los resultados mostraron que, tras cuatro sesiones de terapia de relajación muscular, la ansiedad dental se redujo significativamente durante al menos tres meses después del tratamiento. Además, la intervención provocó una disminución importante de los síntomas depresivos, la presión arterial, la frecuencia del pulso y los niveles de cortisol en la saliva. Por lo tanto, la terapia de relajación muscular podría ser beneficiosa para reducir la ansiedad dental (63).

1.3.7. BIOFEEDBACK

El uso de dispositivos de biofeedback permite al paciente y al dentista monitorear los datos fisiológicos del paciente. Esta información facilita que el paciente aprenda a controlar y autorregular los procesos fisiológicos monitoreados, disminuyendo la activación del sistema nervioso simpático. Morarend et al. (2011) realizaron un estudio piloto para evaluar la efectividad de un dispositivo innovador de biofeedback en la reducción de la ansiedad general preoperatoria. Los resultados mostraron que el dispositivo fue eficaz para disminuir la ansiedad dental y las emociones negativas relacionadas con la inyección dental. Por lo tanto, los dispositivos de biofeedback que monitorean la tasa respiratoria pueden ayudar a reducir la ansiedad preoperatoria en el entorno dental. No obstante, su implementación en la práctica clínica requeriría equipos especializados (64).

1.3.8. TERAPIA COGNITIVO-CONDUCTUAL

La terapia cognitivo-conductual es eficaz para reducir la ansiedad dental o la ansiedad general tanto a corto como a largo plazo. Investigaciones anteriores indican que intervenciones breves de una a tres sesiones pueden reducir de manera efectiva la ansiedad dental, incluso a largo plazo. Además, las intervenciones breves que emplean técnicas cognitivas y conductuales podrían ser tan efectivas o más que otros tipos de

intervención, con beneficios que perduran a lo largo del tiempo. Un estudio previo sugirió que una intervención breve basada en principios cognitivo-conductuales realizada por el dentista podría ser suficiente para que muchos pacientes con miedo superen su ansiedad y reciban tratamiento dental de manera regular (65).

1.3.9. REALIDAD VIRTUAL

En la última década, la aplicación de la tecnología de realidad virtual (RV) en el ámbito de la salud ha experimentado un notable avance. Uno de los principales usos de los dispositivos de RV en entornos clínicos es la reducción de la ansiedad, un objetivo que ha demostrado ser eficaz en diversos contextos. Sin embargo, es fundamental hacer una distinción entre dos enfoques distintos que emplean esta tecnología: la Terapia de Exposición con Realidad Virtual (TERV) y la distracción con RV. Mientras que la TERV se centra en la exposición controlada a estímulos temidos para desensibilizar al paciente frente a sus miedos, la distracción con RV se utiliza principalmente para redirigir la atención del paciente, de manera que los estímulos relacionados con el tratamiento dental o médico pierdan su impacto emocional (66).

Ambos enfoques, aunque diferentes en su aplicación y objetivos, tienen en común su capacidad para mejorar la experiencia del paciente al reducir la percepción de dolor y ansiedad durante procedimientos invasivos. Sin embargo, la elección entre uno u otro depende de la naturaleza del tratamiento y de las necesidades específicas del paciente.

1.3.9.1. *Terapia de exposición con realidad virtual*

La terapia de exposición se considera el tratamiento de elección para abordar miedos específicos, incluida la ansiedad preoperatoria. Esta terapia puede llevarse a cabo de manera imaginaria (*in vitro*) o en situaciones de la vida real (*in vivo*) (9). La TERV es una modalidad innovadora dentro de los enfoques cognitivo-conductuales que se emplea para tratar eficazmente diversas formas de ansiedad. Utiliza un proceso sistemático y gradual de desensibilización que culmina en la extinción del miedo (9,67,68). A diferencia de la exposición *in vivo*, la TERV se lleva a cabo en un entorno virtual generado por computadora, lo que permite al paciente enfrentarse a sus temores a su propio ritmo, en la privacidad del consultorio del terapeuta o del sillón dental. Esta modalidad proporciona una opción de tratamiento más segura, menos embarazosa y más rentable para reducir la ansiedad. Al ser una forma de exposición *in vitro*, en contraste

con la exposición en vivo, la TERV reduce la ansiedad anticipatoria, lo que contribuye a una mayor aceptación y finalización del tratamiento. La evidencia sugiere que la TERV puede ser igualmente eficaz, o incluso ligeramente más eficaz, que la exposición en la vida real para tratar la ansiedad (9). Sin embargo, aunque los estudios iniciales son prometedores, la evidencia sobre su efectividad específicamente en el tratamiento de la ansiedad dental sigue siendo limitada (66).

Un estudio realizado por Guijar et al. (2018) analizó los efectos de la TERV sobre la ansiedad dental en un grupo de diez pacientes seleccionados aleatoriamente. Estos pacientes fueron asignados a un grupo que recibió un folleto informativo o a otro grupo tratado con TERV. Los investigadores registraron la frecuencia cardíaca y los niveles de ansiedad antes y después del tratamiento. Los resultados sugirieron que la TERV es una opción segura y viable para el tratamiento de la ansiedad dental, ya que no se observaron incrementos en la frecuencia cardíaca ni exacerbaciones de los síntomas, y los participantes no abandonaron el tratamiento. Además, se constató una reducción significativa en la ansiedad dental y la evitación conductual (67). En un estudio posterior, Guijar et al. (2019) evaluaron nuevamente la efectividad de la TERV para tratar la ansiedad dental, abordando algunas limitaciones de estudios previos. Los resultados confirmaron que la TERV es efectiva para reducir la ansiedad dental y la evitación conductual. Además, un mayor porcentaje de los pacientes tratados con TERV se sometió a tratamientos dentales adicionales después de seis meses y ya no cumplían con los criterios diagnósticos de ansiedad dental, lo que refuerza la eficacia de este enfoque. La TERV actúa sobre la estructura subyacente del miedo mediante la exposición a estímulos visuales, olfativos y auditivos realistas y controlados. Esto permite que los pacientes enfrenten sus temores en condiciones controladas sin experimentar efectos adversos, lo que a su vez reduce la respuesta de miedo. Además, se observó que la TERV no incrementa la frecuencia cardíaca, y de hecho, se detectó una tendencia a disminuirla durante los escenarios de RV que inducen mayor ansiedad (69).

1.3.9.2. Distracción con realidad virtual

En los últimos años, se ha observado un aumento considerable en el número de revisiones sistemáticas que respaldan el uso de la RV como una estrategia de distracción durante los procedimientos dentales, especialmente en la población pediátrica (70–75). La RV ha emergido como una herramienta terapéutica prometedora en la odontología

infantil, ofreciendo una experiencia inmersiva y única que aborda de manera eficaz la fobia dental en niños. La utilización de la RV proporciona distracción, inmersión y desensibilización, contribuyendo a la reducción de la ansiedad dental, mejorando las experiencias positivas en el entorno odontológico, promoviendo la cooperación de los pacientes y facilitando cambios en el comportamiento durante el tratamiento (75–77). Además de su capacidad para reducir la ansiedad, la RV transforma la experiencia dental en una actividad más positiva, ya que al crear un entorno atractivo y agradable, puede cambiar la percepción negativa que los niños suelen tener de las visitas al dentista (76,77). Esta tecnología también fomenta un entorno controlado en el que los pacientes pueden experimentar menos estrés y más disposición hacia los procedimientos.

No obstante, el uso de dispositivos digitales, como teléfonos inteligentes, tabletas y dispositivos de RV, en niños ha sido objeto de debate. Aún se requieren más estudios que evalúen los efectos a largo plazo de estos dispositivos en diversas cohortes de edad, especialmente en términos de sus impactos psicológicos y fisiológicos (78,79). De hecho, las principales empresas de hardware de medios inmersivos han establecido recomendaciones de seguridad que no avalan el uso de estos dispositivos en niños menores de 12 o 13 años. Por ejemplo, Oculus, PlayStation, Samsung y Sony Interactive Entertainment advierten que sus productos no deben ser utilizados por niños de esa edad o menos. En contraste, LG establece su límite de edad en 15 años, mientras que HTC permite su uso a partir de los 4 años, aunque sin un "modo seguro" adecuado. A pesar de estas recomendaciones, los artículos incluidos en una reciente revisión sistemática sobre el uso de la RV en niños reportaron el empleo de dispositivos de RV en pacientes menores de la edad recomendada por los fabricantes (71), lo que plantea cuestiones de seguridad y la necesidad de investigación adicional sobre los posibles riesgos y beneficios.

En cuanto a las revisiones sistemáticas más recientes que incluyen a pacientes adultos (80,81), los resultados obtenidos muestran una considerable controversia, debido a la gran heterogeneidad de los estudios analizados y al riesgo de sesgo en los ensayos clínicos aleatorizados incluidos. Estos hallazgos reflejan la necesidad de investigaciones más rigurosas y bien controladas para determinar de manera definitiva la efectividad y seguridad de la RV en el tratamiento de la ansiedad dental en adultos.

1.4. REALIDAD VIRTUAL EN CIENCIAS DE LA SALUD

1.4.1. CONCEPTO DE REALIDAD VIRTUAL

La RV es una simulación interactiva generada por ordenador, diseñada para detectar la posición y el movimiento del usuario, sustituyendo o enriqueciendo la retroalimentación sensorial en uno o más sentidos con el propósito de generar una experiencia de inmersión física y mental en el entorno simulado.

Los orígenes de la RV, tal como se conoce en la actualidad, pueden remontarse hasta las décadas de 1950 y 1960, cuando surgieron diversos avances tecnológicos fundamentales. En 1957, Morton Heilig diseñó el Sensorama, un dispositivo pionero que buscaba estimular simultáneamente varios sentidos del usuario mediante elementos como generadores de olores y asientos vibratorios, con el objetivo de ofrecer una experiencia multisensorial inmersiva (82). Posteriormente, en 1961, la empresa Philco desarrolló el Headsight, considerado el primer visor montado en la cabeza que incorporaba seguimiento de movimientos y pantallas duales, diseñado inicialmente con fines de entrenamiento militar (83). A mediados de esa misma década, en 1965, Ivan Sutherland presentó el concepto de la “pantalla definitiva” (Ultimate Display), que introdujo por primera vez una interfaz gráfica generada por ordenador, lo cual permitió una interacción más dinámica y en tiempo real con entornos virtuales (84). No fue hasta 1989 cuando Jaron Lanier acuñó el término “realidad virtual”, consolidando así el concepto y favoreciendo su creciente adopción en ámbitos como la investigación científica y la práctica clínica en salud mental (85,86). Ya en las décadas de 1990 y 2000, profesionales de la psicología comenzaron a incorporar la RV como herramienta terapéutica, especialmente en intervenciones basadas en la exposición prolongada. El primer estudio que evaluó formalmente la eficacia de la terapia de exposición mediante RV se centró en el tratamiento de la acrofobia, demostrando resultados positivos que impulsaron nuevas investigaciones orientadas a su aplicación en diversos trastornos de ansiedad y otras patologías psiquiátricas (87).

Para conseguir una experiencia óptima de RV, existen algunos elementos fundamentales:

1. *Mundo virtual*: Este concepto se refiere al contenido de un entorno simulado por ordenador, el cual puede existir como una idea abstracta o ser compartido

entre múltiples usuarios. Este mundo no requiere necesariamente un sistema de RV para su existencia, de manera similar a cómo los guiones de obras de teatro o películas describen mundos independientes de su representación física. En el caso de los mundos virtuales asistidos por computadora, estos surgen de la descripción de objetos dentro de una simulación y se experimentan como entornos inmersivos e interactivos cuando son visualizados a través de un sistema de RV (88).

2. *Inmersión*: Este concepto puede abordarse desde dos perspectivas: mental y física (o sensorial). Sherman y Craig (88) definen la inmersión como la sensación de estar presente en un espacio, ya sea a través de un estado mental o mediante medios físicos. La inmersión mental se refiere a un estado de profundo compromiso o a la suspensión de la incredulidad, siendo este el objetivo principal en la creación de medios narrativos. En contraste, la inmersión física, fundamental en la RV, se define como la capacidad de ingresar corporalmente a un entorno o de estimular los sentidos mediante tecnología. Cabe destacar que la inmersión física no requiere la participación completa de todos los sentidos o del cuerpo en su totalidad.
3. *Retroalimentación sensorial*: Es un elemento fundamental en la RV, ya que permite a los usuarios interactuar con el mundo virtual mediante la posición de su cuerpo o cabeza, generando efectos en el entorno simulado. Esto contribuye a una experiencia más natural y creíble en comparación con los medios tradicionales. En este contexto, la RV actúa como un medio que facilita la inmersión en una realidad imaginada, utilizando múltiples sentidos físicos y apoyándose menos en la imaginación del usuario, a diferencia de otros medios narrativos como novelas o películas (88).

La diégesis, entendida como el desarrollo narrativo de los hechos, en la RV incluye tanto elementos explícitos como implícitos del mundo simulado, permitiendo experiencias cercanas a la realidad física, pero sin los riesgos asociados y con la posibilidad de explorar escenarios imposibles en el mundo real (88).

Los sistemas de RV logran esta retroalimentación sensorial principalmente a través del sentido de la vista, aunque también pueden ofrecer experiencias

táctiles. Para ello, deben rastrear la posición y el movimiento del usuario, enfocándose generalmente en la cabeza, aunque los sistemas avanzados pueden seguir las principales articulaciones del cuerpo para una interacción más completa (88).

4. *Interactividad*: Es un componente esencial para que la RV se perciba como auténtica, ya que debe responder de manera dinámica a las acciones del usuario. Esta capacidad se facilita mediante el uso de ordenadores, que permiten a los participantes influir en el entorno virtual o modificar su perspectiva dentro de él. La interacción en RV incluye tanto acciones físicas, como moverse dentro del espacio virtual y obtener nuevos puntos de vista a través de movimientos corporales, como interacciones con el entorno, por ejemplo, manipulando objetos o activando mecanismos. Aunque algunas experiencias de RV son estáticas, otras ofrecen mundos dinámicos que pueden ser modificados por los usuarios (88).

La RV puede definirse como una simulación interactiva generada por ordenador que detecta la posición y el movimiento del usuario, proporcionando retroalimentación sensorial a uno o más sentidos para crear una experiencia de inmersión física y mental en el entorno virtual. Esta definición ayuda a clarificar el término, eliminando usos incorrectos y abarcando la diversidad de herramientas empleadas por los profesionales.

Los sistemas informáticos actuales crean estos entornos a través de hardware especializado que permite tanto la detección de posición como la interacción y la generación de estímulos sensoriales. Entre los dispositivos más destacados se encuentra el casco de RV (head-mounted display, HMD), equipado con una o dos pantallas para mostrar gráficos y sensores de seguimiento que capturan los movimientos de la cabeza del usuario. Este dispositivo permite visualizar el entorno virtual desde un punto de vista coherente con la posición del participante, proporcionando una experiencia inmersiva y una interfaz intuitiva que simula la interacción con el mundo real, dentro de los límites tecnológicos actuales.

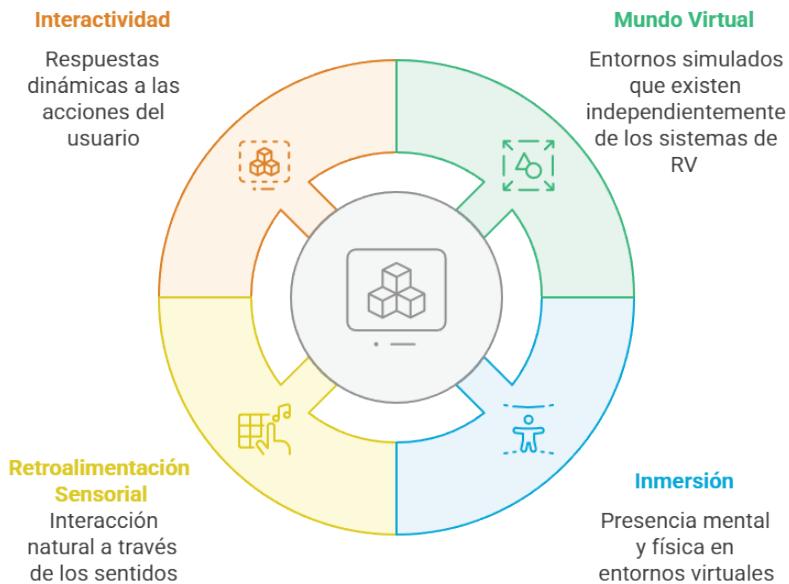


Figura 1. Elementos de la experiencia de realidad virtual.

1.4.2. CARACTERÍSTICAS Y LIMITACIONES DE LOS DISPOSITIVOS DE REALIDAD VIRTUAL

Los dispositivos de RV diseñados para ser utilizados en la cabeza suelen ser compactos y ligeros, ya que están destinados a ser llevados o sostenidos por el usuario (89). La mayoría de estos sistemas cuentan con la capacidad de procesar señales de profundidad a partir de imágenes estereoscópicas. Mientras que las pantallas fijas emplean sincronización temporal y gafas con obturador para proporcionar vistas diferenciadas para cada ojo, los dispositivos montados en la cabeza generan dos salidas independientes, una para cada ojo (90).

Existen diversos métodos de seguimiento para los dispositivos de visualización montados en la cabeza. Algunos incorporan sensores de seguimiento directamente en la unidad, mientras que otros carecen de este sistema integrado, lo que obliga a los desarrolladores a seleccionar una solución externa adecuada para el seguimiento del movimiento.

1.4.2.1. Limitaciones de los dispositivos basados en la cabeza

Entre los principales inconvenientes de estos dispositivos, destaca la posible latencia en el sistema de seguimiento o en la generación de imágenes, lo que puede afectar significativamente la experiencia del usuario. Cuando la representación visual no se

sincroniza correctamente con los movimientos de la cabeza, se genera una discrepancia perceptiva que puede inducir oscilaciones involuntarias en el movimiento del usuario. Este desfase es una de las principales causas del denominado "malestar en simuladores" dentro de los entornos de RV (91).

Otra limitación importante es el campo de visión, que en los dispositivos montados en la cabeza puede ser relativamente reducido. Sin embargo, la resolución ha mejorado significativamente con el tiempo, pasando de modelos iniciales con 160 x 120 píxeles por ojo a sistemas actuales con más de 1.000 x 1.000 píxeles por ojo, lo que proporciona imágenes de alta nitidez (92).

Además, estos dispositivos pueden resultar incómodos para algunos usuarios, ya que su diseño no siempre se adapta bien al uso de gafas y su peso puede generar fatiga o tensión cervical, incluso en períodos de uso relativamente cortos (93).

Otro aspecto a considerar es la fatiga visual que pueden provocar estos sistemas. El conflicto entre las señales de profundidad derivadas de la estereopsis, la acomodación y la convergencia puede generar dificultades visuales. Dado que los dispositivos de visualización en la cabeza poseen un punto focal fijo, el sistema de acomodación ocular interpreta que todos los objetos se encuentran a esa distancia, mientras que otras señales visuales, como la perspectiva, pueden sugerir lo contrario. Esta discrepancia puede inducir una percepción errónea de las distancias y generar incomodidad visual en los usuarios (91).

1.4.2.2. Ventajas de los dispositivos basados en la cabeza

A pesar de sus limitaciones, estos dispositivos presentan importantes ventajas. Una de ellas es la inmersión total en el entorno virtual, ya que el campo de visión del usuario queda completamente cubierto, evitando interrupciones visuales, independientemente de la dirección en la que mire. En comparación con los sistemas de pantalla fija, los dispositivos montados en la cabeza ofrecen la posibilidad de bloquear completamente el entorno físico, lo que puede ser beneficioso para ciertas aplicaciones (94,95).

Asimismo, estos sistemas pueden utilizarse en una amplia variedad de entornos sin depender de condiciones específicas de iluminación, a diferencia de los sistemas de proyección. No obstante, es fundamental que su uso se restrinja a entornos seguros, dado que el usuario no puede percibir posibles riesgos en su entorno real mientras emplea el dispositivo (94).

Por último, una característica clave de los dispositivos de visualización montados en la cabeza es su capacidad para proporcionar una perspectiva en primera persona, permitiendo que el usuario experimente la RV como si estuviera observando el mundo directamente a través de sus propios ojos (94).

1.4.3. USO DE LA REALIDAD VIRTUAL EN CIENCIAS DE LA SALUD

La RV ha sido empleada durante años en ámbitos educativos y de investigación, aunque su integración en entornos clínicos ha experimentado un desarrollo significativo en los últimos años. Esta evolución tecnológica ha permitido que la RV tenga aplicaciones cada vez más amplias en el campo de la medicina, abarcando desde la formación de profesionales de la salud hasta su uso en terapia y rehabilitación de pacientes.

1. *Formación médica y simulación:* La RV constituye una herramienta innovadora para la capacitación de estudiantes de ciencias de la salud en el desarrollo de habilidades y la ejecución de diferentes procedimientos clínicos. Una de sus principales ventajas es que, a través de la simulación de escenarios médicos realistas, se facilita la práctica de técnicas quirúrgicas u otros procedimientos complejos sin poner en riesgo la seguridad de los pacientes. Además, esta tecnología posee características distintivas que podrían potenciar significativamente los resultados del aprendizaje en relación con los enfoques educativos convencionales. No obstante, en el ámbito de la formación en ciencias de la salud, persiste una limitada adopción de estas tecnologías desde una perspectiva centrada en el estudiante. Esta escasa implementación representa una oportunidad desaprovechada, dado el potencial transformador de la RV para generar un cambio de paradigma en los procesos de enseñanza-aprendizaje (96).
2. *Terapia de exposición y tratamiento de trastornos de ansiedad:* En el ámbito terapéutico, la RV ha sido utilizada en tratamientos de exposición para abordar trastornos como el estrés postraumático, las fobias y los trastornos de ansiedad. Mediante la recreación de entornos virtuales que reproducen situaciones generadoras de ansiedad, los pacientes pueden exponerse progresivamente a sus miedos en un contexto controlado, favoreciendo así el afrontamiento y la desensibilización ante estos estímulos (97).

3. *Rehabilitación física y neurocognitiva:* La RV también se ha implementado en la rehabilitación de pacientes con lesiones neurológicas o discapacidades físicas. Gracias a sistemas interactivos, es posible desarrollar programas de ejercicios diseñados para mejorar la coordinación motora, la movilidad y la funcionalidad general de los pacientes, promoviendo así su recuperación y autonomía (98,99).
4. *Disminución del dolor y distracción durante procedimientos médicos:* Otra aplicación relevante de la RV en medicina es su uso como herramienta para la reducción del dolor y la ansiedad en procedimientos clínicos dolorosos o invasivos. Al sumergir a los pacientes en entornos virtuales diseñados para captar su atención o inducir relajación, se ha observado una disminución en la percepción del dolor y una mejor tolerancia al procedimiento (99).

1.4.4. REALIDAD VIRTUAL Y PERCEPCIÓN DEL DOLOR

Aunque gran parte de la atención clínica se centra en la supresión del dolor desadaptativo, es importante recordar que el dolor, en sí mismo, constituye una sensación esencial para la supervivencia humana. Las personas que carecen de la capacidad para percibir el dolor son susceptibles a sufrir lesiones de manera recurrente, algunas de las cuales pueden ser potencialmente mortales debido a la ausencia de una señal de advertencia ante posibles daños tisulares. Por ello, tanto la percepción del dolor como la capacidad de reaccionar ante estímulos nocivos resultan fundamentales para la supervivencia del individuo y la preservación de la especie. Con este propósito, la evolución ha dotado a los animales, y en particular al ser humano, de complejos sistemas de detección, procesamiento y modulación del dolor. En condiciones fisiológicas normales, esta función es iniciada por los nociceptores, terminaciones nerviosas especializadas de fibras aferentes amielínicas distribuidas por todo el organismo (incluyendo piel, músculos y órganos internos). Estos receptores responden a estímulos que indican daño tisular y transmiten dicha información hacia el SNC a través de dos tipos principales de fibras nerviosas: las fibras A-delta y las fibras C (100).

Las fibras A-delta son fibras mielinizadas de pequeño calibre (entre 1 y 5 micras de diámetro) que presentan velocidades de conducción relativamente rápidas, alcanzando hasta 30 metros por segundo. Estas fibras se activan ante estímulos mecánicos de alta intensidad y estímulos térmicos, razón por la cual se clasifican como mecanorreceptores de

umbral alto. En contraste, las fibras C carecen de mielina, lo que se traduce en velocidades de conducción significativamente más lentas, oscilando entre 0,5 y 2 metros por segundo. Estas fibras son sensibles a una variedad de estímulos nocivos, incluyendo señales térmicas, mecánicas y químicas, y se estima que su densidad alcanza aproximadamente 200 por centímetro cuadrado de piel. Son las principales mediadoras del dolor crónico, así como del dolor secundario que sigue a un episodio agudo. Desde una perspectiva evolutiva, se postula que las fibras C surgieron como un mecanismo adaptativo que incentiva al organismo a protegerse y limitar su actividad tras una lesión o durante un proceso patológico, facilitando así una recuperación más eficaz (100). Tanto las fibras A-delta como las fibras C realizan su primera sinapsis en el asta dorsal de la médula espinal, desde donde cruzan hacia el lado opuesto (decusación) y ascienden por el tracto espinotalámico hasta alcanzar el tálamo. No obstante, algunas señales nociceptivas también pueden transmitirse a través del tracto espinomesencefálico y de la columna dorsal. A nivel del SNC, la información relacionada con el dolor es procesada en diversas regiones corticales, entre las que se incluyen la corteza somatosensorial primaria (S1) y secundaria (S2), la corteza cingulada anterior, estructuras del sistema límbico y la corteza insular (101). De este modo, la analgesia o la disminución de la percepción dolorosa puede lograrse mediante la interrupción o modulación de estas vías fisiológicas implicadas en la detección y procesamiento del dolor. En este contexto, y considerando la complejidad de los mecanismos implicados en la percepción y modulación del dolor, diversas estrategias no farmacológicas han cobrado relevancia en los últimos años, entre ellas, la RV.

Existe evidencia científica en relación con la efectividad de la RV para el control del dolor en procedimientos médicos (102,103). Esta tecnología ha demostrado ser una alternativa innovadora a las estrategias convencionales de analgesia, ofreciendo una reducción significativa en la percepción del dolor mediante mecanismos de distracción inmersiva y modulación cognitiva. El desarrollo de la RV inmersiva ha permitido que el usuario se convierta en un participante activo dentro de un entorno virtual, interactuando con estímulos visuales, auditivos y hápticos. Esta tecnología posibilita la focalización de la atención en un entorno placentero y envolvente, reduciendo la percepción del dolor al desplazar la atención del paciente desde un contexto clínico adverso hacia una RV atractiva. Dicho proceso involucra la activación de áreas cognitivas y emocionales del SNC, favoreciendo una disminución en la percepción del dolor (104).

Desde una perspectiva neurobiológica, el dolor es un fenómeno complejo que involucra múltiples sistemas y procesos en el SNC. La teoría del control de compuerta de Melzack y Wall (1965) revolucionó la comprensión del procesamiento del dolor al sugerir que las señales nociceptivas pueden ser moduladas por factores descendentes antes de alcanzar el cerebro (105). Estudios posteriores han identificado la existencia de opioides endógenos y circuitos cerebrales implicados en la modulación del dolor, lo que ha permitido desarrollar estrategias terapéuticas basadas en la estimulación de estas vías (106).

La RV se ha integrado en este marco teórico como un recurso capaz de alterar la experiencia subjetiva del dolor mediante la inmersión en entornos virtuales interactivos (107). Investigaciones recientes han explorado su eficacia en diversos contextos clínicos, incluyendo la rehabilitación en deportistas (107), el tratamiento del dolor en fibromialgia (108) y la recuperación postoperatoria en mujeres tras una episiotomía (109). Su mecanismo de acción radica en la capacidad de desviar la atención del paciente de los estímulos dolorosos, favoreciendo una experiencia sensorial placentera y reduciendo la activación de las áreas cerebrales implicadas en la percepción del dolor.

1.4.5. REALIDAD VIRTUAL, ATENCIÓN Y DOLOR

Gran parte del potencial terapéutico de la RV radica en su capacidad para desviar la atención del paciente de procedimientos médicos potencialmente dolorosos, sumergiéndolo en un entorno generado por ordenador que resulta más atractivo y envolvente. Esta inmersión se logra mediante la estimulación multisensorial, a través de señales visuales, auditivas y, en algunos casos, hápticas. La literatura científica ha documentado la eficacia de diversas estrategias de distracción, como tareas cognitivas, estimulación musical, entre otras, para reducir la percepción subjetiva del dolor. En este sentido, estudios previos (110,111), que emplearon resonancia magnética funcional (fMRI), evidenciaron que las regiones corticales implicadas en la atención y la modulación del dolor mostraban una mayor activación durante las maniobras de distracción, mientras que las áreas asociadas a la percepción del dolor presentaban una actividad reducida. Específicamente, estructuras como el giro angular posterior, la corteza cingulada anterior perigenual (CCA) y la corteza orbitofrontal exhibieron una activación aumentada durante la experiencia dolorosa acompañada de distracción, en comparación con situaciones dolorosas sin intervención distractora (111). Por el contrario, regiones clave de la matriz del dolor, como el tálamo, la corteza insular y la porción media de la CCA, mostraron una disminución de su actividad

durante la ejecución de tareas cognitivas distractoras. Estos hallazgos respaldan la hipótesis de que la distracción cognitiva del dolor activa procesos inhibitorios mediados, al menos en parte, por mecanismos descendentes de control del dolor.

La CCA constituye una región de especial relevancia en la comprensión de los mecanismos a través de los cuales la RV puede modular la percepción del dolor. Esta estructura cortical, situada alrededor del cuerpo calloso, presenta una organización funcional compleja y ha sido subdividida en dos regiones principales, con diferencias tanto estructurales como funcionales (112). Por un lado, la porción media de la CCA se activa predominantemente durante la realización de tareas cognitivas complejas, mientras que la región perigenual se asocia con procesos atencionales y respuestas emocionales frente al dolor (113). En este contexto, el estudio de Bantick et al. (113) puso de manifiesto un aumento en la actividad del cíngulo perigenual durante situaciones de distracción del dolor, acompañado de una reducción de la actividad en el cíngulo medio. Esta modulación inversa de la actividad cortical se correlacionó con una menor percepción del dolor, lo que sugiere una posible inhibición recíproca entre ambas regiones (114). En consonancia con estos hallazgos, DeCharms et al. (115) demostraron que la activación voluntaria del cíngulo perigenual podía inducir efectos analgésicos, consolidando el papel de esta región en la regulación descendente del dolor.

No obstante, las modificaciones observadas en la actividad de la CCA durante la distracción del dolor no explican por completo los mecanismos mediante los cuales la RV modula la percepción dolorosa. Se ha documentado que la CCA proyecta hacia múltiples regiones cerebrales, destacando entre ellas el área gris periacueductal (AGP) del mesencéfalo (116). Considerando el papel de la AGP en la vía descendente de modulación del dolor, una ruta que puede ser activada por estimulación de esta estructura, es razonable plantear que la CCA constituye un nodo clave en la regulación del dolor mediada por RV, al influir sobre centros subcorticales implicados en el control analgésico. En este marco, la exposición del paciente a un entorno virtual altamente inmersivo y emocionalmente positivo favorece la activación de la CCA, particularmente de su región perigenual, que integra procesos atencionales y afectivos. Esta activación cortical, a su vez, estimula al AGP en sentido descendente, lo que desencadena una cascada de eventos neurofisiológicos que culminan en la activación del sistema endógeno de modulación del dolor, generando así un efecto analgésico.

Si bien el papel exacto de la CCA en la percepción y modulación del dolor aún no se comprende por completo, existe amplia evidencia que respalda su participación tanto en la atención como en la supresión de estímulos dolorosos. Además, esta estructura desempeña un rol esencial en la regulación de la vía descendente de control del dolor, influyendo de manera directa en la percepción subjetiva del mismo. A la luz del conocimiento actual sobre la neurobiología del dolor, resulta altamente plausible que la RV ejerza su efecto analgésico a través de la activación de la CCA, facilitando el desvío atencional del estímulo nociceptivo y promoviendo, en consecuencia, una respuesta de analgesia inducida por mecanismos centrales.

1.4.6. REALIDAD VIRTUAL, EMOCIÓN Y DOLOR

Al igual que la atención, las emociones juegan un papel crucial en la modulación de la percepción del dolor a través del sistema descendente de control del dolor. La amígdala, una estructura clave del sistema límbico y en el control de las emociones, interactúa tanto con la CCA como con el AGP. La activación de la amígdala puede, dependiendo del contexto emocional, facilitar o inhibir la percepción del dolor. Neugebauer et al. (117) demostraron que ciertas emociones negativas, como el miedo o el estrés, activan una región específica de la amígdala, lo que a su vez activa las vías descendentes inhibitorias del dolor. En contraste, emociones como la ansiedad o la depresión parecen intensificar la sensación de dolor. Las emociones positivas, por otro lado, pueden bloquear las áreas de la amígdala responsables de promover la sensación dolorosa, induciendo un efecto analgésico. En un estudio sobre el control emocional del dolor, Rhudy et al. (118) observaron que la exposición de los sujetos a imágenes agradables durante la aplicación de estímulos dolorosos no esperados resultó en una disminución significativa de la percepción del dolor, en comparación con los sujetos que vieron imágenes neutras o desagradables.

A partir de estos hallazgos, podemos inferir que la RV, debido a su capacidad inmersiva única, ofrece un potente medio para influir en las emociones. De esta forma, tanto sensaciones emocionales negativas, como el miedo o la ansiedad, como emociones positivas pueden ser inducidas o moduladas a través de entornos virtuales específicos. Dado que aún existen pocas investigaciones sobre los correlatos neurales de la percepción del dolor modulada por emociones, planteamos la hipótesis de que el componente emocional de la RV podría incrementar aún más la modulación del dolor, actuando sobre las interacciones entre la amígdala, la CCA y el AGP.