

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias de la Computación



TESIS

**“PLATAFORMA WEB PARA LA DETECCIÓN DE AUTISMO
UTILIZANDO CIENCIA DE DATOS: UNA HERRAMIENTA
INNOVADORA PARA LA EVALUACIÓN TEMPRANA”**

Presenta: *JORGE MARTÍNEZ VARGAS*

Para obtener el grado de: *INGENIERO EN CIENCIAS DE LA
COMPUTACIÓN*

Director: *MARIA DEL CARMEN SANTIAGO DÍAZ*

Codirector: *GUSTAVO TRINIDAD RUBÍN LINARES*

Puebla, Pue, Septiembre 2025

Dedicatoria

A mis padres y hermanos

*"Por su constante apoyo, sus valores,
sus sacrificios y enseñanzas, y por ser
el pilar que me ha sostenido a lo largo
de este camino."*

A mi esposa, mi hija y mi suegra

*"Por brindarme su amor, paciencia, comprensión
y el impulso necesario para seguir adelante
incluso en los momentos más desafiantes."*

¡Este logro también es suyo!

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me acompañaron y apoyaron durante este importante camino.

Agradezco infinitamente a Dios por ser mi calma y fortaleza en los momentos de incertidumbre, por darme una vida única y especial, y por rodearme de personas a quienes amo y que me aman.

Expreso mi más profundo agradecimiento a mis asesores y guías de tesis, la Mtra. María del Carmen Santiago Díaz y el Dr. Gustavo Trinidad Rubín Linares, por confiar en mi proyecto, por compartir su conocimiento, por su valiosa orientación y por la paciencia que me brindaron a lo largo de este proceso.

Gracias a todos aquellos compañeros y amigos que han compartido conmigo momentos de tristeza, alegría y aprendizaje. Su compañía, sus palabras de aliento y su amistad incondicional hicieron más llevadero este camino y dejaron valiosas huellas en mi vida, tanto en lo personal como en lo académico.

Y finalmente, a todo el personal docente que contribuyó a mi crecimiento académico y profesional, gracias por compartir su conocimiento, su dedicación y por motivarme a seguir superándome cada día.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES	6
1.1 El niño con necesidades especiales de atención de la salud.....	10
1.2 Dificultades en la evaluación y diagnóstico del autismo. Una discusión.	11
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE DE LAS TÉCNICAS DE CIENCIA DE DATOS Y APRENDIZAJE AUTOMÁTICO EN EL ESTUDIO DEL AUTISMO	12
2.1 Detección de autismo y transferencias condicionales de efectivo en Chile: Utilizando el Cuestionario Cuantitativo (Q-CHAT) para la detección temprana del autismo en un entorno de recursos limitados.	12
2.2 Uso de aprendizaje automático para investigar el Cuestionario Cuantitativo para el Autismo en Niños Pequeños (Q-CHAT) en relación a la detección temprana del autismo.....	13
2.3 Detección de autismo con apoyo de decisiones en línea por parte de pediatras de atención primaria con la ayuda de M-CHAT/F.....	14
2.4 M-CHAT-R/F Validación como herramienta de screening para la detección temprana en niños con trastorno del espectro autista.	15
2.5 Detección de autismo a los 18 meses de edad: una comparación de los evaluadores Q-CHAT-10 y M-CHAT	16
2.6 Uso de las técnicas de Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático para mejorar los instrumentos de detección y diagnóstico del autismo: efectividad, eficiencia y fusión de múltiples instrumentos.	17
2.7 Detección del trastorno del espectro autista (TEA) en niños y adultos mediante Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático.	18
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA PARA LA DETECCIÓN DEL TEA UTILIZANDO CIENCIA DE DATOS Y APRENDIZAJE AUTOMÁTICO	19
3.1 Definición del Trastorno del Espectro Autista	19
3.2 Instrumentos de evaluación	20
3.2.1 Childhood Autism Rating Scale (CARS).....	20
3.2.2 Autism Diagnostic Interview – revised (ADI-R).....	20
3.2.3 Diagnostic Interview for Social and Communication Disorders (DISCO)	21
3.2.4 Autism Diagnostic Observation Schedule - Generic (ADOS-G).....	21
3.2.5 M-CHAT-R.....	21
3.2.6 AQ-10-Adult.....	22
3.2.7 Q-CHAT-10.....	22
3.3 Aprendizaje automático	23
3.4 Algoritmos de aprendizaje automático	23

3.5 Modelos del aprendizaje automático	24
3.6 Técnicas de Ciencia de Datos para generar el dataset.....	26
3.7 Algoritmo Random Forest.....	28
3.8 Diseño de la plataforma Web.....	32
CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	37
4.1 Autismo.....	38
4.2 Acerca de	41
4.3 Servicios.....	44
4.3.1 Valoración	44
4.3.2 Noticias.....	47
4.3.3 Recursos educativos.....	48
4.3.4 Referencias	49
4.4 Contacto.....	50
CAPITULO 5. PRUEBAS Y RESULTADOS	51
5.1 Aplicación del instrumento.....	51
5.2 Pruebas	53
Conclusiones.....	63
Referencias bibliográficas	65

Índice de tablas

Tabla 1 Ítems de la Escala de Autismo Infantil (CARS).....	20
Tabla 2 Descripción de los atributos	28
Tabla 3 Resultados obtenidos del cuestionario Q-Chat-10	61

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

A lo largo de la historia, el término autismo ha sido objeto de diversas confusiones, pero con el transcurso del tiempo, gracias a la dedicación y el esfuerzo de investigadores se ha logrado esclarecer este trastorno del desarrollo, el cual se caracteriza por comportamientos restringidos, repetitivos y estereotipados. Estas investigaciones han sido fundamentales para comprender mejor el autismo y sus manifestaciones que impactan principalmente en la comunicación y la interacción social de los niños. [1] El término relacionado al autismo se observa por primera vez en la monografía *Dementia praecox oder Gruppe der Schizophrenien* redactada por Eugen Bleuler (1857-1939) para el Tratado de Psiquiatría dirigido por Gustav Aschaffenburg (1866-1944) y publicado en Viena en 1911.

En aquella monografía Eugen Bleuler sustituye la noción de *Dementia praecox*, enfermedad definida por Emil Kraepelin (1856-1926) con base en una evolución progresiva hacia un estado terminal de empobrecimiento intelectual (*Verblodung*) por un grupo de psicosis esquizofrénicas que tenían en común, así como síntomas fundamentales especialmente el autismo o autismo. Este término, descrito por Bleuler, tiene una etimología griega "autos" que significa "sí mismo" opuesto a "otro". Según Bleuler el autismo se caracteriza por el repliegue de la vida mental del sujeto sobre sí mismo, llegando a la constitución de un mundo cerrado separado de la realidad exterior y a la dificultad extrema o la imposibilidad de comunicarse con los demás. Años después el psiquiatra francés de origen polaco Eugène Minkowski (1885-1972), retomaría el término autismo, en referencia a la noción de *Élan vital* introducida por el filósofo Henri Bergson, como "la pérdida del contacto del *Élan vital*

con la realidad", definición que fue la base de su propia concepción de la esquizofrenia. [2]

En 1923, el psicólogo Carl Gustav Jung establece los conceptos de personalidad extravertida e introvertida, enriqueciendo el enfoque psicoanalítico de Sigmund Freud. Donde menciona que una persona con autismo es un ser profundamente introvertido en su mundo interior. Para Jung, una persona introvertida es aquella la cual disfruta de la soledad y de su mundo interno; de tal manera que consideraba al autismo como una característica de algunas formas de esquizofrenia.

La definición del término autismo (del griego *eaftismos*: encerrado en uno mismo) al significado actual se debe a Leo Kanner, tras el artículo fundacional del autismo actual: "*Autistic disturbances of affective contact*" publicado en el año 1943 en la revista "Nervous Child". [3] Después de la publicación del artículo, Kanner profundizó en la delimitación del trastorno, al cual le consigno la denominación de "*autismo infantil precoz*", tras haber trabajado con más de 100 niños y estudiado precedentes de colegas psiquiatras y pediatras. Con esta finalidad, Kanner propuso como criterios que definían el autismo precoz los siguientes síntomas cardinales:

- Aislamiento profundo para el contacto con las personas.
- Deseo obsesivo de preservar la identidad.
- Relación intensa con los objetos.
- Conservación de una fisonomía inteligente y pensativa.
- Alteración en la comunicación verbal manifestada por un mutismo o por un tipo de lenguaje desprovisto de intención comunicativa.

De todos estos aspectos, en 1951 Kanner destacó como característica nuclear: la obsesión por mantener la identidad, expresada por el deseo de vivir en un mundo estático, donde los cambios no son aceptados. [4]

En 1938 Asperger realizó una conferencia donde habla acerca de la psicopatía autista y en 1944 publicó un estudio después de haber observado cuatro

personas con esta condición: Fritz, Jarro, Ernst y Hellmuth. [5] Entre las características señaladas por Asperger se encuentran:

- Ausencia de empatía.
- Incapacidad para las relaciones sociales o crear vínculos de amistad.
- Trastornos del contacto visual, la gestualidad, la mímica y el lenguaje.
- Conversaciones solitarias.
- Dedicación intensiva a un área concreta de interés.
- Trastornos motores.

Se considera a Leo Kanner y Hans Asperger como los pioneros que revolucionaron el campo de las psicosis infantiles.

Aunque la publicación de Leo Kanner, fue rápidamente difundida y conocida internacionalmente. El Dr. Asperger no corrió con la misma suerte en su publicación, debido a que esta fue escrita en alemán lo cual limitó en gran medida su difusión.[6] Los aspectos más importantes de las aportaciones de Asperger son, por una parte, la gran precisión y minuciosidad de sus publicaciones y, por otro lado, la cuidadosa comprensión hacia los niños diagnosticados de psicopatía autística. Se dice que la personalidad del propio Hans Asperger compartiera algunas características propias del síndrome por él descrito. [7]

En el año 1893, se crea la primera edición de la Clasificación Internacional de las Enfermedades (CIE), donde se define la variedad de enfermedades, trastornos, lesiones y otras afecciones de salud relacionadas, enumeradas jerárquica e integralmente, de esta manera se conoce las razones por las que las personas enferman y mueren. [8] La cual fue adoptada por el Instituto Internacional de Estadística, anteriormente solo se tomaba en cuenta las causas de mortalidad. Fue hasta el año 1946 cuando se eligió el comité de expertos para la elaboración de una lista internacional de enfermedades y causas de defunción, bajo la protección de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La primera asamblea mundial de la salud celebrada en 1948 aprobó y modificó el manual de la Clasificación Internacional de Enfermedades, Traumatismos y Causas

de Defunción. Por lo cual, la OMS tomo la responsabilidad de la CIE, cuando se publicó CIE-6 donde se incluyeron las causas de morbilidad por primera vez. A finales del siglo XX en España se pone en marcha la CIE-10-ES en las diferentes comunidades para la aplicación clínica de los episodios asistenciales, esta CIE sustituye a la CIE-9-MC ya que carecía los conocimientos y avances de la clínica actual. [9]

La CIE-10 consta de 21 capítulos, 2.036 categorías y 12.154 subcategorías en su versión original presentada internacionalmente en octubre de 1989. Esta fue aprobada en la Asamblea Mundial de la Salud realizada en mayo de 1990, adoptada por la mayoría de los países miembros de la OMS a partir de 1994, traducida a más de 40 idiomas en el mundo y estará en vigor hasta el año 2018, momento en el cual se espera que entre en vigencia la CIE-11. [10]

El 18 de junio de 2018 se publicó la CIE-11 con el propósito de que los Estados miembros planifiquen su implementación, al igual que la traducción de la CIE a sus idiomas. Esta se presentó en la 144ª reunión del Consejo Ejecutivo, en enero de 2019; y se presentó en la 74ª Asamblea Mundial de la Salud, en mayo de 2019. La OMS ayudara a los países en la aplicación de la nueva CIE-11. El 1 de enero de 2022, los Estados miembros implementaran la CIE-11. [8]

La creación y publicación de distintos instrumentos de evaluación, tales como cuestionarios o escalas de observación para evaluar el autismo, comenzaron a surgir en la década de los 70's. Algunos de los más conocidos son la Escala de Autismo Infantil (C.A.R.S) la cual se desarrolló a finales de la década de los 70's por Robert J. Reichler y Eric Schopler utilizándose como herramienta en la detección del comportamiento para niños mayores de dos años. También es útil para diagnosticar casos de trastorno del espectro autista (TEA). [11] En 1989 se crea una entrevista clínica llamada ADI-R que significa por sus siglas en inglés Autism Diagnostic Interview-Revised con el propósito de investigar el crecimiento de los diagnósticos de autismo y ahora se utiliza para facilitar la detección de este trastorno. [12] Durante ese mismo año se desarrolló el ADOS-2 por la doctora Catherine Lord, Michael Rutter, Pamela C. DiLavore y Susan Risi y en mayo de

2012 se publicó una revisión o segunda edición del test ADOS donde se actualizaron normas, se mejoraron algoritmos y se agregó un nuevo módulo que facilita la evaluación de niños entre 12 y 30 años. [13] En 1992 se crea la Escala de Autismo en Niños Pequeños (CHAT), elaborado por Baron-Cohen (1992); una década después se crea el CHAT modificado (M-CHAT), elaborado por Robins, Fein, Baton y Green en 2001, actualmente el cuestionario M-CHAT Revisado de Detección del Autismo en Niños Pequeños con Entrevista de Seguimiento (M-CHAT-R/F; Robins, Fein, y Barton, 2009) es una herramienta de detección en 2 etapas que es respondida por los padres para evaluar el riesgo de trastorno del espectro autista (TEA). [14][15] En el año 2008 se crea Q-CHAT, elaborado por Allison, Baron-Cohen, Wheelwright, Charman, Richler, Pasco, & Brayne [14]. El Q-CHAT (Quantitative Checklist for Autism in Toddlers), test de 25 preguntas enfocado a niños de 18 a 30 meses de edad que discrimina entre aquellos que parecen desarrollar TEA y los que siguen un proceso de desarrollo neurotípico. Los autores efectúan un análisis estadístico para determinar cuáles de las 25 preguntas del Q-CHAT tienen un mayor peso en la decisión, extrayendo las diez más importantes para formar el Q-CHAT-10. [16]

1.1 El niño con necesidades especiales de atención de la salud

El trastorno del espectro del autismo es una categoría de trastornos que se caracteriza por patrones de conducta restrictiva, repetitiva y estereotípica, con alteraciones de la interacción y comunicación social. El trastorno tiene una amplia variedad de expresiones clínicas, gravedad y nivel de función. El aumento de la prevalencia en las últimas décadas puede deberse a una mejor detección y más temprana. La prevalencia actual es de cerca de uno en cada 88 niños. Se desconoce la causa, pero no hay una relación con las inmunizaciones de la infancia. En general, la mayoría de los niños con trastorno del espectro autista no tienen trastornos médicos relacionados y sus necesidades médicas son similares a las de los niños de su misma edad con desarrollo normal. [17]

1.2 Dificultades en la evaluación y diagnóstico del autismo. Una discusión.

La detección del autismo en México es muy importante ya que la falta de reconocimiento de este trastorno tiene costos muy elevados para las familias y los prestadores de servicios de salud y educación. Muy a menudo el diagnóstico de autismo se realiza cuatro o cinco años después de que los padres observan los primeros síntomas. Las razones para este reconocimiento tardío son diversas; pero una de las principales es la falta de identificación de síntomas clave que obliguen a una evaluación diagnóstica en forma. Otro motivo es que en nuestro país son poco conocidos los instrumentos de tamizaje y diagnóstico por parte de los profesionistas primarios como maestros y médicos familiares, quienes son los primeros en escuchar las quejas y preocupaciones de los padres. Aun en contextos más especializados, estas herramientas son poco conocidas pues su adquisición y aplicación es un proceso complejo y costoso que a menudo debe realizar el profesionista por su cuenta. A pesar de estos inconvenientes, en años recientes se han realizado grandes esfuerzos para el reconocimiento del autismo puesto que hay evidencias de que las intervenciones tempranas mejoran el pronóstico en estos niños. En la última década se han realizado avances muy importantes en el diseño de instrumentos de diagnóstico y tamizaje, a los que se han utilizado con propósitos de investigación clínica y epidemiológica. En algunos países su uso se ha vuelto una rutina en las escuelas y se ha logrado una mayor detección de autismo por lo que se han elevado las tasas de prevalencia. Los instrumentos son muy diversos, pueden ser listas de auto informe dirigidos a los padres para que registren los síntomas de los niños, o cédulas de observación para ser completadas por el clínico o el personal entrenado para tal propósito. [18]

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE DE LAS TÉCNICAS DE CIENCIA DE DATOS Y APRENDIZAJE AUTOMÁTICO EN EL ESTUDIO DEL AUTISMO

En este capítulo presentamos la revisión de trabajos similares al que se desarrolló en este trabajo de tesis.

2.1 Detección de autismo y transferencias condicionales de efectivo en Chile: Utilizando el Cuestionario Cuantitativo (Q-CHAT) para la detección temprana del autismo en un entorno de recursos limitados.

Obtener un diagnóstico de autismo puede llevar mucho tiempo, porque el autismo es diferente entre las personas, pero también porque depende de la forma en que se diagnostica. Esto es especialmente importante en países más pobres o en el caso de personas pobres que viven en países más ricos que tienen grupos significativos de comunidades desfavorecidas. Se adaptó una versión de 10 ítems del cuestionario QCHAT-25 para su uso en el programa de controles de salud de rutina en Chile y reclutamos a 287 participantes menores de tres años divididos en tres grupos: Controles (125), Retraso en el desarrollo (149) y Condición del espectro autista (13). Nuestros resultados muestran que un breve cuestionario para la detección del autismo se puede aplicar con éxito en un programa de control de salud en entornos de escasos recursos. Nuestros resultados muestran que nuestro cuestionario tuvo un buen desempeño general, no diferente a su versión más larga, el Q-CHAT-25. El cuestionario fue específico para el autismo, con buena sensibilidad y confiabilidad, y es adecuado para usarse en un entorno de detección. Este estudio proporciona evidencia de que la implementación de programas de

detección de condiciones del espectro autista utilizando el Q-CHAT-10 proporciona valor por dinero y mejora el diagnóstico de la condición del espectro autista en aquellos que participan en programas de control de salud de rutina en países en desarrollo o áreas pobres de países ricos. [19]

2.2 Uso de aprendizaje automático para investigar el Cuestionario Cuantitativo para el Autismo en Niños Pequeños (Q-CHAT) en relación a la detección temprana del autismo.

En las últimas dos décadas, se desarrollaron varios instrumentos de detección para detectar niños pequeños que pueden ser autistas tanto en muestras clínicas como no seleccionadas. Entre otros, la Lista de verificación cuantitativa para el autismo en niños pequeños (Q-CHAT) es una medida cuantitativa y distribuida normalmente de los rasgos autistas que demuestra buenas propiedades psicométricas en diferentes entornos y culturas. Recientemente, el aprendizaje automático (ML) se ha aplicado a la ciencia del comportamiento para mejorar el rendimiento de clasificación de las herramientas de detección y diagnóstico del autismo, pero principalmente en niños, adolescentes y adultos. En este estudio, usamos ML para investigar la precisión y confiabilidad del QCHAT en la discriminación de niños pequeños autistas de aquellos que no lo tienen. Se aplicaron cinco algoritmos ML diferentes (bosque aleatorio (RF), bayesiano ingenuo (NB), máquina de vectores de soporte (SVM), regresión logística (LR) y vecinos más cercanos K (KNN)) para investigar el conjunto completo de Q-CHAT elementos. Nuestros resultados mostraron que ML logró una precisión general del 90%, y SVM fue el más efectivo, pudiendo clasificar el autismo con un 95% de precisión. Además, utilizando el enfoque de eliminación de características recursivas (RFE) de SVM, seleccionamos un subconjunto de 14 elementos que garantizan una precisión del 91 %, mientras que se obtuvo una precisión del 83 % de los 3 elementos con mejor discriminación en común con el nuestro y el Q-CHAT informado anteriormente. 10 Esta evidencia confirma el alto rendimiento y la validez transcultural del Q-CHAT, y respalda la aplicación de ML para crear versiones más cortas y rápidas del instrumento, manteniendo una alta precisión de clasificación, para ser utilizado como una herramienta rápida, fácil y de alto nivel. [20]

2.3 Detección de autismo con apoyo de decisiones en línea por parte de pediatras de atención primaria con la ayuda de M-CHAT/F.

Los trastornos del espectro autista (TEA) a menudo pasan desapercibidos en los niños pequeños. Se ha demostrado que la Lista de verificación modificada para el autismo en niños pequeños (M-CHAT) con entrevista de seguimiento (M-CHAT/F) mejora la detección y reduce el exceso de referencias. Sin embargo, hay poca evidencia que respalde la administración de la entrevista por parte de un pediatra de atención primaria (PCP) durante los controles habituales. El objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad, validez y confiabilidad del M-CHAT/F por parte de los PCP con indicaciones en línea en el momento de una prueba positiva de M-CHAT. Dentro del diseño se ocuparon cuarenta y siete PCP de 22 clínicas completaron 197 M-CHAT/F activados por pruebas positivas de M-CHAT a través de la misma plataforma segura basada en la web que los padres usaron para completar M-CHAT antes de un niño sano de 18 o 24 meses. Visita. Un segundo M-CHAT/F fue administrado en vivo o por teléfono por asistentes de investigación capacitados (RA) en el Centro del Instituto Kennedy Krieger para el Autismo y Trastornos Relacionados. El Programa de Observación de Diagnóstico de Autismo, Segunda Edición, y las Escalas Mullen de Aprendizaje Temprano se administraron como medidas de criterio. Se calcularon las medidas de concordancia entre los PCP y los RA, y se compararon las medidas de rendimiento de la prueba. Los resultados obtenidos fue un 86,6% de concordancia entre MAP y AR, con un κ de Cohen de 0,72. La comparación de sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP) y precisión general para M-CHAT/F entre PCP y RA mostró una equivalencia significativa para todas las medidas. El uso del M-CHAT/F por parte de los PCP dio como resultado una mejora significativa en el VPP en comparación con el M-CHAT.

[21]

2.4 M-CHAT-R/F Validación como herramienta de screening para la detección temprana en niños con trastorno del espectro autista.

La detección de trastornos del espectro autista (TEA) utilizando la Lista de verificación modificada para el autismo en niños pequeños, revisada con seguimiento (M-CHAT-R/F) aumenta la detección temprana, lo que permite intervenciones tempranas y mejora el pronóstico. Esta herramienta forma parte del manejo en caso de sospecha de TEA en varias guías clínicas. El objetivo de este artículo fue realizar la validación concurrente y discriminante y el análisis de confiabilidad del M-CHAT-R/F en población chilena. Esta es la segunda etapa de la adaptación transcultural del diseño transversal. Se aplicó M-CHAT-R/F a una muestra de 20 niños con sospecha de TEA y 100 niños de control sanos seleccionados al azar, con edades comprendidas entre 16 y 30 meses. El Programa de Observación Diagnóstica de Autismo (ADOS-2), considerado como referencia, se aplicó a los 20 pacientes de la muestra clínica, a los 20 niños de la muestra control sano y a aquellos casos de la muestra control sano con M-CHAT-R/F positivo. Se calculó el alfa de Cronbach, así como los análisis de correlación, sensibilidad y especificidad de M-CHAT-R/F y ADOS-2. En la muestra sana, M-CHAT-R/F fue positivo en dos pacientes, siendo uno de ellos positivo y otro negativo para TEA con prueba ADOS-2. En la muestra clínica M-CHAT-R/F fue positivo en todos los casos, tres de ellos fueron negativos en la prueba ADOS-2. La confiabilidad Alfa de M-CHAT-R/F fue de 0,889, la sensibilidad y especificidad discriminante fueron de 100% y 98%, y las concurrentes fueron de 100% y 87,5% respectivamente. La versión chilena M-CHAT-R/F resultó confiable, sensible y específica, similar a la prueba original, lo que abre la posibilidad para su uso en muestras clínicas y para investigación. La validación de M-CHAT-R/F es un proceso continuo que debe desarrollarse más. [22]

2.5 Detección de autismo a los 18 meses de edad: una comparación de los evaluadores Q-CHAT-10 y M-CHAT

La Lista de verificación para el autismo en niños pequeños (CHAT), una de las primeras pruebas validadas de detección de autismo, mostró una promesa inicial para la detección a los 18 meses con un alto valor predictivo positivo concurrente (VPP). Sin embargo, en un seguimiento de 6 años, el CHAT de 18 meses solo había identificado al 38% de los niños con un diagnóstico de autismo. La baja sensibilidad del CHAT, y el deseo de eliminar sus elementos de observación secundarios, llevaron a modificaciones de la pantalla, por ejemplo, el chat modificado (m-chat), que también agregó elementos de informe de padres. Otra modificación, el CHAT CUANTITATIVO (Q-CHAT), cambió las respuestas dicotómicas (sí/no) del CHAT y el M-CHAT a respuestas ordinales (cuánto/frecuencia), reconociendo que los rasgos autistas se encuentran en una dimensión. La puntuación M-CHAT-R sin el seguimiento fue más sensible a los diagnósticos de autismo que el procedimiento recomendado de dos etapas (M-CHAT-R/F), pero a costa de un VPP más bajo, consistente con estudios previos de M-CHAT-R. También consistente con estudios previos a los 18 meses versus 24 meses, la inclusión de la entrevista de seguimiento aún resultó en un VPP relativamente bajo. Cabe señalar que esas estimaciones M-CHAT-R/F están limitadas por la omisión de la entrevista de seguimiento en algunos casos positivos de M-CHAT-R. Incluso con acceso al soporte electrónico para completar el M-CHAT-R/F, la entrevista de seguimiento se omitió inadvertidamente el 14% del tiempo en el estudio actual y el 59% del tiempo en un estudio de seguimiento anterior cuando se disponía de una aplicación similar de apoyo electrónico a la toma de decisiones. Por otro lado, los estudios de prácticas sin ningún apoyo a la decisión revelan que la entrevista de seguimiento rara vez se completa. Los resultados de este estudio son consistentes con la recomendación de omitir la entrevista de seguimiento en los casos con puntajes M-CHAT-R ≥ 8 , en lugar de arriesgarse a falsos negativos. [23]

2.6 Uso de las técnicas de Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático para mejorar los instrumentos de detección y diagnóstico del autismo: efectividad, eficiencia y fusión de múltiples instrumentos.

El aprendizaje automático (ML) ofrece nuevas oportunidades para la investigación del comportamiento humano y la traducción clínica, sin embargo, su aplicación puede haber notado dificultades (Bone et al., 2015). En este trabajo, se utilizó meticulosamente ML para derivar algoritmos de instrumentos de trastorno del espectro autista (TEA) en un intento de mejorar las herramientas de detección y diagnóstico de TEA ampliamente utilizadas. Los datos consistieron en las puntuaciones de la Autism Diagnostic Interview-Revised (ADI-R) y la Social Responsiveness Scale (SRS) para 1.264 individuos verbales con TEA y 462 individuos verbales con trastornos psiquiátricos o del desarrollo sin TEA, divididos a los 10 años. Los algoritmos se crearon a través de un clasificador de ML robusto, una máquina de vectores de soporte, mientras se dirigían al diagnóstico clínico de mejor estimación de TEA versus no TEA. La configuración de parámetros se ajustó en varios niveles de validación cruzada. Los algoritmos creados fueron más efectivos (de mayor rendimiento) que los algoritmos actuales, sintonizables (la sensibilidad y la especificidad se pueden ponderar diferencialmente) y fueron más eficientes (logrando un rendimiento cercano al pico con cinco o menos códigos). Se informan los resultados de la fusión basada en ML de ADI-R y SRS. Presentamos un algoritmo de cribado para menores de 10 años que alcanzó 89,2% (86,7%) de sensibilidad y 59,0% (53,4%) de especificidad con solo cinco códigos de comportamiento. ML es útil para crear algoritmos de instrumentos robustos y personalizables. En un conjunto de datos único compuesto por controles con otras dificultades, los hallazgos resaltan las limitaciones de los instrumentos actuales de informe del cuidador e indican posibles vías para mejorar las herramientas de detección y diagnóstico de TEA. [24]

2.7 Detección del trastorno del espectro autista (TEA) en niños y adultos mediante Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático.

El diagnóstico precoz del TEA puede prevenir su gravedad y efectos prolongados. El aprendizaje federado (FL) es una de las técnicas más recientes que se pueden aplicar para diagnósticos precisos de TEA en etapas tempranas o prevención de sus efectos a largo plazo. En este artículo, la técnica FL se ha aplicado de manera única para la detección del autismo mediante el entrenamiento de dos clasificadores de ML diferentes, incluida la regresión logística y la máquina de vectores de apoyo localmente para la clasificación de factores de TEA y la detección de TEA en niños y adultos. Debido a FL, los resultados obtenidos de estos clasificadores se han transmitido al servidor central donde se entrena el metaclasificador para determinar qué enfoque es más preciso en la detección de TEA en niños y adultos. Se han obtenido cuatro conjuntos de datos diferentes de pacientes con TEA, cada uno con más de 600 registros de niños y adultos afectados, de diferentes repositorios para la extracción de características. El modelo propuesto predijo TEA con 98% de precisión (en niños) y 81% de precisión (en adultos). El proceso de detección requiere mucho tiempo y es complejo, ya que los síntomas no son obvios. Actualmente, no existe un método de detección que se haya optimizado y desarrollado a fondo para detectar específicamente el TEA, ni existe una prueba de detección que pueda diagnosticar con precisión el TEA. ML es el desarrollo más reciente que puede facilitar la predicción del autismo con mayor precisión, ahorrando mucho tiempo. ML puede ser útil en el diagnóstico temprano de TEA en pacientes de todas las edades, incluidos niños y adultos. En el futuro, diferentes modelos de aprendizaje de transferencia, es decir, MobileNet, ResNet, también se pueden utilizar en la detección de TEA utilizando un conjunto de datos de imágenes de niños autistas para la detección temprana de TEA con una precisión mejorada. Además, la gravedad del trastorno también se puede medir a través de métodos de aprendizaje profundo en el futuro. [25]

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA PARA LA DETECCIÓN DEL TEA UTILIZANDO CIENCIA DE DATOS Y APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

En este capítulo contextualizamos el problema, presentamos el análisis de éste y mostramos el diseño del sistema.

3.1 Definición del Trastorno del Espectro Autista

Toda definición de autismo debe partir de las observaciones de Kanner en su artículo "Trastornos autistas del contacto afectivo" (Kanner, 1943). El Síndrome de Kanner presentaba anomalías evidentes en la primera infancia, lo cual hacía que este síndrome fuera totalmente diferente de la esquizofrenia o psicosis infantiles descritas hasta entonces. El Trastorno Autista se considera uno de los cuatro Trastornos Generalizados del Desarrollo (TGD) (Trastorno de Asperger, Síndrome de Rett, Trastorno Desintegrativo de la Infancia y Trastorno Generalizado del Desarrollo no especificado). [26]

Actualmente, el autismo es descrito como un síndrome complejo, con múltiples causas y diversas manifestaciones. Este se conceptualiza como:

Trastorno neuropsicológico de curso continuo asociado, frecuentemente, a retraso mental, con un inicio anterior a los tres años de edad, que se manifiesta con una alteración cualitativa de la interacción social y de la comunicación, así como con unos patrones comportamentales restringidos, repetitivos y estereotipados con distintos niveles de gravedad. [27]

3.2 Instrumentos de evaluación

3.2.1 Childhood Autism Rating Scale (CARS)

Es una escala de comportamiento aplicada por un examinador, es aplicable en niños mayores de dos años y sirve también como una herramienta diagnóstica. Fue desarrollada por *Reichler y Schopler* en la década del 70. También es una de las escalas más confiables para la distinción de los niños con TEA, y de niños con alteraciones en el desarrollo sin TEA. [28] Consiste en 15 escalas donde las conductas del niño son calificadas de acuerdo con la edad cronológica. La sumatoria de los ítems ubica al niño en un continuo que va de “sin autismo” a “autismo moderado” a “autismo severo”. [29] En la tabla 1 se observan los ítems de CARS.

Tabla 1. Ítems de la Escala de Autismo Infantil (CARS)

I	Relación con las personas	IX	Respuesta y uso del gusto, el olfato y el tacto
II	Imitación	X	Ansiedad y miedos
III	Respuesta emocional	XI	Comunicación verbal
IV	Uso del cuerpo	XII	Comunicación no verbal
V	Uso de objetos	XIII	Nivel de actividad
VI	Adaptación al cambio	XIV	Nivel y consistencia de la respuesta intelectual
VII	Respuesta visual	XV	Impresión general
VIII	Respuesta auditiva		

3.2.2 Autism Diagnostic Interview – revised (ADI-R)

Es una entrevista semiestructurada diseñada para valorar los aspectos centrales de TEA como son socialización, comunicación y restricción de intereses y conductas (93 ítems). Debe ser aplicada por un clínico experimentado a un familiar o cuidador. Para cada dominio, la sensibilidad es de 0.86-1.0 y la especificidad 0.75-

0.96. La consistencia interna: dominio social 0.95, conductas repetitivas y restrictivas 0.69, verbal 0.85 y comunicación 0.84. Está diseñada para individuos mayores de 18 meses. Si se establece el diagnóstico de TEA, puede utilizarse para la planeación del tratamiento y educación. [30]

3.2.3 Diagnostic Interview for Social and Communication Disorders (DISCO)

Es una entrevista semiestructurada que valora limitaciones en el área de interacción social, comunicación social, imaginación social y conductas repetitivas asociadas con TEA. Es aplicable en niños y adultos y fue desarrollado independientemente de los sistemas de clasificación DSM y CIE. Proporciona información dimensional y un perfil de desarrollo y conducta, además de identificar características específicas de TEA. Es válido para diferenciar TEA de otros trastornos del desarrollo y psiquiátricos. Se necesita entrenamiento especial para su aplicación. Se reporta una confiabilidad inter evaluador de >0.75. [30]

3.2.4 Autism Diagnostic Observation Schedule - Generic (ADOS-G)

Es un instrumento de medición observacional para valorar la interacción social recíproca y comunicación, juego y el uso de imaginación. Consta de cuatro módulos, los cuales se aplican de acuerdo con las habilidades verbales del paciente. Cada ítem recibe un valor que va de 0 (normalidad) a 3 (síntomas severos). Debe ser aplicado por un clínico especializado y entrenado. Tiene una sensibilidad superior al 90% y una especificidad entre 80 y 90 %. Consistencia interna por módulo de 0.47 a 0.94. [30]

3.2.5 M-CHAT-R

El Modified Checklist for Autism in Estudios de Toddlers (M-CHAT) pretende aumentar la sensibilidad para detectar niños con TEA entre 16 - 30 meses de edad. Es una ampliación del CHAT de 9 a 23 preguntas dirigidas a los padres. Se considera como criterio de resultado alterado el fallo de 3 de las 23 preguntas, o bien 2 de 6 preguntas claves. Esto incrementó la sensibilidad y la especificidad al

97% y 95% utilizando el primer criterio y del 95% a 99 % utilizando el segundo criterio. [30]

3.2.6 AQ-10-Adult

El AQ-10 consta de 10 declaraciones, lo que le brinda 4 opciones para cada declaración:

- Definitivamente de acuerdo
- Ligeramente de acuerdo
- Ligeramente en Desacuerdo
- Definitivamente en desacuerdo

Nota: no hay diferencia en su puntaje si elige leve o definitivamente, así que trate las declaraciones como una opción binaria de 'de acuerdo' y 'en desacuerdo'.

Rango de puntuación: 0–10

Puntuación de umbral: 6↑

- 6+ podrías ser autista
- <6 puede que no seas autista

El 80% de las personas designadas con síndrome de Asperger obtienen una puntuación de 6 o más. [31]

3.2.7 Q-CHAT-10

Es el instrumento con mayor evidencia empírica reportada para detectar el trastorno autista en edades tempranas. El objetivo principal de la investigación es validar las puntuaciones del Q-CHAT-10 para detectar el trastorno autista en la primera infancia. [32] Los valores de los elementos "Siempre, Generalmente, A veces, Rara vez y Nunca" se asignan a "1" o "0" en el conjunto de datos. Para las preguntas 1-9 (A1-A9) en Q-chat-10, si la respuesta fue A veces / Rara vez / Nunca se asigna "1" a la pregunta (A1-A9). Sin embargo, para la pregunta 10 (A10), si la respuesta fue Siempre/Usualmente/A veces, entonces se le asigna "1" a esa

pregunta. Si el usuario obtuvo más de 3 puntos juntos para las diez preguntas. Si su hijo obtiene una puntuación superior a 3 (puntuación de Q-chat-10), entonces existe un posible rasgo de TEA; de lo contrario, no se observarán rasgos de TEA.

3.3 Aprendizaje automático

Se define como la capacidad de los sistemas para analizar conjuntos de datos por sí mismos, es decir, sin tener que ser programados. El aprendizaje automático se considera un subconjunto de la IA lo cual permite que las maquinas sean capaces de identificar patrones en los datos, y posteriormente utilizar esos patrones para crear un modelo de datos que permita realizar una predicción. Es importante mencionar que para obtener una mejor precisión del modelo se deben agregar más datos para generar más experiencia. [33] El aprendizaje automático se divide en tres categorías principales, que son:

- **Aprendizaje supervisado:** basado en conocimientos previos. Es decir, en este modelo tanto las preguntas como las respuestas ya están conectadas y la función del sistema es mostrar las soluciones según las variables.
- **Aprendizaje no supervisado:** contrario al supervisado, en este no hay conocimientos previos ya que el sistema se enfrenta a una enorme cantidad de datos y los cruza con el objetivo de encontrar patrones. Este proceso depende de una serie de variables introducidas en el sistema.
- **Aprendizaje reforzado:** le enseña a la computadora a aprender de su propia experiencia. Para esto se utilizan varias pruebas de ensayo y error lo cual le facilita al sistema aprender a priorizar y comprender qué necesita descartar para tomar la decisión correcta.

3.4 Algoritmos de aprendizaje automático

Son una parte de código que ayudan a los usuarios a explorar y analizar conjuntos de datos complejos. Cada algoritmo contiene un conjunto finito de instrucciones paso a paso inequívocas que sigue una máquina para lograr un determinado objetivo. Un modelo de aprendizaje automático tiene el objetivo de establecer o identificar patrones en los datos para que los usuarios puedan realizar predicciones

o clasificar información. Estos algoritmos usan parámetros basados en los datos de entrenamiento (subconjunto de datos que representa el conjunto más grande). A medida que incrementan los datos de entrenamiento, los resultados calculados se vuelven más precisos. [34]

3.5 Modelos del aprendizaje automático

Los algoritmos de Machine Learning, se pueden agrupar en tres grupos:

- Modelos lineales: se desea encontrar una línea que se ajuste bien a la nube de puntos que se disponen. En este grupo destacan los modelos como la regresión línea y regresión logística. Estos modelos tienen el problema del “overfit”, es decir, que se ajustan demasiado a los datos disponibles. En la figura 1 se muestra gráficamente los algoritmos de regresión lineal y regresión logística.

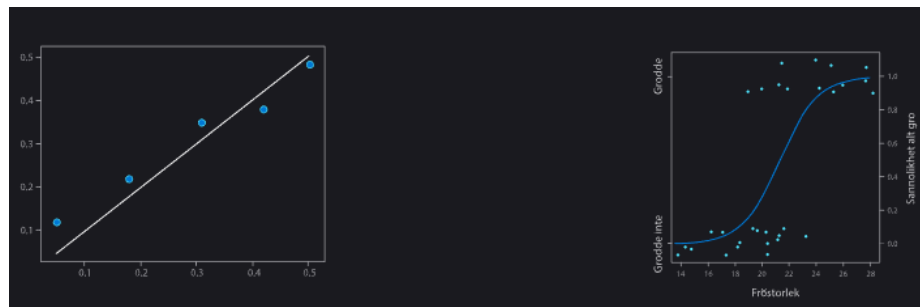


Figura 1. Algoritmos de regresión lineal y regresión logística.

- Modelos de árbol: son modelos precisos, estables y más sencillos de interpretar, debido a que se construyen reglas de decisión que se pueden representar como un árbol. En estos modelos, destacan los árboles de decisión y los random forest, se obtienen mejores resultados en comparación con los modelos lineales, sin embargo, se pierde en cuanto a rendimiento. En las figuras 2 y 3 se muestra gráficamente los algoritmos arboles de decisión y Random Forest respectivamente.

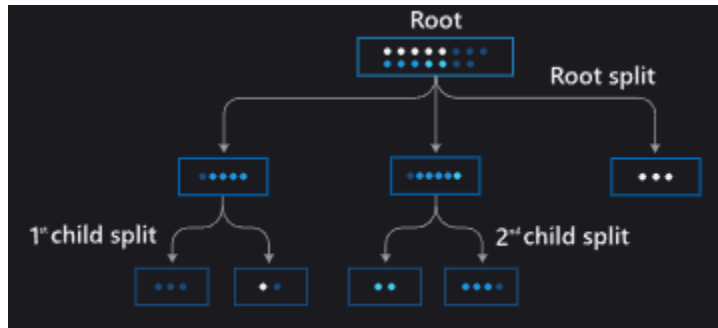


Figura 2. Algoritmo arboles de decisión.

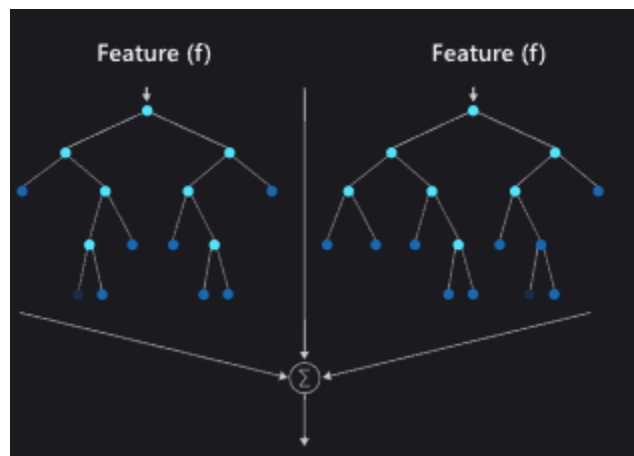


Figura 3. Algoritmo Random Forest.

- Redes neuronales: estas redes artificiales intentan replicar el comportamiento del cerebro humano, son utilizadas para mecanismos complejos. El problema es que son lentas para aprender y necesitan mucha capacidad de cómputo. [35] En la figura 4 se muestra gráficamente una red neuronal artificial.

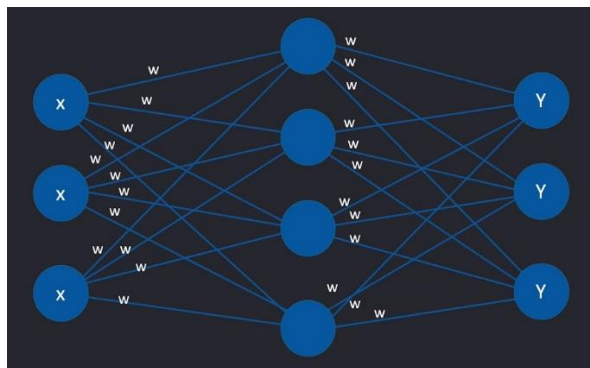


Figura 4. Algoritmo de red neuronal artificial.

Para solucionar problemas con aprendizaje automático se debe realizar el siguiente proceso: [36]

1. Recopilación y preparación de los datos. El tipo de datos permite determinar los algoritmos de aprendizaje automático que se pueden usar. Se revisan los datos, se identifican las anomalías, se desarrolla la estructura y se resuelven los problemas de integridad de los datos.
2. Entrenar el modelo. El conjunto de datos se divide en dos subconjuntos, uno para el entrenamiento y el otro para las pruebas. Al conjunto de entrenamiento se le asigna mayor porcentaje de datos, esto con el propósito de ajustar el modelo de aprendizaje automático con la máxima precisión.
3. Validar el modelo. Se selecciona el modelo de datos final y se utiliza el conjunto de pruebas para evaluar el rendimiento y la precisión.
4. Interpretar los resultados. Obtener información, sacar conclusiones y predecir el resultado.

3.6 Técnicas de Ciencia de Datos para generar el dataset

Antes de generar el modelo de aprendizaje es necesario tener el conjunto de datos con el que se realizara el entrenamiento y las pruebas, para esto se ocupó el conjunto llamado “Datos de detección del trastorno del espectro autista para niños pequeños” y se obtuvo de la página kaggle, esta es una subsidiaria de Google LLC, la cual es una comunidad en línea de científicos de datos y profesionales del aprendizaje automático.

Este conjunto de datos fue recolectado por el Dr. Fadi Fayez Thabtah (fadifayez.com) utilizando una aplicación móvil llamada ASDTests (ASDtests.com) para evaluar el autismo en niños pequeños. Los datos obtenidos se pueden usar para análisis descriptivo y predictivo, como clasificación, agrupación, regresión, entre otros. Por lo tanto, los datos se utilizan para detectar rasgos autistas y con esto determinar si el niño podría tener autismo. Dentro del conjunto de datos se encuentran las preguntas de Q-Chat-10, las cuales se interpretan desde la pregunta A1-A10: Los valores de los elementos "Siempre, Generalmente, A veces, Rara vez

y Nunca" se asignan a los valores "1" o "0". Para las preguntas 1-9 (A1-A9) en el cuestionario Q-chat-10, si la respuesta fue A veces / Rara vez / Nunca se asigna "1" a la pregunta (A1-A9). Sin embargo, para la pregunta 10 (A10), si la respuesta fue Siempre/Usualmente/A veces, entonces se le asigna "1" a esa pregunta. Si su hijo obtiene una puntuación superior a 3 (puntuación de Q-chat-10), entonces existe un posible rasgo de TEA; de lo contrario, no se observarán rasgos de TEA.

La variable de clase tiene dos valores (si y no) las cuales funcionarían de manera binaria, es decir, 1 representa si y 0 representa no. Esta se determinó dependiendo el puntaje que obtuvo el usuario en el instrumento de evaluación (Q-Chat-10). Para poder utilizar este conjunto se realizó un análisis de los datos con la finalidad de corregir anomalías o datos erróneos. A continuación, se describe a detalle las características que presenta el conjunto de datos. En la tabla 2 se listan los atributos del conjunto de datos.

- **Tipo de dato:** Predictivo y Descriptivo: Nominal/categorico, binario y continuo
- **Tarea:** Clasificación
- **Tipo de atributo:** categorico, continuo y binario
- **Área:** Ciencias médicas, de la salud y sociales
- **Tipo de formato:** Sin matriz
- ¿Su conjunto de datos contiene valores faltantes? No
- **Número de instancias (registros en su conjunto de datos):** 1054
- **Número de Atributos (campos dentro de cada registro):** 18 incluyendo la variable de clase

Tabla 2. Descripción de los atributos

Rasgos	Tipo	Descripción
A1: Pregunta 1	Binario (0, 1)	Código de respuesta
A2: Pregunta 2	Binario (0, 1)	Código de respuesta
A3: Pregunta 3	Binario (0, 1)	Código de respuesta
A4: Pregunta 4	Binario (0, 1)	Código de respuesta
A5: Pregunta 5	Binario (0, 1)	Código de respuesta
A6: Pregunta 6	Binario (0, 1)	Código de respuesta
A7: Pregunta 7	Binario (0, 1)	Código de respuesta
A8: Pregunta 8	Binario (0, 1)	Código de respuesta
A9: Pregunta 9	Binario (0, 1)	Código de respuesta
A:10 Pregunta 10	Binario (0, 1)	Código de respuesta
Edad	Entero	Meses
Puntos de Q-chat-10	Entero	1-10 (menor o igual a 3 sin rasgos de TEA; > 3 rasgos de TEA)
Sexo	Carácter	Masculino o femenino
Etnia	Cadena	Lista de etnias comunes en formato de texto
Nació con ictericia	Booleano (sí o no)	Si el caso nació con ictericia
Familiar con antecedentes de TEA	Booleano (sí o no)	Si algún miembro de la familia inmediata tiene un PDD
Quién está completando la prueba	Cadena	Padre, yo, cuidador, personal médico, médico, etc.
¿Por qué te hacen la prueba?	Cadena	Usar cuadro de texto de entrada
variable de clase	Cadena	Rasgos ASD o Rasgos No ASD (asignados automáticamente por la aplicación ASDTests). (Sí No)

3.7 Algoritmo Random Forest

Random Forest es un algoritmo de aprendizaje automático que se utiliza para problemas de clasificación y regresión. Creado por Leo Breiman y Adele Cutler en 2001, desde ese entonces se ha convertido en una técnica muy popular entre la comunidad de aprendizaje automático debido a su versatilidad y capacidad para producir resultados precisos. Su funcionalidad consiste en generar múltiples árboles de decisión sobre un conjunto de datos de entrenamiento, estos resultados obtenidos se combinan con el fin de obtener un modelo único más vigoroso en

comparación con los resultados producidos de cada árbol por separado. Cada árbol se obtiene mediante un proceso de dos etapas:

1. Se genera un número considerable de árboles de decisión con el conjunto de datos. Cada árbol contiene un subconjunto aleatorio de variables m (predictores) de forma que $m < M$ (donde $M =$ total de predictores).
2. Cada árbol crece hasta su máxima extensión.

Cada árbol generado contiene un grupo de observaciones aleatorias (elegidas mediante *bootstrap*, que es una técnica estadística para obtener muestras de una población donde una observación se puede considerar en más de una muestra). Las observaciones no estimadas en los árboles (también conocidas como “*out of the bag*”) se utilizan para validar el modelo. Posteriormente, las salidas de todos los árboles se combinan en una salida final Y (conocida como ensamblado) que se obtiene mediante alguna regla (generalmente el promedio, cuando las salidas de los árboles del ensamblado son numéricas y, conteo de votos, cuando las salidas de los árboles del ensamblado son categóricas). En la figura 5 se muestra gráficamente lo que se explicó anteriormente. [37]

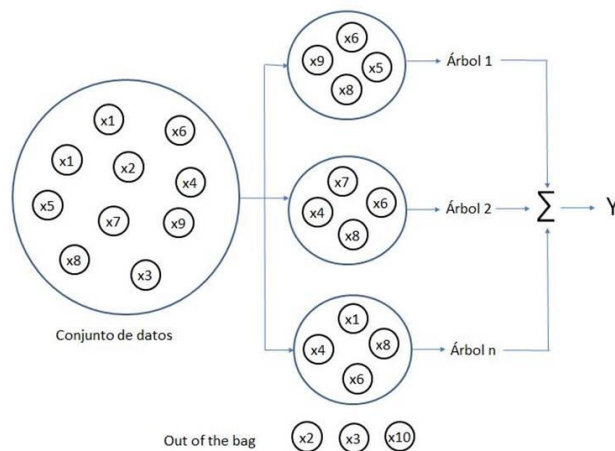


Figura 5. Proceso del algoritmo Random Forest.

Como se había mencionado en un inicio este algoritmo puede usarse para clasificación o predicción; en el primer caso, cada árbol “vota” por una clase y el resultado del modelo es la clase con mayor número de “votos” en todos los árboles,

de forma que cada nueva observación se presenta a cada uno de los árboles y se asigna a la clase más “votada”. En el segundo caso, el resultado del modelo es el promedio de las salidas de todos los árboles.

Este algoritmo es ampliamente utilizado en muchos campos por ejemplo, teledetección (para clasificación de imágenes), bancos (para detección de fraudes y clasificación de clientes para otorgamiento de crédito), medicina (para analizar historiales clínicos a fin de identificar enfermedades potenciales en los pacientes), finanzas (para pronosticar comportamientos futuros de los mercados financieros) y comercio electrónico (para pronosticar si un cliente comprará, o no, cierto producto), entre otros. Por tal motivo, decidí hacer uso del algoritmo Random Forest ya que este me permite predecir cuándo un niño tiene autismo a partir de ciertos rasgos que presenta el pequeño. Para esto se utilizó el lenguaje de programación Python donde se implementó el algoritmo antes mencionado, en la siguiente figura se muestra la forma en que fue implementado y los datos que utilizo para realizar la predicción. En la figura 6 se observa la implementación del algoritmo Random Forest en el lenguaje de programación Python.

```
98 def determinar():
99     #Para conocer cuantos puntos obtuvo en el formulario
100     puntaje = float(r1) + float(r2) + float(r3) + float(r4) + float(r5) + float(r6) + float(r7) + flo
101     datos=pd.read_csv('Toddler Autism dataset July 2018.csv') #Lee el conjunto de datos
102     datos=datos.replace(np.nan,"0")
103     df=pd.DataFrame(datos)
104
105     #Diccionario para la predicción
106     pred=dict(zip(datos.ASDTraits.unique(),datos.ASDTraits.unique()))
107     #Cuantos elementos hay para cada valor de clase
108     print(datos['ASDTraits'].value_counts())
109     #Nombres de las columnas que utilizaremos
110     X=datos[['A1','A2','A3','A4','A5','A6','A7','A8','A9','A10','Edad','Puntos']]
111     y=datos['ASDTraits']
112
113     #Entrenamiento y prueba
114     X_train,X_test,y_train,y_test=train_test_split(X,y,test_size=0.2,random_state=42)
115     print(X_train.describe()) #Ver estadísticas básicas
116     print("Random Forest")
117     rfc=RandomForestClassifier()
118     rfc.fit(X_train, y_train) #Ajustar el modelo
119     print(rfc.score(X_test,y_test)) #Para ver la precisión del modelo
120     #Realizar predicción
121     pred1=rfc.predict([[r1,r2,r3,r4,r5,r6,r7,r8,r9,r10,edad.get(),puntaje]])
122     print(pred[pred1[0]])
123
```

Figura 6. Implementación de Random Forest.

Mediante el método describe() podemos generar un resumen de estadísticas descriptivas de cada columna numérica en el conjunto de datos de entrenamiento. Este resumen nos dará información sobre la distribución y las propiedades

estadísticas de los datos, lo que puede ser útil para comprender mejor la naturaleza y las características de las variables. La figura 7 muestra las estadísticas descriptivas como la cuenta de valores, la media, la desviación estándar, los valores mínimo y máximo, así como los cuartiles.

Name: count, dtype: int64											
	A1	A2	A3	A4	A5	...	A8	A9	A10	Edad	Puntos
count	843.000000	843.000000	843.000000	843.000000	843.000000	...	843.000000	843.000000	843.000000	843.000000	843.000000
mean	0.569395	0.449585	0.395018	0.520759	0.531435	...	0.470937	0.498221	0.594306	27.934757	5.271649
std	0.495455	0.497747	0.489145	0.499865	0.499307	...	0.499451	0.500294	0.491317	7.999214	2.883484
min	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	...	0.000000	0.000000	0.000000	12.000000	0.000000
25%	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	...	0.000000	0.000000	0.000000	23.000000	3.000000
50%	1.000000	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000	...	0.000000	0.000000	1.000000	30.000000	5.000000
75%	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	...	1.000000	1.000000	1.000000	36.000000	8.000000
max	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	...	1.000000	1.000000	1.000000	36.000000	10.000000

Figura 7. Estadísticas descriptivas de los valores.

Una vez entrenado el modelo ahora lo que sigue es implementarlo en una herramienta que permita obtener los datos del niño. Por tal motivo, se creó un formulario dentro de la plataforma de Python donde la primera parte de las preguntas consiste en obtener datos personales del niño (nombre, edad, entre otros) y posteriormente siguen las preguntas del cuestionario Q-chat-10 las cuales son dirigidas al padre o tutor del pequeño. En las figuras 8 y 9 se muestra parte del diseño del instrumento que fue utilizado para obtener los datos del niño a fin de realizar la valoración de autismo. El instrumento completo se encuentra en el apéndice A.

Figura 8. Preguntas personales del niño.

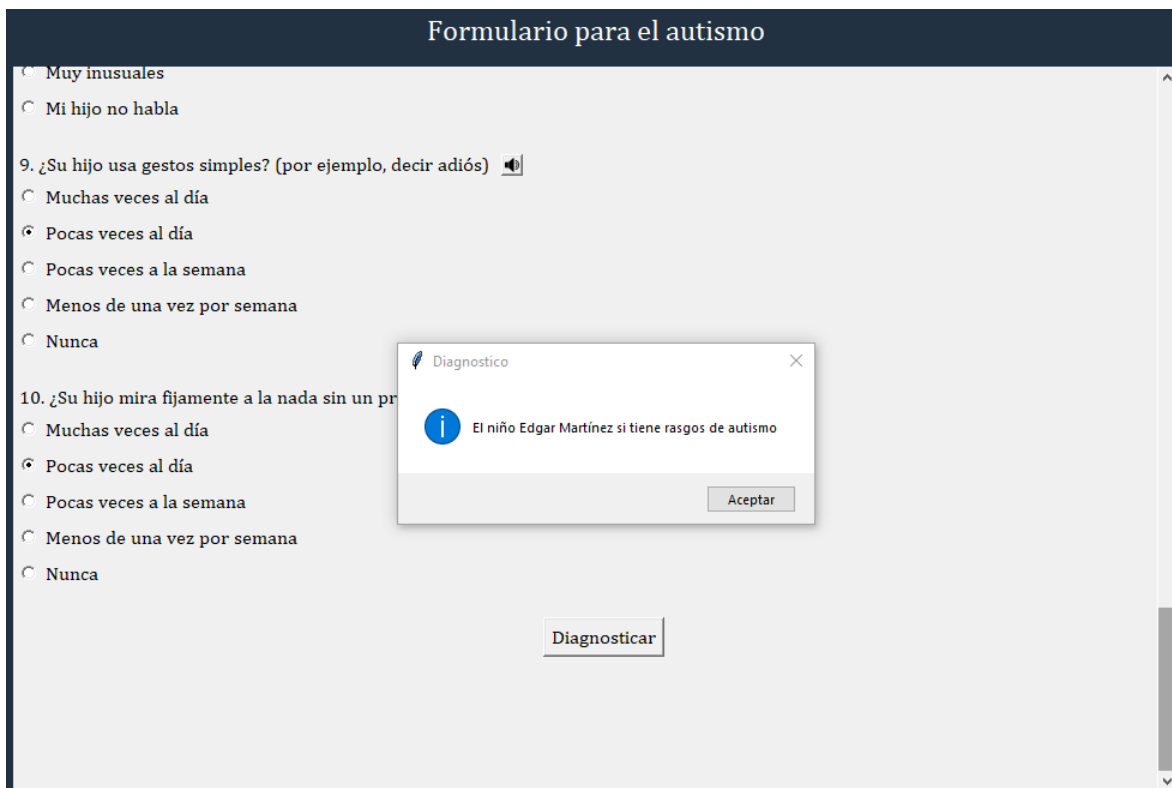


Figura 9. Ejemplo preguntas del Q-Chat-10.

El propósito de crear esta aplicación con interfaz sencilla fue para observar los resultados que arrojaba el modelo. La interfaz anterior se creó con la librería tkinter la cual es utilizada para crear interfaces gráficas de usuario en Python, permitiendo crear aplicaciones con interfaces intuitivas y amigables.

3.8 Diseño de la plataforma Web

Antes de comenzar con el diseño y el desarrollo de la plataforma web, es importante realizarse unas cuantas preguntas con la finalidad de tener claro los objetivos y alcances de la plataforma. Algunas de estas podrían ser:

- ¿Qué deseo mostrarle al usuario?
- ¿Cuáles son los objetivos principales de la plataforma web?
- ¿Quiénes son los usuarios objetivo y cuáles son sus características demográficas y comportamientos?

- ¿Qué tipo de contenido será más relevante y útil para los usuarios?
- ¿Cuáles son las funcionalidades clave que deben estar presentes en la plataforma?
- ¿Cómo podemos diseñar una experiencia de usuario intuitiva y atractiva que cumpla con las expectativas de los usuarios?

Después de abordar estas preguntas, podemos obtener una comprensión más clara de cómo diseñar y desarrollar la plataforma web para autismo que satisfaga las necesidades y expectativas de los usuarios de manera efectiva.

De igual manera, es esencial considerar una serie de aspectos importantes para asegurar que la información sea accesible, comprensible y útil para los usuarios. A continuación, se mencionan los aspectos importantes a considerar:

- **Diseño inclusivo:** debe ser accesible para personas con diferentes necesidades y capacidades, incluso las personas con discapacidades cognitivas. Por tal motivo, el diseño debe ser limpio y legible.
- **Lenguaje sencillo y comprensible:** debe ser un lenguaje fácil de entender, evitar palabras ambiguas que le dificulten la lectura al usuario.
- **Estructura jerarquizada:** la información que será mostrada al usuario debe estar bien organizada.
- **Recursos visuales y multimedia:** se debe emplear imágenes, videos u otros elementos visuales que puedan ayudar a la comprensión del contenido.
- **Menús claros y simples:** utilizar menús de navegación simples y claros para guiar a los usuarios a través del sitio web de manera intuitiva.
- **Contenido preciso y actualizado:** proporcionar información precisa, actualizada y basada en evidencia sobre el autismo y los recursos disponibles para las personas afectadas y sus familias.

La siguiente tarea fue observar y realizar un análisis de las tendencias en cuanto a diseño y estructura implementados en los sitios web relacionados con el tema de TEA. Como se observa en la figura 10.

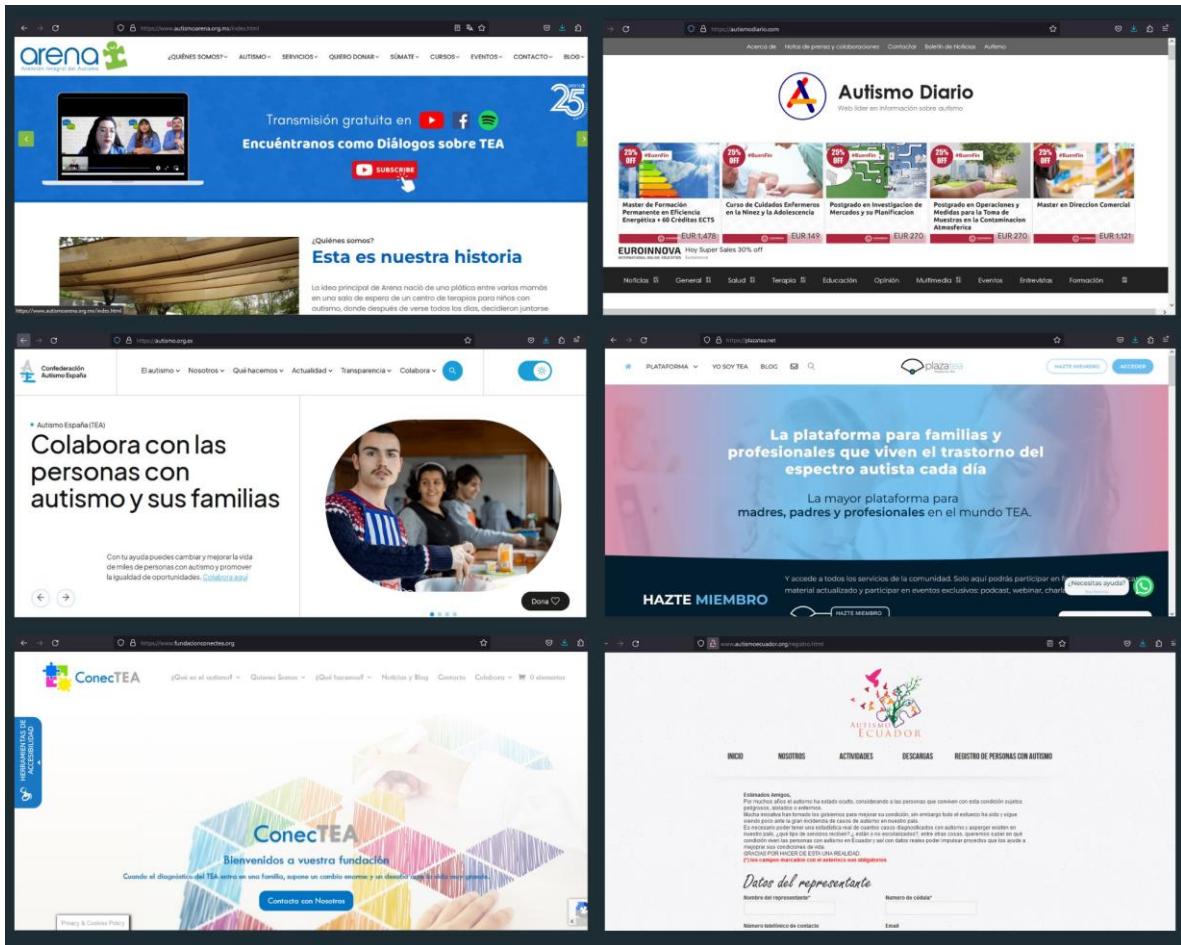


Figura 10. Diseño de sitios web relacionados con TEA.

Después de revisar detenidamente el diseño y la funcionalidad de las páginas mencionadas anteriormente, comenzamos a concebir una idea para el diseño de la plataforma web. Tomando como referencia la estructura mostrada en las figuras 11, se comenzó a definir cómo podría ser el diseño y la organización de la plataforma.

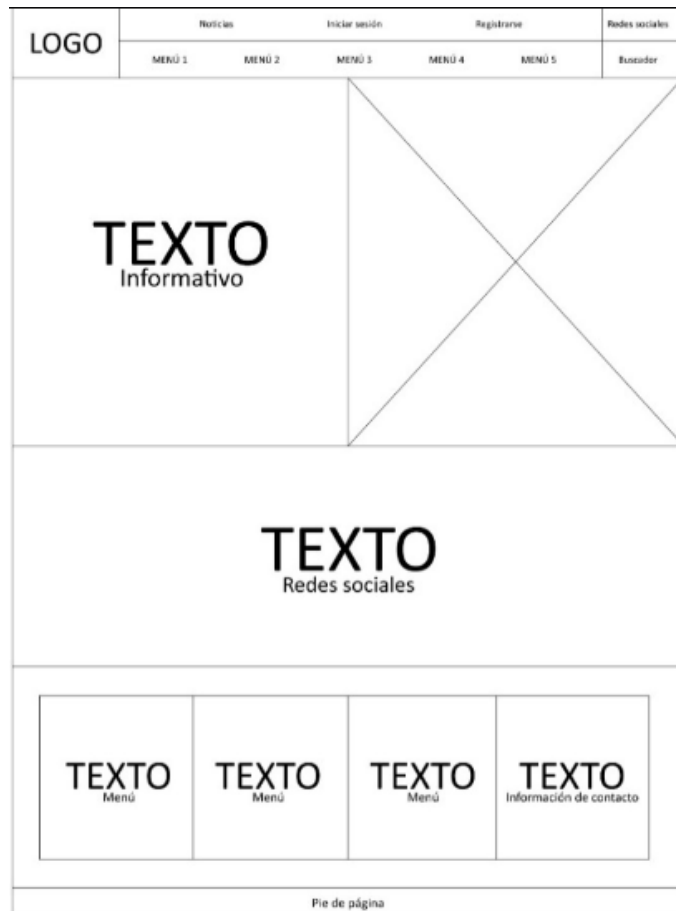


Figura 11. Diseño de una plataforma web.

De igual manera se indagó en el sitio web Free CSS el cual ofrece una gran variedad de plantillas de diseño web y hojas de estilo CSS de forma gratuita. Estas plantillas facilitaron la creación y personalización de la plataforma web, ya que se pueden descargar y posteriormente modificarlas de acuerdo con las necesidades requeridas. En las figuras de la 12 a 15 se observan algunas plantillas CSS gratuitas encontradas en el sitio Free CSS. [38]



Figura 12. Plantilla CSS gratuita de mediplus lite.



Figura 13. Plantilla CSS gratuita para clínica.



Figura 14. Plantilla CSS gratuita para atención médica.



Figura 15. Plantilla CSS gratuita de DentCare.

Ahora que se han visualizado las plantillas anteriores se optó por hacer uso de la plantilla para clínica, ya que se adecua de mejor manera al diseño deseado para la plataforma web de autismo.

CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

El proyecto se fundamenta en una investigación exploratoria que utiliza métodos cualitativos, incluyendo un análisis de otros sitios web. Esto ha permitido delimitar claramente el problema y definir los objetivos de manera precisa.

Para el desarrollo de esta plataforma se creó un menú de navegación el cual contiene las siguientes secciones:

- Autismo
- Acerca de

- Servicios
 - Valoración
 - Noticias
 - Recursos educativos
 - Referencias
- Contacto
- Qchat-10

En la figura 16 se observa el menú de navegación dentro de la sección de “autismo” la cual es la página principal.

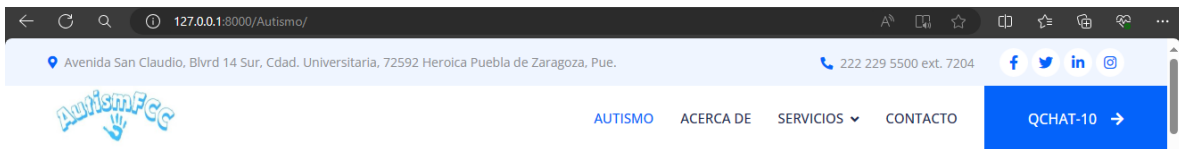


Figura 16. Menú de navegación.

A continuación, se mostrarán imágenes de cada apartado de la plataforma y se dará una explicación de cada uno.

4.1 Autismo

En este apartado se encontrará información fundamental para adentrarte en el mundo del autismo. Se explican de manera concisa aspectos clave como la epidemiología, factores de riesgo, síntomas de alerta, y otros temas relevantes. En la figura 16 se muestra la parte inicial de la página autismo. En las figuras del 17 al 21 se observa información sobre el autismo. En la figura 22 se observa el footer de la aplicación.

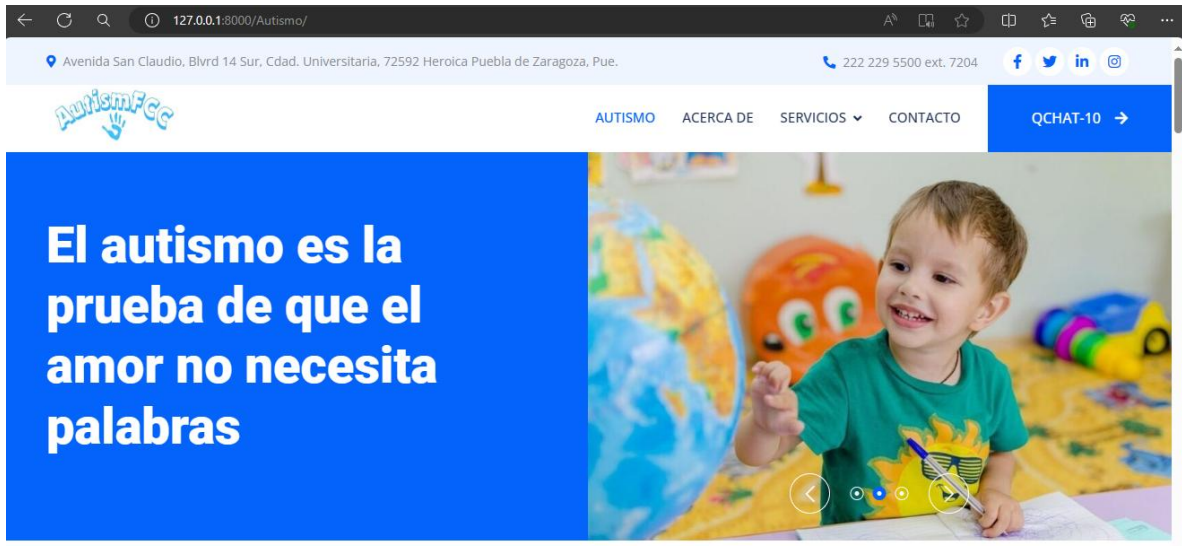


Figura 17. Página principal.



Figura 18. Epidemiología del autismo.

Factores de riesgo

El autismo se ve influido por una variedad de factores ambientales, genéticos e inmunológicos. En estudios epidemiológicos se han identificado fármacos, metabolitos, toxinas y nutrientes que aumentan la posibilidad de esta alteración principalmente en el periodo prenatal. De acuerdo a información actual, se confirma que dosis elevadas de ácido fólico durante el embarazo aumentan el riesgo de presentar autismo⁵.

Por otro lado, un factor controversial son las vacunas, principalmente la vacuna triple viral y el excipiente timerosal; sin embargo, las vacunas no tienen ninguna relación con el desarrollo de autismo⁵.

Trastornos del espectro autista

- Factor genético
- Factor ambiental
- Factor inmunológico
- Factor psicopatológico
- Factor perinatal
- Factor neurodesarrollo

Figura 19. Factores de riesgo.

Señales de alerta

Antes de los 12 meses de edad

- Escaso contacto ocular.
- No muestra anticipación cuando se le va a coger en brazos.
- Irritabilidad o labilidad emocional.
- Falta de interés en juegos interactivos
- Ausencia de balbuceo, sonidos o palabras sencillas.
- Escaso uso de gestos comunicativos (como señalar o decir adiós con la mano)².

Entre los 12 y 18 meses de edad

- Ausencia o limitada respuesta a sonidos o palabras.
- Respuesta inusual de reacciones auditivas.
- No señalar para pedir algo.
- No mirar hacia donde otros señalan.

Figura 20. Señales de alerta en diferentes edades.



Figura 21. Diagnóstico.



Figura 22. Footer.

4.2 Acerca de

En esta página se presenta el objetivo principal de la plataforma AutismFCC, destacando nuestro propósito, misión, visión y valores fundamentales. En la parte

inferior de esta página, se encuentra información sobre el equipo de trabajo dedicado que ha creado AutismFCC.

Propósito: brindar apoyo en la detección temprana del autismo en niños pequeños. Asegurar que los signos del autismo se identifiquen lo más pronto posible para permitir intervenciones efectivas que mejoren la calidad de vida de los niños y sus familias.

Misión: facilitar una atención diagnóstica oportuna que contribuya a un tratamiento más efectivo. Garantizar que las familias tengan acceso rápido y confiable a la evaluación diagnóstica.

Visión: integrar más instrumentos de evaluación y llevar un control continuo del desarrollo del niño. Se busca ser una plataforma líder en la utilización de herramientas avanzadas para la detección y el seguimiento del autismo.

Valores:

- **Solidaridad:** Promover un sentido de comunidad y apoyo mutuo entre todas las personas involucradas en el cuidado y desarrollo de los niños con autismo.
- **Responsabilidad:** Asumir con seriedad ofrecer información precisa y confiables.
- **Colaboración:** Fomentar el trabajo en equipo y la cooperación entre familias y profesionales para alcanzar un objetivo común.
- **Empatía:** Nos esforzamos por comprender y apoyar las experiencias únicas de cada individuo con autismo y sus familias.
- **Respeto:** Valorar y respetar la diversidad de cada individuo, promoviendo un trato digno.

En las figuras 23 y 24 se observa el objetivo, propósito, misión, visión y valores antes mencionados. En la figura 25 podemos observar al equipo de trabajo.

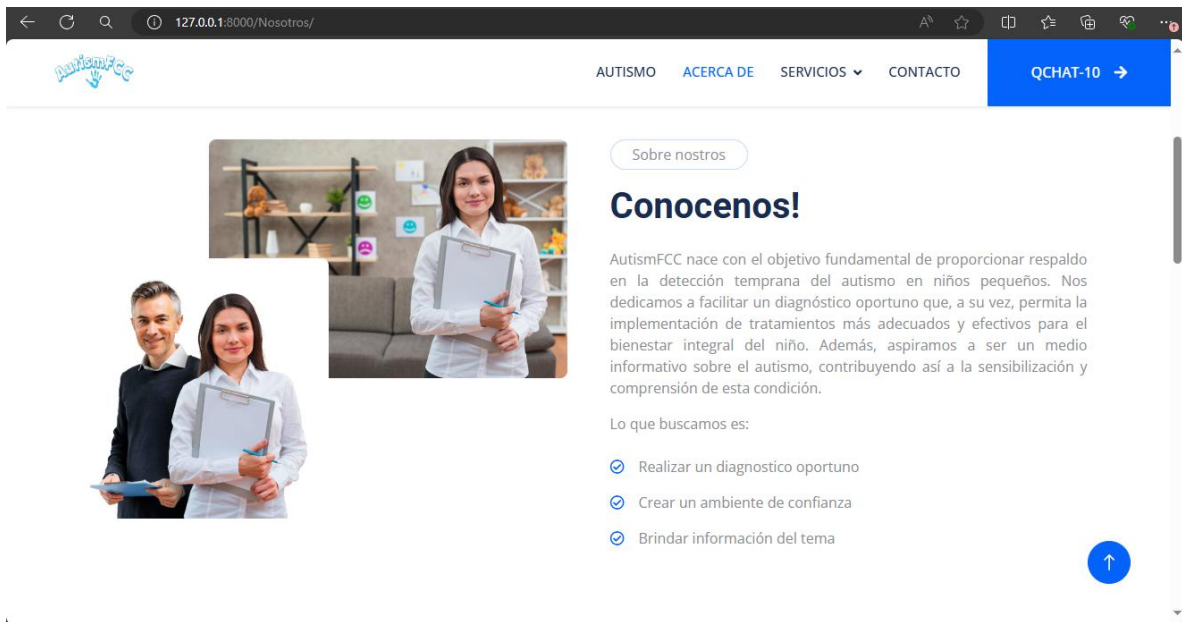


Figura 23. Objetivo de AutismFCC.

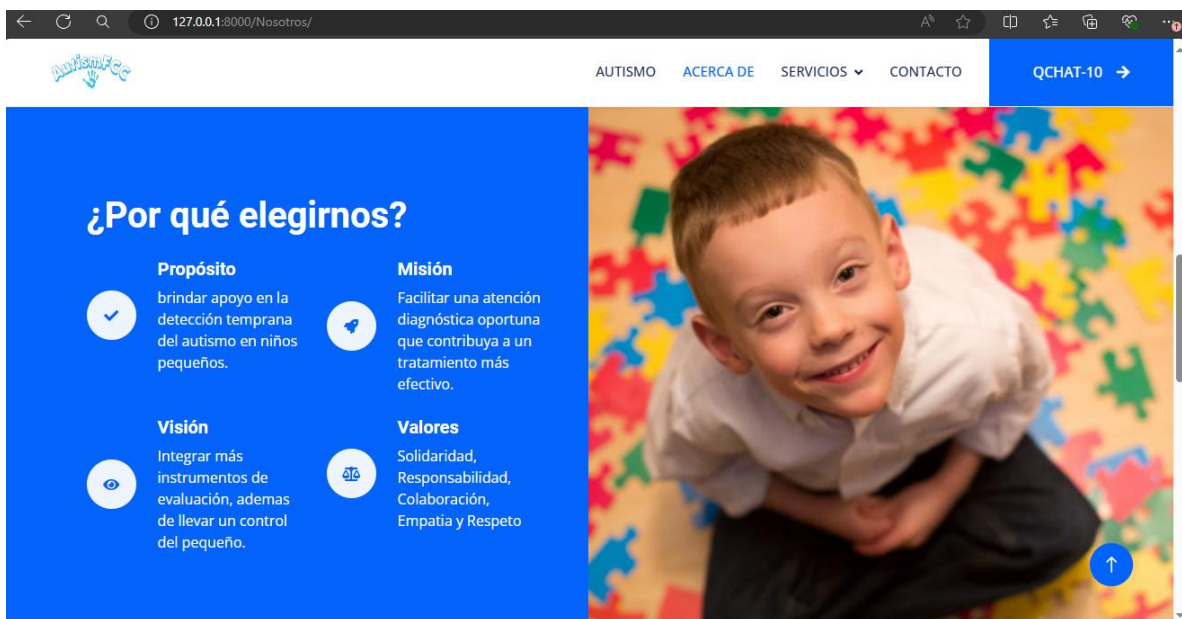


Figura 24. Propósito, misión, visión y valores de AutismFCC.

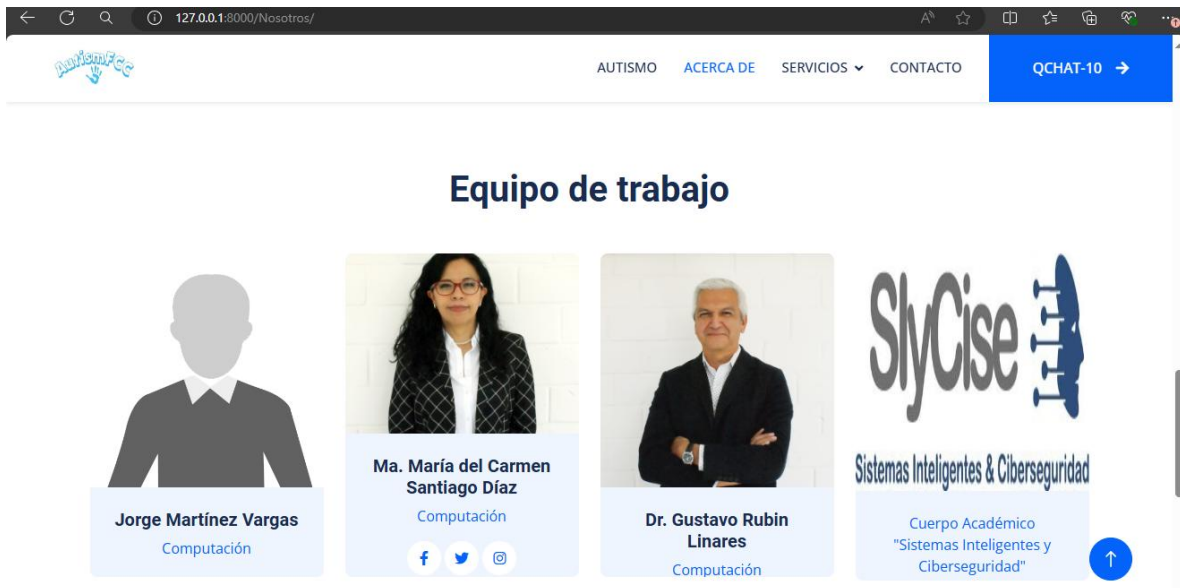


Figura 25. Equipo de trabajo.

4.3 Servicios

Dentro de este menú, se encuentran cuatro secciones clave que proporcionan acceso a información y recursos esenciales. A continuación, se explica a detalle cada una de estas secciones.

4.3.1 Valoración

Esta sección comienza con una explicación sobre lo que es un instrumento de evaluación para el autismo. Estos instrumentos están diseñados para identificar y medir los signos y síntomas del autismo en niños pequeños. Algunos ejemplos de instrumentos de evaluación son:

- Cuestionarios y entrevistas estructuradas: estos suelen ser completados por los padres, cuidadores o profesionales y se centran en el comportamiento y desarrollo del niño.
- Escalas de evaluación: son utilizadas para observar y evaluar directamente el comportamiento del individuo en diferentes situaciones.

- Pruebas psicológicas: proporcionan información sobre el desarrollo cognitivo y las habilidades de comunicación del individuo.
- Evaluación del desarrollo del lenguaje: se centran en las habilidades de comunicación y lenguaje del individuo.
- Evaluaciones sensoriales: evalúan las sensibilidades sensoriales.

En la figura 26 podemos observar parte de la explicación anterior.



Figura 26. Instrumentos de evaluación.

En la figura 27 se muestra una explicación del instrumento de evaluación conocido como Q-Chat-10. Este cuestionario consta de 10 preguntas que abordan diferentes áreas de desarrollo y comportamiento asociadas con el trastorno del espectro autista (TEA). Algunas de estas áreas pueden incluir la comunicación, la interacción social, los intereses y comportamientos repetitivos, y la sensibilidad sensorial.

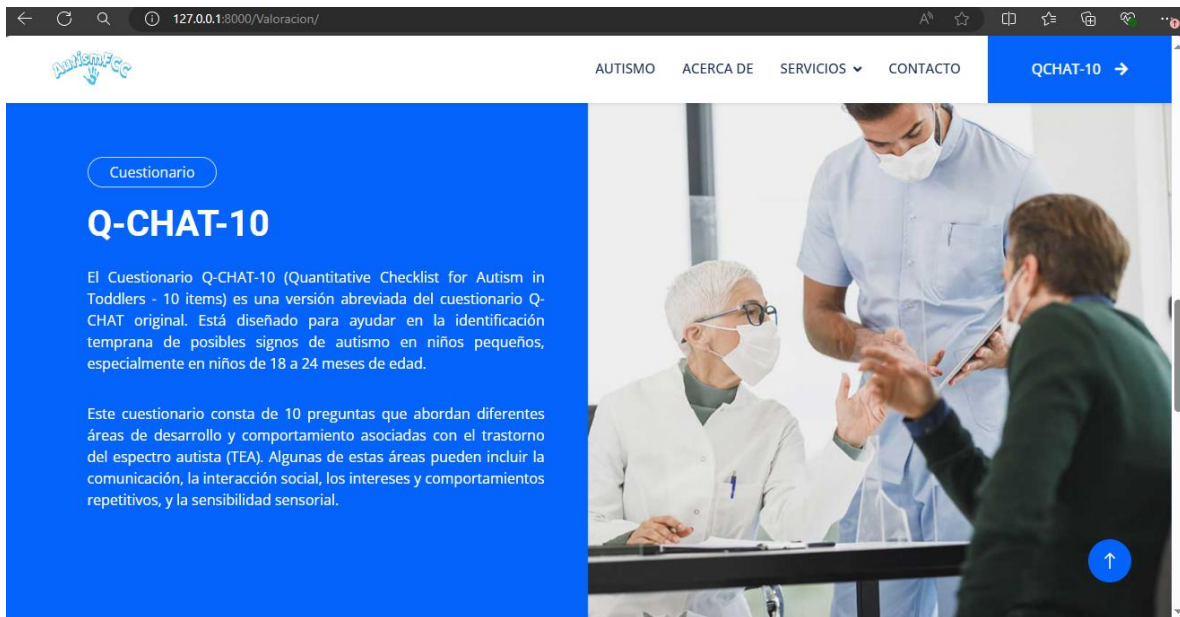


Figura 27. Q-Chat-10.

Como última parte de esta sección, se encuentra el cuestionario Q-Chat-10, una herramienta para identificar signos tempranos de autismo en niños pequeños. En la figura 28, se puede observar una parte de este cuestionario, el cual consta de 10 preguntas clave diseñadas para evaluar comportamientos relacionados con el autismo.

Sin embargo, el cuestionario Q-Chat-10 será explicado más a detalle en la sección de "Pruebas y Resultados", donde se proporcionará información de cómo interpretar los resultados.

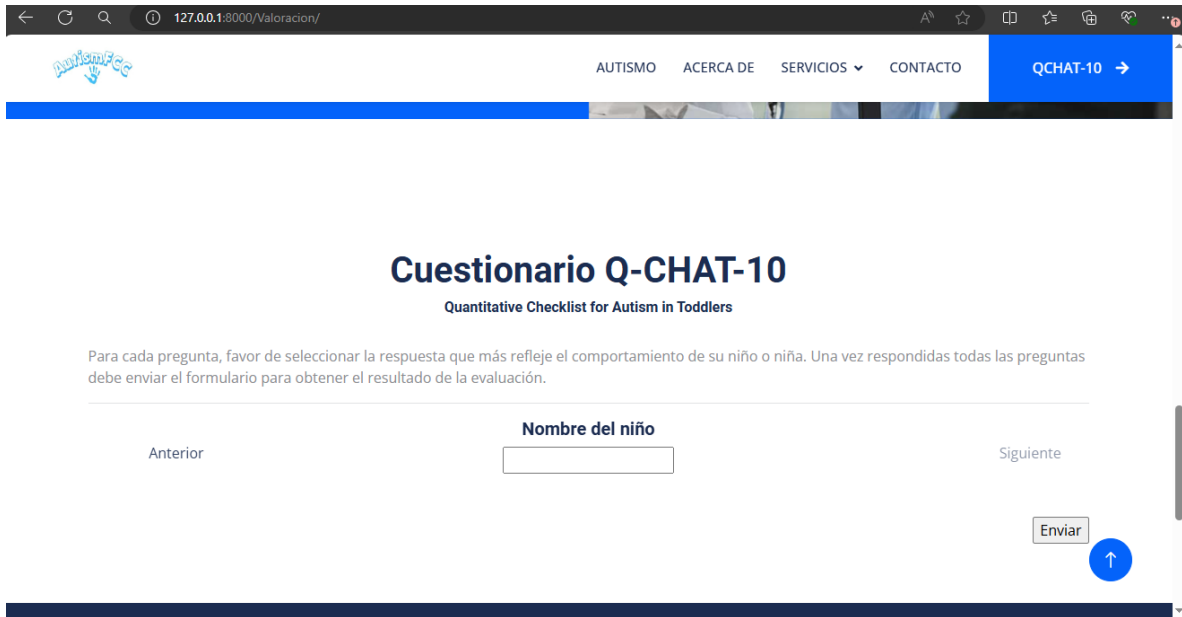


Figura 28. Cuestionario Q-Chat-10.

4.3.2 Noticias

En esta sección se proporciona información relevante para el usuario a través de noticias importantes obtenidas del periódico mexicano Milenio, también conocido como Milenio Diario. Se encuentran artículos recientes y novedades en el campo del autismo para informar sobre los desarrollos más significativos. En la figura 29, se observan algunas de las noticias.

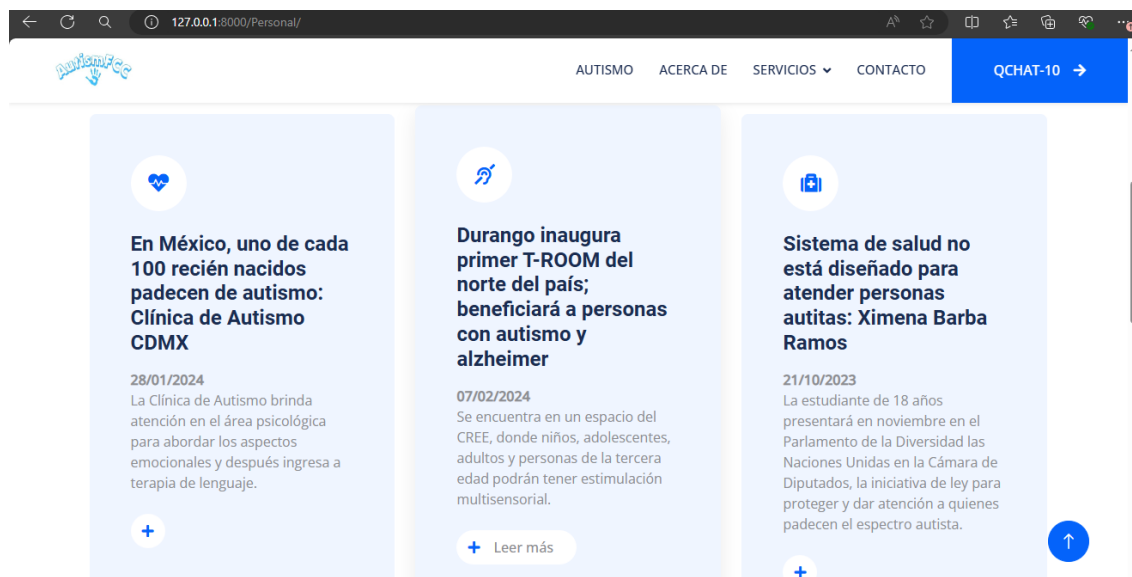


Figura 29. Noticias relacionadas al autismo.

4.3.3 Recursos educativos

Esta sección proporciona una amplia gama de información sobre el autismo, incluyendo manuales, guías, videos y artículos relevantes. Aquí se encuentran recursos educativos y prácticos que ayudan a comprender mejor el tema. En las figuras 30, 31 y 32 se observa parte de los recursos educativos expuestos.



Figura 30. Guías y manuales de autismo.

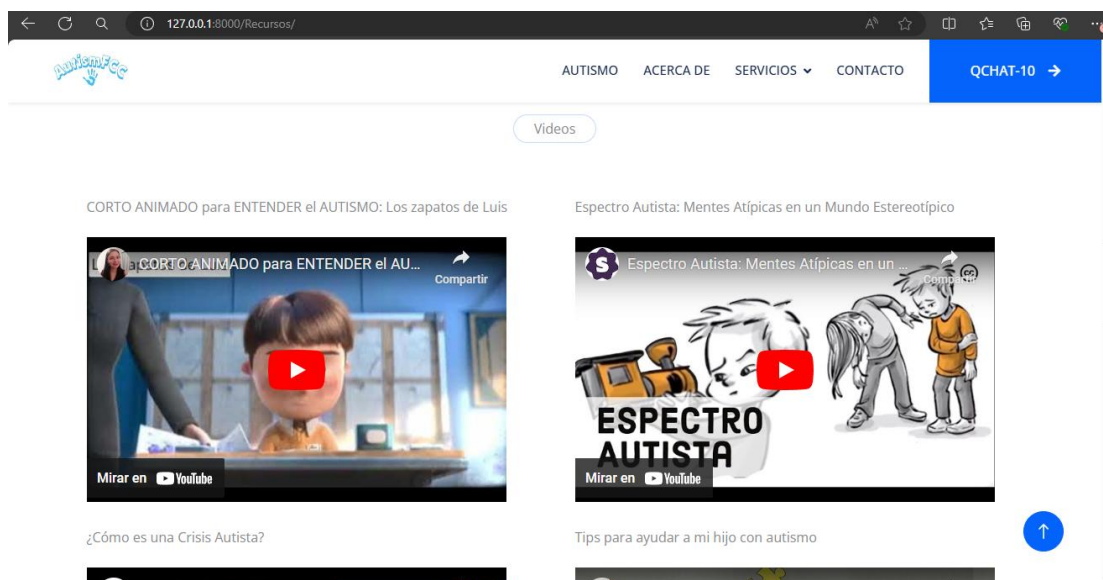


Figura 31. Videos sobre el autismo.

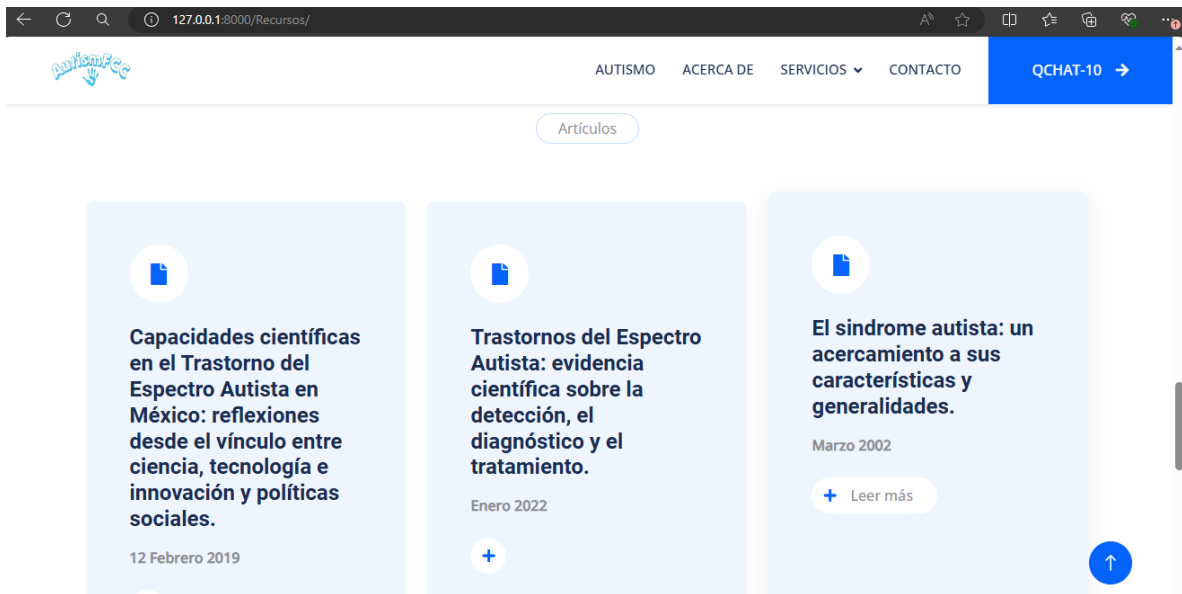


Figura 32. Artículos relacionados al autismo.

4.3.4 Referencias

En esta sección se encuentran las referencias de la información utilizada en la plataforma AutismFCC. Se podrá acceder a una recopilación de fuentes académicas y científicas que respaldan el contenido presentado en nuestra plataforma. En la figura 33 se observan las fuentes utilizadas.



Figura 33. Fuentes relacionados al autismo.

4.4 Contacto

En la parte de contacto se muestra la ubicación, número telefónico y correo de contacto. En la figura 34 se observa la información anterior.

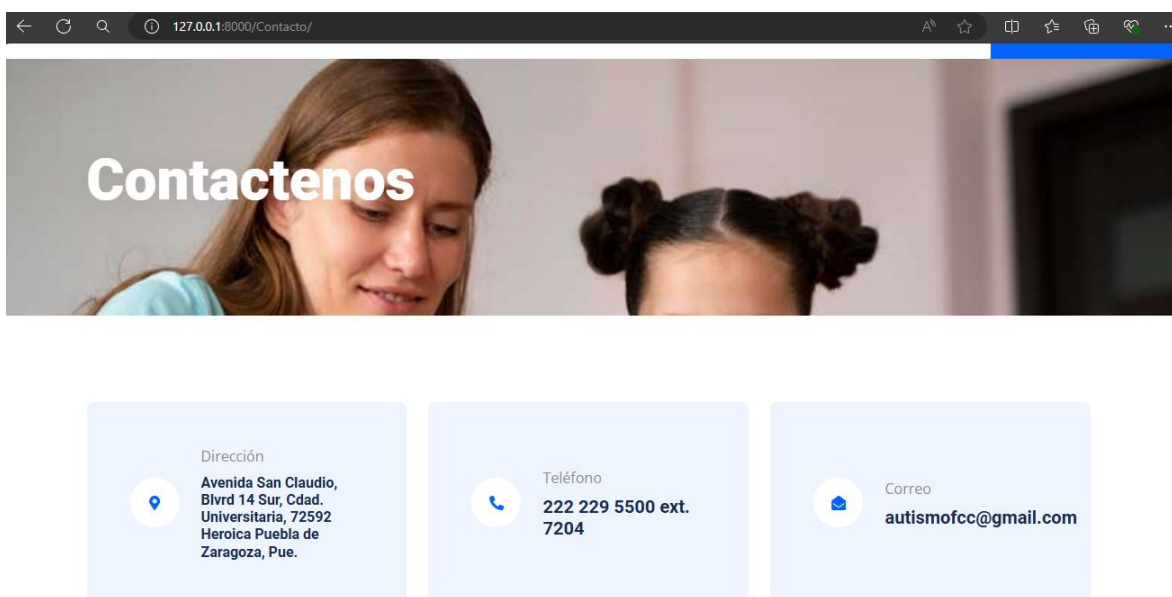


Figura 34. Información de contacto.

Cada sección de la plataforma AutismFCC está diseñada para brindarte el conocimiento y el apoyo necesario para comprender lo que es el autismo. Desde la valoración y diagnóstico temprano hasta las últimas noticias, recursos educativos y referencias científicas.

CAPITULO 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

En esta sección, se presenta una serie de pruebas y resultados fundamentales para la evaluación del autismo. La herramienta utilizada es esencial para identificar los signos y síntomas del autismo de manera temprana, permitiendo una intervención más efectiva.

5.1 Aplicación del instrumento

A continuación, se muestran algunas interfaces de interacción con la plataforma solicitando algunos datos personales, así como la interacción con la plataforma AutismoFCC. Enseguida se muestran las pruebas. Vea las figuras 35, 36 y 37.

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

Nombre del niño

Anterior Siguiente

Figura 35. Nombre del pequeño.

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

Edad (meses)

Anterior Siguiente

Figura 36. Edad del pequeño (meses).

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

Sexo

Anterior Masculino Femenino Siguiente

Figura 37. Sexo del pequeño.

Las siguientes preguntas que pertenecen al cuestionario Q-chat-10 se pueden visualizar en el apéndice B.

5.2 Pruebas

Las siguientes pruebas se realizaron en base al cuestionario Q-chat-10, para poder entender mejor como funciona esta evaluación es importante tener en cuenta que las preguntas (ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. [39] A continuación, se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

Cabe recalcar que, Q-CHAT-10 no es diagnóstico; es un instrumento de cribado. Su función es detectar señales tempranas, no sustituir una evaluación por un especialista. básicamente los resultados se basan en que si obtiene un puntaje mayor a tres se considera una mayor probabilidad de que tenga autismo, en un estudio llamado “Hacia breves señales de alerta para la detección del autismo: el cociente corto del espectro autista y la lista de verificación cuantitativa corta en 1000 casos y 3000 controles” se considera que en un punto de corte de tres en el Q-CHAT-10, la sensibilidad fue 0.91 (91%), la especificidad fue 0.89 (89%). La consistencia interna fue >0.85 en todas las medidas. Estas cifras indican que un puntaje mayor a tres logra un buen equilibrio entre identificar correctamente los posibles casos de autismo (alta sensibilidad) y evitar identificar falsos positivos (alta especificidad). [40]

además de mostrar el resultado del pequeño, se implementó un gráfico donde se puede visualizar el promedio de puntaje obtenido por todos los usuarios en cada una de las 10 preguntas del cuestionario. En la figura 38 se puede ver la gráfica.

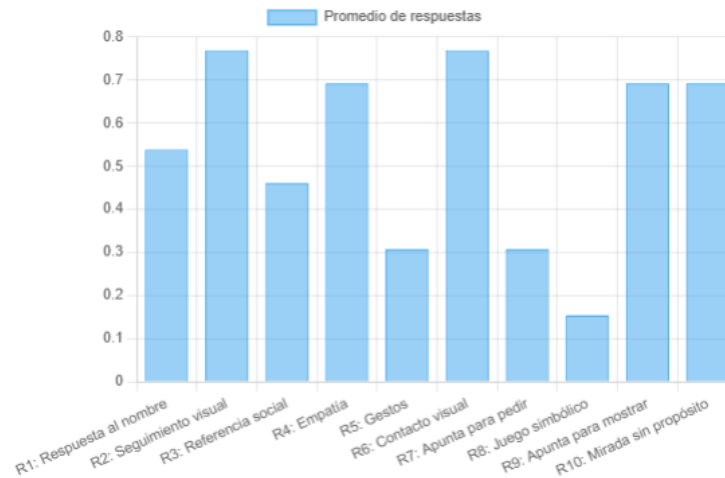


Figura 38. Gráfica del promedio de puntaje obtenido.

La grafica anterior se interpreta de la siguiente manera:

Cada barra representa el promedio de puntaje obtenido por todos los usuarios en cada una de las 10 preguntas del cuestionario.

- Eje X (horizontal): R1, R2, ..., R10 (las preguntas del Q-CHAT-10).
- Eje Y (vertical): Valor promedio entre 0 y 1, indicando cuántas veces esa pregunta se respondió con puntuación 1.

¿Cómo se interpretan los valores?

Dado que cada pregunta puede valer solo 0 o 1, los promedios serán valores decimales entre 0 y 1. Por ejemplo:

- Si la barra de R3 = 0.75, eso significa que el 75% de las personas respondieron esa pregunta con una opción que representa rasgo de autismo.
- Si R10 = 0.2, solo el 20% de las respuestas a esa pregunta indican un rasgo de autismo.

¿Qué se puede observar?

- Altos promedios (cerca de 1): Las respuestas indican más presencia de conductas asociadas al TEA en esa pregunta específica.
- Bajos promedios (cerca de 0): Menor prevalencia de comportamientos relacionados con TEA según esa pregunta.

A continuación, se muestran algunas de las pruebas realizadas.

Prueba 1. En esta prueba se ingresan los siguientes datos:

- Nombre: Marta Reyes Morales
- Edad (meses): 30
- Sexo: Femenino
- Pregunta 1: Siempre
- Pregunta 2: Bastante fácil
- Pregunta 3: Muchas veces al día
- Pregunta 4: Muchas veces al día
- Pregunta 5: Muchas veces al día
- Pregunta 6: Muchas veces al día
- Pregunta 7: Siempre
- Pregunta 8: Muy típicas
- Pregunta 9: Muchas veces al día
- Pregunta 10: Menos de una vez por semana

Después de enviar los datos ingresados en el cuestionario, este arroja el resultado del que obtuvo el pequeño en la prueba 1, donde se expone su puntaje y se le explica la forma en que se le evaluó. El recuadro que muestra esta información se muestra en color verde lo cual indica que no tiene riesgo de tener autismo. En la figura 39 se observa el resultado.

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación, se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

Anterior Nombre del niño Siguiente

Resultado de la evaluación

La niña Marta Reyes Morales muestra comportamientos normales

Puntaje. Las preguntas 1 a la 9: Si usted seleccionó las últimas tres opciones se anota 1 punto por pregunta. Para la pregunta 10: Si usted selecciono las primeras tres opciones se anote 1 punto. Un puntaje mayor a 3 no significa que el niño o niña tenga autismo, sino que conviene ser evaluado por un profesional de la salud especializado en el diagnóstico y tratamiento del autismo para obtener una evaluación más completa y precisa.

Es importante tener en cuenta que el Q-CHAT-10 es solo una herramienta de detección y no proporciona un diagnóstico definitivo de autismo. El seguimiento continuo de un niño diagnosticado con autismo es fundamental para brindarle el apoyo necesario y garantizar su desarrollo óptimo.

Figura 39. Resultado de la prueba 1.

La figura 40 presenta la gráfica previamente descrita, ahora con la integración de los datos correspondientes a la prueba 1.

Resultado de la evaluación

La niña Marta Reyes Morales muestra comportamientos normales

Puntaje. Las preguntas 1 a la 9: Si usted seleccionó las últimas tres opciones se anota 1 punto por pregunta. Para la pregunta 10: Si usted selecciono las primeras tres opciones se anote 1 punto. Un puntaje mayor a 3 no significa que el niño o niña tenga autismo, sino que conviene ser evaluado por un profesional de la salud especializado en el diagnóstico y tratamiento del autismo para obtener una evaluación más completa y precisa.

Es importante tener en cuenta que el Q-CHAT-10 es solo una herramienta de detección y no proporciona un diagnóstico definitivo de autismo. El seguimiento continuo de un niño diagnosticado con autismo es fundamental para brindarle el apoyo necesario y garantizar su desarrollo óptimo.

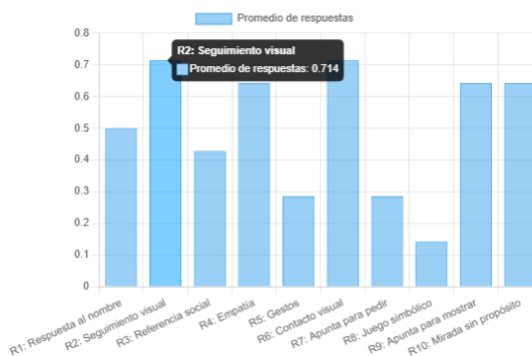


Figura 40. Gráfica con los datos de la prueba 1.

Prueba 2. En esta prueba se ingresan los siguientes datos:

- Nombre: Martin Morales Morales
- Edad (meses): 28
- Sexo: Masculino
- Pregunta 1: Normalmente
- Pregunta 2: Más o menos difícil
- Pregunta 3: Pocas veces al día
- Pregunta 4: Pocas veces a la semana
- Pregunta 5: Pocas veces al día
- Pregunta 6: Pocas veces al día
- Pregunta 7: Raramente
- Pregunta 8: Un poco inusuales
- Pregunta 9: Pocas veces al día
- Pregunta 10: Pocas veces a la semana

Después de enviar los datos ingresados en el cuestionario, este arroja el resultado del que obtuvo el pequeño en la prueba 2, donde se expone su puntaje y se le explica la forma en que se le evaluó. El recuadro que muestra esta información se muestra en color amarillo lo cual indica que posiblemente tiene riesgo de tener autismo. En la figura 41 se observa el resultado.

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación, se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

Anterior Nombre del niño Siguiente

Martin Morales Morales

Resultado de la evaluación

El niño Martin Morales Morales obtuvo 5/10 puntos. Por lo cual, muestra rasgos de autismo

Puntaje. Las preguntas 1 a la 9: Si usted seleccionó las últimas tres opciones se anota 1 punto por pregunta. Para la pregunta 10: Si usted selecciono las primeras tres opciones se anote 1 punto. Un puntaje mayor a 3 no significa que el niño o niña tenga autismo, sino que conviene ser evaluado por un profesional de la salud especializado en el diagnóstico y tratamiento del autismo para obtener una evaluación más completa y precisa.

Es importante tener en cuenta que el Q-CHAT-10 es solo una herramienta de detección y no proporciona un diagnóstico definitivo de autismo. El seguimiento continuo de un niño diagnosticado con autismo es fundamental para brindarle el apoyo necesario y garantizar su desarrollo óptimo.

Figura 41. Resultado de la prueba 2.

La figura 42 presenta la gráfica previamente descrita, ahora con la integración de los datos correspondientes a la prueba 2.

Resultado de la evaluación

El niño Martin Morales Morales obtuvo 5/10 puntos. Por lo cual, muestra rasgos de autismo

Puntaje. Las preguntas 1 a la 9: Si usted seleccionó las últimas tres opciones se anota 1 punto por pregunta. Para la pregunta 10: Si usted selecciono las primeras tres opciones se anote 1 punto. Un puntaje mayor a 3 no significa que el niño o niña tenga autismo, sino que conviene ser evaluado por un profesional de la salud especializado en el diagnóstico y tratamiento del autismo para obtener una evaluación más completa y precisa.

Es importante tener en cuenta que el Q-CHAT-10 es solo una herramienta de detección y no proporciona un diagnóstico definitivo de autismo. El seguimiento continuo de un niño diagnosticado con autismo es fundamental para brindarle el apoyo necesario y garantizar su desarrollo óptimo.

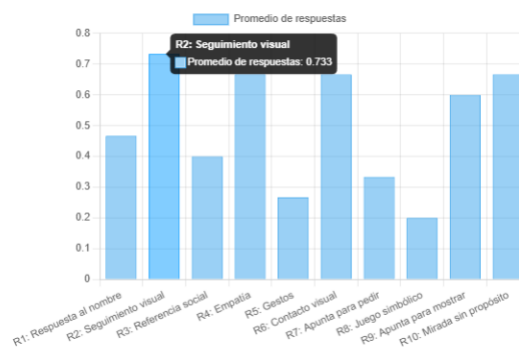


Figura 42. Gráfica con los datos de la prueba 2.

Prueba 3. En esta prueba se ingresan los siguientes datos:

- Nombre: Patricia Mares Castillo
- Edad (meses): 25
- Sexo: Femenino
- Pregunta 1: A veces
- Pregunta 2: Muy difícil
- Pregunta 3: Pocas veces al día
- Pregunta 4: Pocas veces a la semana
- Pregunta 5: Pocas veces a la semana
- Pregunta 6: Pocas veces al día
- Pregunta 7: Raramente
- Pregunta 8: Muy inusuales
- Pregunta 9: Pocas veces a la semana
- Pregunta 10: Muchas veces al día

Después de enviar los datos ingresados en el cuestionario, este arroja el resultado del que obtuvo el pequeño en la prueba 3, donde se expone su puntaje y se le explica la forma en que se le evaluó. El recuadro que muestra esta información se muestra en color rojo lo cual indica que posiblemente tiene un alto riesgo de tener autismo. En la figura 43 se observa el resultado.

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación, se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

Anterior Nombre del niño Siguiente

Patricia Mares Castillo

Enviar

Resultado de la evaluación

La niña Patricia Mares Castillo obtuvo 7/10 puntos. Por lo cual, muestra rasgos de autismo

Puntaje. Las preguntas 1 a la 9: Si usted seleccionó las últimas tres opciones se anota 1 punto por pregunta. Para la pregunta 10: Si usted selecciono las primeras tres opciones se anote 1 punto. Un puntaje mayor a 3 no significa que el niño o niña tenga autismo, sino que conviene ser evaluado por un profesional de la salud especializado en el diagnóstico y tratamiento del autismo para obtener una evaluación más completa y precisa.

Es importante tener en cuenta que el Q-CHAT-10 es solo una herramienta de detección y no proporciona un diagnóstico definitivo de autismo. El seguimiento continuo de un niño diagnosticado con autismo es fundamental para brindarle el apoyo necesario y garantizar su desarrollo óptimo.

Figura 43. Resultado de la prueba 3.

La figura 44 presenta la gráfica previamente descrita, ahora con la integración de los datos correspondientes a la prueba 3.

Resultado de la evaluación

La niña Patricia Mares Castillo obtuvo 7/10 puntos. Por lo cual, muestra rasgos de autismo

Puntaje. Las preguntas 1 a la 9: Si usted seleccionó las últimas tres opciones se anota 1 punto por pregunta. Para la pregunta 10: Si usted selecciono las primeras tres opciones se anote 1 punto. Un puntaje mayor a 3 no significa que el niño o niña tenga autismo, sino que conviene ser evaluado por un profesional de la salud especializado en el diagnóstico y tratamiento del autismo para obtener una evaluación más completa y precisa.

Es importante tener en cuenta que el Q-CHAT-10 es solo una herramienta de detección y no proporciona un diagnóstico definitivo de autismo. El seguimiento continuo de un niño diagnosticado con autismo es fundamental para brindarle el apoyo necesario y garantizar su desarrollo óptimo.

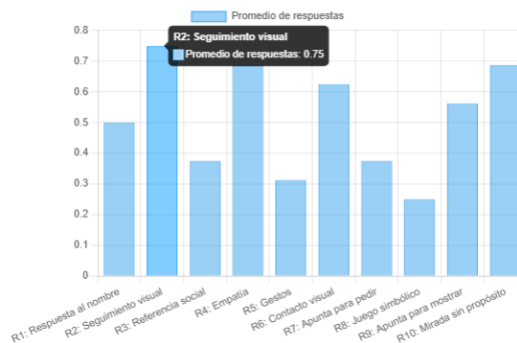


Figura 44. Gráfica con los datos de la prueba 3.

En la tabla 3 se muestra el resumen parcial de los resultados obtenidos en las pruebas anteriores y con ello obtener una base de datos de conocimiento que serviría como un dataset de entrenamiento.

Tabla 3. Resultados obtenidos del cuestionario Q-Chat-10

	Nom	Edad	Sexo	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Total
P1	Marta Reyes Morales	30	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	Martin Morales Morales	28	M	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	5
P3	Patricia Mares Castillo	25	F	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	7

Es importante señalar que la información registrada en el cuestionario se guarda en una base de datos, lo que permitirá, en un futuro, ampliar el conjunto de datos empleado en el modelo de predicción y facilitar la creación de un expediente médico.

En la plataforma, cada vez que un padre/madre llena el cuestionario Q-CHAT-10, no solo se guarda la suma de puntos, sino también:

- Metadatos clínicos básicos (nombre del niño, edad, sexo).

Con esa ingesta:

- Se garantiza trazabilidad y calidad de datos: no se pierde el detalle de cómo se obtuvo el puntaje.
- Se permite enriquecer el dataset histórico: más adelante estos datos alimentaran modelos predictivos más complejos.

Una vez procesadas las respuestas del cuestionario Q-CHAT-10 y obtenido el puntaje final, es fundamental presentar la información de manera clara, comprensible y visualmente accesible para los usuarios. Este componente no se limita a mostrar un número, sino que ofrece una explicación cuantitativa y cualitativa con base en el resultado.

Se entrega una explicación cuantitativa, ya que el puntaje obtenido en el Q-CHAT-10 se consideró como una variable cuantitativa discreta, con valores posibles de 0 a 10. Este valor refleja el número de ítems que señalan comportamientos o rasgos de riesgo. De esta forma, un puntaje más alto representa una mayor concentración de indicadores asociados al autismo.

Se añade una explicación cualitativa que contextualiza el puntaje. En este caso, se enfatiza que un puntaje mayor a 3, según lo descrito por (Allison et al., 2012), no constituye un diagnóstico clínico definitivo, sino una señal de alerta que sugiere la necesidad de una valoración más detallada por parte de especialistas.

La presentación de los resultados incorpora además visualizaciones interactivas, tales como un semáforo de riesgo (verde para 0-3 puntos, amarillo para 4-6 puntos y rojo para ≥ 7 puntos) y gráficos de barras que muestran la distribución del puntaje por factores (social/comunicativo, habla/lenguaje y conductual).

Conclusiones

Al concluir la elaboración de esta tesis, puedo decir que fue una experiencia totalmente satisfactoria. A lo largo de este proceso, comprendí que no se trata únicamente de cumplir un requisito académico, sino de generar experiencia, fortalecer mis conocimientos previos y, sobre todo, aprender cosas nuevas.

Este proyecto se trabajó con el cuestionario llamado Q-CHAT-10, una herramienta breve la cual contiene 10 preguntas que ha demostrado ser bastante útil como prueba de tamizaje para la detección temprana de rasgos asociados al autismo en niños de 18 a 24 meses. Aunque no puede considerarse como el “mejor” instrumento porque existen otros cuestionarios más largos y detallados como el ADI-R, ADOS-2, entre otros. Su fortaleza radica en que no requiere la presencia de un especialista ya que está diseñado para que los padres o cuidadores contesten basándose en las conductas que observan en el niño, es rápido, fácil de aplicar y ofrece un primer indicador confiable sobre posibles riesgos.

Los resultados obtenidos en la aplicación del Q-CHAT-10 dentro de la plataforma muestran que es posible no solo recolectar puntajes, sino también transformarlos en información clara y entendible para padres. Se integraron visualizaciones como semáforos de riesgo y gráficas comparativas, lo que hace más sencillo interpretar qué significa un puntaje y cómo se relaciona con el desarrollo del niño.

La plataforma ofrece un valor agregado respecto a otros sistemas, ya que no se limita a mostrar un resultado, sino que guarda los datos en una base, permitiendo en un futuro construir un historial clínico y entrenar modelos predictivos más robustos. Esto convierte la propuesta en algo más que un simple cuestionario ya que aprovecha la recolección, análisis y visualización para dar un contexto clínico inicial. Además, la plataforma muestra una gran variedad de información sobre el

autismo y brinda material de apoyo complementario, como artículos, noticias y videos, lo que contribuye a generar conciencia no solo en los padres sino en la gente que quiera conocer sobre este trastorno. La combinación del cuestionario con la plataforma digital potencia su alcance al ofrecer información cuantitativa y cualitativa, fácil de interpretar y con la firmeza de crecer hacia un sistema predictivo cada vez más preciso.

Finalmente, me llevo una experiencia gratificante, no solo por los conocimientos adquiridos, sino también por el trato recibido por parte de la Mtra. María del Carmen Santiago Díaz y el Dr. Gustavo Rubín Linares, cuya orientación fue constructiva y enriquecedora durante todo este proceso.

Referencias bibliográficas

1. Quiroz F, De la Cuba L, Contreras L. M, Mamani D. J y Ayala H.J (2018). *Una breve historia del autismo*.
2. Autismo España. (s.f.). *Autismo España: Trastorno del espectro autista (TEA)*. <https://autismo.org.es/>
3. Garrabé de Lara, Jean. (2012). El autismo: Historia y clasificaciones. *Salud mental*, 35(3), 257-261. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252012000300010&lng=es&tlng=es
4. López Gómez, s., Rivas Torres, R. M., & Taboada Ares, E. M. (2010). Historia del trastorno autista. *Apuntes de Psicología*, 28(1), 51–64. <https://www.apuntesdepsicologia.es/index.php/revista/article/view/202>
5. Artigas-Pallares, Josep, & Paula, Isabel. (2012). El autismo 70 años después de Leo Kanner y Hans Asperger. *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría*, 32(115), 567-587. <https://dx.doi.org/10.4321/S0211-57352012000300008>
6. RedParaCrecer. (s.f). *Hitos en la historia de la comprensión del autismo*. <https://redparacrecer.org/Ac/33739>
7. Piro, M.C (2017). El autismo. Perspectivas teórico - clínicas y desafíos contemporáneos. <https://core.ac.uk/download/pdf/296398524.pdf>

8. Mora L. A, Arce C.C y Mora G.A (2016). Neuropsiquiatría. *Trastornos del espectro autista*.
<https://www.medigraphic.com/pdfs/revmedcoscen/rmc-2016/rmc164e.pdf>
9. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Clasificación Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud (CIE-11)*.
<https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/scian/cie.pdf>
10. Ruiz, P (2021). *Clasificación internacional de las enfermedades, anatomía de la CIE 10*.
11. Rivadeneira, A (2015). *Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE): descifrando la CIE-10 y esperando la CIE-11*.
12. Autismo Test en Línea. (s.f.). *Escala de Autismo Infantil (C.A.R.S.)*.
<https://testautismo.com/escala-de-autismo/>
13. Psicólogos Córdoba. (s.f.). *Test ADI-R: ¿Qué es y cómo funciona?*
<https://psicologoscordoba.org/test-adir-que-es-y-como-funcional/>
14. Cognitivo. (2019, 24 de julio). *¿Qué es el test ADOS-2?*
<https://www.cognitivo.cl/que-es-el-test-ados-2/>
15. Villalba Garzón, J. A. (2013). *Validación del Q-CHAT para detectar el trastorno autista en edades tempranas* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Psicología.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/50818/80039340.2013.pdf>

16. DRobins, D. L., Fein, D., & Barton, M. (2009). Cuestionario M-CHAT R/F: *Cuestionario M-CHAT revisado de detección del autismo en niños pequeños con entrevista de seguimiento M-CHAT-R/F* (versión en español, España) [PDF]. Grupo Estudio M-CHAT España; disponible en https://mchatscreen.com/wp-content/uploads/2015/05/M-CHAT-R_F_Spanish_Spain.pdf
17. O'Mahony L (2018). *El niño con necesidades especiales de atención de la salud*. Tintinalli J.E., & Stapczynski J, & Ma O, & Yealy D.M., & Meckler G.D., & Cline D.M. (Eds.), Tintinalli. Medicina de urgencias, 8e. McGraw Hill. <https://accessmedicina.bibliotecabuap.elogim.com/content.aspx?bookid=2329§ionid=202927810>
18. Albores-Gallo, L., Hernández-Guzmán, L., Díaz-Pichardo, J. A., & Cortes-Hernández, B. (2008). *Dificultades en la evaluación y diagnóstico del autismo. Una discusión*. *Salud Mental*, 31(1), 37–44. <https://ebSCO.bibliotecabuap.elogim.com/login.aspx?direct=true&db=lth&AN=31808249&lang=es&site=ehost-live>
19. Roman-Urrestarazu, A., Yáñez, C., López-Garí, C., Elgueta, C., Allison, C., Brayne, C., Troncoso, M., & Baron-Cohen, S. (2021). *Autism screening and conditional cash transfers in Chile: Using the Quantitative Checklist (Q-CHAT) for early autism detection in a low resource setting*. *Autism: The International Journal of Research and Practice*, 25(4), 932–945. <https://doi.org/10.1177/1362361320972277>
20. Tartarisco, G., Cicceri, G., Di Pietro, D., Leonardi, E., Aiello, S., Marino, F., Chiarotti, F., Gagliano, A., Arduino, G. M., Apicella, F., Muratori, F., Bruneo,

- D., Allison, C., Cohen, S. B., Vagni, D., Pioggia, G., & Ruta, L. (2021). Use of Machine Learning to Investigate the Quantitative Checklist for Autism in Toddlers (Q-CHAT) towards Early Autism Screening. *Diagnostics* (Basel, Switzerland), 11(3). <https://doi.org/10.3390/diagnostics11030574>
21. Sturner, R., Howard, B., Bergmann, P., Morrel, T., Andon, L., Marks, D., Rao, P., & Landa, R. (2016). *Autism Screening with Online Decision Support by Primary Care Pediatricians Aided by M-CHAT/F*. *Pediatrics*, 138(3), 1–11. <https://doi.bibliotecabuap.elogim.com/10.1542/peds.2015-3036>
22. Coelho-Medeiros, M. E., Bronstein, J., Aedo, K., Pereira, J. A., Arraño, V., Perez, C. A., Valenzuela, P. M., Moore, R., Garrido, I., & Bedregal, P. (2019). M-CHAT-R/F Validation as a screening tool for early detection in children with autism spectrum disorder. *Revista Chilena de Pediatría*, 90(5), 492–499. <https://doi.bibliotecabuap.elogim.com/10.32641/rchped.v90i5.703>
23. Sturner, R., Howard, B., Stewart-Artz, L., Bet, K., Bergmann, P., Attar, S., Allison, C., & Baron-Cohen, S. (2022). Autism screening at 18 months of age: a comparison of the Q-CHAT-10 and M-CHAT screeners. *Molecular Autism*, 13(1). <https://doi.bibliotecabuap.elogim.com/10.1186/s13229-021-00480-4>
24. Bone, D., Narayanan, S. S., Bishop, S. L., Black, M. P., Goodwin, M. S., & Lord, C. (2016). Use of machine learning to improve autism screening and diagnostic instruments: effectiveness, efficiency, and multi-instrument fusion. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 57(8), 927–937. <https://doi.bibliotecabuap.elogim.com/10.1111/jcpp.12559>
25. Farooq, M. S., Tehseen, R., Sabir, M., & Atal, Z. (2023). Detection of autism spectrum disorder (ASD) in children and adults using machine learning. *Scientific Reports*, 13(1), 1–13. <https://doi.bibliotecabuap.elogim.com/10.1038/s41598-023-35910-1>

26. Fortea, S., & Luzardo, M. (2003). *Autismo: Cada día más cerca de un diagnóstico preciso*. *Canarias Pediátrica*, 27(3), 383–387. [https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/69626/1/Autismo cada dia mas cerca.pdf](https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/69626/1/Autismo%20cada%20dia%20mas%20cerca.pdf)
27. López Gómez, S., & Rivas Torres, RM (2014). El trastorno del espectro autista: desafíos, oportunidades y necesidades. *Informes Psicológicos*, 14 (2), 13–31. <https://revistas.upb.edu.co/index.php/informespsicologicos/article/view/1321>
28. Biasutti de Oliveira, Luziene Dalmaschio, Dias de Oliveira, Roney Welinton, Serrano Enciso, Jacqueline, & Nakamura-Palacios, Ester Miyuki. (2016). Aplicación clínica de la escala de autismo en los niños. *Revista Cubana de Pediatría*, 88(4), 406-416. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312016000400002&lng=es&tlng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312016000400002&lng=es&tlng=es)
29. Rangel Márquez, E. (2022). *La sexualidad en los trastornos de espectro autista: La importancia de abordar el tema* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000835420/3/0835420.pdf>
30. Instituto Mexicano del Seguro Social. (2012). *Guía de práctica clínica GPC IMSS-528-12: Diagnóstico y manejo de los trastornos del espectro autista*. <https://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/528GER.pdf>
31. Engelbrecht, N. (2020, Abril 20). *The AQ-10*. <https://embrace-autism.com/aq-10/>

32. Villalba, J.A.: Validación del Q-chat para detectar el trastorno autista en edades tempranas. Universidad Nacional de Colombia, pp. 11-68 (2013).
33. Da Silva, D., Web Content, SEO Associate. LATAM. (2021). *¿Qué es el aprendizaje automático? Comprende el concepto y conoce sus tipos.* <https://www.zendesk.com.mx/blog/aprendizaje-automatico-machine-learning-que-es/>
34. Microsoft. (s.f.). *¿Qué son los algoritmos de aprendizaje automático?* <https://azure.microsoft.com/es-mx/resources/cloud-computing-dictionary/what-are-machine-learning-algorithms>
35. Rayón, Á. (2017, abril 25). *Guía para comenzar con algoritmos de Machine Learning.* Deusto Data. <https://blogs.deusto.es/bigdata/guia-para-comenzar-con-algoritmos-de-machine-learning/>
36. Microsoft. (s.f.). *¿Qué es una plataforma de aprendizaje automático?* <https://azure.microsoft.com/es-mx/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-machine-learning-platform/>
37. Espinosa-Zúñiga, Javier Jesús. (2020). Aplicación de algoritmos Random Forest y XGBoost en una base de solicitudes de tarjetas de crédito. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 21(3), 00002. Epub 02 de diciembre de 2020. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2020.21.3.022>
38. Elegant Themes. (s. f.). *Elegant Themes.* <https://www.elegantthemes.com/>

39. Magiati, I., Goh, D. A., Lim, S. J., Gan, D. Z., Leong, J. C., Allison, C., Baron-Cohen, S., Rifkin-Graboi, A., Broekman, B. F., Saw, S. M., Chong, Y. S., Kwek, K., Gluckman, P. D., Lim, S. B., Meaney, M. J., & GUSTO working group (2015). *The psychometric properties of the Quantitative-Checklist for Autism in Toddlers (Q-CHAT) as a measure of autistic traits in a community sample of Singaporean infants and toddlers*. *Molecular autism*, 6, 40. <https://doi.org/10.1186/s13229-015-0032-1>
40. Allison, C., Auyeung, B., & Baron-Cohen, S. (2012). Toward brief “Red Flags” for autism screening: The Short Autism Spectrum Quotient and the Short Quantitative Checklist for Autism in toddlers in 1,000 cases and 3,000 controls [corrected]. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 51(2), 202–212.e7. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2011.11.003>

Apéndice A

A continuación, se presentan las preguntas incluidas en el formulario, las cuales solicitan datos como el nombre del niño/a, la edad, entre otros. Asimismo, se muestra el contenido del cuestionario Q-CHAT-10, compuesto por 10 ítems diseñados para detectar posibles rasgos del Trastorno del Espectro Autista (TEA) en niños durante la primera infancia.

- **Nombre del niño**
 - **Edad (meses)**
 - **Sexo (masculino, femenino)**
 - **Padece ictericia**
 - **¿Tiene algún familiar con autismo?**
1. **¿Su niño/a lo/a mira a usted cuando lo llama por su nombre?**
 2. **¿Su niño/a sigue su mirada hacia donde usted está mirando?**
 3. **¿Su niño/a le mira espontáneamente a la cara para ver su reacción, cuando ocurre algo que no es habitual?**
 4. **Si usted o alguien en su familia está visiblemente angustiado o triste, ¿su niño/a muestra signos de querer ayudarlo/a?**
Por ejemplo, acariciando su pelo o abrazándolo/a.
 5. **¿Su niño/a utiliza gestos simples?**
Por ejemplo, cuando se despide, ¿hace como “adiós”?
 6. **¿Qué tan fácil es para usted tener contacto visual con su niño/a?**
Por ejemplo, que él/ella le mire.
 7. **¿Su niño/a apunta con el dedo cuando quiere algo?**
Por ejemplo, un juguete que está fuera de su alcance.
 8. **¿Su niño/a juega a simular?**
Por ejemplo, hacer “como si” cuidara su muñeca o “como si” hablara por un teléfono de juguete.
 9. **¿Su niño/a apunta con el dedo para mostrarle algo que le interesa?**
Por ejemplo, apunta para mostrarle o compartir algo interesante.

10. **¿Su niño/a mira a la nada, como sin propósito aparente?**

Por ejemplo, mirando un punto fijo.

Apéndice B

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

1. ¿Tu hijo te mira cuando lo llamas por su nombre?

Anterior

- Siempre
- Normalmente
- A veces
- Raramente
- Nunca

Siguiente

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

2. ¿Qué tan fácil es para usted tener contacto visual con su hijo?

Anterior

- Muy fácil
- Bastante fácil
- Más o menos difícil
- Muy difícil
- Imposible

Siguiente

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

3. ¿Su hijo señala para indicar que quiere algo? (por ejemplo, un juguete que esta fuera de alcance)

Anterior

- Muchas veces al día
- Pocas veces al día
- Pocas veces a la semana
- Menos de una vez por semana
- Nunca

Siguiente

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

4. ¿Su hijo apunta a compartir interés con usted? (por ejemplo, señalar una vista interesante)

Anterior

- Muchas veces al día
- Pocas veces al día
- Pocas veces a la semana
- Menos de una vez por semana
- Nunca

Siguiente

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (Ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

5. ¿Tu hijo finge? (por ejemplo, cuidar muñecas, hablar por un teléfono de juguete)

Anterior

- Muchas veces al día
- Pocas veces al día
- Pocas veces a la semana
- Menos de una vez por semana
- Nunca

Siguiente

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (Ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

6. ¿Su hijo sigue donde usted está mirando?

Anterior

- Muchas veces al día
- Pocas veces al día
- Pocas veces a la semana
- Menos de una vez por semana
- Nunca

Siguiente

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

7. Si usted o alguien más en la familia está visiblemente molesto, ¿muestra su hijo signos de querer consolarlos?

- | | | |
|----------|---|-----------|
| Anterior | <input type="radio"/> Siempre
<input type="radio"/> Normalmente
<input type="radio"/> A veces
<input type="radio"/> Raramente
<input type="radio"/> Nunca | Siguiente |
|----------|---|-----------|

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

8. ¿Describiría las primeras palabras de su hijo como:

- | | | |
|----------|---|-----------|
| Anterior | <input type="radio"/> Muy típicas
<input type="radio"/> Bastante típicas
<input type="radio"/> Un poco inusuales
<input type="radio"/> Muy inusuales
<input type="radio"/> Mi hijo no habla | Siguiente |
|----------|---|-----------|

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

9. ¿Su hijo usa gestos simples? (por ejemplo, decir adiós)

Anterior

- Muchas veces al día
- Pocas veces al día
- Pocas veces a la semana
- Menos de una vez por semana
- Nunca

Siguiente

Cuestionario Q-CHAT-10

Quantitative Checklist for Autism in Toddlers

Para cada pregunta, favor de seleccionar la respuesta que más refleje el comportamiento de su niño o niña. Una vez respondidas todas las preguntas debe enviar el formulario para obtener el resultado de la evaluación.

Las siguientes preguntas (ítems) exploran factores como rasgos sociales/comunicativos, rasgos no sociales/conductuales y un factor de habla/lenguaje. A continuación se muestra que evalúa cada ítem:

- **Social/Comunicativo (6 ítems):**
 - Ítems: 1, 2, 3, 4, 6, 9
- **Habla / Lenguaje (2 ítems):**
 - Ítems: 5, 7
- **No Social / Conductual (2 ítems):**
 - Ítems: 8, 10

10. ¿Su hijo mira fijamente a la nada sin un propósito aparente?

Anterior

- Muchas veces al día
- Pocas veces al día
- Pocas veces a la semana
- Menos de una vez por semana
- Nunca

Siguiente