


# BIOTECH

# Interpretación de comportamientos relacionados con la conducta verbal autista

Tutoría técnica: Dra. Daniela López De Luise

Profesora de Trabajo Final: Dra. Marcela Samela

Alumna: Jesica Gimena Peralta

Trabajo Final de Carrera presentado para obtener el título de

Lic. en Gestión de Tecnología informática

Agosto, 2023

## Resumen

El Trastorno del espectro autista (TEA) es una afección en el desarrollo neurológico con dependencia genética, que es detectada durante la niñez en una serie de síntomas relacionados con la comunicación, el comportamiento, la interacción social y el razonamiento.

Este trabajo de investigación se centró en pacientes con TEA en estado severo, tomando como base a un comportamiento específico detectable en sesión terapéutica y que fue seleccionado de una lista de conductas presentes en trabajos previos del grupo de investigación BIOTECH, que trabaja con el Centro en Altos Estudios en Tecnología Informática, en el marco del cual se ubicó la presente investigación.

El movimiento patrón se estudió como parte de un conjunto de manifestaciones denominadas stimmings que, el proyecto ha detectado, son parte de la comunicación verbal no vocal del paciente. Cada patrón representa una comunicación verbal, definible por un conjunto específico de movimientos, sonidos y/o reacciones físicas visibles o no.

En este trabajo se realizó el estudio y análisis de módulos de procesamiento de videos e imágenes, a fin de procesar dichos patrones de comunicación verbal no vocal. A partir de los elementos encontrados, se pasó a una fase de interpretación en función de los estímulos a los que el paciente estuvo sometido en ese momento. La asociación es el mecanismo que, instintivamente, éste ha logrado activar a fin de comunicarse. Por dicha razón, resulta una herramienta útil para que los terapeutas y personas del entorno puedan interactuar con el paciente.

***Palabra clave*:** conducta verbal autista, estadística, minería de datos, procesamiento de videos e imágenes, trastorno del espectro autista

## Abstract

Autism Spectrum Disorder (ASD) is a genetically dependent neurodevelopmental condition that is detected during childhood in a series of symptoms related to communication, behavior, social interaction, and reasoning.

This research work focused on patients with ASD in a severe state, based on a specific behavior detectable in a therapeutic session and which was selected from a list of behaviors present in previous work by the BIOTECH research group, which works with the Center in Advanced Studies in Information Technology, within the framework of which the present investigation was located.

The pattern movement was studied as part of a set of manifestations called stimmings that the project has detected are part of the patient's non-vocal verbal communication. Each pattern represents a verbal communication, definable by a specific set of movements, sounds and/or physical reactions visible or not.

In this work, the study and analysis of video and image processing modules was carried out, in order to process said non-vocal verbal communication patterns. Based on the elements found, we went to an interpretation phase based on the stimuli to which the patient was subjected at that moment. The association is the mechanism that, instinctively, it has managed to activate in order to communicate. For this reason, it is a useful tool for therapists and people in the environment to interact with the patient.


***Keyword*:** autistic verbal behavior, autism spectrum disorder, data mining, statistic, video and image processing

## Dedicatoría

Este trabajo final de carrera está dedicada a mis padres, hermanos y sobrinos, principalmente, por su apoyo incondicional y la gran ayuda que me han dado a lo largo de estos años de estudio académico.

También, al resto de mi familia y amigos por no dejarme decaer y permitirme seguir adelante.

Finalmente, está dedicado a los niños con autismo, anhelo que su calidad de vida mejore enormemente.

## Reconocimientos

Agradezco la gran ayuda que me dieron mis padres y su apoyo en mi formación académica.

También agradezco a mi tutora técnica, Dra Daniela, por su tiempo y enseñanzas en todo momento y, sobre todo, por su predisposición en cada etapa. Por su paciencia y comprensión. Tambien agradezco a mi profesora de trabajo final, Dra Marcela, por guiarme, aconsejarme, seguirme en cada paso y, sobre todo, dedicarme su tiempo.

Por otra parte, también quiero agradecer a mis profesores y compañeros que compartí estos años de estudio en la carrera, quienes siempre me apoyaron y contuvieron.

A todos y cada uno, muchas gracias.

# Índice General

Resumen....1
Abstract....2
Dedicatoría....3
Reconocimientos....4
Índice General....5
Índice de Figuras....7
Índice de Tablas....8
1 Introducción....9
1.1 Planteamiento del Problema....9
1.2 Hipótesis....10
1.3 Justificación....11
1.4 Objetivos....11
1.4.1 Objetivos Generales....11
1.4.2 Objetivos Específicos....11
1.5 Alcance....12
1.6 Enfoque Metodológico....12
1.7 Contribuciones Principales....12
1.8 Cronograma Operativo....13
1.9 Recursos Necesarios....13
1.10 Estructura General del Trabajo de Investigación....14
2 Marco Teórico....15
2.1 Antecedentes....15
2.2 Autismo....15
2.2.1 Detección y características....17
2.2.2 Desarrollo y curso....19

2.2.3 Complicaciones ..... 21
2.2.4 Pronóstico ..... 21
2.2.5 Cronología ..... 22
2.2.6 Niveles del espectro autista ..... 25
2.2.7 Estudios Actuales ..... 28
2.2.8 Tratamientos ..... 30
2.2.9 Factores De Riesgo ..... 33
2.2.10 Problemas de Alimentación ..... 35
2.3 Tecnología - Inteligencia Artificial ..... 36
2.3.1 Machine Learning ..... 39
2.3.2 Deep Learning ..... 40
2.3.3 Principales Términos de la IA ..... 40
3 Desarrollo Técnico ..... 43
3.1 Desarrollo ..... 43
3.1.1 Arquitectura Global ..... 43
3.1.2 Módulo de Procesamiento de Video ..... 44
3.1.3 Caso de Uso ..... 50
4 Análisis de los Resultados ..... 53
5 Conclusiones y Sugerencias ..... 56
Líneas Futuras de Investigación ..... 57
Anexo – Desarrollo Biotech – Rutinas ..... 59
Acrónimos ..... 67
Referencias ..... 68

# Índice de Figuras

Figura 1 Distintos Factores participantes del trastorno del espectro Autismo.....34
Figura 2 Capacidades de la Inteligencia Artificial.....38
Figura 3 Tipos de Datos.....38
Figura 4 Tipos de Aprendizaje Automatico.....39
Figura 5 Arquitectura Global.....44
Figura 6 Módulo de procesamiento de Video.....45
Figura 7 Ejemplo Frame de detección de Objetos.....48
Figura 8 Interfaz Gráfica de WEKA.....49
Figura 9 Histograma del stimming.....53
Figura 10 Tiempo de detección de stimming.....54

# Índice de Tablas

Tabla 1 Cronograma del trabajo de investigación .....13

Tabla 2 Recursos Necesarios .....14

Tabla 3 Niveles del Espectro autista .....27

Tabla 4 Parámetros del video del caso de uso .....51

Tabla 5 Resultado Heurísticas .....55

# 1 Introducción

Según las estadísticas publicadas por el Centro de control y prevención de enfermedades (CDC), 1 de cada 68 niños nacidos en 2002 ha sido diagnosticados con Trastorno del Espectro Autista (TEA). Los menores con TEA pueden presentar alteraciones significativas a nivel social, comunicativo y conductual (CDC, 2022).

El manual de diagnósticos y estadísticas para desórdenes mentales (DSM) posee un sistema de clasificación de signos y niveles de severidad, que se considera referente en la comunidad. La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera al TEA como un desorden pervasivo del desarrollo (Kilroy, 2022). Las características del TEA comprenden una amplia variedad de alteraciones clínicas y conductuales, que rondan en más de 800 disfunciones asociables al sistema nervioso central. Por otro lado, los pacientes con este trastorno pueden presentar déficits cognitivos severos en ciertas áreas (Greer, 1997). Estas alteraciones suelen manifestarse en fenómenos como alteraciones drásticas en el proceso atencional, reacciones exacerbadas ante estímulos simples, problemas para hallar la semántica adecuada a expresiones que requieren contextualización y deficiencias profundas en el proceso de adaptación ante situaciones inesperadas.

Resulta altamente notorio que las manifestaciones pueden observarse con distinto nivel de severidad, características y hasta edad de presentación (Greer, 1997). Por consiguiente, cabe mencionar que no todos los casos de TEA carecen de la habilidad de articular el habla, denominada lenguaje vocal, considerando que personas con Asperger lo preservan pero con severas limitaciones interpretativas. Asimismo, otros síntomas diferenciales suelen ser la hiperacusia y/o hipoacusia (López de Luise, 2020).

Lo expuesto anteriormente permite problematizar acerca del tema que se aborda en este trabajo de investigación, con el fin de plantear una adecuada interpretación de la comunicación verbal autista.

## 1.1 Planteamiento del Problema

Burrhus Skinner, autor del libro *Conducta Verbal* en el año 2007, se refiere al lenguaje en términos de la relación con sus antecedentes y consecuencias medioambientales. Acerca de sus estudios sobre la conducta verbal, indica que el lenguaje vocal es un subconjunto basado en que la emisión de sonidos o ciertas acciones, como los gestos, son verbales, aunque no

formen parte de un lenguaje organizado. Esto puede provocar una reacción similar a la emisión del lenguaje vocal y, por lo tanto, es considerado parte de la conducta verbal (Skinner, 2007).

El autismo es un trastorno del neurodesarrollo caracterizado por una tríada de síntomas observables en los primeros tres años de vida, que consisten en el deterioro del desarrollo del lenguaje, comportamientos estereotipados asociados con intereses restringidos y trastorno de interacción social (Filipek, 2000).

Los niños con grado severo de autismo muestran déficits cognitivos significativos en las áreas de comunicación con los estímulos que ven, y parecen tener dificultades particulares para interpretar la información socialmente relevante, ya que los estímulos socialmente significativos son físicamente complejos, y este hecho es fundamental para la adaptabilidad conductual (López de Luise, 2020).

Este trabajo final de investigación realiza el estudio del procesamiento de videos e imágenes, con el objetivo de detectar patrones de comunicación y comportamientos relacionados con la conducta verbal autista, así como interpretar la acción que manifiesta el paciente al realizar movimientos de balanceo de cabeza.

## 1.2 Hipótesis

De acuerdo con el estudio realizado por López De Luise (2020), se infiere que los pacientes con severos grados del espectro se ven imposibilitados de una correcta comunicación vocal. Se menciona, además, que la respuesta de los pacientes con TEA hacia los estímulos del entorno está bajo una intencionalidad de expresión en los movimientos como parte de su acción (López de Luise, 2020).

De esta manera, se pueden definir dos hipótesis:

- H1. Existe intencionalidad en los movimientos de los pacientes con el espectro autista como parte de su reacción al entorno.
- H2. El paciente TEA en grados severos se ve imposibilitado de una correcta comunicación vocal.

## 1.3 Justificación

Para el presente trabajo de investigación se estudian casos puntuales, con un enfoque particular en los comportamientos repetitivos y estereotipados, que se consideran un síntoma importante de los trastornos del espectro autista (TEA). Algunos de los movimientos que suelen observarse en pacientes con este trastorno son, por ejemplo, saltos, giros, palmoteo, balanceo de cabeza y otros movimientos corporales rítmicos.

Además, cabe señalar que existen casos en los que hay tanto hipoacusia como hiperacusia, que puede ser generalizada o centrada en un determinado sonido. Este tipo de anomalías hacen que el paciente se sienta molesto o aislado de los estímulos externos (Cohmer, 2014).

El interés por este tema surge de la necesidad de lograr una adecuada interpretación de los niños con TEA de grado severo, tanto de sus pensamientos como sentimientos propios y expresiones. Partiendo como base del video de un paciente, se logra identificar la causa del movimiento estereotipado. De esta manera, este trabajo posibilita tomar conocimiento sobre los comportamientos relacionados con la conducta verbal autista, lo que contribuiría, con una adecuada interpretación, a disminuir los problemas de comunicación que actualmente tienen los pacientes.

## 1.4 Objetivos

### *1.4.1 Objetivos Generales*

El objetivo de este trabajo de investigación es interpretar patrones de comunicación de la conducta verbal autista, en particular, comprender las respuestas intencionales.

De la detección de movimientos de balanceo de cabeza, se generan metadatos y estadísticas para validar y analizar lo hallado. De este modo, se pretende comprender la asociación entre los movimientos y expresiones de los pacientes con su estado interno, mediante sus manifestaciones externas.

### *1.4.2 Objetivos Específicos*

- Analizar el comportamiento verbal autista en videos de niños con TEA en sesiones de terapia.

- Identificar movimientos de balanceo de cabeza de niños con autismo severo y generar los metadatos a estudiar.
- Analizar resultados detallados en base a los metadatos extraídos.

## 1.5 Alcance

En el presente trabajo se realiza una investigación y estudio detallado para analizar movimientos de balanceo de cabeza sobre la conducta autista, considerando que, según Skinner, la comunicación tiene origen en el conductismo. Con los resultados obtenidos se generan estadísticas de validación aplicando minería de datos. Esto abarca los siguientes puntos:

- Determinación y estudio del caso
- Procesamiento del video en la rutina
- Análisis de los resultados
- Estadísticas y minería de datos
- Informe

## 1.6 Enfoque Metodológico

El enfoque metodológico del presente trabajo de investigación es cuantitativo. Para lograr el objetivo propuesto y la demostración de las hipótesis, se estudia un caso de uso real. En base a los movimientos expresados por el paciente con TEA, se generan informes que sustentan dichas hipótesis.

Se alcanzan los resultados a través de la utilización de la rutina del proyecto BIOTECH, de la Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER), donde se realiza el procesamiento de videos de terapias autistas en el cual se aplica Machine Learning. Una vez procesado el video, se analizan los movimientos y se estudian con base en los metadatos extraídos. Los metadatos son patrones con información detallada del movimiento del video, estudiados en Software de estadísticas y minería de datos.

## 1.7 Contribuciones Principales

Las principales contribuciones de este trabajo son: lograr una mejor interpretación de la comunicación verbal autista y, especialmente, lograr una mejor calidad de vida para los pacientes autistas.

Además, el trabajo aporta información e investigación para un equipo de trabajo de la Universidad Autónoma de Entre Ríos, que tiene el proyecto en curso llamado BIOTECH. Para tal proyecto, se estima una publicación a nivel nacional e internacional en los próximos meses.

## 1.8 Cronograma Operativo

El cronograma operativo de este trabajo de investigación queda distribuido de la siguiente manera:

**Tabla 1**

*Cronograma del trabajo de investigación*

| **Cronograma** | | |
|---|---|---|
| **Id** | **Etapa** | **Fecha** |
| 1 | Definición del tema | Agosto 2021 |
| 2 | Instalación de Software | Septiembre 2021 |
| 3 | Estudio de Rutina | Octubre – diciembre 2021 |
| 4 | Estudio Caso de uso | Enero -febrero 2022 |
| 5 | Procesamiento y estadísticas | Marzo – agosto 2022 |
| 6 | Generación de Informe | Septiembre 2022 |
| 7 | Conclusiones | Octubre 2022 - mayo 2023 |

*Fuente: Elaboración propia.*

## 1.9 Recursos Necesarios

A continuación, se muestra la tabla 2, con los recursos necesarios en este trabajo de investigación.

**Tabla 2**

*Recursos Necesarios*

| | **Recursos** |
|---|---|
| Sistema Operativo | Windows 10 |
| Software IDE de procesamiento | Visual Studio |
| Lenguaje de Programación | Python |
| Software Estadístico | WEKA |
| Video | Video de pacientes con TEA autorizado |

*Fuente: Elaboración propia.*

### 1.10 Estructura General del Trabajo de Investigación

El presente trabajo de investigación tiene definida la estructura en cinco capítulos definidos. En cada uno de ellos se desarrollan definiciones y conceptos sobre la temática. Además, luego de la conclusión, se expresan las líneas de futuro trabajo de investigación. Finalmente, se incluye un anexo, acrónimos y referencias bibliográficas.

Se menciona a continuación la composición de la estructura junto con un resumen:

1. Introducción: en este capítulo se detallan la problemática, hipótesis, justificación, objetivos -tanto generales como específicos-, alcance, enfoque metodológico, contribuciones, cronograma, recursos necesarios y estructura del presente trabajo.
2. Marco Teórico: contiene la información relevante sobre autismo y la tecnología utilizada en este trabajo, la inteligencia artificial. Se detallan definiciones, características, desarrollo y detección, pronóstico, complicaciones, cronología, niveles del espectro, estudios actuales, tratamientos, factores de riesgo, problemas de alimentación. En cuanto a la tecnología, se dan definiciones de la inteligencia artificial, machine learning, deep learning y los principales términos utilizados por la tecnología.

3. Desarrollo Técnico: se estudia la rutina de procesamiento de video y se procede a trabajar el caso de uso. Además, se describen las herramientas utilizadas y se especifica el caso de uso.
4. Análisis de Resultados: en este capítulo se trabaja con los resultados obtenidos en el procesamiento del video.
5. Conclusiones y Sugerencias: se detallan las mismas, en base a los resultados del capítulo IV.
6. Líneas Futuras de Investigación: se menciona el trabajo pendiente para con el proyecto BIOTECH.
7. Anexo: Desarrollo Biotech – Rutinas
8. Acrónimos
9. Referencias

# 2 Marco Teórico

Introducción

En este capítulo, se va a investigar y entrar en detalle sobre el Autismo, cómo detectarlo, qué estudios se realizan hoy en día, los tratamientos que proponen los especialistas y complicaciones. También se detalla cuáles son los distintos niveles del espectro, desarrollo, pronóstico, cronología, los factores considerados de riesgos y los problemas que conllevan con la alimentación.

## 2.1 Antecedentes

Este trabajo de Investigación aporta información al actual proyecto en curso, llamado BIOTECH, radicado en la Universidad Autóctona de Entre Ríos. Dicho proyecto cuenta con varias publicaciones a nivel internacional. En el mismo, se realizaron trabajos de procesamientos de audios, imágenes y, en curso, el procesamiento de videos.

## 2.2 Autismo

Tras la información de la Organización Mundial de la Salud (OMS), los trastornos del espectro autista (TEA) son un grupo de afecciones diversas que pueden detectarse en la primera infancia, pero no se diagnostica hasta mucho más tarde por no disponer de las herramientas necesarias.

Dicho trastorno se caracteriza debido a un grado de dificultad en la interacción social y en la comunicación. Los patrones atípicos de actividad y comportamiento son otras características que presentan. Algunos ejemplos de esta tipificación son la dificultad para pasar de una actividad a otra, gran atención a los detalles y reacciones poco habituales a las sensaciones (OMS, 2022).

Cabe mencionar que Kanner, un psiquiatra de la Universidad de John Hopkins, en el año 1943, fue el primero en describir el autismo como un síndrome que hace referencia a un cuadro de inicio temprano con una afectación profunda del funcionamiento y un desinterés por el mundo externo (Cohmer, 2014). El mismo autor, según la publicación original del artículo del psiquiatra, describía el cuadro clínico del autismo, basándose en las observaciones sobre ocho niños y tres niñas. Los pacientes analizados tenían en común las siguientes características:

- Incapacidad para establecer relaciones.
- Alteraciones en el lenguaje, sobre todo en la comunicación social, aunque en ocho de ellos el nivel formal de lenguaje era normal o sólo ligeramente retrasado.
- Insistencia obsesiva en mantener el ambiente sin cambios.
- Aparición, en ocasiones, de habilidades especiales.
- Buen potencial cognitivo, pero limitado a sus centros de interés.
- Aspecto físico normal y fisonomía inteligente.
- Se describen los primeros síntomas desde el nacimiento (Cohmer, 2014).

Esta última observación llevó al psiquiatra a especular sobre las nociones acerca de los componentes constitucionales de la reactividad emocional. Es por ello que, al final del artículo, define el autismo como alteración autista innata del contacto afectivo (Cohmer, 2014).

Asismismo, los Trastornos del Espectro Autista (TEA) forman parte de los problemas de salud mental. Existe un sistema para la clasificación de la conducta anormal, el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos (DSM), que se basa en criterios empíricos adoptados por la psicopatología, la psiquiatría y la psicología clínica, en general. Esta clasificación de los trastornos mentales posibilita el uso de un lenguaje común entre los investigadores y terapeutas para describir la psicopatología, facilitando la replicación de trabajos de investigación, las acciones interdisciplinares, la homologación de los tratamientos,

los estudios epidemiológicos y el análisis de la efectividad de las terapias basadas en la evidencia (Grosso, 2021).

### *2.2.1 Detección y características*

Según el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-5), son varios los signos que alertan ante la detección del autismo (Grosso, 2021):

a) Las deficiencias persistentes en la comunicación social y en la interacción social en diversos contextos, manifestado actualmente o por los antecedentes, en lo siguiente:

    a.1. Las deficiencias en la reciprocidad socioemocional varían, por ejemplo, desde un acercamiento anormal y fracaso de la conversación normal en ambos sentidos, pasando por la disminución en intereses, emociones o afectos compartidos hasta el fracaso en iniciar o responder a interacciones sociales (Grosso, 2021).

    a.2. Las deficiencias en las conductas comunicativas no verbales utilizadas en la interacción social varían, por ejemplo, desde una comunicación verbal y no verbal poco integrada, pasando por anomalías del contacto visual y del lenguaje corporal o deficiencias de la comprensión y el uso de gestos hasta una falta total de expresión facial y de comunicación no verbal (Grosso, 2021).

    a.3. Las deficiencias en el desarrollo, mantenimiento y comprensión de las relaciones varían, por ejemplo, desde dificultades para ajustar el comportamiento en diversos contextos sociales, pasando por dificultades para compartir juegos imaginativos o para hacer amigos hasta la ausencia de interés por otras personas. La gravedad se basa en deterioros de la comunicación social y en patrones de comportamientos restringidos y repetitivos (Grosso, 2021).

b) Patrones restrictivos y repetitivos de comportamiento, intereses o actividades, que se manifiestan en dos o más de los siguientes puntos, actualmente o por los antecedentes:

    b.1. Movimientos, utilización de objetos o habla estereotipados o repetitivos (por ejemplo, estereotipias motoras simples, alineación de los juguetes o cambio de lugar de los objetos, ecolalia, frases idiosincrásicas) (Grosso, 2021).

b.2. Insistencia en la monotonía, excesiva inflexibilidad de rutinas o patrones repetitivos de comportamiento verbal o no verbal (por ejemplo, gran angustia frente a cambios pequeños, dificultades con las transiciones, patrones de pensamiento rígidos, rituales de saludo, necesidad de tomar el mismo camino o de comer los mismos alimentos cada día) (Grosso, 2021).

b.3. Intereses muy restringidos y fijos que son anormales en cuanto a su intensidad o foco de interés (por ejemplo, fuerte apego o preocupación por objetos inusuales, intereses excesivamente circunscritos o perseverantes) (Grosso, 2021).

b.4. Hiper o hiporeactividad a los estímulos sensoriales o interés inhabitual por aspectos sensoriales del entorno (por ejemplo, indiferencia aparente al dolor/temperatura, respuesta adversa a sonidos o texturas específicos, olfateo o palpación excesiva de objetos, fascinación visual por las luces o el movimiento) (Grosso, 2021).

b.5. Especificar la gravedad actual: se basa en deterioros de la comunicación social y en patrones de comportamiento restringidos y repetitivos (Grosso, 2021).

c) Los síntomas están presentes en las primeras fases del período de desarroll, pero pueden no manifestarse totalmente hasta que la demanda social supera las capacidades limitadas, o pueden estar enmascarados por estrategias aprendidas en fases posteriores de la vida (Grosso, 2021).

d) Los síntomas causan un deterioro clínicamente significativo en lo social, laboral u otras áreas importantes del funcionamiento habitual (Grosso, 2021).

e) Estas alteraciones no se explican mejor por la discapacidad intelectual (trastorno del desarrollo intelectual) o por el retraso global del desarrollo. La discapacidad intelectual y el trastorno del espectro del autismo con frecuencia coinciden; para hacer diagnósticos de comorbilidades de un trastorno del espectro del autismo y discapacidad intelectual, la comunicación social ha de estar por debajo de lo previsto para el nivel general de desarrollo (Grosso, 2021).

### *2.2.2 Desarrollo y curso*

Se considera de gran importancia la identificación temprana de la patología. Diferentes series de estudios indican que son los padres/tutores los primeros en identificar los focos rojos que alertan sobre el desorden. Posteriormente, son otros familiares los que detectan un mal funcionamiento, además del personal de guardería o maestras en los primeros años académicos, médicos generales o pediatras y, finalmente, los amigos. Mucho más infrecuentes son las pérdidas de capacidades más allá de la comunicación social, como las capacidades motoras o las que ocurren después del segundo año de vida (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

Continuando con el articulo de revista de los autores, titulada *Trastorno del espectro autista*, los síntomas se reconocen principalmente durante el periodo de vida de 12-24 meses de edad, pero se pueden observar antes del año si los retrasos del desarrollo son graves. Hay ocasiones que empiezan a notarse después de los 24 meses si los síntomas son más sutiles.

Las características conductuales del autismo comienzan a ser visibles y evidentes en la primera infancia. Algunos casos manifiestan falta de interés por la interacción social durante el primer año de vida. Ciertos niños con esta alteración presentan un detenimiento o una regresión del desarrollo con deterioro gradual o relativamente rápido de los comportamientos sociales o del uso del lenguaje durante los primeros dos años de vida (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

El trastorno del espectro autista no es un trastorno degenerativo y es posible que el aprendizaje y la compensación continúen durante toda la vida. Los síntomas son muy marcados durante la infancia temprana y en los primeros años escolares, con mejoría del desarrollo típico en la infancia más tardía, al menos en algunas áreas. Se estima que sólo una pequeña proporción de individuos se deteriora conductualmente durante la adolescencia, mientras que la mayoría mejora. Solamente una minoría de individuos con TEA vive y trabaja independientemente en la edad adulta; los que lo hacen tienden a contar con mayores capacidades lingüísticas e intelectuales, y logran encontrar un área que compagina sus especiales intereses y capacidades. En general, los personas con un nivel menor de deterioro pueden ser más capaces de manejarse de forma independiente (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

***Seguimiento del desarrollo***

Los Centros para el control y la prevención de enfermedades de Estados Unidos (CDC) son las organizaciones líderes de servicio que, basada en la ciencia e impulsadas por los datos, protege la salud del público.

El monitoreo del desarrollo es un proceso activo y continuo de ver crecer a un niño y fomentar conversaciones entre padres y proveedores sobre sus habilidades y destrezas. El seguimiento del desarrollo implica observar los avances del niño y si cumple con los hitos típicos del desarrollo o las habilidades que la mayoría de los niños alcanzan a cierta edad, tales como jugar, aprendizaje, hablar, comportarse y moverse.

Para obtener un seguimiento eficaz, se pueden hacer preguntas acerca de los antecedentes familiares y cualquier afección que tengan los miembros de la familia del niño, incluidos los TEA, los trastornos del aprendizaje, la discapacidad intelectual o el trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) (CDC, 2022).

***Evaluación del desarrollo***

La evaluación del desarrollo analiza más de cerca cómo se está desarrollando el niño (CDC, 2022). Este tipo de evaluación es más formal que el monitoreo del desarrollo. Es una parte regular de algunas visitas de niño sano, incluso si no hay una preocupación conocida.

En esta línea, la Academia Americana de Pediatría (American Academy of Pediatrics, AAP) recomienda pruebas de detección del desarrollo y del comportamiento para todos los niños durante las visitas regulares de niño sano a estas edades (CDC, 2022):

- 9 meses
- 18 meses
- 30 meses

Además, la AAP también recomienda que todos los niños sean examinados específicamente para TEA durante las visitas regulares de niño sano a estas edades (CDC, 2022):

- 18 meses
- 24 meses

Los cuestionarios de detección y las listas de verificación se basan en investigaciones que comparan al niño con otros de la misma edad. Se puede preguntar sobre el lenguaje, el movimiento y las habilidades de pensamiento, así como también sobre comportamientos y emociones. La evaluación del desarrollo puede ser realizada por un médico o enfermera u otros profesionales en entornos de atención médica, comunitarios o escolares. El especialista solicita que se complete un cuestionario como parte del proceso de selección.

La detección en momentos distintos a las edades recomendadas debe hacerse si existe alguna inquietud. Además, se deben realizar pruebas de detección adicionales si un niño está en alto riesgo de TEA (por ejemplo, tener un hermano u otro miembro de la familia con TEA) o si los comportamientos a veces asociados con el TEA están presentes (CDC, 2022).

### *2.2.3 Complicaciones*

Como complicaciones, principalmente, es posibe mencionar el aislamiento social y una vida indigna. Desde una perspectiva clínica, es importante reconocer los patrones del TEA para una mejor comprensión en el entendimiento de su psicodinámica y psicopatología. La estructura del autismo hace que éste tenga vistas transdimensionales; incluso sus consecuencias sociales y psicobiológicas ahora son consideradas como independientes de la propia etiología (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

Los síntomas del tipo de conducta internalizante, como la disminución del estado de ánimo, la ansiedad, miedos, somatizaciones, fobias e inseguridad son provenientes del espectro autista y pueden exacerbar los síntomas nucleares del desorden, complicando el cuadro con desempleo, abandono y falta de autonomía. Es importante destacar que esta última puede hacer que enfermedades médicas de tipo crónico-degenerativo sean diagnosticadas tardíamente y no sean atendidas en forma adecuada en el momento indicado. Una complicación también temida en estos pacientes es que la inestabilidad emocional y la dificultad para identificar sintomatología depresiva pueden llevar al suicidio (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

### *2.2.4 Pronóstico*

Con una base en un enfoque multidimensional, el pronóstico de los pacientes con autismo resulta incierto. Las variables más importantes para establecer el pronóstico son la mejoría de los síntomas centrales dentro del espectro citado y el grado de adaptación funcional con autonomía, así también la resolución de sintomatología psiquiátrica agregada (Alcalá y

Ochoa Madrigal, 2022). Dado que los autores sostienen que resulta impredecible el grado de sociabilidad que se puede lograr, la calidad de vida de la persona con este desorden puede conllevar a una correspondencia entre el grado de involucramiento y el establecimiento de redes de apoyo que logre el médico a cargo.

En este sentido, aquel especialista con un verdadero interés por atender a un paciente con TEA debe estar dispuesto a examinar ese mundo interno y buscar posibilidades de relación con el mundo exterior. Se espera que el especialista estudie cada caso con su debida pertinencia, debido a que es clave en este padecimiento lograr un lenguaje que ayude a cumplir las actividades básicas e instrumentadas de la vida diaria. Se trata de una meta primaria fundamental que propicia un buen pronóstico.

Según el estudio de cada paciente, corresponde una resolución y un grado variable de método por cada déficit de comunicación y sociabilidad, pero todas apuntan a un mejor pronóstico (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

### *2.2.5 Cronología*

Poniendo el foco en el origen de la palabra autismo, es pertinente mencionar que se trata de un término procedente del prefijo griego αυτος (autos), que significa uno mismo, y el sufijo ισμός (ismós), que forma sustantivos abstractos que denotan cierto tipo de tendencia. En este caso, la acepción apropiada corresponde a internarse en uno mismo, y la perspectiva clínica dicta que la palabra designa a aquellas personas que se aíslan del mundo externo (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022). En base a esta nominación, Eugen Bleuler, un psiquiatra suizo, definió la palabra autismo, en el año 1908, entre pacientes esquizofrénicos que se distinguían por estar seriamente aislados (Mandal, 2019).

Por otra parte, en 1943, el psiquiatra americano de la Universidad de John Hopkins, Leo Kanner, en su trabajo de investigación, se centró en el estudio de 11 niños con necesidades de apoyo y dificultades en diversas áreas. En los niños predominaban dificultades en acciones recíprocas sociales y en la adaptación a los cambios en rutinas; buena memoria; sensibilidad a los estímulos, principalmente en sonidos; resistencia y alergias a la comida; buen potencial intelectual; la ecolalia o la propensión de repetir las palabras del locutor y los problemas en actividad espontánea (Mandal, 2019).

Trabajando por separado, en 1944, Hans Asperger, un médico y pediatra austríaco, estudió a un grupo de niños, quienes se asemejaron a las descripciones del psiquiatra Kanner. Los niños que él estudió, sin embargo, no tenían ecolalia como problema lingüístico. Del mismo modo, mencionó que muchos de ellos eran diferentes a niños "normales" en cuanto a términos de habilidades motoras finas (Mandal, 2019).

Otro profesional que se enfocó en los niños autísticos – como él mismo denominó- fue el psicoanalista Bruno Bettelheim, tambien austriaco, quien estudió el efecto de tres sesiones de terapia. Indicó que el problema en los niños era debido a la frialdad de sus moldes-madre, por eso los separó de sus padres. Kanner y Bettelheim trabajaron juntos en la fabricación de la hipótesis que mostró que los niños autísticos tenían moldes-madre frígidas (Mandal, 2019).

En 1964, Bernard Rimland, otro psicólogo de la época y padre de un niño con autismo, se oponía radicalmente al psicoanalista Bettelheim. No estuvo de acuerdo en que la causa del autismo de su hijo era su esposa y madre del niño. En base a sus pensamientos, en el mismo año, publicó su libro, *Autismo Infantil: El síndrome y sus implicaciones para una teoría de los nervios del comportamient*o. Esto alcanzó un marco significativamente importante para la concepción o entendimiento del autismo y su atención.

El autismo vino ser más conocido e interpretado en los años '70. Se logró un avance en la educación y la terapia para los niños sicopáticos al principio de los años '80. No obstante, muchos padres todavía no diferenciaban autismo con el retardo mental y la psicosis (Mandal, 2019).

Posteriormente, en 1980, el trabajo de Asperger fue traducido al inglés y publicado, consiguiendo que se instale en un foco de conocimiento, aunque no fue muy reconocido. En ese año, muere Asperger y un año después de su muerte, Lorna Wing, una psiquiatra inglesa, dio conocimiento por primera vez al síndrome descrito por Asperger. Lorna sugirió que esta condición debía ser considerada como una variante del autismo, menos grave, que ocurría en niños con lenguaje y cognición normal.

En la misma década, se refuta cada vez más que el *parenting* o crianza no tenía ningún papel en la causalidad del autismo; enfatizando en las perturbaciones neurológicas y otras dolencias genéticas, como esclerosis tuberosa; alteraciones metabólicas como fenilcetonuria (PKU), que es un tipo de trastorno hereditario; o anormalidades cromosómicas, como síndrome frágil de X (Mandal, 2019).

En este contexto, Wing y Christopher Gillberg en BNK (la clínica neuropsiquiátrica de los niños) ubicada en Suecia, también dentro de los años ‘80, descubrieron la tríada del ala, dimensionados con trastorno de la reciprocidad social, trastorno de la comunicación verbal y no verbal, así como ausencia de capacidad simbólica y conducta imaginativa. Más adelante, en los años ’90, agregaron otro factor que hacía un cuadrado junto con la tríada. Se trataba de los patrones repetitivos de actividad e intereses (Mandal, 2019).

Desde otra perspectiva, Ivar Lovaas, un pionero en la terapia para el autismo denominada: análisis de conducta aplicada (conocida como ABA por sus siglas en ingles), estudió y fomentó el análisis del comportamiento y el tratamiento de niños con autismo, logrando éxito limitado, al principio, con su análisis experimental del comportamiento. Él lo desarrolló para apuntar hacia niños más pequeños, menores de 5 años. El tratamiento lo ejecutó en su hogar, para aumentar la intensidad, logrando medir el periodo de tiempo de la terapia, cerca de 40 horas semanales. Siguiendo los lineamientos del informe, Lovaas escribió la enseñanza de niños de desarrollo minusválidos: *Yo libro* en 1981. En 2002, enseñando a individuos con retrasos de desarrollo, publicó *Técnicas básicas de la intervención* (Mandal, 2019).

Pasando a una postura biológica del trastorno, en el año 1987, el DSM III-R supuso una modificación radical, no sólo de los criterios, sino también de la denominación. De esta manera, se cambió la denominación de autismo infantil por trastorno autista. Con ello, el autismo quedaba incorporado a la condición de trastorno, término que se usa en los manuales para definir genéricamente los problemas mentales. Así, se marca una distancia conceptual con la terminología propia de los problemas médicos, de etiología y fisiopatología, conocida total o parcialmente (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

En los próximos años, aparecieron respectivamente el DSM-IV (1994) y el DSM IV-TR (2000) que, aunque no plantearon modificaciones sustanciales entre ellos, representaron un nuevo cambio radical. A partir de entonces, se definieron cinco categorías de autismo:

- Trastorno autista.
- Trastorno de Asperger.
- Trastorno de Rett.
- Trastorno desintegrativo infantil.

- Trastorno generalizado del desarrollo no especificado (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

Además, se incorporó el término trastornos generalizados del desarrollo (*pervasive developmental disorders*) como denominación genérica para englobar los subtipos de este espectro.

Según como lo identificó Kanner, se iba perfilando en las investigaciones, cada vez con más precisión, una visión categórica que quedaba reflejada en las distintas versiones del DSM (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

Por último, el DSM-5, en el año 2013, incorpora la palabra Espectro, que concuerda con los nuevos modelos genéticos que contemplan interacciones poligénicas de baja y alta magnitud de efecto, determinadas por polimorfismos de un solo nucleótido y variaciones en el número de copias; con modulación por factores epigenéticos (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

### *2.2.6 Niveles del espectro autista*

Como se hacía referencia anteriormente, en el año 2013, la Asociación Americana de Psiquiatría (APA) publicó una nueva versión del Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales, conocido por las siglas DSM-5.

En esta nueva edición, desaparecen los diferentes subtipos del trastorno generalizado del desarrollo, conocido por las siglas TGD. El trastorno autista, el síndrome de Asperger y el TGD no especificado se fusionan en un único trastorno que pasa a llamarse Trastorno del Espectro del Autismo. Esta agrupación de los términos que determina el nuevo nombre trata de resaltar la dimensionalidad del trastorno en las distintas áreas que se ven afectadas y la dificultad para definir límites precisos entre los subgrupos. Por su parte, el Síndrome de Rett y el Trastorno Desintegrativo de la Infancia dejan de ser reconocidos por el DSM-V, debido a que el primero tiene una clara base genética y el segundo tiene importantes problemas de validez (Seldas, 2013).

También, con la nueva clasificación del manual, los criterios diagnósticos de TEA conllevan modificaciones. Las dimensiones referidas a las alteraciones sociales y recíprocas, la comunicación y el lenguaje se fusionan en una única categoría y se reorganizan las áreas de

alteración que concluyen a los síntomas concretos y específicos. En cuanto a la conducta, se destaca la incorporación de las alteraciones sensoriales (APA, 2013).

Asimismo, en el DSM-V se hace mención a la comunicación social, verbal y no verbal, al señalar uno de los problemas que presentan los pacientes con TEA. Puede vincularse este hecho a la concepción de Skinner (1943), quien realizó estudios sobre la conducta verbal, indicando que el lenguaje vocal es sólo una parte o subconjunto, y argumentando que la emisión de sonidos o ciertas acciones, como los gestos, son verbales aunque no formen parte de un lenguaje organizado, ya que pueden provocar en el oyente u observador una reacción similar a la emisión del lenguaje vocal y, por tanto, debe formar parte de la conducta verbal (Psiquiatría, 2013).

De igual forma, los comportamientos repetitivos y estereotipados se consideran un síntoma importante de los trastornos del espectro autista (TEA). Saltos, giros y otros movimientos corporales rítmicos se describieron en los primeros pacientes descritos originalmente en la serie de Kanner, delineando varios movimientos repetitivos como: saltos rítmicos, aplausos, sonidos de succión, caminar de puntillas, no mirar directamente a la cara, repetición continua de palabras o frases. En este sentido, las psiquiatras Lorna Wing y Judith Gould determinaron que las personas con trastorno del espectro autista tienen problemas en tres áreas, lo que se conoce omo tríada de Wing (Mandal, 2019):

a) No pueden desarrollar habilidades en la interacción social recíproca.

b) Tienen dificultades en su comunicación verbal y no verbal.

c) Tienen patrones de comportamiento e intereses restringidos.

Volviendo a la nueva tabla de niveles de TEA, según el DSM-V, queda definida en tres niveles bien diferenciados, como se detalla en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Niveles del Espectro Autista*

| Niveles del Espectro Autista | | |
|---|---|---|
| **Nivel de Gravedad** | **Comunicación Social** | **Comportamientos restringidos y repetitivos** |
| **Grado 3: Necesita ayuda muy notable** | Las deficiencias graves de las aptitudes de comunicación social verbal y no verbal causan alteraciones graves del funcionamiento, inicio muy limitado de las interacciones sociales y respuestas mínima a la apertura social de otras personas. Por ejemplo, una persona con pocas palabras inteligibles que raramente inicia interacción y que, cuando lo hace, realiza estrategias inhabituales sólo para cumplir con las necesidades. Únicamente responde a aproximaciones sociales muy directas. | La inflexibilidad de comportamiento, la extrema dificultad de hacer frente a los cambios u otros comportamientos restringidos/repetitivos interfieren notablemente con el funcionamiento en todos los ámbitos. Ansiedad intensa y/o dificultad para cambiar el foco de acción. |
| **Grado 2: Necesita ayuda notable** | Deficiencias notables de las aptitudes de comunicación social, aparentes incluso con ayuda; inicio de interacciones sociales, y reducción de respuestas o respuestas no normales a la apertura social de otras personas. Por ejemplo, una persona emite frases secillas, cuya interacción se limita a intereses especiales muy concretos y que tiene una comunicación no verbal muy excéntrica. | La inflexibilidad de comportamiento, la dificultad de hacer frente a los cambios u otros comportamientos restringidos/repetitivos aparecen con frecuencia claramente al observador casual e interfieren con el funcionamiento en diversos contextos. Ansiedad y/o dificultad para cambiar el foco de acción. |

| | | |
|---|---|---|
| **Grado 1: Necesita ayuda** | Sin ayuda, las deficiencias en la comunicación social causan problemas importantes. Dificultad para iniciar interacciones sociales y ejemplos claros de respuestas atípicas o insatisfactorias a la apertura social de otras personas. Puede parecer que tiene poco interés en las interacciones sociales. Por ejemplo, una persona que es capaz de hablar con frases completas y que establece comunicación, pero cuyo flujo falla en el ida y vuelta de las conversaciones. | La inflexibilidad de comportamiento causa una interferencia significativa con el funcionamiento en uno o más contextos. Dificultad para alternar actividades. Los problemas de organización y planificación dificultan la autonomía. |

*Nota. Adaptado de Guía de consulta de los criterios diagnósticos del DSM-5* (Psiquiatría, 2013).

### *2.2.7 Estudios Actuales*

Para el diagnóstico y la detección, como primer paso, debe realizarse la entrevista familiar. La entrevista hacia los tutores del niño con sospecha de TEA permite una evaluación detallada y exhaustiva si se centra en la detección e identificación de posibles conductas características que se dan en el diagnóstico de autismo y que no aparecerían en niños no afectados (Sánchez Raya et al., 2015).

Asimismo, para complementar la entrevista, tes importante realizar la prueba de escala de observación para el diagnóstico.

#### ADOS-2

La Escala de Observación para el Diagnóstico del Autismo-2 (ADOS-2) consiste en una evaluación estandarizada de la comunicación, la interacción social y el juego o el uso imaginativo de materiales para niños con sospecha de trastorno del espectro autista (TEA). La misma cuenta con cinco módulos, cada uno destinado a niños con una edad cronológica y un nivel de lenguaje determinado. Los estudios son a partir de niños de doce meses a adultos,

partiendo de aquellos sin habla a quientes tienen un habla fluida. Cada uno de los módulos está compuesto por un conjunto de actividades que proporcionan contextos estandarizados, en las cuales el evaluador puede observar o no la presencia de ciertos comportamientos sociales y comunicativos relevantes para el diagnóstico del TEA (Lord et al., 2015).

Según el libro de escalas, los cinco módulos son los siguientes:

- Módulo T: para niños pequeños que tienen entre 12 y 30 meses de edad y que no usan de manera consistente un lenguaje de frases.
- Módulo 1: para niños que tienen 31 meses o más y que no usan de manera consistente un lenguaje de frases.
- Módulo 2: para niños de cualquier edad que usan un lenguaje de frases, pero que no tienen fluidez verbal.
- Módulo 3: para niños con lenguaje fluido y adolescentes jóvenes (menores de 16 años).
- Módulo 4: para adultos y adolescentes de 16 años en adelante con lenguaje fluido. (Lord et al., 2015).

Este test ADOS-2 es muy completo para brindar un diagnóstico certero, pero también es importante conocer la historia del desarrollo del niño, y para eso resulta fundamental complementar con otras pruebas que aportan dicha información, tales como el ADI-R (Entrevista para el Diagnóstico de Autismo-revisada) que se detalla en los proximos párrafos. En base a la complejidad de estas pruebas y la importancia de la correcta interpretación de sus resultados, para su empleo se requiere de un entrenamiento por parte de los profesionales, quienes además deben contar con la certificación correspondiente, que los habilita para tal fin (Lord et al., 2015).

**ADI-R**

El ADI-R (Entrevista para el Diagnóstico de Autismo - edición Revisada) es una entrevista clínica que permite una evaluación profunda de aquellos niños con sospecha de autismo o Trastorno del Espectro Autista. Se focaliza en las conductas que se dan raramente en las personas no afectadas (Rutter, 2011).

El entrevistador explora tres grandes áreas: lenguaje/comunicación, interacciones sociales recíprocas y conductas e intereses restringidos, repetitivos y estereotipados, a través

de 93 preguntas que se le hacen al padre/madre o cuidador. La información recogida se codifica y se traslada a unos algoritmos que orientan el diagnóstico y la evaluación de la situación actual (Rutter, 2011).

Para el correcto uso del estudio ADI-R y validez de sus resultados se requiere que:

- El entrevistador esté certificado y familiarizado con el desarrollo normal y las alteraciones de éste.
- El entrevistado esté familiarizado tanto con la historia del desarrollo del niño como con sus conductas actuales.
- El niño evaluado (preferentemente ausente durante la entrevista) tenga un nivel de desarrollo mental superior a 2 años (Rutter, 2011).

Este instrumento ha demostrado ser muy útil en el diagnóstico y en el diseño de planes educativos y de tratamiento. Sin embargo, no debe ser utilizado aisladamente como único método diagnóstico de TEA, sino que debe usarse para complementar las evaluaciones clínicas del desarrollo de los niños con probable TEA. Por ejemplo, el ADOS-2, en la cual se observan comportamientos del niño durante la evaluación, pero no se aportan datos sobre la historia del desarrollo (Rutter, 2011).

Al ser una entrevista exclusivamente para padres o cuidadores, la misma puede realizarse tanto en consultorio como a través de una video consulta. En ambos casos, tiene una duración de entre 90 y 120 minutos. Se entrega a los padres el informe detallado sobre los datos recolectados durante la entrevista y también la interpretación de los resultados y el puntaje correspondiente obtenido (Rutter, 2011).

### *2.2.8 Tratamientos*

Los tratamientos para pacientes con autismo son aquellos que faciliten el desarrollo de las habilidades sociales. No existe un medicamento aprobado para el tratamiento de los síntomas capitales del trastorno del espectro autista.

La mayor evidencia para sustentar el tratamiento de un paciente con TEA y su comorbilidad proviene de investigaciones recientes. Se destacan las terapias integrativas, la cual no es lineal o escalonada, sino que, mediante la utilización de herramientas pertenecientes

a tres formas distintas de intervenir, pueden ser utilizadas a criterio clínico para la atención individualizada de los pacientes según sus necesidades (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

### Psicoterapia

La terapia intensiva de comportamiento se refiere al análisis de comportamiento aplicado (ACA), la cual representa la única terapia convencional que provee, mediante métodos basados en evidencia. Es una mejora marginal en los síntomas nucleares del TEA. Esta metodología de terapia se ocupa, principalmente, de tratar el comportamiento de la conducta autista y tiene la finalidad que sus técnicas incrementen la sociabilidad apropiadamente y disminuyan la severidad o emergencia de comportamientos característicos. También, se concentra en enseñar comportamientos específicos de manera sistémica, repitiendo ensayos. Ha tenido utilidad en mejorar la comunicación, la reciprocidad social y disminuir los comportamientos repetitivos (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

Según los principios de ACA, Asociación Americana de Psiquiatría, se han desarrollado otras terapias, las cuales hasta el momento han tenido un marco más extenso a la hora de ayudar en la sociabilización, comunicación y actividades de los pacientes con TEA. Entre estas, se encuentran la formación de respuesta fundamental, tratamiento y educación autista de niños discapacitados relacionados con la comunicación, denominado método TEACCH, que en castellano significa Tratamiento y Educación de Niños con Autismo y Problemas Asociados de Comunicación. También, está el modelo basado en relaciones, desarrollo y diferencias individuales, denominado DIR/Floortime, creado por Stanley Greenspan. Ademas, según el grado de dificultad, hay métodos más simples dirigidos a aquellos pacientes con menor severidad, como las terapias específicas del lenguaje, ocupacional o de integración sensorial (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

### Psicofarmacología

Son diferentes los grupos farmacológicos empleados. El control sintomático de las comorbilidades, y sus disturbios afectivos y conductuales asociados al TEA, corresponde a la ansiedad, depresión, trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH), compulsiones y comportamientos repetitivos, irritabilidad y agresión. Sin embargo, en la actualidad se detectan varias propuestas para atender los síntomas del trastorno (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

### Antipsicóticos

Los antipsicóticos risperidona y el aripiprazol son los únicos aprobados por la Agencia de Regulación de Bebidas y Medicamentos de Estados Unidos (*Food and Drug Administration*) para atender la irritabilidad y comportamiento explosivo de estos pacientes. La primera opción es la risperidona; en menores de 12 años se recomienda solución de 1 mg/l. En mayores de 12 años se puede continuar con farmacos de 1 mg, tomando vía oral 1 mg cada 12 horas (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

Por su parte, el segundo antipsicótico, aripiprazol, puede ser utilizado en casos severos de irritabilidad y agresión auto o heterodirigida. De todas maneras, para las medicaciones se recomienda, en los primeros 12 años de vida, la solución de 1 mg/ml, y que se inicia con la administración de 1 ml dos veces al día y se puede incrementar la dosis 1-2 ml por semana hasta un total de 5 ml o 5 mg dos veces al día (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

Ambos antipsicóticos tienen y comparten los mismos efectos adversos, tales como ganancia de peso, apetito voraz, hipertrigliceridemia, somnolencia, síntomas extrapiramidales, alteraciones al electrocardiograma, entre otros Es por eso que resulta necesario iniciar de manera lenta y a dosis baja para disminuir la aparición de los mismos (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

También es preciso realizar una monitorización estándar que conlleve una evaluación de riesgo metabólico y control de peso, así como la toma del electroencefalograma. En caso de aripiprazol, es recomendable la toma de biometría hemática de control en busca de posible neutropenia, que es la reducción del recuento de neutrófilos sanguíneos (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

### Estimulantes

Los niños con autismo, normalmente, son más sensibles al uso de estimulantes y muchos contraen efectos adversos, tales como irritabilidad, estado de ánimo elevado, disminución del apetito e insomnio. Por ello, es importante empezar con dosis baja e ir lento. Media tableta de metilfenidato de 10 mg, de liberación inmediata, es típicamente la dosis inicial, teniendo la posibilidad de aumentar la dosis según repuesta (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

En otras casos, se ha evaluado el uso de fármacos no estimulantes, como los inhibidores selectivos de noradrenalina. En su representación, está la atomoxetina, la cual puede comenzar con 0.4 mg/kg e incrementarse hasta 1.2 mg/kg una vez al día (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

**Inhibidores Selectivos De Recaptura De Serotonina (ISRS)**

El medicamento fluoxetina es el que suele usarse para tratar la ansiedad, depresión, fobias y compulsiones en niños, adolescentes y adultos con autismo (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

Siguiendo los lineamientos de estos autores, los fármacos citalopram y escitalopram tuvieron resultados mixtos en diferentes estudios. Es por eso que la fluoxetina es el medicamento ideal en solución de 4 mg/ml, y se recomienda iniciar con dosis baja.

En caso de depresión, se recomienda iniciar con 2 ml/8 mg por una semana y, posteriormente, se adecua la dosis estándar de 5 ml/20 mg. Los efectos adversos más comunes son de tipo gastrointestinal, pero se puede destacar que estos efectos son transitorios en la mayoría de los casos (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

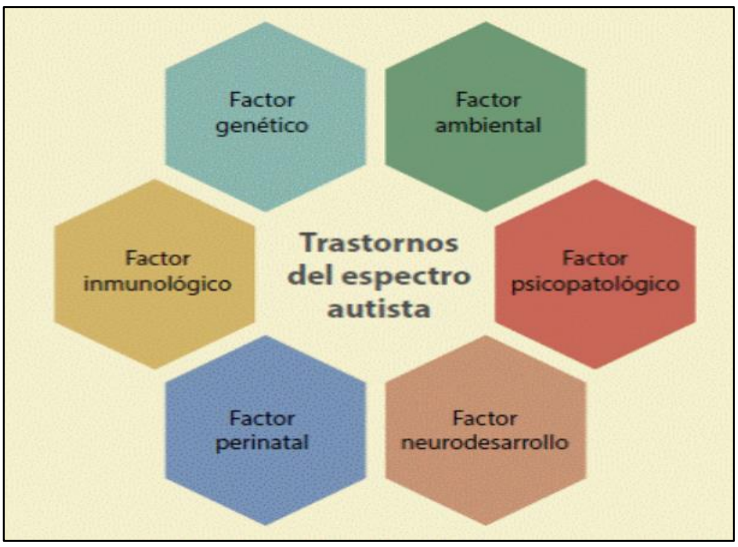
### *2.2.9 Factores De Riesgo*

Existen factores de riesgo sobre el espectro autista que se relaciona con una variedad de factores ambientales, genéticos e, incluso, inmunológicos, que actúan en momentos clave del proceso de desarrollo (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

Se han detectado afecciones debido a la interacción existente entre la exposición al ambiente y susceptibilidades genéticas individuales. Su compleja relación y la etiología multifactorial devienen en heterogeneidad y variabilidad del autismo. Incluso, suma diferentes comorbilidades psiquiátricas al TEA, dificultando la localización de un trastorno puro y, en consecuencia, sus factores directos. A continuación, la siguiente figura representa los factores de riesgo del espectro (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

**Figura 1**

*Distintos Factores participantes del trastorno del espectro Autismo*




*Nota: Adaptado de Transtorno del espectro autista* (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

Estudios epidemiológicos demostraron que se identificaron fármacos, metabolitos, toxinas y nutrientes que incrementan el riesgo de esta alteración, especialmente, en el periodo prenatal (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

Desde el concepto de enfoque de riesgo, existen diferentes factores que han generado controversia para referirse al autismo. Uno de ellos es la relación que existe en la ingesta de ácido fólico durante el embarazo y el autismo. La ingesta reducida de ácido fólico durante el embarazo conlleva a problemas del neurodesarrollo e, incluso, a trastornos neuropsiquiátricos en la edad adulta. Actualmente, las dosis elevadas de ácido fólico durante el embarazo aumentan el riesgo de presentar TEA (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

Un factor controversial es la vacunación, principalmente, la vacuna triple viral y el excipiente timerosal; sin embargo, ésta y el resto de las vacunas no tienen ninguna relación con el desarrollo del desorden. Por lo tanto, se puede reiterar que las vacunas no están asociadas al autismo, acorde con los metaanálisis actuales (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

El TEA se ha relacionado con distintos factores, que son especificados y se pueden presentar de manera individual, así como interrelacionados, dando a este espectro la heterogeneidad que actualmente lo caracteriza (Alcalá y Ochoa Madrigal, 2022).

### *2.2.10 Problemas de Alimentación*

Según el libro de Angel Reviere, en el año 2000, los trastornos de alimentación en autismo se desencadenan con manifestaciones variadas, pero aparece como factor común la hiperselectividad alimenticia. Algunos niños autistas muestran, desde los primeros meses de vida, problemas para ingerir las cantidades necesarias y, en algunos casos, emergen signos de intolerancia (vómitos y/o complicaciones intestinales), pero el principal problema se manifiesta cuando hay que cambiar el tipo de alimentación. Se puede observar, entonces, desde el rechazo general hasta los primeros indicios de selectividad hacia ciertos sabores y texturas (Rivière y Martos, 2000).

De igual modo, es probable que algunos niños con autismo presenten un problema básico de hiperselectividad gustativa y posibles alteraciones sensoriales de modalidad olfativa, gustativa o táctil, que ocasionan selectividad hacia determinados tipos de alimentos. Dependiendo el caso, es debido al sabor, olor o tacto, de forma que muchas comidas, con probabilidad, sean consideradas muy desagradables, poco apetitosas o, incluso, insoportables; mientras que otras, de sabores fuertes y extraños, sean correspondidos como las preferencias de algunos niños con autismo (Rivière y Martos, 2000). Este problema de alimentación provoca cambiar de sabores, olores, sensaciones táctiles o, simplemente, de condiciones estimulares visuales del plato, resultando un desafio para el sistema cognitivo de las personas de corta edad con autismo, que presentan una dificultad cognitiva central, resultado de las alteraciones conductuales que presentan algunos niños.

Se reconoce como el inicio de solución a dicho problema la asistencia a la educación de centros escolares. El cambio de las condiciones estimulares, por sí solo, ayuda a modificar el condicionamiento y la actitud distinta. Los terapeutas contribuyen al comienzo de mejoría en los hábitos de alimentación y autonomía (Rivière y Martos, 2000).

En otros casos, el problema es más grave, bien porque se ha vuelto crónico en el tiempo o porque se han producido intentos de intervención poco afortunados, que han agravado la negativa a tomar alimentos distintos. En ese escenario, los niños requieren de un programa específico y muy estructurado, llevado a cabo por personas que comprendan el funcionamiento psicológico subyacente y que preparen la intervención de forma profesional y sensible (Rivière y Martos, 2000).

## 2.3 Tecnología - Inteligencia Artificial

El procesamiento de las rutinas para poder extraer patrones de video en imágenes y sonido se basa en el trabajo “ASD: Perspectiva Machine Learning para la Evaluación del Desempeño Individual” (López de Luise, 2020). Se parte de la base de que las respuestas estereotipadas pueden detectarse de forma sistemática, similares a las que suelen describir los terapeutas especializados: fijación de la mirada, asentir, movimientos de piernas, aplausos, balanceo de cabeza, movimientos de cabeza, entre otros (López de Luise, 2020).

Para el procesamiento de video, se utilizan técnicas de la tecnología de Inteligencia artificial y machine learning para el rastreo de los movimientos.

Antes de continuar, es preciso recurrir a la definición de Inteligencia Artificial (IA), como la capacidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido en la toma de decisiones tal y como lo haría un ser humano. Además, esta tecnología puede analizar grandes volúmenes de información a la vez. Con lo cual, el error es significativamente menor en las máquinas que si lo realizan las mismas tareas los humanos (Rouhiainen, 2018).

Actualmente, las tecnologías basadas en la IA están siendo utilizadas para ayudar a los humanos a beneficiarse de mejoras significativas y disfrutar de una mejor eficiencia en casi todos los ámbitos de la vida. Entre sus usos, pueden mencionarse:

- Reconocimiento de imágenes estáticas, clasificación y etiquetado, útiles en una amplia gama de industrias.

- Mejoras del desempeño de la estrategia algorítmica comercial, principalmente, en el sector financiero.

- Procesamiento eficiente y escalable de datos de pacientes para que la atención médica sea más efectiva y eficiente.

- Mantenimiento predictivo, aplicable en diferentes sectores industriales.

- Detección y clasificación de objeto, que puede utilizarse en la industria de vehículos autónomos, aunque también tiene potencial para otros campos.

- Distribución de contenido en las redes sociales, herramienta de marketing utilizada en las redes sociales, aunque también sirve para crear conciencia entre las organizaciones o expandir información mas eficaz y rápida como servicio público.

- Protección contra amenazas de seguridad cibernética, importante para los bancos y los sistemas que envían y reciben pagos electrónicos en línea (Rouhiainen, 2018).

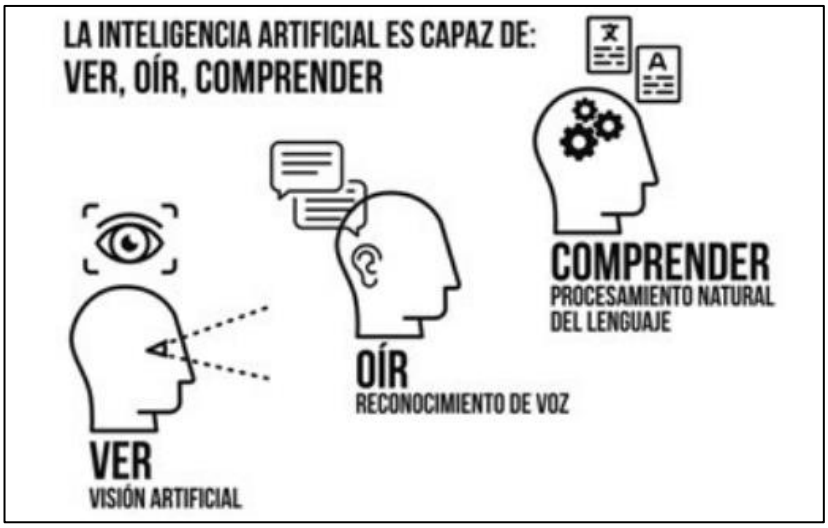
En el manual de Rouhiainen (2018), la IA también es reconocida por brindar sugerencias y predicciones relacionadas con asuntos importantes de la vida humana, con un gran impacto en áreas como la salud, el propio bienestar, la educación, el trabajo y las relaciones interpersonales. De la misma manera, el cambio impulsa a mejorar la forma de hacer negocios al proporcionar ventajas competitivas a las empresas que busquen entender y aplicar estas herramientas de forma rápida y eficaz, como se mencionó anteriormente.

Otro beneficio importante de la IA es que permite que las máquinas y los robots reemplacen las tareas que los humanos consideran difíciles, aburridas o peligrosas, lo que repercutirá, a su vez, en que el ser humano pueda e intente realizar aquello que antes creía imposible (Rouhiainen, 2018).

Lo expresado hasta aquí permite considerar el impacto de la IA. Las tecnologías comenzaron a desarrollar como nunca antes la capacidad de ver (visión artificial), oír (reconocimiento de voz) y entender (procesamiento del lenguaje natural). Anteriormente, estas capacidades pertenecían únicamente a los seres humanos pero, se estima que en el futuro próximo, las máquinas y los robots las podrán desarrollar gracias a la IA. En este sentido, la figura 2 muestra, detalladamente, las capacidades de la tecnología (Rouhiainen, 2018).

**Figura 2**

*Capacidades de la Inteligencia Artificial*




*Nota: Adaptado de Inteligencia artificial 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro* (Rouhiainen, 2018).

Por otra parte, el desarrollo de la inteligencia artificial ha hecho posible el análisis de datos y el estudio del mismo. La información se divide en dos tipos, los datos estructurados y los no estructurados. Los primeros corresponden a la introducción de información, como valores numéricos, fechas, monedas o direcciones; los segundos son aquellos tipos de datos que son más complejos de analizar, como textos, imágenes y video. Debido al crecimiento de la IA, se logró un avance enorme en el análisis de datos del tipo no estructurado, demostrando que los resultados pueden ser utilizados para hacer recomendaciones o predicciones (Rouhiainen, 2018).

***Figura 3***

*Tipos de Datos*



*Nota: Adaptado de Inteligencia artificial 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro* (Rouhiainen, 2018).

### *2.3.1 Machine Learning*

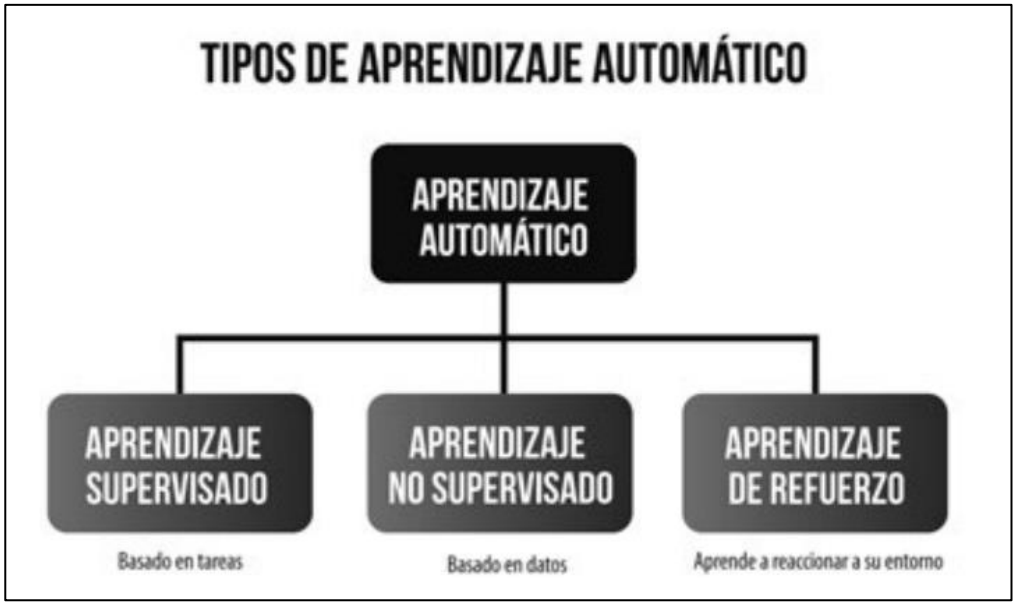
El aprendizaje automático (machine learning) es uno de los enfoques principales de la IA. Se trata de un aspecto de la informática en el que los ordenadores o las máquinas tienen la capacidad de aprender sin estar programados para ello. Un resultado típico sería recibir sugerencias o predicciones en una situación particular (Rouhiainen, 2018).

El aprendizaje automático, principalmente, usa algoritmos para aprender de los patrones de datos. Por ejemplo, los filtros de spam de correo electrónico utilizan este tipo de aprendizaje con el fin de detectar qué mensajes son correo basura y separarlos de aquellos que no lo son. Éste es sólo uno de los ejemplos de cómo los algoritmos pueden usarse para aprender patrones y utilizar el conocimiento adquirido para tomar decisiones (Rouhiainen, 2018).

Existen tres subconjuntos del aprendizaje automático que pueden utilizarse: aprendizaje supervisado, no supervisado y de refuerzo. La siguiente figura 4 representa la división mencionada.

**Figura 4**

*Tipos de Aprendizaje Automatico*




*Nota: Adaptado de Inteligencia artificial 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro* (Rouhiainen, 2018).

#### Aprendizaje Supervisado

En este tipo de aprendizaje, los algoritmos se basan en datos que ya están ordenados, etiquetados u organizados previamente para indicar cómo tendría que ser categorizada la nueva información. Con este método, es necesaria la intervención humana para proporcionar retroalimentación (Rouhiainen, 2018).

#### Aprendizaje no Supervisado

En este caso, los algoritmos no usan ningún dato etiquetado u organizado previamente para indicar cómo tendría que ser categorizada la nueva información, sino que tienen que encontrar la manera de clasificarlas ellos mismos. Por tanto, para este método no es necesaria la intervención humana (Rouhiainen, 2018).

#### Aprendizaje Por Refuerzo

Este tipo de machine learning se basa en algoritmos que aprenden de la experiencia. En otras palabras, se tiene que dar un refuerzo positivo cada vez que aciertan. El algoritmo se realimenta constantemente de los resultados obtenidos en las acciones que realiza y trata de optimizar el resultado en cada iteración (Rouhiainen, 2018).

### *2.3.2 Deep Learning*

El aprendizaje profundo (Deep learning) se trata de una rama del aprendizaje automático que se utiliza para resolver problemas muy complejos y que, normalmente, implican grandes cantidades de datos.

Se emplea mediante el uso de redes neuronales, que se organizan en capas para reconocer relaciones y patrones complejos en los datos. Su aplicación necesita de un enorme conjunto de información y una gran capacidad de procesamiento. Se destaca esta rama, principalmente, en el reconocimiento de voz, el procesamiento del lenguaje natural, la visión artificial y la identificación de vehículos en los sistemas de asistencia al conductor (Rouhiainen, 2018).

### *2.3.3 Principales Términos de la IA*

A continuación, se detallan los términos más utilizados en la Inteligencia artificial (Rouhiainen, 2018):

**Algoritmo**

Un algoritmo corresponde al método que se utiliza paso a paso en un ordenador para completar cada tarea. Los pasos se combinan como ecuaciones matemáticas, debido a que un computador procesa mejor en formato número (Rouhiainen, 2018).

**Aprendizaje profundo**

La técnica aprendizaje profundo se identifica con el uso de redes neuronales que se conforma en muchas capas de millones de neuronas artificiales. La técnica mencionada es recomendable para proyectos que involucran conjuntos de datos gigantes y complejos (Rouhiainen, 2018).

**Ciencia cognitiva**

La ciencia cognitiva es una disciplina que estudia los distintos procesos del cerebro humano, tales como la lingüística, el procesamiento de la información y la toma de decisiones. Se centra en descubrir más acerca de la cognición (Rouhiainen, 2018).

**Computación cognitiva**

La computación cognitiva es un sinónimo que se utiliza, comúnmente, por los expertos para definir la inteligencia artificial (Rouhiainen, 2018).

**Generación de lenguaje natural (GLN)**

La generación del lenguaje natual es la capacidad del software de convertir datos estructurados en textos escritos comprensibles, similares a los de un ser humano, pero a un ritmo mucho más rápido (miles de páginas por segundo). El GLN se define como una forma de procesamiento de lenguaje natural que ha ido aumentando en popularidad y utilización, ya que puede producir una amplia variedad de resultados, como las descripciones e identificación de productos, informes financieros o noticias (Rouhiainen, 2018).

**Procesamiento de lenguaje natural (PLN)**

El procesamieno de lenguaje natural es la capacidad que poseen los ordenadores de identificar, reconocer y entender el lenguaje humano tal como se habla, con el fin de generar acciones basadas en instrucciones orales. Ésta es la tecnología base utilizada por Siri de Apple, Alexa de Amazon y otros asistentes personales inteligentes. Debido a la eficacia de la

tecnología del PLN, productos como asistentes personales inteligentes, servicios de traducción y chatbots tienen mejor y mayores capacidades de comprensión, dado que los convierte en más útiles para los seres humanos (Rouhiainen, 2018).

**Prueba de Turing**

La prueba de turing corresponde a una prueba clásica, desarrollada por el matemático Alan Turing, para determinar si un ordenador tiene la capacidad de pensar como un humano. El test es, básicamente, un juego de imitación en el que una persona intenta averiguar si está comunicándose con un computador u otra persona (Rouhiainen, 2018).

**Reconocimiento de voz**

La tecnología reconocimiento de voz es muy utilizada actualmente, permite a los ordenadores reconocer y convertir el lenguaje hablado en formato de texto (Rouhiainen, 2018).

**Redes neuronales artificiales**

Las redes neuronales artificiales son utilizadas para vincular a los sistemas de IA que simulan unidades neuronales, modelando la forma en que éstas interactúan en el cerebro (Rouhiainen, 2018).

**Sistema experto**

Un sistema experto se caracteriza por ser un entorno informático que exhibe la capacidad de toma de decisiones de un experto humano. Los sistemas expertos utilizan reglas y, normalmente, usan sentencias condicionales (Rouhiainen, 2018).

**Visión artificial**

La visión artificial es una tecnología que permite a las computadoras tener vista y reconocer aquello que ven. Se puede mencionar tipos de productos que dependen de esta tecnología para funcionar correctamente, que incluyen aplicaciones de reconocimiento facial, automóviles y drones autónomos, entre otros. La precisión de la visión artificial ha mejorado significativamente en los últimos años, lo que permite que muchos productos basados en la IA puedan ver (Rouhiainen, 2018).

# 3 Desarrollo Técnico

## 3.1 Desarrollo

Este trabajo de investigación parte del proyecto BIOTECH, en el cual se aplican algoritmos simples para identificar movimientos y determinar las reacciones típicas que pueden ser parte del stimming del paciente con TEA de grado severo. Se denominan stimmings a comportamientos de autoestimulación, caracterizados por la repetición de movimientos físicos, sonidos, palabras u objetos en movimiento (López de Luise, 2022).

Para la realización de la investigación con el caso de uso, se emplean tecnologías de acceso simple y económico, debido a que la intención es que los prototipos queden a disposición de la comunidad. Los módulos de procesamiento del proyecto se implementan en versiones de Python y OpenCV; y el estudio estadístico, con el software WEKA.

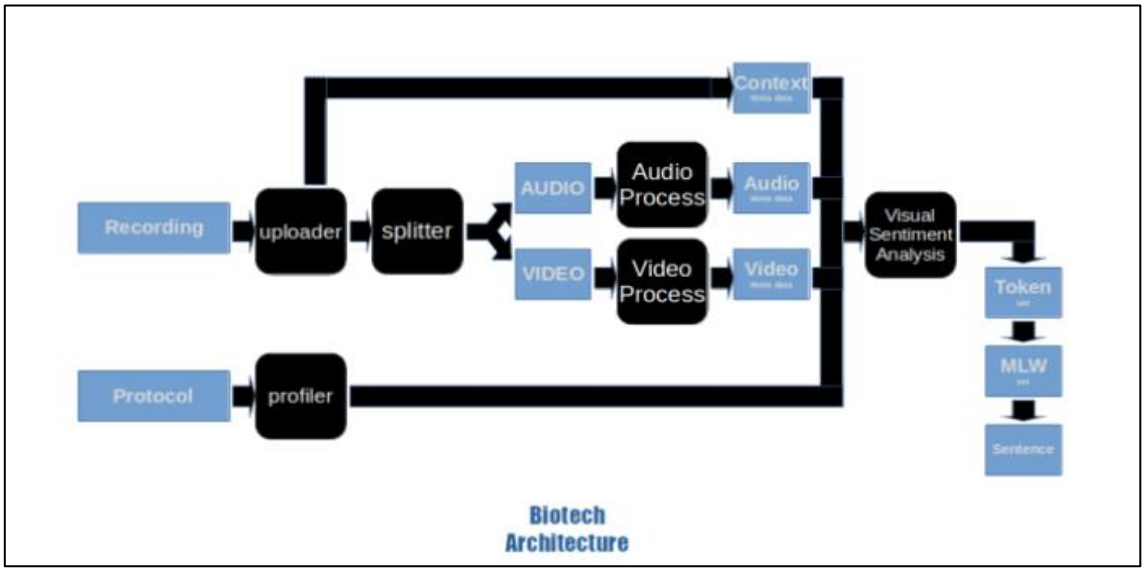
Cada persona con la condición de TEA tiene una selección única de posibles manifestaciones. Por eso, es importante determinar las respuestas verbales del paciente, ante determinados estímulos, para detectar el contexto y poder inferir en la semántica que se les asigna (López de Luise, 2022).

### *3.1.1 Arquitectura Global*

La figura 5, Arquitectura Global, corresponde a la arquitectura del proyecto BIOTECH, del cual nace la investigación del presente trabajo.

***Figura 5***

*Arquitectura Global*




*Nota. Adaptado de Inteligencia artificial y aprendizaje automático para el cuidado de la salud* (López de Luise, 2022).

### *3.1.2 Módulo de Procesamiento de Video*

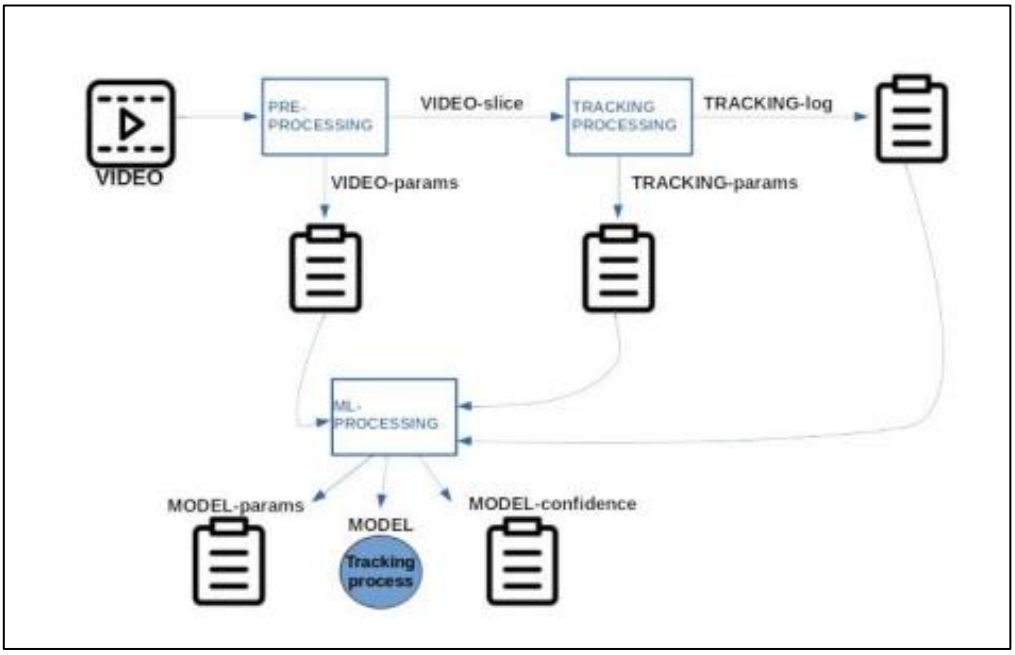
Las rutinas utilizadas para realizar el seguimiento son las tradicionales Cascade Object Detector con Python del proyecto BIOTECH, descriptas en el Anexo del presente trabajo (López de Luise, 2022).

La figura 6, titulada Módulo de procesamiento de Video, representa los pasos básicos del procesamiento. Las rutinas realizan un procesamiento típico, mientras se graba un registro que informa las coordenadas del marco con la posición de la cabeza y los ojos.

Esta información se utiliza para obtener metadatos que ayuden a determinar la evidencia de movimientos repetitivos, los antes mencionados, stimmings. En este análisis se estudia, principalmente, el movimiento o stimming de Balanceo de Cabeza (López de Luise, 2022).

**Figura 6**

*Módulo de procesamiento de Video*




*Nota. Adaptado de Inteligencia artificial y aprendizaje automático para el cuidado de la salud* (López de Luise, 2022)

La parte clave es el ajuste de los parámetros de procesamiento con Machine Learning para que el modelo mantenga la capacidad de detectar y rastrear los movimientos del paciente con buena precisión (módulo ML - PROCESSING). Cada registro es procesado con varias configuraciones de parámetros, generando una base de datos con el registro resultante. Los datos se conforman por los parámetros que se agrupan en VIDEO_params, dentro de la Ilustración 6 (López de Luise, 2022).

- Filename = Nombre del video que se está procesando.
- Frame_rate = número de imágenes por segundo en el archivo.
- Size x = tamaño en píxeles en la dimensión x.
- Size y = tamaño en píxeles en la dimensión y.
- Tamaño total en kb = tamaño del archivo en kilobytes.
- Resolución = resolución final de las imágenes antes de ser procesadas.
- Marcas totales = número de marcas detectadas durante el procesamiento del archivo. Las marcas se describen en dos, lo que indica el número de "elemento" e "inicio" en el registro, que es una combinación que indica los tiempos de inicio y fin de un stimming.

- Scale_factor = cuánto se reduce el tamaño de la imagen en cada escala de imagen. 1,05 es un buen valor posible para esto, lo que significa un pequeño cambio de tamaño, es decir, reducir el tamaño en un 5%. De este modo, aumenta la posibilidad de que el tamaño coincida con el modelo para la detección.
- Min_neighbors = número de vecinos que debe tener cada rectángulo candidato para conservarlo. Este parámetro afecta la calidad de las caras detectadas. Un valor más alto da como resultado menos detecciones, pero con mayor calidad.
- Min_movement_frames = número mínimo de fotogramas considerados para el movimiento detección. Se recomienda utilizar un número par.
- Min_size = Tamaño de objeto mínimo posible. Los objetos más pequeños se ignoran (López de Luise, 2022).

Los datos recopilados para TRACKING_params de la base de datos son:

- Tiempo = marca de tiempo, segundo desde el comienzo del video
- R, G, B = valor de balance de rojo, verde y azul en la imagen.
- x,y = coordenadas x e y del recuadro, una vez que se segmenta un elemento.
- wx,wy = tamaño en ambos lados del recuadro.
- elemento = indica qué parte del cuerpo está en movimiento. Es uno de los siguientes: {ojo | cabeza | nariz | boca | mano | brazo | pierna}. La lista podría ampliarse en futuras pruebas.
- marca = indica que esta imagen es el comienzo o el final de un stimming. Podría ser uno de {inicio | final} (López de Luise, 2022).

Una vez analizados los datos, se generan las estadísticas que verifiquen las hipótesis. Para conformar la recolección de datos, se realizan los siguientes pasos:

- Análisis de datos: luego de procesado el video en la rutina, se extraen las instancias obtenidas para la generación de los metadatos.
- Tratamiento estadístico y heurístico de las instancias: cada tira patrón se etiqueta y se agrupa con técnicas de agrupamiento o clustering.
- Determinación de estímulo: una vez detectado el patrón, se asocian los tiempos al movimiento en estudio.

- Asociación de estímulos: se evalúan los estímulos y se conservan sólo los patrones asociados a stimming en estudio, en este caso, balanceo de cabeza. De este procedimiento, se generan análisis y conclusiones estadisticos (López de Luise, 2022).

***Cascade Object Detector – Python***

Existen técnicas de aprendizaje que permiten el reconocimiento de objetos en una imagen o frame de video. Las más destacadas para separar formas particulares están determinadas por el aprendizaje inductivo durante la construcción de árboles de clasificación. Para el procesamiento de video, se utiliza la técnica de clasificación de cascada definida e implementada por Viola y Jones, los primeros en implementar o aplicar Haar más conocido como método de clasificación Haar Cascades.

El algoritmo utiliza ventanas del mismo tamaño con 2, 3 y 4 rectángulos también con igual dimensión. En cada una de esas ventanas, se aplica la función Haar, que se calcula como la suma de los píxeles que se encuentran dentro de los rectángulos blancos y se resta con la suma de los píxeles del rectángulo sombreado.

Para la aplicación de la técnica Haar Cascades, se utilizaron librerías de visión artificial como OpenCV. Mediante su implementación, se ha desarrollado un programa con rutinas en Python, detallada en el anexo. Se utiliza, entre otras funcionalidades, para mostrar en forma visible los objetos que hayan cumplido todas las etapas de clasificación (Ambrogio, 2020).

Inicialmente, se procede a la creación de clasificadores para cada uno de los objetos que se desean identificar, a partir de la función CascadeClassifier del módulo cv2 de la librería OpenCV, en el código del programa. Luego, se procesa el flujo de datos de video y, por cada frame detectado, se hace lo siguiente:

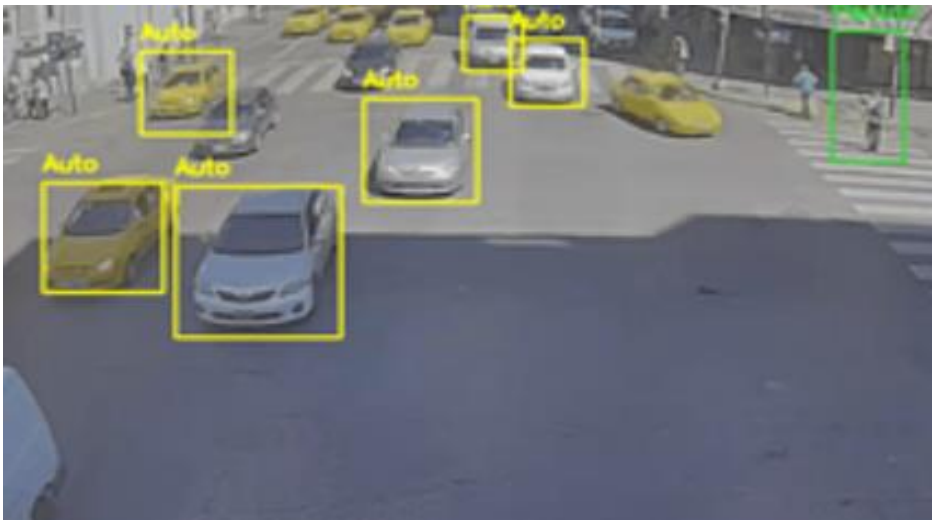
- Se transforma la imagen capturada a escala de grises, debido a que los modelos fueron entrenados con sets de datos de estas características. Esto se realiza, fundamentalmente, para reducir procesamiento y hacer factible esta detección en tiempos relativamente coherentes (Ambrogio, 2020).
- Se obtienen las coordenadas de diferentes secciones, donde el clasificador, declarado previamente en base al modelo, identifica un objeto con características aparentes al objeto deseado. Esta función es de las más importantes en el proceso,

y es identificada como detectMultiScale en el módulo de la librería, ya que los objetos que identifica pueden tener diferentes tamaños. Esto se hace para cada uno de los clasificadores sobre los que se quiere detectar objetos (Ambrogio, 2020).

- Una vez obtenidas todas las coordenadas de los objetos identificados en el frame, se procede a dibujarlos en el frame original a color y se renderiza un rectángulo en la sección correspondiente. Adicionalmente, se agrega un título para identificar el objeto (Ambrogio, 2020).
- Por último, se muestra el frame generado, con los rectángulos que identifican los objetos en una ventana para su visualización (Ambrogio, 2020). Se agrega un ejemplo en la siguiente figura 7.

**Figura 7**

*Ejemplo Frame de detección de Objetos*




*Nota: Ejemplo de un Resultado de un frame de vídeo* (Ambrogio, 2020).

***Software Weka***

WEKA es un entorno experimental de análisis de información, desarrollado en la Universidad de Waikato, en Nueva Zelanda, en el año 1993. Permite aplicar, analizar y evaluar las técnicas más relevantes de análisis de datos, principalmente, las provenientes del aprendizaje automático, sobre cualquier conjunto de datos del usuario.

Para trabajar en el software, se requiere que los datos a analizar se almacenen con un cierto formato, conocido como ARFF (Attribute-Relation File Format) (Corso, 2009).

A continuación, la siguiente imagen de la figura 8 representa la interfaz gráfica:

**Figura 8**

*Interfaz Gráfica de WEKA*




*Nota: Adaptado de Dataminigarcgis* (Cardenas, 2015).

La herramienta Weka define cuatro entornos para el análisis y extracción de conocimiento a partir de datos:

- Explorer: es el entorno que permite visualizar una interfaz gráfica para el uso de paquetes.
- Experimenter: este entorno permite configurar un conjunto de experimentos completos y complejos de análisis, a través de distintos métodos de tratamiento y sobre distintos ficheros de datos.
- KnowledgeFlow: este entorno permite generar proyectos de minería de datos mediante la generación de diagramas de flujos de información.
- Simple CLI: entorno consola para acceder directamente con java a los paquetes de Weka (Corso, 2009).

Se reconoce como software de libre distribución desarrollado en Java. Está constituido por una serie de paquetes de código abierto con diferentes técnicas de preprocesado, clasificación, agrupamiento, asociación y visualización, así como facilidades para su aplicación y análisis de prestaciones cuando son aplicadas a los datos de entrada, seleccionando diferentes tipos de operaciones, en etapas independientes, que se pueden realizar sobre los datos:

- Preprocess: selección de la fuente de datos y preparación (filtrado).

- Clasify: facilidades para aplicar esquemas de clasificación, entrenar modelos y evaluar su precisión.
- Clúster: algoritmos de agrupamiento.
- Associate: algoritmos de búsqueda de reglas de asociación.
- Select Attributes: búsqueda supervisada de subconjuntos de atributos representativos.
- Visualize: herramienta interactiva de presentación gráfica en 2D (Cardenas, 2015).

En este sentido, la Herramienta WEKA es una opción eficaz y válida para los procesos de minería de datos y permite realizar de forma precisa los procesos primordiales de ésta. También posibilita un análisis primario de los datos para llegar a la confirmación de hipótesis y, de esta manera, concluir a la toma de decisiones basada en resultados del proceso de análisis de datos. Resultan necesarios métodos de análisis más robustos y optimizados para el análisis de un volumen mayor de éstos.

### *3.1.3 Caso de Uso*

Cada persona con TEA presenta una selección única de posibles manifestaciones. Por eso, es importante recoger las respuestas verbales del paciente ante determinados estímulos para detectar el contexto y poder inferir una especie de semántica que se les asigna (López de Luise, 2022).

Como se mencionó anteriormente, en el proyecto BIOTECH se estudian y se analizan videos de pacientes diagnosticados con TEA severo, mientras realizaban tareas de identificación, concentración, señalamiento, palmoteo, balanceo de cabeza, etc.

En este trabajo de investigación, se utilizó como caso de uso principal un video (bajo el nombre v1_) de un niño con TEA severo que está en terapia. El video mencionado, se tomó del laboratorio del grupo de investigación BIOTECH, que trabaja con el Centro en Altos Estudios en Tecnología Informática (CAETI - UAI).

Durante el video se puede observar al paciente en los siguientes puntos relevantes, los cuales se usan para corroborar las estadísticas:

- El paciente, al inicio del video, balancea su cuerpo hacia adelante y hacia atrás.
- Cerca de los 9 – 10 segundos, se distingue al niño pensativo, balanceándose hacia el costado.

- Aproximadamente a los 16 segundos de comenzado el video, se puede observar otro movimiento de balanceo de cabeza.
- Segunos despues, se ven comportamientos de giro de cabeza.
- Luego se observa un notorio balanceo de cabeza aproximadamente en el segundo 47.
- Se vuelve a registrar balanceo del cuerpo hacia adelante y luego hacia atrás.
- El paciente también tiene un momento donde saca la lengua.
- Pasado el minuto del video, se vuelven a registrar el stimming de balanceo de cabeza.
- El niño continua mostrándose pensativo.
- Se detallan más stimming estudiados, sobre balanceo de cabeza.
- El paciente, si bien emite palabras, no logra mantener la mirada.
- Por último, se observa al paciente aletear el brazo derecho.

Según el modelo de procesamiento de la rutina implementada en el proyecto, para procesar videos de pacientes con autismo severo, se debe contar inicialmente con los siguientes parámetros por video. Para este caso de uso, se describen en la tabla 4 los parámetros:

**Tabla 4**

*Parámetros del video del caso de uso*

| **Parametrización Inicial** | |
|---|---|
| **Id** | v1_ |
| **Tamaño en MB** | 7,33 |
| **Resolución** | 480x360 |
| **Cantidad de Personas** | 1 |
| **Formato** | MP4 |
| **FPS/SEG** | 30 |
| **Scale_Factor** | 1,2 |

| | |
|---|---|
| **Min_Neighbors** | 10 |
| **Min_Size** | 10,1 |
| **Min_Frames** | 10 |
| **Max_seconds** | 0,75 |
| **X_Mars** | 2 |
| **yemas** | 1 |

*Fuente: Elaboración propia.*

El tamaño está en megabytes (MB), luego está la resolución (Re), el número de individuos (I), el formato (Fmt), factor de reducción de escala del tamaño original para acelerar el procesamiento (Sc), número de visitas en la vecindad (N), número mínimo de fotogramas por movimiento (m), tamaño de la caja (S), máximo de segundos en un mismo fotograma (St), número de stimmings en orientación x (x) e y (y) (López de Luise, 2022).

Los resultados se validan contra movimientos detectados manualmente en el transcurso del video original, basado en las descripciones previas, donde se observaron y analizaron aspectos relevantes del paciente.

En la detección del stimming, se utiliza un algoritmo adicional para inferir cuándo un movimiento es estimulante o no. Dicho algoritmo detecta el balanceo de cabeza. Para tal fin, el procedimiento genera un archivo Log, que resume los datos principales de cada ejecución. Este archivo, que conforma el tracking, trae todas las coordenadas y datos necesarios para la formación de los metadatos que luego serán analizados. De los parámetros se pueden asociar métricas e indicadores que constituyen evaluaciones objetivas para monitorear la evolución del paciente.

El comportamiento verbal es muy utilizado en las terapias de TEA para el seguimiento de la evolución y la ontogenética del desarrollo, que son específicas para cada individuo (López de Luise, 2022).

# 4 Análisis de los Resultados

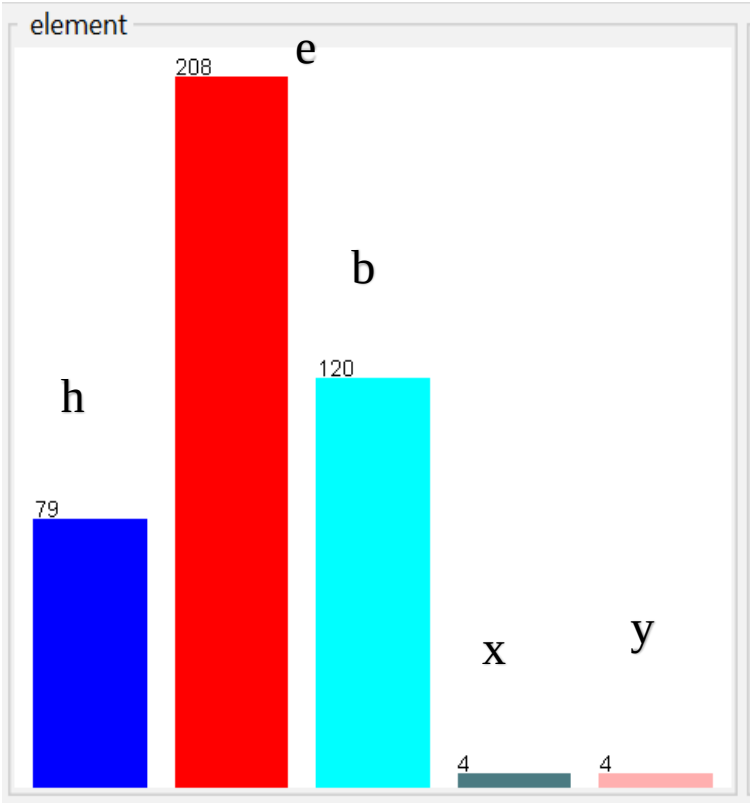
El presente análisis basado en el video descripto en el caso de uso, tiene como objetivo principal determinar si los metadatos son lo suficientemente buenos para describir el comportamiento del paciente.

Cabe mencionar que el archivo Log, con el registro de las actividades, luego de procesarse el video, arrojó una suma de 415 instancias de ser analizadas en formato csv. Las instancias fueron trabajadas con el software WEKA, que es utilizado para aplicar al aprendizaje automático y la minería de datos.

La figura 9 muestra el histograma de distribución para la cabeza, los ojos y las cejas detectados (marcados con h, e y b) y los reflejos en las direcciones x e y para las instancias.

**Figura 9**

*Histograma del stimming*

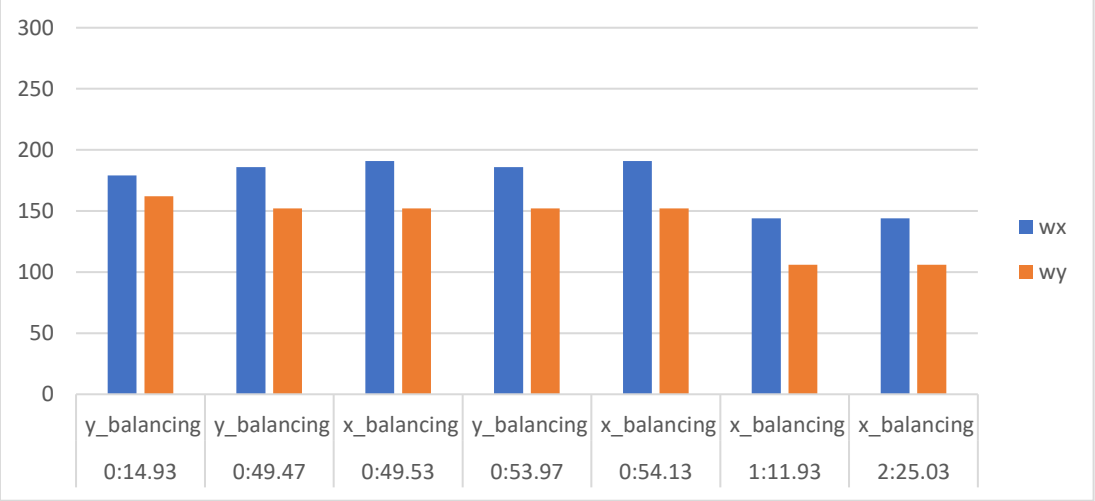



*Fuente: Elaboración propia.*

Cada tira patrón-audio se etiqueta y se agrupa con técnicas de agrupamiento o clustering. Una vez agrupados los datos, se generó el siguiente gráfico dinámico, donde se puede visualizar el tiempo en el cual se detectó el stimming de balanceo de cabeza.

**Figura 10**

*Tiempo de detección de stimming*




*Fuente: Elaboración propia.*

Por otro lado, se considera conveniente señalar la importancia de la heurística, que es una técnica o método inteligente para realizar una tarea que no es producto de un riguroso análisis formal, basado en conceptos tales como la entropía, estadística, inferencia, etc. Apela al conocimiento experto sobre un tema a solucionar, debido a la complejidad de su naturaleza. Normalmente, estas técnicas aportan soluciones a problemas combinacionales con un buen rendimiento en lo referente a calidad de soluciones y a los recursos empleados, procurando cierto grado de confianza al encontrar soluciones de alta calidad con un costo computacional razonable. Es típico, en este tipo de modelos computacionales, que no se garantice una solución óptima o factible de la misma e, incluso en algunos casos, es imposible establecer lo cerca que se está de dicha situación. Se usa el calificativo heurístico en contraposición a exacto.

Es de destacar, en este aspecto, que la condición de heurística no impide que sean eficaces y, muchas veces, constituyen la única manera de resolver computacionalmente el problema.

A continuación, se muestran las heurísticas utilizadas para el modelado y sus principales parámetros, basado en el resultado obtenido sobre la herramienta WEKA:

**Tabla 5**

*Resultado Heurísticas*

| Heurísticas Weka | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Detalle heurístico** | **Descripción** | **%OK** | **Kappa** | **SQE** |
| Árbol de Hoeffding | Un árbol de decisiones incremental en cualquier momento. Algoritmo de inducción que es capaz de aprender de flujos de datos masivos, asumiendo que el ejemplo de generación de distribución no cambia con el tiempo. | 99,03 | 0 | 0,10 |
| J48 | Genera una decisión C4.5 podada o no podada árbol. Creado por Ross Quinlan (1993). | 99,03 | 0 | 0,10 |
| Árbol LMT | Clasificador para construir 'árboles de modelos logísticos' que son árboles de clasificación con logística funciones de regresión en las hojas. | 99,03 | 0 | 0,50 |
| Bosque aleatorio | Construye un bosque de árboles aleatorios, según Leo Breiman (2001). | 100,00 | 1 | 0,04 |
| Árbol aleatorio | Un bosque de árboles al azar, según Leo Breiman (2001). | 100,00 | 1 | 0,00 |
| Árbol de representación | Aprendiz rápido del árbol de decisiones, basado en un árbol de decisión/regresión, usando información ganancia/varianza y lo poda usando reducción de error poda (con refuerzo). | 99,03 | 0 | 0,02 |

Se destacan los principales métodos heurísticos utilizados. En la tabla 5 se puede observar que la métrica de calidad Kappa statistics, esencial para evaluar los métodos heurísticos, declara un 0 para la mayoria de los árboles, o que implica que el resultado es aleatorio y poco confiable. Lo contrario sucede en el caso de los métodos Bosque/árbol aleatorio, con un valor máximo de la métrica, que es 1.

Con lo cual, las heurísticas bosque aleatorio y árbol aleatorio son capaces de inferir al individuo utilizando los metadatos considerados. Las estadísticas de Kappa, que mide el grado de concordancia de las evaluaciones nominales u ordinales realizadas por múltiples evaluadores cuando los evaluadores evalúen las mismas muestras, se mantienen en ambos casos en los valores esperados. El error cuadrático relativo (SQE) también es un numero bajo, según lo esperado.

A modo informativo, se presentan los detalles sobre cada heurística y el significado de los valores de Kappa:

- Cuando Kappa = 1, existe concordancia perfecta.
- Cuando Kappa = 0, la concordancia es la misma que se esperaría en virtud de las probabilidades.
- Cuando Kappa < 0, la concordancia es más débil que lo esperado en virtud de las probabilidades; esto casi nunca sucede.

# 5 Conclusiones y Sugerencias

Este trabajo de investigación presentó las principales características de los pacientes con TEA y su relación con el problema de comunicación. Ha sido relevante contar con los videos de las sesiones de terapia, puesto que resultaron una buena herramienta para comprender su conducta verbal. Así, es pertinente mencionar que el caso de uso presentado en este trabajo evidencia que los estímulos pueden relacionarse con movimientos muy específicos.

Con base en el estudio de metadatos del Proyecto BIOTECH, basado en procesamientos matemáticos y heurísticos de patrones detectados previamente por especialistas en el tema, fue posible determinar movimientos y sonidos repetitivos, conocidos como stimmings. Si bien se presentaron varios movimientos, como balanceo del cuerpo hacia el costado, hacia adelante y hacia atrás, así como aleteo de brazos, este trabajo de investigación se centró en el análisis del stimming de balanceo de cabeza.

Debido a que los sonidos son considerados como parte del stimming, fue complementado con un patrón de actitudes corporales. Para evaluarlo, se introdujo un flujo de trabajo con algoritmos de seguimiento estándar basados en la tecnología de inteligencia artificial.

Se utilizó como una alternativa de software de minería de datos, el denominado Weka, que es una herramienta libre. Es posible destacar que, con esta investigación, se detectaron algoritmos de clasificación basados en reglas confiables y precisos, para poder aplicarlo en determinadas circunstancias, así como se validó un proceso automático, basado en precisión y repetitividad, que concuerda con el análisis del caso de uso manual para hallar aquellos momentos en los que el paciente se comunica mediante el stimming. De esta forma, los resultados de las pruebas tienen valores de Kappa statistics, en las heurísticas de los algoritmos de clasificación árbol aleatorio y bosque aleatorio, igual a 1 y un excelente porcentaje de instancias clasificadas correctamente, del 100%, al inferir la identificación del paciente a partir de los metadatos de los movimientos recopilados.

A raíz de los resultados descriptos en el párrafo precedente, también se confirma que existen patrones del video en los que el paciente responde selectivamente ante ciertos estímulos. Con lo dicho, se puede concluir, respondiendo a los objetivos generales de este trabajo de investigación, que la rutina para procesamiento de videos del proyecto BIOTECH, centralizado en la detección de stimming de balanceo de cabeza, demostró una eficacia alta al detectar el movimiento del paciente, existiendo intencionalidad como parte de su reacción al entorno y, a su vez, también queda demostrada la imposibilidad de una correcta comunicación vocal como uno de los síntomas del autismo de grado severo, ya que si bien el paciente emitió palabras, no lograba mantener la mirada ni lograr una comunicación.

Se espera que, en líneas futuras de investigación del proyecto BIOTECH, una vez establecido el nivel de confiabilidad del proceso completo, se pueda dar paso a la atención de más variables de stimming no detectadas y se implemente una interfaz visual adecuada a cualquier uso personal. Con dicha interfaz, se espera que cuente con una buena usabilidad y una eficiente experiencia de usuario.

## Líneas Futuras de Investigación

Entre las actividades futuras de investigación pueden citarse: mejorar el seguimiento entrenando las redes neuronales, con videos de baja calidad; asociar etiquetas a movimientos y cruzar estímulos corporales con sonidos.

Asimismo, otra línea de investigación podría consistir en trabajar sobre más variedades de stimming y movimientos detectados, para brindar más tipos de análisis sobre la conducta.

También resta aún la integración de los módulos en un prototipo unificado con una interfaz simple para un usuario no técnico. Por esto último, se está trabajando en un artículo científico para ser presentado durante el año 2023.

## Anexo – Desarrollo Biotech – Rutinas

Rutina utilizada en el proyecto

#**********

```
# import numpy as num
import datetime
import os
import sys
from os.path import exists
from tempfile import template
import cv2 as cv2

# **********> PARAMETERS:

train_face_filename = "haarcascade_frontalface_alt.xml"
train_eyes_filename = "haarcascade_eye.xml"
train_eyeglasses_filename = "haarcascade_eye_tree_eyeglasses.xml"

input_filename = "v1_.mp4"
#filenames =
["v11_.mp4","v12_.mp4","v13_.mp4","v14_.mp4","v15_.mp4","v16_.mp4","v17_. mp4"]
log_filename = ".trace.csv"

# **********> CONSTANTS:
# How much the image size is reduced at each image scale. 1.05 is a good possible value for
    this,
# which means you use a small step for resizing, i.e. reduce size by 5%, you increase the chance
    of a matching size
# with the model for detection is found.

SCALE_FACTOR = 1.9
```

```
# How many neighbors each candidate rectangle should have to retain it. This parameter will
        affect
# the quality of the detected faces. Higher value results in less detections but with higher
        quality.

MIN_NEIGHBORS = 4
MIN_SIZE = (15, 15)   # Minimum possible object size. Objects smaller than that are ignored.
LOG_HEADER = "time, element, x, y, w, h, mark"

#PATH_DB = "/home/dany/PycharmProjects/BIOTECH/dataset/"  # "../"
#PATH_INPUT = "/home/dany/PycharmProjects/BIOTECH/"  # "./"
#PATH_OUTPUT = "/home/dany/PycharmProjects/BIOTECH/"  # "./
PATH_DB = "./database/"
PATH_INPUT = "./videos/" PATH_OUTPUT = "./output/"
append_db = False  # False = new file every time | True = append to previous file

MIN_FRAMES_NUMBER_BY_MOVEMENT = 10
# minimum number of frames considered for movement detections. It must be preferently an
        even number. MAX_SECONDS_IN_THE_SAME_FRAME_SUPPORTED = 0.75
# maximum seconds supported with no movement when evaluating movement trends



# **********************> COD ROUTINES

def process_face_elements(my_f, x_coordinates, y_coordinates, video_instant, fps):
for (x, y, w, h) in my_f:
      cv2.rectangle(img, (x, y), (x + w, y + h), (255, 0, 0), 2)
         if my_f.any():  # detect haarcascade_frontalface_alt
         print('Coordenadas detectadas (cabeza)', my_f)
         append_coordinate_data(x_coordinates,x,video_instant)
         check_balancing_candidate(video_instant, x_coordinates, "x", x, y, w, h, fps)
         append_coordinate_data(y_coordinates, y, video_instant)
         check_balancing_candidate(video_instant, y_coordinates, "y", x, y, w, h, fps)
         write_log(video_instant, "head", x, y, w, h)
```

```
        sub_image = img[y:y + h, x:x + w]
        # iterate over detections and draw rect on given sub image:
detect eyes
        face2 = face_cascade2.detectMultiScale(sub_image)
        for (x2, y2, w2, h2) in face2:
                cv2.rectangle(sub_image, (x2, y2), (x2 + w2, y2 + h2), (0, 0, 255), 2)
                write_log(video_instant, "eyes", x, y, w, h)
        # iterate over detections and draw rect on given sub image:
detect eyes w/glasses
      face2 = face_cascade3.detectMultiScale(sub_image)
        for (x2, y2, w2, h2) in face2:
        face_cascade2.detectMultiScale(sub_image)
        #face2= face_cascade2.detectMultiScale(sub_image)
        write_log(video_instant, "eyeglasses", x, y, w, h)

 def check_balancing_candidate(video_instant, coordinates, name, x, y, w, h, fps):
        if(len(coordinates) < MIN_FRAMES_NUMBER_BY_MOVEMENT):
     return
   else:
        min_frames_number_by_trend = MIN_FRAMES_NUMBER_BY_MOVEMENT / 2
        is_last_ascendent = False
        consecutive_ascenders = 0
        is_last_descendent = False
        consecutive_descenders = 0
        consecutive_equals = 0
        starting_index = 0

        for i in range (1, len(coordinates)-1):
        if(coordinates[i]['value'] > coordinates[i-1]['value']):
           is_last_ascendent = True
           consecutive_ascenders += 1
           is_last_descendent = False
           consecutive_equals = 0
           if(consecutive_descenders < min_frames_number_by_trend):
```

```
                consecutive_descenders = 0
                starting_index = i-1

        elif(coordinates[i]['value'] == coordinates[i-1]['value']):
            consecutive_equals += 1
            if consecutive_equals >=
(fps * MAX_SECONDS_IN_THE_SAME_FRAME_SUPPORTED):
                # if no movement pattern detected after configured seconds, coordinates are
                resetted
            is_last_ascendent = False
            consecutive_ascenders = 0
            is_last_descendent = False
            consecutive_descenders = 0
            consecutive_equals = 0
             else:
               is_last_descendent = True
               consecutive_descenders += 1
               is_last_ascendent = False
               consecutive_equals = 0
            if(consecutive_ascenders < min_frames_number_by_trend):
                consecutive_ascenders = 0
                starting_index = i-1
    if(consecutive_ascenders >= min_frames_number_by_trend and consecutive_descenders
        >= min_frames_number_by_trend):
        str_coordinates = ""
        for i in coordinates:
                str_coordinates += str(i["value"]) + ","
                print("Coordinate progression: " + str_coordinates[:-1])
                write_log(coordinates[starting_index]['time'], name +
"_balancing", x, y, w, h, "start")
                write_log(video_instant, name + "_balancing", x, y, w, h, "end")
                coordinates.clear()

def append_coordinate_data(coordinates, value, time):
```

```
coordinates.append({'value':value, 'time':time})

# **********> EXTRA  ROUTINES
  def get_current_datetime():
          return datetime.datetime.now()
 def get_timestamp(date):    # returns timestamp as string
          return date.strftime("%m/%d/%Y, %H:%M:%S.%f")[:-3]

 def process_error(err):
    message = template.format(type(err).__name__, err.args)
    print("LOG: Base Exception: " + message + "\n\n\n")
    exc_type, exc_obj, exc_tb = sys.exc_info()
    fname = os.path.split(exc_tb.tb_frame.f_code.co_filename)[1]
    print("LOG: \t " + str(exc_type) + ": ", fname, exc_tb.tb_lineno)
    close_file(f_db_out)
    print("Process ended  by EOF.")
          return

# **********> I/O ROUTINES
  def check_input(name):
    print("Check file " + name + "\n")
    # check exists
    if not (exists(name)):
       return False
    return True
  def validate_file_exists(f):
   if check_input(f):
       print("\tFile is OK.")
  else:
       print("\tFile not found. System abort.")
          sys.exit(-1)

def open_output(append, db_name):   # append = true : to append to an existing file
          if append:
```

```
        f = open(db_name, "a")
                else:
                f = open(db_name, "w")
                return f

def write_log(video_instant, element, x, y, w, h, mark="start"):
        current_timestamp = get_timestamp(get_current_datetime())
        log = str(video_instant) + ", " + element + ", " + str(x) + ", " + str(y) + ", " + str(x + w)
        + ", " + str(y + h) + ", " + mark
        print(log)
        f_db_out.write(log + "\n")

def write_raw_log(data):
    f_db_out.write(data + "\n")
def close_file(f):
    f.close()
    return
def video_instant(cap, fps):
    current_frame = int(cap.get(cv2.CAP_PROP_POS_FRAMES))
    current_instant = current_frame/fps
    current_minutes = int(current_instant/60)
    current_seconds = "{:.2f}".format(current_instant%60)
        return str(current_minutes) + ':' + str(current_seconds)

# ************************> MAIN PROCESS
  if __name__ == '__main__':
        print('STARTING CCOD...')
        print('PRESS ESC for EXIT.')
    #for input_filename in filenames:
    # ********************* 1) VALIDATE FILE EXISTS
f_train1 = PATH_DB + train_face_filename  # front face
f_train2 = PATH_DB + train_eyes_filename  # eyes
f_train3 = PATH_DB + train_eyeglasses_filename # eyes w/glasses
        validate_file_exists(f_train1)
```

```
        validate_file_exists(f_train2)
        validate_file_exists(f_train3)
f_input = PATH_INPUT + input_filename
        validate_file_exists(f_input)

    # ********************** 2) PREPARE LOG

    f_name_out = PATH_OUTPUT + input_filename + ".trace.csv"
        # 2) open LOG file
    f_db_out = open_output(append_db, f_name_out)
        write_raw_log(LOG_HEADER)  # write header of the log

    # ********************** 2) LOAD MODEL COD
face_cascade1 = cv2.CascadeClassifier(f_train1)
face_cascade2 = cv2.CascadeClassifier(f_train2)
face_cascade3 = cv2.CascadeClassifier(f_train3)

    # ********************** 3) PROCESS INPUT FILE
x_coordinates = []
y_coordinates = []
cap = cv2.VideoCapture(f_input)
fps = cap.get(cv2.CAP_PROP_FPS)

while True:
    _, img = cap.read()
    #try:
        gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
        #except cv2.error as e:  # -215:Assertion failed
        #process_error(cv2.error)
        #break
    #else:
        face = face_cascade1.detectMultiScale(gray, SCALE_FACTOR, MIN_NEIGHBORS)
        # detect front faces
```

```
process_face_elements(face, x_coordinates, y_coordinates, video_instant(cap, fps), fps)
cv2.imshow('img', img)
k = cv2.waitKey(10)  # PRESS ESC for exit
if k == 27:
        close_file(f_db_out)
        print("Process ESC by user.")
        break
#*************************************************************
```

## Acrónimos

| | |
|---|---|
| AAP | *American Academy of Pediatrics* |
| ACA | *Análisis de comportamiento aplicado* |
| ADIR | *Entrevista para el Diagnóstico de Autismo-revisada* |
| ADOS | *Escala de Observación para el Diagnóstico del Autismo* |
| ARFF | *Attribute-Relation File Format* |
| ASD | *Autism Spectrum Disorder* |
| BNK | *Clínica neuropsiquiátrica de los niños* |
| CDC | *Centros para el control y la prevención de enfermedades* |
| DSM | *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* |
| IA | *Inteligencia Artificial* |
| IDE | *Entorno de Desarrollo Integrado* |
| PKU | *Anormalidades cromosómicas como síndrome frágil de X* |
| TEA | *Trastorno del espectro autista* |
| TGD | *Trastornos generalizados del desarrollo* |
| UADER | *Universidad Autónoma de Entre Ríos* |

## Referencias

Alcalá, G. C. y Ochoa Madrigal, M. G. (2022). Trastorno del espectro autista (TEA). *Revista de la Facultad de Medicina (México), 65*(1), 7-20.

Ambrogio, E. Á. (2020). Reconocimiento de objetos a través de la metodología Haar Cascades. *Revista argentina de Ingeniería, 16*(8), 64-70.

Asociación Americana de Psiquiatría (2013). *Guía de consulta de los criterios diagnósticos del DSM-5.* Arlington.

Breiman, L. (2001). Random Forest. *Maching Learning, 45*, 5-32.

Cardenas, I. Y. (Junio de 2015). *Dataminigarcgis*. Mineria de Datos y WEKA.

Centro de Control y Prevención de Enfermedades. (02 de marzo de 2022). *Centro Nacional de Defectos Congénitos y Discapacidades del Desarrollo, Centros para el Control y la Prevención de Enfermed*. https://www.cdc.gov/ncbddd/autism/data.html

Cohmer, S. (2014). Trastornos autistas del contacto afectivo (1943), por Leo Kanner. *Revista española de Discapacidad Intelectual Siglo Cero.* https://es.scribd.com/document/341279062/Trastornos-autistas-del-contacto-afectivo-pdf#

Corso, C. L. (2009). *Aplicación de algoritmos de clasificación supervisada usando Weka.* Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba.

Filipek, P. J. (2000). Parámetro de práctica: detección y diagnóstico del autismo. *National Libraly of Medicine, 468*(79), 22-55.

Greer, R. (1997). La aplicación integral del análisis del comportamiento a la escolarización (CABAS). *Comportamiento y problemas sociales,* (7), 59-63.

Grosso, M. L. (2021). El autismo en los manuales diagnósticos internacionales: cambios y consecuencias en las últimas ediciones. *Revista Española de Discapacidad, 9*(1), 273-283.

Kilroy, E., Gerbella, M., Cao, L., Molfese, P., Butera, C., Harrison, L., Jayashankar, A., Rizzolatti, G. y Aziz-Zadeh, L. (2022). Specific tractography differences in autism compared to developmental coordination disorder. *Scientific Reports, 12*(19246).

López de Luise, D. (2020). *Comportamiento verbal autista Parametros.*

López de Luise, D. (15 de febrero de 2022). Parámetros de comportamiento verbal autista. *Artificial Intelligence and Machine learning fro Healthcare, 228.*

Lord, C., Rutter, M., DiLavore, P. C., Risi, S., Gotham, K., Bishop, S. L. y Gotham, K. (2015). *ADOS - Escala de Observación para el Diagnóstico del Autismo-2.*. TEA Ediciones.

Mandal, D. A. (Febrero de 2019). News Medical & Life Sciences. *Gen Therapy History.* https://www.news-medical.net/health/Autism-History-(Spanish).aspx

Ministerio de Ciencia e Innovación de Madrid. (2009). *Guía de Práctica Clínica para el Manejo de Pacientes con Trastornos del Espectro Autista en Atención Primaria.*

OMS. (29 de marzo de 2022). Autismo. *Organización Mundial de la Salud*. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorder

Rivière, Á. y Martos, J. (2000). *El niño pequeño con autismo.* APNA.

Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial - 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro.* Alienta Editorial.

Rutter, M. (2011). *ADI-R. Entrevista para el Diagnóstico del Autismo - Revisada.* TEA Ediciones.

Sánchez Raya, M. A., Martínez Gual, E., Moriana Elvira, J. A., Luque Soler, B. y Alós Cívico, F. (2015). La atención temprana en los trastornos del espectro autista (TEA). *Psicología Educativa, 21*(1), 55-63.

Skinner, B. (2007). *Conducta Verbal.* Biblat.